TØI rapport 1313/2014

Kenneth Løvold Rødseth
Marit Killi

Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

Marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane – en forstudie

TØI rapport
1313/2014

Marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane – en forstudie

Kenneth Løvold Rødseth
Marit Killi

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

ISSN 0808-1190
ISBN 978-82-xxx-x Papirversjon
ISBN 978-82-xxx-x Elektronisk versjon

Oslo, april 2014

Tittel: Marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane – en forstudie

Forfattere: Kenneth Løvold Rødseth
Marit Killi

Dato: 04.2014

TØI rapport: 1313/2014

Sider 75

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1517-8

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Jernbaneverket
Kystverket
Samferdselsdepartementet
Statens vegvesen Vegdirektoratet

Prosjekt: 3982 - Avrop 55 - Analyser i transportetatenes og Avinors arbeid med NTP 2014-2023

Prosjektleder: Inger Beate Hovi

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Emneord: Eksterne Kostnader
Godstransport
Jernbanetransport
Marginale transportkostnader
Miljø
Sjøtransport

Sammendrag:
Foreliggende anslag på marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane er gamle og ikke sammenliknbare med nye og oppdaterte anslag for veitransport. Formålet med denne forstudien har vært å gjennomføre en litteraturstudie for å identifisere og anbefale relevante eksterne kostnader ved godstransport på sjø og jernbane som bør beregnes i et hovedprosjekt. Rapporten inneholder en detaljert beskrivelse og drøfting av eksterne kostnader, relevante metoder, eksisterende data og anbefalinger for videre arbeid.

Title: Marginal external costs of rail and maritime freight transports – a pilot project

Author(s): Kenneth Løvold Rødseth
Marit Killi

Date: 04.2014

TØI report: 1313/2014

Pages 75

ISBN Electronic: 978-82-480-1517-8

ISSN 0808-1190

Financed by: Ministry of Transport and Communications
The Norwegian Coastal Administration
The Norwegian National Rail Administration
The Norwegian Public Roads Administration

Project: 3982 - Avrop 55 - Analyser i transportetatenes og Avinors arbeid med NTP 2014-2023

Project manager: Inger Beate Hovi

Quality manager: Kjell Werner Johansen

Key words: Environment
External costs
Freight transport
Marginal cost pricing
Railway transport
Sea transport

Summary:
Current estimates of marginal external costs of rail and maritime freight transports are old and not comparable with recently published estimates for road transport. The purpose of this pilot project has been to review the literature to identify relevant external costs of rail and maritime transports to be estimated in a follow-up project. The report includes detailed descriptions of external cost, relevant methods, available data, and recommendations for future work.

Language of report: Norwegian

Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.

This report is available only in electronic version.

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Copyright © Transportøkonomisk Institutt
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961
Ved gjengivelse av materiale fra publikasjonen, må fullstendig kilde oppgis

Forord

Transport påfører samfunnet eksterne kostnader i form av ulemper og kostnader som ofte ikke dekkes direkte av de som er involvert i aktiviteten. Eksempler på dette er ulemper og skader knyttet til lokale og globale utslipp til luft, støy, ulykker, kø, barriereeffekter, helseeffekter, drift og slitasje på infrastruktur.

Det er nylig gjort nye beregninger og oppdateringer av de eksterne marginale kostnadene knyttet til vegtransport (TØI-rapport 1307/2014). For sjø- og jernbanetransport begynner de tilsvarende beregningene av marginale eksterne kostnader å bli gamle, og de gjenspeiler ikke utviklingen av ny teknologi og skiller i liten grad mellom ulike skipstyper og størrelser. Samtidig foreligger det nye og bedre bakgrunnsdata og metoder som foreløpig ikke er tatt i bruk.

Med bakgrunn i dette har Samferdselsdepartementet, Kystverket, Jernbaneverket og Statens vegvesen Vegdirektoratet gitt TØI i oppdrag å gjøre en forstudie for å gjennomgå dagens verdier knyttet til eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane og å identifisere og anbefale relevante eksterne kostnader som bør beregnes i en etterfølgende hovedstudie. På sikt ønskes det å gjøre nye beregninger og oppdatere de eksterne marginale kostnadene for transport på sjø og bane slik at de blir direkte sammenliknbare med de nye anbefalte verdiene for veitransport. Denne forstudien inneholder en detaljert beskrivelse og drøfting av ulike eksterne kostnader, relevante metoder, eksisterende data og anbefalinger for videre arbeid.

Prosjektleder ved TØI har vært Inger Beate Hovi. Rapporten er skrevet av Kenneth Løvold Rødseth og Marit Killi. Rødseth var også en sentral medarbeider da nye beregning av de marginale eksterne kostnader knyttet til veitransport ble gjennomført. Oppdragsgivers kontaktperson har vært Thorkel Askildsen. Harald-Thune Larsen har kommet med nyttige innspill underveis, Gunnar Lindberg og Knut Veistein har gitt oss nyttig informasjon og veiledning knyttet til beregning av ulykker og Ronny Klæboe har gitt oss verdifull informasjon om støy- og vibrasjonsplager. Trude Rømming har hatt ansvaret for endelig redigering og korrektur av rapporten. Rapporten er kvalitetssikret av avdelingsleder Kjell Werner Johansen.

Oslo, april 2014
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Kjell Werner Johansen
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

1 Bakgrunn 1

2 Problemstilling 2

3 Marginale eksterne kostnader 4
3.1 Marginalkostnadsprising – marginale eller gjennomsnittlige kostnader? 5
3.2 Beregning av størrelsen på de eksterne kostnadene 5

4 En oversikt over eksterne kostnader knyttet til godstransport på sjø- og jernbane 7
4.1 Utslipp av klimagasser 8
4.1.1 De enkelte transportformene 8
4.2 Lokal luftforurensing 9
4.2.1 De enkelte transportformene 10
4.3 Kø og trengsel 11
4.3.1 De enkelte transportformene 11
4.4 Støy 14
4.4.1 De enkelte transportformene 14
4.5 Ulykker 15
4.5.1 Ulykker knyttet til person- og materiellskade 15
4.5.2 De enkelte transportformene 16
4.5.3 Ulykker knyttet til utslipp til sjø 16
4.6 Infrastrukturkostnader 17
4.6.1 De enkelte transportformene 17
4.7 Andre eksterne kostnader 18
4.8 Oppsummering av eksternaliteter 19
4.8.1 En kommentar om arealbruk 20
4.9 Fremtidige teknologier for skipsfart 20

5 Metoder – state of the art 22
5.1 Omfangsanalyse 24
5.1.1 Klimagassutslipp 24
5.1.2 Lokal luftforurensing 25
5.1.3 Kø og trengsel 26
5.1.4 Støyplage 27
5.1.5 Ulykker 28
5.1.6 Infrastrukturkostnader 29
5.2 Verdsetting 31
5.2.1 Skyggepriser 31
5.2.2 Fallback values 32
5.3 Relevant metodeutvikling 32
5.3.1 Utslipp-for-utslipp beregninger 32
5.3.2 Lokale forhold (nettverkseffekter) 34

6 Eksisterende studier og tidligere anbefalinger av eksterne kostnader 36
6.1 Gjennomgang av nyere studier knyttet til verdsetting av eksterne kostnader 36
6.1.1 Lokale utslipp 36
6.1.2 Globale utslipp 41
6.1.3 Kø og trengsel 44
6.1.4 Støy 45
6.1.5 Ulykker 46
6.1.6 Utslipp knyttet til skipsulykker 49
6.1.7 Infrastrukturkostnader. Slitasje 49

7 Relevante datakilder 51
7.1 Data om eksternalitetsomfang 51
7.1.1 Utslipp til luft 51
7.1.2 Støy 52
7.1.3 Ulykker 52
7.1.4 Infrastrukturkostnader 52
7.2 Transportytelser 52
7.3 Utslippsfaktorer 53
7.4 Enhetspriser 54
7.4.1 LEVE-prosjektet, enhetspriser for lokale utslipp til luft, statistisk liv og et tapt leveår. 54
7.4.2 Den norske verdsettingsstudien, enhetspriser for lokale utslipp til luft, støy og ulykker 55
7.4.3 KLIMAKUR og Hagen-utvalget, enhetspriser for klimagasser 56
7.4.4 PUSAM, enhetspriser for tid og forsinkelse 56
7.4.5 HEATCO-prosjektet, enhetspriser for støy 57
7.4.6 Kystverket, enhetspriser for ulykker og utslipp til sjø 58
7.5 En vurdering av utnyttelsesgrad 58
7.6 Andre forhold 60

8 Oppsummering og forslag til videre arbeid 61

9 Referanser 66

10 Appendiks A 71
10.1 Impact Pathway Approach (IPA) – beskrivelse av metode 71
10.2 Støyplage 71
10.3 Ulykker – Lindbergs modell 73
10.4 Infrastrukturkostnader – Johansson og Nilssons modell 73

11 Appendiks B 74
11.1 Revealed preference (RP) 74
11.2 Stated preference (SP) 74
11.3 Skadekostnader 75
11.4 Offentlige reguleringer 75

Sammendrag:

Marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane – en forstudie

TØI rapport 1313/2014
Forfattere: Kenneth Løvold Rødseth og Marit Killi
Oslo 2014 75 sider

Nåværende anslag på marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane er gamle og ikke sammenliknbare med nye og oppdaterte anslag for veitransport. I denne forstudien har vi gjennomført en litteraturstudie for å se på hvilke verdier som har vært anbefalt å bruke fram til nå, både nasjonalt og internasjonalt, og vi har hatt som formål å identifisere og anbefale relevante eksterne kostnader ved godstransport på sjø og jernbane som bør beregnes i et hovedprosjekt. Rapporten inneholder en detaljert beskrivelse og drøfting av eksterne kostnader, relevante metoder, eksisterende data og anbefalinger for videre arbeid.

Transportaktivitet medfører negative effekter for andre enn de som er direkte involvert i aktiviteten. Dette kan skyldes helse- og miljøskadelige utslipp, støy, trengsel og kø, ulykker og slitasje på infrastruktur. Dette kalles eksterne effekter. De marginale eksterne kostnadene er den eksterne kostnaden knyttet til en enhets økning i sjø- eller jernbanetransport.

Eksterne kostnader består generelt av:

*Effekt per enhet * effektens verdi * antall enheter*

Effekt kan i denne sammenheng være antall dødsfall og personskader, grad av ulempe eller antall timer i kø. *Effektens verdi* angir skadekostnadene som eksternalitetene medfører og kan for goder det ikke er en markedsverdi på være basert på verdsettingsstudier som anslår for eksempel verdien av et tapt menneskeliv. *Enhetene* kostnadene skal knyttes til her, kan være hhv kjøretøykilometer og tonnkilometer. For å beregne de marginale eksterne kostnadene ønsker vi å se på muligheten for å oppdatere sammenhengen mellom effekt, verdsetting og enhetene for de ulike eksterne komponentene i dette forprosjektet.

Det er fem hovedgrunner til at det nå bør gjøres nye oppdaterte beregninger for de marginale eksterne kostnadene knyttet til godstransport på sjø og jernbane:

- De eksisterende beregningene av marginale kostnader begynner å bli gamle, og gjenspeiler derfor blant annet ikke utviklingen av ny teknologi og dens effekter på eksternaliteter forbundet med transportvirksomhet
- Det foreligger nye og bedre bakgrunnsdata (som registreringsverktøyet Havbase for skipsfart)
- De eksisterende beregningene av eksterne kostnader for sjøtransport skiller i liten grad mellom ulike skipstyper og størrelser.

- Metodegrunnlaget bør oppdateres i henhold til nyere forskning både nasjonalt og internasjonalt (spesielt knyttet til støy og ulykker)
- Tallene bør oppdateres slik at de blir sammenliknbare med nye beregninger av marginale eksterne kostnader på veisiden

Vår gjennomgang viser at verdiene som brukes i dag, hentet fra veilederen til Kystverket og Jernbaneverket, er i hovedsak av eldre årgang og bygger til dels på Eriksen m fl (1999).

For å gjøre de nye beregningene mest mulig sammenliknbare med eksterne kostnader ved veitransport anbefaler vi at eksternaliteter forbundet med terminalvirksomhet ikke inkluderes i de nye beregningene av eksterne kostnader ved sjø- og jernbanetransport. Denne avgrensingen følger det som har vært praksis for eksisterende anslag på marginale kostnader, men det vil også tillate at hoveddelen av prosjektet kan gjennomføres med en kortere tidshorisont, siden vi mener at beregninger for terminaler vil være ressurskrevende og må foregå på lenger sikt. Dette betyr ikke at vi vurderer de eksterne kostnadene ved terminalaktiviteter som neglisjerbare. Vi anbefaler at det opprettes et eget prosjekt som beregner eksterne kostnader ved terminaltjenester, og som sammenlikner terminalaktiviteter knyttet til de tre transportmidlene bil, tog og båt.

De eksterne kostnader som drøftes i denne rapporten er sammenfallende med de typene eksterne kostnadene som behandles for veitransport (Thune-Larsen m fl, 2014). I tillegg til eksternalitetene som vi drøfter i det følgende tar studien for veitransport også hensyn til barriereeffekter, andre helseeffekter og drift. Med barriereeffekter menes her at det kan være en avvisningseffekt for "myke trafikanter" i områder med stor trafikk. Når det gjelder gående og syklende er det klart at selve sjøtransporten ikke vil være til hinder, men det kan være avvisningseffekter i form av at ferdselen til lystbåter begrenses av godstransport (store skip). For jernbanen er det i stor grad tilrettelagt for ferdsel gjennom bygging av overganger eller tuneller under jernbanesporet. Men selv om kryssing av jernbanesporet ofte fremstår som sikrere enn kryssing av vei forekommer også avvisningseffekter her. Helseeffekter knyttet til økt sykling og gange (på bekostning av andre transportmidler) anser vi kun å være relevant for passasjertransport, mens den foreliggende studien kun konsentrerer seg om godstransport.

Det ble i TØIs arbeid med eksterne kostnader for veitrafikk (Thune-Larsen m fl., 2014) konkludert med at det ikke foreligger tilfredsstillende metodikk og data til beregning av avvisningseffekter og andre helseeffekter. Dette gjelder også for transport på sjø og jernbane, og vi vil derfor ikke drøfte disse effektene videre i rapporten.

Kostnader knyttet til drift og vedlikehold av transportinfrastruktur blir i Thune-Larsen m fl. (2014) regnet som å være neglisjerbare for veitransport. Vi forventer også at dette gjelder for sjøtransport. Driftskostnader for jernbanen kan være av betydning for infrastrukturkostnadene. I kapittel 5.1.6 foreslår vi en statistisk tilnærming for å studere denne sammenhengen.

Nedenfor gjør vi en kort gjennomgang av de ulike eksternalitetene hvor vi anbefaler at det gjøres en oppdatering av de marginale eksterne kostnadene. Generelt vil vi beregne de marginale eksterne kostnadene både i kr/km og kr/tonnkm og skille mellom ulike skipstyper og –størrelser. Vi anbefaler å skille mellom tettbygde strøk og spredtbygde strøk for jernbanetransport og for sjøtransport skille mellom transport til havs, langs kysten og i havnen der det er mulig. Vi bemerker at

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

inndelingen kun gjelder eksternaliteter knyttet til selve sjøtransporten (til skipene), men at terminalaktivitetene (aktivitet i havner) holdes utenfor.

For trafikktall har vi følgende hovedkilder:

Trafikktall for sjøtransport

SSBs havnestatistikk slik den er tilgjengelig i SSBs statistikkbank gir en oversikt over mengde lastet og losset pr havn og godskategori, samt anløpsdata. TØI har tilgang til grunnlagsdata fra havnestatistikken, og disse inneholder blant annet informasjon om lastet og losset mengde for det enkelte skip, tid i havn etc.

AIS er Kystverket sitt automatisk identifikasjonssystem som har som formål å registrere alle skipsbevegelser i norsk farvann. Havbase gir informasjon om utseilt distanse og utslipp til luft fra maritim transport. Dataene kan differensieres etter skipstype og -størrelse. Vi foreslår at beregningene av eksterne kostnader inndeles i kategorier som i Havbase. Her skilles det mellom ni ulike skipstyper: Oljetankere, kjemikalie-/produkttankere, gasstankere, bulkskip, stykkgodsskip, Containerskip, Ro Ro last, Kjøle-/fryseskip og offshore supply skip, og det er videre en oppdeling etter skipenes størrelse (i gross tonnage).

Trafikktall for jernbanetransport

SSBs statistikk for jernbanetransport rapporterer transportmengde innenriks, import og eksport og transportarbeid på norsk område, men dette er aggregerte tall for hele landet. Jernbaneverket har for 2012 utarbeidet en omfattende statistikk knyttet til sin virksomhet. Jernbanestatistikk 2012 har tall for togtrafikk i tonn, tonnkm og antall TEU lastet og losset i Jernbaneverkets terminaler. Vi håper å hente inn strekningsvise data direkte fra Jernbaneverket.

Utnyttelsesgrad

For å kunne beregne de marginale eksterne kostnadene i kr/tonnkm trenger vi tall for gjennomsnittlig utnyttelsesgrad på de ulike skipstypene og på jernbane. Utnyttelsesgrad av skipene og togene kan utledes av eksisterende data og er nærmere forklart i kapittel 7.5.

Lokal luftforurensning

Generelt er de viktigste typer av lokal luftforurensing nitrogenoksider (NO_x), svoveldioksid (SO_2), flyktige organiske forbindelser (VOC) og partikler (PM). Vi regner utslippene av VOC som neglisjerbare for både sjø- og jernbanetransport (Hjelle, 2006 og Jernbaneverket, 2011). For sjøtransport er det utslipp av NO_X og SO_2 som er de viktigste bidragsyterne til lokal luftforurensning, mens for jernbanetransport er det utslipp av NO_X og PM.

Enhetspriser

For beregning av enhetspriser for lokale utslipp anbefaler vi å bruke oppdaterte verdier fra den siste verdsettingsstudien, Magnussen m fl (2010a), tilsvarende det som nå gjøres på veisiden, Thune-Larsen m fl (2014).

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 1: *Enhetsverdier for skadekostnader av lokal luftforurensing (2012-kr per kg utslipp)*

	PM_{10}							**NO_X**			
	Spredt bebygg-else	Tettsted (>1500 0 innb.)	Stavanger, Drammen (og andre større byer)	Bergen	Oslo	Trond-heim	Stor-by	Spredt bebygg-else	Tett-sted	Andre større byer	Storby (Oslo, Bergen, Trond-heim)
2012-verdier	0	695	2589	4579	6158	6158	5684	0	79	158	316
Avrund-ede verdier	0	700	2600	4600	6200	6200	5700	0	80	160	320

Kilde: Magnussen mfl. (2010, tabell 27), oppdatert med 30/19, dvs. 19 mill kr var den underliggende VSL-verdien som Magnussen mfl. benyttet for kalkulering av enhetsverdiene, mens i denne rapporten legges det til grunn en VSL-verdi lik 30 mill kr (NOU 2012).

I verdsettingsstudien er det sett bort fra utslipp av SO2 og VOC fordi de mener effekten av disse utslippene fra transport er små. Det er likevel slik at sjøtransport forårsaker noe utslipp av SO2, og vi anbefaler derfor at disse beregnes. Vi vil her bruke oppdaterte enhetspriser fra LEVE-prosjektet (SFT, 2005).

Utslippstall for sjøtransport

Utslippstall kan hentes fra Havbase, SSB, Vestlandsforskning og flere internasjonale studier

SSB rapporterer utslipp til luft fra ulike transportaktiviteter. De underliggende metodene som benyttes til å komme frem til skipsutslippene er beskrevet i detalj i Sandmo (2013).

Utslippstall for togtransport

I Norge blir togene hovedsakelig drevet av elektrisk kraft. Det er ikke utslipp til luft forbundet med driften av elektriske tog, men derimot kan produksjonen av elektrisiteten som togene anvender kreve bruk av fossilt drivstoff. Det er derfor et spørsmål om man skal regne utslippene ved elektrisitetsproduksjonen som utslipp fra togene. Vi anbefaler at dette ikke gjøres av to årsaker. For det første drives elektriske tog i Norge primært av (utslippsfri) vannkraft, og for det andre vil en tilleggsberegning for utslipp ved kraftproduksjon medføre at elektriske tog behandles annerledes enn elektriske biler i TØIs nye beregninger av eksterne kostnader ved veitransport (Thune Larsen m fl., 2014). Vi anbefaler derfor at utslipp til luft kun beregnes på bakgrunn av transport med dieseldrevne tog.

Utslipp til luft ved jernbanetransport blir av SSB beregnet ved å multiplisere togenes forbruk av autodiesel med utslippsfaktorer.

Utslippsfaktorer kan innhentes ut fra SSB og Vestlandsforskning (2010).

Videre arbeid på kort sikt

Vi foreslår ingen oppdatering av selve metodegrunnlaget for beregning av lokale utslipp til luft fra sjø- og jernbanetransport, men en oppdatering av dagens verdier knyttet til nye og bedre grunnlagsdata og oppdaterte enhetspriser, tilsvarende som nå gjøres på veisiden. Vi vil beregne de marginale eksterne kostnadene både i kr/km og

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

kr/tonnkm og skille mellom ulike skipstyper og –størrelser og mellom havn/ved kysten som skissert over.

Videre arbeid på lengre sikt

En av de store utfordringene er hvordan man skal behandle fremtidige teknologier for skipsfart. Dette er utfordrende fordi 1) det er lite tilgjengelige utslippsfaktorer for nye drivstofftyper og teknologier (de fleste tilgjengelige utslippsfaktorer bygger på velkjente marine drivstoff og/eller skiller ikke mellom drivstofftyper) og det er usikkerhet rundt hvordan drivstofforbruket per kilometer kommer til å bli[1], samt at 2) installeringen av SO_2-rensing vil trolig påvirke andre typer utslipp som CO_2 (dette er velkjent fra årevis eksperimentering med SO_2-rensing i andre næringer), noe som også bør fanges opp i beregningen av eksterne kostnader. Vi mener at det bør gjøres et grundig arbeid som tar hensyn til disse punktene, og anbefaler derfor at en beregning av eksterne kostnader for kommende teknologier for sjøfart bør gjennomføres på lengre sikt.

Med de omfangsrike AIS-dataene kan man sted- og tidfeste skipsaktivitet langs norskekysten, og dermed også utslipp til luft. Dette er svært nyttig når man skal beregne eksterne kostnader ved luftforurensing, ettersom de vil avhenge av hvor utslippene skjer. Spesielt viktig er variasjoner i befolkningsstørrelse over ulike kystregioner av sentral betydning for omfanget av helseskade ved utslippene. Videre er det også av sentral betydning om utslippene forekommer nært land eller langt til havs. Med sin geografiske dimensjon tillater AIS-dataene oss å kartlegge hvor utslippene skjer, samt befolkningstettheten i området.

KLIF gjorde i sin LEVE-undersøkelse en grundig kartlegging av lokale forskjeller i enhetskostnader ved lokal luftforurensing i ulike regioner i Norge. Det ville være interessant å ta utgangspunkt i denne kartleggingen for å etablere geografisk bestemte enhetspriser, men vi ser ikke at det vil være aktuelt å gjøre på kort sikt.

Utslipp av klimagasser

Klimagasser er gasser som bidrar til å varme opp jorden. CO_2 regnes som den viktigste klimagassen. CO_2-gassen befinner seg i atmosfæren i over 100 år og kan forflytte seg hvor som helst over jorden i denne perioden. Dermed er ikke sted for utslippene av avgjørende betydning for utslippenes miljøskade.

Enhetspriser

Vi anbefaler å basere kostnadene ved utslipp av drivhusgasser på middelscenariet i Klimakur 2020 (Miljødirektoratet, 2010) dersom de bindende målene først og fremst er knyttet til innenlandske utslippsreduksjoner. Innen 2020 skal de norske utslippene av klimagasser reduseres med 15 til 17 millioner tonn. Etatsgruppen Klimakur 2020 har vurdert virkemidler og tiltak for å oppfylle dette klimamålet. I det scenarioet ble det lagt til grunn en kvotepris på 40 Euro/tonn CO_2 i 2020 og 100 Euro/tonn CO_2 i 2030. Dette er også det Jernbaneverket bruker i dag.

[1] Som nevnt i kapittel 5.1.1 finnes det noen analyser om fremtidige utslipp fra skip, hvor det gjøres en rekke *antakelser* for å anslå hvordan utslippsfaktorene vil utvikle seg i fremtiden.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Dersom norske bindende mål snarere er knyttet til de totale, globale utslipp Norge forårsaker, og norske utslipp er underlagt et internasjonalt kvotemarked, følger vi Hagen-utvalgets anbefalinger om å benytte priser beregnet av International Center for Climate Governance, ICCG, 2011. Dette tilsvarer en pris (i 2010-€) på 43 €/tonn CO_2 i 2020, 68 €/tonn CO_2 i 2030 og 235 €/tonn CO_2 i 2050.

Utslippstall

Vi vil hente inn utslippsfaktorer for CO_2 ved å bruke tall fra Vestlandsforskning (2010) for jernbanetransport. For sjøtransport anbefaler vi å bruke Havbase, for å få samme differensiering på fartøystørrelse. Kilder for å beregne trafikktall og dekningsgrad er de samme som ved beregning av kostnader ved lokale utslipp.

Videre arbeid på kort sikt

Vi anbefaler å bruke tall fra Klimakur 2020 eller ICCG, og utslippsfaktorer fra Vestlandsforskning og beregne de marginale eksterne kostnadene både i kr/km og kr/tonnkm og skille mellom ulike skipstyper og –størrelser som skissert over.

Vi opplyser om at TØI ikke har utført nye beregninger for de marginale eksterne kostnadene knyttet til klimagasser i sin utredning for veitransport (Thune-Larsen m fl., 2014). Det bør derfor vurderes å gjøre en slik tilleggsberegning for veitransport, for å sikre et godt sammenlikningsgrunnlag mellom de ulike transportmidlene.

Videre arbeid på lengere sikt

Som for lokal luftforurensing vil det være hensiktsmessig å vurdere innfasingen av ny teknologi.

Kø og trengsel

Kø oppstår når transportomfanget overstiger den begrensede kapasiteten til transportnettverket. Ved trengsel vil et ekstra kjøretøy medføre at hastigheten på nettverket reduseres, og dermed at både førerens egen og andre transportbrukeres tid til transport øker.

For sjøtransport antar vi at denne kostnaden er neglisjerbar. Det er generelt stor kapasitet på både farleder og havner i Norge. Samtidig har vi valgt å se bort fra havner og terminaler i dette prosjektet for å gjøre det mest mulig sammenliknbart med nye beregninger av de marginale eksterne kostnadene for vegtransport.

Togene har en rutetabell de skal følge og så lenge alt er i rute skal ikke togene påvirke hverandre. Når et tog blir forsinket, enten det er planlagt (ved f eks saktekjøringer) eller ikke (uforutsette hendelser), vil det kunne føre til følgeforsinkelser som raskt sprer seg i nettverket. Nyere studier viser at sammenhengen mellom kapasitetsutnyttelse og forsinkelser på jernbanesporet er (svært) lav. I tidligere beregninger av de marginale eksterne kostnadene på jernbane i Norge har man antatt at denne er neglisjerbar knyttet til sjø og bane.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Enhetspriser for jernbanetransport

Vi anbefaler at verdiene som ble beregnet i forskningsrådsprosjektet Pusam brukes som enhetspriser for tid og forsinkelse, oppdatert til 2013-kr.

Videre arbeid på kort sikt

Med bakgrunn i nyere studier anbefaler vi at den marginale eksterne kostnaden settes lik null for kø og trengsel på jernbanenettet.

Videre arbeid på lengere sikt

Det pågår nå et forskningsprosjekt der det vurderes å se nærmere på sammenhengen mellom kapasitet på sporet og effekten av dette på tid og forsinkelser. Hvis det avdekkes at det er en større sammenheng i Norge enn nyere tall fra Sverige og andre europeiske land viser, vil vi anbefale at det gjøres beregninger for å finne de marginale eksterne kostnadene.

Nilsson (2002) har utviklet en metode for å beregne optimal kjørevegsavgift for jernbanen på bakgrunn av etterspørselen etter å ha tilgang til sporet. Formålet er å gi en riktig prising av bruken av infrastrukturen. Det kan være interessant å vurdere anvendelsen av denne metoden i Norge også, men det vil være ressurskrevende å bygge opp denne modellen. I forbindelse med EUs fjerde jernbanepakke (Regjeringen.no, 2013), der man vil åpne all jernbanetrafikk i Europa for rettferdig konkurranse og fullføre det indre markedet i sektoren, skal det opprettes en rådgivende koordinasjonskomité som blant annet skal se på kjørevegsavgiften.

Støy

Selv om det har blitt gjort en rekke tiltak for å redusere støy fra transportsektoren har transportrelatert støy blitt et økende miljøproblem. Dette skyldes både at transportbruken er økende og at urbanisering fører til at flere eksponeres for støy. Støy medfører trivselsproblemer og kan føre til helseskader. For skipstransport blir kostnader knyttet til støy vurdert som neglisjerbare da transporten hovedsakelig foregår til havs. Unntaket er støy knyttet til havneaktiviteter, men vi har valgt å se bort fra kostnader knyttet til havner og terminaler i dette prosjektet. Vi kjenner heller ikke til støyberegninger for skipsfarten.

Enhetspriser

Som enhetspriser for støyplage vil vi bruke oppdaterte verdier fra verdsettingsstudien, som igjen bygger videre på de nasjonale dataene fra HEATCO-prosjektet. Tilsvarende blir gjort for å beregne støyplage på veisiden.

Tall for støyutsatte

SSB gjør støyberegninger og rapporterer antallet nordmenn som antas å være utsatt for jernbanestøy, samt lager en støyplageindeks. TØI fikk tildelt tall for antall personer utsatt av veitrafikkstøy på en mer disaggregert form enn den offentlige statistikken rapportert av SSB, noe som vi også ønsker å gjøre for jernbanetransport.

Videre arbeid på kort sikt

Vi anbefaler å gjøre nye beregninger knyttet til de marginale eksterne kostnadene av støy på jernbane. Tilsvarende som det nå gjøres på vei, vil dose-respons sammenhenger (Miedema, 2002) benyttes til å anslå andelen plagede av støyutsatte. Dette er nytt i forhold til tidligere norske beregninger av eksterne støykostnader, og

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

gir et mer riktig bilde av støyplagen. Videre anbefaler vi bruken av en nylig utviklet metode til å beregne marginale støykostnader (Andersson and Ögren, 2007, 2013). Denne metoden, som nå også benyttes for veitransport, har flere fordeler i forhold til de tidligere metodene som har vært brukt til å beregne marginale støykostnader i Norge. For det første, så beregner metoden marginale kostnader og ikke gjennomsnittskostnader som tidligere. For det andre, så bygger metoden på anvendelse av støyberegningsverktøyer, noe som gir en mer presis beskrivelse av den marginale støyen ett ekstra tog skaper enn hva de tidligere metodene gjorde. For det tredje, så er ulike desibelnivåer og lokale forskjeller i bl.a. befolkningstetthet behandlet direkte i modellen, noe som gir en langt bedre beskrivelse og differensiering av støyplage enn hva tidligere beregninger tillater.

Vibrasjon

I tillegg til støyplage kan vibrasjoner i bakken være opphav til helseplager. Oss bekjent er det ikke utviklet et metoderammeverk for beregning av eksterne vibrasjonskostnader ved transport og det finnes ingen publiserte vibrasjonskartlegginger. Dette, i tillegg til at marginale vibrasjonskostnader ved veitrafikk heller ikke beregnes i TØIs pågående utredning (Thune-Larsen m fl., 2014), gjør at vi velger å se bort fra vibrasjoner i denne rapporten

Ulykker

Med ulykkeskostnader mener vi her kostnader knyttet til tap av liv, nedsatt helsetilstand og inntektstap og økte utgifter i forbindelse med ulykke. Dette er samme definisjon som er benyttet tidligere i Eriksen m fl (1999), ECON (2003) og Hjelle (2006). Både på sjø og bane skjer alvorlige ulykker hvor dødsfall inntreffer svært sjelden. Men når de først skjer, kan konsekvensene bli betydelige. Dette fører likevel til at gjennomsnittskostnadene for alvorlige ulykker blir lave.

Verdiene som i dag brukes for de marginale eksterne kostnader knyttet til ulykker bygger på studier fra midten av 1990-tallet og er forbundet med stor usikkerhet. Det har blant annet blitt stilt spørsmål ved om andelen av ulykkeskostnadene som regnes som internalisert bør oppjusteres i henhold til internasjonale standarder. Selv om de eksterne kostnadene knyttet til ulykker relativt sett er lave sammenliknet med andre eksterne kostnader, mener vi at det bør gjøres en gjennomgang av beregningene og at de tilpasses verdier som anbefales internasjonalt. Spesielt gjelder dette for jernbanetransport, der verdiene som brukes i dag er tilnærmet 10 ganger så høye som det som anbefales i Sverige og EU-prosjektet UNITE (2002).

Ved oppdatering av de marginale eksterne kostnadene knyttet til ulykker ved transport på vei, gjøres det nå helt nye beregninger der *risikoelastisiteten* for ulykke trekkes inn, Lindberg (2001). Dette er i tråd med hva som nå også gjøres internasjonalt. Det bør være et mål at slike beregninger også gjøres for sjø- og jernbanetransport. Problemet er at det per i dag, så vidt oss bekjent, ikke finnes tall for risikoelastisitet i forbindelse med ulykker på sjø og jernbane. Maibach (2008) konkluderer med at det heller ikke finnes tall for dette for jernbane internasjonalt. For sjøtransport mener de at ulykkeskostnadene er neglisjerbare.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Videre arbeid på kort sikt

Det vil bli vanskelig og svært ressurskrevende, på kort sikt, å ha nye, beregnede verdier for marginale eksterne kostnader ved ulykker som bygger på samme metode som nå gjøres på veisiden. Til det mangler vi for mye av bakgrunnsdataene. Vi anbefaler derfor foreløpig å oppdatere dagens verdier, ved å benytte nye anslag på enhetspriser knyttet til ulykker fra verdsettingsstudien og oppdatert ulykkesrisiko. Når det gjelder de marginale eksterne kostnadene for ulykker knyttet til jernbane vil vi også anbefale å justere verdiene i henhold til internasjonale anbefalinger. Samtidig bør man begynne å jobbe mot å gjøre nye beregninger tilsvarende det som nå gjøres på veisiden i Norge.

Videre arbeid på lengre sikt

Det bør settes i gang arbeid for å se på hva risikoelastisiteten er knyttet til ulykker på sjø og bane, slik at vi får verdier som er sammenliknbare med de nye tallene på veisiden og internasjonale verdier.

Utslipp til sjø

Ulykker til sjø kan, foruten skader på mennesker og materiell, føre til utslipp med til dels store miljøkonsekvenser. Det finnes få beregninger av de marginale eksterne kostnadene knyttet til utslipp fra før av i Norge.

Enhetspriser

Kystverket har noen erfaringstall knyttet til kostnader ved Rocknes-ulykken i 2004. Samtidig finnes det tilsvarende tall for internasjonale ulykker som har ført til store oljeutslipp. Det er nylig gjennomført en pilotstudie knyttet til velferdstap ved miljøskader fra oljeutslipp fra skip (Lindhjem m fl, 2013). En hovedstudie er igangsatt og resultatene fra denne studien vil være et viktig bidrag for å beregne skadekostnadene av utslipp til sjø. Foreløpige tall viser at det er høy betalingsvillighet i den norske befolkningen for å slippe oljesøl (årlig betalingsvillighet per husstand varierer fra ca 1000 kr til 2500 kr).

Utslippstall

Grunnlagsdata fra skipsulykkesstatistikken viser antall registrerte utslippsulykker fra godsskip. Når det gjelder statistikk for omfanget av de ulike hendelsene, registrerer Sjøfartsdirektoratet både utslippsmengde og type der hvor det er tilgjengelig for miljøutslipp til sjø. Utslippstype/mengde registreres også i forbindelse med andre former for ulykker (f.eks. grunnstøting/kollisjon, osv.) når denne informasjonen er tilgjengelig.

Videre arbeid på kort sikt

Vi vil ved hjelp av tall for utslipp, trafikk og enhetspriser beregne marginale eksterne kostnader for utslipp til sjø både i kr/km og kr/tonnkm og skille mellom ulike skipstyper og –størrelser som skissert i starten av sammendraget. Tidligere studier av økonomiske kostnader knyttet til utslipp har dreid seg om større ulykker (slik som Exxon Valdes, Prestige og Rocknes i Norge), og er kanskje ikke relevante for skadevirkningene av små utslipp. Den nye studien knyttet til velferdstap ved oljeutslipp gir oss mulighet til også å se på effekten av mindre utslipp, selv om tallene

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

foreløpig kun bygger på en pilotstudie. Ulykker med godsskip kan også føre til andre typer miljøskadelige utslipp enn olje. I mangel av skadekostnader for disse anbefaler vi å bruke de samme enhetsverdiene som for oljeutslipp.

Videre arbeid på lengre sikt

Verdien på skadekostnadene som foreslås brukt på kort sikt er forbundet med stor usikkerhet, da det har vært lite forskning på hva skadekostnadene faktisk er for utslipp til sjø, spesielt for små utslipp. Her vil resultatene fra den nye studien være viktig. Når resultatene fra hovedstudien foreligger, bør de marginale eksterne kostnadene for utslipp oppdateres.

Vi påpeker at den nye studien tar for seg et område hvor det i dag foreligger lite annen tilgjengelig kunnskap. Derfor vil det være nyttig å etterprøve dens resultater, blant annet ved å vurdere en alternativ metodebruk. I Lindhjem m fl. (2013) benyttes en "stated preference" tilnærming (se appendiks B), noe som innebærer at de beregnede enhetsprisene ikke reflekterer de *faktiske* skadene som små utslipp til sjø medfører, men kun *forventet* skade. Vi anbefaler derfor å etterprøve resultatene ved en skadefunksjonstilnærming, hvor man søker å anslå den *reelle* kostnaden ved forurensingen. En mulig måte å tilnærme seg et anslag på kostnadene ved mindre oljesøl er å anvende statistiske metoder til å studere om rapporterte hendelser/utslipp har påvirket for eksempel fiskerinæringen eller turistnæringen på en negativ måte.

Infrastrukturkostnader

Med infrastrukturkostnader tenker man gjerne på fornyingskostnader og vedlikeholdskostnader som forårsakes ved at transportaktivitet skaper slitasje på transportinfrastrukturen. I videre forstand omfatter også begrepet andre kostnader som transportaktivitet pålegger infrastruktureier, slik som losing og isbryting for sjøtransport. I tidligere norske beregninger av eksterne kostnader ved sjøtransport (f.eks Eriksen m fl. (1999)) antas det at infrastrukturkostnader er neglisjerbare. Når los- og isbrytingstjenester også inngår i begrepet, vil trolig infrastrukturkostnadene ikke være neglisjerbare. Aktiviteter knyttet til trafikksentraler må også sees som avhengige av transportomfanget, og man bør vurdere om deres kostnader skal inkluderes blant infrastrukturkostnadene. Jernbaneinfrastrukturens kvalitet påvirkes over tid av blant annet aldring, klimapåvirkninger og trafikk. De marginale kostnadene kan knyttes til trafikkavhengig slitasje.

Aktivitetstall

I SSB sin StatRES for Kystverket gis måletall for kystverkets aktiviteter. Blant annet gir de en oversikt over antallet lospliktige seilaser og seilaser med los om bord.

I SSB sin StatRES for Jernbaneverket gis en detaljert oversikt over utgifter til drift og vedlikehold, delt inn i underkomponenter etter banestrekning. StatRES gir også en detaljert informasjon om aktiviteter og tjenester (for eksempel antallet dobbeltspor, bruer, tuneller og kilometer elektrifisert jernbanestrekning) og samlede driftskostnader per kilometer per banestrekning.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Videre arbeid på kort sikt

For sjøtransport anbefales det en beregning av loskostnader ved hjelp av statistiske metoder. Dette innebærer at data om losaktivitet og loskostnader må innhentes.

For jernbanetransport anbefaler vi at VTIs metode for beregning av marginale slitasjekostnader benyttes på norske data. Dette betyr at detaljerte data om vedlikeholdskostnader, strekningsvis togtrafikk og jernbanekarakteristika må hentes inn fra Jernbaneverket. Dette vil være et krevende arbeid, men vi håper det skal være mulig å gjøre på kort sikt.

Videre arbeid på lang sikt

Det bør vurderes om trafikksentralenes kostnader skal inkluderes i infrastrukturkostnadene. Dette vil kreve at data om deres driftskostnader og aktiviteter samles inn, og at statistiske metoder benyttes til beregningen av marginale kostnader.

Andre forhold

Vi har fokusert på at nye beregninger av eksterne kostnader for sjø og bane skal være sammenliknbare med eksterne kostnader for veitransport. Som nevnt innledningsvis, anbefaler vi derfor at eksternaliteter forbundet med terminalvirksomhet ikke inkluderes i eksterne kostnader ved sjø- og jernbanetransport. Videre gjøres det nå tilleggsberegninger for veitransport for også å inkludere transportarbeid i deres arbeid knyttet til beregning av de marginale eksterne kostnadene.

I rapporten peker vi på at dagens metoder til å beregne eksterne kostnader ikke vektlegger interaksjonen mellom ulike eksternaliteter, både hva gjelder generering av eksternaliteter og skade. Vi forsøker å illustrere at dette kan ha betydning for hvorvidt de beregnede eksterne kostnadene vil være "korrekte". Men dette er tema som i liten grad er behandlet i litteraturen, og det er derfor vanskelig å si hvor viktige slike effekter er. Dette kan bare videre forskning vise.

Vi drøfter også problemer med å gjøre geografiske inndelinger for estimatene. For å kunne gjøre en bedre vurdering rundt geografiske inndelinger av kostnadene anbefaler vi at det opprettes kontakt med VTI, som i sin pågående studie av eksterne kostnader gjør bottom-up beregninger av eksterne kostnader som de deretter skal aggregere opp til et større geografisk område. Her er det hensiktsmessig å diskutere hvilke kriterier som legges til grunn for aggregeringen av eksterne kostnader.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

1 Bakgrunn

Transportaktivitet påfører samfunnet eksterne marginale kostnader i form av støy, arealbeslag, ulykker, kø, slitasje på infrastruktur og helse- og miljøskadelige utslipp. De eksterne marginale kostnadene varierer mellom ulike transportformer og kjøretøy, fart, geografisk område for transportaktiviteten og når på døgnet og året transporten finner sted. For godstransport varierer også de helse- og miljøskadelige utslippene knyttet til transporten med fyllingsgrad og type gods som transporteres.

Foreliggende studier av de eksterne marginale kostnadene begynner å bli gamle. På oppdrag for Samferdsels-, Finans- og Miljøverndepartementet holder TØI på med å lage nye anslag for marginalkostnadene for vegtransport. I den sammenheng ønsket Samferdselsdepartementet en gjennomgang for å se på mulighetene for en tilsvarende oppdatering av marginalkostnadene for sjøtransport og jernbane.

For sjø- og jernbanetransport har man følgende studier tilgjengelige i Norge:

- De siste marginalkostnadsberegningene som ble utført av TØI i 1999 for alle transportmidler (Eriksen, Markussen og Pütz 1999)
- En oppdatering av disse beregningene gjennomført av Econ i 2003 (Econ 2003)
- Møreforskning Molde (Hjelle, 2006) gjorde en gjennomgang av marginale eksterne kostnader for sjøtransport for å identifisere mulighetsrommet for å utvikle et mer effektivt avgiftsregime for sjøtransport
- En ytterligere oppdatering av kostnadene som ble gjennomført av TØI i 2010 i forbindelse med utvikling av et verktøy til å beregne de samfunnsøkonomiske kostnadene ved ulike godstiltak (Minken og Madslien 2011), der utslippsparameterne er basert på en rapport som gir tall for utslipp av CO2-ekvivalenter (klimagasser) pr tonnkilometer for ulike typer godsbiler, skip og tog (Vestlandsforskning 2010).

En håndbok for beregning av eksterne marginalkostnader i transportsektoren (Maibach og Schreyer 2008), tar sikte på å etablere et sett med felles europeiske marginalkostnader for eksterne virkninger. Ved å bruke disse enhetskostnadene finner Sintef og Møreforskning (Foss, Larsen, Rekdal et al. 2010) ganske annerledes enhetspriser enn det som ble beregnet av TØI og ECON. Ved å bruke enhetspriser fra Maibach (2008) finner vi at de eksterne marginalkostnadene for lokale utslipp og globale utslipp for godsbåter trolig er høyere enn de som er beregnet av TØI og ECON.

I og med at den brede godsanalysen blant annet skal se på hva som er samfunns-økonomisk mest effektiv transportmiddelfordeling og at det fra vinteren 2014 vil foreligge nyere anslag på de eksterne kostnadene for veg- enn for sjø og jernbane-transport, startes det her opp et arbeid der vi ser nærmere på hva som finnes av datagrunnlag for å oppdatere de marginale kostnadene for godstransport med skip og jernbane. Samtidig pågår det nå et større prosjekt ved VTI i Sverige der de skal lage oppdaterte marginalkostnader for alle transportformer der det kan være gjensidig synergi i arbeidet.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

2 Problemstilling

For å gjennomføre kostnadsberegningene trenger vi oversikt og kunnskap om relevante data og en vurdering av metodetilpasning. Det er nødvendig å få oversikt over aktuelle datakilder, få tilgang til data, blant annet fordelt på ulike kjøretøytyper og -størrelser, og å planlegge hvordan tilgjengelige data kan anvendes i kostnadsberegningene. Samtidig må vi se nærmere på hvordan vi skal anvende, tilpasse og eventuelt videreutvikle de siste tilgjengelige metodene på området. Vi vil også kort drøfte framgangsmåter for å beregne eksterne kostnader fra *fremtidige* drivstoffteknologier (LNG og metanol) og vurdere i hvilken grad substitusjon mellom utslipp og lokale forhold påvirker eksterne kostnader og hvordan dette skal beregnes. På dette området finnes det i liten grad eksisterende litteratur og tilgjengelige metoder[1].

I dette forprosjektet vil det bli lagt et grunnlag for det videre arbeidet med å oppdatere de marginale kostnadene knyttet til godstransport på sjø og bane. Vi vil blant annet:

1) gå igjennom marginale kostnader for sjø og bane i Norge og utfordringer knyttet til eksterne kostnader fra godstransport;
2) gjøre en forberedende gjennomgang av ulike metoder og enhetsverdier som vil være aktuelle for den norske beregningen, samt å anbefale eventuelle tilpassinger og forbedringer[2];
3) gjøre en kartlegging av og vurdering av tilgjengelige data; og
4) gjøre en preliminær vurdering av utfordringer knyttet til beregning av marginale kostnader for framtidige drivstoffteknologier, utslipp-for-utslipp beregninger og hensynet til lokale forhold.

Det vil også bli en gjennomgang av internasjonal litteratur de senere årene knyttet til beregninger og anbefalinger av marginale eksterne kostnader for sjøtransport og jernbane. Vi vil etterstrebe at våre anbefalinger i størst mulig grad vil gjøre de marginale eksterne kostnadene for sjø og bane sammenliknbare med de nye marginale eksterne kostnadene som anbefales for vei, spesielt knyttet til anvendt metode.

Vi vil skissere hva som kan gjøres av beregninger på kort sikt, med beregning av nye anslag før sommeren 2014 og hva som er anbefalt videre arbeid for ytterligere forbedringer av marginale eksterne kostnader på lengre sikt, spesielt sett i lys av det som nå gjøres i Sverige.

---

[1] TØI avsluttet i august 2013 et forprosjekt innenfor Forskningsrådets NORKLIMA program hvor metodiske utfordringer ved beregninger av marginale kostnader for substituerbare utslipp var blant temaene som ble diskutert

[2] Her vil blant annet synergien mellom kostnadsberegningene og SECA-tilpasning av logistikkmodellen vurderes.

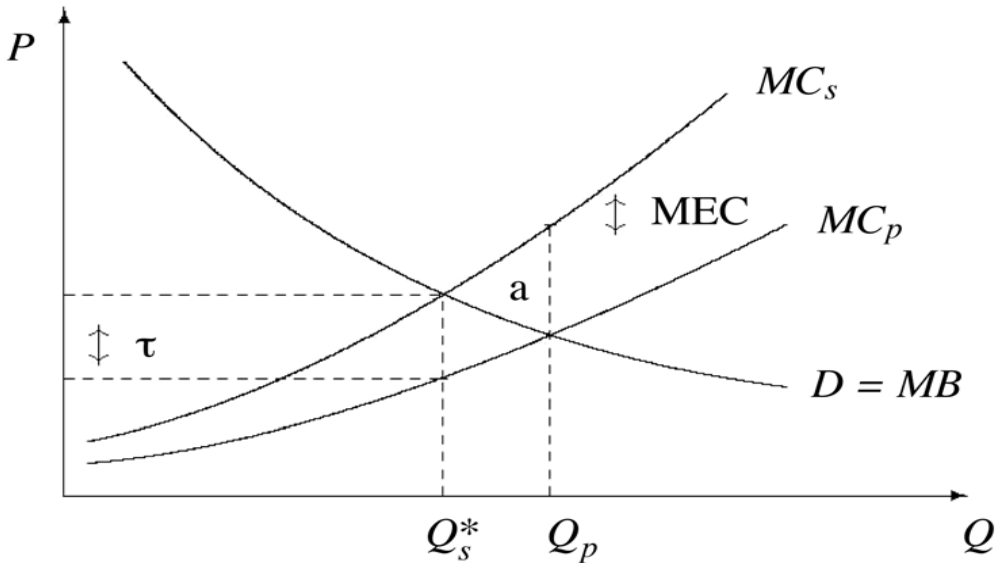
Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

I kapittel 3 forklarer vi nærmere hva som ligger i begrepet marginale eksterne kostnader. I kapittel 4 gir vi en oversikt over og beskrivelse av de mest relevante eksterne kostnadene knyttet til sjø- og jernbanetransport. Hva som er det nyeste innen metodebruk for beregning av marginale eksterne kostnader for godstransport både nasjonalt og internasjonalt gjennomgås i kapittel 5. I kapittel 6 har vi sett nærmere på hvilke verdier som faktisk brukes i dag og hva som anbefales internasjonalt. En gjennomgang av relevante datakilder gjøres i kapittel 7, mens vi i kapittel 8 gjør en oppsummering av rapporten og forslag til videre arbeid.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

3 Marginale eksterne kostnader

Eksterne kostnader - også kalt negative eksternaliteter - oppstår i det en aktørs aktiviteter påvirker andre aktører på en negativ måte, med andre ord når aktørens handlinger påfører andre kostnader. Transportaktivitet medfører eksterne kostnader i form av blant annet støyplage, ulykker, kø, slitasje på infrastruktur og helse- og miljøskade. I motsetning til de private kostnadene som en transportbruker møter (for eksempel tidskostnader, drivstoffpriser) vil normalt sett ikke eksterne kostnader ved transportvirksomhet tas med i transportbrukerens kostnadsberegninger. Vi sier gjerne at de eksterne kostnadene ikke er *internalisert*. Dermed blir brukerkostnadene ved transport *for lave* ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, og transportomfanget blir tilsvarende *for stort*. Dette poenget kan illustreres med et tilbud-etterspørsels-diagram.



***Figur 3.1**: Eksterne kostnader (kilde: Andersson og Ögren (2013))*

Figuren gir en stilisert beskrivelse av etterspørsel etter transporttjenester (D) og brukernes marginale kostnader (MC), hvor MC_p illustrerer de private marginale kostnadene når eksterne kostnader ikke er internalisert og MC_S illustrerer de marginale kostnadene når de eksterne kostnadene er internalisert. Differansen mellom kurvene er dermed sammenfallende med de eksterne kostnadene som transporten medfører. P er prisen for transport mens Q er trafikkvolumet.

I henhold til figuren, vil transportbrukerne tilpasse seg i punktet Q_p dersom de ikke tar hensyn til de eksterne kostnadene som deres transportbruk er opphavet til. Som det fremgår av figuren, vil da de private kostnadene (MC_p) være lavere enn samfunnets totale kostnader (MC_S). Den samfunnsøkonomisk optimale tilpassingen vil være i Q_s, hvor trafikkvolumet er lavere (og kostnadene er høyere) enn under den private tilpassingen.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

3.1 Marginalkostnadsprising – marginale eller gjennomsnittlige kostnader?

Figur 3.1 gir en tradisjonell fremstilling av transportbrukerens (og samfunnets) marginale kostnader ved transport. I praksis kan man tenke seg at disse er utledet ved å ta den deriverte av transportbrukerens kostnadsfunksjon, c(Q). En kostnads-funksjon angir (den laveste mulige) kostnaden ved å kjøre Q kilometer, og dens deriverte angir følgelig den marginale kostnaden ved å kjøre en kilometer ekstra (i året, ikke nødvendigvis på den samme turen).

Gjennomsnittlige kostnader finnes ved å dele totale kostnader på hver kjørte kilometer, dvs. c(Q)/Q. Ofte beregnes gjennomsnittlige eksterne kostnader som et alternativ til marginale kostnader, spesielt fordi såkalte "top-down" metoder ikke tillater å utlede marginale kostnader (dette behandles i kapittel 5). Vi bemerker her at – så lenge ikke marginale og gjennomsnittlige kostnader er like – kan bruken av gjennomsnittskostnadsberegning som grunnlag for marginalkostnadsprising lede til suboptimale allokeringer. Dette skyldes at en velferdsoptimering alltid vil kreve marginalbetraktninger.

I figur 3.1 har vi en økende konveks marginalkostnadskurve. I dette tilfellet vil generelt de gjennomsnittlige kostnadene være lavere enn de marginale kostnadene. Det betyr helt enkelt at dersom man legger gjennomsnittlige kostnader til grunn for marginalkostnadsprising vil transportomfanget bli høyere enn det som er sosialt optimalt (Q_S^*). I tilfellet med støyplage har vi et annet forhold, nemlig at de marginale eksterne kostnadene går mot null når transportomfanget blir stort. Sagt annerledes, dersom vegen eller banen allerede bidrar til omfattende støyplage spiller det liten rolle med ett kjøretøy fra eller til. I dette tilfellet vil gjennomsnittlige kostnader være større enn marginale kostnader, og marginalkostnadsprising basert på gjennomsnittskostnader vil føre til at transportomfanget blir for lavt i forhold til det samfunnsøkonomisk optimale nivået.

3.2 Beregning av størrelsen på de eksterne kostnadene

Figuren over gir et enkelt bilde av problemet med marginale kostnader. I virkeligheten er det svært komplisert å fange opp de eksterne kostnadene fra transportvirksomhet. Dette skyldes blant annet at de eksterne kostnadene varierer mellom ulike transportformer og fartøystyper og at faktorer som fart, geografisk område for transportaktiviteten og tid på døgnet og året som transporten finner sted har betydning for deres størrelse. Videre er det også et spørsmål om *hva* som skal regnes som eksterne kostnader. For eksempel er det et skille mellom *livsløpskostnader* og *direkte utslipp* fra fartøyet i drift. Den første kategorien inkluderer både eksterne kostnader når fartøyet er i drift samt eksterne kostnader ved produksjon og destruering av fartøyet, mens den andre kategorien kun tar hensyn til eksterne kostnader som genereres når fartøyet er i drift. Det er også et spørsmål om man kun skal ta hensyn til eksterne kostnader som fartøyet selv er opphav til når det er i drift, eller om man skal ta hensyn fartøyenes bidrag til eksterne kostnader fra en større transportkjede. Et eksempel vil her være å regne eksterne kostnader ved havneoperasjoner som eksternaliteter knyttet til sjøtransport.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

En annen viktig avgrensing er å kartlegge hvilke typer eksternaliteter som er relevante for de ulike transportformene. For eksempel er det trolig slik at transport på veg og bane gir et langt større bidrag til støyplage enn sjøtransport. Det er dermed et spørsmål om hvorvidt støyplage fra sjøtransport er så liten at det ikke vil være hensiktsmessig å verdsette den.

Denne rapporten vil legge et grunnlag for oppdaterte beregninger av marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø- og jernbane. Rapporten vil presentere relevant litteratur tilknyttet til beregninger av eksterne kostnader, samt gi en oversikt over tilgjengelige datakilder. Som en del av denne diskusjonen vil vi ta for oss eksterne kostnader for fremtidige drivstoffteknologier for sjøtransport, noe som vil kreve kostnadsberegninger som i liten grad har empirisk data å støtte seg på. Vi vil videre ta hensyn til det pågående arbeidet med å oppdatere eksterne kostnader for vegtransport, og vi vil diskutere forutsetningene som kreves for at beregnede eksterne kostnader for transport på sjø og jernbane skal kunne sammenliknes med de beregnede eksterne kostnader for vegtransport. Notatet vil også peke på to metodiske utfordringer som vi mener i liten grad er dekket av den eksisterende litteraturen, nemlig antakelsen om at en eksternalitet er *uavhengig* av omfanget av andre eksternaliteter, samt rollen som lokalitet har for omfanget av eksterne kostnader.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

4 En oversikt over eksterne kostnader knyttet til godstransport på sjø- og jernbane

Vi starter med å diskutere relevante eksternaliteter knyttet til transport på sjø og jernbane. Et godt utgangspunkt for denne oppgaven er gitt i Maibach m fl. (2008), en europeisk håndbok som tar sikte på å etablere et sett med felles europeiske marginalkostnader for eksterne virkninger. I håndboken presenteres den følgende tentative oversikt over negative eksternaliteter knyttet til transport:

Tabell 4.1: *Eksterne kostnader fra ulike transportformer (kilde: Maibach m fl. (2008))*

Cost component	Road	Rail	Air	Water
Costs of scarce Infrastructure	Individual transport is causing collective congestion, concentrated on bottlenecks and peak times.	Scheduled transport is causing scarcities (slot allocation) and delays (operative deficits).	See Rail.	If there is no slot allocation in ports/channels, congestion is individual.
Accident costs	Level of externality depends on the treatment of individual self accidents (individual or collective risk) insurance covers compensation of victims (excluding value of life).	Difference between driver (operator) and victims. Insurance is covering parts of compensation of victims (excluding value of life).	See Rail.	No major issue.
Air pollution Costs	Roads and living areas are close together.	The use of diesel and electricity should be distinguished.	Air pollutants in higher areas have to be considered.	Air pollutants in harbour areas are complicated to allocate.
Noise	Roads and living areas are close together.	Rail noise is Usually considered as less annoying than other modes (rail bonus). But this depends on the time of day and the frequency of trains.	Airport noise is more complex than other modes (depending on movements and noise max. level and time of day).	No major issue.
Climate Change	All GHG relevant.	All GHG relevant, considering use of diesel and electricity production.	All GHG relevant (Air pollutants in higher areas to be considered).	All GHG relevant.
Nature and landscape	Differentiation between historic network and motorways extension.	Differentiation between historic network and extension of high speed network.	No major issue.	New inland waterways channel relevant.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Vi vil i det følgende drøfte omfanget av skadevirkninger fra transport på sjø og jernbane med utgangspunkt i tabellen ovenfor. Vi vil drøfte de ulike eksternalitetene nærmere, samt trekke inn aktuell litteratur.

4.1 Utslipp av klimagasser

Klimagasser er gasser som bidrar til å varme opp jorden. Blant de viktigste gassene er først og fremst CO_2, lystgass og metan. Når disse gassene slippes ut i atmosfæren forhindrer de at varmen forlater jorden, noe som fører til av temperaturen på jorden øker. CO_2-gassen befinner seg i atmosfæren i over 100 år og kan forflytte seg hvor som helst over jorden i løpet av denne perioden. Dette betyr at konsekvensene av CO_2-utslipp kan bli svært store og at det er uten betydning hvor på jorda CO_2-utslippene skjer. Sjøfarten alene står for 3,3% av de totale CO_2-utslippene på jorden (Mellin and Creutzer, 2013).

CO_2 regnes gjerne som den viktigste klimagassen. Utslippene av denne klimagassen avhenger av karboninnholdet i det fossile drivstoffet som anvendes som transportens energiinnsats. Dermed vil drivstofftype og energieffektivitet være de viktigste determinantene for størrelsen på utslippene per kjøretøykilometer. Energieffektiviteten kan påvirkes gjennom tekniske løsninger (for eksempel utvikling av mer energieffektive maskiner) eller adferdsendringer (slik som for eksempel å tilpasse fart og kjøremønster for å minimere drivstofforbruk); se Corbett m fl. (2009).

4.1.1 De enkelte transportformene

Sjøtransport: Marine drivstoff er i dag hovedsak petroleumsbaserte. Noen av de viktigste drivstoffene er tungolje (HFO), marin gassolje (MGO) og marin dieselolje (MDO). Dette er drivstoff med velkjent karboninnhold, og som konverterer tilnærmet alt av karboninnholdet til CO_2 under forbrenning. Containerskip er blant de største maritime utslippskildene for CO_2 og man forventer at denne rollen vil tilta i fremtiden (Corbett et al., 2009). Nye regelverk (deriblant SECA-regelverket) kan forventes å bidra til en endring i konsumet av HFO, MGO og MDO, samt føre til at andre teknologier og drivstoff (med mer positive miljøegenskaper) vil tas i bruk i større grad enn i dag. Det siste punktet vil bli omtalt nærmere under kapittel 4.9, ”Fremtidige teknologier for skipsfart.”

Jernbane: I følge Jernbaneverket sin hjemmeside blir 80% av togtrafikken i Norge drevet av elektrisk kraft. Nordlandsbanen, Raumabanen og Rørosbanen er de to viktigste banenettene som ikke er elektrifisert. I 2007 var dieselandelen for godstransport på jernbane 20,9% med et anslag på at denne andelen vil reduseres til mellom 14,6% og 17,7% i år 2020 (Thune-Larsen et al., 2009). Det er vanlig å anta at miljøskadelige utslipp er lik null ved bruk av elektrisk jernbane i Norge fordi Norge stort sett er selvforsynt med elektrisitet fra norske vannkraftverk. Det kan dog argumenteres for at det bør tas hensyn til at elektrisitet til togdrift på marginalen kan fortrenge annen bruk av den elektriske kraften, som eksport sørover i Europa for å erstatte kullproduksjon. Det er uansett viktig at vi er konsekvente ved behandling av elektrisk drevne transportmidler av ulike slag. Det anbefales i dag ikke å ta hensyn til utslipp fra elektriske biler som skyldes at disse bilene fortrenger annen bruk av elektrisiteten (Thune-Larsen m fl, 2014).

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

En begrunnelse for å se bort fra CO2-utslipp ved elektrisk drevne godstog har vært at for at Kyoto-avtalen skulle oppfylles, måtte slik import medføre tilsvarende reduksjon i innenlandsk CO2-produksjon (Eriksen et al., 1999).

Gjennom Klimaforliket fra 2008 ba Stortinget om at det i forbindelse med rulleringen av NTP 2010-2019 skulle foreligge et karbonbudsjett som synliggjorde effekten som ulike prosjekter og planer har på de nasjonale klimagassutslippene. Som konsekvens av dette ble transportetatene pålagt å gjennomføre klimagassanalyser for sine prosjekter. I Jernbaneverket sin metodehåndbok (Jernbaneverket, 2011) er det utviklet et midlertidig verktøy til bruk i forbindelse med NTP 2014-2023, i påvente av et tverrfaglig verktøy. Jernbaneverkets verktøy beregner klimaeffekten av infrastrukturtiltak i et livsløpsperspektiv, og summerer klimagassutslipp fra innsatsfaktorer i alle faser av livsløpet; uttak av råstoff, produksjon og transport av materialer og produkt, bruk og avhending.

4.2 Lokal luftforurensing

De viktigste typer lokal luftforurensing er nitrogenoksider (NO_x), svoveldioksid (SO_2), flyktige organiske forbindelser (VOC) og partikler (PM). Disse utslippene påvirker atmosfærens kjemiske komposisjon, regional luftkvalitet og helse (Eyring et al., 2010). Den sentrale kilden til utslippene er transportsektorens forbrenning av flytende fossilt drivstoff (Colvile et al., 2001).

Helse og miljøeffekter forårsaket av luftforurensing er et stort og komplisert fagfelt. Slike effekter kan både være knyttet til primærutslippet fra kjøretøyet og til sekundærutslipp som oppstår når primærutslipp reagerer med andre komponenter. Et viktig eksempel på det sistnevnte er ozon som oppstår når primærutslippene NO_x og VOC reagerer med hverandre. Tabell 4.2 gir en oversikt over hvilke typer skader ulike typer primære og sekundære utslipp kan forventes å være opphav til:

De eksterne marginale kostnadene ved utslipp av lokal luftforurensing er svært sensitive til drivstofftype, forbrenningsteknologi og egenskapene til det geografisk området hvor utslippskilden befinner seg (Eyre et al., 1997). Befolkningstetthet og egenskapen ved naturen i nærheten av punktutslippet vil typisk ha stor betydning for skadeomfanget. Fann m fl. (2009) peker på 3 hovedårsaker til at eksterne kostnader av partikkelutslipp er kontekstavhengig. For det første er partikler resultater av en kompleks kjemisk prosess hvor forhold som meteorologi og basisnivå av utslippene spiller inn. For det andre vil forflytting (transport) av partikler fra utslippskilden og til omgivelsene avhenge av egenskaper ved kilden, slik som dens høyde over bakken og dens varme. For det tredje vil størrelsen på befolkningen som eksponeres for utslippene ha en betydning for helseskadene. Luftforurensing som SO_2 lever kort tid i atmosfæren, og dermed vil de største konsentrasjonene og dermed det største skadepotensialet være i umiddelbar nærhet til utslippskilden (Endresen et al., 2005). Dette er spesielt viktig for skipsfarten, hvor utslippene som finner sted i kai er forventet å ha langt større skadevirkninger enn utslipp som finner sted langt til havs. Det finnes en rekke artikler som studerer skadevirkninger ved skipsutslipp i havnebyer og tett befolkede områder, se for eksempel Tzannatos (2010) og Vutukuru og Dabdub (2008).

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 4.2: *Skader ved luftforurensing (kilde: Eyre m fl. (1997))*

Pollutant	*Mechanism*	*Receptor*					
		Climate	*Health*	*Crops*	*Forests*	*Fisheries*	*Building materials*
Carbon dioxide (CO_2)	Direct			?	?		
	Greenhouse	✓					
Methane (CH_4)	Direct						
	Greenhouse	✓					
Nitrous Oxide (N_2O)	Direct						
	Greenhouse	✓					
Carbon monoxide (CO)	Direct		?				
	Greenhouse	✓					
Particulates (PM_{10})	Direct		✓				✓
Sulphur Dioxide (SO_2)	Direct		✓	✓	?		?
	Aerosol	?	✓				
	Acidity				✓	?	✓
NO_x	Direct		✓				
	Aerosol	?	✓				
	Acidity				✓	?	✓
	via Ozone	?	✓	✓	?		?
NMVOC	Direct		?				
	via Ozone	✓	✓	✓	?		?
Benzene (C_6H_6)	Direct		✓				
1,3 Butadiene	Direct		?				
Formaldehyde	Direct		?				

✓ Impacts upon which monetary valuation is based.
? Impacts which have been identified, but are too small, difficult to estimate or uncertain to be used as a reliable input to valuation.

4.2.1 De enkelte transportformene

Sjøtransport: VTI (Mellin and Creutzer, 2013) konkluderer med at luftforurensing og klimagassutslipp er de viktigste eksterne kostnadene fra sjøtransport. Skadevirkningene ved klimagassutslipp er ikke stedsavhengig, men det er derimot skadevirkningene av luftforurensing. VTI påpeker derfor at en marginalkostnadsberegning bør ta hensyn til hvor utslippene finner sted (i havn eller i åpen sjø).

NO_x- og SO_2-utslipp har konsekvenser for helse og økosystemer, og kan bli transportert lange distanser fra sine utslippskilder. Det er generelt store NO_x-utslipp forbundet med skipsfart ettersom skipsmotorene opererer på høye temperaturer og uten at det benyttes renseteknologier (Eyring et al., 2010). Samtidig er svovelinnholdet i tungolje høyt. Tungolje et drivstoff som benyttes av rundt 50 prosent av skipene i den norske skipsflåten (ESN, 2013). Innføringen av nye regelverk for sjøfartsnæringen forventes å redusere konsumet av tungolje fremover.

En omfattende studie av utslipp til luft fra sjøtransport (Eyring et al., 2010) påpeker at rundt 70 prosent av alle skipsutslipp skjer innen 400 km fra kystlinjen, og at de dermed kan ha negativ påvirkning på miljø og helse. Utslippene kan fraktes flere

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

hundre kilometer i atmosfæren og gi negative ringvirkninger langt unna punktkilden. Spesielt kan utslippene påvirke luftkvalitet i kystregioner. NOx og SO_2 bidrar også til forsuring av havet. Denne effekten har størst betydning for grunne havområder.

Vi bemerker at SO_2 og NO_x fra skip vil kunne ha en kjølende effekt som motvirker utslippene av CO_2 med hensyn til global oppvarming. Det er derfor et spørsmål om slik luftforurensing skal få et "karbonavslag" under beregningen av eksterne kostnader. Dette er et vanskelig spørsmål, men vi peker på at studier indikerer at den kjølende effekten ikke vil være dominerende over tid (se Fuglestvedt og Berntsen (2008)), noe som taler mot et slikt avslag. I tillegg bemerker vi at kommende regelverk for sjøfartsnæringen tar spesielt sikte på å redusere omfanget av SO_2 fra sjøfarten. Dermed vil SO_2 sitt bidrag til kjøling spille en mindre rolle i fremtiden.

Jernbane: I Metodehåndbok JD 205 (Jernbaneverket, 2011) har man sett på verdsetting av eksterne effekter knyttet til lokal luftforurensning. I følge håndboken er verdsatte konsekvenser knyttet til stoffer der omfang og skadevirkninger antas å være av stor betydning, og der det finnes brukbare virkningsstudier. Tidligere gjaldt dette:

- Svoveldioksid (SO_2)
- Nitrogenoksider (NO_X)
- Flyktige organiske forbindelser (nmVOC)
- Partikler med diameter under 10 mikrometer (PM_{10})

Utslippene av svoveldioksid og flyktige organiske forbindelser er så små at de ikke lenger representerer et luftforurensingsproblem knyttet til jernbanetransport (Jernbaneverket, 2011). Siden kun 20 prosent av togtrafikken i Norge ikke er elektrifisert, og disse stort sett går i spredtbygde strøk, blir de totale kostnadene knyttet til lokale utslipp fra tog forholdsvis lave.

4.3 Kø og trengsel

Kø oppstår når transportomfanget overstiger den begrensede kapasiteten til transportnettverket. Ved trengsel vil et ekstra kjøretøy på nettverket medføre at hastigheten på nettverket reduseres, og dermed at både førerens egen og andre transportbrukeres tid til transport øker. Det vil påløpe ekstra kostnader knyttet til selve transportmiddelet (drivstofforbruk osv) og varens verdi under transport (både knyttet til økt fare for forringelse av varenes kvalitet og kapitalkostnader for varer i transport) når kjøretiden øker. Det antas at rundt 90 prosent av trengselskostnadene er knyttet til økt reisetid (Maibach et al., 2008), men konsekvenser av kø vil også være økt drivstofforbruk og ubekvemhetskostnader. I tillegg vil kø kunne ha en innvirkning på andre typer eksterne effekter, for eksempel utslipp til luft og støyplage som påvirkes av kjøretøyets fart; se for eksempel Corbett m fl. (2009).

4.3.1 De enkelte transportformene

Sjøtransport: Tidligere norske studier av eksterne kostnader ved sjøtransport, for eksempel Eriksen m fl. (1999), har antatt at køkostnader ved sjøtransport er neglisjerbare. Dette støttes også av Hjelle (2006) som argumenterer med at det er stor kapasitet på både farleder og i havner i Norge.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

I begge de nevnte studiene knyttes køkostnadene til selve båttrafikken. En bredere definisjon kan også inkludere køkostnader knyttet til veitrafikken som havnen generer. Slike effekter, gjerne kalt "hinterland congestion", har begynt å spille en stor rolle i flere havnebyer (De Borger and De Bruyne, 2011). Det er derfor et spørsmål om maritime køkostnader vil være neglisjerbare under den utvidede definisjonen av begrepet.

Jernbane: Togene har en rutetabell de skal følge og så lenge alt er i rute skal ikke togene påvirke hverandre. Når et tog blir forsinket, enten det er planlagt (ved f eks planlagte saktekjøringer) eller ikke (uforutsette hendelser), vil det kunne føre til følgeforsinkelser som raskt sprer seg i nettverket.

Etter hvert som antall reisende og behov for varetransport øker skapes det et press på høyere frekvens på togavganger, både for person- og godstog. Økt frekvens vil da føre til at ventetiden for reisende og kunder reduseres, altså at vi får en positiv ekstern effekt (ofte kalt Mohring effekten). Samtidig, ved å sette inn flere tog på sporet, kan man oppleve at tog i større grad ikke får den ønskede togtiden i rutetabellen. Dette er også en form for trengsel og som kan føre til at kundene i mindre grad kan tilpasse sin togtransport optimalt. Ved å sette inn flere tog på sporet, vil en også kunne se at selve nettverket blir mer sårbart og at kravet til presisjon øker. Hvis et tog blir forsinket, der årsaken til forsinkelsen for eksempel kan bunne i etterslep på infrastrukturvedlikehold, kan konsekvensene bli større når tettheten på sporet øker.

Når et tog blir forsinket eller innstilt innebærer det ikke bare økte kostnader for selskapet som kjører toget, som for eksempel utgifter til bemanning, erstatningsbusser og så videre. Det innebærer også en ulempe for de passasjerene som tar toget, eller for de bedriftene som har sendt varer med det. Primærforsinkelsen bidrar gjerne også til forsinkelser for andre tog som operer i nettverket, og dermed også ulemper for deres passasjerer og vareleveringer.

Det er primært tre forhold som påvirkes når trafikkmengden øker i et transportsystem nær kapasitetsgrensen, slik at transporttiden blir lengere:

- Tidskostnader
- Forsinkelseskostnader
- Kostnader for operatøren

Tidligere har det vært mye fokus på selve tidsbruken og at denne øker ved økt trafikkmengde, på en gitt strekning. De senere år har det i økende grad blitt klart at graden av pålitelighet har stor, og sannsynligvis betydelig større betydning for aktørene i markedet (Halse and Killi, 2012; Krüger et al., 2013). Pålitelighet kan defineres på mange måter. I den teoretiske litteraturen som omhandler økonomisk verdsetting av pålitelighet er pålitelighet vanligvis forstått som et uttrykk for hvor mye transporttidene varierer, altså hvor usikre de er. Når en transport skal gjennomføres har en som regel en *forventet* tid for transporten. I tilfellet med rutegående transport har en også en *angitt* transporttid. Transporttidens variabilitet sier da noe om hvor sannsynlig det er med avvik og størrelsen på disse eventuelle avvikene, enten sett i forhold til den forventete eller den angitte transporttiden.[3]

[3] Forventet og angitt transporttid er som regel ikke det samme. Forventningen sier hvor lang tid transporten tar i gjennomsnitt. En passasjer som tar den samme bussen hver morgen vil for eksempel kunne observere at bussturen i gjennomsnitt tar litt lengre tid enn det som er angitt på rutetabellen.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Også operatørene vil oppleve kostnader når tidsbruken og påliteligheten påvirkes. Dette vil spesielt være kostnader knyttet til personal, erstatningsmateriell, administrasjon og ofte på litt sikt, ved endret pålitelighet, kostnader knyttet til reservemateriell.

Hvor stor effekten blir av at det oppstår trengsel på banenettet vil kunne avhenge av blant annet når og hvor hendelsen oppstår, årstid, topografi, varetype og –menge om bord og hvor lenge hendelsen vedvarer.

4.4 Støy

Selv om det har blitt gjort en rekke tiltak for å redusere støy fra transportsektoren har transportrelatert støy blitt et økende miljøproblem. Dette skyldes både at transportomfanget er økende og at urbanisering fører til at flere typisk utsettes for eksponering av støy (Andersson and Ögren, 2007). Støy medfører trivselsproblemer og kan føre til helseskader. I tidligere oversikter har støyplage og søvnforstyrrelser vært ansett å bidra mest til de samfunnsmessige kostnadene ved vegtrafikk (de Hollander, 2011).

I likhet med luftforurensing vil en rekke faktorer – slik som befolkningstetthet, meteorologi, støykildens karakteristika og lokalisering – ha betydning for omfanget av støyplage. Blant annet vil forhold som det å ha en stille side på boligen eller støyskjerming ha stor betydning for om man vil være plaget av transportstøyen eller ikke. Normalt vil en person defineres som eksponert for støy dersom han/henne utsettes for mer enn 55 dB(A) som et gjennomsnitt over døgnet. Videre vil en andel av de utsatte regnes som plaget av støyen. Se Miedema (2002b) for en beskrivelse av andelen plagede av støyutsatte.

Sentralt for vurderingene av marginale støykostnader er at en skal prise ekstrabelastningen som oppstår når transportomfanget øker. Her har det betydning at den menneskelige hørselen skiller bedre mellom lave støynivåer enn høyere. Vi opplever støyen fra en dobling fra 4 000 til 8 000 kjøretøy på samme måte som den halvparten så store doblingen fra 2 000 til 4 000. Den marginale virkningen av et ekstra kjøretøy med hensyn til den opplevde støyen er dermed langt høyere når trafikken i utgangspunktet er lav enn når den er høy.

Myndighetene kan velge mellom tiltak som 1) reduserer støyemisjoner eller 2) reduserer støyutsatthet i deres arbeid med å redusere omfanget av skadevirkninger ved støy. Flere studier, for eksempel Oertli (2000) har vist at å redusere støyemisjoner er mindre kostbart enn å redusere utsatthet gjennom støybarrierer, isolering av fasader og liknende tiltak.

4.4.1 De enkelte transportformene

Sjøtransport: I henhold til tabell 5.1 er eksterne kostnader knyttet til ulykker og støy neglisjerbare for sjøtransport. Men her mener vi at beregningens avgrensing har en stor betydning. VTI (Mellin and Creutzer, 2013) konkluderer i sin pågående utregning at det er behov for å differensiere mellom støy fra fartøyene og i havnen. Det kan være et stort omfang av støy i forbindelse med havneoperasjoner (f eks lossing). Trozzi (2000) identifiserer 1) veitransport i forbindelse med maritim transport, 2) flytting av varer ved hjelp av støyende maskineri (f eks kran) og 3)

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

togtrafikk i havnen og dens nærområder som de viktigste kildene til støyplage i forbindelse med maritim transport.

Selv om støyplage i havnen gjerne blir trukket frem som den potensielt viktigste kilden til plage, er det også viktig å merke seg at skipsfartens bidrag til undervannsstøy kan påvirke det marine miljøet negativt, for eksempel gjennom å påvirke sjødyrs evne til parring og navigering; se for eksempel Hatch m. fl. (2008) for en diskusjon. Vi konkluderer her i samsvar med VTI (Mellin and Creutzer, 2013) at undervannsstøy kan være en viktig eksternalitet knyttet maritim transport, men at vi ikke kjenner noen studier som har verdsatt denne effekten. Generelt fremstår kartleggingen av virkninger av undervannsstøy som et nytt fagfelt.

Jernbane: Støy fra jernbanevirksomhet er et ikke-neglisjerbart miljøproblem. Blant annet viser beregninger gjort av SSB at 76 300 nordmenn var utsatt for jernbanestøy i 2011.

Vibrasjoner: I tillegg til støyplage kan vibrasjoner i bakken være opphav til helseplager. Oss bekjent er det ikke utviklet et metoderammeverk for beregning av eksterne vibrasjonskostnader ved transport og det finnes ingen publiserte vibrasjonskartlegginger. Dette, i tillegg til at marginale vibrasjonskostnader ved veitrafikk heller ikke beregnes i TØIs pågående utredning (Thune-Larsen m fl., 2014), gjør at vi velger å se bort fra vibrasjoner i denne rapporten.

4.5 Ulykker

4.5.1 Ulykker knyttet til person- og materiellskade

Det skilles ofte mellom to ulike kostnader når det gjelder ulykker, (Elvik, 1993):

- Kostnader ved tapt liv og nedsatt helsetilstand
- Kostnader ved inntektstap og økte utgifter i forbindelse med ulykker

I Eriksen m fl (1999) diskuteres materielle kostnader som en tredje ulykkes-kostnadskomponent. De argumenterer dog for at materielle skader antas å være dekket av transportbedriftene eller forsikringsordninger og at kostnadene dermed kan sies å være internaliserte.

Når det inntreffer en ulykke får dette konsekvenser ikke bare for de trafikkskadede, men også deres pårørende, operatører og offentlige organer. Hvordan de ulike aktørene rammes vil avhenge av hva slags ulykke man ser på. For ulykkeskostnader totalt sett er imidlertid tredje part (for eksempel pårørende) den gruppen som rammes tyngst. Det er et argument for å behandle ulykkeskostnader som eksterne.

Ulykkeskostnadene er ellers ofte internalisert i aktørenes adferd. I TØI-rapport 464 (Eriksen et al., 1999) har man sett på fordeling mellom internaliserte og eksterne kostnader knyttet til ulykker. Ut fra dette har man i Jernbaneverkets metodehåndbok (2011) laget følgende liste:

- Selvpåførte ulykkeskostnader regnes som internaliserte
- Skader som påføres andre regnes som eksterne
- Ulykker innen samme kjøretøykategori regnes som internaliserte
- Ulykkeskostnader for ansatte i transportbedrifter regnes som internaliserte, med unntak for skader for ansattes pårørende eller det offentlige ved skader eller dødsfall

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

- Ulykkeskostnadene for passasjerer er internaliserte, med unntak for skader for passasjerenes pårørende eller det offentlige ved skader eller dødsfall
- Materielle skader forutsettes internalisert gjennom forsikringskostnader

Videre antar vi at skade på last er internalisert gjennom forsikringsordninger.

Både på sjø og bane skjer alvorlige ulykker hvor dødsfall inntreffer svært sjelden. Men når de først skjer, kan konsekvensene bli betydelige. Dette fører likevel til at gjennomsnittskostnadene for alvorlige ulykker blir svært lave. Elvik og Voll (2014) har sett nærmere på noen utfordringer som kan oppstå når man prøver å øke sikkerheten i et system som allerede er svært sikkert. Som eksempel har de brukt jernbane i Norge. I åtte av de ti siste årene har det ikke skjedd dødsulykker blant passasjerer på jernbane i Norge. Det lave antallet ulykker gjør det vanskelig å estimere risiko og å bestemme om risikoen er økende eller synkende. På midten av 1990-tallet ble rapportering av hendelser som kunne fått alvorlige konsekvenser innført. Innrapporteringen av denne type hendelser har økt dramatisk siden og er nå på nærmere 16 000 per år. Likevel viser det seg at den økende innrapporteringen av alvorlige hendelser ikke har ført til en tilsvarende økning i ulykker. Det ser derfor ut til at økte innrapporteringer av hendelser ikke indikerer at ulykkesrisikoen øker. Et omfattende sikkerhetsnettverk gjør at svært få alvorlige hendelser faktisk fører til ulykker. Konklusjonen er at et lavt antall ulykker per tidsenhet gjør det vanskelig å estimere både nåværende ulykkesrisiko og endringer over tid knyttet til nivået på ulykkesrisikoen.

4.5.2 De enkelte transportformene

Sjøtransport: Det hender relativt sjeldent at fartøy forliser eller går på grunn i forhold til transportytelser som utføres, og det har i lang tid vært et stort fokus på å forbedre sikkerheten om bord i skip. Skip er mest sårbare for ulykker i det de befinner seg i eller på vei til havner med høy aktivitet. Studier viser her at skadeomfanget typisk vil avhenge av hvilke skipstype som er involvert i en ulykke. For eksempel vil omfanget av personskader knyttet til passasjerskip normalt være større enn omfanget knyttet til maritim godstransport (Yip, 2008).

I henhold til Teknisk Ukeblad viser de foreløpige ulykkestallene for 2013 at det var 252 rapporterte hendelser med personskade i fjor. De fleste av disse var fall, støt og klemskader. 8 personer ble meldt omkommet.

Jernbane: Ulykker knyttet til godstransport på jernbane faller i hovedsak innenfor 3 kategorier (Forkenbrock, 2001): kollisjoner ved kryssing av jernbane og motorvei, personulykker på andre steder enn ved kryssinger og feil ved togene. Forkenbrock peker på at det i hovedsak er jernbanearbeiderne selv som rammes ved togulykker. Disse kompenseres da av selskapet. I tillegg tar jernbaneselskaper opp forsikringer mot skade på personer og eiendom. Dermed vil en stor del av skadekostnadene være internaliserte.

4.5.3 Ulykker knyttet til utslipp til sjø

Ulykker til sjø kan, foruten skader på mennesker og materiell, føre til oljeutslipp fra last eller bunkers med til dels store miljøkonsekvenser. Ulykker kan også gi andre typer utslipp, for eksempel fra kjemikalieskip. Siden 2000 har det vært mer enn 186 ulykker globalt der store mengder olje har forurenset vannet (Mellin og Creutzer,

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

2013). Disse ulykkene har ført til at til sammen 212 000 tonn olje har rent ut og forurenset hav og kystlinjer globalt. For norske forhold viser grunnlagsdata fra skipsulykkesstatistikken at for tidsperioden 2000 til 2012 var det 94 registrerte miljøskader fra godsskip, mens det tilsvarende tallet for lekkasjer var 26 stykker, se tabell 4.3. Statistikken sier ikke noe om omfanget av de ulike hendelsene.

Tabell 4.3: Antall ulykker med lasteskip i perioden 2000-2012 i norske farvann.

Antall ulykker 2000-2012 med lasteskip	
Ulykkestype	**Totalt**
Annen ulykke	160
Brann/Eksplosjon	109
Fartøyet er savnet, forsvunnet	1
Grunnstøting	651
Hardt vær skade	12
Kantring	26
Kollisjon	283
Kontaktskade, Kaier, Broer etc	150
Lekkasje	26
Miljøskade/Forurensing	80
Stabilitetssvikt uten kantring	5
Totalsum	**1 503**

Kilde: Sjøfartsverkets skipsulykkesdatabase

Tidligere internasjonale studier indikerer at av den totale mengden olje som lekker ut i havet, skyldes ca 70% sjøtransport, og videre peker statistikken på at 80% av alle oljeutslipp skjer i havner (Ball, 1999). Olje- og andre typer utslipp kan ha store negative miljøeffekter på dyr- og planteliv i sjøen og langs kysten, og kan også føre til økonomiske konsekvenser for fiske- og turistnæringen i området.

Sjøtransport kan også føre til andre typer vannforurensning, som utslipp av ballastvann, avløpsvann, gråvann og fast avfall.

4.6 Infrastrukturkostnader

Med infrastrukturkostnader tenker man gjerne på fornyingskostnader og vedlikeholdskostnader som forårsakes ved at transportaktivitet skaper slitasje på transportinfrastrukturen. I videre forstand omfatter også begrepet andre kostnader som transportaktivitet pålegger infrastruktureier, slik som losing, isbryting (sjøtransport) og krav til utbygging av lagerplass/hvileplass for godstransport (veitrafikk).

4.6.1 De enkelte transportformene

Sjøtransport: I tidligere norske beregninger av eksterne kostnader ved sjøtransport (f.eks Eriksen m fl. (1999)) antas det at infrastrukturkostnader er neglisjerbare. Hjelle (2006) bemerker dette virker plausibelt dersom man velger en snever tolkning av begrepet ”infrastruktur”. Med dette mener han at det vil være liten grunn til å regne med slitasje ved bruk av farledene. Men – som Hjelle påpeker – dersom man velger å

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

se los- og isbrytingstjenester som en del av infrastrukturen, vil denne brede definisjonen av infrastrukturkostnader trolig medføre at infrastrukturkostnader ikke er neglisjerbare. VTI anser også disse kostnadskomponentene som relevante for sjøtransport i sin pågående utredning om eksterne kostnader for sjøtransport (Mellin and Creutzer, 2013).

Jernbane:

Toginfrastrukturens kvalitet påvirkes over tid av blant annet aldring, klimapåvirkninger og trafikk. De marginale kostnadene kan knyttes til trafikkavhengig slitasje. Jernbaneverkets metodehåndbok (Jernbaneverket, 2011) har listet opp hva vedlikeholdsutgiftene til kjørevegen omfatter: Løpende utgifter til underbygning, skinner, sviller, kontaktledning, signalanlegg, svakstrøm, tunneler, planoverganger, bruer og snøoverbygg. De understreker at vedlikeholdene per kilometer vil variere betydelig fra strekning til strekning avhengig av trafikkbelastning, klima og innslag av tunneler med mer. Generelt vil vedlikeholdskostnadene være lavere på nye strekninger enn på tilsvarende eldre og investeringer i eksisterende kjøreveg vil ofte redusere vedlikeholdsutgiftene.

Det er videre naturlig å anta at det er en sammenheng mellom dårlig vedlikehold, omfang av togtransport og fare for forsinkelser. Dette blir nærmere drøftet i kapittel 6.1.6.

Trafikksentraler:

Oss bekjent finnes det ikke noen studier som inkluderer kostnader knyttet til trafikksentraler i begrepet infrastrukturkostnader. Vi mener allikevel at disse kostnadene er sammenliknbare med loskostnader, og at det derfor vil være aktuelt å behandle de som infrastrukturkostnader.

4.7 Andre eksterne kostnader

En omfattende EU-rapport om eksterne kostnader fra sjøtransport (Miola et al., 2009) peker også på andre grupper av eksternalitetsproblemer knyttet til maritim transport enn de tidligere nevnte. Den første gruppen er *vannforurensing* og inkluderer blant annet avrenning og tilfeldig utslipp av drivstoff til havet fra skip og havneoperasjoner, avrenning av skipenes bunnsmøring, utslipp av ballastvann, ulovlig dumping og oppmudring i havner. Den andre gruppen er negative effekter for *jordsmonn*. Her dreier det seg for det første om spill av olje og andre skadelige stoffer til jord i forbindelse med havneoperasjoner, og om landerosjon som kan knyttes til maritime transportvirksomheter. Avfallsprodukter knyttet til havneoperasjoner er den tredje kategorien.

VTI (Mellin and Creutzer, 2013) har gjort en grundig gjennomgang av litteraturen knyttet til de tre gruppene av eksternalitetsproblemer (vannforurensing, erosjon og avfallsproblemer). De konkluderer med at det fins lite litteratur rundt verdien og størrelsen på deres skadeomfang og at det behøves mer forskning for å anslå omfanget av og verdien av disse potensielle eksternalitetsproblemene.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

4.8 Oppsummering av eksternaliteter

I de forutgående avsnittene har vi diskutert de viktigste eksternalitetene som er beskrevet i litteraturen om marginale eksterne kostnader knyttet til transport på sjø og jernbane. På bakgrunn av dette går vi nå igjennom hvilke eksternaliteter vi mener vil være hensiktsmessig å verdsette, samt hvilke avgrensinger vi anbefaler. Vi vil også diskutere litt rundt TØIs pågående studie om eksterne kostnader ved veitrafikk, for å forsøke å gjøre beregningene for maritim- og jernbanetransport sammenliknbare med de foreliggende beregningene for veitransport.

I henhold til drøftingen vår er klimagasser, lokal luftforurensing og utslipp til sjø de viktigste eksterne kostnadene knyttet til sjøtransport. Når det gjelder infrastrukturkostnader har vi, i likhet med VTI (Mellin and Creutzer, 2013), her valgt en utvidet definisjon av begrepet infrastrukturkostnader. Dette innebærer spesielt at vi anbefaler å beregne marginale loskostnader. Vår konklusjon om hvilke eksterne effekter fra sjøtransport som er av samfunnsøkonomisk betydning er i tråd med VTIs drøfting. Dette gjelder også vår anbefaling om å differensiere eksterne kostnader ved lokal luftforurensing etter lokalitet. Vi bemerker at andre marine eksternaliteter, spesielt utslipp til sjø, kan være av stor betydning. Vi har ikke kjennskap til størrelsen på kostnadene knyttet til denne eksternaliteten, men det bør ses nærmere på om det er mulig å beregne de marginale eksterne kostnadene.

For togtransport anbefaler vi å verdsette klimagassutslipp, lokale utslipp, støy, ulykker og kostnader knyttet til bruk av infrastruktur. Vi bemerker også at det kan være relevant å verdsette kostnader knyttet til kø og trengsel, men at dette bør vurderes nøyere under arbeidet med oppdateringen av eksterne kostnader for sjø- og togtransport. Årsaken til at vi forventer at kostnadene vil være tilnærmet neglisjerbare er at nyere forskning viser at sammenhengen mellom kapasitetsutnyttelse på sporet og forsinkelser er lav. Dette blir nærmere drøftet i kapittel 6.1.3.

I stor grad er de avgrensingene som vi anbefaler i henhold til TØIs arbeid med eksterne kostnader ved veitransport (Thune-Larsen m fl, 2014) og er ment å gjøre de oppdaterte beregningene for sjøtransport og togtransport sammenliknbare med de foreliggende beregningene for veitransport.

For det første legger vi kun punktutslippene direkte fra fartøyene til grunn for beregningene. Dette betyr blant annet at utslipp til luft fra produksjonen av togenes konsumerte elektrisitet ikke regnes med. Dette er som tidligere nevnt i tråd med behandlingen av elektriske biler i TØIs nye beregninger av eksterne kostnader ved veitrafikk.

For det andre legger vi heller ikke vekt på andre livsløpskostnader, slik som utslipp forbundet med konstruksjon eller destruksjon av fartøyer. Denne typen utvidede beregninger er heller ikke gjort for veitrafikk.

Til slutt har vi valgt å se bort fra terminaloperasjoner (slik som aktiviteter knyttet til havner eller godsterminaler). Årsaken er at terminalvirksomhet heller ikke er behandlet i studien av eksterne kostnader for veitrafikk. Vi bemerker at denne avgrensingen er hovedårsaken til at støyplage og kø/trengsel blir ansett som neglisjerbare eksterne kostnader ved maritim transport. Under kapitlene 4.3 og 4.4 nevnte vi blant annet støy fra havneoperasjoner og køproblemer knyttet til veitransport til og fra havnen (hinterland congestion) som potensielle eksterne kostnader knyttet til sjøtransport. Med andre ord er det ikke sikkert at kostnader ved kø og støyplage er neglisjerbare dersom havner regnes med som en del av

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

sjøtransporten. Vi bemerker at det ikke bare foregår terminaloperasjoner for sjøtransport, men også for godstransport på vei og jernbane. Vi forventer at terminaloperasjoner for vei- og jernbanetransport også vil medføre støyplage og hinterland congestion. Vi mener derfor at det er rimelig å utelate havneoperasjoner siden terminalvirksomhet utelates for de andre transportformene. Vi anbefaler i stedet opprettelsen av et eget prosjekt, hvor man spesifikt studerer og sammenlikner eksterne kostnader knyttet til terminalvirksomheter for de ulike transportformene.

4.8.1 En kommentar om arealbruk

Alle typer transport legger beslag på areal, for eksempel i form av veibygging, skinnelegging, terminalvirksomheter og havner. Det er et spørsmål om hvorvidt denne type arealbeslag medfører eksterne kostnader. Det er klart at infrastruktur-utbygging må forekomme på bekostning av annen aktivitet på det samme arealet siden areal er et rivaliserende gode. Men så lenge det eksisterer en arealpris og et velfungerende arealmarked vil man – i alle fall i teorien – ikke kunne medregne transportens arealbeslag som en eksternalitet, selv om den fortrenger annen virksomhet.

Saken blir en annen dersom en type arealbruk medfører *ikke-prissatte* (positive) eksterne virkninger. Fortrenging av denne type arealbruk ved infrastrukturutbygging vil da medføre eksterne kostnader siden infrastrukturutbyggingen vil medføre et tap for konsumentene av den ikke-prissatte arealbruken. Dette gjelder for eksempel ved nedbygging av jordbruksareal, hvor man antar at jordbruksvirksomheten skaper ikke-prissatte eksternaliteter i form av kulturlandskapsgode. Nedbygging av jordbruksareal vil følgelig medføre et tap for "konsumentene" av kulturlandskapsgodet. Det finnes også eksempler på at transportvirksomhet kan påføre skader på tilgrensende areal. For eksempel kan avrenning fra havneoperasjoner føre til skader på tilgrenset areal. Dette skal helt klart regnes som en eksternalitet, og er også nevnt i gjennomgangen av eksternaliteter knyttet til maritim transport ovenfor.

4.9 Fremtidige teknologier for skipsfart

Skipsfart er i dag forbundet med store utslipp av NO_x, SO_x og PM. Det skyldes at skipsmotorene opererer på høye temperaturer (Eyring et al., 2010) og at svovelinnholdet i marint drivstoff (spesielt marin tungolje) er høyt (Vutukuru and Dabdub, 2008). For å redusere skipsfartens miljøpåvirkning er det blitt og vil bli innført flere nye reguleringer for å kontrollere utslippet av SO_2 og NO_x fra sjøtransport. Dette dreier seg hovedsakelig om innføring av teknologiske utslippsstandarder som gjelder for geografisk avgrensede områder. Et eksempel er det såkalte SECA direktivet: Fra 2015 vil det høyeste tillatte svovelinnholdet for skip som seiler i SECA området[4] være 0.1 prosent. Dette vil medføre at skip som seiler innen SECA området enten 1) må skifte til lavsvovel marint drivstoff, 2) må installere renseanlegg for SO_2 (såkalte "scrubbers") eller 3) må skifte til andre drivstoff. Her er flytende naturgass (LNG), metanol og biodrivstoff blant de mest aktuelle alternativene. ESN (2013) har gjort en vurdering av skipsflåtens muligheter til å tilpasse seg de nye SECA kravene. De peker på at den kostnadseffektive

[4] SECA står for Sulphur Emissions Control Area. Dette området består av den engelske kanal, Nordsjøen og det baltiske hav.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

tilpassingsstrategien vil avhenge av fraktvolum og lengden man oppholder seg i SECA området. For bygging av nye skip vil LNG være å foretrekke og man kan derfor forvente en sterk økning i andelen av skip som benytter dette drivstoffet. Det Norske Veritas (DNV, 2012) argumenterer for at et skifte til LNG vil være den beste strategien, og at man med dette drivstoffbyttet vil bidra til at klimagassutslipp reduseres med 15-20% og NO_x utslipp med 85-90%, i tillegg til at utslippene av SO_2 og partikler reduseres med nesten 100%. I denne konteksten mener vi at det vil bli viktig å vurdere virkningene som SECA regelverket og andre regelverk vil ha for eksterne kostnader ved sjøtransport i fremtiden. Dette gjelder ikke bare for de regulerte utslippene selv, men også for andre utslipp som indirekte påvirkes av reguleringene. Slike indirekte effekter kan ha store betydninger for eksterne kostnader og for innføringen av effektiv miljøpolitikk (Kuosmanen and Laukkanen, 2011; Moslener and Requate, 2007; Rødseth and Romstad, 2013). Det er også viktig å merke seg at det finnes tilfeller hvor reduksjoner i en type utslipp medfører økninger i andre utslipp. Ett eksempel er økningen av dieselbiler i Norge, som har ført til en substitusjon fra CO_2 utslipp til NO_x utslipp (Hagman et al., 2011). Vi mener det er viktig å forsøke å kartlegge slike tilfeller, og mener følgelig at fremtidige teknologier også bør tas hensyn til i beregningene av eksterne kostnader fra sjøtransport.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

5 Metoder – state of the art

I dette kapitlet vil vi ta for oss ulike metodiske tilnærminger til å beregne eksterne kostnader, samt drøfte metoder som kan være egnet til å anslå internaliserte kostnader. Mot slutten av kapitlet vil vi også diskutere noen metodiske utfordringer som ble funnet under TØIs pågående arbeid med å oppdatere beregningene av eksterne kostnader ved veitransport.

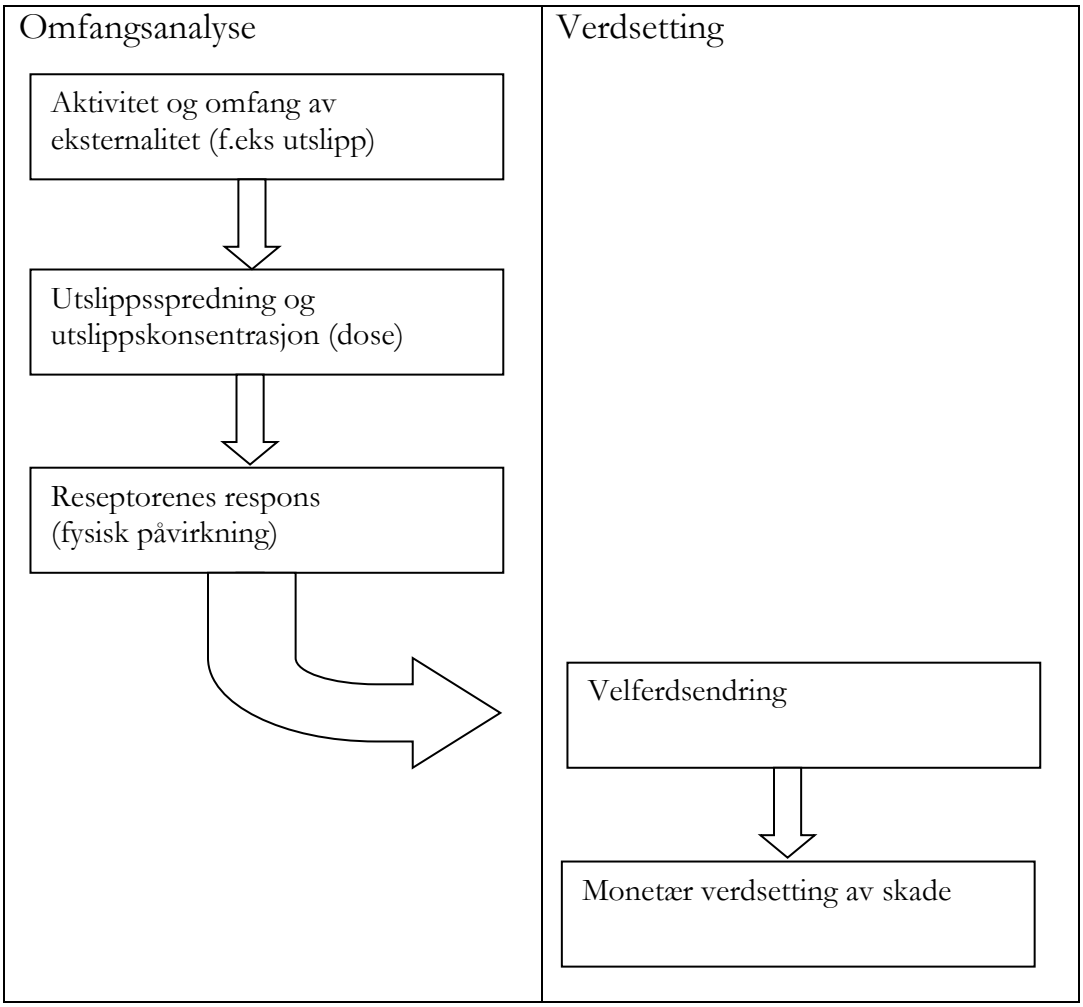
Enkelt sagt er det to typer informasjon som er viktig for å kunne beregne eksterne kostnader, nemlig 1) informasjon om *omfanget* av negative eksternaliteter (for eksempel utslippsnivåer) som er forårsaket av transportvirksomhet og 2) informasjon om skadekostnader som eksternalitetene medfører. Som vi vil komme inn på i dette kapitlet er ikke denne informasjonen lett tilgjengelig. I mange sammenhenger må den beregnes eller modelleres.

Vi kan grovt sett dele inn i to tilnærminger til å beregne eksterne kostnader fra transport, nemlig *top-down* tilnærmingen og *bottom-up* tilnærmingen. Ved top-down tilnærmingen beregnes eksterne kostnader aggregert (for eksempel for hele Norge), og deretter forsøker man å fordele de totale kostnadene på de ulike transport-aktivitetene som er opphavet til de eksterne kostnadene. Det er to store svakheter med denne tilnærmingen, nemlig at 1) det er vanskelig å beregne *marginale* kostnader med tilnærmingen (gjennomsnittskostnader beregnes i stedet) og 2) at den overser betydningen av lokalitet for transportens miljøskade. Fordelen med top-down tilnærmingen er at den er billig og forholdsvis enkel å gjennomføre.

En av de mest kjente bottom-up metodene er Impact Pathway Approach (IPA), som ble utviklet under ExternE prosjektet; se Bickel og Friedrick (2005). Denne metoden er utviklet for å vurdere skade og tiltakskostnader knyttet til utslipp fra luft fra ulike kilder. De ulike "stegene" i metoden beskrives ved den følgende figuren:

I IPA beregnes de eksterne kostnadene ved å følge veien fra punktutslippet av luftforurensing via kvalitetsendringer i luft, jord og vann til fysisk påvirkning og til beregningen av monetære kostnader. Dette krever at man beregner punktutslippene og deres spredning og konsentrasjoner i de geografiske områdene *rundt* og *langt unna* utslippskildene. Denne informasjonen kan man for eksempel knytte opp mot populasjonsdata for å beregne helseeffekter ved luftforurensing, men også opp mot andre effekter slik som produksjonstap. Dose-respons sammenhenger benyttes her til å anslå luftforurensingens fysiske påvirkning.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961



Figur 5.1: *Impact Pathway Approach (kilde: Hjelle (2006))*

Bottom-up tilnærmingen beregner skadeomfanget fra transporten på mikronivå og gir derfor et langt mer representativt bilde av transportens reelle skadeomfang for den gitte hendelsesstudien. Metoden tillater også beregning av marginale kostnader, og ikke bare gjennomsnittskostnader. På den andre siden er bottom-up tilnærmingen langt mer ressurskrevende enn top-down tilnærmingen, og det er urealistisk å tenke seg at man kan gjennomføre en slik studie for hele Norge (for eksempel ved å dekke hele jernbanenettet/farledsnettet i Norge).

I det følgende vil vi gå inn på ulike metoder som kan benyttes til å anslå størrelsen på de relevante eksterne kostnadene for godstransport på sjø og jernbane. Presentasjonen vil være i henhold til drøftingen i kapittel 1. Så langt det er mulig vil de presenteres i henhold til hovedkomponentene i figur 5.1 (Impact Pathway Approach), nemlig gruppert etter omfangsanalyse og verdsetting.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

5.1 Omfangsanalyse

5.1.1 Klimagassutslipp

Som for utslippene av lokal luftforurensing avhenger klimagassutslippene av drivstoffbruken. I henhold til vår tidligere drøfting vil punktutslippet av klimagasser fra elektriske tog antas å være lik null, og klimagassutslipp fra jernbanen vil relateres til dieseldrevne tog. Klimagassutslippene fra dieseldrevet togtransport kan beregnes ved hjelp av utslippsfaktorer, noe som er beskrevet nærmere i kapittel 7.3.

Maritim transport anvender i dag hovedsakelig fossilt drivstoff og dens utslipp av klimagasser er dermed relativt større i omfang enn klimagassutslippene ved togtransport. Metoder for beregning av klimagassutslipp fra maritim transport er beskrevet av Buhaug m fl. (2009). Denne studien anvender to fremgangsmåter til å anslå drivstofforbruket til maritim transport, og benytter deretter utslippsfaktorer fra IPCC og UNECE/EMEP CORINAIR-programmet til å beregne totalutslippene. Vi gjengir disse utslippsfaktorene i tabell 5.1.

Tabell 5.1: *Drivstoffbaserte utslippsfaktorer (kilde: Buhaug m fl. (2009))*

Utslipp	**Drivstoff**	**Utslippsfaktor (kg utslipp per tonn drivstoff)**	**Kilde**
CO		7.4	CORINAIR
NMVOC		2.4	CORINAIR
CH4		0.3	IPPC 2006/CORINAIR
N2O		0.08	IPPC 2006/CORINAIR
CO2	*Residual fuel oil* *Marine diesel oil*	3 130 3 190	IPPC 2006 IPPC 2006
SO2	*Residual fuel oil (2.7% S)* *Marine diesel oil (0.5% S)*	54 10	CORINAIR CORINAIR
NOx – – –	*Slow-speed diesel engines* *Medium-speed diesel engines* *Boilers*	90 \ 78 (85)* 60 \ 51 (56)* 7	- - -
PM10	*Residual fuel oil* *Marine diesel oil*	6.7 1.1	CORINAIR CORINAIR

*NO_x utslippsfaktorer: ikke-regulert\underlagt IMO NO_x regulering

Som tidligere nevnt befinner de viktigste klimagassene seg i atmosfæren lenge nok til at de kan spre seg uniformt over hele jordoverflaten. Dermed er det ikke behov for å kalkulere *hvordan* utslippene spres fra utslippskilden til reseptorene. Som det følgende kapitlet illustrerer gjør dette det langt enklere å beregne eksterne kostnader ved klimagassutslipp enn ved lokal luftforurensing. Derimot er det større usikkerhet knyttet til skadevirkningene av klimagassutslippene enn ved lokal luftforurensing.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Fremtidige utslipp

Kjennskap til utslippsfaktorer for klimagasser er av avgjørende betydning for å kunne kalkulere marginale karbonkostnader. Her knytter det seg utfordringer til å skaffe til veie relevante utslippsfaktorer for drivstoff som i dag er i liten grad i bruk. De fleste tilgjengelige kilder rapporterer utslippsfaktorer for skipstyper heller enn drivstoff-typer, og det er primært "konvensjonelle" marine drivstoff som ligger til grunn for beregningene av utslippsfaktorene. I sin studie av utslipp av karbondioksid fra sjøfartsnæringen beregner Buhaug m fl (2009) fremtidige utslipp. De gjør dette ved å spesifisere ulike fremtidsscenarioer og gjøre antakelser om hvordan utslippsfaktorene vil endre seg over tid. En liknende analyse er gjort av Eyring og Schlager, som også presenteres utslippsreduksjonsfaktorer for ulike scenarioer av fremtidige teknologier. Det finnes også andre eksisterende studier som har benyttet mer komplekse modeller til å vurdere fremtidige skipsutslipp. Dette er modellverktøy som det kan være aktuelt å se nøyere på i forhold til marginale kostnader ved utslipp til luft fra maritim transport. Først, i Cofala et al. (2007) benyttes RAINS modellen til IIASA til å gjøre simuleringer av utslipp ved fremtidige skipsteknologier. Som tidligere nevnt, så tillater modellen TREMOVE forecasting, og kan benyttes til å "teste" virkninger av nye typer drivstoff med hensyn til utslipp. Det vil være aktuelt å vurdere å enten bruke disse modellene eller å bruke deres underliggende forutsetninger (for eksempel utslippsfaktorer) til å anslå utslipp til luft for fremtidige skipsteknologier.

De nevnte studiene utgjør et godt utgangspunkt for beregninger av klimagasser for fremtidige teknologier. Men det er flere spørsmål som bør tas opp ved vurderingen av slike fremtidsberegninger. Spesielt mener vi at konsekvenser ved tilpassing til SECA-direktivet ikke er tilstrekkelig behandlet. Dette direktivet kan stimulere til en økning i bruken av SO_2-rensing, noe som kan påvirke andre utslipp, deriblant klimagasser. Tidligere erfaringer med SO_2-rensing i andre næringer har vist at denne effekten kan være betydelig.

5.1.2 Lokal luftforurensing

Den akademiske litteraturen har i større grad lagt vekt på beregninger av omfang og skadevirkninger av utslipp til luft fra skipsfart enn fra godstransport på jernbanen. Dette skyldes trolig kompleksiteten av virkninger ved utslipp til luft fra maritim transport. For jernbanetransport i Norge har vi tidligere bemerket at togene i stor grad er elektrifisert (se kapittel 1), noe som gjør at det i mindre grad er luftforurensing forbundet med selve togdriften.

Det eksisterer en mengde studier som omhandler maritim transports utslipp til luft og dens skadeomfang. I noen tilfeller er dette snakk om de lokale virkningene av utslipp i havnebyer (Tzannatos (2010), Deniz (2008)), men også virkninger som skyldes at skipenes luftforurensing transporteres over store avstander. En detaljert gjennomgang av beregninger og konsekvenser av utslipp fra sjøtransport finnes i Eyring m fl. (2010).

Størrelsen på utslipp til luft fra maritim transport er ikke kjent eller direkte observerbar. Dermed må man estimere fartøyenes drivstofforbruk og utslipp. Eyring m fl. (2010) skisserer to hovedtilnærminger til å beregne utslipp fra maritim transport, nemlig top-down og bottom-up tilnærmingene. Innenfor top-down tilnærmingen er det i hovedsak to mulige fremgangsmåter, nemlig å 1) samle data på sjøfartsnæringens totale drivstofforbruk og multiplisere opp med utslippsfaktorer,

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

eller 2) et aktivitetsbasert metodeverk. Aktivitetsbasert metode tar utgangspunkt i informasjon om skipenes aktivitet og bevegelser (samt motortype/skipstype). På bakgrunn av denne informasjonen blir flåtens drivstofforbruk estimert, og deretter ganget med utslippsfaktorer (se kapittel 4.2.) for å beregne størrelsen på utslippene. Det er viktig å merke seg at det er sådd tvil om kvaliteten på innrapporterte drivstoffdata, og det argumenteres derfor for bruken av et aktivitetsbasert mål. Generelt viser erfaringer at de estimerte utslippene blir høyere ved en aktivitetsbasert beregning. Top-down metodene beregner drivstofforbruk og utslipp uten å ta hensyn til lokalitet, med andre ord hvor trafikken har funnet sted. Vanligvis beregnes de totale utslippene først, og deretter fordeles de i henhold til kalkulert skipstrafikkintensitet.

I bottom-up tilnærmingen beregnes utslippene direkte i en spatial kontekst og utslippsberegningene er utviklet basert på detaljerte aktiviteter knyttet til bestemte lokaliteter (Eyring et al., 2010). En kjent bottom-up metode er EnteC som anvender data fra Lloyds registre. Det er også utviklet en nettverksmodell for maritim transport (STEEM-modellen), der rundt 50 prosent av skipstrafikken er cargoskip. Disse kan tolkes som om de opererer i et nettverk, ettersom de farter mellom veldefinerte destinasjoner. Dermed kan en nettverksmodell være nyttig for denne typen maritim godstransport. Vi bemerker også at modellen TREMOVE, som er utviklet for skipsutslipp, blant annet forecasting og man kan "teste" virkninger av nye typer drivstoff med hensyn til utslipp.

Når man har gjort et anslag på punktutslippene fra maritim transport er neste steg å anslå økningen i utslippskonsentrasjoner for alle påvirkede regioner og hvilke skadevirkninger dette har. Luftforurensinger, og spesielt SO_2, NO_x og partikler, kan spres over hundre til tusen kilometer i atmosfæren. Det betyr at både lokale og regionale skadevirkninger er av betydning. Derfor benyttes gjerne atmosfæriske spredningsmodeller til å beregne hvordan skipsutslippene sprer seg ut fra utslippskilden, og dermed også hvordan de potensielt sett kan forårsake skade. Videre anvendes dose-respons funksjoner for å beregne skadevirkninger. Se appendiks A for en mer detaljert oversikt over metoden.

En utfordring med å beregne de marginale eksterne kostnadene for skipstrafikk er at skipsfarten befinner seg enten i havn eller til sjøs. I hovedsak bør vi differensiere mellom kostnadene ved utslipp i disse tilfellene. I havnen har befolkningstettheten i havnebyen stor betydning for kostnadene. Men selv når skipet er til sjøs har både 1) skipets distanse fra land og 2) befolkningstetthet langs kysten en betydning for om skipsutslippene spiller en rolle for miljøet eller ikke.

5.1.3 Kø og trengsel

I TØIs tidligere beregninger av marginale eksterne kostnader (Eriksen m fl, 1999) ble kostnader ved kø- og trengsel knyttet til godstransport på sjø og bane antatt å være helt neglisjerbare. Nyere metoder lar oss ta hensyn til slike kostnader for jernbane-transport. I den senere tid har det kommet en rekke vitenskapelige artikler som vurderer hvordan den begrensede kapasiteten på tognettverket optimalt sett bør utnyttes. Nilsson (2002) presenterer et optimeringsproblem hvor rutetabeller utvikles ved å maksimere operatørenes samlede verdi av bruken av jernbanenettet. Denne metoden benytter operatørenes betalingsvillighet til å beregne den optimale jernbane-allokeringen. Problemet med dette er at jernbaneoperatørene har insentiver til å overrapportere sin betalingsvillighet. Et alternativ er da å løse dualen til Nilssons optimeringsproblem; se Brännlund m fl. (1998). Det duale optimeringsproblemet

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

gjør det mulig å *beregne* verdien av anvendelsen av infrastrukturen gjennom beregningen av såkalte skyggepriser. Disse prisene danner et godt grunnlag for beregningen av kjørevegsavgift ut fra en vurdering av trengsel på nettverket. En annen tilnærming til beregningen av nettverkskapasitet og kjørevegsavgift for jernbanen er presentert av Kozan og Burdett (2005). I denne artikkelen benyttes ikke skyggeprising, men ved at totale kostnader ved forsyning av jernbanen fordeles på brukerne ut fra bestemte regler. Yuan og Hansen (2007) ser på avveiingen mellom graden av kapasitetsutnyttelse og jernbanens punktlighet. Deres artikkel presenterer en stokastisk modell som estimerer forventede følgeforsinkelser ved tekniske feil og liknende. Modellen kan benyttes til å beregne det optimalt mulige antallet togpasseringer for en gitt grad av følgeforsinkelser.

5.1.4 Støyplage

Lyd skapes av trykkbølger i luften, og det er dermed lydtrykket som angir lydnivået. Lydtrykk måles gjerne i Pascal, men til vårt formål er dette et upraktisk mål ettersom det menneskelige øret har en svært stor spennvidde. I stedet benyttes ofte en logaritmisk indeks kalt desibelskalaen (forkortet dB) til å angi lydstyrke. Støyplage måles normalt sett som et A-vektet[5] ekvivalent lydtrykk i løpet av en 24 timers periode, gjerne kalt L_{eq}. Dette er det gjennomsnittlige støynivå som en gitt geografisk lokalitet (resipient) normalt sett utsettes for i løpet av døgnet[6].

Det er vanlig å gjøre detaljerte beregninger av støynivåer på hver enkelt adresse i hele Norge. Blant annet gjøres slike beregninger av SSB og Statens Vegvesen. Men her er det viktig å merke seg at det er en stor forskjell på maritim transport og transport på jernbanen. Siden støy knyttet til maritim transport enten antas å være neglisjerbar[7] eller kun relatert til havneoperasjoner finnes det i liten grad beregninger og dokumentasjon av støy knyttet til denne transportformen. Derimot publiseres det jevnlig støyberegninger for jernbanetransport (blant annet av SSB), og vi vil derfor fokusere på støyberegningsverktøyer som er vanlig for jernbanetransport. En mer detaljert oversikt over aktuelle støyberegningsverktøyer finnes i appendiks A.

Når man har beregnet det ekvivalente støynivået på en gitt adresse kan man analysere omfanget av støyplage ved jernbanetransport. Her er det viktig å merke seg skillet mellom det å være *utsatt* for støy og det å være *plaget* av støy. Normalt antas det at personer som bor på adresser hvor lydnivået er estimert til å være 55 dB eller mer er utsatt for støy. Dette antallet rapporteres blant annet av SSB, og var i 2011 estimert

---

[5] A-vekting er en tilpassing (eller vekting) av lydnivåer i henhold til den menneskelige hørselens sensitivitet.

[6] L_{eq} fokuserer ikke på variasjoner i støy over døgnet selv om tidspunktet for *når* støyen inntreffer kan ha stor betydning for hva slags skadeomfang den medfører. Spesielt forventes det at støy om natten skaper større skade enn om dagen, blant annet gjennom å skape søvnforstyrrelser. Maksimale støyverdier (ekstremverdier) om natten er et mer relevant mål når det gjelder søvnforstyrrelser, men det er svært vanskelig å beregne marginale eksterne kostnader på bakgrunn av disse verdiene (Andersson and Ögren, 2013). Alternativt kan man belyse tilleggsplagen ved nattestøy ved å behandle transportmidlene som "mer støyende" på nattetid enn på dagtid. En vanlig tilnærming i EU er å behandle transportstøy om natten som 10 dB høyere enn på dagtid og transportstøy på kvelden som 5 dB høyere enn på dagtid. Dette gir opphav til det såkalte L_{den} (day-evening-night) målet for støy.

[7] Se for eksempel http://www.regjeringen.no/nb/dep/sd/dok/regpubl/stmeld/19961997/st-meld-nr-46_1996-97/2.html?id=191279

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

til 76 300 personer i Norge for jernbanestøy. Av disse personene er det bare en (potensielt sett liten) andel som regnes som å være plaget av støyen.

Vi bemerker at skillet mellom det å være plaget og utsatt for støy ikke har vært vektlagt i tidligere beregninger av eksterne kostnader ved transport i Norge; se f.eks Eriksen m fl (1999). Her har SSBs beregninger av antall utsatte blitt tolket som antallet plagede personer. I TØIs pågående studie av eksterne kostnader på vei (Thune-Larsen m fl., 2014) har man tatt hensyn til dette skillet, noe som vil ha en betydning for sammenliknbarheten av de eldre tallene for marginale støykostnader med de nye beregningene for veitransport.

Flere europeiske studier har funnet at støy ved transport på jernbanen er mindre plagsomt enn støy fra veitrafikk; se for eksempel kurvene i Midema og Oudshoorn (2001). Det har derfor vært praktisert en 5 dB jernbanebonus i flere europeiske land, altså at man trekker 5 dB fra den beregnede støyemisjonen for jernbanetransport. En ny studie av Elmenhorst m fl. (2012) finner at godstransport på jernbane nattestid er assosiert med økt sannsynlighet for at folk våkner, og de stiller derfor spørsmål om hvorvidt jernbanens 5 dB bonus bør gjelde om natten. Vi anbefaler derfor ikke å benytte dette avslaget.

I TØIs pågående studie om eksterne kostnader for veitransport ble dose-respons sammenhenger fra Miedema (2002a) benyttet til å anslå andelen plagede av antallet støyutsatte. I tillegg blir det benyttet en metode for å beregne marginale støykostnader som nylig er utviklet av Andersson og Ögren (2007, 2013). Denne metoden har også vært anvendt på jernbanetransport av de nevnte forfatterne. Denne metoden har flere fordeler i forhold til de tidligere metodene som har vært brukt til å beregne marginale støykostnader i Norge. For det første, så beregner metoden marginale kostnader og ikke gjennomsnittskostnader som tidligere. For det andre, så bygger metoden på anvendelse av støyberegningsverktøyer, noe som gir en mer presis beskrivelse av den marginale støyen ett ekstra tog skaper enn hva de tidligere metodene gjorde. For det tredje, så er ulike desibelnivåer og lokale forskjeller i bl.a. befolkningstetthet behandlet direkte i modellen, noe som gir en langt bedre beskrivelse og differensiering av støyplage enn hva tidligere beregninger tillater. Se appendiks A for en mer detaljert beskrivelse av metoden.

5.1.5 Ulykker

I TØIs pågående studie for veitrafikk (Thune-Larsen m fl, 2014) benyttes en metode for beregning av eksterne ulykkeskostnader som bygger på Lindberg (2001). Denne metoden er ikke spesifikk for veitransport, men er ment å være en generell metode for alle transportmidler (Lindberg; personlig kommunikasjon). Med utgangspunkt i at det skal være størst mulig sammenliknbarhet mellom eksterne kostnader for veitransport og sjø/banetransport anbefaler vi at denne metoden også anvendes for disse transportformene. Vi bemerker at metoden bør tilpasses til de gjeldende transportformene. Spesielt når det gjelder ulykker til sjøs blir skader som følge av oljesøl/vannforurensing viktig å ta hensyn til i beregningen av marginale ulykkeskostnader (se avsnitt 6.1.5.1).

I henhold til Thune-Larsen m fl. (2014), så regnes Lindbergs metode for å være den moderne generelle teorien for marginale eksterne skadekostnader. Den skiller seg fra tidligere modeller ved å ikke pålegge at ulykkesrisiko er uavhengig av aktivitetsnivået,

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

samtidig som metoden tar hensyn til heterogene trafikanter/fartøy. En nærmere beskrivelse av metoden finnes i Appendix A.

5.1.5.1 Utslipp til sjø

Som vi har nevnt tidligere, utgjør trolig utslipp til sjø en stor andel av ulykkeskostnadene knyttet til godstransport på sjø. Oss bekjent finnes det ikke noe relevant modellrammeverk og enhetspriser som tillater at vi kan beregne disse ulykkeskostnadene for mindre utslipp. Ett unntak er det nå igangsatte prosjektet som skal beregne velferdstap ved miljøskader fra oljeutslipp fra skip (Lindhjem m fl, 2013). Tidligere studier av økonomiske kostnader knyttet til vannforurensing har dreid seg om større ulykker (slik som Exxon Valdes og Prestige ulykkene), og er kanskje ikke relevante for skadevirkningene av små utslipp. På den annen side er slike erfaringsdata det beste vi har å støtte oss på nå.

En mulig måte å tilnærme seg et anslag på kostnadene ved mindre oljesøl vil være å anvende statistiske metoder til å studere om rapporterte hendelser har påvirket for eksempel fiskerinæringen eller turistnæringen på en negativ måte. Dette vil kreve en stor jobb med datainnsamling fra de relevante næringene.

5.1.6 Infrastrukturkostnader

Vår gjennomgang av den vitenskapelige litteraturen om marginale kostnader viser at for jernbanetransport har den hovedsakelig interessert seg for marginale slitasje- og reinvesteringskostnader. En av hovedgrunnene til dette fokuset er det store omfanget av delprivatisering av jernbanen som har forekommet i Europa, hvor man gjerne har ett selskap som står for forsyning av infrastruktur mens andre selskaper står for selve togdriften. Ettersom infrastrukturselskapene teoretisk sett skal prise bruken av deres infrastruktur etter togtrafikkens bidrag til vedlikehold og reinvesteringer har det blitt viktig å utvikle økonomiske modeller som tillater estimeringen av disse marginale kostnadene. For sjøtransport er de antatt viktigste infrastrukturkostnadskomponentene knyttet til havnevirksomhet, losvirksomhet og isbryting.

Jernbane: Det trendsettende paperet innenfor litteraturen om slitasjekostnader er Johansson og Nilsson (2004). Dette paperet benytter mikrodata og økonometriske (statistiske) metoder til å estimere en parametrisk kostnadsfunksjon[8] på den Translog funksjonelle formen (Christensen et al., 1971). Kostnadsfunksjonen beskriver vedlikeholdskostnadene som en funksjon av sporlengder, omfanget av togtrafikk, tekniske variabler (for eksempel antall tunneler på sporet) og enhetspriser for innsatsfaktorer benyttet til vedlikehold. Etter at kostnadsfunksjonen er estimert kan marginale slitasjekostnader utledes ved å derivere funksjonen med hensyn på omfanget av togtrafikk. En liknende metode er også benyttet til å estimere slitasjekostnader i Norge (Dalsjord, 2003), men denne analysen er begrenset på grunn av utilstrekkelig tilgang på relevante data. I senere tid har det også vært gjort en del utvidinger av metoden. Disse er beskrevet i appendiks A.

Et annet interessant punkt er sammenhengen mellom 1) omfanget av togtransport, 2) vedlikehold og reinvesteringer og 3) forsinkelser. Ovenfor ble det diskutert at

[8] Kostnadsfunksjoner er et standardverktøy innen mikroøkonomisk teori, og er knyttet til dualitetsteorien. Se Färe og Primont (1995) for en generell innføring i denne teorien.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

togtrafikken har en betydning for størrelsen på vedlikeholdskostnadene. Videre kan vi forvente at det er en negativ sammenheng mellom omfanget av vedlikehold og forsinkelser (ettersom feil ved infrastruktur oppstår og hindrer togtrafikken). Dersom vi antar at det er et etterslep på vedlikeholdet betyr det at en marginal økning i togtrafikken kan lede til en økning i forsinkelser (merk at denne prosessen er parallell med såkalte køkostnader for veitransport). Dette er en hypotese som kan studeres ved hjelp av statistiske metoder. Grunnen er at dersom det ikke er et etterslep på vedlikeholdet (eller at forsinkelser er uavhengig av størrelsen på togtrafikken) så skal det være en svak eller fraværende sammenheng mellom disse målbare variablene. Dersom en slik sammenheng etableres kan det være aktuelt å utvikle en økonometrisk modell som beskriver sammenhengen mellom forsinkelser, vedlikehold og omfanget av togtrafikk. På bakgrunn av denne estimeringen kan man utlede effekten av ett ekstra tog mht forsinkelser, og dermed de marginale kostnadene ved å multiplisere den marginale endringen med enhetsprisen på forsinkelse. En liknende aktuell metode for å prissette slike tilfeller er utviklet av Färe m fl. (1995). De estimerer en modell bestående av kvantitetsdata og servisekvalitetsindikatorer. Denne metoden benyttes for forsinkelser i flytrafikken av Färe m.fl. (2007). En aktuell anvendelse av denne metoden i vårt tilfelle er å anta at det er en trade-off mellom vedlikehold på jernbanen og kvalitet på jernbanetransporten (forsinkelser). Vi kan da utvide kostnadsfunksjonene til Johansson og Nilsson (2004) til å inkludere forsinkelser. Kostnadsfunksjonen vil da la oss beregne skyggepriser på forsinkelsene (i form av reduserte vedlikeholdskostnader) og graden av substitusjon mellom vedlikehold og forsinkelser.

En annen årsak til at et ekstra tog kan bidra til ytterligere forsinkelser er at det er en trade-off mellom kapasitetsutnyttelse på nettverket og kvaliteten på transporttjenestene (deriblant punktlighet); se f. eks. Yuan og Hansen (2007).

Sjøtransport: Eriksson m fl. (2009) deler maritim infrastruktur inn i 4 komponenter; farleder, havner, losing og isbryting. I Eriksson m fl. sin grundige gjennomgang av litteraturen om marginalkostnadsprising av infrastruktur for sjøtransport konkluderes det med at det ikke er litteratur omhandlende marginalkostnader knyttet til farleder og at dette kan skyldes at disse er neglisjerbare. Den største delen av litteraturen knyttet til infrastruktur omhandler havner. Den tidligste delen av denne litteraturen omhandler i stor grad marginalkostnadsprising knyttet til køkostnader mens den nyere delen av litteraturen fokuserer i større grad på hvorvidt infrastrukturtilbyderens kostnader vil dekkes ved marginalkostnadsprising. I henhold til vår drøfting vil det ikke være relevant å gå inn på litteraturen om havneøkonomi i denne rapporten.

En annen sentral infrastrukturkomponent er loskostnader. Med loskostnader tenkes det her ikke på en klassisk eksternalitet hvor et skips bruk av los påfører andre skip ventekostnader eller liknende. I stedet er hensikten med å beregne de marginale loskostnadene å anslå hvordan loskostnadene avhenger av størrelsen på båttrafikken, for deretter å kunne benytte denne informasjonen til å kunne beregne losavgifter som gjenspeiler de faktiske kostnadene ved losing.

I Andersson (2007) foreslås et modellverktøy til å beregne marginale kostnader ved losing. En regresjonsmodell benyttes først til å beregne sammenhengen mellom variable kostnader og antall losinger, og deretter utledes de marginale kostnadene fra denne beregningen. Anderssons estimeringer viser at de marginale kostnadene er fallende i antall lostjenester. Dette kan relateres til at det ikke er press på kapasiteten for losing (i Sverige). I praksis betyr dette at de marginale kostnadene vil være lavere enn de gjennomsnittlige kostnadene ved losing. Dermed vil marginalkostnadsprising

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

av lostjenester lede til at lostjenestenes utgifter vil overstige inntektene. Dette gir grunnlag for en todelt tariff eller Ramsey prising for å dekke opp inntektstapet.

I CATRIN prosjektet (Eriksson et al., 2009) studeres spesielt kostnader knyttet til isbryting. Denne studien konkluderer med at det er vanskelig å tillegge isbrytings-kostnader til spesifikke fartøy. Dersom det er vanskelig å etablere en sammenheng mellom antall skip som trafikkerer et område og isbrytingskostnader vil det også være et spørsmål om hvorvidt man kan benytte et marginalkostnadsresonnement på disse infrastrukturkostnadene.

Trafikksentraler:

Som nevnt kjenner vi ikke til noen studier som beregner marginale (trafikkavhengige) kostnader knyttet til driften av trafikksentraler. Vi anser disse kostnadene som parallelle til loskostnader, og vi mener derfor at det vil være hensiktsmessig å benytte Andersson's (2007) metode for beregning av marginale loskostnader til å beregne marginale trafikksentralkostnader.

5.2 Verdsetting

I kapittel 1 drøftet vi ulike eksterne effekter ved godstransport på sjø og jernbane. Typisk for de identifiserte eksterernalitetene - slik som støy og luftforurensing – er at de ikke omsettes i veldefinerte markeder. Dermed vil det ikke finnes en markedspris som lar oss observere verdien av å redusere omfanget av eksternalitetene. Å "kjenne til" prisene er helt essensielt for å kunne anslå de eksterne kostnadene, og det er derfor blitt utviklet en rekke metoder som forsøker å utlede disse prisene basert på individenes *observerbare* valg. De viktigste blant disse metodetypene er avslørte preferanser (revealed preference (RP)) metoder, uttalt preferanse (stated preference (SP)) metoder og skadekostnader. I andre tilfeller hvor det er større usikkerhet rundt skadevirkninger – slik som for eksempel når det gjelder klimagassutslipp – utledes ofte verdiene ut fra offentlige reguleringer, for eksempel ved å benytte marginale rensekostnader eller skattesatser. Appendiks B gir en nærmere beskrivelse av de nevnte metodetypene for verdsetting.

5.2.1 Skyggepriser

Innenfor fagfeltet "produksjonsanalyse" har det i den senere tiden skjedd en omfattende utvikling av metoder som tillater å anslå størrelsen på internaliserte kostnader. Fokuset har hovedsakelig vært på forurensende industriproduksjon, men metodene er også overførbare til transportsektoren. Viktige bidrag her er Färe m fl. (1989; 2005) og Rødseth og Romstad (forthcoming). Dette metodeverktøyet har blitt utviklet til å estimere såkalte skyggepriser på utslipp; se Färe m fl. (1993) og Rødseth (2013a). Skyggeprisene gir et uttrykk på hvor stor andel av de eksterne kostnadene som er internalisert av forurenserne, eller – sagt annerledes- gir et anslag på de marginale rensekostnadene ved offentlige begrensninger på omfanget av eksternaliteter. Disse metodene er følgelig relevante til å anslå størrelsen på eksterne kostnader når disse bestemmes gjennom offentlige reguleringer.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

5.2.2 Fallback values

Beregning av marginale eksterne kostnader ved effektkjedemetodikken (IPA) er svært kostbart, og det er urealistisk at man skal kunne benytte metoden for all godstransport i hele Norge. For luftforurensing fra maritim transport har derfor HEATCO-prosjektet publisert såkalte fallback values, som er verdier som kan benyttes dersom man ikke har annen informasjon om de eksterne kostnadene. Fallback-verdiene er publisert for hvert enkelt EU-land.

5.3 Relevant metodeutvikling

I det følgende vil vi ta opp to punkter som ble diskutert under gjennomføringen av TØIs nye beregninger av eksterne kostnader ved veitrafikk. Vi bemerker at de to følgende underkapitlene kun påpeker potensielle svakheter ved de eksisterende metodene til å beregne eksterne kostnader (som er oppsummert ovenfor), og at vi her ikke foreslår eller utvikler nye metoder. Utviklingen av nye metoder er tidkrevende og vil måtte foregå i et eget prosjekt eller i et utvidet prosjekt om beregningen av eksterne kostnader. Vi anbefaler at alle typer metodeutvikling bør verifiseres gjennom publikasjoner i fagfellevurderte tidsskrift.

5.3.1 Utslipp-for-utslipp beregninger

Som beskrevet i dette kapitlet har det vært et sterkt fokus på å utvikle metoder som tillater detaljerte beregninger av veien fra et enkelt punktutslipp til reseptorene (jf IPA metoden). En annen dimensjon som ser ut til å være oversett er virkninger mellom eksternalitetene. Dette skyldes trolig at miljøøkonomien vanligvis tar for seg regulering av enkeltutslipp. Men i den senere tiden har denne litteraturen fått øynene opp for at det ofte er en sterk sammenheng mellom ulike utslipp, og at tiltak for å redusere en type utslipp ofte vil ha utilsiktede virkninger for andre typer utslipp (at de eksempelvis økes eller reduseres). Slike virkninger vil bety at en utslipp-for-utslipp miljøpolitikk i liten grad vil være optimal, ettersom den vil overse de virkningene reguleringene av en type eksternalitet vil ha for andre eksternaliteter.

Det spørsmålet vi stiller her er hvilken betydning substitusjonsvirkninger mellom utslipp vil ha for beregningen av marginale eksterne kostnader. Videre ønsker vi å drøfte hvordan slike substitusjonsvirkninger er behandlet av dagens metoder for estimering av marginale kostnader ved transport, for å illustrere potensielle feilkilder ved dagens metoder. Det er ikke vår intensjon å løse eventuelle metodeproblemer i dette notatet. Å ta hensyn til samspillet mellom ulike eksternaliteter vil medføre en stor omlegging av dagens måter å beregne eksterne kostnader på, både når det gjelder beregninger av utslipp og av enhetspriser/skadefunksjoner, og vil følgelig kreve en omfattende metodeutvikling. Vi mener allikevel at det er relevant å være klar over disse potensielle feilkildene ved dagens metoder (som oss bekjent ikke er tilstrekkelig drøftet i litteraturen).

Hvis vi skal gjøre en forenklet fremstilling av dagens metoder til å beregne marginale eksterne kostnader, kan vi si at disse utgjør *M* separate funksjoner som beskriver sammenhengen mellom transportaktiviteten (y) og eksternalitetene (b)

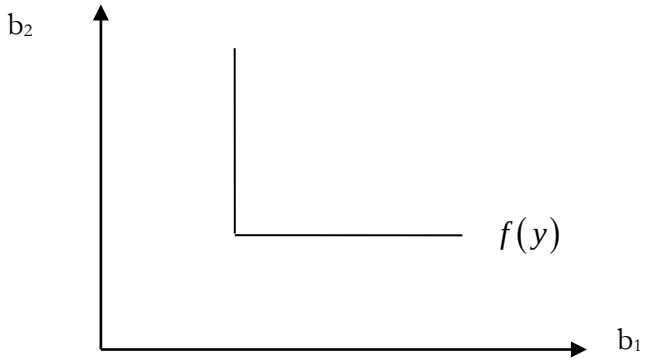
$$b_m = f(y), \quad m = 1, \ldots, M \qquad [1]$$

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Funksjonene i likning 1 benyttes til å beregne omfanget av eksternalitetene, som videre koples sammen med monetær skadefunksjoner (enhetspriser) for å beregne størrelsen på de eksterne kostnadene:

$$D_m(b_m) = D_m(f_m(y)), \quad m = 1, \ldots\ldots, M \qquad [2]$$

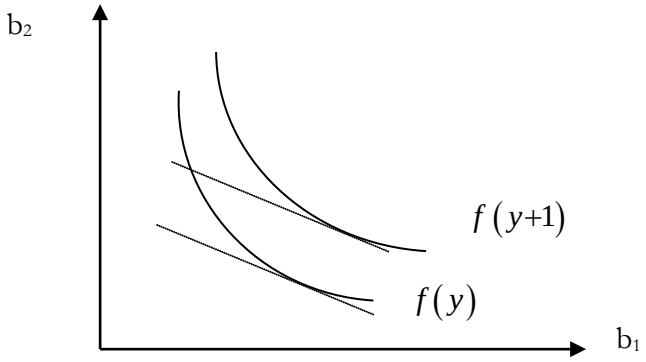
Hvis vi holder transportaktiviteten (y) i likning 1 konstant og tegner opp tilsvarende utslippsmengder av to utslipp får vi følgende figur:



Figur 5.2: *Komplementære eksternaliteter.*

I mikroøkonomi er dette en velkjent figur som illustrerer komplementære goder (eller eksternaliteter i vårt tilfelle). Med komplementaritet betyr her noe som må konsumeres i et konstant forhold (ett par ski sammen med ett par staver). Og det er dette som er hovedpoenget vårt. Med dagens metode for å beregne eksterne kostnader *antar* man implisitt at de ulike eksternalitetene er komplementære, og at de alltid står i et fast forhold. Spørsmålet er hvorvidt dette er tilfelle. Vi har eksempler fra Norge hvor fiskale endringer har medført en substitusjon fra bensinbil til dieselbil, og dermed fra CO_2 til NO_x utslipp. Andre tiltak slik som innføringen av miljøfartsgrenser i Oslo ser ut til å ha redusert omfanget av trafikkulykker. Og det finnes en rekke andre eksempler på at tiltak rettet mot en eksternalitet har hatt betydning for andre eksternaliteter.

Spørsmålet er nå hvordan marginale eksterne kostnader beregnet under substitusjon mellom utslipp vil skille seg fra utslipp-for-utslipp beregningene. Vi kan illustrere dette på samme måte som tidligere. Men i denne figuren tegner vi kurver både for y og y+1 (utslippene når transportaktiviteten øker med en enhet).



Figur 5.3: *Substituerbare eksternaliteter.*

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

I figuren har vi tegnet to striplede linjer som illustrerer det relative avgiftsnivået mellom de to eksternalitetene. Punktene der hvor linjene tangerer kurvene angir hvordan utslippene av b_1 og b_2 vil bli for de gitte transportmengdene og avgiftsnivået. Det sentrale poenget er at det relative avgiftsforholdet vil avgjøre *hvordan* den marginale endringen i et utslipp blir når transportaktiviteten økes marginalt. Ved for eksempel å endre hellingen på linjene er det lett å se at den marginale endringen i utslippene påvirkes av det relative avgiftsnivået.

Hvis man gjør en tilsvarende øvelse i figur 5.3 (ved å tegne inn en ny vinkel i figuren) kan man vise at under antakelsen av komplementære utslipp vil den marginale utslippsendringen ikke avhenge av det relative avgiftsnivået. Det betyr at dagens beregninger ikke tar hensyn til hvordan de eksisterende reguleringene påvirker de eksterne kostnadene.

Til nå har vi studert teknologiske sammenhenger mellom eksternaliteter. Det er ikke bare i produksjonen av eksternaliteter slike sammenhenger kan være viktig, men også for skadevirkningene. Som det fremgår av likning 2, er det vanlig å anta at skadefunksjonen er additiv i utslipp (at omfanget av en eksternalitet ikke er av betydning for skadevirkningene av en annen eksternalitet). Dette er trolig en sterk forenkling, og det er grunn til å tro at skadevirkningene samlet sett blir større dersom en person utsettes flere eksternaliteter samtidig. Vi har fått opplyst at et nytt EU-prosjekt skal studere disse problemstillingene, noe som indikerer at substitusjons-virkninger mellom utslipp er et relevant men lite utforsket område.

5.3.2 Lokale forhold (nettverkseffekter)

For enkelhets skyld ser vi nå bort fra at det finnes substitusjonsmuligheter mellom utslipp, og ser kun på en enkel eksternalitet. Anta K geografiske områder og la b være utslippene i de K områdene. Vi følger den vanlige inndelingen av de K områdene i spredtbygd ($K1$) og tettbygd ($K2$) strøk. I henhold til den vanlige praksisen kan vi sette opp en monetær skadekostnadsfunksjon for spredtbygd strøk og en for tettbygde strøk, og deretter finne den marginale skadekostnaden for tettbygd og spredtbygd strøk ut fra å summere eksternalitetsomfanget. Matematisk tilsvarer dette:

$$D(b) = D^{K1}\left(\sum_{k=1}^{K1} b_k\right) + D^{K2}\left(\sum_{k=K1+1}^{K2} b_k\right) \qquad [10]$$

Vårt hovedpoeng her er at denne praksisen i stor grad kan overse viktige geografiske variasjoner i miljøskade. Dette gjelder ikke bare for selve skadefunksjonen, men også for omfanget av eksternalitetene.

1. Siden selve skadefunksjonen er additiv (utslippene legges sammen) i tettbygd og spredtbygd strøk betyr det at omfanget av skade i den ene regionen (f.eks tettbygd strøk) ikke har noe betydning for skadeomfanget i den andre regionen (f.eks spredtbygd strøk). Vi tolker det som om det ikke er noen overføringseffekter eller spredninger mellom regionene. Eksempelvis er det ingen husstander som mottar støy eller luftforurensing fra flere kilder tilhørende både tettbygd og spredtbygd strøk.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

2. Siden eksternalitetene summeres opp innenfor hver av de to skade-funksjonene (tettbygd eller spredtbygd) betyr det at alle regioner i de to kategoriene veier likt i beregningen av skadekostnadene. Det betyr for eksempel at om man setter inn en ekstra kjøretøykilometer i Oslo eller i Tromsø er ubetydelig for skadevirkningen i tettbygde strøk.

3. Siden man antar at den marginale kostnaden er *identisk* for alle geografiske områder i gruppen tettbygd og spredtbygd strøk kan det tolkes som om de marginale kostnadene er *uavhengig* av *hvor* man setter inn det ekstra kjøretøyet. Et relevant eksempel er betydningen for støykostnader ved å sette inn et ekstra tog i på en tungt trafikkert strekning mot å sette det inn på en lavt trafikkert strekning.

4. Siden man antar at den marginale kostnaden er *identisk* for alle geografiske områder i gruppen tettbygd og spredtbygd strøk fremstår det som om man overser potensielle spillovereffekter mellom regionene, også gjerne kalt nettverkseffekter. Eksempler på dette vil være en økning i skipstrafikk i en gitt havn som leder til økt veitrafikk – og dermed til økte eksternaliteter knyttet til veitransport – fra økning i omlasting.

Det sentrale poenget med denne diskusjonen er å belyse at de vanlige beregningene av eksterne kostnader bygger på en rekke forutsetninger som ofte ikke diskuteres eller nevnes, både når det gjelder selve skadefunksjonen men også når det gjelder beregningen av eksternalitetsomfanget. Vi poengterer at dette er en foreløpig diskusjon og det behøves mer forskning for å forstå disse effektene fullt ut for å vurdere i hvilken grad størrelsen av slike effekter er av betydning for beregningene av de eksterne kostnadene, og eventuelt hvordan man bedre bør belyse slike effekter.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

6 Eksisterende studier og tidligere anbefalinger av eksterne kostnader

I dette kapittelet gis en generell oversikt over aktuell litteratur – norsk og internasjonal – som omhandler beregninger av eksterne kostnader. I kapittel 1 har vi kort oppsummert hvilke norske studier som finnes knyttet til beregning av marginale eksterne kostnader for sjø- og jernbanetransport.

I den internasjonale fagfellevurderte litteraturen finnes det en rekke relevante studier som behandler ulike aspekter ved eksterne kostnader ved transport på sjø og bane. De viktigste nyere studiene vurderer vi å være:

- Håndbok for estimering av eksterne kostnader i transportsektoren. Produsert i forbindelse med EU-prosjektet IMPACT (Maibach et al, 2008)
- EU-prosjektet HEATCO (2008) Developing **H**armonised **E**uropean **A**pproaches for **T**ransport **Co**sting and Project Assessment
- EU-prosjektet UNITE (2002) UNIfication of accounts and marginal costs for Transport Efficiency
- Mellin A og Creutzer C, VTI. Foreløpig rapport november 2013
- Miola m fl. (2009), Eksterne kostnader ved Maritim Transport
- Fridell m fl. (2011), Verktøy for beregning av eksterne kostnader ved godstransport
- ExternE prosjektet (Bickel and Friedrich, 2005), utviklingen av Impact Pathway Approach

Denne litteraturen går blant annet inn på beregning og verdsetting av eksternaliteter og på sammenlikning av skadevirkninger ved ulike transportformer. Aspekter ved denne litteraturen er gjennomgått i tidligere kapitler, spesielt i kapitlet knyttet til metodebruk. Vi bemerker at det i langt større grad finnes relevant fagfellevurdert litteratur for eksternalitetsproblemer knyttet til sjøtransport enn for transport på jernbane.

6.1 Gjennomgang av nyere studier knyttet til verdsetting av eksterne kostnader

6.1.1 Lokale utslipp

Sjøtransport

I Kystverkets veileder (2007) presenterer de kostnader i kr per kg utslipp til luft. Disse verdiene ser ut til å bygge på et eldre arbeidsdokument fra TØI (Christensen P, 2000). Her vises det til studier fra før Eriksen m fl, 1999. Se tabell 6.1.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

***Tabell 6.1**: Kostnader i kroner per kg utslipp til luft, 2005-kroner*

Utslippstype	Tettbygd strøk (havner mv)	Spredtbygde strøk (farleder generelt)
NO_x	81	41
VOC	81	41
SO_2	39	20
Partikler	711	0

Kilde: Kystverket, 2007

Hjelle (2006) beregnet nye estimater av marginalkostnader for godsbåter knyttet til lokale utslipp til luft basert på de samme definisjonene som i ECONs (2003) og TØIs (1999) studier, men med oppdaterte skyggepriser fra LEVE-prosjektet (SFT, 2005). For å kunne sammenlikne tallene har Møreforskning regnet om verdiene ved hjelp av konsumprisindeksen for juli 2006. Tallene er gjengitt i tabell 6.2 nedenfor.

***Tabell 6.2**: Sammenlikning av estimerte marginalkostnader knyttet til lokale utslipp fra godsbåter, 2006-kr per fartøykilometer.*

Godsbåter	SO_2	NO_X	NMVOC	PM_{10}
TØI 99	1,51	20,40	0,78	0,00
ECON 03	0,52	8,94	0,08	0,00
MFM 06	0,59	15,43	0,00	0,00

Kilde. Møreforskning Molde (2006)

Forskjellene mellom de tre studiene skyldes i hovedsak endringer i anvendte skyggepriser. I tillegg ble det brukt andre estimater for utslippstall sett i forhold til estimert trafikkarbeid i TØI sin studie enn i de to andre studiene.

Tallene i tabell 6.2 over bygger på beregninger fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) av trafikkarbeid og totale utslipp av ulike faktorer fra sjøfarten. Dessverre er det slik at SSB ikke lenger utgir statistikk for trafikkarbeid for skip.

Da Møreforskning kom med sin rapport var det ikke gjort nye beregninger siden 2001. De nye systemene for automatisk identifikasjon av skip (AIS) som nylig er innført gir nye muligheter for å få mer oppdaterte tall for trafikkarbeid og utslippsmengder. Dette kommer vi nærmere tilbake til i kapittel 7.

I Hjelle (2006) er det tatt utgangspunkt i fire ulike fartøystyper der det er tatt hensyn til motorens størrelse og forbruksegenskaper, marsjfart etc. Beregningene viser at det blir store forskjeller i marginalkostnader per fartøykm, for de ulike fartøystypene. Hjelle understreker at de har benyttet skyggepriser som prinsipielt sett representerer utslipp i spredtbygde strøk. Tallene bør derfor tolkes som marginalkostnader «i åpen sjø».

Vestlandsforskning har kvantifisert energibruk og utslippsmengde pr enhet transportarbeid (målt i tonnkm) med ulike transportmidler i ulike transportsystem. De har sett på utslipp av gram SO_2-ekvivalenter pr tonnkm for godstransport med ulike typer skip i ulike livsløpsfaser. Dette er gjengitt i tabell 6.3.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 6.3: *Utslipp av gram SO_2-ekvivalenter per tonnkm for godstransport med ulike typer skip.*

		Utslipp gram CO2 per tonnkm
Skip	*Middle value deadweight*	
Crude oil tanker	300 000	0,06
Crude oil tanker	5 000	0,71
Products tanker	60 000	0,12
Products tanker	3 000	0,96
Chemical tanker	20 000	0,18
Chemical tanker	3 000	0,47
LPG tanker	3 000	0,19
LPG tanker	50 000	0,92
LNG tanker	200 000	0,20
LNG tanker	100 000	0,31
Bulk carrier	200 000	0,05
Bulk carrier	5 500	0,62
General cargo	10 000	0,25
General cargo	3 000	0,30
Cargo/container	10 000	0,23
Cargo/container	3 000	0,42

Kilde: Vestlandsforskning, 2010

Mellin og Creutzer (2013) har foretatt en gjennomgang av hva som finnes av internasjonale beregninger knyttet marginale kostnader for utslipp til luft fra sjøtransport. Den videre gjennomgangen under dette punktet bygger i stor grad på deres rapport.

Flere internasjonale studier har beregnet marginalkostnadene ved sjøtransportens luftforurensninger, de fleste målt i kr per tonn utslipp. De fleste av disse har tatt utgangspunkt i IPA, se kapittel 6. Holland og Watkiss (2002) har gjort estimeringer av hva kostnaden av luftforurensning er i byer, tettsteder, spredtbygde strøk og til havs. Marginalkostnaden for utslipp til havs vil variere avhengig av hvor de slippes ut og befolkningstettheten langs kysten og i havnene. For å vurdere marginalkostnadene er det ikke her benyttet spesifikke spredningsmodeller, slik det ofte er gjort for de landbaserte transportmidlene, for å beregne sjøfartens utslippseffekter. I stedet er beregningene som brukes differensiert ut fra hvor utslippene skjer, i havner, nær kysten og til havs, altså ikke ut fra hvordan de spres utover. Verdiene er gjengitt i tabell 6.4 nedenfor.

Tabell 6.4: *Marginale eksterne kostnader for sjøfartens utslipp i €/tonn, i 2000-€*

	SO_2	**NO_X**	**$PM_{2,5}$**
Atlanterhavet, øst	4 500	4 800	9100
Østersjøen	1 600	2 100	2500
Middelhavet, nord	4 700	6 200	10 000
Middelhavet	4 300	3 100	9 600
Nordsjøen	5 900	5 400	12 000

Kilde: Holland and Watkiss, 2002

I håndboken for transportenes marginalkostnader som ble gjort i EU-prosjektet IMPACT, er også sjøtransport inkludert (Maibach et al, 2008). Beregningene er basert på EU-prosjektet CAFE CBA (2005) og IPA-metoden. Verdiene er presentert i tabell 6.5. Vi ser at det er til dels store avvik i tallene mellom de to studiene. Dette

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

kan skyldes bruk av ulike bakgrunnstall i beregningene. Nerhagen og Johansson (2003) trekker spesielt fram to viktige mulige årsaker: spredningsberegningene av luftforurensninger og hvilken monetær verdsetting som er valgt. Mellin og Creutzer (2013) poengterer at en ytterligere årsak kan være at sammenhengen knyttet til helseeffekter kan være forskjellig.

Tabell 6.5: *Marginale eksterne kostnader for utslipp fra sjøtransport €/tonn, i 2000-€*

	SO_2	NO_X	$PM_{2,5}$
Atlanterhavet, nordøstre	2 200	1 600	4 800
Østersjøen	3 700	2 600	12 000
Middelhavet	2 000	500	5 600
Nordsjøen	6 900	5 100	28 000

Kilde: Maibach et al (2008).

Resultater fra studiene gjengitt i tabell 6.2 og tabell 6.3 over viser hvor mye kostnadene varierer avhengig av geografiske forhold. I tillegg til at geografisk differensiering er viktig, vil det også kunne være viktig å skille mellom fartøystype, motortype, drivstoff og drift (f eks hastighet på skipet) ved beregning av de marginale eksterne kostnadene.

Miola et al (2009) har i en studie beregnet marginalkostnadene for utslipp fra skip som anløp havnen i Venezia i 2006. De sammenlikner to ulike metoder, der den første bruker beregninger fra CAFE (Clean Air For Europe) og en dose-respons funksjon, der de observerte utslippsmengdene fra sjøfarten multipliseres med antall eksponerte personer. Dette sammenliknes med en annen studie, Martuzzi et al (2006), der de isteden tar utgangspunkt i risiko-respons funksjoner. Forfatterne understreker at tallene må brukes med forsiktighet da datagrunnlaget inneholder flere usikkerhetsmomenter, som for eksempel at de ikke belyser sammenhengen mellom konsentrasjonen av forurensning og skipets størrelse. Utslippene som tas med her er kun de som utløses når skipet er i bevegelse og i transit, og ikke når skipene ligger til kai, noe forfatterne mener utgjør 2/3 av de beregnede emisjonene. Grunnen til at disse ikke er tatt med i beregningene, er at de er vanskelig å skille ut fra andre utslippskilder, som for eksempel industrien. Tallene er gjengitt i tabell 6.6.

Tabell 6.6*: Marginalkostnader for skip i havnen i Venezia, € per tonn lastet og losset (i 2000-€)*

	CAFE		**Martuzzi et al (2006)**	
	€/passasjer	**€/tonn**	**€/passasjer**	**€/tonn**
$PM_{2,5}$	3,4	0,3	2,1	0,2
SO_x	0,38	0,04		

Kilde: Miola et al (2009)

En studie fra SIKA (2010) ligger til grunn for dagens anbefalte marginalkostnader knyttet til luftforurensning i Sverige. De er beregnet, i gjennomsnitt, til 0,18 SEK per personkilometer for ferger og 0,03 SEK per tonnkilometer for godstransport (i 2010-SEK), (Trafikverket, 2012).

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Jernbane

I Jernbaneverket sin Metodehåndbok (Jernbaneverket, 2011) har man tatt utgangspunkt i SFT (Miljødirektoratet, tidligere Klif) sine beregninger av hvordan en enhets økning i konsentrasjon av en bestemt komponent forventes å slå ut i økt risiko for en konkret helseeffekt (dose-respons funksjoner). Det er gjennomført slike beregninger for NO_X, PM_{10} og SO_2 i LEVE-prosjektet, (Luftforurensninger – Effekter og Verdier). Oppdaterte satser basert på disse beregningene er gjengitt i SFT-rapport 2100/2005. Det er beregnet skadekostnader for NO_X og PM_{10} i TØI sin nyeste verdsettingsstudie (TØI-rapport 1053/2010). Jernbaneverket har så lagt disse til grunn, oppdatert med lønnsindeksen og multiplisert satsene per kilo utslipp med beregnede utslippsfaktorer for å få utslipp per kjøretøykm. Tabell 6.7 viser tall for lokale utslipp (for NO_X og PM_{10}) i kr/kjøretøykm for ulike transportmidler.

***Tabell 6.7**: Lokal luftforurensing (kroner pr. kjøretøykm) 2009-priser. Satsene indeksreguleres i henhold til lønnsindeksen.*

	Storby	Øvrige tettbygde strøk	Spredtbygde strøk
Lastebil	0,354	0,186	0,089
Godstog (diesel)	2,084	0,740	0,360

Kilde: Jernbaneverket, 2011

I de mest tettbygde strøkene er stort sett alle godstog elektrifisert. Nordlandsbanen, Raumabanen og Rørosbanen, som er de tre viktigste ikke-elektrifiserte strekningene, går i hovedsak gjennom spredtbygde strøk. Selv om godstog på Raumabanen går med diesel fra Oslo, betyr dette at de marginale eksterne kostnadene av lokale utslipp fra godstog totalt sett blir forholdsvis lave, ikke minst fordi et godstog har mye høyere lastkapasitet enn en lastebil per utkjørt km.

Tilsvarende som for sjøtransport har Vestlandsforskning (2010) beregnet utslipp av SO_2-ekvivalenter pr tonnkm for godstog, se tabell 6.8.

***Tabell 6.8:** Utslipp av gram SO_2-ekvivalenter per tonnkm for godstransport med jernbane*

		SO_2-ekv, gram pr tonnkm
Jernbane		
El		0
Diesel		0,348
Vektet gjennomsnitt	(20 % diesel)	0,07

Kilde: Vestlandsforskning, 2010.

I EU-prosjektet IMPACTs sin håndbok for transportenes marginalkostnader, er også jernbane inkludert (Maibach et al, 2008). De marginale kostnadene for jernbaneutslipp per tonn emisjoner som presenteres er basert på tall fra Tyskland der anbefalte verdier fra EU-prosjektene HEATCO, 2008, ($PM_{2,5}$ og PM_{10}) og CAFE CBA, 2005, (NO_x, NO_2, SO_2, O_3, VOC) er benyttet. Beregningene er gjort ved bruk av IPA-metoden (Impact Pathway Approach, se kapittel 5). Tallene som presenteres her har vi omregnet til 2012-kr. Se tabell 7.9.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 6.9: *Utslippskostnader fra godstog, i kr/togkm og kr/tonnkm, 2012-kr*

	Kr/togkm			Kr/tonnkm	
	Storby	**Tettbygde strøk**	**Spredtbygde strøk**	**Tettbygde strøk**	**Spredtbygde strøk**
Elektriske tog	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dieseldrevne tog	72,6	38,6	32,2	0,11	0,09

Kilde: Maibach et al (2008)

Verdiene til Maibach m fl ligger betydelig høyere enn verdiene som Jernbaneverket opererer med. Noe av dette, men neppe alt, kan sannsynligvis forklares med at skadekostnadene knyttet til luftforurensning generelt ligger en god del høyere i gjennomsnitt for EU-landene enn for Norge. Dette kan forklares med ulik befolkningstetthet mellom de ulike landene samtidig med forskjellige metrologiske forhold og trafikkmønster (spredning av forurenset luft). Gjennomsnittlige kostnader for utslipp av partikler i EU-landene er beregnet til 4 400 €/tonn utslipp, mens det tilsvarende tallet for Norge er 2 000 €/tonn utslipp (Maibach et al, 2008). Tilsvarende tall for Tyskland er 9 600 €/tonn utslipp av partikler.

6.1.2 Globale utslipp

I Norge er ca 20% av godstransport på bane dieseldrevet. Dette gir utslipp av drivhusgasser som fører til global oppvarming. Samtidig står sjøfartens CO_2-utslipp for 3,3 prosent av de totale CO_2-utslippene på jorden (Mellin and Creutzer, 2013). På grunn av den globale og langvarige effekten CO_2-utslipp har, og at konsekvensene er vanskelige å måle, er det i utgangspunktet vanskeligere å beregne de marginale kostnadene av globale utslipp enn av lokale utslipp.

Maibach et al (2008) har estimert anbefalte verdier for den eksterne kostnaden av ett tonn CO_2 og hvordan anbefalingene avhenger av hvilket år de gjennomføres fra 2010 til 2050. Her er de kortsiktige kostnadene (2010-2020) basert på kostnaden for å klare ett gitt klimamål. De mer langsiktige kostnadene (2030-) er basert på skadekostnader siden det foreløpig ikke finnes mer langsiktige mål.

Tabell 6.10 viser marginale kostnader per tonn CO_2 fordelt på lav, middels og høy verdsetting. De eksterne kostnadene blir høyere jo lenger fram i tid vi beveger oss. Disse kostnadene er generelle kostnader for Europa og vil avhenge av hvordan landene verdsetter det å unngå framtidige kostnader og skadekostnader.

Tabell 6.10: *Generelle marginale kostnader per tonn CO_2 for å nå klimamålet (2010-2020) og skadekostnader (2030-)*

	Verdi i Euro/tonn CO_2		
Innføres år:	**Laveste verdi**	**Middelverdi**	**Høyeste verdi**
2010	7	25	45
2020	17	40	70
2030	22	55	100
2040	22	70	135
2050	20	85	180

Kilde: Maibach et al (2008)

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

I NOU (16:2012) blir rammeverket for samfunnsøkonomiske analyser gjennomgått (Hagen-utvalget). Utvalget påpeker flere motstridende hensyn i fastsettelse av kalkulasjonspriser for klimagassutslipp og skisserer derfor to ulike måter å beregne prisene på. Hvis myndighetene har bindende mål for innenlandske utslipp, bør kalkulasjonspriser avledes fra beskrankningene som følger fra disse målene. De anbefaler da å bruke beregnede enhetspriser i Klimakur 2020. Dersom norske bindende mål snarere er knyttet til de totale, globale utslipp Norge forårsaker, og norske utslipp er underlagt et internasjonalt kvotemarked, bør kalkulasjonsprisen for klimagassutslipp baseres på forventninger om den internasjonale kvoteprisen. Av de ulike kvoteprisene i dagens internasjonale kvotemarkeder tilrår utvalget å benytte EUs kvotepris. Banen bør baseres på markedets forventninger til framtidige kvotepriser. For årene det ikke noteres priser, bør prisbanen over tid nærme seg en antatt togradersbane basert på internasjonale anerkjente modellberegninger, International Center for Climate Governance (ICCG, 2011). Dette tilsvarer en pris (i 2010-€) på 43 €/tonn CO_2 i 2020, 68 €/tonn CO_2 i 2030 og 235 €/tonn CO_2 i 2050. Vi ser at disse verdiene fra ICCG ligger mellom middelverdi og høyeste verdi sammenliknet med Maibach sine tall for 2020 og 2030, mens tallene fra ICCG er betydelig høyere for 2050.

Sjøtransport

Kystverkets veileder (2007) anbefaler at det for CO_2 regnes 555 kroner per tonn redusert utslipp (2005-kr), uavhengig av utslippssted. Enhetsprisen er her modellberegnet ut fra målsetting om å redusere CO_2 etter Kyotoavtalen. Til sammenlikning tok Eriksen m fl (1999) utgangspunkt i en enhetspris på 370 kr per tonn CO_2 mens ECON (2003) tok utgangspunkt i en enhetspris på 45 kr/tonn CO_2.

Møreforskning (Hjelle, 2006) beregnet nye estimater av marginalkostnader for godsbåter knyttet til globale utslipp basert på de samme definisjonene som i ECONs (2003) og TØIs (1999) studier, men med oppdaterte skyggepriser fra LEVE-prosjektet (SFT, 2005). For å kunne sammenlikne tallene har Møreforskning regnet om verdiene ved hjelp av konsumprisindeksen for juli 2006. Tallene er gjengitt i tabell 6.11. nedenfor.

Tabell 6.11: *Sammenlikning av estimerte marginalkostnader knyttet til globale utslipp for godsbåter, 2006-kr per fartøykilometer.*

Godsbåt	CO2-ekvivalenter
TØI 99	4,24
ECON 03	1,26
MFM 06	5,80

Kilde: Hjelle (2006)

Hovedårsaken til at ECON opererer med en betydelig lavere verdi i tabellen over, er at de har lagt til grunn en kvotepris på 5 dollar pr tonn CO_2 (ca 45 kr per tonn CO_2), som et estimat for kvoteprisen i perioden 2008-2012, noe som er betydelig lavere enn Møreforskning og TØI opererer med i sine beregninger.

Vestlandsforskning (2010) har beregnet utslipp av gram CO_2 pr tonnkm for godstransport for skip for en rekke ulike skipstyper. Verdier knyttet til middelverdi dødvekt og direkte energiforbruk er brukt i Minken og Madslien (2011) for å beregne eksterne kostnader for CO_2-utslipp pr tonnkm knyttet opp til kjøretøytypene i den norske godsmodellen. Se tabell 6.12.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 6.12: *Utslipp av CO2-ekvivalenter for ulike kjøretøytyper. Direkte energibruk.*

		CO2-ekv, gram pr tonnkm
Bil	*Nyttelast*	
Lastebil	1-5 tonn	499
Lastebil	5-11 tonn	143
Lastebil	Over 11 tonn	76
Jernbane		
El		0
Diesel		47
Vektet gjennomsnitt	(20 % diesel)	9.4
Skip	*Middle value deadweight*	
Crude oil tanker	300 000	2.9
Crude oil tanker	160 000	4.4
Crude oil tanker	100 000	5.9
Crude oil tanker	70 000	7.5
Crude oil tanker	35 000	9.1
Crude oil tanker	5 000	33.3
Products tanker	60 000	5.7
Products tanker	40 000	10.3
Products tanker	15 000	18.7
Products tanker	7 500	29.2
Products tanker	3 000	45
Chemical tanker	20 000	8.4
Chemical tanker	15 000	10.8
Chemical tanker	7 500	15.1
Chemical tanker	3 000	22.2
LPG tanker	3 000	9
LPG tanker	50 000	43.5
LNG tanker	200 000	9.3
LNG tanker	100 000	14.5
Bulk carrier	200 000	2.5
Bulk carrier	150 000	3
Bulk carrier	80 000	4.1
Bulk carrier	47 500	5.7
Bulk carrier	22 500	7.9
Bulk carrier	5 500	29.2
General cargo	10 000	11.9
General cargo	7 500	15.8
General cargo	3 000	13.9
Cargo/container	10 000	11
Cargo/container	7 500	17.5
Cargo/container	3 000	19.8

Kilde: Vestlandsforskning, 2010

Jernbane

I Jernbaneverket sin håndbok (Jernbaneverket, 2011) har de basert kostnadene ved utslipp av drivhusgasser på middelscenariet i Klimakur 2020 (Miljødirektoratet, 2010). Innen 2020 skal de norske utslippene av klimagasser reduseres med 15 til 17 millioner tonn. Etatsgruppen Klimakur 2020 har vurdert virkemidler og tiltak for å oppfylle dette klimamålet. I det scenarioet ble det lagt til grunn en kvotepris på 40 Euro/tonn CO_2 i 2020 og 100 Euro/tonn CO_2 i 2030. Vi ser at dette tilsvarer middelverdien for 2020 og den høyeste verdien for 2030 i Maibach et al sine anbefalinger.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Disse forutsetningene gir satser for global luftforurensning pr kjøretøy som vist i tabell 6.13. Satsene er basert på priser per tonn utslipp anbefalt i Klimakur og utslippsfaktorer fra vedlegg til SFT 2100/2005.

Tabell 6.13: *Global luftforurensning (kr. per kjøretøykm), 2009-priser. Satsene reguleres i forhold til lønnsindeksen.*

	Før 2030	Fra 2030
Lastebil	0,24	0,58
Godstog (diesel)	4,01	10,03

Kilder: SFT-rapport 2100/2005 og Jernbaneverket (2011).

Vestlandsforskning (2010) har beregnet CO2-ekvivalenter pr tonnkm for elektriske og dieseldrevne godstog i Norge, se tabell 6.12.

6.1.3 Kø og trengsel

Jernbane

Maibach et al (2008) har en gjennomgang av litteratur knyttet til beregning av eksterne marginalkostnader for kø på jernbane i Europa. De viser til at i EU-prosjektet UNITE (2002) ble det foreslått en marginalkostnad for kø i godstransport på 0,20 €/togkm basert på tall fra Storbritannia og Sveits. Resultater fra COMPETE (EUs 7. rammeprogram) viser også svært lave verdier for eksterne marginalkostnader av kø på jernbane. På grunn av dette foreslår blant annet The High Level group (1999) og Nash et al (2006) isteden å bruke verdien som togoperatørene setter på knappheten til tilgang på sporet som et mål på nytten av infrastrukturkapasitet.

Olsson og Veiseth (2011) skriver at det er en utbredt oppfatning om at høy kapasitetsutnyttelse av infrastrukturen virker negativt inn på punktligheten. De viser til at den anbefalte maksimale kapasitetsutnyttelsen, definert av UIC (2004), av den grunn er 75 prosent av teoretisk kapasitet i rush og 60 prosent utenom rush for linjer med blandet trafikk. De viser til to empiriske studier som ser på hvordan kapasitetsutnyttelse på sporet påvirker punktligheten. Gibson m fl (2002) fant at høy kapasitetsutnyttelse først og fremst bidrar til følgeforsinkelser, men ikke i seg selv skaper forsinkelser. Olsson, Sætermo og Røstad (2002) fant også en negativ sammenheng mellom punktlighet og kapasitetsutnyttelse, men den var relativt svak.

I en helt fersk studie fra Sverige (Krüger et al., 2013), har de blant annet sett på hvordan kapasitetsutnyttelse på sporet påvirker forventet forsinkelse: De har analysert stans i togtrafikken i Sverige i årene 2000-2013. Stans i trafikken ser ut til å ha økt, spesielt etter 2005. Det er ifølge studien to hovedårsaker til dette: Avsporinger og ekstreme værforhold. Avsporinger har økt på grunn av økt trafikk på sporet som har gitt økt slitasje og etterslep på vedlikehold. Kapasitetsutnyttelsen på sporet vil variere både over timer, dager, uker og år. Da de i den svenske studien så på variasjon over uken, forventet de å finne færre forsinkelser i helgene da trafikkmengden generelt reduseres med 35 prosent. Overraskende nok fant de ikke at forsinkelsene ble redusert i helgene. Men de fant at tirsdager og onsdager, som er de to ukedagene med mest trafikk, også hadde mest forsinkelser. I 2009 opplevde Sverige en økonomisk nedgang, noe som blant annet førte til en total nedgang i antall tog på 26 prosent. De forventet dermed at ikke bare den totale, men også den gjennomsnittlige forsinkelsen ville reduseres på grunn av økt ledig kapasitet på

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

sporet. Dette skjedde ikke. Totalt sett var det faktisk en liten økning i forsinkelsene i 2009 i Sverige.

Funnene her kan tyde på at det er en sammenheng mellom kapasitetsutnyttelse på sporet og forsinkelse, men at den er (meget) svak. Noe av problemet her er at det også er andre forhold som spiller inn, både forhold man kan påvirke (som vedlikehold og optimal rutetabell) og forhold man ikke har kontroll over (som været).

Dersom videre studier derimot skulle vise at sammenhengen mellom kapasitets-utnyttelse og forsinkelser ikke er neglisjerbar, så er det et spørsmål om hvordan man skal verdsette denne effekten. I en nylig publisert artikkel innfører Rødseth (2013b) en økonomisk modell hvor kvaliteten til en felles ressurs (jernbanesporet) blir redusert som følge av økonomisk aktivitet (togtrafikk), noe som igjen har negative konsekvenser for jernbanesektorens produktivitet. Denne modellen bygger på det samme mikroøkonomiske fundamentet som Johanssson og Nilssons (2004) metode for beregning av marginale slitasjekostnader for jernbanen, og vi anser det derfor som relevant å benytte Rødseths metode til eventuelle beregninger av de økonomiske konsekvensene av kapasitetsutnyttelse med henhold til forsinkelser.

Det pågår for tiden et forskningsrådsprosjekt, PRESIS, knyttet til kartlegging og verdsetting av forsinkelser av godstransport på jernbane. Et av temaene det er aktuelt å se nærmere på, er nettopp sammenhengen mellom kapasitet på sporet og forsinkelser.

6.1.4 Støy

Sjøtransport

I Kystverkets veileder konkluderer de med at det er lite trolig at støykostnader vil være av betydning i farleder siden det neppe vil være mange personer bosatt så nær at støyen vil være et problem. De poengterer at støy kan være relevant i forbindelse med terminaler og presenterer tall for gjennomsnittlig årlig betalingsvilje per sterkt/meget plaget person ved endret støybelastning. De har der tatt utgangspunkt i at alle som er svært eller meget plaget har en betalingsvilje lik 82,90 kr (2005-kr) per prosentenhets endring i støynivå.

For støy fra sjøtransport finnes det verken betingede verdsettingsstudier eller eiendomsprisstudier i Norge. Også internasjonalt er det, så vidt vi vet, ikke forsket på beregning av marginalkostnader knyttet til støy fra sjøtransport. En mulig forklaring på at sjøtransport ikke er et prioritert område innen støyforskning, kan være at antall mennesker som påvirkes er relativt lite i sammenlikning med støyplager fra andre transportmidler. I den norske verdsettingsstudien (Samstad m fl, 2010) anbefaler de derfor at de norske enhetsprisene for støy, som ble beregnet for veitrafikken i forbindelse med EU-prosjektet HEATCO, også skal anvendes for støy fra sjøtransport, det vil si 335 kr/dB(A), i 2009-kr. For å beregne de marginale eksterne kostnadene må vi også ha kjennskap til størrelsen på endring i støynivå og antallet plagede.

Jernbane

Jernbaneverkets metodehåndbok anbefaler å beregne reduksjon i støykostnader ved overført trafikk, der man ikke har konkret kunnskap om et tiltaks støyeffekt for andre transportmidler. Verdiene gjengitt i tabell 6.14 under er basert på Econ-rapport 054 (2003), som har beregnet kostnadene som et gjennomsnitt av satser fra TØI-rapport 464 (Eriksen m fl, 1999) og SSBs støyplageindeks, og fra den norske

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

verdsettingsstudien for persontransport som ble gjennomført i 2009 (Samstad et al., 2010).

Tabell 6.14: *Marginale kostnader for støy (kr pr kjøretøykm), 2009-priser.*

	Storbyer	Øvrige tettbygde strøk	Spredtbygde strøk
Personbil	0,38	0,38	0,00
Buss	3,57	3,57	0,00
Fly	0,00	0,00	0,00
Lastebil	3,91	3,91	0,00
Persontog (diesel)	0,601	0,214	0,104
Godstog (diesel)	2,084	0,740	0,360

Kilde: Jernbaneverket (2011)

Som en del av EU-prosjektet HEATCO ble det gjennomført en nasjonal betinget verdsettingsstudie av veitrafikk- og jernbanestøy i Norge. Ved bruk av en Stated Preference (SP) –studie (se kapittel 6) ble folks betalingsvillighet for å unngå å være plaget av støy beregnet. For veitrafikk hadde de data for støynivået folk i studien var utsatt for, og kunne dermed beregne om til en verdi per dB(A). Tilsvarende data om jernbanestøynivået folk var utsatt for var ikke tilgjengelig. Det anbefales derfor i den norske verdsettingsstudien (Samstad et al., 2010) å bruke samme enhetspriser for jernbane som for vei. Videre anbefaler de å slå sammen personer som er ganske, mye og voldsomt plaget, slik at en felles verdi for dette blir 335 (2009)-kr/dB(A), (Magnussen et al., 2010). For å beregne den marginale eksterne kostnaden av støy må denne verdien multipliseres med gjennomsnittlig endring i støynivå (i antall dB(A)) og med totalt antall personer som er i de tre høyeste kategoriene av ISO-klassifiseringen av støyplagethet: ganske plaget, mye plaget og voldsomt plaget. I den norske verdsettingsstudien var det kun for vegtrafikk de kunne, ut fra eksisterende studier, anbefale en verdi per plaget person per år lik 2750 kr, og dette var igjen for alle personer i de tre plagethetskategoriene.

I Maibach et al (2008) kommer de med anbefalte marginalkostnader for støy, i €ct/km), for godstransport på jernbane fordelt på dag- og nattestid og befolkningstetthet. Tallene er gjengitt i tabellen nedenfor.

Tabell 6.15: *Enhetsverdier for marginalkostnader knyttet til støy fra godstransport på jernbane, €ct/km.*

	Byområder	Tettbygde strøk	Spredtbygde strøk
Dag	41,93 (41,93-101,17)	40,06 (20,68-40,06)	5,00
Natt	171,06	67,71	8,45

Kilde: Maibach et al (2008)

6.1.5 Ulykker

Med ulykkeskostnader mener vi her kostnader knyttet til tap av liv, nedsatt helsetilstand og inntektstap og økte utgifter i forbindelse med ulykke. Dette er samme definisjon som er benyttet tidligere i Eriksen m fl (1999) og ECON (2003). Ulykker som omhandler akutte forurensende utslipp til sjø blir behandlet i eget avsnitt nedenfor.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Sjøtransport

i) Ulykker knyttet til person- og materiellskade

Det finnes generelt få beregninger av ulykker knyttet til sjøtransport, delvis fordi det er vanskelig å få tilgang til nødvendige data da sjøtransport i så stor grad er internasjonal. Samtidig blir marginale eksterne kostnader for ulykker til sjø antatt å være lave. Innenfor EU oppsummerer CE Delft (2011) med at det ikke finnes nok tilgjengelige data for å vurdere trafikksikkerheten for sjøtransport, og at de anser at ulykker knyttet til sjøtransport er neglisjerbare. I Maibach et al (2008) har de heller ikke gjort noe forsøk på å beregne marginale kostnader knyttet til ulykker til sjø. I UNITE-prosjektet (2002) konkluderte de med at det var lite sannsynlig at det eksisterer en avgiftsrelevant ulykkeskomponent knyttet til beregning av marginale eksterne kostnader for sjøfart.

Det er likevel gjort noen beregninger for marginale kostnader knyttet til sjøfartsulykker. I EU-prosjektet HEATCO (2008) har de brukt skyggepriser på ulykker for å sette en verdi på endringer i ulykkesrisiko. Her er det fire kategorier for skade som blir vurdert: dødsulykke, alvorlig skadet, lettere skadet og materiell skade. HEATCO-prosjektet anbefaler at man primært benytter tall fra nasjonale studier for å sette skyggepris på ulykker. De presenterer dog anbefalte, kjøpekraftsjusterte verdier for unngåtte ulykker. Her er ikke verdien av materielle skader inkludert. Disse verdiene er basert på verdier fra UNITE-prosjektet, omregnet til 2002 Euro og justert for kjøpekraft. Kjøpekraftsjusterte verdier blir da (Bickel et al, 2006a):

- Dødsulykke: 2002 €: 2 055 000
- Alvorlig skade: 2002 €: 288 300
- Lettere skade: 2002 €: 20 700

HEATCO-rapporten understreker at det er betydelig usikkerhet knyttet til disse estimatene og anbefaler derfor å benytte 1/3 av skyggeprisene som et nedre estimat og tre ganger skyggerisene som et øvre estimat.

TØI (Eriksen m fl, 1999) sine beregninger av marginale eksterne ulykkeskostnader ble kun prisjustert i ECON (2003) sin rapport. Møreforskning (Hjelle, 2006) har siden oppdatert de estimerte marginale kostnadene knyttet til ulykker. Tallene er basert på de samme definisjonene som i ECONs (2003) og TØIs (Eriksen m fl, 1999) studier, men med oppdaterte skyggepriser fra LEVE-prosjektet (SFT, 2005) der verdien av et statistisk liv er beregnet til ca 16,8 mill 2004–kr. Vi nevner igjen at det her bør gjøres en gjennomgang av ulykkeskomponentene som inngår og vurdere om ikke noen av disse egentlig er internalisert, for å unngå at vi får en dobbelttelling. For å kunne sammenlikne kostnadene har Møreforskning regnet om verdiene ved hjelp av konsumprisindeksen for juli 2006. Tallene er gjengitt i tabell 6.16. Dagens anbefalinger av marginale eksterne ulykkeskostnader bygger altså i sin helhet på de anbefalte verdiene fra TØI (1999). Det empiriske grunnlaget for beregningene kan synes noe tynt og det har skjedd mye, både knyttet til metodebruk og definisjon av ulykker, siden 1999.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 6.16: *Sammenlikning av estimerte marginalkostnader knyttet til ulykker for godsbåter, 2006-kr per fartøykilometer.*

Godsbåt	Ulykker
TØI 99	0,54
ECON 03	0,59
MFM 06	0,62

Kilde: Møreforskning Molde (2006)

Kystverket har i sin veileder benyttet ny metodikk for å beregne ulykkeskostnader. Disse tallene bygger på enhetskostnader hentet fra Nyttekostnadsanalyser i transportsektoren (NTP, 2001) og erfaringstall fra Rocknes-ulykken i 2004. Kystverket (2014) har også oppdaterte verdier for gjennomsnittlige reparasjonskostnader for kollisjon og grunnstøting, fordelt etter fartøytype og -størrelse. Det er dog rimelig å anta at disse kostnadene er internaliserte.

Jernbane

Satsene knyttet til endrede ulykkeskostnader knyttet til økt togproduksjon, som anbefales av Jernbaneverket i dag, er basert på ECON-rapporten fra 2003, som igjen bygger på beregninger gjort i Eriksen m fl (1999). De har beregnet de volumavhengige ulykkeskostnadene ved å se på endring i togproduksjon målt i togkm. Disse er gjengitt i tabell 6.17.

Tabell 6.17: *Eksterne marginale ulykkeskostnader for togtrafikk, 2009-priser.*

	Kr per togkm
Sammenstøt	1,55
Avsporing	0,65
Planovergang	3,08
Brann	0,18
Andre ulykker	2,69
Totalt	**8,16**

Kilde: Jernbaneverket (2011)

Ofte vil volumeffekten (sum togkm) være det eneste som i utgangspunktet påvirkes ved gjennomføring av ulike tiltak. Jernbaneverket presiserer dog at enkelte tiltak i tillegg eller isteden vil kunne påvirke ulykkeskostnadene ved at det påvirker ulykkesfrekvensen for en eller flere typer ulykker. For slike tiltak presiserer Jernbaneverket i sin metodehåndbok (JD 205, 2011) at det må det gjennomføres separate vurderinger av effekten på ulykkesfrekvensen.

Det ble kommentert i ECON-rapporten fra 2003 at de beregnede marginale eksterne ulykkeskostnadene på jernbane i Norge, som bygger på lå betydelig høyere enn beregninger presentert i EU-prosjektet UNITE (2002). Der opererte de med marginale ulykkeskostnader fra jernbanetransport i Sveits på ca 0,17 kr/togkm regnet i 2002-NOK og tilsvarende for Tyskland ca 0,55 kr/togkm. ECON-rapporten antydet at noe av forskjellen kunne forklares ved andre forhold i Norge (som mange planoverganger), men at dette neppe forklarte alt. I Sverige har Trafikanalys (2013) nylig gjort en oppdatering av marginale eksterne kostnader knyttet til togulykker i Sverige, der de kom fram til 0,51 Svenske kr/togkm for andre ulykker og 0,6 Svenske kr/togkm for ulykker på planoverganger.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Det er få nyere internasjonale studier som har beregnet de eksterne marginale kostnadene knyttet til ulykker med jernbanetransport (Maibach et al, 2008). I følge Maibach et al er de verdiene som finnes i stor grad bygget på gjennomsnittlige kostnader i stedet for marginale kostnader, fordi det ikke finnes tilgjengelige studier som ser på risikoelastisitet for togtransport. De antyder en gjennomsnittlig europeisk ekstern ulykkeskostnad for togtransport til å være i intervallet 0,08 – 0,30 €/togkm.

6.1.6 Utslipp knyttet til skipsulykker

Når det gjelder verdsetting av oljeutslipp til havs, er det blant annet gjort flere betalingsvillighetsstudier etter Exxon Valdez ulykken i Alaska i 1989. Studiene som presenteres estimerer en betalingsvillighet per hushold for å minske risikoen for oljeutslipp til mellom 48 og 76 US-dollar (2003-priser), (Hasselström og Cole, 2013).

I Bickel og Friedrich (2005) presenteres en annen studie der de totale kostnadene for store oljeutslipp beregnes. Disse beregningene inkluderer saneringskostnader og betalingsvilje for tap knyttet til økosystem og rekreasjon. Resultatet viser en gjennomsnittskostnad på 2 600 € per tonn oljeutslipp. Kostnadene varier dog kraftig, mellom 2 300 og 24 000 €, avhengig av blant annet geografisk område og om rekreasjonsområder berøres. Bickel og Friedrich (2005) påpeker at kostnadene bare er retningsgivende og at resultatene er lite robuste. Disse tallene gjelder dessuten bare ved store utslipp av olje, og bør ikke brukes på små, mer regelmessige oljeutslipp. Små oljeutslipp, som i sum muligens utgjør et større problem, er betydelig vanskeligere å kvantifisere og verdsette.

Verdiene i den øvre skalaen presentert i studien over er nært sammenfallende med verdiene som anbefales brukt i Kystverkets Veileder i samfunnsøkonomiske analyser (2007). Disse tallene bygger på erfaringer etter Rocknesulykken i 2004. De opererer med kostnad for opptak av olje fra sjøen ved akutt forurensning på 203 200 kr/tonn (2005-kr).

Utslipp til havs som ikke er akutte

Sjøtransport fører også til andre typer vannforurensning, som utslipp av ballastvann, avløpsvann, gråvann og fast avfall. Så langt vi kan se finnes det svært få studier som fokuserer på verdsetting av annen type vannforurensning enn oljeutslipp. Senere år har det dog blitt innført strengere regler knyttet til denne typen utslipp, og erfaringer fra Sverige og Østersjøen viser at problemet fortsatt er stort, men minkende, (Mellin og Creutzer, 2013).

6.1.7 Infrastrukturkostnader. Slitasje

Jernbane

Jernbaneverket anbefaler i sin metodehåndbok (Jernbaneverket, 2011) å bruke tall fra ECON sin rapport (2003) for marginale vedlikeholdskostnader per togkm der satsene er oppjustert til 2009-priser med konsumprisindeksen:

- Persontog: 10,94 kr/togkm
- Godstog: 22,14/togkm

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

De anbefaler at disse kostnadene legges til grunn ved beregning av endringer i drifts- og vedlikeholdskostnader for kjørevegen som følge av endret togproduksjon. De understreker dog at hvis nye investeringer antas å påvirke vedlikeholdskostnadene, for eksempel på grunn av utskiftning av gammel infrastruktur med ny, må dette begrunnes og beregnes særskilt.

Når det gjelder kjørevegsavgift, belastes denne i dag bare godstrafikk med høyere aksellast enn 25 tonn i Norge. Den samfunnsøkonomiske kostnaden ved anlegging og bruk av kjøreveien beregnes direkte gjennom anslag på drifts- og investeringsutgifter. Kjørevegsavgiften har altså ingen samfunnsøkonomisk effekt, men innebærer en omfordeling av kostnader mellom infrastruktureier (Jernbaneverket) og trafikkselskapene. I metodehåndboken for Jernbaneverket (2011) oppgis det at kjørevegsavgiften på jernbane er:

- Godstrafikk med aksellast over 25 tonn: 0,0248 kr/brutto tonnkm
- Godstrafikk med aksellast lik 25 tonn eller lavere og persontrafikk: 0 kr/brutto tonnkm

Ved en enkel omregning, ser vi at ved en antakelse om at det i gjennomsnitt er litt i underkant av 900 bruttotonn pr tog, vil kjørevegsavgiften sammenfalle med Jernbaneverket sin anbefalte marginale vedlikeholdskostnad per togkm (0,0248 kr/bruttotonn*893 bruttotonn=22,14 togkm).

Det eneste unntaket fra reglene om kjørevegsavgift er Gardermobanen, der det beregnes en særskilt avgift. Tog som frakter flybensin er det eneste godstoget som kjører denne strekningen. I 2014 er denne avgiften 19,00 kr/togkm.

Den nyeste studien i Sverige knyttet til vedlikehold, og som også ligger til grunn for Svenske Trafikverkets avgifter, kom i 2008 (Andersson, M., 2008). De indikerer en marginalkostnad for infrastrukturtiltak på ca 0,10 SEK/togkm i gjennomsnitt og tilsvarende for vedlikehold 0,0070 SEK/bruttotonnkm.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

7 Relevante datakilder

Vi har tidligere gått igjennom relevant litteratur, både nasjonal og internasjonal, knyttet til eksisterende metodebruk, forslag til nye og forbedrede metoder og tidligere beregnede marginale eksterne kostnader. I dette kapittelet vil vi ta en gjennomgang av relevante datakilder knyttet til framtidige norske beregninger av marginale eksterne kostnader, både med henblikk på å:

- oppdatere eksisterende verdier
- ta hensyn til lastmengde og kapasitetsutnyttelse
- disaggregering av kostnader (per fartøystype og drivstofftype)

Ved gjennomgang av eksisterende datagrunnlag vil man sannsynligvis alltid oppleve at det er ufullstendig i forhold til ønsker og behov. Slik er det også her. Vi har dog etter beste evne prøvd å ta en gjennomgang av datakildene som finnes og som vi ønsker å benytte ved beregning av de marginale eksterne kostnadene.

7.1 Data om eksternalitetsomfang

7.1.1 Utslipp til luft

Kystverkets Havbase rapporterer utslipp til luft fra sjøfart, klassifisert etter skipstype og størrelse, og inndelt etter geografiske områder.

SSB rapporterer beregnede utslipp til luft fra ulike transportaktiviteter. De underliggende metodene som benyttes til å komme frem til skipsutslippene er beskrevet i detalj i Sandmo (2013). For skipsfart estimeres utslippene i henhold til Tier 2 IPCC metodologien. Årlige utslipp estimeres ved å multiplisere salgstall for drivstoff til innenlands shipping med utslippsfaktorer. Utslipp fra internasjonal marin bunkerolje tas ikke med i SSBs utslippsberegninger, men rapporteres separat. For noen år (1993, 1998, 2003 og 2007) har det også vært gjennomført bottom-up beregninger hvor drivstoffdata innhentes for alle skipskategorier, og utslipp estimeres ut fra skipsspesifikke utslippsfaktorer og deres drivstofforbruk. De foreliggende tallene for sjøfarten er aggregerte. Men (som det ble gjort for veitransport) kan SSB forespørres om å oppgi mer detaljerte data.

Utslipp til luft (NOx, HC, CO, and PM_{10}) ved jernbanetransport blir i SSB beregnet ved å multiplisere togenes forbruk av autodiesel og kull med utslippsfaktorer. Kullforbruket er her relatert til drift av tog på museer. Vi forstår det slik at livsløpsutslipp knyttet til elektrisk drevne tog ikke tas med i SSBs utslipps-beregninger. Videre beregner SSB utslippet av kopper fra togenes kjøreledninger som oppstår ved kontakt mellom kjøreledningen og togene. SSB multipliserer årlige kjørelengder med en utslippsfaktor for å beregne utslippet av kopper.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

7.1.2 Støy

Vi er ikke kjent med at SSB publiserer statistikk for støyplage knyttet til maritim transport.

SSB gjør støyberegninger og rapporterer antallet nordmenn som antas å være utsatt for jernbanestøy (se kapittel 6.1.4 for diskusjon av SSBs beregningsmetode), samt en støyplageindeks her. TØI fikk tildelt tall for antall personer utsatt av veitrafikkstøy på en mer disaggregert form enn den offentlige statistikken rapportert av SSB, noe som også vil være mulig å få tildelt for jernbanetransport.

7.1.3 Ulykker

Sjøfartsdirektoratet registrerer ulykkesdata for skipsfart, noe som vil være aktuelt datagrunnlag ved vurderingen av ulykkeskostnader. Det er disse dataene som ligger til grunn for SSBs statistikk for skipsulykker.

Når det gjelder utslipp til sjø registrerer Sjøfartsdirektoratet både utslippsmengde, og type der hvor det er tilgjengelig. Utslippstype/mengde registreres også i forbindelse med andre former for ulykker (f.eks. grunnstøting/kollisjon, osv.) når denne informasjonen er tilgjengelig.

Jernbaneverket StatRES (basert på tall fra SSB) gir en oversikt over antall skadde og drepte personer i jernbaneulykker her. Det rapporteres også påkjørsler av dyr. Dataene rapporteres på nasjonalt nivå.

7.1.4 Infrastrukturkostnader

I SSB sin StatRES gis måletall for kystverkets aktiviteter. Blant annet gir de en oversikt over antallet lospliktige seilaser og seilaser med los om bord. Se denne lenken.

I SSB sin StatRES for Jernbaneverket gis en detaljert oversikt over utgifter til drift og vedlikehold, delt inn i underkomponenter etter banestrekning. Statistikken finnes her. StatRES gir også en detaljert informasjon om aktiviteter og tjenester (for eksempel antallet dobbeltspor, bruer, tuneller og kilometer elektrifisert jernbanestrekning) og samlede driftskostnader per kilometer per banestrekning. I kategorien "resultater" rapporteres det også et mål på sporkvalitet samt antall hendelser med svikt på jernbanenettet.

7.2 Transportytelser

SSBs havnestatistikk slik den er tilgjengelig i SSBs statistikkbank gir en oversikt over mengde lastet og losset pr havn og godskategori, samt anløpsdata, men ingen informasjon på detaljert nivå for det enkelte skip. TØI har tilgang til grunnlagsdata fra havnestatistikken som inneholder informasjon om lastet og losset mengde for det enkelte skip. Dette er ikke nødvendigvis det samme som gjennomsnittlig lastmengde om bord i skipet, fordi skipet kan anløpe flere havner og i ulik grad ha last om bord som ikke lastes eller losses i den enkelte havn. Likevel bør dette trolig kunne gi en viss indikasjon på gjennomsnittlig lastmengde, i hvert fall for bulkskip, da bulktransporter i større grad enn stykkgodstransporter går mellom to havner, mens stykkgodsskip og containerskip går i rute- eller linjefart og anløper mange havner underveis.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

AIS er et automatisk identifikasjonssystem som har som formål å registrere alle skipsbevegelser i norske farvann. AIS dataene registrerer blant annet det enkelte skips kurs, posisjon og fart, samt gir informasjon om skipstype og liknende. Denne informasjonen oppdateres kontinuerlig og historiske data for to kalenderår lagres i kystverkets AIS database. Data som er eldre enn to år slettes.

En mulig anvendelse av AIS-dataene er å beregne utslipp fra sjøtransport. Den offentlige tilgjengelige Havbase gjør dette. Denne databasen gir informasjon om utseilt distanse og utslipp til luft fra maritim transport. Dataene kan differensieres etter ni ulike skipstyper: Oljetankere, kjemikalie-/produkttankere, gasstankere, bulkskip, stykkgodsskip, Containerskip, Ro Ro last, Kjøle-/fryseskip og offshore supply skip, og det er en videre oppdeling etter skipenes størrelse.

Kystverket publiserer jevnlig trafikkstatistikk som rapporterer seilas med lospliktige skip, samt en detaljert risikolaststatistikk for transport av oljeprodukter til og fra Russland. En oversikt over disse statistikkene finnes her.

SSBs statistikk for jernbanetransport rapporterer transportmengde innenriks, import og eksport og transportarbeid på norsk område, men dette er aggregerte tall for hele landet. Det er ikke fordelt på diesel- og elektriske tog eller skilt mellom containertog og systemtog.

Jernbaneverket har for 2012 utarbeidet en omfattende statistikk knyttet til sin virksomhet. Jernbanestatistikk 2012 har tall for togtrafikk i tonn, tonnkm og antall TEU lastet og losset i Jernbaneverkets terminaler. Disse terminalene inkluderer ikke tømmerterminaler og også noe transport med systemtog ser ut til å mangle Informasjonen kan brukes til å lage anslag på togenes dekningsgrad. Dessverre er den ikke inndelt etter strekninger, noe som ville vært hensiktsmessig til vårt formål. Strekningsvise data foreligger i Jernbaneverkets TIOS-system, men da for bruttotonn og bruttokm, dvs inkludert vekten av selve toget. Jernbanestatistikken gir også en detaljert oversikt over såkalte uønskede hendelser, grafisk fremstilt over jernbanenettet. Vi forventer at detaljert data dermed kan være tilgjengelig fra Jernbaneverket.

Data fra Lloyds registre

Lloyds registre har samlet data om sjøtransport i en årrekke. Deres databaser gir detaljert informasjon om skip, selskaper, havner og ulykker. TØI har ikke tilgang til disse dataene, men det er mulig å kjøpe seg tilgang.

7.3 Utslippsfaktorer

Statistisk sentralbyrå

I sin publikasjon "The Norwegian Emission Inventory" (Sandmo, 2013) rapporterer SSB utslippsfaktorer for sjøtransport og jernbanetransport. Vi henviser til Sandmo for en detaljert utgreiing om disse utslippsfaktorene, som blant annet er differensiert etter drivstofftype og motortype/fart.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Vestlandsforskning (2010)
Her har man kvantifisert energibruk og utslippsmengde (CO2-ekvivalenter og SO2-ekvivalenter) per enhet transportarbeid, målt i tonnkm, for ulike transportmidler i ulike transportsystem.

Havbase
Utslippsfaktorene i Havbase kan utledes ved å dele de rapporterte utslippstallene på aktivitetstallene og man vil da få utslippsfaktorer som er differensiert etter skipskategori, skipsstørrelse og havområde langs norskekysten.

Utslippsfaktorer fra IMO (International Maritim Organization)

Vi henviser til tabell 5.1 i kapittel 5.1.1., basert på Buhaug m fl. (2009), som oppsummerer relevante utslippsfaktorer fra CORINAIR og IPCC.

Utslippsfaktorer fra MEET (EU-prosjekt,2009)

Trozzi og Vaccaro (1998) tar utgangspunkt i kommende reguleringer for SO_2 og NO_x og drøfter hvordan disse vil påvirke skipsutslippene. I deres rapport foreslås det såkalte reduksjonsfaktorer. Dette er faktorer som nedskalerer dagens gjeldende utslippsfaktorer, slik at utslipp per enhet drivstoff vil fremstå som lavere for fremtidige teknologier enn for dagens teknologi. Spesielt gjelder dette for tilpassing til SECA direktivet, hvor en reduksjon i svovelinnholdet i drivstoffet reduserer utslippene av SO_2 per liter drivstoff.

Utslippsfaktorer fra Liipasto (VVT)

Dette er en omfattende studie for energiforbruk og utslipp til luft fra transport i Finland, som har blitt oppdatert til 2012-tall. Studien finnes her. Studien differensierer mellom ulike transportformer og kjøretøys-/fartøyskategorier.

7.4 Enhetspriser

Forhåndsberegnede enhetspriser kan multipliseres med tall for eksternalitetsomfanget - for eksempel med antall tonn CO_2 - for å lage anslag på de totale eksterne kostnader som transportvirksomhet påfører samfunnet. Vi gir en oversikt over kilder til enhetspriser som vi anbefaler å bruke ved beregning av de marginale eksterne kostnadene:

7.4.1 LEVE-prosjektet, enhetspriser for lokale utslipp til luft, statistisk liv og et tapt leveår.

I LEVE-prosjektet (SFT, 2005) benyttet Miljødirektoratet IPA til å anslå marginale eksterne kostnader knyttet til lokal luftforurensing fra ulike kilder. Marginale skadekostnader beregnes her innenfor små geografiske områder. Innen hvert område beregnes de marginale skadekostnadene per utslippsenhet ved:

Marginal skadekostnad = (endring i fysisk miljø * pris for miljøgodet) / endring i utslipp

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Hvor endringene i det fysiske miljøet er beregnet på bakgrunn av spredningsmodeller, dose-respons funksjoner, befolkningstetthet og basisrisikoen for skade i befolkningen.

7.4.2 Den norske verdsettingsstudien, enhetspriser for lokale utslipp til luft, støy og ulykker

Den norske verdsettingsstudien, gjennomført av TØI og Sweco, ble publisert i 2010 og inneholder en stor revidering av enhetspriser til bruk innenfor samferdselssektoren. Studien dekker enhetsverdier knyttet til tidskostnader, ulykkeskostnader, punktlighetsgevinster, komfort, utrygghetsfølelse, helsevirkninger, støykostnader og kostnadene ved luftforurensning.

Lokal luftforurensing: Enhetspriser for lokal luftforurensing er beregnet med bakgrunn i LEVE-prosjektet (SFT, 2005), men det er gjort tilleggsberegninger for verdien av et statistisk leveår (VSL) og verdien av et tapt leveår (VOLY). Verdsettingsstudiens anbefalte skadekostnader per kilo utslipp ble oppdatert i forbindelse med TØIs beregning av eksterne kostnader ved veitransport[9]:

Tabell 7.1: *Enhetsverdier for skadekostnader av lokal luftforurensing (2012-kr per kg utslipp)*

	PM_{10}							NO_X			
	Spredt bebygg-else	Tettsted (>15000 innb.)	Stavanger, Drammen (og andre større byer)	Bergen	Oslo	Trond-heim	Stor-by	Spredt bebygg-else	Tett-sted	Andre større byer	Storby (Oslo, Bergen, Trond-heim)
2012-verdier	0	695	2589	4579	6158	6158	5684	0	79	158	316
Avrund-ede verdier	0	700	2600	4600	6200	6200	5700	0	80	160	320

Kilde: Magnussen mfl. (2010, tabell 27), oppdatert med 30/19, dvs. 19 mill kr var den underliggende VSL-verdien som Magnussen mfl. benyttet for kalkulering av enhetsverdiene, mens i denne rapporten legges det til grunn en VSL-verdi lik 30 mill kr (NOU 2012).

Støy: Enhetsprisen for støyplage bygger på en nasjonal betinget verdsettingsstudie som ble gjennomført i forbindelse med det europeiske forskningsprosjektet HEATCO i 2005, se kapittel 7.4.5. Magnussen mfl. (2010) bygger videre på de nasjonale dataene fra HEATCO-prosjektet og anvender statistiske analyser til å studere hvorvidt det er grunnlag for å operere med ulik betalingsvillighet for ulike grader av støyplage. De finner ikke empirisk støtte for en differensiering av plagegrader, og setter derfor enhetsprisen per plaget per år lik gjennomsnittet av enhetsprisene for kategoriene ganske plaget, mye plaget og voldsomt plaget fra

[9] For å verdsette effektene av luftforurensing, og da primært helseeffektene, ble det tatt utgangspunkt i Magnussen mfl. (2010a). Verdianslagene ble imidlertid oppjustert. Mht for tidlig død pga sjukdom forårsaket av luftforurensing, er det anbefalt å bruke en felles sektorovergripende verdi på et statistisk liv lik 30 mill. 2012-kroner (NOU 2012, s.15 og s. 159). I Magnussen mfl. (2010a) ble det lagt til grunn en verdi på et statistisk liv lik ca 19 mill. kr, så det ble derfor gjort en simpel oppdatering av verdsettingsestimatene med 30/19.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

HEATCO-studien. For jernbanetransport betyr det 335 (2009-kroner) per dB per år per person som er plaget av jernbanestøy. Magnussen m fl. påpeker at det ikke finnes andre studier om verdsetting av støy fra maritim transport. De anbefaler allikevel at prisen for støyplage settes lik enhetspris for støyplage ved veitrafikk, noe som betyr en pris på 335 (2009-kr). per dB per plaget per år eller 2750 (2009-)kroner per plaget per år.

Ulykke: Verdsetting av døds- og skaderisiko er gjort ut fra en studie av uttrykte preferanser, både ved hjelp av samvalg/valgeksperimenter og betinget verdsetting. På bakgrunn av disse metodene ble det kommet frem til følgende ulykkeskostnader per skadetilfelle (i 2009 kroner):

Tabell 7.2: *Ulykkeskostnader (2009 kr) pr skadetilfelle etter skadegrad.*

	Skadegrad					
	Drept	**Meget alvorlig skadd**	**Hardt skadd**	**Alvorlig skade**	**Lettere skade**	**Kun materiell skade**
Realøkonomiske kostnader	4 095 962	9 570 090	5 361 365	4 124 127	146 345	29 564
Velferdseffekt	26 126 880	13 362 853	5 225 376	4 019 520	467 342	0
Total ulykkeskostnad	30 222 842	22 932 943	10 586 741	8 143 647	613 687	29 564

Kilde: TØI-rapport 1053/2010.

I forbindelse med at det gjøres en gjennomgang av beregninger knyttet til marginale eksterne kostnader ved veitransport, (Thune-Larsen m fl, 2014), er det gjort en oppdatering av disse enhetsverdiene. Vi vil så langt som mulig benytte de samme verdiene, slik at de marginale eksterne kostnadene blir sammenliknbare for vei, sjø og bane.

7.4.3 KLIMAKUR og Hagen-utvalget, enhetspriser for klimagasser

Enhetspriser for klimagasser er ikke beregnet i Den Norske Verdsettingsstudien. De anbefaler i stedet enhetspriser fra Klimakur 2020. Disse enhetsprisene ble gjengitt i kapittel 6.1.2. Denne anbefalingen gjelder når man knytter de bindende målene til innenlandske utslipp. Dersom norske bindende mål snarere er knyttet til de totale, globale utslipp Norge forårsaker, og norske utslipp er underlagt et internasjonalt kvotemarked, anbefaler Hagen-utvalget i stedet å bruke enhetspriser beregnet av ICCG, se kapittel 6.1.2.

7.4.4 PUSAM, enhetspriser for tid og forsinkelse

I Jernbaneverket sin metodehåndbok (Jernbaneverket, 2011) har de i dag en anbefalt verdi for tidskostnader på 0,65 kr/tonntime og forsinkelseskostnader på 12 kr/tonntime for godstransport på jernbane. I tidligere versjoner er av Jernbaneverkets metodeverktøy ble det lagt til grunn ulike satser for ulike varegrupper (stykkgods høy verdi, stykkgods lav verdi og bulk), men i den nyeste versjonen benyttes en felles sats. Som det presiseres i metodehåndboken innebærer dette implisitt en forutsetning om en gjennomsnittlig sammensetning av varegrupper på de godstogene som berøres av prosjektet.

I Forskningsrådsprogrammet Smartrans har det de senere årene vært flere prosjekter som har sett på verdien av pålitelighet knyttet til blant annet godstransport på bane (TØI-rapport 1083/2010, TØI-rapport 1189/2012). TØI gjennomførte i 2011 en

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

samvalgsundersøkelse blant bedrifter som sender gods med jernbanen. Spørreskjemaet var i utgangspunktet rettet mot samlastere/speditører, men transportkjøpere og rederier var også inkludert. Målet var å avdekke hva de faktiske kostnadene for disse aktørene er ved endring i framføringstid og forsinkelser på jernbane med tanke på å framskaffe resultater som kan brukes til å sette enhetspriser på framføringstid og forsinkelser som på sikt kan inngå i nyttekostnadsanalyser (Halse and Killi, 2012). Det ble skilt mellom partigods og stykkgods og verdiene er oppgitt i både kr/time og kr/tonntime. I tabell 7.3 er verdiene som har blitt brukt av Jernbaneverket fram til nylig gjengitt i parentes og vi ser at de nye verdiene er betydelig høyere. Videre ser vi at forsinkelse verdsettes nærmere seks ganger høyere enn transporttiden.

Tabell 7.3: *Enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, kroner pr time og kroner per tonntime.*

Enhetsverdi	Stykkgods	Partigods	Totalt
Tidsverdi per sending, kr/t	404	113	192
Tidsverdi per tonn, kr/tonntime	47	7	13 (0,65)*
Forsinkelsesverdi per sending, kr/t	2545	764	1245
Forsinkelsesverdi per tonn, kr/tonntime	278	35	72 (12)*

*Tall i parentes viser tidligere anbefalte enhetspriser i Jernbaneverket.

Oss bekjent ligger Norge i forskningsfronten når det gjelder å verdsette forsinkelser av godstransport. I Nederland har de gjort en undersøkelse tilsvarende den som er gjennomført på TØI. Utviklingen av design og analyse ble gjort i nært samarbeid mellom Nederland, Norge og Sverige. Resultatene fra den Nederlandske studien (Significance, 2012a), viser verdier som er i noenlunde samme størrelsesorden som de norske (litt lavere verdier i Nederland), men disse tallene vil aldri være helt sammenliknbare da godstransport på jernbane i Norge og Nederland skiller seg på flere områder.

I Sverige pågår det nå et arbeid for å beregne verdien av pålitelighet knyttet til godstransport på jernbane. De vil bruke anbefalte verdier fra de norske og nederlandske studiene og tilpasse dem til svenske forhold (Krüger et al, 2013). Jernbaneverket i Norge har gitt signaler på at de ønsker å revidere sin metodehåndbok slik at verdiene i tabell 8.3 blir anbefalt brukt i samfunnsøkonomiske beregninger framover.

7.4.5 HEATCO-prosjektet, enhetspriser for støy

HEATCO-prosjektet presenterer enhetspriser per desibel per person som er utsatt for støy. Disse er gjengitt i tabell 7.4.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 7.4: *Enhetspriser €$_{2002}$ per desibel per person som er utsatt for støy.*

(dB(A))	Road	Rail	Aviation
51	9	0	14
52	18	0	27
53	26	0	41
54	35	0	54
55	44	0	68
56	53	9	82
57	61	18	95
58	70	26	109
59	79	35	122
60	88	44	136
61	96	53	149
62	105	61	163
63	114	70	177
64	123	79	190
65	132	88	204
66	140	96	217
67	149	105	231
68	158	114	245
69	167	123	258
70	175	132	272
71	233	189	334
72	247	204	354
73	262	218	373
74	277	233	393
75	291	248	412
76	306	262	432
77	321	277	451
78	335	292	471
79	350	306	490
80	365	321	509
81	379	336	529

Kilde: Maibach et al (2008)

7.4.6 Kystverket, enhetspriser for ulykker og utslipp til sjø

Kystverket (2014) har oppdaterte verdier for gjennomsnittlige reparasjonskostnader for kollisjon og grunnstøting, fordelt etter fartøytype og -størrelse.

Det er nylig gjennomført en pilotstudie knyttet til velferdstap ved miljøskader fra oljeutslipp fra skip (Lindhjem m fl, 2013). En hovedstudie er igangsatt og resultatene fra denne studien vil være et viktig bidrag for å beregne skadekostnadene av utslipp til sjø. Foreløpige tall viser at det er høy betalingsvillighet i den norske befolkningen for å slippe oljesøl (årlig betalingsvillighet per husstand varierer fra ca 1000 kr til 2500 kr).

Kystverket (2007) har erfaringstall knyttet til kostnader ved Rocknes-ulykken i 2004. Samtidig finnes det tilsvarende tall for internasjonale ulykker som har ført til store oljeutslipp.

7.5 En vurdering av utnyttelsesgrad

For godstransport er det ikke bare hensiktsmessig å beregne eksterne marginale kostnader for ett ekstra kjøretøy/kjøretøykilometer, men også å ta hensyn til de ulike transportmidlenes transportarbeid. Dette fordi det gjør kostnadene for de ulike transportmidler mer sammenliknbare, blant annet fordi det er svært stor variasjon i de ulike transportmidlers størrelse og lastekapasitet. For å konvertere kostnader per

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

kilometer til for eksempel kostnader per tonnkilometer kreves det informasjon om fartøyenes lastekapasitet, alternativt gjennomsnittlig lastvekt og utnyttelsesgrad. I dette avsnittet kommer vi med noen oppsummeringer og anbefalinger på dette punktet.

Sjø: I Havbase rapporteres skipenes sum utslipp og sum utseilt distanse, slik at utslipp per km kan avledes. Det mangler informasjon om skipenes gjennomsnittslast. Dessverre er det lite tilgjengelig informasjon om de enkelte skipenes fraktvolum. Oss bekjent har ikke utnyttelsesgraden til skip vært studert siden SSBs Sjøfartsundersøkelse fra 1993. Som tidligere nevnt kan vi benytte grunnlagsdata fra SSBs havnestatistikk til å lage estimater for gjennomsnittlig mengde lastet og losset etter skipstype og størrelse, men disse dataene vil bare gi en indikasjon på utnyttelsesgrad for løsfart og ikke for skip som går i rute og som i varierende grad har med seg gods som skal til flere havner. Det vi foreslår å gjøre i lyset av manglende data om utnyttelsesgrad, er å se på utslippsmengde ved ulike kapasitetsutnyttelser på skipene. Vi kan gjøre dette basert på informasjon om størrelsen på skipene i bruttotonnasje, noe vi antar at omtrent tilsvarer maksimal lastekapasitet. Eks: Et skip har 1000 tonn bruttotonnasje, og skipet har en utnyttelsesgrad på 80%. Da tar vi «Utslippsmengde på skipet pr km» og deler med 800 tonn (80% av 1000 tonn) og får «utslipp per tonnkm». Med denne fremgangsmåten vil det også være mulig å lage kapasitetsutnyttelse på ulike skipstyper. Vi vil her også vurdere å innhente informasjon fra Nor Lines og et par rederier som frakter containere til/fra Norge.

Rutebåter, som omfatter bilferger og Hurtigruten, frakter både person og gods, noe som gjør det nødvendig å vekte person og gods. I Thune-Larsen m fl (2009), har de en kort diskusjon rundt dette, og anbefaler å ta utgangspunkt i at 1 passasjerkm=1 tonnkm, begrunnet med at en passasjer benytter større arealer av skipets fasiliteter enn ett tonn med gods.

Jernbanetransport: Utnyttelsesgrad kan her utledes med utgangspunkt i jernbane-statistikken for 2012. Vi har kjennskap til totalt godsvolum i tonn og antall TEU fraktet via Jernbaneverkets godsterminaler i 2012. Vi kan da beregne gjennomsnittlig frakt i tonn/TEU. Ved å gjøre antakelser om antall TEU per tog får vi gjennomsnittlig godsmengde i tonn/tog. Dette kan eventuelt spesifiseres nærmere pr strekning, da vi kjenner containeromslaget i de ulike terminalene, dersom det er kjent hvor lange togpendler som trafikkerer strekningen. Jernbaneverket har tidligere, i 2008, oppgitt tall for gjennomsnittlig godsmengde per tog i tonn/tog. Fordelen med å eventuelt benytte tallene fra 2008, selv om de er noe eldre, er at disse skiller mellom ulike jernbanestrekninger og også har med strekninger som frakter tømmer, noe som ser ut til å mangle i Jernbaneverkets statistikk for 2012. Vi vil også etterspørre nyere tall fra Jernbaneverket ved gjennomføring av hovedprosjektet. Vi gjør oppmerksom på at selv om tallene skiller mellom ulike strekninger, så skiller ikke tallene mellom dieseldrevne og elektrisk drevne tog, men det kan til en viss grad avledes.

Vi har vært i kontakt med Jernbaneverket med forespørsel om data vedrørende togstørrelse, antall containere pr tog og godsmengder i ulike deler av jernbanenettet, målt i tonn og tonnkm. Vi fikk opplyst at de er i gang med statistikkinnsamlingen for 2013 og at det i den offisielle utsendelsen er spurt om transporterte tonn og antall containere pr togstrekning. Gitt god kvalitet på innrapporteringen vil Jernbaneverket da ha informasjon om transporterte tonn og containere pr togstrekning, mens det i TIOS-systemet i Jernbaneverket foreligger informasjon om bruttotonn, brutto transportarbeid og antall tog pr togstrekning.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

7.6 Andre forhold

TØIs pågående prosjekt Safe Foreign Transport (SAFT) tar sikte på å vurdere hvorvidt utenlandske skip i norske farvann har høyere ulykkesrisiko enn norske skip. Vi har tatt kontakt med prosjektgruppen, som påpeker at de ikke har sine konklusjoner klare på dette tidspunkt. Vi bemerker allikevel at det kan være nyttig å etablere en videre kontakt med prosjektgruppen i forhold til spørsmål rundt beregning av ulykkesrisiko, ikke minst for å vurdere hvorvidt disse kostnadene skal sees som neglisjerbare.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

8 Oppsummering og forslag til videre arbeid

Vi har i denne forstudien gjort en grundig gjennomgang av vitenskapelig litteratur om eksterne kostnader for transport på sjø- og bane. I kapittel 4 ble det presentert en oversikt over relevante eksternaliteter, og vi drøftet hvilke av disse som vil være hensiktsmessig å verdsette. Videre har vi gjennomgått metoder for beregning av kostnadene og anbefalte verdier, samt presentert en oversikt over relevante datakilder. På bakgrunn av denne drøftingen har vi kommet frem til følgende oversikt over eksternaliteter som vi 1) mener er ikke-neglisjerbare i størrelse og skadeomfang og 2) det finnes relevante metoder og data til å verdsette:

Tabell 8.1: *Relevante eksternaliteter*

Sjøtransport	Togtransport
Klimagassutslipp	Klimagassutslipp
Lokal luftforurensing	Lokal luftforurensing
Lostjenester (infrastruktur)	Nettilgang og forsinkelser (køkostnader)
Ulykker	Støyplage
Utslipp til sjø	Slitasjekostnader (infrastruktur)
	Ulykker

Punktet nettilgang og forsinkelser står i grått ettersom pågående forskning vil konkludere med hvorvidt dette er en relevant eksternalitet. I det følgende drøfter vi disse eksternalitetene, og påpeker hva vi mener vil være mulig å gjennomføre på kort og lang sikt.

Sjøtransport:
Vi anser klimagasser, lokal luftforurensing og utslipp til sjø til å være de viktigste eksternalitetene knyttet til sjøtransport.

Som tidligere nevnt vil skadeomfanget av klimagassutslipp være uavhengig av hvor utslippene finner sted, og vi anbefaler derfor å benytte eksisterende tall for utslipp av klimagasser fra Havbase som multipliseres med enhetspriser fra Klimakur eller ICCG for å beregne de eksterne kostnadene. I motsetning til tidligere beregninger av eksterne kostnader tillater de foreliggende dataene oss å differensiere kostnadene etter skipskategorier og størrelser.

Beregningen av eksterne kostnader ved lokal luftforurensing er mer utfordrende enn beregningene for klimagasser ettersom geografisk lokalitet spiller en viktig rolle for kostnadenes størrelse. VTI (Mellin and Creutzer, 2013) foreslår i sin gjennomgang av eksterne kostnader ved sjøtransport å differensiere mellom eksterne kostnader ved lokal luftforurensing i tre scenarioer; i havn, ved kysten og til sjøs. For å kunne gjøre denne inndelingen kreves det at vi kjenner til utslippene i de ulike sonene.

Havbase differensierer mellom utslipp til luft i ulike geografiske soner, og det vil være naturlig å benytte denne inndelingen til å differensiere mellom utslipp nært kysten og langt fra land. Utslippene i havn kan beregnes med utgangspunkt i havnestatistikken. Dens grunnlagsdata kan benyttes til å beregne hvor lenge skipene ligger i havn, noe

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

som gir et grunnlag for å beregne utslipp til luft i havn. Vi anbefaler å differensiere de eksterne kostnadene med hensyn til fartøytype og størrelse, i henhold til inndelingen i Havbase.

På lenger sikt anbefaler vi at det også beregnes eksterne kostnader for kommende teknologier og drivstofftyper i sjøfartsnæringen. Ettersom det i dag i liten grad finnes data og utslippsfaktorer for disse teknologiene betyr det at den skisserte metoden med datainnsamling fra Havbase ikke kan benyttes til dette formålet. Her blir det viktige å gjøre vurderinger av hva slags utslippsfaktorer man skal benytte i beregningene av eksterne kostnader. Vi har tidligere i rapporten gått gjennom relevante kilder for slike fremtidsfaktorer.

I tillegg til eksterne kostnader knyttet til utslipp til luft anbefaler vi også å beregne marginale infrastrukturkostnader knyttet til lostjenester. Denne beregningen bør bygge på metoden i Andersson (2007) som ble beskrevet i kapittel 5.1.6. Her tar vi et forbehold om at de relevante dataene foreligger hos Kystverket.

Videre mener vi at det vil være nyttig å gjøre nye beregninger av ulykkeskostnader for sjøtransport. Dette skyldes for det første at de nye beregningene av ulykkeskostnader ved veitransport tar utgangspunkt i en moderne metode, og at tallene for sjø- og bane blir mer sammenliknbar med veitransport dersom denne metoden også tas i bruk for sjø- og bane. For det andre så er utslipp til sjø også en viktig ulykkeskostnad. Her finnes det noen erfaringstall å støtte seg på, men vi mener at en grundigere kartlegging av skadekostnadene ved mindre utslipp bør kartlegges i videre forskning.

Vi legger til at AIS dataene gir et godt grunnlag for å differensiere mellom utslipp i ulike geografiske soner i større grad enn hva vi foreslår å gjøre under beregningen av eksterne kostnader ved lokal luftforurensing fra sjøtransport. En ytterligere avgrensning kan gjøres basert på grunnlagsdata fra AIS utlagt i et GIS-nettverk vil man kunne skille hvor stor andel av sjøtransporten som foregår innenfor en viss avstand fra land. Vi har påpekt at det er en rekke problemer forbundet med å bruke svært aggregerte kostnadskategorier (f.eks spredtbygd og tettbygd), siden de blant annet overser det store mangfoldet i befolkningstetthet. Vi mener det vil være interessant å vurdere hvorvidt en slik geografisk inndeling kan knyttes opp mot skadekostnadsberegningene i KLIFs LEVE-prosjekt (SFT, 2005), hvor skadekostnader ved utslipp til luft for ulike geografiske områder i Norge ble vurdert.

Jernbane:
Beregning av eksterne kostnader knyttet til utslipp til luft fra jernbanetransport bør gjøres på samme måte som for sjøtransport. Dette gjelder spesielt klimagassutslippene, hvor lokaliteten til utslippskilden ikke er av betydning. For utslipp av lokal luftforurensing vurderer vi ut fra befolkningstettheten langs Nordlandsbanen, Rørosbanen og Raumabanen at togtransport med dieseltog i hovedsak foregår i spredtbygd strøk. Ett unntak er transport på Raumabanen, hvor togene går med diesel fra Oslo. Her er sannsynligvis kostnadene knyttet til lokale utslipp av en viss størrelse. Beregninger av eksterne kostnader ved utslipp til luft bør differensieres i de tre kategoriene som gjøres for veitransport; spredtbygd, tettbygd (under 100 000 innbyggere) og tettbygd (over 100 000 innbyggere) for å gjøre tallene sammenliknbare.

Vi anbefaler at beregningen av marginale eksterne støykostnader bør bygge på Andersson og Ögren's (2013) metode; se kapittel 5.1.4. Denne metoden ble benyttet i TØIs beregning av eksterne kostnader ved veitransport (Thune-Larsen med fl, 2014), noe som vil gjøre beregningene av støyplage ved vei og togtransport

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

sammenliknbare. Vi anbefaler at det tas kontakt med Erik Engelien ved SSB for å få tildelt mer informasjon om støyberegningene for togtransport.

VTI (Johansson and Nilsson, 2004) har utviklet en enkel metode for beregning av marginale slitasjekostnader; se kapittel 6.1.7. Vi anbefaler også å anvende denne metoden i de nye beregningene av eksterne kostnader ved jernbanetransport. Denne oppgaven innebærer at detaljerte data om karakteristika ved jernbanenettet, vedlikeholdskostnader og togtransport må hentes inn fra Jernbaneverket og deretter systematiseres.

Vi har nevnt to viktige punkter knyttet til kø og trengsel, nemlig en marginal-kostnadsprising av tilgangen til jernbanenettet (beregning av optimal kjørevegsavgift) og følgeforsinkelser. Vi mener at dette er relevante kostnader å beregne, men at disse kun vil kunne analyseres i detalj i et utvidet prosjekt. Prising av tilgangen til jernbane-nettet kan analyseres ved programmeringsmodeller (Brännlund et al., 1998; Nilsson, 2002), men dette innebærer en arbeidskrevende analyse. Følgeforsinkelser knyttet til transport på jernbane blir for tiden analysert under forskningsrådsprogrammet SMARTRANS i PRESIS-prosjektet, som er en videreføring av PUSAM. Dette er et tema under arbeid, og det vil være hensiktsmessig å opprette et samarbeid med PRESIS-gruppen for å styrke beregningen av forsinkelseskostnader på jernbanen i fremtiden.

Andre forhold:
I kapittel 5.3.1 drøftet vi at samspillet mellom flere eksternaliteter kan medføre at de faktiske endringene i eksternalitetsomfanget og/eller skadeomfanget kan avvike fra resultatene fra det som kommer frem av stiliserte eksternalitet-for-eksternalitets-beregninger. Vi mener at det bør være aktuelt å vurdere og eventuelt beregne størrelsene på slike effekter i et utvidet prosjekt. Vi har tidligere nevnt samspillet mellom slitasje og forsinkelser og mellom klimagasser og lokal luftforurensing som aktuelle områder å fokusere på.

I kapittel 5.3.2 drøftet vi hvorvidt grove geografiske differensieringer er akseptable, og hvilke svakheter en slik tilnærming kan ha. For å kunne gjøre bedre vurderinger av hensiktsmessigheten rundt geografiske inndelinger av kostnadene anbefaler vi at det opprettes kontakt med VTI, som i sin pågående studie av eksterne kostnader gjør bottom-up beregninger av eksterne kostnader som de deretter skal aggregere opp til et større geografisk område. Her er det hensiktsmessig å diskutere hvilke kriterier som legges til grunn for aggregeringen av eksterne kostnader.

I kapittel 5.2.1 ble mikroøkonomiske metoder som kan benyttes til å vurdere graden av transportørenes internalisering av eksterne kostnader diskutert. Disse metodene kan være til hjelp med å utvikle et bedre avgiftsregime innen transportsektoren.

Sammenlikning med veitransport:
I vår oppsummering i kapittel 4.8 poengterte vi at eksternalitetene som er behandlet i kapittel 4 er sammenfallende med de eksternalitetene som TØI har behandlet for veitransport (Thune-Larsen m fl, 2014). Vi bemerker at transportarbeid ikke er hensyntatt for veitransport, og at det derfor bør gjøres en tilleggsberegning for eksterne kostnader for veitransport for å konvertere kostnadene til for eksempel tonnkilometer.

I kapittel 4.8 begrunnet vi også hvorfor vi har valgt å se bort fra eksternaliteter knyttet til terminalvirksomhet. Vi mener med dette *ikke* at eksterne kostnader knyttet til terminalvirksomhet er neglisjerbare, men at det bør opprettes et eget prosjekt hvor

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

man vurderer eksterne kostnader ved terminalvirksomhet spesielt, og hvor man sammenlikner terminalaktiviteter knyttet til de tre transportmidlene bil, tog og båt. Dette anbefales også i rapporten som beregner marginale eksterne kostnader knyttet til vei.

Videre arbeid:
Drøftingen over kan i korthet oppsummeres i tabellene 8.2 og 8.3 nedenfor: Her spesifiserer vi hva vi mener kan gjøres på kort og langs sikt, samt indikerer hvilke eksternaliteter det kan være et samspill mellom og for hvilke typer eksternaliteter det er av betydning *hvor* eksternalitetene oppstår med hensyn til deres skadevirkninger.

Tabell 8.2: *Sjøfart, grunnlag for beregning av marginale eksterne kostnader.*

Eksternalitet	Metoder	Data	Geografisk differensiering	Nettverks-effekter	Samspill med andre eksternaliteter
Lokal luftforurensing	På kort sikt: bruke Havbase og havnestatisikken til å beregne eksterne kostnader På lang sikt: Vurdere utslippsfaktorer for nye teknologier og drivstofftyper, og beregne eksterne kostnader for disse Vurdere hvordan AIS dataene kan utnyttes til å forbedre kostnadsestimatene.	- AIS data (Havbase) - SSBs utslippsberegninger og havnestatistikk - Sandmo, SSB - Den norske verdsettingsstudien - KLIFs LEVE-prosjekt - MEET - IMO	Stor betydning - Populasjons størrelse - Lokalitet (for eksempel i havn, ved kyst, åpen sjø)	Nei	Klimagasser Svovel har potensielt kjølende effekt SO_2-rensing kan ha betydning for utslipp av klimagasser
Klimagasser	På kort sikt: Beregninger basert på Havbase På lang sikt: Vurdere utslippsfaktorer for nye teknologier og drivstofftyper, og beregne eksterne kostnader for disse	- Havbase - KLIFs KLIMAKUR 2020 - ICCG	Nei	Nei	Lokal luftforurensing
Infrastruktur-kostnader	På kort sikt: Kostnadsfunksjon for lostjenester (Andersson, 2007)	- StatRES Kystverket - Kystverket trafikkstatistikk	Nei	Nei	Nei
Ulykker	På kort sikt: Oppdatere dagens verdier, med nye enhetspriser og ulykkesrisiko På lang sikt: Anvende Lindbergs metode for beregning av eksterne ulykkeskostnader	- Sjøfartsdirektoratet, ulykkesdata - Den norske verdsettingsstudien (Oppdaterte verdier fra 2009)	Ja	Nei	Nei
Utslipp til sjø	På kort sikt: Bruke erfaringstall fra Rocknes-ulykken og beregninger fra Vista analyse På lang sikt: Gjøre studier av effekter av utslipp til sjø for fiskerinæringen, turistnæringen og lignende.	- Erfaringstall fra tidligere ulykker i Norge - Erfaringstall fra internasjonale studier - Foreløpig verdsetting av miljøskader ved oljeutslipp - Utslippsmengder ved ulykker fra Sjøfartsdirektoratet	Ja	?	Nei
Trafikktall		- Havbase Gjennomsnittlig lastutnyttelse: - SSBs Havnestatistikk - Data fra rederier			

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Tabell 8.3: Jernbanetransport, grunnlag for beregning marginale eksterne kostnader.

Eksternalitet	Metoder	Data	Geografisk differensiering	Nettverks-effekter	Samspill med andre eksternaliteter
Lokal luftforurensing	På kort sikt: Benytte utslippsdata til å vurdere skadeomfanget, og gjøre beregninger	- SSBs utslippsberegninger - Sandmo, SSB - Den norske verdsettingsstudien - KLIFs LEVE-prosjekt	Stor betydning - Populasjons størrelse		Klimagasser
Klimagasser	På kort sikt: Bruke tilgjenglige utslippsdata til å beregne eksterne kostnader	- SSBs utslippsberegninger - KLIFs KLIMAKUR 2020 - ICCG	Nei	Nei	Lokal luftforurensing
Støy	På kort sikt: Beregne støykostnader ved hjelp av støyberegninger (Nordisk metode) og Andersson og Ögrens metode	- SSBs støyberegninger - Den norske verdsettingsstudien - HEATCO	Ja - befolknings-tetthet - populasjons størrelse	Ja -støy fra flere kilder	Kø og trengsel Utslipp til luft
Infrastruktur kostnader	På kort sikt: Samle inn data og estimere slitasjekostnader	- StatREF JBV - Jernbaneverkets data	Nei	Ja?	Kø og trengsel
Kø og trengsel	På lang sikt: Optimering av nettilgang - Nilssons metode Evaluere følgeforsinkelser - Rødseth - PUSAM.	- PUSAM	Nei	Ja	Infrastrukturkost nader
Ulykker	På kort sikt: Oppdatere dagens verdier, med nye enhetspriser og ulykkesrisiko På lang sikt: Anvende Lindbergs metode for beregning av eksterne ulykkeskostnader	- StatRES JBV - Den norske verdsettingsstudien (Oppdaterte verdier til 2013)	?	Ja	Infrastrukturkost nader
Transport-ytelser/ eksponering		- Jernbaneverkets statistikk, spesielt Jernbanestatistikk 2012 - TIOS - SSB statistikk for jernbanetransport			

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

9 Referanser

Andersson, H., Jonsson, L., Ögren, M., 2010. Property prices and exposure to multiple noise sources: Hedonic regression with road and railway noise. Environ Resour Econ 45, 73-89.

Andersson, H., Ögren, M., 2007. Noise charges in railway infrastructure: A pricing schedule based on the marginal cost principle. Transport Policy 14, 204-213.

Andersson, H., Ögren, M., 2013. Charging the polluters: a pricing model for road and railway noise. Journal of Transport Economics and Policy (JTEP) 47, 313-333.

Andersson, M., 2008. Marginal railway infrastructure costs in a dynamic context. Eur J Transport Infrastruct 8, 268-286.

Andersson, M., Smith, A., Wikberg, Å., Wheat, P., 2012. Estimating the marginal cost of railway track renewals using corner solution models. Transportation Research Part A: Policy and Practice 46, 954-964.

Andersson, P., 2007. Prissättning och finansiering av lotstjänester i Sverige, delrapport på oppdrag av losutredningen, i SOU (2007).

Bickel, P., Friedrich, P., 2005. ExternE. Externalities of energy. Methodology 2005 update. European Union, Luxemburg.

Brännlund, U., Lindberg, P.O., Nöu, A., Nilsson, J.-E., 1998. Railway timetabling using Lagrangian Relaxation. Transportation Science 32, 358-369.

Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H., Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K., 2009. Second IMO GHG study. International Maritime Organization (IMO), London.

CE_Delft, 2011. External costs for transport in Europe - Update study for 2011.

Christensen, L.R., Jorgenson, D.W., Lau, L.J., 1971. Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function. Econometrica 39, 255-256.

Colvile, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F., 2001. The transport sector as a source of air pollution. Atmospheric Environment 35, 1537-1565.

Corbett, J.J., Wang, H., Winebrake, J.J., 2009. The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping. Transportation Research Part D: Transport and Environment 14, 593-598.

Dalsjord, Ø.B., 2003. Marginalkostnader i jernbanenettet, rapport 2/2003. Ragnar Frsich Centre for Economic Research, Oslo.

De Borger, B., De Bruyne, D., 2011. Port Activities, hinterland congestion, and optimal government policies. The role of vertical integration in logistic operations. Journal of Transport Economics and Policy 45, 247-275.

de Hollander, A.E.M., 2011. Community Noise Disease Burden: DALYs may be the Answer, but What is the Question?, in: Nriagu, J.O. (Ed.), Encyclopedia of Environmental Health. Elsevier, Burlington, pp. 778-790.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

de Vos, P., Beuving, M., Verheijen, E., 2005. Harmonised Accurate and Reliable Methods for the EU Directive on the Assessment and Management of Environmental Noise – Final technical report. http://www.harmonoise.org.

Deniz, C., Durmuşoğlu, Y., 2008. Estimating shipping emissions in the region of the Sea of Marmara, Turkey. Science of the Total Environment 390, 255-261.

DNV, 2012. Shipping 2020, DNV report.

Elmenhorst, E.-M., Pennig, S., Rolny, V., Quehl, J., Mueller, U., Maaß, H., Basner, M., 2012. Examining nocturnal railway noise and aircraft noise in the field: Sleep, psychomotor performance, and annoyance. Science of The Total Environment 424, 48-56.

Elvik, R., 1993. Hvor mye er unngåtte trafikkulykker verd for samfunnet?, TØI rapport 193/1993. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.

Elvik, R., Voll, N.G., 2014. Challenges of improving safety in very safe transport systems. Safety Science 63, 115-123.

Endresen, Ø., Bakke, J., Sørgård, E., Flatlandsmo Berglen, T., Holmvang, P., 2005. Improved modelling of ship SO2 emissions—a fuel-based approach. Atmospheric Environment 39, 3621-3628.

Engelien, E., Steinnes, M., 2011. Støyplage i Norge. Dokumentasjon av metoder, Notater 33/2011. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.

Eriksen, K., Markussen, T.E., Pütz, K., 1999. Marginale kostnader ved transportvirksomhet. TØI-rapport 464/1999.

Eriksson, G., Gullne, U., Lindvall, J., Karvonen, T., Saurama, A., Göthe-Lundgren, M., Mellin, A., Lindberg, G., 2009. CATRIN deliverable D 10, Allocation of infrastructure cost in the maritime sector, Funded by the European Comission Sixth Framework Program. VTI, Stockholm.

ESN, 2013. ESN - Way forward. SECA report.

Eyre, N.J., Ozdemiroglu, E., Pearce, D., Steele, P., 1997. Fuel and Location Effects on the Damage Costs of Transport Emissions. Journal of Transport Economics and Policy 31, 5-24.

Eyring, V., Isaksen, I.S.A., Berntsen, T., Collins, W.J., Corbett, J.J., Endresen, O., Grainger, R.G., Moldanova, J., Schlager, H., Stevenson, D.S., 2010. Transport impacts on atmosphere and climate: Shipping. Atmospheric Environment 44, 4735-4771.

Fann, N., Fulcher, C., Hubbell, B., 2009. The influence of location, source, and emission type in estimates of the human health benefits of reducing a ton of air pollution. Air Qual Atmos Health 2, 169-176.

Fridell, E., Belhaj, M., Wolf, C., Jerksjö, M., 2011. Calculation of external costs for freight transport. Transportation Planning and Technology 34, 413-432.

Fuglestvedt, J., Berntsen, T., 2008. Global temperature responses to current emissions from the transport sector. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105, 19154-19159.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., Pasurka, C.A., 1989. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. Rev Econ Stat 71, 90-98.

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., Yaisawarng, S., 1993. Derivation of shadow prices for undesirable outputs: a distance function approach. Rev Econ Stat 75, 374-380.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Färe, R., Grosskopf, S., Noh, D.-W., Weber, W.L., 2005. Characteristics of a polluting technology: theory and practice. J Econometrics 126, 469-492.

Färe, R., Grosskopf, S., Roos, P., 1995. Productivity and quality changes in Swedish pharmacies. Int J Prod Econ 39, 137-144.

Färe, R., Grosskopf, S., Sickles, R.C., 2007. Productivity? Of US airlines after deregulation. Journal of Transport Economics and Policy 41, 93-112.

Färe, R., Primont, D., 1995. Multi-output production and duality: theory and applications. Kluwer Academic Publishers, Boston.

Gibson, S., Cooper, G., Ball, B., 2002. The evolution of capacity charges on the UK rail network. Journal of Transport Economics and Policy 36, 341-354.

Hagman, R., Gjerstad, K.I., Amundsen, A.H., 2011. NOx - utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer. Utfordringer og muligheter frem mot 2025, TØI rapport 1168/2011. Transportøknomisk Institutt, Oslo.

Halse, A.H., Killi, M., 2012. Verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane, TØI rapport 1189/2012. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Hatch, L., Clark, C., Merrick, R., Parijs, S., Ponirakis, D., Schwehr, K., Thompson, M., Wiley, D., 2008. Characterizing the relative contributions of large vessels to total ccean noise fields: a case study using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank national marine sanctuary. Environmental Management 42, 735-752.

HighLevelGroup, 1999. The expert advisors on the High Level Group on transport infrastructure charging. Final report on estimating transport costs European Commission, Brussels.

Hjelle, H.M., 2006. Sjøfart, marginale eksterne kostnader og avgifter. En vurdering av mulighetene for et mer effektivt avgiftsregime for sjøfarten, Rapport 0616. Møreforskning Molde AS, Molde.

International Center for Climate Governance (ICCG), 2011. http://www.iccgov.org/publications/publications-2.htm.

Jernbaneverket, 2011. Metodehåndbok JD 205: Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen.

Johansson, P., Nilsson, J.-E., 2004. An economic analysis of track maintenance costs. Transport Policy 11, 277-286.

Kozan, E., Burdett, R., 2005. A railway capacity determination model and rail access charging methodologies. Transportation Planning and Technology 28, 27-45.

Krüger, N.A., Vierth, I., F.F., R., 2013. Spatial, temporal and size distribution of freight train delays: evidence from Sweden, Stockholm.

Kuosmanen, T., Laukkanen, M., 2011. (In)efficient environmental policy with interacting pollutants. Environ Resour Econ 48, 629-649.

Lindberg, G., 2001. Traffic insurance and accident externality charges. Journal of Transport Economics and Policy (JTEP) 35, 399-416.

Magnussen, K., Navrud, S., San Martin, O., 2010. Den norske verdsettingsstudien: verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Støy, Den norske verdsettingsstudien. Sweco/TØI, Oslo.

Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., van Essen, H.P., Boon, B.H., Smokers, R., Schroten, A., Doll, C., 2008. Handbook on estimation of external cost in the transport sector Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT) Delft.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Mellin, A., Creutzer, C., 2013. SJÖSAM- Sjöfarten samhällsekonomiska marginalkostnader, VTI publikation under arbete.

Miedema, H.M., 2002a. Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Miedema, H.M., Oudshoorn, C.G., 2001. Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. Environmental Healt Perspectives 109, 409-416.

Miedema, H.M.E., 2002b. Position Paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Miola, A., Paccagnan, V., Mannino, I., Massarutto, A., Perujo, A., Turvani, M., 2009. External costs of transportation. Case study: maritime transport. European Commision, JRC Institute for Environment and Sustainability.

Moslener, U., Requate, T., 2007. Optimal abatement in dynamic multi-pollutant problems when pollutants can be complements or substitutes. J Econ Dyn Control 31, 2293-2316.

Nash, C.A., Johnson, D., Tyler, J., 2006. Scoping Study for Scarcity Charges. Final Report to the Office of Rail Regulator. Institute for Transport Studies, Leeds and Passenger Transport Networks, York.

Nerhagen, L., Johansson, H., 2003. Variations in the external cost of transport air pollution - the case of Sweden, VTI-notat 36A-2003.

Nilsson, J.-E., 2002. Towards a welfare enhancing process to manage railway infrastructure access. Transportation Research Part A: Policy and Practice 36, 419-436.

NordiskMinisterråd, 1996. Railway Traffic Noise- Nordic Prediction Method. Nordisk Ministerråd, TemaNord Environment, 1996:5224.

NOU, 2012:16. Samfunnsøkonomiske analyser.

Oertli, J., 2000. Cost-benefit analysis in railway noise control. Journal of Sound and Vibration 231, 505-509.

Olsson, N., I.A., S., Røstad, C.C., 2002. Konsekvensvurdering av annleggsarbeid i vestkorridoren, Sintef teknologiledelse, Trondheim.

Olsson, N., Veiseth, M., 2011. Jernbanetrafikk.

Regjeringen, 2013. EU-kommisjonens forslag til jernbanepakke IV. http://www.regjeringen.no/nb/dokumentarkiv/stoltenberg-ii/sd/Nyheter-og-pressemeldinger/nyheter/2013/innspill-onskes-til-eu-kommisjonens-fors.html?id=713443

Rødseth, K.L., 2013a. Capturing the least costly way of reducing pollution: a shadow price approach. Ecolog Econ 92, 16-24.

Rødseth, K.L., 2013b. A note on input congestion. Economics Letters.

Rødseth, K.L., Romstad, E., 2013. Environmental regulations, producer responses, and secondary benefits: carbon dioxide reductions under the Acid Rain Program Environ Resour Econ DOI: 10.1007/s10640-013-9720-5.

Rødseth, K.L., Romstad, E., forthcoming. Environmental regulations, producer responses, and secondary benefits: carbon dioxide reductions under the Acid Rain Program. Environ Resour Econ.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Samstad, H., Ramjerdi, F., Veisten, K., Navrud, S., Magnussen, K., Flügel, S., Killi, M., Halse, A.H., Elvik, R., San Martin, O., 2010. Den norske verdsettingsstudien: sammendragsrapport, TØI rapport 1053/2010. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Sandmo, T., 2013. The Norwegian emission inventory. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants, Notater 30/2013. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.

SFT, 2005. Marginale miljøkostnader ved luftforurensing. Skade og tiltakskostnader, Rapport TA-2100/2005. Statens forurensingstilsyn (SFT), Oslo.

SIKA, 2010. Sjöfartens externa effekter, SIKA PM 2010:1.

Thune-Larsen, H., Hagman, R., Hovi, I.B., 2009. Effektivisering og CO2-utslipp for innenlands transport 1994-2050, TØI rapport 1047/2009. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.

Thune-Larsen, H., Veisten, K., Rødseth, K.L., Klæboe, R., 2014. Marginale eksterne kostnader ved veitrafikk. TØI-rapport 1307/2014.

Trafikanalys, 2013. Transportsektorens samhällsekonomiska kostnader, Rapport 2013:3.

Trafikverket, 2012. Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5. Kapitel 21 Trafikens externa marginalkostnader inklusive knapphet, Version 2012-05-16.

Trozzi, C., 2000. Environmental impact of port activities. International conference on maritime engineering and ports No2, Barcelona , Spain, p. 151-161.

Trozzi, C., Vaccaro, R., 1998. Methodologies for estimating future air pollutant emissions from ships, Techne report MEET RF98b.

Tzannatos, E., 2010. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece. Atmospheric Environment 44, 400-407.

UIC, 2004. UIC Code 406 Capacity., International Unions of Railways, Paris.

UNITE, 2002. Transport user and benefit case studies, UNITE, deliverable 7.

Vutukuru, S., Dabdub, D., 2008. Modeling the effects of ship emissions on coastal air quality: A case study of southern California. Atmospheric Environment 42, 3751-3764.

Wardman, M., 1988. A comparison of revealed preference and stated preference models of travel bahaviour. Journal of Transport Economics and Policy 22, 71-91.

Wooldridge, J.M., 2002. Econometric analysis of cross section and panel data. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Yip, T.L., 2008. Port traffic risks: A study of accidents in Hong Kong waters. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 44, 921-931.

Yuan, J., Hansen, I.A., 2007. Optimizing capacity utilization of stations by estimating knock-on train delays. Transportation Research Part B: Methodological 41, 202-217.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

10 Appendiks A

10.1 Impact Pathway Approach (IPA) – beskrivelse av metode

IPA metoden kombinerer lokale og regionale spredningsmodeller for å kartlegge hvordan lokale og regionale utslippskonsentrasjoner påvirkes; se Bickel og Friedrich (2005) for en detaljert oversikt. For lokale virkninger benyttes IPA metoden modellen ROADPOL for utslipp fra veitransport. For regionale virkninger er man også nødt til å ta hensyn til kjemiske reaksjoner som leder til generering av sekundær forurensing (slik som ozon). IPA benytter Windrose Trajectory Model samt EMEP modellen til å anslå ozondannelse.

De vanlige luftforurensingene gjør den største helseskaden ved inhalering. Men det finnes også giftige metaller og bestående organiske komponenter som påvirker oss gjennom mat og drikke (Bickel and Friedrich, 2005). Under arbeidet med IPA metoden ble det utviklet nye modeller som kan benyttes til å beregne skadeomfanget av denne typen forurensing.

For å kvantifisere skadevirkninger av økte konsentrasjoner av luftforurensing hos mottakerne - for eksempel helsevirkninger i den menneskelige populasjonen eller produksjonstap - benyttes såkalte *dose-repons* funksjoner som knytter omfanget av forurensing opp mot en fysisk påvirkning. De fleste dose-responsfunksjoner som benyttes av ExternE prosjektet er lineære funksjoner (Bickel and Friedrich, 2005). Spesielt gjelder dette for virkninger for folkehelsen. For lineære funksjoner er det kun hellingen på dose-responsfunksjonen som er av betydning. Funksjonene har med andre ord ikke en nedre grense for hvor stor konsentrasjonen av luftforurensing må være før den gjør skade. Årsaken til at en slik funksjonstype er valgt er at bakgrunnskonsentrasjonen av luftforurensing vanligvis er så høy at en slik grense sannsynligvis vil være oversteget i det virkelige liv. Med andre ord, det vil være vanskelig å finne empiriske data som indikerer hvor en slik grense befinner seg.

10.2 Støyplage

Metoder for støyberegning:
Det er utviklet en rekke støyberegningsverktøy. Et eksempel er HARMONOISE modellen (de Vos et al., 2005) som ble utviklet for å skape et harmonisert verktøy for støyberegninger i EU-landene. Det finnes også en rekke liknende nasjonale modeller i ulike land. I Norge er en av de vanligste støyberegningsmetodene for jernbanetransport den såkalte Nordisk metode (NordiskMinisterråd, 1996). Denne metoden benyttes blant annet av SSB i deres støyberegninger. Vi gir kun en kort beskrivelse av denne metoden basert på Engelien og Steinnes (2011).

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Nordisk beregningsmetode for togstøy anvender aktivitetsdata for de ulike jernbanestrekningene i Norge til å beregne støyemisjoner og deres spredning. Ved å kople denne informasjonen opp mot geografiske data om adresser kan man beregne samlet utendørs støynivå hos en mottaker, definert som en husholdning som er bosatt innenfor 400 meter fra en eller flere jernbaneskinner. Støyen på den enkelte adresse fremkommer ved først å beregne utgangsstøy fra jernbanestrekningen(e) på bakgrunn av informasjon om togtyper og deres fart og frekvens, for deretter å gjøre korreksjoner for baneforhold, luftabsorpsjon, avstandsdemping og skjerming. Korrigeringer gjøres ved å trekke en estimert desibelmengde fra den beregnede utgangsstøyen. Det betyr med andre ord at den beregnede støyen på hver adresse vil være lavere eller lik den beregnede utgangsstøyen.

Beregning av støyplage og marginale støykostnader

I TØIs pågående studie om eksterne kostnader for veitransport ble dose-respons sammenhenger fra Miedema (2002a) benyttet til å anslå andelen plagede av antallet støyutsatte. Miedema (2002a) rapporterer også en dose-repons funksjon for jernbanestøy:

$$a(L) = \left[4.538*10^{-4}\ (L-37)^3\ +\ 9.482*10^{-2}\ (L-37)^2 +\ 0.2129\ (L-37) \right] / 100$$

I TØIs arbeid er denne dose-respons funksjonen kombinert med en metode for å måle marginale eksterne støykostnader utviklet av Andersson og Ögren (2007, 2013). Støykostnadene er her definert ved produktet av enhetspris per plaget (*w*) ganget med antall plagede, som er gitt ved produktet av andelen plagede (a(L)) og antall støyutsatte på ulike lengder (*r*) fra jernbanesporet.

$$S = \int_{r=0}^{\infty} w \cdot a(L) \cdot n(r)\,\mathrm{d}r$$

Og de marginale kostnadene finnes ved å derivere med hensyn på trafikkmengden (*N*):

$$\frac{\partial S}{\partial N} = \int_{0}^{\infty} w \frac{\partial a}{\partial L} \frac{\partial L}{\partial N} n(r)\,\mathrm{d}r$$

Metoden består da simpelthen i å finne endringen i støyemisjon ved en marginal økning i trafikkmengde, $\partial L / \partial N$, og å multiplisere denne opp med verdien av endringen i støyplage som forårsakes av denne støyendringen. Andersson og Ögren illustrerer at $\partial L / \partial N$ kan beregnes ved hjelp av vanlige støyberegningsverktøyer slik som Nordisk beregningsmetode eller HARMONOISE.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

10.3 Ulykker – Lindbergs modell

Lindbergs modell tar utgangspunkt i følgende formel for beregning av den marginale eksterne skadekostnaden for en gitt kjøretøygruppe/trafikantgruppe *X* (MEC_{Xi}):

$$
\begin{aligned}
MEC_{Xi} &= r_{Xi}(a_i + c_i)E_{Xi} + r_{Xi}c_i \\
&+ \sum_{Y \neq X} \left[r_{Yi}(a_i + c_i)\left[(1-\theta_{Yi}) + E_{Yi}\right] + \theta_{Yi} r_{Yi} c_i \right] \\
&+ r_{Oi}(a_i + c_i)E_{Oi} + r_{Oi}c_i
\end{aligned}
$$

Her angir *r* risikoen for skade, *a* angir ex ante (før skade) verdsetting av risikoendringer, *c* angir ex-post kostnader og E angir risikoelastisitet. Subscriptet i indikerer graden av skade. Hver linje i likningen er delt i to komponenter, hvor den første komponenten angir marginal skadeendring ved en økning i trafikkvolumet og den andre komponenten angir ex-post kostnader etter en skade har inntruffet (primært medisinske og administrative kostnader, men kan også dreie seg om materielle kostnader ved for eksempel vannforurensing). Likningen summerer marginale eksterne kostnader for tre typer motpartskomponenter: samme kjøretøytype (*X*), alle andre kjøretøytyper ($Y \neq X$), og ingen motpart / eneulykke (*O*).

10.4 Infrastrukturkostnader – Johansson og Nilssons modell

Senere studier har utvidet Johansson og Nilssons' rammeverk i ulike retninger. Blant annet har Andersson (2008) studert kostnadsfunksjoner i en dynamisk konteksts gjennom å inkluderes "leads" og lags" i kostnadsfunksjonen. Dette er for å kunne teste validiteten av hypoteser som for eksempel at vedlikeholdskostnadene i periode t ikke kun er knyttet til omfanget av togtrafikk i periode t men også i periode t-1. I en nylig publisert artikkel (Andersson et al., 2012) pekes det på forholdet mellom reinvesteringer (*renewals*) og vedlikehold. Et sentralt poeng i artikkelen er at en lav vedlikeholdsinnsats vil føre til et behov for reinvestering på et tidligere tidspunkt enn ved et godt og omfattende vedlikehold. En stor utfordring med å modellere sammenhengen mellom omfanget av togtrafikk og reinvesteringer er at reinvesteringer forekommer sjeldent. Det betyr at reinvesteringer vil ta verdien null for svært mange observasjoner. Andersson m fl. foreslår derfor å benytte såkalte "hjørneløsningsmodeller" (Tobit, Heckit og to-dels modellene; se for eksempel Wooldridge (2002) for en oversikt over disse økonometriske metodene) for å estimere marginale reinvesteringskostnader.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

11 Appendiks B

11.1 Revealed preference (RP)

RP metodene tar utgangspunkt i *observert adferd* som kan knyttes til graden av miljø og helseplage, men også verdsetting av tidsbruk og forsinkelser. En grunnleggende forutsetning bak metoden er at de observerbare valgene individene har tatt er et produkt av deres nyttemaksimering under inntektsbeskrankning. Følgelig vil valgene reflektere avveiningene som individene gjør mellom utsatthet for eksternaliteter og kostnadene forbundet ved å redusere utsattheten. Denne avveiingen vil dermed gi et mål på individenes betalingsvillighet for å redusere omfanget av eksternalitetene.

Et eksempel på en RP metode er såkalt *hedonisk prising* som benytter statistiske metoder til å utlede sammenhengen mellom observerbare priser eller verdier (eksempelvis eiendomsverdier) og omfanget av eksternaliteter (eksempelvis støy; se Andersson m fl. (2010)). Intuitivt vil det være slik at omfanget av eksternaliteter er negativt korrelert med eiendomspriser. De statistiske metodene gjør det mulig å studere den gjennomsnittlige økningen i huspriser ved en marginal reduksjon i den aktuelle eksternaliteten, med andre ord å beregne *betalingsvilligheten* for en marginal reduksjon av eksternaliteten. Et annet eksempel på bruken av RP metoder gjelder utledning av verdien av reisetid, hvor man for eksempel kan utlede denne verdien ved å sammenlikne folks valg mellom to transportformer, hvor den ene er dyr og rask mens den andre er billig og treg; se Wardman (1988).

11.2 Stated preference (SP)

I likhet med RP bygger SP på forutsetningen om at individene maksimerer nytte gitt sine budsjettbetingelser. I stedet for å observere faktisk adferd benytter denne metoden *spørreundersøkelser* til å avdekke hvilken betalingsvillighet individene har for å redusere omfanget av en eksternalitet. SP-analyse er et samlebegrep for spørreundersøkelser med hypotetiske spørsmål eller valgalternativer. Fordelen med denne metoden, i forhold til RP, er at vi kan finne betalingsvilligheten av endringer som ennå ikke er gjennomført Det finnes mange forskjellige SP-metoder. De to vanligste er Samvalgsanalyse (Stated Choice, SC) og Likeverdprisspørsmål (Contingent Valuation, CV). Ved Samvalgsanalyse blir respondentene stilt overfor gjentatte valg mellom to valgalternativer (f eks to ulike reiser) der to eller flere faktorer varierer samtidig. Eksempler på faktorer som varierer kan være kostnad ved reisen, reisetid og utslipp og støy som reisen medfører. Ved likeverdprisspørsmål blir respondentene bedt om å sette en pris på en gitt reduksjon av for eksempel en eksternalitet. En mulig feilkilde med denne metoden kan være at den uttalte betalingsvilligheten ikke er konsistent med den faktiske betalingsvilligheten eller atferden (Wardman, 1988). Dette kan blant annet skyldes at respondentene ikke fullt ut tar hensyn sine budsjettbetingelser, at de svarer taktisk eller at de ikke helt tar inn over seg konsekvensene av valgene, siden de er hypotetiske.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

11.3 Skadekostnader

Skadekostnadsmetoden er basert på dose-respons sammenhenger. Dette kan for eksempel gjelde effekten av en økning av en gitt eksternalitet på helse og dødelighet eller på produksjon (for eksempel avlinger, jakt, og fiske). I disse tilfellene finnes det målbare kostnader knyttet til sykefravær, sykehusopphold og de produserte varene som lar oss anslå den økonomiske verdien av helse- og produksjonstapene som kan relateres til en økning i eksternalitetsomfanget. Marginale skadekostnader er uavhengig av det totale belastningsnivået hvis dose-respons funksjonene er lineære. Dette er lite trolig ved veldig lave eller veldig høye utslippskonsentrasjoner, men det finnes ikke dokumentasjon på dette (SFT, 2005).

11.4 Offentlige reguleringer

Ved å anta at politikerne virker som ”representative konsumenter” for det brede lag av folket kan man benytte politiske vedtak om begrensing av eksterne virkninger som et uttrykk for den generelle verdien av å redusere omfanget av de eksterne virkningene.

Copyright © Transportøkonomisk institutt, 2014
Denne publikasjonen er vernet i henhold til Åndsverkloven av 1961

Transportøkonomisk institutt (TØI)
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningssenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafikksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transporter og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:
Transportøkonomisk institutt
Gaustadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no