

## Marginale eksterne kostnader ved transport av gods på sjø og bane

Kristin Magnussen, Karin Ibenholt, John Magne Skjelvik, Henrik Lindhjem, Simen Pedersen, Vivian A. Dyb.

VISTA ANALYSE AS



## Dokumentdetaljer

Vista Analyse AS	Rapport nummer 2015/54
Rapporttittel	Marginale eksterne kostnader ved transport av gods på sjø og bane
ISBN	978-82-8126-250-8
Forfatter	Kristin Magnussen, Karin Ibenholt, John Magne Skjelvik, Henrik Lindhjem, Simen Pedersen, Vivian A. Dyb.
Dato for ferdigstilling	30.10.2015
Prosjektleder	Kristin Magnussen
Kvalitetssikrer	Haakon Vennemo
Oppdragsgiver	Samferdselsdepartementet
Tilgjengelighet	Offentlig
Publisert	<a href="http://www.vista-analyse.no">www.vista-analyse.no</a>
Nøkkelord	Eksterne marginale kostnader Godstransport Sjø- og jernbanetransport

## Forord

Dette prosjektet utreder marginale eksterne kostnader ved godstransport på sjø og jernbane og viser i eksempelberegninger hvilke marginale eksterne kostnader som påløper ved frakt mellom Oslo – Trondheim og Oslo – kontinentet.

Oppdraget er skrevet på oppdrag av Samferdselsdepartementet. Vår kontakt i departementet har vært Erland Røsten.

Prosjektet er gjennomført av Vista Analyse, med bidrag fra Rolf Ole Jensen i Propel. Kristin Magnussen har vært prosjektleder mens Haakon Vennemo har vært kvalitetssikrer. I tillegg til forfatterne, Kristin Magnussen, Karin Ibenholt, John Magne Skjelvik, Henrik Lindhjem, Simen Pedersen og Vivian A. Dyb, har Sofie Skjeflo, Oscar Haavardsholm, Ingeborg Rasmussen og Tor Homleid bidratt i arbeidet.

Vi har underveis mottatt gode innspill og kommentarer fra Erland Røsten, Andreas Hedum, Birgitte Brevik og Annelene Holden Hoff i Samferdselsdepartementet. Vi har også mottatt viktig informasjon fra Gunnar Markussen i Jernbaneverket, og nyttige kommentarer fra Samferdselsdepartementet, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen til et tidligere rapportutkast.

Vi takker alle som har bidratt!

Prosjektleder

Vista Analyse AS

Kristin Magnussen



# Innhold

<b>Forord .....</b>	<b>1</b>
<b>Sammendrag og konklusjoner .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>13</b>
1.1 Innledning og bakgrunn .....	13
1.2 Formål og problemstillinger .....	13
1.3 Rapportens oppbygging/leserveiledning .....	15
<b>2 Metode, gjennomføring og viktige forutsetninger .....</b>	<b>16</b>
2.1 Eksterne marginale kostnader .....	16
2.2 Hovedtilnærming – trinn i gjennomføring .....	18
2.3 Valg av skips- og togtyper, samt drivstoff og energikilder for disse .....	19
2.4 Vurdering av relevante eksterne kostnader .....	21
2.5 Vurdering av samspillseffekter .....	23
2.6 Metoder for verdsetting av marginale eksterne kostnader .....	24
2.7. Godstransport på sjø og bane .....	25
2.8. Følsomhetsanalyser .....	34
<b>3 Utslipp til luft .....</b>	<b>35</b>
3.1 Tidligere tilnærminger .....	35
3.2 Vår tilnærming .....	35
3.3 Verdsetting av utslipp til luft (enhetspriser) .....	35
3.4 Sjøtransport .....	41
3.5 Jernbanetransport .....	47
<b>4 Støy .....</b>	<b>50</b>
4.1 Om støy og støyplager .....	50
4.2 Verdsetting av støy .....	51
4.3 Verdsetting av støy fra jernbane .....	56
4.4 Verdsetting av støyplager fra sjøtransport .....	59
<b>5 Ulykker .....</b>	<b>61</b>
5.1 Metodisk tilnærming .....	61
5.2 Tidligere norske beregninger .....	62
5.3 Vår tilnærming .....	63

5.4	Verdsetting av ulykker .....	63
5.5	Ulykkeskostnader for sjøtransport .....	65
5.6	Ulykkeskostnader for jernbane .....	67
<b>6</b>	<b>Infrastrukturkostnader.....</b>	<b>69</b>
6.1	Tidligere tilnærminger .....	69
6.2	Vår tilnærming.....	75
6.3	Verdsetting av infrastrukturkostnader for jernbane .....	75
<b>7</b>	<b>Uhellsutslipp med miljøskader .....</b>	<b>78</b>
7.1	Tidligere tilnærminger .....	78
7.2	Vår tilnærming.....	80
7.3	Verdsetting av uhellsutslipp.....	81
7.4	Kostnader ved uhellsutslipp .....	82
<b>8</b>	<b>Samlede marginale eksterne kostnader .....</b>	<b>84</b>
8.1	Marginale eksterne kostnader ved godstransport på sjø og bane - oppsummering .....	84
8.2	Følsomhetsvurderinger for sentrale forutsetninger .....	89
8.3	Sammenligning med tidligere kostnadsanslag.....	93
<b>9</b>	<b>Eksempler.....</b>	<b>94</b>
9.1	Valg av eksempler.....	94
9.2	Hva eksemplene skal illustrere.....	94
9.3	Oppbygging av eksemplene.....	95
9.4	Marginale eksterne kostnader ved godstransport på vei.....	97
9.5	Beregninger .....	98
	<b>Referanser .....</b>	<b>104</b>
	<b>Vedlegg 1 Bakgrunnstall.....</b>	<b>109</b>

## Sammendrag og konklusjoner

*Sjøtransport av gods med større skip har lavere marginale eksterne kostnader målt i kroner per tonnkilometer enn godstransport med tog og bil. Godstransport med jernbane, særlig med elektriske tog, har lavere kostnader enn lastebiltransport. De marginale eksterne kostnadene er høyere når transporten skjer i større byer og tettsteder enn i spredtbygde strøk. Dette henger sammen med at støy og lokale utslipp til luft har høyere kostnader der det er flere mennesker som kan utsettes for negative effekter. For sjøtransport består de eksterne marginale kostnadene av lokale utslipp, klimagasser og ulykker. For jernbanetransport består de av slitasje på infrastruktur, ulykkeskostnader og støykostnader. For dieseltog kommer i tillegg kostnader ved lokale utslipp og klimagassutslipp. Det fremgår av eksempelberegninger, som er gjennomført som del av prosjektet, at der godset fraktes over lengre strekninger går transporten i all hovedsak i spredtbygde strøk. Det er derfor kostnadene i spredtbygde strøk som er avgjørende for de totale marginale eksterne kostnadene ved godstransport over lengre strekninger.*

### **Godstransport medfører eksterne kostnader for samfunnet**

Transport av gods er viktig for verdiskaping og handel. Det er et uttrykt politisk mål å legge til rette for at godstransport på vei kan overføres både til sjø og bane, blant annet fordi det antas at godstransport på sjø og bane har lavere miljøkostnader enn transport på vei.

Godstransport med skip og tog påfører imidlertid også samfunnet kostnader, blant annet ved helse- og miljøskadelige utslipp, støy, ulykker og slitasje på infrastruktur. Kostnader som transportbrukerne påfører andre uten at transportbrukeren tar hensyn til dem, kalles eksterne kostnader (eller negative eksternaliteter). Noen av disse kostnadene kan være internalisert ved hjelp av avgifter eller reguleringer, slik at brukeren tar hensyn til dem likevel, mens andre ikke er det.

### **Behov for oppdaterte tall for marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og bane**

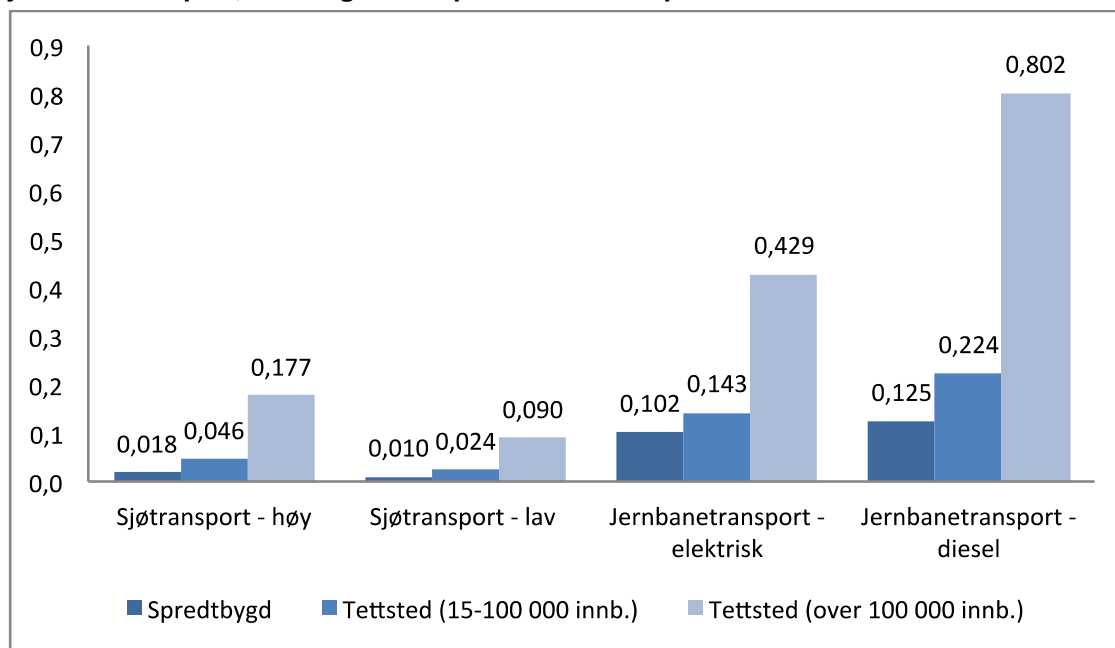
I 2014 utarbeidet TØI en rapport som beregnet marginale eksterne kostnader for godstransport på vei, mens siste rapport som oppsummerer informasjon om marginale eksterne kostnader av godstransport på sjø og bane, er fra 2003. Den foreliggende rapporten skal derfor gi en oppdatert oversikt over marginale eksterne kostnader ved godstransport på sjø og bane.

Formålet med utredningen er for det første å beregne marginale eksterne kostnader per tonnkilometer for henholdsvis sjø- og jernbanetransport. For det andre skal det beregnes marginale eksterne kostnader for hele transportkjeden for sjø og bane på to utvalgte strekninger og sammenligne med veitransport.

### **Oversikt over marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for sjø- og jernbanetransport**

Figur S.1. viser de marginale eksterne kostnadene i kroner per tonnkilometer for sjø- og jernbanetransport, for henholdsvis spredtbygde strøk, mindre og større tettsteder. Det er skilt mellom skip med henholdsvis «lave» og «høye» utslipp per tonnkilometer, i hovedsak tilsvarer det større og mindre skip. For tog er det skilt mellom elektriske tog og dieseltog.

**Figur S.1. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for sjø- og jernbanetransport, totalt og fordelt på kostnadskomponenter.**



### **Sjøtransport gir de laveste marginale eksterne kostnadene i kroner per tonnkilometer**

Det fremgår av figur S.1. at sjøtransport har de laveste marginale eksterne kostnadene i kroner per tonnkilometer. Kostnadene varierer fra ca. 1 øre for skipene med de laveste utslippene i spredtbygde strøk til knappe 20 øre for skipene med høyere utslipp i tettsteder med mer enn 100 000 innbyggere. Større skip har jevnt over lavere kostnader enn mindre skip.

Jernbane har høyere utslipp i kroner per tonnkilometer, og frakt av gods med dieseltog har høyere utslipp per tonnkilometer enn elektriske tog. Per i dag skjer ca. 17 prosent av godstogtransporten med dieseltog. For elektriske tog varierer kostnaden mellom ca. 10-40 øre per tonnkilometer, for henholdsvis spredtbygde strøk og de største byene. For dieseltog er tilsvarende kostnader mellom ca. 12 – 80 øre per tonnkilometer.

### **For sjøtransport er det lokale utslippskostnader som bidrar mest**

Tabell S.1 og S.2 viser marginale eksterne kostnader for henholdsvis skip med «høye» og «lave» utslipp for ulike geografiske områder (spredtbygd, mindre og større tettsteder).

Lokale utslipp bidrar mest, unntatt i spredtbygde strøk, og er høyere i større tettsteder enn i mindre tettsteder og i spredtbygde områder. Dessuten bidrar kostnader ved utslipp av klimagasser, ulykker og miljøskader ved uhellsutslipp.



**Tabell S.1. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på sjø med skip med «høye utslipp» (små skip) fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,010	0,010	0,010
Lokale utslipp	0,006	0,034	0,165
Støy	0,000	0,000	0,000
Ulykker (liv og helse)	0,0004	0,0004	0,0004
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,002	0,002	0,002
Infrastrukturkostnader	0,000	0,000	0,000
<b>Totalt</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,177</b>

**Tabell S.2. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på sjø med skip med «lave utslipp» (store skip) fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,005	0,005	0,005
Lokale utslipp	0,003	0,017	0,082
Støy	0,000	0,000	0,000
Ulykker (liv og helse)	0,0004	0,0004	0,0004
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,002	0,002	0,002
Infrastrukturkostnader	0,000	0,000	0,000
<b>Totalt</b>	<b>0,010</b>	<b>0,024</b>	<b>0,090</b>

### For elektriske tog er det infrastrukturkostnader, støy og ulykker som gir kostnader

Tabell S.3. og S.4. viser marginale eksterne kostnader for henholdsvis elektriske tog og dieseltog for ulike geografiske områder (spredtbygd, mindre og større tettsteder).

For jernbanetransport i spredtbygde strøk er kostnadene lave. Det er beregnet infrastrukturkostnader (slitasje) for all jernbanetransport. For tettbygde strøk kommer i tillegg støykostnader for alle tog. For dieseltog kommer også kostnader ved utslipp til luft (lokale utslipp og klimagasser) mens disse er satt til null for elektriske tog. Man kan legge merke til at støykostnadene ved togtransport i større tettsteder utgjør en vesentlig størrelse for all godstransport med tog. Det er en viss usikkerhet forbundet med fordelingen av støykostnader på ulike strøk. Det er svært få som blir berørt av støy fra jernbane utenfor tettbygde områder, og vi mener dermed det gir et riktigere bilde å anta at støykostnadene oppstår i tettbygde områder. De fleste som er utsatt for støy fra jernbane, bor i de større byene.

**Tabell S.3. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport med elektriske tog fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,000	0,000	0,000
Lokale utslipp	0,000	0,000	0,000
Støy	0,000	0,041	0,326
Ulykker (liv og helse)	0,010	0,010	0,010
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,000	0,000	0,000
Infrastrukturkostnader	0,092	0,092	0,092
<b>Totalt</b>	<b>0,102</b>	<b>0,143</b>	<b>0,429</b>

**Tabell S.4. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport med dieseltog fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,013	0,013	0,013
Lokale utslipp	0,010	0,067	0,361
Støy	0,000	0,041	0,326
Ulykker (liv og helse)	0,010	0,010	0,010
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,000	0,000	0,000
Infrastrukturkostnader	0,092	0,092	0,092
<b>Totalt</b>	<b>0,125</b>	<b>0,224</b>	<b>0,802</b>

### **Kostnadene er høyere når transporten går i større tettsteder enn i spredtbygde strøk**

Figuren og tabellene over viser tydelig at de marginale eksterne kostnadene er adskillig høyere i større byer og tettsteder enn i mindre tettsteder og særlig enn i spredtbygde strøk. Kostnader ved lokale utslipp gir utslag for alle transporttypene unntatt elektriske tog. For både dieseltog og elektriske tog er støykostnadene fordelt slik at de er adskillig høyere i byer og tettsteder.

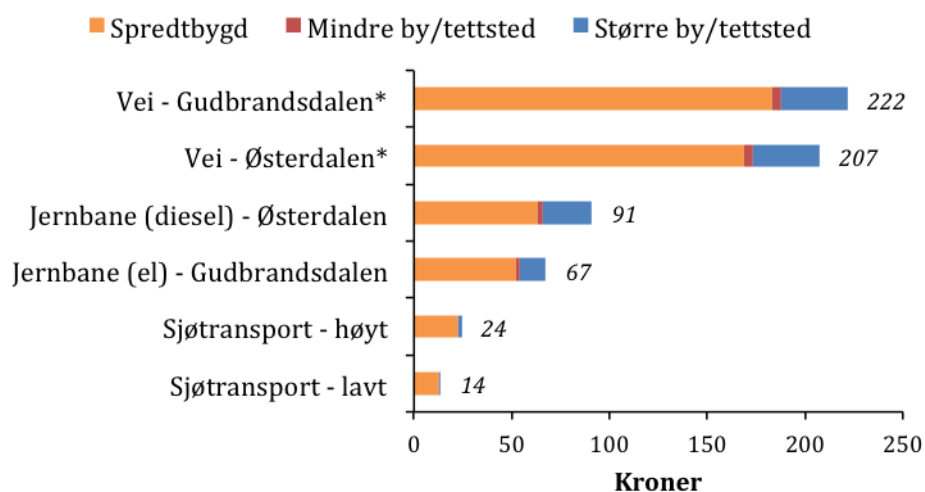
### **Det meste av transporten over lengre strekninger skjer i spredtbygde strøk**

Ved beregning av marginale eksterne kostnader for godstransport over lengre strekninger, ser man tydelig at det aller meste av transporten skjer i spredtbygde strøk, slik at det er kostnadene i disse geografiske områdene som har størst betydning for de totale marginale eksterne kostnadene. Dette gjelder særlig for sjøtransport, som bare er i tettbygde strøk når de er i eller svært nær havnene. Men også togtransport og biltransport skjer i hovedsak i spredtbygde strøk, når man ser på lengre avstander som Oslo – Trondheim og Oslo – kontinentet (riks grensen/grunnlinjen). Dette er illustrert i figur S.2. a og b, mens de nøyaktige tallene fremgår av tabell S.5. nedenfor.

Figur og tabell viser at transport av et tonn gods fra Oslo til Trondheim eller i retning kontinentet har de desidert laveste totale marginale eksterne kostnadene ved frakt på skip sammenliknet med lastebiltransport, selv når de største bilene som gir lavest kostnad per tonnkilometer benyttes. Men også jernbane kommer gunstig ut. Spesielt gjelder det for elektriske tog, som har mindre enn en tredel av lastebilens marginale eksterne kostnader på strekningen Oslo-Trondheim.

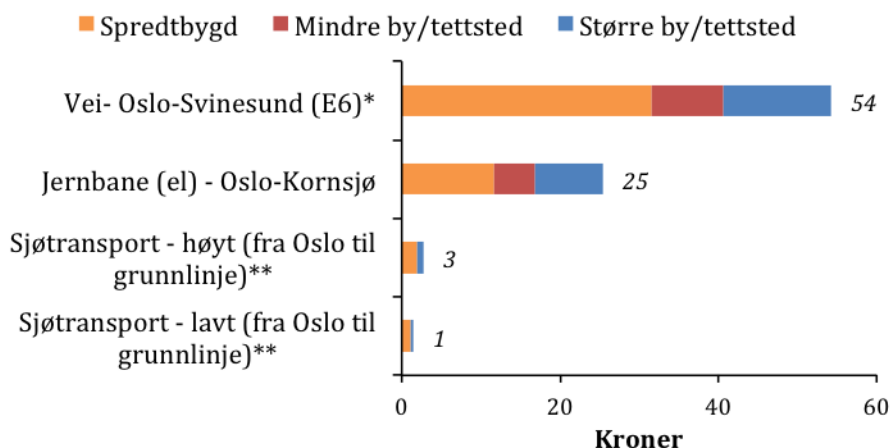
**Figur S.2. Marginale eksterne kostnader ved transport av ett tonn ekstra med ulike transportmidler for ulike strekninger. a) Oslo til Trondheim og b) Oslo – kontinentet**

**a) Oslo – Trondheim**



Sjøtransport «lavt» vil i hovedsak si transport med store skip, mens sjøtransport «høy» er transport med mindre skip.

**b) Oslo – kontinentet (retning Rotterdam; til norskegrensen/grunnlinjen)**



Sjøtransport «lavt» vil i hovedsak si transport med store skip, mens sjøtransport «høy» er transport med mindre skip.

**Tabell S.5. Oppsummering av marginale eksterne kostnader i kroner for transport av ett tonn ekstra på strekningene Oslo – Trondheim og Oslo – kontinentet (norskegrensen). 2014-kroner for ett tonn ekstra**

Transportmiddel	Total km	Spredt- bygd	Mindre by/tettsted	Større by/tettsted	Totalt
<b>Oslo-Trondheim</b>					
Vei - Gudbrandsdalen, >20tonn lastebil,	545	183,07	4,47	34,23	221,77
Vei - Østerdalen,>20tonn lastebil	505	168,68	4,47	34,23	207,39
Jernbane-el - Gudbrandsdalen	553	51,95	2,15	13,29	67,39
Jernbane -diesel- Østerdalen	550	63,37	2,68	24,87	90,93
Sjøtransport - høyt	1230	22,50	0,00	1,77	24,27
sjøtransport - lavt	1230	12,70	0,00	0,90	13,60
<b>Oslo-kontinentet</b>					
Vei-Oslo-Svinesund (E6),>20tonn lastebil	112	31,65	8,94	13,69	54,29
Jernbane - el- Oslo- Kornsjø	170	11,58	5,30	8,57	25,45
Sjø-høy- Oslo-grunnlinje- retning Rotterdam	106	1,86	0,00	0,89	2,75
Sjø-lav- Oslo-grunnlinje- retning Rotterdam	106	1,05	0,00	0,45	1,50

**Når vi inkluderer tilførselstransport til/fra togstasjon og havner endres bildet av totale marginale eksterne kostnader**

Gods som fraktes med tog og skip vil kreve transport med (mindre) lastebiler til og fra stasjon/havn. Når man legger dette til grunn, øker de totale marginale eksterne kostnadene for tog og skip. For sjøtransport vil de marginale eksterne kostnadene anslagsvis være lavere enn kostnadene ved lastebiltransport opp til ca. 40 km samlet tilførselstransport til havna. For jernbane er grensen noe lavere, ca. 25-30 kilometer samlet transport til og fra terminal/stasjon. Disse sammenligningene gjelder dersom det antas at godstransporten på vei skjer fra dør til dør. Det kan imidlertid også være aktuelt med frakt til og fra større terminaler for veitransport, der mindre lastebiler frakter gods fra opprinnelsesstedet inn til terminaler der godset overføres til de største lastebilene, og eventuelt frakt fra endeterminalen med mindre lastebiler ut til bestemmelsesstedet. I slike tilfeller er det totaltallene for lastebilfrakt som må sammenlignes med totaltallene for sjø- og banetransport. Dermed vil de totale marginale kostnadene ved veitransport øke, og antall kilometer tilførselstransport som kan «tåles» for at sjø og bane skal ha de laveste marginale eksterne kostnadene, vil øke.

**Anslagene for marginale eksterne kostnader er av samme størrelsesorden som i tidligere beregninger**

Sammenligning av våre beregninger med marginale eksterne kostnader for sjø og bane i tidligere rapporter fra 2003 og 1999, viser at de er av samme størrelsesorden når vi sammenligner våre tall for spredtbygde strøk med deres «gjennomsnittstall». Som vi har vist i eksemplene ovenfor, foregår det aller meste av godstransporten med

skip og tog i spredtbygde strøk slik at det er marginale eksterne kostnader i disse som har mest betydning for de totale marginale eksterne kostnadene.

**Noen forenklende forutsetninger er lagt til grunn**

I og med at det i våre beregninger forutsettes at det er sportilgang for jernbanetransport og tilgjengelig materiell for sjøtransport, medfører det at en del eksterne kostnader ikke er aktuelle å inkludere. Det gjelder for eksempel eksterne kostnader knyttet til naturinngrep mv. for å bygge nye spor for jernbanetransport eller havner e.l. for sjøtransport. Det er også noen potensielle marginale eksterne kostnader som ikke er inkludert, fordi grunnlaget for å anslå omfang og/eller kostnader er mangelfullt. Disse antas imidlertid å være av mindre betydning.



# 1 Innledning

## 1.1 Innledning og bakgrunn

Det er et uttrykt politisk ønske å legge til rette for at godstransport fra vei skal overføres til både sjø og bane, blant annet fordi det antas at godstransport på sjø og bane har lavere miljøkostnader enn transport på vei.

Godstransport med skip og jernbane påfører imidlertid også samfunnet kostnader blant annet ved helse- og miljøskadelige utslipp, støy, ulykker og slitasje på infrastruktur. Slike kostnader som transportbrukerne påfører andre uten at transportbrukeren tar hensyn til dem, kalles eksterne effekter. Noen av disse effektene kan være internalisert ved hjelp av avgifter eller andre virkemidler, slik at brukeren tar hensyn til dem, mens andre ikke er det.

For vei ble det i 2014 utarbeidet en rapport som beregnet marginale eksterne kostnader for godstransport (TØI 2014b), mens siste rapport som oppsummerer informasjon om marginale eksterne kostnader av godstransport på sjø og jernbane er fra 2003 (ECON 2003). Denne rapporten skal derfor gi en oppdatert oversikt over marginale eksterne kostnader ved godstransport på sjø og bane.

## 1.2 Formål og problemstillinger

Formålet med denne utredningen er for det første å beregne marginale eksterne kostnader for relevante effekter per tonnkilometer for henholdsvis sjø- og jernbanetransport, og for det andre å beregne eksterne kostnader for hele transportkjeden med henholdsvis sjø og bane, og sammenligne med veitransport.

Rapporten består av to hoveddeler:

### Del 1: Beregne marginale eksterne kostnader

Studien har beregnet marginale eksterne kostnader per tonnkilometer for ulike skipstyper og togtyper. De marginale eksterne kostnadene omfatter:

- a) *Regional og lokal luftforurensning*: Det skilles mellom svevestøv (partikler; PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), nitrogenoksider (NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>) og svoveloksider (SO<sub>2</sub>).
- b) *Støy*: Helseplager ved støy fra skip og tog, og støy i forbindelse med aktivitet på terminaler og havner drøftes, og kostnader beregnes der det er relevant..
- c) *Ulykker*: Både menneskelige og materielle skader drøftes, og det redegjøres for hvilke kostnader som anses å være interne og eksterne.
- d) *Samspillseffekter mellom eksterne effekter*: En ekstern effekt kan bli forsterket hvis den opptrer samtidig med en annen effekt slik at terskelen for registrert negativ effekt senkes til et lavere nivå.
- e) *Eventuelle andre eksterne kostnader er vurdert dersom de er relevante*. Dette kan være kø, slitasje, forurensning ved oljeutslipp, oppvirvling av sedimenter, forsøpling og arealbeslag, herunder naturmangfold.

Ved vurdering og beregning av punkt a)-e) ovenfor er følgende presiseringer og forutsetninger lagt til grunn, i tråd med konkurransegrunnlaget:

- Det forutsettes at det er tilgjengelig materiell for sjøtransport og sportilgang for jernbanetransport.
- Det er skilt mellom ulike skipstyper og togtyper, samt energikilden de bruker, herunder LNG for skip. Ved utvalgelse av tog- og skipstyper er de som kan ha konkurranseflate mot vei, prioritert. Skipstyper i innenriks og utenriks sjøfart er inkludert, men eksterne kostnader er som hovedregel begrenset til transportarbeid i norske farvann innenfor grunnlinjen.
- Fremtidige eksterne kostnader per tonnkm kan påvirkes av nyere reguleringer, noe det er tatt hensyn til i beregningene. Dette gjelder blant annet overgang til bruk av drivstoff med lavere svovelinnhold på skip.
- Utslippene av CO<sub>2</sub> er kvantifisert og inkludert i beregninger av marginale eksterne kostnader per tonnkm, men det er ikke anslått marginale eksterne kostnader spesielt for sjø og bane, fordi disse bør prises likt på tvers av sektorer og produkter.
- Eksterne kostnader er knyttet til henholdsvis i) byer med mer enn 100 000 innbyggere, ii) byer og omland med 15 000 – 100 000 innbyggere og iii) områder med spredt bebyggelse
- Det gjennomføres sensitivitetsanalyser for de forutsetningene som har størst påvirkning på resultatene.
- Alle eksterne effekter er forsøkt identifisert og drøftet, og vi vurderer hvilke som kan sies å være internalisert og hvilke som ikke er det.
- Det er benyttet både skade- og tiltakskostnader for å fastsette marginale, eksterne kostnader i prosjektet. Hvilke valg som er tatt og hvorfor, er redegjort for i rapporten.
- For å kunne beregne marginale eksterne kostnader i konkrete tilfeller, må det foreligge tilstrekkelig informasjon om ulike faktorer i beregningene; som utslippskarakteristika for skip, ulykkesdata, slitasje på jernbanenettet, støy fra terminaler og havner mv. Det er gjort en kritisk gjennomgang av tilgjengelighet og kvalitet av slik informasjon og valgt en tilnærming som er mulig gitt tilgjengelig informasjon.. Der kvaliteten ikke anses å være tilfredsstillende, har vi anbefalt en alternativ tilnærming.

## **Del 2: Beregne eksterne kostnader i to eksempler**

Studien omfatter beregning av eksterne kostnader i to eksempler. For eksemplene er det beregnet eksterne kostnader for godstransport på to strekninger. Den eksterne kostnaden ved å frakte gods fra henholdsvis Oslo til Trondheim og fra Oslo til kontinentet (norskegrensen) er beregnet under ulike forutsetninger som transportform (vei, sjø eller bane), tilførselsavstand til havn og jernbanestasjon/-terminal, osv.

Som eksempler var det ønskelig med alternativer der det er betydelige varestrømmer og der det kan være reelle konkurranseflater mellom vei og minst ett av de andre transportmidlene. Selv om prosjektet ikke har prissatt eksterne kostnader av klimagassutslipp, er disse utslippene inkludert i eksemplene.

Konkurranseflatene mellom vei og henholdsvis sjø og bane er vurdert i flere rapporter, senest i en rapport av Oslo Economics (2015). Blant annet basert på hvilke strekninger som trekkes fram med aktuelle konkurranseflater i denne rapporten, har vi sett på følgende strekninger i eksemplene:



- 1) **Oslo - Trondheim**; - med bil, versus dieseltog (Østerdalen), elektrisk tog (Gudbrandsdalen) og skip.
- 2) **Oslo – kontinentet (Rotterdam)**; med bil, versus tog (elektrisk) og skip. Eksterne marginale kostnader beregnes for strekningen innenfor Norges grenser (grunnlinjen for skipstransport).

### 1.3 Rapportens oppbygging/leserveiledning

I neste kapittel gjennomgår vi kort teori og metode som ligger til grunn for beregning av eksterne marginale kostnader ved godstransport på sjø og bane, hvordan vi har gått fram for å gjøre beregningene, samt sentrale forutsetninger for analysen.

I de påfølgende kapitlene (3-7) beregnes så de marginale eksterne kostnadene for dem som er funnet relevante og mulige å beregne. Utslipp til luft prises i kapittel 3, støy i kapittel 4, ulykker i kapittel 5, infratraktur i kapittel 6 og miljøkostnader ved uhellsutslipp til sjøs i kapittel 7.

Kapittel 8 oppsummerer beregningene, og viser beregnede totale marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og bane per tonnkilometer. Vi sammenligner også våre resultater med tidligere beregninger.

I kapittel 9 gjennomføres beregninger av eksterne marginale kostnader for de to strekningene Oslo-Trondheim og Oslo-kontinentet (til riksgrensen), og det vises hvordan resultatene påvirkes av ulike forhold og forutsetninger.

## 2 Metode, gjennomføring og viktige forutsetninger

I dette kapittelet gis først en kort beskrivelse av hva som menes med eksterne marginale kostnader, hvorfor det er viktig med kunnskap om disse, og hvordan de kan beregnes i praksis. Derneft gjennomgår vi de trinnene vi vil følge i rapporten for å beregne de relevante eksterne marginale kostnadene ved godstransport på sjø og bane. Vi omtaler også viktige begreper og forutsetninger som ligger til grunn for beregningene.

### 2.1 Eksterne marginale kostnader

#### Transportkostnader kan inndeles på flere måter

Transport av gods er viktig for verdiskaping og handel. Men godstransport på blant annet sjø og jernbane medfører også kostnader, for den enkelte transportbruker og for samfunnet som helhet. Både skip og tog gir for eksempel forurensende utslipp til luft, lager støy og er opphav til ulykker. Slike virkninger medfører ulike ressurskostnader som kan uttrykkes i kroner: helsekostnader forårsaket av luftforurensning og støy, produktivitetstap og velferdstap som følge av tapte liv og helse osv.

Kostnader for transport av gods på sjø og bane kan deles inn på flere måter, som blant annet beskrevet i ECON (2003) og TØI (2014a). Man kan skille mellom kostnader til utbygging og drift av infrastruktur, som togskinner og havner, og «andre kostnader». Vi kan dele inn i faste kostnader, som er uavhengig av bruk, og variable kostnader som varierer med bruken. Et annet skille går mellom det som kalles direkte (eller pekuniære) virkninger og indirekte virkninger. I praksis kan det være vanskelig å klassifisere de ulike kostnadselementene entydig.

#### Eksterne kostnader og internalisering

Eksterne kostnader eller negative eksternaliteter oppstår når en aktørs handlinger påfører andre aktører kostnader som aktøren selv ikke tar hensyn til i sin tilpasning. Internalisering av slike kostnader betyr at man ved hjelp av ulike virkemidler får aktøren til å ta hensyn til disse eksterne effektene. Det kan skje ved økonomiske virkemidler, for eksempel ved at man pålegger en avgift på forurensende utslipp, eller ved regulering (juridiske virkemidler) som for eksempel stiller krav til maksimalt innhold av svovel i drivstoff. Internalisering av eksterne kostnader, gjerne ved økonomiske virkemidler, anses som en effektiv måte for å gi transportbrukerne de riktige incentivene og begrense de negative eksterne effektene av transport. Dette krever imidlertid detaljerte og pålitelige anslag for de eksterne kostnadene.

For å gjøre slike beregninger, er det både nødvendig med en ryddig håndtering av hva som menes med eksterne kostnader ved transport av gods, og tilgjengelige data for å gjennomføre beregningene.

Mange kostnader ved transport er vanskelige å verdsette i kroner. Det kan både gjelde interne kostnader som reisetid og eksterne kostnader som luftforurensning og støy. For de kostnadene som er internalisert, er behovet for verdsetting mindre, fordi de «automatisk» tas hensyn til av transportøren selv.

#### Marginale kostnader og gjennomsnittskostnader

Vi skal fram til *marginale* kostnader – altså hva det koster å frakte én enhet til; ett tonn gods én kilometer ekstra. Vi er opptatt av de marginale kostnadene fordi ifølge

økonomisk teori bør prisene på varer og tjenester gjenspeile kostnadene ved å frembringe dem. Hvis noen er villige til å betale den ekstra kostnaden for å frakte én ekstra enhet, så må nytten av denne frakten være minst lik kostnaden ved å frembringe den.

De marginale kostnadene ved å transportere ett tonn ekstra gods vil variere med blant annet kapasitetsutnyttelsen på transportmiddelet. Dersom det er ledig kapasitet på toget/skipet, vil marginalkostnaden ved å ta med et ekstra tonn være nær null. Dersom det er tilnærmet full kapasitetsutnyttelse i utgangspunktet, slik at det å frakte et ekstra tonn krever et ekstra skip/tog/togvogn vil marginalkostnadene være langt høyere. De marginale kostnadene varierer således over tid, mellom transportbrukere, tidspunkt og steder, og de går ofte mot null for det siste tonnet gods på et skip eller et tog.

### **Langtids- eller korttidskostnader**

Med faste kostnader menes kostnader som er uavhengige av produksjonens størrelse, altså hvor mye gods som fraktes. Hvilke kostnader som må antas å være faste, avhenger av tidsperioden man ser på. På lang sikt vil flere kostnader være variable enn på kort sikt. En vesentlig del av kostnadene ved godstransport på tog og skip (og vei) vil være faste på kort sikt, for eksempel kostnader til infrastruktur, togmateriell, terminaler og havner.

Man kan skille mellom faste og variable kostnader. Skillet mellom kortsiktig og langsiktig er spesielt viktig og vanskelig for infrastrukturkostnader ved godstransport, mens kostnader knyttet til utslipp til luft, støy og ulykker ikke, eller i mindre grad avhenger av dette skillet.

For infrastruktur er de langsiktige marginalkostnadene kostnader ved å utvide kapasiteten, f.eks. bygge flere havner eller jernbanespor, mens de kortsiktige kapasitetskostnadene er kostnadene ved at det kommer ett skip eller ett tog ekstra på eksisterende infrastruktur. De kortsiktige kapasitetskostnadene består da i at ett ekstra tog eller skip kan redusere fremkommeligheten for øvrig transport. Det er dermed det samme som trengsels- eller køkostnader.

ECON (2003) skrev at for store deler av den transportrelaterte infrastrukturen i Norge var kapasiteten trolig større enn transportmengdene i den forstand at frakt av en ekstra enhet ikke reduserte fremkommeligheten for annen trafikk. Infrastrukturen kan da i stor grad betraktes som et fellesgode, ved at det ikke er noen samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til å bruke denne kapasiteten. Faste kostnader er ikke relevante for å vurdere tilpasninger på kort sikt. Det er de kortsiktige samfunnsøkonomiske køkostnadene som eventuelt bør prises. I kapittel 6 kommer vi tilbake til en nærmere diskusjon av håndtering av eksterne kostnader ved infrastruktur. Som i ECON (2003) har vi sett bort fra kapasitetsbegrensninger.

### **Top down og bottom-up og muligheter for å fremskaffe marginale kostnader ved disse tilnærmingene**

Enten man ser på kostnader på kort eller lang sikt, ender man i praksis ofte opp med å benytte gjennomsnittskostnader som tilnærming til de marginale kostnadene. Derved forutsetter man egentlig at de gjennomsnittlige kostnadene er konstante. Hvor stor feil

som gjøres ved denne forutsetningen, varierer mellom ulike eksterne effekter. For noen vil feilen trolig være liten og neglisjerbar, for andre vil feilen være betydelig<sup>1</sup>.

For å anslå de marginale kostnadene knyttet til utslipp til luft og støy, benytter vi en tilnærmet «bottom up»-tilnærming ved at vi tar utgangspunkt i utslipp per kilometer for de enkelte transportmidlene, omregner dette til utslipp per tonnkilometer og verdsetter skadene av dette ut fra marginale skadekostnadsfunksjoner (dose-responsfunksjoner) uttrykt i kroner per enhet utslipp. Bak disse trinnene ligger det imidlertid også noen gjennomsnittsbetraktninger knyttet til for eksempel utslipp per tonnkm, som varierer med blant annet kapasitetsutnyttelsen. I skadekostnadene kan den marginale effekten være konstant over et visst intervall.

For de marginale kostnadene ved uhellsutslipp til vann, benyttes de foreløpige resultatene fra en verdsetningsundersøkelse av hva folk er villige til å betale for å unngå slike utslipp fra skip (Vista Analyse 2015b). Marginalkostnaden er her knyttet til å unngå ett slikt utslipp, og dette beregnes til kostnad per tonnkm ut fra bl.a. sannsynligheten for et slikt utslipp og forutsetninger om kapasitetsutnyttelse. Dermed ligger det også her elementer av gjennomsnittsbetraktninger i verdsettingen, men dette antas å ha mindre betydning for resultatene.

De marginale ulykkeskostnadene tar utgangspunkt i en «bottom up»-tilnærming ved at vi ser på anslag (gjennomsnittskostnader) for en ulykke knyttet til tog/sjøtransport (kostnader ved dødsfall, menneskelige og materielle skader) og relaterer dette til antall tonnkm gjennom bl.a. å beregne sannsynligheten for en ulykke. Dette antas å være en relativt god tilnærming til å anslå de reelle, marginale kostnadene, selv om den i stor grad bygger på gjennomsnittskostnader.

Når vi anslår de marginale kostnadene ved slitasje på infrastrukturen (i praksis bare for tog), tar vi utgangspunkt i en «top down»-tilnærming knyttet til faktiske vedlikeholdskostnader på sporet, og fordeler disse på antall bruttotonnkilometer med henholdsvis gods- og passasjertog. Faktiske vedlikeholdsutgifter kan avhenge av en rekke faktorer som kan være lite relatert til de marginale kostnadene ved å kjøre ett tog/ett tonn gods ekstra på sporet, og vil bl.a. kunne inneholde en rekke elementer av faste kostnader. Det kan her derfor ligge betydelige feil i anslagene<sup>2</sup>.

Marginale eksterne kostnader vil variere over tid som følge av endringer i utslipp, konsentrasjoner og teknologi, for eksempel sikkerhetsteknologi i kjøretøy. De kan også endre seg som følge av endringer i befolkningskonsentrasjonene, slik at færre eller flere blir utsatt for påvirkningene. Endelig vil de endre seg som følge av inntektsutviklingen i samfunnet, slik Finansdepartementet (2014) påpeker.

## 2.2 Hovedtilnærming – trinn i gjennomføring

For å kunne beregne marginale eksterne kostnader per tonnkilometer er det nødvendig med informasjon om verdi (enhetspris) og omfang (antall enheter) av de relevante eksterne effektene. I tillegg må man velge ut hvilke tog- og skipstyper (samt

---

<sup>1</sup> De vil for eksempel være vesentlig for køkostnader på vei, men det er ikke tema i denne rapporten, og som det fremgår av forutsetningene, vil vi ikke se på eventuelle køkostnader for skip og tog.

<sup>2</sup> Det er flere variable som vil gi ulike marginalkostnader for forskjellige strekninger ved transport på jernbane. Faktorer som for eksempel kurvatur og stigning vil ha stor betydning på marginen for slitasje ved økt transportmengde.

drivstofftyper/energikilder) eksterne kostnader skal beregnes for. Man må også kjenne hvor mye og hvor langt de ulike tog- og skipstypene frakter gods (transportarbeidet) for å kunne beregne eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer.

Vi har derfor gjennomført følgende trinn:

- i. Vurdering og utvelgelse av skip- og togtyper, samt drivstoff/energikilder for de aktuelle skip- og togtypene (jf. kapittel 2.3.)
- ii. Vurdering av hvilke eksterne effekter som er relevante for de valgte tog- og skipstypene, og hvilke av disse som kan beregnes per tonnkilometer og eventuelt i eksempler, og hvilke som bare kan vurderes og omtales kvalitativt (jf. kapittel 2.4. og 2.5.).
- iii. Vurdering og beregning av omfang av de eksterne effektene (hvor store utslipp, hvor mange ulykker, hvor mange utsatt for/plaget av støy av ulike nivåer, etc.) (beskrives og vurderes for hver enkelt ekstern effekt i de respektive kapitler 3-7.).
- iv. Verdsetting i kroner per enhet (det vil si kroner per kg utslipp av forurensende utslipp, kroner per ulykke, kroner per støyutsatt, etc.), eventuelt avhengig av hvor og når utslippet eller påvirkningen skjer (jf. kapittel 2.6.).
- v. Vurdering og beregning av hvor mye som fraktes med skip og tog for å kunne beregne ekstern kostnad per tonnkilometer (jf. kapittel 2.7.).
- vi. Gjennomføring av oppfølgende analyser og vurderinger, herunder sensitivitetsanalyser (jf. kapittel 8).

Vi har i prosjektet tilstrebet konsistens mellom beregninger for sjø og bane, og i størst mulig grad med beregningene av marginale eksterne kostnader for veitrafikk (TØI 2014b) for best mulig samsvar på tvers av transportformer. Vi har også tatt utgangspunkt i den forstudien Samferdselsdepartementet fikk utarbeidet for beregning av marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og bane (TØI 2014a).

## **2.3 Valg av skips- og togtyper, samt drivstoff og energikilder for disse**

### **2.3.1 Generelt**

Både for sjø- og jernbanetransport er hovedpoenget å inkludere det antall skips- og togtyper, og tilhørende drivstoff/energikilder, som muliggjør analyser av ulike slag, samtidig som antallet må være håndterlig både i vår studie og ved senere bruk. I tidligere studier av marginale kostnader ved ulike transportformer har man skilt mellom godstog (elektriske og dieseltog) og «godsåter» (ECON 2003; TØI 1999). I denne rapporten ønsker vi å vurdere om det er grunn til å differensiere noe mer, særlig for skip. Skip er inndelt i kategorier etter lastetyper de frakter og størrelser.

### **2.3.2 Sjøtransport: Valg av skips kategorier, drivstoff og reguleringer for beregning av eksterne kostnader**

#### **Skipskategorier og –størrelser**

Vi tar utgangspunkt i Havbase ([www.havbase.no](http://www.havbase.no)) som deler inn og gir trafikkdata for følgende skipskategorier: oljetankere, kjemikalie-/produkttankere, gasstankere, bulk-skip, stykkgodsskip, containerskip, Ro-ro-lasteskip, kjøle-/fryseskip, samt passasjerskip, fiskefartøy og «andre/ukjente», se tabell 2.1. Passasjerskip og fiskefartøy inkluderes ikke i vår analyse fordi de ikke, eller i liten grad, frakter gods. Det samme gjelder «andre-offshore serviceskip» og «andre aktiviteter».

De skipstypene som inkluderes i beregningene er skips kategorier nummerert fra 1-8, samt 10 (mens kategori 11 er med i noen oversiktstabeller der det sammenlignes med havnestatistikk som inkluderer denne kategorien).

Det er særlig utslipp til luft der det potensielt kan være betydelige forskjeller i eksterne marginale kostnader per tonnkilometer for ulike skips kategorier og –størrelser. DNV-GL (2014b) gir oversikt over drivstoffbruk og utseilt distanse osv. fordelt på disse kategoriene og størrelsene, og vi vil benytte denne detaljerte informasjonen i beregningene. Vi vil deretter vurdere om vi kan slå sammen skips kategorier og -størrelser som har tilnærmet like eksterne marginale kostnader. Dette kommer vi tilbake til etter vurdering av eksterne marginale kostnader ved utslipp til luft i kapittel 3.

**Tabell 2.1. Oversikt over skips kategorier og –størrelser.**

Skipstyper (i)	Størrelsekategorier (k) (bruttotonnasje, BT)
1. Oljetankere	
2. Kjemikalie-/produkttankere	
3. Gasstankere	
4. Bulkskip	< 1000 BT
5. Stykkgodsskip	1000 – 5000 BT
6. Containerskip	5000 – 10000 BT
7. Ro-ro-lasteskip	10000 – 25000 BT
8. Kjøle-/fryseskip	25000 – 50000 BT
9. Passasjerskip	50000 – 100000 BT
10. Offshore supplyskip	≥100000 BT
11. Andre offshore serviceskip	
12. Andre aktiviteter	
13. Fiskefartøy	
Udefinerte, små skip	

Kilde: DNV-GL (2014b) og www.havbase.no

### Drivstofftyper

Vi har beregnet eksterne marginale kostnader for de drivstofftypene som brukes for ulike skips kategorier og -størrelser i dag, det vil si ulike varianter av lette<sup>3</sup> og tunge produkter. I tillegg har vi vurdert utslipp ved bruk av LNG (Liquefied Natural Gas). Per i dag er LNG lite utbredt på skip i norske farvann<sup>4</sup>, men dette drivstoffet kan være aktuelt å bruke på alle skips kategorier- og størrelser, og vil bli mer aktuelt når utslippskravene til skip skjerpes.

### 2.3.3 Valg av togtyper og energikilder for beregning av eksterne kostnader

Det viktigste skillet for togtransport går mellom elektriske og dieseldrevne tog. Det aller meste av togtrafikken i Norge er drevet av elektrisk kraft.

<sup>3</sup> «Lette produkter»: Marin gassolje (MGO), marin diesololje (MDO), lettolje. «Tunge produkter»: Tunge destillater, tungolje.

<sup>4</sup> En oversikt for 2013 viste totalt 40 skip med LNG, hvorav 14 drev med godsfrakt mens de fleste (22) var passasjerskip (DNV-GL 2014a; 1669, tabell 5-2)

I litteratur om beregning av eksterne marginale kostnader fra togtransport, opereres det i all hovedsak med to «typer»; nemlig elektriske tog og dieseltog. Dette er gjort i de foregående studiene som beregnet eksterne marginale kostnader for ulike transportfomer i Norge (ECON 2003; TØI 1999). Spesielt i Norge er dette en rimelig inndeling, gitt at mer enn 80 prosent av godstransporten skjer med elektriske tog. Også i internasjonal litteratur synes det som om man i all hovedsak opererer kun med disse to kategoriene (jf. for eksempel Ricardo-AEA 2015).

Vi har derfor delt inn i togtypene elektriske tog og dieseltog i denne rapporten.

## 2.4 Vurdering av relevante eksterne kostnader

### 2.4.1 Det store bildet – aktuelle eksterne kostnader fra sjø- og jernbanetransport

Med utgangspunkt blant annet i forstudien for dette prosjektet (TØI 2014a) har vi identifisert en rekke potensielle eksterne effekter av sjø- og jernbanetransport.

De antatt viktigste er utslipp av klimagasser og andre utslipp til luft, ulykker, samt eventuelt støy, infrastrukturkostnader og miljøkostnader ved oljeutslipp fra uhellshendelser med skip. Disse effektene, som er dem vi mener bør prissettes, er satt opp i tabell 2.2. i kapittel 2.4.2.

Det er imidlertid også flere andre eksterne effekter forbundet med sjø- og banetransport. Det er eksterne kostnader ved oppvirvling av sedimenter, spredning av fremmede arter, forsøpling og arealbeslag, med tilhørende virkninger på naturmangfold. Skipstransport skaper støy og vibrasjoner, som ikke bare påvirker folk, men også livet i havet. Jernbanedrift medfører en rekke dyrepåkjørslser hvert år.

Forurensning ved oljeutslipp kan sees som en del av ulykkeskostnadene, fordi uhellshendelser i tillegg til skade på liv og helse, og materiell, også kan medføre miljøskader. Denne virkningen tar vi sikte på å inkludere blant de prissette virkningene.

De øvrige miljøeffektene, det vil si spredning av fremmede arter, oppvirvling av sedimenter, forsøpling og arealbeslag, vurderer vi at det ikke er aktuelt å beregne kostnader for i dette prosjektet. Spredning av fremmede arter blant annet ved sjøtransport kan ha betydelige kostnader, noe som nylig ble vist ved beregning av samfunnsøkonomiske kostnader ved fremmede arter i Norge (Vista Analyse 2015c). Grunnlaget for å tallfeste slike effekter og kostnader, fordelt på transporttytelser, er imidlertid for mangelfullt til at slike kostnader kan inkluderes. Det samme gjelder effekter på livet i havet av vibrasjoner og støy fra sjøtransport. Dette har blitt reist som en problemstilling blant annet i norske forvaltningsplaner for havområdene, men man har kommet såpass kort i å beskrive, kvantifisere og vurdere slike effekter, at det ikke kan inkluderes i våre økonomiske beregninger.

For jernbanetransport er dyrepåkjørslser en negativ virkning, og det finnes statistikk for antall dyr av ulike arter (ville dyr og husdyr) som blir påkjørt hvert år. Som vi kommer til under beskrivelsen av ulykkeskostnader, antas de materielle kostnadene ved ulykker internalisert, og det ville da være eventuelle kostnader for dyrebstanden som sådan som skulle inkluderes. Dette ville være en utfordrende oppgave, og kostnadene ville antagelig være relativt beskjedne per tonnkilometer. Slike kostnader er heller ikke inkludert for veitransport, og tas ikke med i beregningene her.

I og med at det i våre beregninger forutsettes at det er sportilgang for jernbanetransport og tilgjengelig materiell for sjøtransport, er det ikke aktuelt å inkludere

eksterne kostnader knyttet til naturinngrep mv. for å bygge nye spor for jernbanetransport eller havner e.l. for sjøtransport.

For sjøtransport er det vurdert som lite aktuelt med kø og slitasje, selv om det kan være for liten kapasitet i noen havner, slik at skip må vente, eller gå til andre havner (se bl.a. TØI 2014a; ECON 2003, Hjelle 2006).

For jernbanetransport kunne det i prinsippet være aktuelt å inkludere eksterne marginale kostnader både ved kø/forsinkelser og infrastrukturkostnader (slitasje), men bare infrastrukturkostnader er inkludert. Som dokumentert i forstudien (TØI 2014a), er det imidlertid vanskelig å finne klare sammenhenger mellom mer transport på jernbane og økte forsinkelser (selv om noen studier har vist slike sammenhenger). Vi har derfor ikke inkludert slike forsinkelseskostnader i beregningene. Hva som bør inkluderes av infrastrukturkostnader ved sjø- og jernbanetransport diskuteres nærmere i kapittel 6.

#### **2.4.2 Eksterne marginale kostnader vi beregner**

I tabell 2.2 har vi oppsummert hvilke eksterne marginale kostnader som er relevante å inkludere i beregninger for godstransport med skip og tog. For tog har vi skilt mellom dieseltog og elektriske tog fordi det er betydelig forskjell i hvilke effekter som er relevante.

Vi skiller videre mellom eksterne marginale kostnader vi skal regne på i form av generelle kostnader per tonnkilometer, og dem vi skal regne på eller vurdere for terminaler og havner, som ikke inngår i de generelle kostnadene, men eventuelt kan knyttes til konkrete terminaler/havner i eksemplene.

De kostnadene vi inkluderer i de generelle kostnadsberegningene (i form av kroner per tonnkilometer) for sjøtransport er: klimagasser, utslipp til luft (nitrogenoksider, svevestøv og svoveldioksid), samt ulykker (liv og helse og eventuelt materielle skader), samt miljøskader ved uhellshendelser. Infrastrukturkostnader har vært mye diskutert i den senere tid, ikke minst infrastrukturkostnader ved sjøtransport. Vi har derfor vurdert nærmere om slike kostnader bør inkluderes (se kapittel 6), men kommer til at vi ikke inkluderer infrastrukturkostnader som eksterne marginale kostnader ved sjøtransport. Støy fra sjøtransport anses bare å være aktuelt å inkludere fra havner, og det vurderes nærmere i eksemplene om slike støykostnader bør inkluderes.

For dieseltog inkluderer utslipp av klimagasser og utslipp til luft, samt støy, i tillegg til ulykker (virkninger på liv og helse og eventuelt materielle skader), samt infrastrukturkostnader. Vi kommer i kapittel 6 tilbake til hvorfor infrastrukturkostnader (i form av slitasjekostnader) anses relevante å inkludere for togtransport (og veitransport), men ikke for sjøtransport. For elektriske tog faller utslipp av klimagasser og andre utslipp til luft bort (med mulig unntak av kobber fra slitasje på elektrisitetsledningen), mens ulykkeskostnader, infrastrukturkostnader og støykostnader gjenstår. Eventuelle andre kostnader for eksempel kostnader til terminaldrift inkluderer ikke, men det ble gjort en vurdering av om de kunne inkluderes i eksemplene.



Tabell 2.2. Eksterne marginale kostnader som beregnes for skip og tog.

	Sjøtransport	Jernbanetransport	
		Diesel	Elektrisk
<b>Klimagasser</b>	CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	0
<b>Utslipp til luft</b>	NO <sub>x</sub> PM SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> PM	0
<b>Støy</b>	(I havner)	Langs jernbanen (+ eventuelt ved terminaler)	
<b>Ulykker</b>	Liv og helse, materielle skader	Liv og helse, materielle skader	
<b>Andre</b>	Uhellshendelser med miljøutslipp (Infrastrukturkostnader)	Infrastrukturkostnader (slitasjekostnader)	

### 2.4.3 Håndtering av internaliserte, eksterne variable kostnader

Vi skal beregne eksterne marginale kostnader, det vil si marginale kostnader som ikke er internalisert gjennom avgifter e.l. I samråd med oppdragsgiver har vi tolket dette slik at vi:

- Beregner alle kostnader ved utslipp til luft som eksterne (selv om det kan være avgifter for eksempel på drivstoff som skal dekke noen av disse eksterne utslippskostnadene) (jf. kapittel 3).
- Beregner alle kostnader knyttet til jernbanestøy langs sporene som eksterne, mens vi regner eventuelle støykostnader ombord på tog og skip som internaliserte kostnader som vi ikke regner på (jf. kapittel 4).
- Beregner en del av ulykkeskostnadene som eksterne og en del som internaliserte. Vi har tatt utgangspunkt i at de rapporterte drepte og skadde fra jernbane og sjøtransport er eksterne mens øvrige ulykker er internalisert (jf. kapittel 5).
- Beregner deler av infrastrukturkostnadene (vedlikehold og slitasje) ved jernbanedrift som marginale og eksterne (jf. kapittel 6).

## 2.5 Vurdering av samspillseffekter

En ekstern effekt kan bli forsterket hvis den opptrer samtidig med en annen effekt. Vi har vurdert dette, og om det er ønskelig og eventuelt mulig å bringe slike samspillseffekter inn i beregningene av marginale eksterne kostnader for sjø- og banetransport av gods.

Det er kjent at det kan være samspillseffekter mellom ulike forurensningskomponenter, særlig de lokale luftforurensningene nitrogenoksider og svevestøv (se for eksempel Folkehelseinstituttet 2013; [www.miljostatus.no](http://www.miljostatus.no)). Internasjonalt brukes begrepet «hot spots» om byområder og eventuelt andre områder hardt rammet av forurensing av ulike typer.

Forurensingsnivåene i norske havnebyer er betydelig lavere enn før slik at samspillseffekter i forbindelse med havneutslipp vil være begrenset. Det samme gjelder i enda større grad utslipp til havs. Det kan imidlertid være noen samspillseffekter i havneområder i de større byene som har betydelige forurensningsproblemer, spesielt der havneområdet ligger sentralt i byen.

Det er også kjent at lokal luftforurensning og støy kan samvirke, og det kan til dels være vanskelig å skille plager av luftforurensning, støy og andre «nærføringseffekter» som følger med trafikk med ulike transportmidler, kanskje aller vanskeligst for veitrafikk. Det er mindre grunn til å anta slike samspillseffekter for støy og luftforurensning for sjøtransport enn for veitransport, da støy fra sjøtransport antas knyttet til havner, ikke til øvrig sjøtransport. Det vil si at slike samspillseffekter eventuelt vil oppstå i en del havner i større byer, på samme måte som omtalt for ulike lokale luftforurensningskomponenter ovenfor. Transport med jernbane medfører støy langs sporene, selv om antall berørte av støy fra jernbane er en brøkdel av antall berørte av veitrafikkstøy. I og med at det kun er dieseltog som antas å ha utslipp av lokal forurensning, blir imidlertid samspillseffektene også mindre aktuelle for jernbane.

Vi har derfor ikke inkludert slike samspillseffekter i denne rapporten. Vi vurderer det slik at det er mindre forekomst og dermed mindre grunn til å inkludere samspillseffekter for sjø- og togtransport enn for veitransport, der samspillseffekter for øvrig heller ikke er inkludert i beregningene (TØI 2014b).

## 2.6 Metoder for verdsetting av marginale eksterne kostnader

Verdsetting av marginale, eksterne kostnader ved miljøpåvirkninger (utslipp og støy), ulykker mv., går ut på å finne samfunnets betalingsvillighet for å unngå disse negative virkningene, regnet per enhet utslipp, støy, ulykke osv. (enhetspriser).

I dette prosjektet var det ikke rom for å gjennomføre nye primærstudier for verdsetting av ulike eksterne kostnader. Det er likevel viktig å ha kjennskap til hva som ligger til grunn for de verdiene («prisene») som benyttes i analysen, slik at de tolkes og brukes korrekt. Vi vil derfor gi en kort beskrivelse av ulike verdsettingsmetoder.

### Betinget verdsettingsmetoden og benefit transfer

I mangel av markeder for goder som kunne gi indikasjoner på betalingsvilligheten er man henvist til å benytte andre fremgangsmåter for å avdekke den. En mulighet er gjennom en *betinget verdsettingsundersøkelse* å spørre et utvalg personer om hvor mye de er villige til å betale for å unngå de negative virkningene, slik det for eksempel ble gjort for å verdsette tapt levetid (verdien av statistisk liv) i Magnussen m.fl. (2010a) og for tiden gjøres i et prosjekt for Kystverket der man ved hjelp av spørreundersøkelser kartlegger folks betalingsvillighet for å unngå miljøskader av oljeutslipp fra skip (Vista Analyse 2015b). Slike primærundersøkelser er relativt tidkrevende og kostbare å gjennomføre, slik at man i praksis ofte må finne andre måter å søke å avdekke betalingsvilligheten på. Resultater fra tidligere norske eller utenlandske betalingsvillighetsundersøkelser kan benyttes dersom de er relevante, ved bruk av det som kalles benefit transfer (nytte-overføring), eller value transfer (verdi-overføring).

### Hedoniske metoder

En annen fremgangsmåte er å avdekke hva man faktisk har betalt for å unngå liknende miljøpåvirkninger i andre sammenhenger, både i Norge og i andre land. Dette kan dreie seg om hvor mye man investerer i avbøtende tiltak, forskjeller i boligpriser mellom områder som kan gjenspeile forskjeller i ulemper f.eks. fra støy o.l. Ved bruk av slike såkalte *hedoniske metoder* er det viktig å vurdere nøye om anslagene er overførbare fra den sektoren/settingen dataene hentes fra, kanskje spesielt dersom de hentes fra utlandet.

### Skadekostnadsmetoden

For verdsetting av helseskader fra forurensning, særlig luftforurensning, benyttes ofte den såkalte *skadekostnadsmetoden*. Denne inneholder følgende trinn: i) Identifisere og

beskrive skadevirkningene, ii) kvantifisere dem i fysiske enheter så langt som mulig og iii) prissette dem så langt som mulig.

Man starter da i trinn i) med å måle eller alternativt beregne utslippene fra enkelte kilder. Deretter kan en benytte spredningsmodeller for å beregne eksponeringen for luftforurensning i ulike geografiske områder, målt for eksempel som konsentrasjoner av svevestøv eller NO<sub>x</sub>. I trinn ii) kan en ved hjelp av såkalte eksponerings-responsmodeller beregne sammenhengen mellom luftforurensningsnivåene og helseeffekter i form av økt hyppighet av sykdommer, økt dødelighet i form av antall tilfeller prematur død eller tapte leveår. I trinn iii) kan disse effektene verdsettes ved hjelp av verdien av et statistisk liv (VSL), eller eventuelt verdien av et leveår (VOLY). I og med at Finansdepartementet i sitt rundskriv R-109/2014 anbefaler bruk av VSL med en sektorovergripende standardverdi for VSL på 30 millioner 2012-kroner (med realprisjustering), er det naturlig å bruke denne verdien ved verdsetting av prematur død.

Denne fremgangsmåten er benyttet i oppdateringen av de marginale eksterne kostnadene ved veitrafikk (TØI 2014b). TØI bygger i sin analyse på verdsettings-estimatene i Magnussen m.fl. (2010a), oppdatert med anbefalt VSL-verdi i Finansdepartementet (2014).

### **Tiltakskostnader**

En annen fremgangsmåte er verdsetting ut fra *tiltakskostnader* for å redusere utslipp, eller ulykker for å oppnå visse mål knyttet til miljøpåvirkningen (som utslipp til luft, og støy). Tiltakskostnader er en mindre teoretisk korrekt tilnærming til å beregne verdien av miljøvirkninger, men relativt mye brukt, først og fremst hvis man ikke har muligheter til å finne/beregne miljøskaden og verdien av denne innenfor rimelige ressursrammer.

## **2.7. Godstransport på sjø og bane**

### **2.7.1. Måling av transportytelser – begreper**

#### **Trafikkarbeid, transportarbeid og transportkapasitet**

For å kunne beregne eksterne kostnader er det nødvendig med tall for transportytelser eller transportomfang. Det vil si trafikkarbeid (kjøretøy/fartøyskilometer), transportarbeid (tonnkilometer) og tilhørende transportkapasitet for de aktuelle transportmidlene.

Transportarbeid eller transportytelser for godstransport måles ofte i tonnkilometer. Med det menes produktet av reiselengde (målt i kilometer) og godsmengde transportert (målt i tonn)<sup>5</sup>.

Tonnkilometer kan oppgis som bruttotonnkilometer som inkluderer gods og vekten av kjøretøymateriellet (for eksempel lokomotiv og vogner), og tar dermed hensyn til kapasitetsutnyttelse (TØI 1995). Man kan for eksempel tenke seg at støy, energiforbruk, ulykkesfrekvens etc. er avhengige av den totale vekten, og dermed utnyttelsesgrad, og ikke bare transportert mengde gods<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> <http://www.vegvesen.no/Fag/Trafikk/Nokkeltall+transport/Definisjoner>

<sup>6</sup> [https://trv.jbv.no/energiavregning/Tariffer\\_for\\_energiforbruk\\_per\\_bruttotonnkilometer](https://trv.jbv.no/energiavregning/Tariffer_for_energiforbruk_per_bruttotonnkilometer)

Nettotonnkilometer inkluderer derimot ikke vekten av toget, og er dermed mindre presist for eksempel for energiforbruk per enhet, ettersom det er naturlig å anta at dette varierer med utnyttelsesgrad. Energiforbruk per nettotonnkilometer vil inkludere en antakelse om gjennomsnittlig utnyttelsesgrad, så hvis man ønsker å si noe om hvordan marginale eksterne kostnader varierer med utnyttelsesgrad trenger man informasjon om energiforbruk per bruttotonnkilometer<sup>7</sup>.

Et annet begrep som benyttes for å måle trafikkarbeid er togkilometer som er produktet av reiselengde (i kilometer) og antall tog.

### **Sjøtransport: Bruttotonnasje og dødvekttonn**

I sjøtransport er bruttotonnasje og dødvekttonn sentrale begrep ved vurdering av last og transportarbeid, i tillegg benyttes begrepet utseilt distanse som mål på trafikkarbeidet (fartøykilometer).

Bruttotonn (BT) (bruttotonnasje) er et mål for *volumet* av alle benyttede, innelukkede rom i et fartøy etter Skipsmålingskonvensjonen av 1969. Bruttotonn og bruttotonnasje har ingenting med skipets vekt, lasteevne eller kilo å gjøre, men er et volummål.

Dødvekttonn (Dead Weight Tonnes, DWT) er den totale vekten et skip kan bære av last, drivstoff, forsyninger, besetning og passasjerer.

Det er verdt å merke seg at DWT er større enn den kapasiteten et skip har til å frakte nyttelast fordi DWT i tillegg til last, inkluderer vekten av drivstoff, besetning, forsyninger (og eventuelt passasjerer). Lastekapasitetens andel av DWT varierer blant annet med type skip, og med hvor fulle drivstofftankene er, men ligger normalt mellom 90 og 97 prosent.

## **2.7.2. Transportytelser for sjø og bane i tidligere rapporter**

### **Transportytelser i tidligere rapporter om eksterne marginale kostnader ved sjø- og banetransport (TØI 1999 og ECON 2003)**

Som i foregående rapporter om marginale eksterne kostnader ved ulike transportformer, ønsker vi at transportytelsene i størst mulig grad skal reflektere omfang av transportaktivitet innenfor Norges grenser. I tidligere studier (ECON 2003, TØI 1999) er det gjort en del tilpasninger som at noen typer transportmidler med svært lite transportomfang ikke er inkludert. For veitransport og jernbanetransport har man tatt sikte på å inkludere all transport innenfor rikets grenser, det vil si også den delen av internasjonale transporten som foregår på norsk jord. For sjøtransport har man bare valgt å inkludere innenlandske transporten, det vil si transporten med startpunkt og endepunkt i Norge. I både TØI (1999) og ECON (2003) ble det lagt vekt på å få fram en detaljert inndeling av veitransporten. For de øvrige transportmidlene er inndelingen holdt på et aggregert nivå, med den begrunnelse at interessen for detaljert inndeling av tallene for veisektoren har vært langt større enn for de øvrige sektorene (TØI 1999).

---

<sup>7</sup> For containere oppgis nettotonn som vekten av godset som fraktes, inkludert vekten av containeren. Vi har ikke funnet grunn til å korrigere for dette.

**Marginale eksterne kostnader for veitrafikk (TØI 2014b)**

I TØI (2014b) oppgis hovedsakelig eksterne kostnader per kjøretøykilometer, men i deres tabell S4 og 4.2.4 oppgis marginale eksterne kostnader per kjøretøykilometer og tonnkilometer for godstransport på vei i Norge uten klimaeffekter etter vektklasse.

TØI oppgir at tallene per tonnkilometer er beregnet ved å dele kostnadene per kjøretøykilometer med antall tonn nyttelast. Med nyttelast menes den vekt som fremkommer som differansen mellom tillatt totalvekt og summen av kjøretøyets egenvekt og fører (75kg).

**2.7.3. Godsmengder og tonnkilometer i innenlandsk transport på sjø, bane og vei**

Ifølge offisiell statistikk fraktes omtrent 507 millioner tonn gods på det innenlandske markedet i 2014 (ssb.no). Herav utgjorde det som kalles fastlandstransport (men som inkluderer sjøtransport) 403 millioner tonn mens transport fra norsk kontinentalsokkel til fastlandet stod for 104 millioner tonn. Veitransport stod for 306 millioner tonn, sjøtransport for 88 millioner tonn mens jernbanen fraktet 9 millioner tonn, og lufttransporten fraktet svært lite (ssb.no).

Ser vi på godstransport målt i tonnkilometer, altså tar i betraktning hvor langt godset fraktes, utgjorde innenlandsk godstransport totalt cirka 65 milliarder tonnkilometer, herav fastlandstransport cirka 37,5 og transport fra norsk kontinentalsokkel til fastlandet cirka 27 milliarder tonnkm. Veitransporten stod for nesten 20 milliarder tonnkilometer, sjøtransport for vel 15 mens jernbanen stod for cirka 2,3 milliarder tonnkilometer. Veitransport utgjør en lavere andel av transportarbeidet målt i tonnkilometer enn målt i mengde (tonn) fraktet, fordi gods som fraktes på sjø og bane i gjennomsnitt transporteres lenger enn gods som fraktes på vei, se tabell 2.3.

**Tabell 2.3. Innenlandsk godstransport i 2014, målt i tonn og tonnkilometer, totalt og fordelt på transportform.**

	Millioner tonn	Prosent av tonn fastlandstransport	Millioner tonnkilometer	Prosent av tonnkilometer fastlandstransport
<b>Godstransport i alt</b>	507		64 896	
<b>Fastlandstransport i alt</b>	403	100	37 534	100
<b>Veitransport</b>	306	76	19 867	53
<b>Sjøtransport</b>	88	22	15 320	41
<b>Jernbanetransport</b>	9	2	2 331	6

Kilde: Vista Analyse; tall hentet fra [ssb.no/statistikkdatabanken](http://ssb.no/statistikkdatabanken).

Dagens offisielle statistikk for godstransport og utvikling i denne er noe mangelfull, særlig for sjøtransport, og det er reist spørsmål om det er en underrapportering av sjøtransporten (se blant annet TØI 2014c). Vi kommer tilbake til ulike beregninger for transportytelser innen sjøtransport i kapittel 2.7.4. – 2.7.6.

#### 2.7.4. Godstransport på sjø

##### Godsmengder og tonnkilometer basert på havnestatistikk

TØI (2014c) presenterer korrigerede beregninger av innenriks transportytelser for skip i norske farvann basert på grunnlagsdata fra SSBs kvartalsvise havnestatistikk. Formålet med deres beregninger var å undersøke om de nasjonale transportytelsene<sup>8</sup> underestimerer transportarbeidet for sjøtransport.

TØI (2014c) benyttet grunnlagsdata fra SSBs kvartalsvise havnestatistikk for 2011 og 2012 i sine anslag for utført transportarbeid med skip. Statistikken viser gods lastet og losset i norske havner med et årlig godsomslag (godsomsetning) på minst én million tonn. I rapporteringsgrunnlaget skal det gis informasjon om skipets forrige og neste havn, noe som ideelt skal gi opplysninger om hvor godset kommer fra og/eller skal til. TØI (2014c) rapporterer imidlertid at det i mange sammenhenger i stedet oppgis skipets forrige eller neste havn. Dette bidrar til at TØI antar at også deres beregninger vil være et underestimat for utført transportarbeid. For bulktransport anløper skip i større grad kun opprinnelses- og destinasjonssted på et transportoppdrag, slik at det antas at feilrapporteringen er mindre.

For utenriksgodset er transportarbeidet beregnet for den delen av transporten som antas å være på norsk område. TØI (2014c) oppgir at de har benyttet informasjon om distansen til/fra ytre farled, det vil si at transporter som (med stor sannsynlighet) seiler langs kysten, inngår i transportarbeidet på norsk område fram til de passerer ytre led (hovedsakelig) i sør (for eksport, og omvendt for import). TØIs beregninger skiller seg fra beregning av transportarbeid for utenriksgodset i transportytelsesstatistikken (TØI 2013) der alt utenriksgodset tillegges en fast distanse (differensiert etter om det er import eller eksport). Forutsetningen om transportavstand i transportytelsesstatistikken for import og eksport med skip er som følger på norsk område: Sjø – innførsel, 300 km, utførsel 630 km. Sleping – innførsel 210 km, utførsel 100 km. (TØI 2014c).

Havnestatistikkenes grunnlagsdata gir ikke informasjon om transportdistanse. TØI har basert sine forutsetninger om transportdistanser på sjønettverket i nasjonal godsmodell<sup>9</sup>. Dette nettverket har en noe grovere havnestruktur enn det som er oppgitt som faktisk seilings- og leveransmønster i TØIs datamateriale fra havnestatistikken. De har aggregert det som er rapportert som forrige/neste havn slik at dette stemmer overens med havnestrukturen i godsmodellen. Kontinentalsokkelen er i modellen grovt inndelt i syv soner som er anvendt i TØIs beregninger. Det vil si at hvert felt på sokkelen er aggregert sammen med nærliggende felt til større soner.

Lokalferger, utenlandsferger og fiskebåter er ekskludert fra beregningene.

TØI (2014c) finner at gjennomsnittlig transportdistanse for innenriks sjøtransport var 426 kilometer i 2011 og 432 kilometer i 2012 mens den gjennomsnittlige transportdistansen beregnet i transportytelsesstatistikken var på 445 kilometer i 2012. Disse tallene er altså ganske like i de ulike beregningene.

---

<sup>8</sup> Nasjonal transportytelsesstatistikk: Hovedprinsippet for beregning av nasjonale transportytelser for alle transportformer er at disse skal representere transport utført med norsk-registrerte transportmidler. Det vil si at transportytelser utført med utenlandskregistrerte kjøretøy i prinsippet ikke inngår i transportytelsesstatistikken.

<sup>9</sup> Transportetatene og Avinor har i løpet av de seneste årene utviklet en nasjonal modell for all godstransport innen og til og fra Norge. Modellsystemet består av et sett basismatriser, kostnadsfunksjoner og en logistikkmodell for valg av transportløsning.

I tabellen nedenfor gjengis transportytelser for sjøtransport i ulike beregninger, inkludert transportytelsesstatistikken, den nasjonale godsmodellen og TØIs korrigerede beregninger av transportytelser.

**Tabell 2.4. Transportytelser for sjøtransport i ulike beregninger**

	Gods-modellen	Transportytelsesstatistikk	TØIs korrigerede transportytelsesberegninger
<b>Millioner tonn</b>			
Innenlands inkl. Kontinentalsokkel	41,9	41,0	45,9
Sum norsk område	172,2	166,0	189,6
<b>Milliarder tonnkilometer</b>			
Innenlands inkl. Kontinentalsokkel	24,3	18,4	22,5
Sum norsk område	105,1	57,5	101,1

Kilde: TØI (2014c, tabell 3.2)

TØI (2014c) fant også at skip registrert i Norsk ordinært skipsregister (NOR) utførte 18 prosent av innenriks transportarbeid på sjø i 2012, og omfanget er redusert fra 2011 til 2012. For alle andre grupper av flaggstater er utviklingen motsatt, det vil si at transportarbeidet er økt fra 2011 til 2012. Skip som seiler under bekvemmelighetsflagg, utførte 44 prosent av innenriks transportarbeid i 2012, en økning i markedsandel på to prosentpoeng fra 2011. Dette viser at det er viktig å inkludere utenlandske fartøys transport i norske farvann, i tillegg til skip registrert i NOR og dem med bekvemmelighetsflagg når eksterne kostnader skal vurderes.

### **Bulkskip, stykkgodsskip og kjemikalie-/produkttankere, samt oljetankere frakter mest på sjøen**

Innenriks transportarbeid etter skipskategori er vist i tabellen nedenfor med TØIs korrigerede transportytelsesberegninger (TØI 2014c). Målt i andel utført transportarbeid er det bulkskip som utfører mest med 38 prosent av innenriks transportarbeid, stykkgodsskip utfører 25 prosent og kjemikalie- og produkttankere utfører 13 prosent, totalt 76 prosent av innenriks transportarbeid til sjøs. Det er de samme tre skipskategoriene som står for mest fraktet gods målt i tonn, og til sammen står de for 78 prosent av fraktet gods.

**Tabell 2.5. Innenriks transportarbeid (millioner tonnkilometer) og gjennomsnittlig transportdistanse for innenriks sjøfart (kilometer) etter skipskategori i 2011 og 2012.**

Skipskategori	Transportarbeid (millioner tonnkilometer)		Gjennomsnittlig transportdistanse (kilometer)	
	2011	2012	2011	2012
<b>Oljetankere</b>	1214	1224	374	382
<b>Kjemikalier-/produkttankere</b>	1395	1402	695	669
<b>Gasstankskip</b>	646	509	626	518
<b>Bulkskip</b>	3123	4046	419	439
<b>Stykk gods</b>	2606	2698	385	401
<b>Containerskip</b>	61	64	220	274
<b>Ro-ro-last</b>	19	29	605	722
<b>Kjøle-/fryseskap</b>	41	54	600	643
<b>Passasjerskip</b>	18	22	275	250
<b>Off-shore-supply-skip</b>	37	31	323	297
<b>Off-shore serviceskip</b>	595	634	287	300
<b>Fiske- og fangstfartøy</b>	0	0	304	299
<b>Andre aktiviteter/ukjent</b>	17	10	479	316
<b>Totalt</b>	<b>9 771</b>	<b>10 725</b>	<b>421</b>	<b>430</b>

Kilde: TØI (2014c).

### Utseilt distanse i norske farvann med ulike skipskategorier og –størrelser

Tabellen nedenfor viser utseilt distanse for skip av ulike kategorier og størrelser. Kategori 1-8, samt 10 og 11 er inkludert for å kunne sammenligne med tallene i TØIs korrigerte ytelsesstatistikk. Total utseilt distanse er 42 612 267 nautiske mil<sup>10</sup>, som tilsvarer ca. 79 millioner kilometer. I skipskategoriene 1-8, samt 10 og 11, er total utseilt distanse: 20 647 827 nautiske mil, tilsvarende ca. 38 millioner kilometer.

<sup>10</sup> 1 nautisk mil (nm) = 1, 852 km



**Tabell 2.6. Utseilt distanse, målt i nautiske mil, i norske farvann for skip i ulike kategorier og størrelser**

Utseilt distanse i norske farvann (nm)	Bruttotonn							Grand Total
	1. < 1000 BT	2. 1000 - 4999 BT	3. 5000 - 9999 BT	4. 10000 - 24999 BT	5. 25000 - 49999 BT	6. 50000 - 99999 BT	7. >= 100000 BT	
01 Oljetankere	115776	211218	34243	71931	195476	657801	3834	1292244
02 Kjemikalie-/produkttankere	84107	935022	316059	732690	138480			2206651
03 Gasstankere	555	339049	76193	128137	63840	6694	97558	712150
04 Bulkskip	92089	321384	165975	671730	782870	245954	792	2281313
05 Stykkgodsskip	927293	7058539	642729	116073	10764			8760000
06 Konteinerskip		16467	396155	59718	1649	1820	54	476205
07 Ro Ro last	39213	199873	242534	48875	24901	4042		559880
08 Kjøle-/fryseskip	7546	760910	138072	3992				910751
09 Passasjer	4049006	2818971	969122	1013470	443627	273736	63216	9639800
10 Offshore supply skip	78730	1883844	739414					2702640
11 Andre offshore service skip	255947	141984	123112	191306	25559	2643	1	745991
12 Andre aktiviteter	2048513	1288056	264039	50269	9238	2245	7608	3703338
13 Fiskefartøy	4352278	4011884	130026					8621302
Grand Total	12051052	19987201	4237674	3088193	1696404	1194935	173062	42612267

Kilde: DNV-GL (2014b, tabell 3-4).

### 2.7.5. Godstransport på jernbane

#### Cirka 3,5 milliarder tonnkilometer utføres med jernbane

Ifølge Jernbaneverket ble det fraktet nesten 32 millioner tonn gods med tog i 2014. Av dette var 9,2 millioner tonn innenlands transport i Norge og 22,4 millioner tonn grenseoverskridende transport.

Målt i tonnkilometer oppgir Jernbaneverket (2014) at det ble utført cirka 3,5 milliarder tonnkilometer, fordelt på 2,366 milliarder innenlands transport og 1,158 milliarder grensekryssende.

#### I underkant av 20 prosent av godset på jernbane fraktes med dieseltog

Et viktig skille med tanke på eksterne marginale kostnader fra togtrafikk går mellom frakt med henholdsvis elektriske tog og dieseltog.

I 2014 var dieselandelen for godstransport på jernbanen ca. 17 prosent, ifølge Jernbanetilsynet (2014).

#### 1397 kilometer norsk jernbanelinje er ikke elektrifisert

Ifølge Jernbaneverket (2014) var det totalt 4219 kilometer jernbanespor i landet i 2014. På 3 867 av disse kilometerne var det regulær trafikk, mens resten var sidebaner uten regulær trafikk.

Cirka 2/3 av strekningen var elektrifisert, mens resterende tredjedel (1 397 km) ikke var elektrifisert. Følgende strekninger er ikke elektrifisert:

- Nordlandsbanen (Trondheim – Bodø): 729 km
- Rørosbanen (Hamar – Støren): 384 km
- Raumabanen (Dombås – Åndalsnes): 114 km
- Solørbanen (Kongsvinger – Elverum): 94 km
- Meråkerbanen (Hell – Storlien): 70 km

- Stavne – Leangerbanen: 6 km

Hovedtransportørene for henholdsvis innenlandsk og grensekryssende godstransport i 2014 er vist i tabellen nedenfor. Det fremgår at CargoNet AS står for mesteparten (cirka 77 prosent) av innenlandsk godstransport målt i tonnkilometer. For grenseoverskridende godstransport er malmtransporten med LKAB Malmtransport, som frakter malm fra Kiruna til Narvik den dominerende aktøren (63 prosent målt i tonnkilometer).

**Tabell 2.7. Hovedtransportører for innenlandsk og grensekryssende godstransport i 2014, målt i tonnkilometer.**

	Tonnkilometer (millioner)
<b>Innenlandsk transport</b>	2 366
Av dette: CargoNet AS	1 820
Andre	546
<b>Grenseoverskridende transport</b>	1 158
Av dette: CargoNet	57
LKAB Malmtransport	732
Andre	369

Kilde: Jernbaneverket (2014)

#### 2.7.6. Beregning av transportytelser i vår rapport - sjøtransport

##### SSBs transportytelsesstatistikk benyttes som én innfallsvinkel

Informasjonen om trafikkarbeid, transportarbeid og utnyttelsesgrad er mest usikker for sjøtransport. Selv når TØI (2014c) i en egen rapport søker å korrigere ytelsesstatistikken for sjøtransport, konkluderer de med at det fortsatt er betydelig usikkerhet, spesielt knyttet til innenlandsk transport. Fra denne statistikken får vi estimater for tonn og tonnkilometer, men kilometerne utseilt distanse er usikker, og det samme er drivstofforbruk. Statistikken gir dessuten små muligheter til å fordele drivstofforbruk og kostnader på ulike skips kategorier og -størrelser. Vi benytter derfor denne statistikken som en kilde til informasjon om tonn og tonnkilometer i sjøtransport (TØI, 2013; 2014c), men bruker en annen tilnærming for beregning av eksterne kostnader, spesielt for utslipp.

##### Detaljert informasjon om utseilt distanse og drivstofforbruk, samt etablering av sammenheng mellom bruttotonnasje, dødvekttonn og utnyttelsesgrad benyttes

Tabell 2.6. viser en oversikt over utseilt distanse i norske farvann for ulike skips kategorier og –størrelser. På samme detaljerte nivå har vi tall for drivstofforbruk. Disse opplysningene forholder seg til skipene som benytter AIS<sup>11</sup>, det vil si både norske og utenlandske skip som frekventerer norske farvann.

<sup>11</sup> Automatic Identification System (AIS), er et antikollisjonshjelpemiddel for skipsfarten. Fartøyer med AIS sender ut og utveksler informasjon om sin identitet, posisjon, fart, kurs, osv. Den internasjonale maritime organisasjon krever at fartøyer over 300 brutto register tonn i internasjonal fart har utstyr for sending og mottak av AIS-signaler. Med visse unntak har de aller fleste skip i dag AIS.

For å kunne utnytte denne detaljerte informasjonen, har vi valgt å benytte tall for dødvekttonn i de ulike bruttotonnasjekategoriene for ulike skips kategorier for å beregne lastekapasitet, og anslag for gjennomsnittlig utnyttelsesgrad for å få estimater for antall tonn fraktet.

Propel og Vista Analyse (2015) diskuterer utnyttelsesgrader per skipstype, blant annet basert på Marintek (2010) som sier at utnyttelsesgrad per skipstype varierer fra anslagsvis 46 prosent (tankfart – distribusjon fra sentralanlegg til lagerterminaler, uten returlast) til opp mot 75 prosent for brønnbåter.

Utnyttelsesgraden for skip kan knyttes til DWT (Dead Weight Tonne), mens oversikt over utseilt distanse og drivstofforbruk osv. oppgis for kategorier av bruttotonnasje. Det er derfor nødvendig med en omregning fra bruttotonn i tabellen over skips kategorier og –størrelser til DWT.

Ved å kombinere AIS-data for alle skip i norske farvann i 2013 med Lloyds Fairplay skipsregister (Seaweb) har vi beregnet gjennomsnittlig DWT i ulike skips kategorier og –størrelser. Det vil si at vi knytter et gjennomsnittlig DWT til hver rute i tabell 2.6. ovenfor.

I vedlegg 1 presenteres tabeller som viser bruttotonn og beregnet DWT for de ulike skips kategoriene og –størrelsene som er inkludert i vår rapport. Vi har også med en tabell som viser beregnet forholdstall mellom bruttotonn og DWT for å illustrere forskjellene mellom ulike skips kategorier og størrelser.

I tallene for utseilt distanse og drivstofforbruk er all skipstrafikk i norske farvann inkludert, også gjennomgangstrafikk, mens gjennomgangstrafikk ikke er relevant for beregning av norske utslipp og transportytelser. Vi har ikke eksakt kjennskap til andel gjennomgangstrafikk for hver skips kategori og størrelse, men for hver størrelses kategori. Disse er benyttet i vurderingen av innenlandsk transportarbeid. Vi har i utgangspunktet lagt inn at alle skips kategorier og –størrelser er til en hver tid lastet med 50 prosent av sin DWT. Dette tilsvarer en faktisk utnyttelsesgrad som er noe høyere enn 50 prosent da lastekapasiteten er noe lavere (90 - 97%) enn DWT. Utnyttelsesgraden varierer fra skip til skip etter hvilket marked det betjener, logistikkjeden de inngår i og den generelle markedsituasjon for de forskjellige fraktmarkedene. Oversikten over denne variasjonen er mangelfull, og vi har derfor valgt å sette samme utnyttelsesgrad på alle. Hvilke utslag det gir om det gjøres endringer i utnyttelsesgraden kan så beregnes i følsomhetsanalyser.

Disse forutsetningene og beregningene gir oss estimater for antall tonn fraktet og utseilt distanse for hver «rute» i tabellen over skips kategori og –størrelse, og totalt.

Denne tilnærmingen gir tall for totalt antall tonnkilometer som er betydelig høyere enn det som fremgår av transportytelsesstatistikken (TØI 2014c), jf. tabell 2.4. Dette kan blant annet ha sammenheng med at noe mer trafikk enn den som er innom norske havner, er med i AIS-statistikken (selv om vi fjerner en andel gjennomgangstrafikk). Som nevnt skriver TØI (2014c) at deres tall antagelig undervurderer transportytelsen på sjø. Siden tallene vi har beregnet er såpass mye høyere, er det naturlig å tenke seg at de overvurderer transportytelsen. Sannheten ligger da sannsynligvis et sted i mellom. Som vi kommer tilbake til under beregning av eksterne kostnader ved utslipp til luft, vil tilnærmingen med å ta utgangspunkt i AIS-statistikken trolig gi de beste estimatene, så lenge det ikke er betydelige forskjeller i utslipp per tonnkilometer for skip som går innom norske havner og de som frekventerer norske farvann, men ikke er innom havnene (for hver skips kategori). For vurdering av totale tonnkilometer og for fordeling av øvrige eksterne kostnader, er det mer usikkert hvilket tonnkilometerestimat

som gir det riktigste svaret. Med dagens kunnskap og tilgjengelige data over sjøtransport, er det svært vanskelig å komme nærmere sannheten, og vi vil forholde oss til denne usikkerheten ved hovedsakelig å benytte gjennomsnittstall for tonnkilometer, men også belyse betydningen av å benytte høyeste og laveste anslag for tonnkilometer sjøtransport i norske farvann.

#### **2.7.7. Beregninger av transportytelser i vår rapport - jernbanetransport**

For godstransport med jernbane har vi kilder som oppgir energiforbruk per tonnkilometer, og dette benyttes for å beregne utslipp ved hjelp av utslippsfaktorer. Det vil si at vi får beregninger for eksterne marginale kostnader, gitt dagens utnyttelsesgrad.

### **2.8. Følsomhetsanalyser**

Vi gjennomfører følsomhetsanalyser for å vurdere hvordan sentrale forutsetninger påvirker resultatene. Faktorer velges ut fra hvilke som anses mest usikre, og betydning for resultatet.

## 3 Utslipp til luft

I dette kapittelet vurderes og beregnes kostnader ved utslipp til luft fra godstransport på sjø og bane. For klimagasser beregnes utslippsmengder per tonnkilometer. For svevestøv (partikler, PM), nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og svoveloksider (SO<sub>2</sub>) beregnes marginale eksterne kostnader per tonnkilometer. For elektriske tog antas det ingen utslippskostnader.

### 3.1 Tidligere tilnærminger

TØI (2014b) benytter enhetspriser basert på anbefalinger i NOU (2012) for verdien av statistisk liv, og bygger ellers i stor grad på den store nasjonale verdsettingsstudien som ble gjennomført av transportetatene for noen år siden, og som blant annet inkluderte verdsettingsstudier av utslipp til luft (Magnussen m.fl. 2010a). Vi har i flere sammenhenger (se bl.a. Magnussen m.fl. 2014 og Vista Analyse 2015a) argumentert for at det er behov for oppdatering av de dose-respons-sammenhengene som ligger til grunn for kostnadstallene for lokale og regionale utslipp i TØI (2014b). Tallene bygger på det såkalte «LEVE»-prosjektet som ble gjennomført av daværende Statens forurensningstilsyn (nåværende Miljødirektoratet) i 2005, som igjen bygde på rapporter og undersøkelser fra slutten av 1990-tallet og tidlig 2000-tallet. Siden slik oppdatering av grunnlaget ikke var aktuelt innen tidsrammen for dette prosjektet, har vi benyttet tilnærmingen som er lagt til grunn i TØI (2014b) og Vista Analyse (2015a). Fordi en viktig hensikt med dette arbeidet er å kunne sammenligne eksterne kostnader ved godstransport på sjø, bane og vei, er det en fordel at kostnadstallene er mest mulig sammenlignbare. På sikt er det imidlertid behov for oppdatering av grunnlaget for beregning av marginale eksterne utslippskostnader både for veitrafikk og sjø og bane.

### 3.2 Vår tilnærming

Vår tilnærming er i tråd med tidligere tilnærminger som er beskrevet ovenfor. For beregning av eksterne marginale kostnader av forurensende utslipp i form av kroner per tonnkilometer vil vi benytte fremgangsmåten som er beskrevet i kapittel 2 (se 2.2. for trinn i gjennomføringen). For utslipp til luft, betyr det i hovedsak å fremskaffe informasjon om og beregne henholdsvis

- Verdi (i kroner) per enhet (enhetspris)
- Forbruk av drivstoff
- Utslippsfaktorer som viser utslipp per drivstoffenheter (gram eller kilogram utslipp per liter (eller tonn) drivstoff)
- Antall enheter utslipp i kg eller tonn, eventuelt per tonnkilometer
- Utslipp i gram eller kilogram per kilometer og/eller tonnkilometer
- Utslipp i kroner per kilometer og/eller tonnkilometer

Fordi tilgjengelige data foreligger på litt ulik form for sjø og jernbane, vil fremgangsmåten bli litt ulik, og gjennomgås derfor først for sjøtransport, deretter for jernbanetransport. Aller først (avsnitt 3.3.) vil vi imidlertid gå gjennom beregning av enhetspriser for de aktuelle utslippene, som er felles for sjø- og banetransport.

### 3.3 Verdsetting av utslipp til luft (enhetspriser)

I et oppdrag for Grønn skattekommisjon/Finansdepartementet ble det våren 2015 utredet marginale eksterne kostnader for flere utslipp/miljøvirkninger, herunder de som er aktuelle i denne sammenheng, nemlig utslipp av nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og

svevestøv (PM), svoveldioksid (SO<sub>2</sub>), samt støy (Vista Analyse 2015a). De vurderingene som ble gjort og priser man kom fram til, vil være grunnlag for priser for utslipp og støy i denne rapporten. Vi vil imidlertid gjøre en selvstendig vurdering av om de oppgitte prisene i Vista Analyse (2015a) også er gjeldende for utslipp fra skip og jernbane fordi prisene ikke primært ble utarbeidet for utslipp fra disse kildene.

Prisene i Vista Analyse (2015a) er i stor grad sammenfallende med enhetsprisene som ble benyttet for utslipp til luft fra veitrafikk (TØI 2014b).

### 3.3.1 Klimagassutslipp

I tråd med konkurransegrunnlaget har vi ikke selv vurdert marginale skadekostnader for klimagasser, kun kvantifisert utslippene. I eksemplene må vi imidlertid inkludere kostnader ved klimagassutslipp for å kunne gjøre meningsfulle sammenligner av alternative transportmidler. Vi har også valgt å legge til den prisen som brukes i eksemplene i de fleste beregningene. Det foreligger ikke anbefalte priser for CO<sub>2</sub> fra Finansdepartementet eller andre. Vi har valgt å ta utgangspunkt i CO<sub>2</sub>-avgiftssatsene på mineralske produkter for 2015, fastsatt i Prop. 1LS, i våre beregninger. Disse varierer noe for ulike mineralske produkter (se Prop.1 LS, tabell 7.2), for produkter uten spesielle fratrekk er den i størrelsesorden 320-427 kroner per tonn CO<sub>2</sub>. Vi har lagt til grunn en pris på kroner 400 per tonn i beregningene.

### 3.3.2 Regional og lokal luftforurensning

Det skilles mellom utslipp av:

- svevestøv (delt i PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>),
- nitrogenoksider (der det skilles mellom NO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>),
- svoveloksider (SO<sub>2</sub>)

### 3.3.3 Svevestøv

#### Miljøvirkninger

Svevestøv (også kalt partikulært materiale, PM) klassifiseres som partikler med en diameter under 10 µm (PM<sub>10</sub>, grove partikler), og 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>, fine partikler). Den totale mengden partikler er kalt TSP. Mengden svevestøv av PM<sub>2,5</sub> inngår også i PM<sub>10</sub>. Partikler fra forbrenningsutslipp dominerer i finfraksjonen, mens mekanisk genererte partikler som oftest dominerer i grovfraksjonen.

Norske utslipp av PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> har gått noe ned i perioden 2005-2013. De viktigste kildene til utslipp av svevestøv (PM<sub>10</sub>) er vedfyring (ca. 50 prosent), industri og bergverk (23 prosent) i tillegg til transport (18 prosent). For PM<sub>2,5</sub> er vedfyring, eksosutslipp, industri og langtransporterte utslipp de viktigste kildene.

Utslipp av svevestøv har først og fremst negative helseeffekter, i tillegg til at det kan tilsmusse bygninger, kulturminner etc. Eksponering for svevestøv er en av de viktigste miljøfaktorene for reduksjoner i antall leveår. Eksponering for svevestøv kan føre til betennelsesresponser, noe som synes å være sentralt i utvikling og forverring av lunge- og hjertesykdommer. Nyere studier indikerer at svevestøv også kan forårsake effekter i nervesystemet, på fosterutvikling, samt forverre eller forårsake stoffskifteforstyrrelser og kognitiv kapasitet. I den senere tid har det som kalles black carbon (ofte kalt «sot» på norsk) fått økt oppmerksomhet.

De nasjonale målene og luftkvalitetskriteriene for svevestøv overskrides en rekke ganger i året i flere større byer. Det er særlig mobile kilder som forårsaker dette, men

også blant annet vedfyring og i noen grad industrien bidrar. Antall overskridelser ser imidlertid ut til å gå ned. I Norge i dag er svevestøv først og fremst et problem i byer og tettsteder (Folkehelseinstituttet 2013; [www.miljostatus.no](http://www.miljostatus.no)). Det vil si at utslipp av partikulært materiale fra skip til havs eller dieseltog i spredtbygde strøk i liten grad anses å medføre negative helseeffekter.

### PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>

Det er ønskelig å skille mellom kostnader ved utslipp av PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>. Vi vet også at PM<sub>2,5</sub> spres over et større område enn PM<sub>10</sub>, fordi partiklene er mindre og lettere og holder seg svevende lenger. Nyere forskning (gjengitt f.eks. i Folkehelseinstituttet 2013) tyder på at PM<sub>2,5</sub> er mer skadelig for helsen enn grovfraksjonen (PM<sub>10-2,5</sub>). En tilnærming kunne være å koble utslippstall for PM<sub>10</sub> med skadefunksjoner for PM<sub>2,5</sub> ved hjelp av en mengdeforutsetning tilpasset kilden. Dette er ikke ideelt, men det regnes som akseptabelt selv i nyere forskningslitteratur.

I TØI (2014b) og Vista Analyse (2015a) valgte man ikke å skille mellom priser for PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> fordi man mente vi per i dag ikke har grunnlag for å gjøre det. Vi har ikke fått bedre grunnlag for å gjøre dette skillet nå, og det er heller ikke enklere å gjøre det for sjø- og jernbanetransport enn for veitrafikk. Vi har derfor valgt ikke å skille mellom PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>, men beregnet eksterne kostnader kun for PM<sub>10</sub> (som altså omfatter PM<sub>2,5</sub>).

### Enhetspriser

I regi av Statens vegvesen jobbes det med å utarbeide nye priser for svevestøv (jf. Vista Analyse 2015a). Inntil resultatene av dette foreligger mener vi den beste tilnærmingen til å estimere marginale eksterne kostnader av PM<sub>10</sub>, inkludert PM<sub>2,5</sub> for dieseltog og skip er å benytte tallene fra Vista Analyse (2015a), som er de samme som i TØI (2014b), prisjustert til 2014-kroner. Det er såpass mange faktorer som trekker i ulike retninger at man ikke har grunnlag for å revidere anslagene uten grundigere analyser. Våre forslag til eksterne marginale kostnader ved utslipp av PM<sub>10</sub>, inkludert PM<sub>2,5</sub>, er vist i Tabell 3.1.

**Tabell 3.1. Våre anslag for enhetspriser ved utslipp av svevestøv; for PM<sub>10</sub>, som inkluderer PM<sub>2,5</sub> (2014-kr per kg utslipp).**

	Spredt bebyggelse	Tettsted (15000-100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
<b>Avrundede verdier</b>	0	750	5 350

Kilde: Vista Analyse (2015a)

### 3.3.4 Nitrogenoksider

#### Miljøvirkninger

Det finnes en rekke nitrogenoksider i atmosfæren. De to viktigste er nitrogenmonoksid (NO) og nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>), som går under fellesbetegnelsen nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>). Utslipp av NO<sub>x</sub> bidrar til luftveissykdommer, dannelse av bakkenær ozon og sur nedbør. Sur nedbør er skadelig for økosystemer og vegetasjon, og kan blant annet føre til skogdød og fiskedød.

Norges samlede NO<sub>x</sub>-utslipp er redusert siden år 2000, og utslippsmålene i den opprinnelige Gøteborgprotokollen ble nådd i 2013. Utslippene gikk ytterligere ned i 2014. Norge har gjennom den reviderte Gøteborgprotokollen forpliktet seg til å redusere utslippene ytterligere fram til 2020.

Lokal luftforurensning fra  $\text{NO}_x$  kan gi skadelige effekter på økosystemer og vegetasjon, og bidrar til forsuring og overgjødning av vann og vassdrag.  $\text{NO}$  kan reagere med ozon i luften og danne  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}_2$  kan videre omdannes til nitrat som forekommer som salter og dermed karakteriseres som svevestøv. I et helseperspektiv er man hovedsakelig bekymret for høye nivåer av  $\text{NO}_2$ .  $\text{NO}_x$  forårsaker helseskader først og fremst i de større byene, der det særlig er mobile kilder som står for utslippene. Fastsatte grenseverdier for  $\text{NO}_x$  for å unngå skadelige helseeffekter og skader på økosystemet brytes jevnlig, det samme gjelder de nye luftkvalitetskriteriene fra 2013 som angir hvilke nivåer av ulike forurensningskomponenter som anses som trygge for de aller fleste.

$\text{NO}_x$  har en lokal og en regional komponent i beregningene for veitrafikk (se TØI 2014b; Magnussen m.fl. 2010a og SFT 2005). Den lokale komponenten er først og fremst knyttet til  $\text{NO}_x$ 's bidrag til helseskader, og opptrer i byer og tettsteder, dersom konsentrasjonen blir høy. Den regionale delen er knyttet til miljøskader, blant annet ved at  $\text{NO}_x$  bidrar til forsuring (sammen med  $\text{SO}_2$ ).  $\text{NO}_x$  fra skip har en viss klimaeffekt, men den kan være mindre per enhet enn fra andre kilder<sup>12</sup>.

Mens de lokale kostnadene for  $\text{NO}_x$  er utledet ved bruk av skadefunksjonsmetoden, er de regionale skadene av  $\text{NO}_x$  i ovennevnte rapporter utledet fra tiltakskostnader, egentlig for å oppfylle forrige versjon av Gøteborgprotokollen. De er satt til 25 kroner i TØI (2014b). Målene i den opprinnelige Gøteborgprotokollen ble oppfylt fra 2013. Nå er det imidlertid undertegnet en ny versjon av Gøteborgprotokollen, og Norge skal redusere utslippene ytterligere innen 2020. Det vil si at mens tiltakskostnadene for å oppfylle «den gamle» Gøteborgprotokollen var tilnærmet null, da den var oppfylt, er det nå rimelig å beregne nye tiltakskostnader for å oppfylle den nye protokollen. Dette er, så vidt vi kan se, ikke lagt til grunn for beregning av regionale kostnader av  $\text{NO}_x$  i TØI (2014b), kanskje fordi det ikke var klart hva kostnadene for å oppfylle ny versjon av avtalen ville bli på det tidspunktet. Det bør derfor vurderes om man for sammenligningens skyld, bør beholde samme pris på regional  $\text{NO}_x$  som i TØI (2014b), eller om dette tallet bør oppdateres. I denne sammenheng er også  $\text{NO}_x$ -avgiften (som for 2015 er kr 19,19), og den avtalen som er inngått mellom Klima- og miljødepartementet og en rekke næringslivsorganisasjoner relevant. De har forpliktet seg til å redusere  $\text{NO}_x$ -utslippene med et visst antall tonn innen 2017, og det skal de gjøre under den betingelse (for deltagerne) at kostnadene for dem ikke skal bli høyere enn avgiften. Dette kan tyde på at tiltakskostnadene for  $\text{NO}_x$  er nærmere kr 20 enn kr 25 per kg. I en utredning i fjor regi av en rekke offentlige direktoratet og etater (Sjøfartsdirektoratet m.fl. 2014) kommer de imidlertid til noe høyere kostnader for å oppfylle avtalen fremover.

Når det gjelder de lokale helseeffektene av  $\text{NO}_x$ , er problemstillingen mye den samme som for svevestøv (se over). Når det gjelder de regionale  $\text{NO}_x$ -kostnadene, vil de gjelde i alle typer områder. Det bør vurderes om det er noen «ytre grenser», men i utgangspunktet vil de gjelde alle utslipp i norske farvann.

### **$\text{NO}_x$ og $\text{NO}_2$**

Verdsetting av helseskader er i det meste av litteraturen (og i TØI 2014b for utslipp fra veitrafikk) knyttet til  $\text{NO}_x$  mens det er  $\text{NO}_2$  som anses å være helseskadelig. Utviklingen i motorteknologi innebærer at andelen  $\text{NO}_2$  i en gitt mengde  $\text{NO}_x$  ikke er stabil. TØI (2014b) valgte å benytte kostnader knyttet til  $\text{NO}_x$ .

---

<sup>12</sup> Se f.eks. <http://www.atmos-chem-phys.net/14/6801/2014/acp-14-6801-2014.pdf>



## Enhetspriser

Vista Analyse (2015a) verdsette NO<sub>x</sub>-utslippene i tettsteder ved hjelp av skadekostnadsmetoden og verdsetting av økt hyppighet av luftveissykdommer og prematur død. Verdsetting av tap av liv ble basert på verdien av et statistisk liv (VSL) på 30 mill. 2012-kroner, anbefalt av Finansdepartementet (2014). Utslippene i spredtbygde strøk ble verdsett hovedsakelig ut fra antatte kostnader ved å nå utslippsmålene i den reviderte Gøteborgprotokollen. Våre enhetspriser brukt i beregningene i denne rapporten, er de samme som foreslått i Vista Analyse (2015a), som oppsummert i tabellen nedenfor.

**Tabell 3.2. Våre anslag for enhetspriser ved utslipp av NO<sub>x</sub> (2014-kr per kg utslipp).**

	Spredt bebyggelse	Tettsted (15000-100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
<b>Skadekostnader</b>		80	320
<b>Tiltakskostnader</b>	20		
<b>Marginale eksterne kostnader</b>	20	80	320

Kilde: Vista Analyse (2015a)

Det er usikkerhet i disse anslagene, og gode grunner til å oppdatere selve grunnlaget for verdsetting av skadekostnadene av nitrogenoksider, og herunder forsøke å skille ut skadeeffekter av NO<sub>2</sub> tydeligere.

### 3.3.5 Svoveldioksid (SO<sub>2</sub>)

#### Miljøvirkninger

SO<sub>2</sub> kan gi nedsatt lungefunksjon hos astmatikere og skape irritasjon i luftveiene. SO<sub>2</sub> i høye konsentrasjoner kan også øke forekomsten av hoste og slimproduksjon. Utslipp av SO<sub>2</sub> gir sekundærpartikler i atmosfæren som skader helsen også ved lave nivåer. I tillegg gir utslipp av SO<sub>2</sub> miljøskader som korrosjon av materialer og forsuring av vassdrag som skader dyre- og plantelivet, også når konsentrasjonene er lavere enn grensen for helseskade. Det er imidlertid ingen steder i dag med konsentrasjoner så høye at de gir helseskader av betydning.

Utslippene av SO<sub>2</sub> er redusert med 88 prosent i perioden 1980 til 2013 og ligger godt under kravet i Gøteborgprotokollen for 2020. Største gjenværende kilder er industri og bergverk (67 prosent), luftfart, sjøfart og fiske (ca. 14 prosent), energiforsyning (11 prosent) og oppvarming (4 prosent). Det forventes at SO<sub>2</sub>-utslippene vil reduseres ytterligere uten nye utslippsreducerende tiltak.

#### Eksterne kostnader av svovelutslipp beregnes for sjøtransport og dieseltog

For SO<sub>2</sub> beregnes ikke kostnader fra veitrafikk, fordi de anses som neglisjerbare, og det finnes derfor ikke slike tall i rapporten om marginale eksterne kostnader fra veitrafikk. Det regnes på SO<sub>2</sub>-utslipp fra dieseltog fordi diesel har svovelutslipp, selv om de er lave. Skip har fortsatt svovelutslipp, selv om disse er i ferd med å bli betydelig redusert.

#### Enhetspriser

Eventuelle gjenværende skadekostnader er knyttet til forsuring og korrosjon. I mangel på oppdaterte anslag benyttet Vista Analyse (2015a) anslagene fra SFT (2005) i form av et intervall, og satte nedre grense til null med unntak av noen områder på Sør- og Vestlandet med forsuringsskader. Tabell 3.3. viser anslagene for skadekostnadene:

**Tabell 3.3 Våre anslag for enhetspriser ved utslipp av SO<sub>2</sub>. (2014-kr per kg utslipp).**

<b>Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland og Hordaland</b>	
Bergen	19 – 157
Kristiansand	19
Stavanger	19 – 57
Øvrige områder	19
<b>Telemark, Vestfold, Oslo, Akershus, Østfold, Buskerud, Hedmark, Oppland, Sogn og Fjordane</b>	
Oslo	0 – 131
Drammen	0 – 96
Halden	0 – 48
Sarpsborg	0 – 6
Fredrikstad, Moss	0 – 5
Bærum	0 – 110
Asker	0 – 76
Porsgrunn	0 – 7
Skien	0 – 105
Bamble	0 – 36
Øvrige områder	0
<b>Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Møre og Romsdal</b>	
Trondheim	0 – 25
Øvrige områder	0
<b>Nordland, Troms og Finnmark</b>	
Tromsø	0 – 13
Øvrige områder	0

Kilde: Vista Analyse (2015a)

Det er grunn til å anta at anslagene i tabellen overvurderer dagens kostnader ved SO<sub>2</sub>-utslipp, og det er usikkert om det i hele tatt er noen gjenværende skader av betydning knyttet til disse utslippene. Tabellen viser at det er svært stor variasjon i anslagene mellom ulike områder, og at det bortsett fra fylkene på Sør- og Vestlandet bare er i noen byer at kostnadene eventuelt er av betydning. For utslipp fra sjøtransport, som i all hovedsak vi skje i spredtbygde strøk, vil kostnadene således være lave. Når man i tillegg tar i betraktning at utslippene fra denne sektoren forventes å bli betydelig redusert i årene fremover på grunn av nye svovelkrav (se nedenfor), vil kostnadene knyttet til SO<sub>2</sub>-utslipp få liten betydning for transportsektoren.

Vi har lagt inn en pris for svoveldioksidutslipp i byer, mens det settes til null i spredtbygde strøk. Prisen settes, med utgangspunkt i tabellen over, til 10 kr per kg i mindre tettsteder og 20 kr per kg i større byer og tettsteder. Dette er en forenkling, fordi det også er regionale forskjeller, men anses som rimelig, i og med at svovelutslipp kun er aktuelle fra sjøtransport, som i det alt vesentlige beveger seg langt unna både større byer og land for øvrig.

### 3.3.6 Enhetspriser for utslipp til luft og klimagasser

I dette avsnittet oppsummeres de enhetsprisene som brukes for lokale utslipp. Vi viser også hvilken pris som vil bli brukt i beregningene i eksemplene for klimagasser. Disse prisene er altså ikke utledet i vår rapport. Vurderingene som ligger til grunn for de enkelte enhetspriser, fremgår av delkapitlene foran (3.3.1-3.3.5).

**Tabell 3.4. Våre anslag for enhetspriser ved utslipp av svevestøv (PM<sub>10</sub>), nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og svoveldioksid (SO<sub>2</sub>), samt enhetspris for klimagasser (CO<sub>2</sub>) som er benyttet i eksemplene (2014-kr per kg/tonn utslipp).**

	Spredt bebyggelse	Tettsted (15000-100 000 innb.)	Tettsted (>100 000 innb.)
<b>Svevestøv (PM<sub>10</sub>) (kr/kg)</b>	0	750	5350
<b>Nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) (kr/kg)</b>	20	80	320
<b>Svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) (kr/kg)</b>	0	10	20
<b>Klimagasser (CO<sub>2</sub>) (kr/tonn)</b>	400	400	400

### 3.4 Sjøtransport

I dette avsnittet viser vi skritt for skritt hvordan de eksterne marginale utslippskostnadene er beregnet for sjøtransport.

#### 3.4.1 Drivstofforbruk for ulike skipstyper og -størrelser

For sjøtransport gir DNV-GL (2014a) oversikt over drivstofforbruk for skips kategorier og –størrelser, der drivstoff oppgis i tonn og type (henholdsvis lette (marin gassolje, marin dieseloljer, lettolje); overgangssone (blanding av lettere og tyngre produkter) og tyngre produkter (tunge destillater, tungolje). Denne tabellen er gjengitt nedenfor for de skipstypene som inkluderes i denne rapporten.

**Tabell 3.5. Drivstofforbruk i tonn for ulike skips kategorier og –størrelser**

	Bruttotonn							Grand Total
	1. < 1000 BT	2. 1000 - 4999 BT	3. 5000 - 9999 BT	4. 10000 - 24999 BT	5. 25000 - 49999 BT	6. 50000 - 99999 BT	7. >= 100000 BT	
01 Oljetankere	2833	7812	1293	6814	25446	115103	1801	161102
02 Kjemikalie-/produkt tankere	1116	35724	21897	68272	14180			141189
03 Gasstankere	37	13205	6550	13728	7830	1414	24707	67470
04 Bulkskip	1127	12683	10793	51213	75989	35723	128	187657
05 Stykkgodsskip	9589	162726	31348	12154	2139			217956
06 Kontainerskip		777	26184	5777	1345	362	12	34458
07 Ro Ro last	620	6605	11570	3775	3156	2667		28393
08 Kjøle-/fryseskip	45	26487	9027	301				35861
09 Passasjer	59040	81880	59849	112086	85071	74854	25179	497959
10 Offshore supply skip	2009	191518	159122					352649
11 Andre offshore service skip	3326	16786	19530	36929	4482	5419	7	86478
12 Andre aktiviteter	37540	52694	21189	8753	24519	842	2556	148093
13 Fiskefartøy	69328	182716	9315					261360
<b>Grand Total</b>	<b>186609</b>	<b>791613</b>	<b>387668</b>	<b>319803</b>	<b>244157</b>	<b>236385</b>	<b>54389</b>	<b>2220625</b>

Kilde: DNV-GL (2014a-1669, tabell 5-3).

Andel drivstofforbruk av lettere produkter som diesel/gassolje er markert i lysest blått, andel drivstofforbruk i en overgangssone (der det både er skip som benytter lettere og tyngre produkter) er markert i mellomblått. Drivstofforbruk av tyngre produkter er vist med mørkeblått. Tabellen viser historisk forbruk av drivstofftyper. Vi kommer tilbake til antagelser om endringer i drivstofforbruk med betydning for utslipp, nedenfor. Vi

benytter imidlertid drivstofforbruket målt i tonn for de ulike skipskategorier og – størrelser videre i beregningene.

Vi utgår fra at celler med lavt forbruk representerer usikre tall, fordi det er få skip og/eller få seilingskilometre som ligger bak. Vi bruker derfor informasjonen fra disse tabellene med varsomhet, og oppgir i liten grad resultater for hver celle, men trekker heller ut informasjon som i mindre grad er avhengig av eventuelle tilfeldige utslag innenfor en celle.

### Drivstofforbruk per kilometer for ulike skipskategorier og - størrelser

Kombinert med utseilt distanse for de samme skipstyper og –størrelser, som finnes i DNV-GL (2014a), kan vi beregne drivstofforbruk i tonn per kilometer seilt for ulike skipstyper og –størrelser. Dette er vist i tabell 3.6. nedenfor. Vi ser at noen tall ikke virker «rimelige», ett eksempel er tallet for containerskip i størrelsesgruppe 5, som avviker sterkt fra trenden for øvrig både for skips- og størrelseskategori (markert i rødt i tabellen). Slike tall kan oppstå fordi det er få observasjoner, eller målefeil eller andre forhold. I videre beregninger av utslipp og tilhørende kostnader har vi luket bort slike observasjoner ved beregninger for enkeltruter i tabellen. Slike observasjoner gjør også at man må tolke tallene, særlig for enkeltruter med forsiktighet. Hvis vi for eksempel sammenligner oljetankere med bulkskip, ser vi at tankskip har lavere utslipp enn bulkskip opp til 25 000 BT mens bulkskip større enn 25 000 BT har lavere utslipp enn tankskip. Dette virker ikke logisk. Som nevnt gjør dette at vi velger å legge mindre vekt på resultatene i enkeltruter, og heller trekker ut informasjon som ikke legger vekt på resultater fra enkeltruter.

**Tabell 3.6. Drivstofforbruk i tonn per kilometer utseilt distanse for ulike skipskategorier og –størrelser**

	Bruttotonn						
	<1.000	1.000-4.999	5.000-9.999	10.000-24.999	25.000-49.999	50.000-99.999	>= 100.000
01 Oljetankere	0,013	0,020	0,020	0,051	0,070	0,094	0,254
02 Kjemikalie-/produkttankere	0,007	0,021	0,037	0,050	0,055		
03 Gasstankere	0,036	0,021	0,046	0,058	0,066	0,114	0,137
04 Bulkskip	0,007	0,021	0,035	0,041	0,052	0,078	0,087
05 Stykkgodtsskip	0,006	0,012	0,026	0,057	0,107		
06 Kontainerskip		0,025	0,036	0,052	0,440	0,107	0,120
07 Ro Ro last	0,009	0,018	0,026	0,042	0,068	0,356	
08 Kjøle-/fryseskip	0,003	0,019	0,035	0,041			
10 Offshore supply skip	0,014	0,055	0,116				
11 Andre offshore service skip	0,007	0,064	0,086	0,104	0,095	1,107	3,780

Kilde: Beregnet av Vista Analyse, basert på tall fra DNV-GL (2014b).

### Utslippsfaktorer for marint drivstoff

Vi har tatt utgangspunkt i de utslippsfaktorene som benyttes ved norsk rapportering til CLRTAP og UNFCCC<sup>13</sup> (Sandmo 2013) fordi dette er de mest omforente tallene, og fordi rapporten gir en grundig gjennomgang av alle faktorene de bruker. Siden Sandmo oppgir historiske tall for utslippsfaktorer, blant annet for svovelutslipp fra skipsfart, har det imidlertid vært nødvendig å justere utslippsfaktorene for å gjenspeile de nye kravene til svovelutslipp som omtales nedenfor. Årlige utslipp estimeres i Sandmo (2013) fra salg av drivstoff til innenlandsk skipstrafikk<sup>14</sup>, ved bruk av gjennomsnittlige utslippsfaktorer i kalkulasjonene<sup>15</sup>.

Relevante utslippsfaktorer for sjøtransport fra Sandmo (2013) er samlet i tabell 3.7.

**Tabell 3.7. Utslippsfaktorer for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM og SO<sub>2</sub> ved olje og gass som drivstoff i skip i Sandmo (2013)**

Drivstoff	Utslippsfaktor (kg eller tonn utslipp per tonn drivstoff)				
	CO <sub>2</sub> tonn/tonn	NO <sub>x</sub> kg/tonn	PM <sub>2,5</sub> * kg/tonn	PM <sub>10</sub> *TSP kg/tonn	SO <sub>2</sub> **** kg/tonn
<b>Marin gassolje/diesel</b>	3,17	39,01	1,5	1,6	1,196
<b>Lettolje</b>	3,17	39,01	1,5	1,6	0,984
<b>Tunge destillater</b>	3,17	39,01	5,1	5,4	4,32
<b>Tungolje</b>	3,2	39,01	5,1	5,4	17,84
<b>LNG Natural gas (1000 Sm<sup>3</sup>)</b>	1,99/2,34*** (tonn/1000 Sm <sup>3</sup> )	4,0	0,032	0,032	0

\*For oljebaserte drivstoff er det antatt at alle partikler er inkludert i PM<sub>10</sub> og 95 prosent av partiklene er inkludert i PM<sub>2,5</sub>.

\*\*Utslippsfaktorer for partikler fra skip som benytter gass, er basert på målinger gjort av MARINTEK, som viser 95-99 prosent utslippsreduksjon sammenlignet med marine gassoljer.

\*\*\*for henholdsvis tørr gass (innenlandsk bruk) og rich gas (continentalsokkel)

\*\*\*\*Gjelder for 2011 (siste årstall oppgitt i Sandmo 2013). Faktorene endres årlig, i henhold til endringer i svovelinnholdet i produktene.

Kilde: Sandmo (2013), tall hentet fra tabell B1, B12.

Utslippsfaktorene for svoveloksider er bestemt av svovelinnholdet i drivstoffet, og varierer mellom ulike oljer, marin gassolje/diesel, lette oljer, tunge destillater og tungoljer, men varierer også betydelig over år. Dette er vist i tabell B3 i Sandmo

<sup>13</sup> Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP); United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

<sup>14</sup> I Sandmo (2013) defineres norsk nasjonal sjøtrafikk som skip som beveger seg mellom to norske havner (i henhold til CLRTAP og UNFCCC). I denne sammenheng defineres installasjoner i den norske delen av kontinentalsokkelen som havner.

<sup>15</sup> For 1993, 1998, 2004 og 2007 har utslipp også blitt estimert basert på en bottom-up-tilnærming. Drivstofforbruksdata ble samlet inn for alle kategorier skip (basert på alle norske skip i innenlandsk transport), i tråd med inndelingen i vår tabell 2.2. Utslipp ble estimert fra skipsspesifikke utslippsfaktorer og drivstofforbruk. Fra denne informasjonen ble gjennomsnittlige utslippsfaktorer estimert for bruk i den årlige oppdaterte basert på salg av drivstoff. Denne tilnærmingen er såpass ressurskrevende at den ikke gjennomføres årlig.

Når det gjelder aktivitetsdata gir årlig salgsstatistikk for petroleumsprodukter tall for bruk av marin gassolje, tunge destillater og tunge oljer i innenlandsk skipsfart.

(2013). Gjennomsnittstall for 2011 (siste tall vi har oppgitt utslippsfaktorer for i Sandmo 2013) er vist i tabell 3.7.

Svovelinholdet i såkalte ECA-områder (Emission Control Areas), som bl.a. omfatter Nordsjøen/Østersjøen er fra 1.1.2015 redusert fra maksimalt 0,5 til 0,1 prosent svovelinhold i drivstoffet, dette gjelder også skip som ligger til kai i EU-området. Videre skal etter planen den globale IMO-standard reduseres fra 3,5 til 0,5 prosent fra 2020, men dette kan bli utsatt til 2025. Disse kravene kan oppfylles enten ved å bruke drivstoff med mindre svovel, ved å installere renseteknologi (scrubbere) for å rense avgassene eller ved å gå over til andre drivstofftyper som LNG. Det er klart at denne reguleringen vil redusere utslippene av svovel i de aktuelle områdene, men det er noe mer usikkert hvordan skipene vil tilpasse seg når de har noe fart innenfor de strengeste kravene til utslipp og noe utenfor (jf. bl.a. Thema 2014; DNV 2012).

De nye svovelkravene vil gjelde i norsk farvann fra Sørvestlandet og sørover. Nord for dette området vil det fortsatt være lovlig å benytte drivstoff med høyere svovelinhold. Det er imidlertid sannsynlig at alle fartøy som går langs norskekysten vil gå over til å benytte drivstoff med svovelinhold som tilfredstiller ECA-kravene. For fartøy som går ut og inn av området vil det være vanskelig i praksis å skifte mellom ulike drivstoff. Oljebransjen vurderer at det etter hvert vil bli vanskelig å få kjøpt drivstoff med høyere svovelinhold. Omsetningen av for eksempel tungolje til transportsektoren har i 2015 falt helt bort ifølge statistikk fra Norsk Petroleumsinstitutt. Det er dermed også usikkerhet om hvilke utslippskoeffisienter som vil gjelde for PM fremover, fordi PM-utslippene er adskillig høyere for tunge oljeprodukter, og dersom tung olje og destillater er på vei ut, vil også PM-utslippene reduseres. Vi har derfor lagt inn utslippsfaktorene for lette produkter også for PM-utslipp i utgangsberegningene, men har i følsomhetsanalysene vurdert hvordan det slår ut dersom vi legger utslippsfaktorene for tunge produkter til grunn i rutene som er merket «tunge» (mørkeblå) i tabell 3.5.

Det arbeides også med å redusere NO<sub>x</sub>-utslippene fra skipsfart, og det gir grunn til å tro at også utslippene av NO<sub>x</sub> vil bli redusert fremover. Disse kravene er imidlertid ikke innført enda, og vi har derfor lagt til grunn NO<sub>x</sub>-utslippsfaktorene i Sandberg (2013).

### Utslippsfaktorer benyttet i våre beregninger

Basert på utslippsfaktorene i Sandmo (2013), gjengitt i tabell 3.7. ovenfor, en vurdering av at svovelutslippet vil måtte gå ned for alle drivstofftyper i hele Norge som følge av det nye kravet og at det vil endre drivstofforbruket med økt bruk av lette produkter og svært redusert bruk av tunge produkter. For øvrige utslipp er utslippene per tonn drivstoff de samme, med unntak av utslipp av PM<sub>10</sub> (og PM<sub>2,5</sub>) som er lavere for de lette produktene. Vi har beholdt inndelingen i lette og tunge som i tabell 3.5., men har forenklet tabellen noe fordi utslippsfaktorene er de samme for flere produkter. Vi har også fjernet utslippsfaktor for PM<sub>2,5</sub> ettersom vi kun vil prise PM i form av PM<sub>10</sub>. Tabellen ser da slik ut:

**Tabell 3.8. Benyttede utslippsfaktorer for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM og SO<sub>2</sub> ved olje og gass som drivstoff i skip i våre beregninger.**

Drivstoff	CO <sub>2</sub> tonn/tonn	NO <sub>x</sub> kg/tonn	PM <sub>10</sub> *TSP kg/tonn	SO <sub>2</sub> **** kg/tonn
Lette produkter (olje, diesel, destillater)	3,17	39,01	1,6	1,0
Tunge produkter (destillater, olje)	3,17	39,01	1,6 (5,1)	1,0
LNG Natural gas (1000 Sm <sup>3</sup> )	1,99/2,34*** (tonn/1000 Sm <sup>3</sup> )	4,0	0,032	0

### Utslipp per kilometer utseilt distanse for ulike skips kategorier og –størrelser

Ved å kombinere tabellene med drivstoff per kilometer og utslippsfaktorer per tonn drivstoff, kan vi for hver skips kategori og –størrelse få fram utslipp i kg eller tonn per seilt kilometer. Dette er vist i tabellen nedenfor for NO<sub>x</sub>. Tilsvarende tabeller for CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og SO<sub>2</sub> er vist i vedlegg 1. Som vi diskuterte i tilknytning til tabellen om drivstoffforbruk per seilt kilometer, er det en del ruter med lave tall for utseilt distanse, og en del usikkerhet knyttet til tall i enkeltruter. Dette gjenspeiles også når vi regner videre på utslipp for drivstofforbruket per seilt kilometer. Som nevnt over, benytter vi derfor mer aggregerte tall i beregninger av utslippskostnader, ikke tall fra enkeltruter.

**Tabell 3.9. Utslipp av NO<sub>x</sub> i kg per seilt kilometer for ulike skips kategorier for NO<sub>x</sub>.**

	Bruttotonn						
	<1.000	1.000- 4.999	5.000- 9.999	10.000- 24.999	25.000- 49.999	50.000- 99.999	>= 100.000
01 Oljetankere	0,5	0,8	0,8	2,0	2,7	3,7	9,9
02 Kjemikalie- /produkttankere	0,3	0,8	1,5	2,0	2,2	.	.
03 Gasstankere	1,4	0,8	1,8	2,3	2,6	4,4	5,3
04 Bulkskip	0,3	0,8	1,4	1,6	2,0	3,1	3,4
05 Stykkgodtsskip	0,2	0,5	1,0	2,2	4,2	.	.
06 Kontainerskip	.	1,0	1,4	2,0	17,2	4,2	4,7
07 Ro Ro last	0,3	0,7	1,0	1,6	2,7	13,9	.
08 Kjøle-/fryseskip	0,1	0,7	1,4	1,6	.	.	.
10 Offshore supply skip	0,5	2,1	4,5	.	.	.	.
11 Andre offshore service skip	0,3	2,5	3,3	4,1	3,7	43,2	147,4

### Eksterne utslippskostnader i kroner per seilt kilometer

Ved å kombinere prisene per utslippsenhet (enhetsprisene) med utslipp målt i kg eller tonn i tabellen over, kan vi beregne eksterne kostnader i form av kroner per seilt kilometer for de ulike utslippskomponentene. Disse tallene benyttes videre for å beregne utslippskostnader per tonnkilometer.



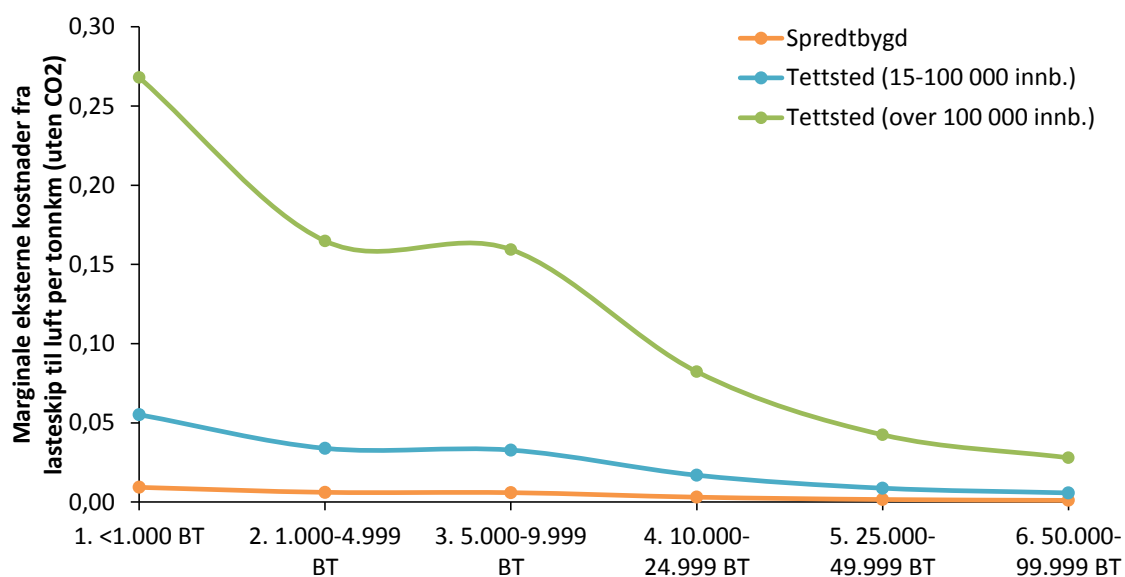
### Eksterne utslippskostnader i kroner per tonnkilometer

Vi skal beregne eksterne utslippskostnader per tonnkilometer. Som vi har vært inne på, er anslagene for antall tonnkilometer som fraktes med sjøtransport noe usikkert. Siden det også varierer noe hvilke skip og frakter som inkluderes i de ulike beregningene, mener vi det blir riktigst å benytte oversikten over utseilt distanse, drivstoff, og kjennskap til skipene som trafikkerer norske farvann i størst mulig grad for å gjøre beregningene konsistente. Vi benytter derfor fremgangsmåten for beregning av tonnkilometer som er vist i avsnitt 2.7.6. Det er imidlertid en usikkerhet i beregningene, særlig for andel av transporten som bare er på gjennomfart, og som antas å være blant de største skipene, samt beregnet last ut fra gjennomsnittlig dødvekttonn og utnyttelsesgrad.

Disse beregningene fører fram til eksterne utslippskostnader per tonnkilometer for hver rute i tabellen for skips kategorier og –størrelser, der det er tilstrekkelig antall observasjoner (skip) til å rapportere tall.

Ved vurdering av utslipp per tonnkilometer for ulike skips kategorier og –størrelser, der det ved beregning av utslippene per tonnkilometer tas hensyn til de antall seilte kilometer som ligger bak utslippet per tonnkilometer, får vi et bilde av utslipp per tonnkilometer som i liten grad skiller mellom ulike kategorier skip. Derimot er det betydelige forskjeller i utslipp per tonnkilometer mellom skip av ulik størrelse. For en del skips kategorier er det relativt få skip i norske farvann av visse størrelser, slik at ikke alle størrelses kategorier er aktuelle å beregne for alle skipstyper. Vi vil derfor rapportere utslippskostnader for skip for henholdsvis «mindre» og «større» skip, men ikke skille på kategorier. For «mindre» skip benytter vi utslippene i størrelses kategori 2 (1000 – 4999 BT) mens «større» er i størrelses kategori 4 (10 000-24 999 BT). I den minste kategorien og de største er det såpass få skip som frekventerer norske farvann, at usikkerheten i estimatene blir større, og resultatene blir mindre relevante for praktisk skipsfart.

**Figur 3.1. Marginale eksterne kostnader i kroner fra skip til luft per tonnkilometer (klimaeffekter kommer i tillegg) for spredtbygde strøk, tettsted med 15 000-100 000 innbyggere og for tettsteder med mer enn 100 000 innbyggere.**



Figuren viser, som ventet, at de marginale eksterne kostnadene fra utslipp til luft er betydelig høyere for de største tettstedene enn for mindre tettsteder og spredtbygde



strøk. Dette henger sammen med at nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og særlig svevestøv (PM<sub>10</sub>) har mye høyere kostnad per kg utslipp i de større byene.

For lokale utslipp benyttes følgende estimer for eksterne marginale kostnader, som vist i tabellen nedenfor. Beregninger der klimaeffekter (kostnader ved CO<sub>2</sub>) ikke er inkludert, er vist i radene «uten CO<sub>2</sub> i tabell 3.10. Vi viser også resultatene dersom vi legger til grunn en pris på CO<sub>2</sub> på 400 kroner per tonn.

**Tabell 3.10. Eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer ved bruk av oljeprodukter for spredtbygd strøk, mindre og større tettsted.**

		Spredtbygd (kr/tonnkm)	Tettsted (15000-100000 innbyggere) (kr/tonnkm)	Tettsted (> 100 000 innbyggere) (kr/tonnkm)
<b>Mindre skip (høye utslipp)</b>	<b>Uten CO<sub>2</sub></b>	0,006	0,034	0,165
	<b>Med CO<sub>2</sub></b>	0,016	0,044	0,175
<b>Større skip (lave utslipp)</b>	<b>Uten CO<sub>2</sub></b>	0,003	0,017	0,082
	<b>Med CO<sub>2</sub></b>	0,008	0,022	0,087

Disse kostnadene tas med videre i beregninger av totale marginale eksterne kostnader, oppsummert i kapittel 8.

### 3.4.2 Skip med LNG

Antall skip med LNG i norske farvann er fortsatt lavt. En oversikt for 2013 viste totalt 40 skip, hvorav 14 drev innen godsfrakt mens de fleste (22) var passasjerskip (DNV-GL (2014a).

Utslippsfaktorer for LNG er vist i tabell 3.7. ovenfor, mens resultater for LNG vises som del av følsomhetsanalysene i tabell 8.5.

## 3.5 Jernbanetransport

### 3.5.1 Dieseltog

#### Dieselforbruk per tonnkilometer

NSB (2012) oppgir at dieselforbruket per tonnkilometer transportert er 0,012 liter<sup>16</sup>. Dette tilsvarer 0,0102 kg diesel per tonnkilometer. Det har vært en liten nedgang i forbruket per tonnkilometer, fra 0,014 liter noen år før. Vi vil ta utgangspunkt i 2012-tallet ved beregning av eksterne utslippskostnader for dieseltog.

<sup>16</sup> I disse beregningene er det ifølge NSB (2012) benyttet følgende forutsetninger: Diesel/lett fyringsolje gir 42,7 MJ/kg (1 liter = 0,85 kg), 1 kWh = 3,6 MJ.

## Utslippsfaktorer

Utslippsfaktorer for (diesel)tog finnes i Sandmo (2013). Utslippsfaktorene som benyttes for blant annet NO<sub>x</sub> og PM<sub>10</sub> ble estimert av Bang så tidlig som i 1993, basert på en litteraturgjennomgang og data fra norske bruksprofiler. Disse tallene brukes fortsatt, og vi har derfor også benyttet disse. For de øvrige utslippene som er relevante for oss, benyttes de samme som for dieselmaskiner brukt i gruvevirksomhet, i tråd med anbefalingene i Sandmo (2013).

**Tabell 3.11. Utslippsfaktorer for dieseltog**

Utslipp	CO <sub>2</sub> tonn/tonn autodiesel	NO <sub>x</sub> kg/tonn diesel	Partikler PM <sub>10</sub> kg/tonn diesel	SO <sub>2</sub> kg/tonn diesel
<b>Utslippsfaktor</b>	3,17	47	3,8	0,015

Kilde: Tall hentet fra Sandmo (2013), tabell B1 og B17.

## Utslipp i kg eller tonn per tonnkilometer

Ut fra utslippstall målt i liter og omregnet til tonn drivstoff per tonnkilometer og utslippsfaktorer per tonn drivstoff, kan vi direkte beregne utslipp i kilogram for de ulike komponentene per tonnkilometer.

**Tabell 3.12. Utslipp i kg for NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> og SO<sub>2</sub> og i tonn for CO<sub>2</sub> per tonnkilometer for dieseltog**

	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>Utslipp i kg/(tonn for CO<sub>2</sub>) per tonnkm</b>	0,000032334	0,0004794	0,00003876	0,000000153

## Utslippskostnader i kroner per tonnkilometer for spredtbygd og byer av ulik størrelse

Utslippskostnader i kroner per tonnkilometer er beregnet ved å benytte utslippstallene i tabell 3.12 og multiplisere med prisene for de respektive utslippene, oppsummert i tabell 3.4.). I tabellen har vi inkludert kostnader for CO<sub>2</sub>, med de angitte prisene som er benyttet i rapporten.

**Tabell 3.13. Utslippskostnader i kroner per tonnkilometer for dieseltog**

	spredtbebygd	by 15000- 100000	by>100 000
<b>CO2</b>	0,012934	0,012934	0,012934
<b>NOx</b>	0,009588	0,038352	0,153408
<b>PM10</b>	-	0,029070	0,207366
<b>SO2</b>	-	0,000002	0,000003

### 3.5.2 Elektriske tog

#### Antar ingen utslippskostnader fra elektrisitet

Vi antar ingen utslipp fra elektrisk drift (jf. kapittel 2).

#### Vurdering av utslipp av kobber fra kontaktledninger

Elektriske tog medføre en viss slitasje av kobber fra kontaktledningene. Ifølge NSB (som referert i Sandmo 2013) er vekten av en kontaktledning 0,91 kg per meter.

Vekten reduseres med 20 prosent etter at 3 millioner tog har passert. Dette gir en utslippsfaktor på 0,06 gram per togkilometer. Det er usikkert hvor mye av dette som slippes ut i luften. I Sandmo (2013) er det antatt at 50 prosent slippes til luft. Dette gir en utslippsfaktor på 0,03 gram per togkilometer (Sandmo 2013).

Ifølge Magnussen og Navrud (2010) som på oppdrag fra Miljødirektoratet vurderte oppdaterte utslippskostnader for ulike miljøgifter, kan kostnaden ved utslipp av kobber anslår til 3 kr per kg (med oppgitt variasjon 1-12 kr per kg), mens en tidligere rapport (ECON 2000) anslo utslippskostnaden til kr 300 per kg kobber. Ved å benytte disse utslippskostnadstallene for kobber, finner vi at en marginal kostnad kan være i størrelsesorden 0,003-0,036 øre per togkilometer, totalt for alle tog, altså før vi har fordelt på passasjer- og godstog. Denne kostnaden er dermed så lav, at vi ikke tar den med videre i beregningene.

## 4 Støy

I dette kapittelet beskrives støy og støyplager, hvordan støy er verdsatt tidligere, og vår fremgangsmåte for å komme fram til eksterne marginale støykostnader. Støykostnader beregnes bare for jernbanetransport, men vurderes også for sjøtransport, særlig knyttet til havner.

### 4.1 Om støy og støyplager

Ifølge [www.miljostatus](http://www.miljostatus.no) i Norge er nesten 1,4 millioner mennesker i Norge utsatt for støy ved boligen sin, og omtrent 96 prosent av støyplagene stammer fra transport. Det er dermed det miljøproblemet som rammer flest mennesker i Norge. Hvor plaget man er av støy avhenger av støyens forutsigbarhet og en rekke spesielle forhold knyttet til de situasjonene og aktivitetene som blir forstyrret av støy. Lydens karakter bestemmes av frekvensinnhold, for eksempel bass/diskant, tidsforløp og varighet samt hvor raskt lyden øker i nivå. Dette medfører blant annet at folk oppgir å være ulikt plaget av ulike støykilder til tross for at det såkalte døgnequivivalente støynivået er det samme. Stillhet er et knapphetsgode som påvirkes av utviklingen av menneskeskapte aktiviteter på andre områder.

Forstyrrelse av søvn regnes blant de mer alvorlige virkningene av støy, og kan ha en rekke konsekvenser. Støy kan gi psykisk stress og helseplager som muskelspenninger og muskelsmerter, være en medvirkende årsak til høyt blodtrykk og utvikling av hjertesykdom, og gi hørselstap. Langvarig irritasjon over støy kan påvirke utvikling av sykdom. Støy virker ofte sammen med andre stressfaktorer som for eksempel luftforurensning. Derfor er det vanskelig å skille klart mellom støyens effekter og andre miljøfaktorers effekter.

#### 4.1.1. Måling av støy

Lyd er svært små trykkbølger i luften. Lydtrykket måles i samme enhet som annet trykk, dvs. N/m<sup>2</sup>, også kalt Pascal (Pa). Vi oppfatter lydtrykksvariasjoner helt ned til 0,00002 Pa (SSB, 2004). For måling av lyd er det upraktisk å bruke Pa, og man har derfor utviklet en mer sammentrykt skala, desibelskalaen, hvor 0 dB tilsvarer den svakeste lyden vi kan høre og 120 dB tilsvarer 20 Pa – som er det nivået da trykket gir smerte. dB uttrykker lydtrykksnivået. I tillegg til lydtrykket påvirker frekvensen på trykkbølgene hva vi hører. Frekvensskalaen (Hz, svingninger pr sekund) varierer fra 20 Hz som er laveste hørbare lyd til 20 000 Hz som angir øvre grense for høreområdet.

Øret er mest følsomt for frekvenser rundt 1 000 Hz. Det er laget en frekvensveiekurve som etterligner ørets følsomhet. Veiekurven har betegnelsen A og den angir antall dB som skal legges til eller trekkes fra for ulike frekvenser for å gi sammenlignbare "lydverdier". Lyd målt med A-kurven benevnes LA og angis i dBA. En normal stemme på 1 m avstand har et lydnivå på 58 dBA.

For mange lydkilder varierer støynivået over tid. For å ha felles "målepunkter" lager man ekvivalente støynivåer,  $L_{ekv}$ , som angir gjennomsnittlig støy over en gitt tidsperiode. Det vanligste er å bruke døgnequivivalent støynivå,  $L_{den}$ , men det kan også deles inn i kortere tidsintervaller, for eksempel nattetid. I verdsettingsstudiene som refereres nedenfor utgår vi fra at støynivået er uttrykt i  $L_{den}$ , hvis ikke annet fremgår av kilden.

Lyden avdempes med avstanden. I tillegg svekkes lydbølgen ved såkalt luftabsorpsjon. Marktype, vegetasjon, terrengformer og vær har også betydning for hvordan lyden spres og dempes.

#### 4.1.2. Plagethet og helseskader

Det er store individuelle forskjeller i hvor plaget man er av støy, som dels er knyttet til at vi har forskjellige toleransenivåer og dels til at støykilden også er med på å bestemme hvor plaget man er. Naturlig støy, for eksempel fra en foss, vil av de fleste oppfattes som mindre plagsomt enn trafikkstøy også ved samme støynivåer. Å verdsette den subjektive støyplagen kan derfor være utfordrende.

I tillegg til den "subjektive" støyplagen er det flere nye studier som viser at omfanget av skader forårsaket av støy er større enn tidligere antatt, se for eksempel Basner m. fl., (2014). Effektene kan deles inn i direkte og indirekte skader. De direkte helseeffektene av støy berører selve hørselsfunksjonen, dvs. hørselsskade, kommunikasjonsforstyrrelse eller umiddelbare reaksjoner som søvnforstyrrelser. Støy kan f.eks. gi dårlig søvnkvalitet, redusert velvære og dårligere prestasjoner (Folkehelseinstituttet, 2013b). Søvnmangel kan gi nedsatt stemningsleie og yteevne, samt bidra til utvikling og forverring av sykdomstilstander.

Indirekte helseeffekter av støy kan være endret adferd, stressutløste helseplager, samt påvirkning av ytelse og motivasjon. Støy kan også gi høyt blodtrykk, se for eksempel DEFRA (2014) og Harding m.fl. (2011). Hva som skaper linken er uklart, men noen hypoteser er forstyrrelse av det autonome nervesystemet og det endokrine systemet, endring i hjerterytmene og frigjøring av stresshormoner.

WHO & JRC (2011) estimerer helseeffekter av støy, basert på en analyse av risikoen for å bli syk eller dø. Helseeffektene uttrykkes i tapte DALY<sup>17</sup>, og totalt estimerer man en DALY for Europa på 1-1,6 millioner, fordelt med 61 000 knyttet til hjerteproblemer, 45 000 knyttet til lærevansker hos barn, 903 000 knyttet til søvnforstyrrelser, 22 000 knyttet til øresus og 654 000 knyttet til ubehag/plage.

Folkehelseinstituttet har brukt samme metode som WHO og JCR for å beregne helsebelastningene som følge av støy fra veitrafikk i Norge (Folkehelseinstituttet, 2012). Beregninger viser at sterk støyplage og søvnforstyrrelser hvert år utgjør henholdsvis 4 512 og 10 245 tapte friske leveår (dvs. DALY). Andelen av hjertekarsykdom eller død som kan knyttes til trafikkstøy kan summeres til cirka 200 tapte friske leveår.

## 4.2 Verdsetting av støy

Det er hovedsakelig tre metodiske tilnærminger for å verdsette støy:

- metoder for å verdsette miljø og helse, herunder
  - Eiendomsprismetoden, hvor hypotesen er at jo mer støyutsatt eiendommen er, desto lavere markedspris vil den ha.

---

<sup>17</sup> Disability-adjusted life years, dvs. summen av år som går tapt grunnet for tidlig død (YLL) og av antall år med god helse som går tapt pga. dårlig helse eller nedsatt funksjonsevne (YLD)

- betinget verdsetting hvor folk oppgir hvor mye de er villige å betale for å slippe eller redusere støyplagen, alternativt hvor stor kompensasjon de vil ha for å akseptere en økning i støyplage.
- skadekostnadsberegninger, dvs. en beregning av helsekostnader for f.eks. tap av friske leveår, alternativt hva forskjellige type helseskader koster i behandling eller hva de betyr i form av redusert produktivitet
- tiltakskostnader, dvs. hva det koster å redusere støyplager.

Uansett hvilken av disse tilnærmingene som brukes, trenger man en metode for å beregne hvor mange som er plaget av eller får helseskader av støyen. Dette kan man i prinsippet gjøre "direkte" gjennom å spørre folk om hvor plaget de er etter en plagethetsskala av støy som går fra «ikke plaget» til «ekstremt plaget» og deres betalingsvillighet for å unngå plagen. I senere år har man i økende grad brukt impact pathway (effektkjede eller skadefunksjonsanalyser), se for eksempel Trafikverket (2014). Med denne tilnærmingen kan man også verdsette de konsekvenser som støy har utover å gi ubehag eller plage, for eksempel ulike former for sykdom og søvnforstyrrelser.

En skadefunksjonstilnærming kan benyttes til å beregne totalt velferdstap fra økt støy, eller total velferdsøkning fra redusert støy, fra nye støyende aktiviteter/virksomheter eller tiltak som har til hensikt å redusere støy. For støy kan de ulike trinnene i metoden beskrives slik (basert på Magnussen m.fl., 2010a):

- i) Kartlegging av økning/reduksjon i støyutslipp, beskrevet i form av endringer i tid, sted, frekvens, nivå og støykilde (og sammensetning av/bidrag fra ulike støykilder hvis det er flere).
- ii) Støyspredningsmodeller benyttes for å estimere endret eksponering for støy på ulike geografiske steder, målt i dBA og støyindikator ( $L_{eq}$ ) som presentert i støykart og støydatabaser.
- iii) Dose-respons-funksjoner mellom desibel-nivå (målt ved støyindikatorer som  $L_{den}$ ) og nivåer for plagethet ("annoyance"), hjertesykdom, subjektiv søvnkvalitet og andre effekter av støy.
- iv) Dose-respons-funksjonene og informasjon om antall tilfeller for hvert endepunkt benyttes for å beregne den totale endringen i støypåvirkning.
- v) Økonomiske verdsettingsmetoder benyttes for å estimere den økonomiske verdien av en "enhet" av hvert endepunkt for de aktuelle dose-respons-funksjonene.

De dose-respons-funksjoner som finnes er stort sett knyttet til ulike former for trafikkstøy, og da spesielt fra veitrafikk, og til plagethet.

Nedenfor redegjør vi kort for tilnærming og verdier som er brukt i tidligere beregninger av marginale støykostnader for transport, samt noen nyere analyser av støykostnader.

#### 4.2.2. Tidligere tilnærminger og verdier

I den siste beregningen av marginale eksterne kostnader for godstransport, ECON (2003), ble det brukt et gjennomsnitt av støykostnadene i TØI (1999) og kostnader

basert på SSBs beregning av støyplageindeks (SPI)<sup>18</sup> for ulike transportmåter og en verdsetting av én SPI på 10.000 kr. TØI (1999) var i sin tur basert på en undersøkelse av støykostnadene i Gamlebyen i Oslo fra 1996. Denne verdsettingen medførte at støykostnadene for godstransport på bane ble omtrent de dobbelte av anslagene i TØI (1999), men at verdsettingen var mer i samsvar med verdsettingen i andre land. ECON (2003) poengterer at man beregnet de gjennomsnittlige støykostnader, og at de marginale kostnadene sannsynligvis er en god del lavere.

Sweco gjennomførte i 2010 en analyse hvor man bl.a. så på verdsetting av støy i transportetaten (Magnussen m.fl., 2010b). Denne analysen tar utgangspunkt i skadefunksjonstilnærmingen presentert over. De velger imidlertid kun å ta med støyplage, basert på at det på dette tidspunktet kun forelå pålitelige dose-responsfunksjoner for støyplage. Disse funksjonene er basert på en ekstensiv meta-analyse av dose-responsfunksjoner for den tidligere 4-delte støyplagethetsskalaen med "svært plaget" som høyeste plagethetsgrad (Miedema og Oudshoorn, 2001) og tilpasser analysen til den 5-delte skalaen som nå brukes i spørreundersøkelser og har «voldsomt plaget» som høyeste plagethetskategori.<sup>19</sup>

Basert på norske betinget verdsettingsstudier (se Navrud 2004; 2010) anbefaler Magnussen m.fl. (2010b) enhetspriser for støy til bruk i etatenes håndbøker for samfunnsøkonomiske analyser. Prisen er basert på en norsk betalingsvillighetsstudie gjennomført i 2005 innenfor det europeiske HEATCO-prosjektet. I denne betalingsvillighetsstudien skilles det mellom veitrafikk og jernbane. Men Magnussen m.fl. (2010b) velger å anbefale samme enhetspris som for jernbane som vei, dvs. 335 2009-kr per dBA (over 55 dBA utvendig støynivå) per år per person som er «ganske», «mye» eller «voldsomt» plaget av støy, begrunnet med at verdsettingsstudien for jernbane ikke gir konsistente tall. Vanligvis har folk større toleranse for jernbanestøy enn for veistøy, og det er vanlig å gi jernbanen en "bonus" på 5 dB, hvilket enten ville bety at man først verdsetter støynivåer over 60 dB eller bruker en lavere enhetspris. Magnussen m.fl. (2010b) velger imidlertid å se bort fra denne effekten. Elmenhorst m fl. (2012) finner at godstransport på jernbane nattetid øker sannsynligheten for at folk våkner, dvs. forstyrres i søvnen, og mener basert på dette at jernbanens "lydbonus" i hvert fall ikke bør gjelde om natten. Vi anbefaler, på lik linje med TØI (2014a) at det ikke benyttes en bonus på 5 dB for godstransport på jernbanen.

TØI oppdaterte i 2014 de eksterne marginale kostnadene ved veitrafikk (TØI, 2014b). De beregner støyplage med utgangspunkt i Statistisk Sentralbyrås kartlegging av personer som er utsatt for veitrafikkstøy, internasjonale virkningskurver (Miedema, 2002; Miedema og Oudshoorn, 2001) og enhetsprisen<sup>20</sup> per plaget fra Magnussen m.fl. (2010b). Disse enhetskostnadene regnes om til marginale støykostnader (dvs. kr/km) basert på Statistisk Sentralbyrås forenklete støyberegninger og en metode beskrevet i

---

<sup>18</sup> En indeks som illustrerer hvor plaget man er av støy. F.eks. er det ifølge SSB 76 300 som er utsatt for jernbanestøy, mens SPI for samme støy er 24 200. Dette kan tolkes som at gjennomsnittlig plagethet er 30 prosent, hvor 100 prosent tilsvarer "ekstremt plaget" og 0 prosent "ikke plaget".

<sup>19</sup> se ISO-retningslinjer for spørreundersøkelser om plaghet av støy, ISO/TS 15666:2003: [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=28630](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=28630).

<sup>20</sup> Enhetsprisen per plaget person og år er 2 750 kr for veitrafikk, basert på at gjennomsnittlig lydnivå for de som er plaget er 63,2 dBA.

Andersson og Ögren (2013). Ifølge TØI (2014b) har denne metoden flere fordeler sammenlignet med tidligere brukte metoder for å beregne marginale støykostnader:

- metoden beregner marginale kostnader og ikke gjennomsnittskostnader
- metoden bygger på anvendelse av støyberegningsverktøyer, hvilket gir en mer presis beskrivelse av den marginale støyen en ekstra bil skaper
- ulike desibelnivåer og lokale forskjeller i bl.a. befolkningstetthet behandles direkte i modellen, noe som gir en langt bedre beskrivelse og differensiering av støyplage enn hva tidligere beregninger tillater.

TØIs forprosjekt om godstransport (TØI, 2014a) anbefaler å gjøre nye beregninger knyttet til de marginale eksterne kostnadene av støy på jernbane, hvor man bygger på samme prinsipp som i TØI (2014b), dvs. bruker dose-respons sammenhenger (Miedema, 2002) for å anslå andelen plagede av støyutsatte, og den ovenfor refererte metoden til å beregne marginale støykostnader (Andersson og Ögren, 2013).

### Utenlandske studier

I Sverige gjennomfører Trafikverket hvert år en vurdering av trafikkenes eksterne kostnader, i ASEK-prosjektet.<sup>21</sup> ASEK-rapporten presenterer kalkulasjonsverdier og prinsipper som bør benyttes i transportsektorens samfunnsøkonomiske analyser. ASEK-rapporten revideres hvert år og den siste revisjonen er ASEK 5.2 (se Trafikverket, 2015).

I ASEK 4 ble det tatt et første steg mot å ta hensyn til det man kaller ubevisste støyforstyrrelser og ikke bare uttrykt plagethet, dvs. også ta hensyn til kostnader for helsevesenet og produksjonstap pga. sykdommer som har en kvantifisert sammenheng med trafikkstøy, som hjerte- og karsykdommer og høyt blodtrykk generert av langvarig, stressgenererende eksponering for støy (Vägverket, 2007). Med utgangspunkt i en dansk studie anslo man den totale samfunnsøkonomiske verdien av støyplager til ca 4,6 mrd SEK/år i 1999-priser. Dette medførte at støyverdiene i ASEK 4, som var basert på en eiendomsprisstudie fra 1997, ble justert opp med 42 prosent.

I ASEK 5.2 baseres anslagene for plagethet på en eiendomsprisstudie basert på over tusen eiendomssalg i tettstedet Lerum (VTI, 2009). Resultatene fra denne studien er ifølge Trafikverket (2015) i overensstemmelse med resultatene fra andre internasjonale studier, for eksempel de "EU-verdier" som EU-prosjektet HEATCO anbefaler (Bickel m.fl., 2006). Tallene er imidlertid justert opp for også å ta med de helseeffekter som ble beregnet i ASEK 4, men eksakt hvordan dette er gjort er ikke dokumentert.

Kostnadene i ASEK 5.2 uttrykkes i enheten kr/utsatt og år for hvert lydnivå (dBA) uten-dørs og innendørs. Det laveste støy nivået for jernbane er 50 dBA, hvor kostnaden utendørs er 24 SEK/utsatt og år (2010), mens den er null innendørs. Sistnevnte er et resultat av at alle bygninger er antatt å ha en minste fasadereduksjon av støy nivået på 31 dBA for jernbanestøy. Støykostnaden er økende med antall dBA, og for det høyeste støy nivået (75 dBA) er den hele 36 000 SEK per utsatt og år. For støy nivåer under 70 dBA er kostnaden lavere for jernbanen enn for veitrafikk, mens den for 70 dBA eller mer er høyest for jernbanen. Dette er i samsvar med forskning som viser at veitrafikkstøy er mer forstyrrende enn jernbanestøy, men at ved høyere støy nivåer med mange passerende tog er jernbanestøy mer forstyrrende (Örström m.fl., 2011).

---

<sup>21</sup> Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet



Sammenlignet med Magnussen m.fl. (2010b) gir kostnadene i ASEK 5.2 høyere verdsetting av støy. En endring fra 60 til 55 dBA vil med bruk av Magnussen m.fl. (2010) ha en verdi på 1 675 kr pr. person plaget, mens den med bruk av ASEK 5.2 vil ha en verdi på omtrent 2 700 kr pr. person (begge uttrykt i 2009-priser). Ettersom ASEK 5.2 både inkluderer flere effekter enn Magnussen m.fl (2010b) og beregner kostnad per utsatt og ikke per plaget er dette som ventet. Ved endringer på høyere støynivåer vil ASEK 5.2 gi til dels vesentlig høyere kostnader enn Magnussen m.fl. (2010b).

**Departement of Environment Food and Rural Affairs** (Defra) publiserte i 2014 en ny metode for å verdsette trafikkstøy i Storbritannia (Defra, 2014). Denne bygger på WHO & JCR (2011) og kompletterende analyser av engelske forhold. Metoden bygger på en effektkjede og inkluderer fem grupper av endepunkter:

- helse, inkludert sykkelighet og død
- søvnforstyrrelser
- velferd/ubehag (tilsvarende plagethet i Magnussen m.fl (2010b))
- produktivitet
- naturmiljø

Det er imidlertid kun for de tre første gruppene det presenteres verdier (verdi per husholdning ved en marginal endring i støynivå) og mer detaljerte metoder for å beregne spesifikke verdier ved større tiltak hvor støy er antatt å ha en sentral betydning.

Den generelle metoden for å verdsette de forskjellige skadene er:

*Verdien av skaden = utsatt befolkning \* andel med skade \* alvorlighetsvekt \* helseverdi*

Alvorlighetsvekten (DW, disability weighting) er hentet fra WHO & JCR (2011) og angir hvor mye helsen for en fullt frisk person reduseres. For søvnforstyrrelser ligger alvorlighetsvekten ifølge WHO i intervallet 0,04 - 0,1, med en anbefalt verdi på 0,07. Dette betyr at det å oppleve forstyrrelser i søvnen pga. trafikkstøy reduserer et fullt friskt individs helse med 7 prosent.

Helseverdien uttrykkes i QALY (Quality adjusted life years, kvalitetsjusterte leveår), dvs. antall ekstra leveår et tiltak forventes føre til, justert for redusert livskvalitet.

Tallene i Defra (2014) kan ikke antas å være direkte overførbare til Norge, men metoden som brukes, kan være aktuell å bruke her. Folkehelseinstituttet (2012) er et første steg på vei mot en slik metode i Norge, men det trengs sannsynligvis vesentlig mer forskning før man har anslag som kan brukes for å anslå skadekostnadene for norske støykilder, basert på denne tilnærmingen.

#### 4.2.4. Vår tilnærming

For anslag for verdsetting av støy fra jernbane tar vi utgangspunkt i verdsetting av støy fra veitrafikk som i Magnussen m.fl. (2010b). Dette gir en verdi på 365 kr (2014-nivå) per dBA (over 55 dBA  $L_{den}$  utvendig støynivå) per år og person som er ganske, mye eller voldsomt plaget av støy i sin bolig. Ettersom jernbanestøy har en lavere kostnad enn veitrafikkstøy, i hvert fall for støynivåer lavere enn 70 dBA, gir dette anslaget isolert sett en litt for høy kostnad for jernbanestøyen. På den andre siden inkluderer

anslaget kun velferdstapet av å være plaget av støy, dvs. ikke de helsekostnader som kan ramme alle som er utsatt for støy<sup>22</sup>, og det kan dermed sees som et nedre estimat for den samfunnsøkonomiske kostnaden.

For jernbane burde man helst ha differensiert kostnaden etter tid, dvs. skilt mellom dag og natt. Mye av godstrafikken går nattetid, hvor den mest sannsynlig gir opphav til større plager enn jernbanetrafikk dagtid. Vi har imidlertid ikke datagrunnlag for å gjøre en slik differensiering.

Verdien i Magnussen m.fl. (2010b) er knyttet til de som er plaget av støy, dvs. ikke til alle som er utsatt for støy. Ettersom vi savner en tilfredsstillende dose-respons-funksjon<sup>23</sup> for å beregne hvor mange av de utsatte som er plaget har vi valgt å forutsette at alle som er utsatt også er plaget. Dette er en forenkling som betyr at skadekostnaden muligens er for høy. Samtidig kan det argumenteres for at flere av helse-skadene fra støy også vil ramme de som ikke mener seg plaget av støy. I den svenske beregningen av transportens marginale kostnader, ASEK, beregnes kostnad per utsatt og ikke per plaget. Som fremgår av beregningen av marginal kostnad pr. tonnkm har det heller ikke noen avgjørende betydning for størrelsen på denne kostnaden at vi velger å definere utsatt lik plaget.

Som beskrevet over, antas støykostnader relevante for jernbane langs sporet og ved terminaler. Støy fra sjøtransport anses kun relevant for havner, og vil ikke inngå i beregningsgrunnlaget for kostnader per tonnkilometer, men vurderes i eksemplene for de aktuelle havner og terminaler som inngår.

### 4.3 Verdsetting av støy fra jernbane

I SSBs statistikkdatabank for jernbanetransport finnes data for antall personer i Norge utsatt for ulike støynivå ved sin bolig i 1999, 2005 og 2011 fra ulike kilder. Tallene for 2011 viser at 76 000 personer var utsatt for støy fra jernbane (over 55 dBA). Disse tallene er basert på SSBs støymodell og er gjengitt i tabell 4.1. nedenfor. Tabellen gir oversikt over antall personer som er utsatt for ulike støynivåer i 5 desibel-intervaller.

Tallene for antall utsatte i tabell 4.1. kan multipliseres med prisene gjengitt i avsnitt 4.2.4 som oppgir pris per desibel per person støyutsatt over 55 dBA, dvs. 365 kr. Dette gir en total støykostnad for jernbanestøy.

Vi har ikke nøyaktige tall for hvor mange som utsettes for ulikt antall desibel over 55, kun intervaller på 5 desibel. Som et rimelig utgangspunkt benyttes midtpunktet i intervallet som det antall desibel personene er utsatt for. Det vil si at vi for eksempel antar at de 44 400 personene som er utsatt for støynivå mellom 55,0 og 59,9 desibel, er utsatt for 57,5 desibel, og tilsvarende for de øvrige intervallene. Som omtalt over har vi valgt å sette antall plagede lik antall utsatte, hvilket er en forenkling som muligens overvurderer støykostnaden.

---

<sup>22</sup> Dvs. også de som oppgir at de ikke er plaget av støyen

<sup>23</sup> Det finnes et antall slike dose-responsfunksjoner, men dels så varierer disse etter en mengde forhold/faktorer som vi ikke kan korrigere før og dels så gjelder de mest sannsynlig for et gitt støyintervall. Ved test av noen av disse funksjonene får vi andeler på over 100 prosent for støynivåer over 70 dBA.

Tabell 4.1. Antall personer utsatt for støy fra forskjellige støykilder

	Støyintervall, dBA	Veitrafikk	Jernbane	Luftfart	Industri	Annen næring
<b>1999</b>	I alt over 55	1 006 400	90 300	35 100	21 500	16 900
<b>2005</b>	I alt over 55	1 096 400	60 500	26 100	24 200	17 900
<b>2011</b>	I alt over 55	1 232 800	76 300	38 400	26 000	21 100
	70,0 -	18 500	2 100	300	0	0
	65,0 - 69,9	137 600	6 300	1 800	600	1 100
	60,0 - 64,9	357 700	23 500	9 600	3 900	3 700
	55,0 - 59,9	718 900	44 400	26 700	21 500	16 300
	50,0 - 54,9	..	74 700	71 500	51 600	27 100
	45,0 - 49,9	..	..	..	66 500	46 100

<sup>1</sup>Jernbane og luftfart refererer til 2006 for 2005.

Kilde: Statistisk sentralbyrå

Vi har heller ikke tatt hensyn til at jernbanestøy oppleves som mindre plagsomt enn støy fra biltrafikk ved samme støynivå (i hvert fall for lavere støynivåer). Isolert sett taler dette for at vi overvurderer støykostnadene. Det kunne også tilsi at vi burde velge konservative antagelser for hvilket støynivå folk utsettes for innenfor hvert intervall for derved å gjenspeile denne reduserte plagetheten. På den annen side går antagelig større del av godstogene om natten når det er mindre persontrafikk, og støy om natten oppfattes ofte som mer plagsom enn støy om dagen. Heller ikke dette har vi korrigert for. Vi velger å benytte midtpunkt i utgangsberegningene og vurdere andre forutsetninger i følsomhetsanalyser.

### Fordeling av støyplage mellom person- og godstog

Den totale støykostnaden omfatter både person- og godstrafikk, og vi må derfor fordele denne kostnaden på de forskjellige typene trafikk. Det er ikke rett frem hvordan denne fordelingen skal gjøres. Den enkleste tilnærmingen er kun å fordele etter hvor stor andel disse trafikktypene utgjør av totalt trafikkarbeid målt i kilometer. Da får vi imidlertid ikke tatt hensyn til at godstog støyer mer enn persontog. Grunnen til dette er at godstogene er tyngre enn persontogene, og at støyen er knyttet til belastningen på skinnegangen. Vi har derfor valgt å fordele den totale støykostnaden etter bruttotonnkilometer for de to trafikktypene, ettersom det kan ses som et uttrykk for belastningen på skinnene. Ifølge statistikk fra Jernbaneverket var det totale trafikkarbeidet 16,6 milliarder bruttotonnkilometer i 2013. Dette fordeler seg med 8,32 milliarder på godstog og 8,27 milliarder på passasjertog. Det betyr at 50,2 prosent av støykostnaden tillegges godstransport (ved en fordeling basert på antall kilometer ville kun 18 prosent av støykostnaden tillegges godstransport).

Hvorvidt støykostnaden varierer mellom elektriske tog og dieseltog har vi ikke grunnlag for å anslå og forutsetter dermed at disse togene forårsaker like mye støy.

### Geografisk fordeling

Støykostnaden per tonnkilometer avhenger av hvor man er. I spredtbygde strøk er det vanlig å forutsette at støykostnaden er lik 0, da det er svært få eller ingen som er utsatt for støyen. Jo mer tettbygd strøk, dess høyere støykostnad per tonnkilometer.

Hvis vi deler den totale støykostnaden for godstransport på totalt antall tonnkilometer får vi en "gjennomsnittlig" støykostnad på 0,02 kr/tonnkilometer. Hvis andelen av en strekning som går gjennom spredtbygd og tettbygd strøk er lik for alle strekninger kan

dette tallet gi en god tilnærming til den totale støykostnaden for strekningen. Dette vil imidlertid langt fra være tilfelle for de fleste strekninger.

En bør derfor prøve å fordele støykostnaden etter hvor trafikken går. Basert på statistikk fra Jernbaneverket om bruttotonnkilometer per togstrekning, har vi gjort en skjønnsmessig vurdering av hvor mye av disse strekningene som går gjennom spredtbygd strøk, tettbygd strøk med mellom 15 000 og 100 000 innbyggere og tettbygd strøk med mer enn 100 000 innbyggere. Fordelingen av trafikken fremgår av Tabell 4..

I tillegg til å fordele trafikken geografisk, må man også fordele støykostnadene. Dette har vi gjort på en forenklet måte gjennom å se på den fylkesvise eksponeringen for støyplager fra jernbane fra SSB. Her har vi forutsatt at alle støyplager i Oslo, Akershus, Rogaland, Hordaland og Sør-Trøndelag er knyttet til tettbygd strøk over 100 000 innbyggere, mens støyplager i øvrige fylker er knyttet til tettbygd strøk mellom 10 000 og 100 000 innbyggere. Fordelingen av den totale støykostnaden geografisk fremgår av Tabell 4..

Støykostnad per tonnkilometer fremkommer gjennom å dele den totale støykostnaden per område med antall tonnkilometer (netto) i samme område, se Tabell 4..

**Tabell 4.2 Støykostnad pr tonnkilometer. Geografisk fordeling.**

	Spredtbygd	Tettbygd, >10 000, <100 000	Tettbygd >100 000	Totalt
<b>Andel av totale bruttotonnkilometer</b>	76,8 %	19,2 %	4,0 %	
<b>Netto tonnkilometer, millioner</b>	2 706	677	141	3 524
<b>Total støykostnad, mill. kr</b>	0	20,3	53,1	73,7
<b>Støykostnad pr. tonnkilometer, kr</b>	0	0,03	0,38	0,02

Støykostnader pr kjøretøykilometer fremgår av tabell 4.2. Det kan være interessant å sammenligne disse tallene med de marginalkostnader som anbefales brukt i EU, se Ricardo-AEA (2014)<sup>24</sup>. Disse tallene er oppgitt i € /1000 kjøretøykilometer, og skiller mellom trafikktype (dvs. om trafikken er tett eller sporadisk), geografisk område (by, tettbygget og spredtbygdt) og dag og natt. For byområder er gjennomsnittlig støykostnad ca 150 kr/kjøretøykilometer, dvs. i samsvar med våre anslag for norske tettsteder med over 100 000 innbyggere. Både for tettbygd og spredtbygd strøk er den marginale støykostnaden i størrelsesorden 6-7 kr/kjøretøykilometer, dvs. en god del lavere enn vårt anslag for tettbygd strøk mellom 10 000 og 100 000 innbyggere, men høyere enn for spredtbygget strøk hvor vi antar 0 kr.

Anbefalt støykostnad for godstrafikk på jernbanen i Sverige per kjøretøykilometer er ca 6 kr (Trafikverket, 2015). Denne kostnaden er ikke differensiert etter hvor toget går eller tidspunkt, men er et gjennomsnitt for all godstrafikk på jernbane. Kostnaden er noe lavere enn vårt anslag, som er 8, 83 kr per kjøretøykilometer.

<sup>24</sup> Ricardo-AEA (Update of the Handbook on External Costs of transport

Tabell 4.3. Støykostnad pr kjøretøykilometer. Geografisk fordeling

	Spredtbygd	Tettbygd, >10 000, <100 000	Tettbygd >100 000	Totalt
<b>Kjøretøykilometer (2013)</b>	6 410 197	1 602 549	333 864	8 346 610
<b>Støykostnad pr. kilometer, kr</b>	0	12,68	159,00	8,83

Det er viktig å være klar over at vi her har beregnet gjennomsnittlige kostnader per tonnkilometer, og ikke marginale kostnader.

#### 4.4 Verdsetting av støyplager fra sjøtransport

Støyplager fra fartøy i drift er mest sannsynlig neglisjerbar, ettersom en svært liten andel av transporten går i områder hvor det bor folk. Vi har derfor valgt å se bort fra denne kostnaden. Det kan imidlertid være tilfelle at fartøystøy og vibrasjoner har negative effekter på naturmiljøet i havet, se for eksempel Vista Analyse (2015a) og Vista Analyse (2014) for en drøfting av dette.

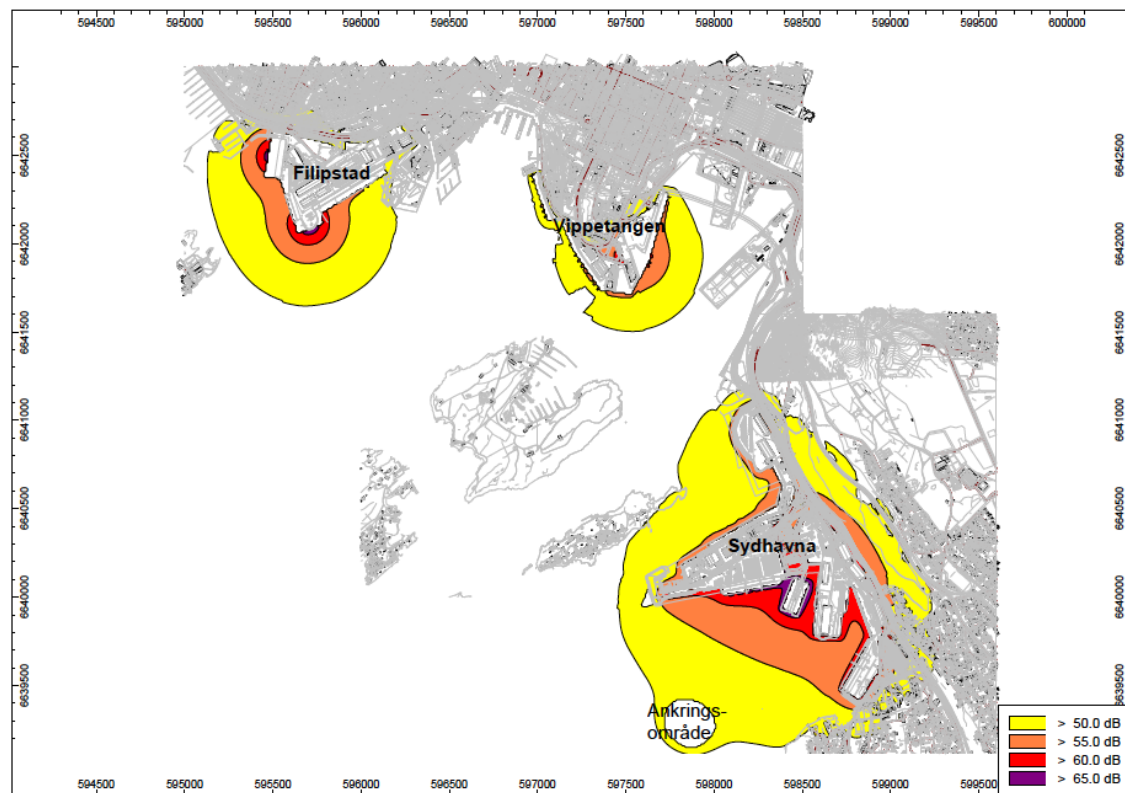
Havnevirksomhet er en til dels svært støyende virksomhet. Det kan derfor være aktuelt å verdsette støyplagene fra havner til bruk i våre eksempler og i andre faktiske beregninger av de marginale kostnadene ved sjøtransport. Utfordringen er imidlertid at det er begrenset med informasjon om hvor mange som er utsatt for støy fra forskjellige havner. Videre er det først og fremst de som jobber i havnen som er utsatt for den mest støyende delen.

For Oslo havn gjennomføres det jevnlig støyundersøkelser, som viser hvor mange som er utsatt for forskjellige støynivåer over døgnet, se for eksempel Sweco (2012). Støykart for situasjonen i Oslo havn i 2012 viser at det meste av støyen går ut mot sjøen og at det er svært få boliger som er eksponert for støy over 55 dBA, se Figur 4.1.<sup>25</sup> Støyrapporten for 2014 viser at på Sjursøya, som er den hovedsakelige godshavnen i Oslo, holder man seg innenfor gjeldende støygrenser, med enkelte brudd noen få netter (Sweco, 2015).

Vi har ikke tilgang til detaljerte data for å beregne de totale støykostnaden for de berørte personene. Selv om kostnaden for den enkelte, spesielt ved nattestøy, kan være betydelig, er det rimelig å anta at en fordeling av denne kostnaden på antall tonn gods som håndteres i havnen vil gi en svært lav kostnad.

<sup>25</sup> Vi ser her bort fra at støyen kan være sjenerende ved andre uteaktiviteter og for andre som ikke er bosatt i det eksponerte området.

**Figur 4.1 Støykart for Oslo havn, 2010. Beregnet  $L_{den}$  for døgn med gjennomsnittlig aktivitetsnivå, beregningshøyde 4meter.**



Kilde: Sweco

## 5 Ulykker

I dette kapittelet beregnes marginale eksterne kostnader for ulykker ved godstranport på sjø og bane. Med ulykkeskostnader mener vi her kostnader knyttet til tap av liv, nedsatt helsetilstand, inntektstap og økte utgifter i forbindelse med ulykker. Dette er samme definisjon som benyttes om marginale eksterne kostnader av ulykker for veitranport (TØI 2014b), samt for eksempel ECON (2003) og Hjelle (2006). Det er vanlig å forutsette at det er tre parter som bærer disse kostnadene: den som dør eller skades, pårørende til denne og samfunnet for øvrig.

### 5.1 Metodisk tilnærming

Utfordringene knyttet til verdsetting av de eksterne marginale ulykkeskadene er dels knyttet til grunnlaget for å beregne risikoen for en skade eller et dødsfall og dels til hvilke av de totale kostnadene som er eksterne, det vil si som de berørte ikke allerede har tatt hensyn til gjennom egen risikovurdering og forsikringsordninger. For eksempel er det vanlig å forutsette at de materielle skadene ved en ulykke er dekket gjennom forsikringer og dermed ikke er en ekstern kostnad.

Metodisk kan man skille mellom top-down og bottom-up-tilnærminger til å beregne de eksterne ulykkeskostnadene (se for eksempel Maibach 2008). I bottom-up-tilnærmingen baserer man beregningen på trafikkvolum og den såkalte risikoelastisiteten, det vil si sannsynligheten for en ulykke gitt trafikkvolumet.<sup>26</sup> I top-down tilnærmingen beregner man kostnaden basert på ulykkesstatistikk og forsikringssystemet, en tilnærming som gir gjennomsnittlige kostnader heller enn marginale.<sup>27</sup> Bottom-up-tilnærmingen dekker i prinsippet færre kostnadselementer og vil derfor gi lavere marginale kostnader enn den andre tilnærmingen.

Hvilke kostnader som er internalisert og hvilke som er eksterne, kan det stilles spørsmål ved. Vanligvis forutsetter man at kostnaden for den enkelte trafikant er internalisert, i det man kjenner til risikoen når man beveger seg ut i trafikken og i tillegg er forsikret. Det er vanlig å dele inn de marginale eksterne kostnadene i flere typer, avhengig av hva de inkluderer og hvem de rammer. Basert på Maibach (2008) er det oppgitt to typer av marginale eksterne kostnader som kan ha relevans for godstranport på bane og sjø:

1. Systemeksternaliteter, det vil si forventede kostnader for det øvrige samfunnet (først og fremst medisinske kostnader og sykehusopphold) når en bruker utsetter seg for risiko ved å bevege seg ut i trafikken
2. Trafikkvolumeksternaliteter, det vil si betalingsvilligheten for pårørende og øvrig samfunn for endret risiko for alle andre trafikanter av at en trafikant beveger seg ut i trafikken.

---

<sup>26</sup> Marginal ekstern ulykkeskostnad = trafikkvolum \* risikoelastisitet \* enhetskostnad pr ulykke \* ekstern andel

<sup>27</sup> Ekstern ulykkeskostnad = ulykkesdata \* enhetskostnad pr. ulykke \* ekstern andel

## 5.2 Tidligere norske beregninger

For veitrafikk finnes det detaljerte beregninger av de eksterne marginale kostnadene av ulykker, som blant annet er basert på omfattende ulykkesstatistikk, se for eksempel TØI (2014b). For transport på jernbane og sjøtransport er det mer begrenset med slike beregninger.

ECON (2003) drøfter forholdsvis grundig hvilke kostnader som skal regnes som eksterne, og mener på prinsipielt grunnlag at tidligere studier har overvurdert de marginale eksterne kostnadene ved å forutsette at flere av kostnadene er eksterne. For eksempel er det vanlig å forutsette at kostnaden er ekstern for den som rammes av en ulykke, det vil si når noen andre har skylden, men dette er ikke nødvendigvis riktig. Når man beveger seg ut i trafikken, tar man hensyn til denne risikoen, og følgelig kan man argumentere for at kostnaden er internalisert.

For sjøtransport velger ECON (2003) likevel å basere seg på tidligere beregninger fra TØI (1999), hvor de eksterne kostnadene består av:

- Personskader og dødsfall for personer som verken er ansatte eller reisende.
- For ansatte og passasjerer forutsettes hoveddelen av skadekostnadene å være interne. Unntak er komponenter av skadekostnadene som faller på pårørende, privat tredjepart og offentlig sektor (hovedsakelig kostnader i det offentlige helsevesen og tapte skatteinntekter)

Anslaget i ECON (2003), som kun er en prisjustering av TØI (1999) er ca. 0,59 kroner/kjøretøykm (2002-prisnivå), og null eller nesten null når man regner per tonn- eller passasjerkm.

Hjelle (2006) baserte seg også på ECON (2003) og TØI (1999), men brukte oppdaterte tall for verdien av et statistisk liv (VSL) basert på LEVE-prosjektet (SFT 2005), og som er lik 16,8 millioner kroner (2004, se Tabell 5.1). TØI (2014a) peker på at det er sannsynlig at flere av disse kostnadene er internalisert og ikke minst at de bygger på gamle ulykkesdata og derfor bør gjennomgås.

**Tabell 5.1 Marginale eksterne kostnader for godsbåter i tidligere analyser, 2006-kr**

Kilde	Kr per fartøykilometer
TØI (1999)	<b>0,54</b>
ECON (2003)	<b>0,59</b>
Hjelle (2006)	<b>0,62</b>

Kilde: TØI (2014a)

Det finnes få utenlandske anslag på ulykkeskostnader ved sjøtransport. For eksempel omtales sjøtransport ikke i oppdateringen av EUs håndbok for eksterne kostnader (Ricardo-AEA 2014), mens den opprinnelige veilederen (Maibach 2008) kun sier at det ikke finnes tilstrekkelig gode ulykkestall, men at kostnadene mest sannsynlig er neglisjerbare.

For jernbane bygde ECON (2003) også på anslag fra TØI (1999), dvs. en marginal ulykkeskostnad på ca. 6,10 kroner/kjøretøykilometer regnet i 2002-prisnivå. ECON (2003) viser imidlertid til anslag fra UNITE-studien og kostnader for Sveits og Tyskland som ligger vesentlig lavere enn anslagene i TØI (1999), og er lavere enn 1 kr pr kjøretøykilometer. Forskjellen kan ifølge ECON (2003) dels avhenge av at TØI regnet flere av kostnadene som eksterne enn UNITE og dels på at Norge (den gang) hadde flere



usikrede planoverganger og andre områder rundt jernbanesporet, og flere ulykker knyttet til ferdsel enn i Sveits og Tyskland.

Forstudien (TØI 2014a) viser til at de verdiene som benyttes for ulykkeskostnader for sjø og bane i dag bygger på gamle studier. Ved oppdatering av ulykkeskostnadene for vei ble det gjort nye beregninger der risikoelastisiteten for ulykker ble trukket inn (TØI 2014b). TØI (2014a) mener det bør være et mål at slike beregninger gjøres også for sjø- og jernbanetransport. De peker imidlertid på problemet med at det ikke finnes tall for risikoelastisitet for ulykker på sjø og jernbane, og at det heller ikke finnes slike tall for jernbane internasjonalt, mens ulykkeskostnadene antas å være neglisjerbare for sjøtransport. Forstudien viser også til at andelen ulykkeskostnader som anses som internalisert bør oppjusteres slik at den blir mer i tråd med internasjonale standarder. Det påpekes at dette er særlig viktig for jernbanetransport der tallene som brukes i Norge er tilnærmet ti ganger så høye som det som anbefales i Sverige og i EU-prosjektet UNITE.

### 5.3 Vår tilnærming

Antallet ulykker med alvorlig utfall er svært lavt både for jernbane og skipsfart, og det er dermed et tynt statistisk grunnlag for å beregne risiko og risikoelastisiteter. På denne bakgrunn, og særlig fordi ulykkeskostnadene uansett utgjør en liten kostnad for gods-transport på sjø og bane, har vi valgt ikke å gjøre beregninger basert på risikoelastisitet i dette prosjektet, men har bygd videre på tidligere tilnærming, med oppdaterte tall for ulykkesrisiko og ulykkeskostnader.

Utgangspunktet for vår vurdering av ulykker er statistikken som frembringes av Sjøfartsdirektoratet og som rapporteres i Statistisk sentralbyrå (StatRes) og fra Jernbanetilsynet.

Når det gjelder vurderingen av hvorvidt ulykkeskostnadene er internalisert eller ikke, legger vi i prinsippet til grunn at flere av kostnadene for ansatte og reisende er internalisert, mens skader på tredjeperson er eksterne. Kostnader for pårørende og samfunnet for øvrig, for ansatte og reisende er vurdert å være eksterne. Samtidig er det grunn til å minne om at antall ulykker knyttet til sjø og bane, og særlig hvis vi skiller ut ulykker knyttet til godstransport, er svært få i utgangspunktet. Det vil si at de marginale kostnadene uansett vil være lave (selv om vi teller alle som både marginale og eksterne). Dette har betydning for hvor sofistikerte metoder man bør ta i bruk for å vurdere hva som er internalisert.

For verdsetting tar vi utgangspunkt i de ulykkesverdiene som man regnet seg fram til for veitrafikkulykker (TØI 2014b), og som benytter de samme (men ikke prisjusterte) verdier for statistisk liv (VSL) som anbefalt i Vista Analyse (2015a). Med tanke på sammenligning mellom veitrafikk og sjø- og banetransport, er det en fordel å benytte de samme verdiene.

### 5.4 Verdsetting av ulykker

#### Verdien av tapte menneskeliv og skader på mennesker i veitrafikken

Når det gjelder verdien av tapte menneskeliv og alvorlige skader, er et naturlig utgangspunkt verdiene for VSL fra NOU 2012:16, som er videreført i DFØ (2014) og fastsatt som sektorovergripende verdi som skal benyttes i samfunnsøkonomiske analyser i Norge. Disse verdiene er også lagt til grunn i beregningene av marginale eksterne kostnader av veitrafikkulykker (TØI, 2014b). I TØI (2014b) har man også kostnader for personskader av ulike alvorlighetsgrader, som vi også legger til grunn.

Ulykkesverdsettingen består av tre ledd, benevnt *a*, *b* og *c* i Tabell 5.2. Det første leddet er en ex-ante verdsetting av tap av et statistisk liv, som tilsvarer 30 millioner 2012-kroner, i tråd med Finansdepartementets (2014) rundskriv. I tillegg kommer kostnader for samfunnet, det som ovenfor er benevnt «systemeksternaliteter», det vil si primært medisinske og administrative kostnader ved ulykkene, som antas ikke internalisert ved trafikantenes adferd. TØI (2014b) inkluderer også et VSL/VSS-tillegg for familie, tilsvarende 40 prosent av VSL/VSS. Det antas at familien til den som er utsatt for ulykken, også lider et velferdstap, og at dette tapet ikke er internalisert<sup>28</sup>. Alle materielle skader regnes som fullt ut internalisert via forsikringsordninger.

**Tabell 5.2 Ulykkesverdsetting og relevante komponenter for beregning av marginale eksterne kostnader for veitrafikk (2012-kroner)**

	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade	Gjennomsnittsskade
<b>VSL/VSS, ex-ante verdsetting av risikoendringer (a)</b>	30 000 000	6 000 000	540 000	2 100 000
<b>Ex-post-kostnader – samfunnet (c)</b>	4 500 000	6 000 000	160 000	1 600 000
<b>Totalkostnad I (a+c)</b>	34 500 000	12 000 000	700 000	3 700 000
<b>VSL/VSS-tillegg familie (b)</b>	12 000 000	2 400 000	200 000	800 000
<b>Totalkostnad II (a+b+c)</b>	46 500 000	14 400 000	900 000	4 500 000

Kilde: TØI (2014b), tabell 3.3.2. Verdien av statistisk liv (VSL), det vil si komponent *a* for dødsfall, tar utgangspunkt i tilrådingene fra NOU (2012). Verdien av statistiske skader (VSS, hhv. harde og lettere) er satt ut fra relative verdier mht. VSL i Veisten m.fl. (2010a). Ex-post-kostnadene, dvs. komponent *c*, er basert på samme referanse. VSL/VSS-tillegget på 40 prosent, det vil si komponent *b*, er tatt fra Lindberg (2005). Den underliggende skadegradfordelingen, benyttet for å beregne *c* per skadegrad og verdien for en gjennomsnittsskade, er basert på 2008-data (Veisten m.fl. 2010a).

### Vurdering av tapte menneskeliv og skader på mennesker i sjø- og banetransport

VSL-verdien som benyttes for ex-ante vurdering av tapte liv er den samme i sjø- og banetransport som i veitrafikk, men må oppdateres til 2014-kroner. Når det gjelder det som er kalt ex-post-kostnader for samfunnet (post *c* i Tabell 5.2), kan man tenke seg at kostnadene kan være forskjellige for dødsfall i ulike sammenhenger, men vi har ikke gode holdepunkter for dette for dødsfall i ulike transportformer, og benytter derfor samme tall. Man kan diskutere om man skal ha et tillegg for familie (komponent *b*), men siden sammenligning med veitrafikk er et viktig poeng med vår studie, og det er like stor grunn til å anta familietillegg her som for veitrafikk, har vi beholdt dette tillegget, slik at kostnaden ved dødsfall blir som for veitrafikk.

Skadekostnadene for henholdsvis harde og lette skader, er nok i større grad knyttet til veitrafikk, og særlig for sjøtransport har man i mindre grad kategorisert skader ut fra skadegrad, mens Jernbaneverket bare rapporterer hardt skadde. Vi inkluderer hardt skadde for jernbanetransport og fordeler antall skadde på skip mellom hardt og lett

<sup>28</sup> Det kan diskuteres om det er riktig å legge til dette velferdstapet for berørte, men som vi kommer tilbake til nedenfor, har vi valgt å gjøre det for at våre tall for sjø og bane skal være sammenlignbare med tallene for veitrafikk, der et slikt tillegg er inkludert (jf. TØI 2014b).

skadde. Gjennomsnittskostnaden som er oppgitt for veitrafikk, kan imidlertid ikke benyttes for sjø- og banetransport fordi gjennomsnittskostnaden tar hensyn til forekomst av ulykker med ulik skadegrad, og det er ikke grunn til å anta samme skadegradsfordeling for sjø og bane som for veitransport.

Vi får dermed tall for ulykkesverdsetting for sjø og bane, som vist i Tabell 5.3. Kostnadstallene er oppjustert til 2014-kroner.

**Tabell 5.3 Ulykkesverdsetting og relevante komponenter for beregning av marginale eksterne kostnader for sjø- og banetransport (2014-kroner)**

	Dødsfall	Hard skade	Lettere skade
<b>VSL/VSS, ex-ante verdsetting av risikoendringer (a)</b>	32 000 000	6 400 000	580 000
<b>Ex-post-kostnader – samfunnet (c)</b>	4 700 000	6 250 000	170 000
<b>Totalkostnad I (a+c)</b>	36 700 000	12 650 000	750 000
<b>VSL/VSS-tillegg familie (b)</b>	12 800 000	2 550 000	230 000
<b>Totalkostnad II (a+b+c)</b>	49 500 000	15 200 000	980 000

Kilde: TØI (2014b), tabell 3.3.2. Verdien av statistisk liv (VSL), det vil si komponent a for dødsfall, tar utgangspunkt i tilrådingene fra NOU (2012), realprisjustert og prisjustert til 2014-verdi ved å benytte verdi fra Vista Analyse (2015a) og avrundet til nærmeste million. Verdien av statistiske skader (VSS, henholdsvis harde og lettere) er satt ut fra relative verdier mht. VSL i Veisten m.fl. (2010a). Ex-post-kostnadene, det vil si komponent c, er basert på samme referanse og prisjustert til 2014-verdi ved bruk av konsumprisindeksen (4,2 prosent prisøkning). VSL/VSS-tillegget på 40 prosent, det vil si komponent b, er tatt fra Lindberg (2005). Alle tall er avrundet.

### **Materielle skader antas fullt ut internalisert gjennom forsikringsordninger**

I tråd med antagelsene ved beregning av eksterne ulykkeskostnader ved veitrafikk, antas alle materielle kostnader ved ulykker med sjø og bane som internalisert. Disse beregnes derfor ikke.

## **5.5 Ulykkeskostnader for sjøtransport**

### **Antall ulykker med personskade ved godstransport på sjø**

Sjøfartsdirektoratet opererer en database med oversikt over ulykker i sjøtransport, og tallmaterialet finnes også i SSBs statistikkdatabank. Det skilles mellom drepte og skadde i ulike typer ulykker og for ulike skips kategorier. Det totale antall drepte i sjøulykker (utenom fritidsbåtulykker som ikke involverer skip) var 17 i 2014 og antall skadde 240. Ser vi nærmere på tallene, er imidlertid de fleste drepte og skadde ikke på skip som frakter gods, de fleste drepte i ulykker ved sjøtransport i 2014 var på fiskefartøy. Hvis vi ser på skip som er rene godsfrakteskip, i SSBs kategorier, tankskip, bulkskip og stykkgodsskip var det én drept og 36 skadde i 2014. Disse tallene omfatter skader og dødsfall på alle norskregistrerte skip uansett hvor disse skjer. Hvis man kun ser på ulykker i norske farvann var det ikke noen dødsfall i 2014, og kun 4 skadde. Det kan diskuteres hvilke tall som bør brukes i en vurdering av de eksterne ulykkeskostnadene, og det kan argumenteres både for at ulykker som skjer utenfor norske farvann skal lukes ut og at de skal være med. Vi har valgt å ta å kun ta med ulykker som skjer i norske farvann, uansett nasjonalitet.

Gjennomsnittlig antall drepte og skadde i perioden 2000-2014 var henholdsvis 7,2 og 164,8 på alle norskregistrerte skip og på utenlandske skip i norske farvann. Både for skadde og drepte er gjennomsnittstallet mye høyere enn tallene for de siste årene fordi ulykkestallene har gått mye ned fra starten av 2000-tallet og fram mot 2014. Hvis vi kun ser på de 10 siste årene, er gjennomsnittlig antall drepte og skadde henholdsvis 3,6 og 80,4, det vil si tilnærmet halvparten av antallet i perioden 2000-2014. Hvis man i tillegg kun tar med ulykker i norske farvann var det 11 skadde og 18 drepte i perioden 2004-2014. Ved beregning av ulykkestall i veitrafikk, benyttet TØI tall for perioden 1998-2012, altså siste tilgjengelige 15-årsperiode. Vi har imidlertid valgt å benytte 10 år i våre beregninger, ettersom vi antar at dette gir et bedre bilde av dagens situasjon og fremtiden.

### **Eksterne og internaliserte ulykkeskostnader**

Statistikken over drepte og skadde oppgir ikke hvem det er som er skadet eller drept, det vil si om det er ansatte eller tredje part. Ifølge resonnementet over, er kostnad a (ex-ante verdsetting av risikoendringer) i Tabell 5.3 internalisert for ansatte, det vil si at denne kostnaden kun skal beregnes hvis det er andre som påføres skaden. Det er sannsynlig at den aller største andelen skadde eller drepte er ansatte, men grunnet mangel på data for å anslå hvor mange som ikke er ansatte, har vi antatt at alle er tredje part.<sup>29</sup> Dette gjør at ulykkeskostnaden blir overvurdert, men samtidig er kostnaden per fartøykilometer og tonnkilometer så marginal at denne overvurderingen ikke har noen praktisk betydning. For den totale marginale kostnaden vil det imidlertid ha betydning.

Et annet moment som taler for at kostnaden er undervurdert er at redningsaksjoner til sjøs som regel er vesentlig mer kostbare enn redningsaksjoner på vei, som kostnadstallene i Tabell 5.3. I mangel på kostnadstall for redningsaksjoner til sjøs har vi valgt å bruke samme kostnadstall som for veiulykker.

### **Eksterne kostnader for drepte og skadde**

Verdien av en ulykke i form av dødsfall og skadde er som vist i tabell 5.2 ovenfor, men vi må vurdere alvorlighetsgraden av de skadde for å kunne plassere disse i riktig kategori. Statistikken fra SSB skiller ikke mellom hardt og lettere skadde, og vi har derfor valgt å fordele halvparten av de skadde på hver av disse kategoriene.<sup>30</sup>

I Tabell 5.4 har vi satt opp henholdsvis antall drepte og skadde ved godstransport på sjø, samt den eksterne kostnaden som benyttes for hver av disse.

---

<sup>29</sup> En stor andel av de ansatte er utenlandske statsborgere, og det er ikke uproblematisk å anta samme betalingsvillighet (ekstern kostnad) for å unngå død eller skade som for norske statsborgere. Dette spørsmålet har både en praktisk innfallsvinkel (skal en samfunnsøkonomisk analyse kun omfatte norske interesser/hvordan finner vi betalingsvilligheten for de utenlandske statsborgere) og dels en etisk innfallsvinkel (er verdien av et liv avhengig av hvem man er).

<sup>30</sup> Statistikken over drepte og skadde sier ikke noen om alvorlighetsgraden av skaden. I Sjøfartsdirektoratets oversikt over ulykker på skip inngår det også mindre alvorlige hendelser, som mindre fall og kuttsår. Hvorvidt disse tilfellene inngår i SSBs statistikk har vi ikke klart å avdekke innenfor dette prosjektet. Hvis de inngår så er sannsynligvis kostnadstallene til dels vesentlig overvurdert.

**Tabell 5.4 Eksterne kostnader ved drepte og skadde ved godstransport på sjø<sup>1</sup>**

	Antall pr år	Ekstern marginal kostnad per person (fra tabell 5.3.)	Total marginal kostnad ved godstransport på sjø
<b>Drepte</b>	1,64	49 500 000	81 180 000
<b>Hardt skadde</b>	0,5	15 200 000	7 600 000
<b>Lettere skadde</b>	0,5	980 000	490 000
<b>Totalt</b>	-	-	89 270 000

<sup>1</sup> alle drepte og skadde regnes som tredje part, hvilket er overdrivelse av kostnaden. Hvis ingen er tredje part (dvs. at det kun er ansatte som blir drept eller skadet), vil den totale marginale kostnaden være omtrent halvparten av tallene i tabellen.

### Ulykkeskostnad per tonnkilometer

Vi har valgt å fordele ulykkeskostnader jevnt utover alle skips kategorier og –størrelser fordi vi ikke har godt nok grunnlag for å differensiere. Vi har derfor beregnet totale ulykkeskostnader og fordelt på totalt antall tonnkilometer.

Det gir en kostnad per tonnkilometer på 0,0004 kr.

## 5.6 Ulykkeskostnader for jernbane

### Antall ulykker med personskaade ved godstransport på jernbane

Ifølge Jernbaneverkets rapportering (StatRes tabell 07032; ssb.no) var gjennomsnittlig antall drepte siste 20 år av/i togtrafikk 5,3 personer.<sup>31</sup> Antall drepte i 2013 var 4. Gjennomsnittlig antall hardt skadde i perioden 2005-2013 var 3,11 mens antall hardt skadde i 2013 var 3. For jernbanetransport er det altså bare hardt skadde som blir registrert, mens lettere skadde ikke inkluderes i statistikken fra Jernbaneverket. Med alvorlig skadet person menes skade som fører til sykehusinnleggelse i mer enn 24 timer. Dette trenger imidlertid ikke å bety at man får varige mén slik som det er forutsatt i verdsettingen av skader i Tabell 5.3. Det vil si å verdsette disse skadene med skadekostnaden for hardt skadet, kan gi et for høyt kostnadsanslag.

Jernbanetilsynet rapporterer hvem som utsettes for skaden eller blir drept, det vil si om det er en passasjer, ansatt eller tredjeperson. Hvis vi kun ser på sistnevnte, altså der hele ulykkeskostnaden er ekstern, er det i gjennomsnitt 3,1 drepte per år i perioden 2004-2013 og 1,6 alvorlig skadde, se også Tabell 5.5.

Tallene i Tabell 5.5 gjelder for hele jernbanen, det vil si både passasjer- og godstrafikk. Statistikken oppgir ikke hvilken type tog som er involvert i ulykken, og vi har derfor valgt å fordele ulykkene etter andelen kjøretøykilometer for passasjer- og godstog. Det betyr at vi forutsetter at 18 prosent av ulykkene er knyttet til godstog.

<sup>31</sup> gjelder for perioden 1994-2013, 2013 er siste år SSBs statistikkdatabase oppgir tall for per 5.8.2015.

**Tabell 5.5 Antall drepte og alvorlig skadde på norsk jernbane, 2004-2013**

	Drepte		Alvorlig skade	
	Totalt	Gjennomsnitt	Totalt	Gjennomsnitt
<b>Passasjerer</b>	0	0	8	0,8
<b>Ansatte</b>	2	0,2	11	1,1
<b>Tredjeperson</b>	31	3,1	16	1,6
<b>Totalt</b>	33	3,3	35	3,5

Kilde: Jernbanetilsynet

**Eksterne og internaliserte ulykkeskostnader**

Som nevnt over er det kun for tredjepart ulykkeskostnad *a* (ex-ante verdsetting av risikoendringer) er eksterne, mens øvrige ulykkeskostnader er eksterne for alle berørte.

**Eksterne kostnader for drepte og skadde**

Verdien av en ulykke i form av dødsfall og skadde er som vist i tabell 5.2 ovenfor. Antall hardt skadde kan leses direkte ut av statistikken, mens vi ikke har tidsserier for lettere skader. For 2005 meldte Jernbanetilsynet at i alt 36 passasjerer ble skadet i forbindelse med på- og avstigning og at de aller fleste av disse var lettere skader. For senere år er det ikke noen systematisk rapportering av denne type hendelser. Vi kan ikke legge til grunn tall for ett år, spesielt ikke når en del av disse skadene ikke gir noen nevneverdige kostnader verken for den som er rammet eller samfunnet for øvrig. Vi velger derfor ikke å beregne ulykkeskostnader for lettere skadet, noe som isolert sett betyr at skadekostnaden sannsynligvis er undervurdert. På den andre siden er det som nevnt over, sannsynlig at flere av dem som er rapportert som hardt skadet, ikke vil ha kostnader som samsvarer med kostnaden for hardt skadet i Tabell 5.3, og at vi for disse overvurderer skadekostnaden. Hva som er nettoeffekten er usikkert, men gitt at ulykkestallene er små når de måles per tonnkilometer, vil denne usikkerheten kun ha marginal betydning for de eksterne ulykkeskostnadene.

I tabellen nedenfor har vi satt opp henholdsvis antall drepte og skadde ved godstransport på jernbane, samt den eksterne kostnaden som benyttes for hver av disse.

**Tabell 5.6 Eksterne kostnader ved drepte og skadde ved godstransport på jernbane**

	Antall per år	Ekstern marginal kostnad per person (fra tabell 5.3.) <sup>1</sup>	Total marginal kostnad ved godstransport per år
<b>Drepte</b>	3,3	49 500 000/17 500 000	28 073 500
<b>Hardt skadde</b>	3,5	15 200 000/8 800 000	7 340 786
<b>Totalt</b>	-	-	35 414 286

<sup>1</sup> kostnad for tredjeperson/kostnad for passasjerer og ansatte

**Ulykkeskostnader per kjøretøykilometer og tonnkilometer**

Vi har valgt å fordele ulykkeskostnader jevnt utover alle godstog fordi vi ikke har godt nok grunnlag for å differensiere mellom for eksempel diesel- og eltog. Vi har derfor beregnet totale ulykkeskostnader for godstog (Tabell 5.6) og fordelt på totalt antall tonnkilometer.

Det gir en kostnad per tonnkilometer på 0,01 kr, og per kjøretøykilometer på 4,24 kr.

## 6 Infrastrukturkostnader

I dette kapitlet vil vi starte med å definere hva som menes med infrastrukturkostnader og hva som skal regnes som marginale eksterne infrastrukturkostnader ved henholdsvis sjø- og jernbanetransport. For sjøtransport dreier den faglige debatten seg først om fremst om noen av infrastrukturkostnadene knyttet til sjøtransport skal regnes som marginale og eksterne. Det er stort sett enighet om at farledskostnader og kostnader ved havneanløp ikke skal regnes med, mens det har vært foreslått at kostnader til lostjenesten bør inkluderes. Vi vil derfor vurdere dette spørsmålet spesielt.

For jernbanetransport er det ingen debatt om infrastrukturkostnader i form av vedlikeholds- og slitasjekostnader skal inkluderes, men det er spørsmål om hvilke kostnader som må anses som marginale, og det har i den senere tid vært foreslått mer avanserte metoder for å anslå marginale kostnader.

Vi vil derfor starte dette kapitlet med en noe mer omfattende gjennomgang av tidligere og mulige tilnærminger og verdier for disse kostnadene enn vi har for de øvrige eksterne kostnadene, før vi ender med vår tilnærming og beregning av eksterne marginale infrastrukturkostnader.

### 6.1 Tidligere tilnærminger

#### 6.1.1 Infrastrukturkostnader

##### Infrastrukturkostnader

Med infrastrukturkostnader menes fornyelses- og vedlikeholdskostnader som forårsakes av at transportaktivitet skaper slitasje på transportinfrastrukturen. I videre forstand omfatter begrepet også andre kostnader som transportaktivitet medfører for infrastruktureier; slik som losing, isbryting (sjøtransport) og krav til utbygging av lagerplass/hvileplass for godstransport (veitrafikk) (TØI 2014a).

##### Eksterne marginale infrastrukturkostnader

Av de marginale kostnadene vi ser på, er det trolig særlig for infrastrukturkostnader det kan oppstå tvil om hvilke kostnader som skal inkluderes, og der det kan være ulik praksis. Som vi var inne på i kapittel 2, kan dette ha sammenheng med hvor langsiktig perspektiv man har for analysen, og dermed hva man anser som faste og variable kostnader, men også hvilke kostnader som anses som kjøretøyavhengige.

Siden vi skal sammenlikne frakt av gods på sjø og bane med gods på vei, er det viktig å kjenne til hva som ble gjort i siste oppdaterte rapport om marginale eksterne kostnader på vei (TØI 2014b). Videre er det relevant hva som ble antatt i forstudien for vår rapport (TØI 2014a) og i de forrige rapportene som beregnet eksterne marginale kostnader av ulike transportformer (ECON 2003; TØI 1999). Vi vil også se på hva som er gjort i siste håndbok for beregning av marginale, eksterne kostnader fra transport i EU (Ricardo-AEA 2014).

#### 6.1.2 Marginale eksterne kostnader ved veitrafikk (TØI 2014b)

TØI (2014b) noterer at veiinfrastrukturens kvalitet påvirkes over tid av aldring, klimapåvirkninger og trafikk. De marginale kostnadene kan knyttes til trafikkavhengig slitasje, som er spesielt knyttet til slitasje på veidekket på grunn av piggdekkbruk og

nedbryting av bærelag som følge av høye aksellaster. De bemerker at man ideelt burde gjøre forsøk for å finne ut hvordan norske veier nedbrytes, men i mangel av slik informasjon benyttes en «oppdatert anbefaling for marginale slitasjekostnader i Norge basert på metodikken i Eriksen m.fl.<sup>32</sup> (1999)». De trafikkavhengige slitasjekostnadene antas i TØI (1999) å øke eksponensielt med aksellasten.

TØI (2014b) tar utgangspunkt i Riksrevisjonens (2008-2009) opplysninger om drift og vedlikehold i veinettet, der Statens vegvesens utgifter til drift og vedlikehold i perioden 2000 – 2008 utgjorde gjennomsnittlig 5328 millioner kr per år regnet i faste 2008-kroner. Vedlikeholdet utgjorde ifølge Riksrevisjonen 32,7 prosent av dette, altså 1742 millioner kroner per år.

TØI regner så ut total gjennomsnittlig kjøretøykilometer på veiene som vedlikeholdes av Statens vegvesen, og finner at per kjøretøykilometer tilsvarer vedlikeholdskostnadene ca. 6 øre i 2012-verdi. TØI (1999) anslår den trafikkavhengige delen til 35 prosent. TØI (2014b) tar utgangspunkt i VTI-notat 29-2011, der gjennomsnittskostnaden til vedlikehold av veier med fast dekke i Sverige i 2004-2009 anslås til 40 øre per km for tunge kjøretøy mens de marginale kostnadene anslås til 21-32 øre per km. I prosent utgjør de marginale kostnadene da 53-80 prosent av gjennomsnittskostnaden. Overført på TØIs beregning tilsvarer det 3,2 – 4,8 øre per km.

Andelen tungtrafikk av total veitrafikk i Norge er beregnet til 6,8 prosent. Hvis vedlikeholdskostnadene fordeles kun på tungtrafikken, får man et anslag for marginalkostnader på 47-71 øre per km, altså godt over de svenske beregningene for Sverige. På denne bakgrunn legger TØI til grunn en forholdsvis lav andel trafikkavhengige kostnader, og anslår slitasjekostnaden til 3,6 øre per km fordelt på alle kjøretøykilometer, noe som tilsvarer 53 øre per km fordelt bare på tunge biler.

TØI (2014b) bemerker at det er et vedlikeholdsetterslep på norske veier, som Dovre Group (2010) beregnet til et akkumulert vedlikeholdsetterslep på ca. 30 milliarder kroner i 2008. Etterslepet økte med vel 1 milliard kroner per år fram til 2008. Etterslepets utvikling er beregnet som en funksjon av veikapitalens avskrivning per år og de årlige bevilgningene til nybygg og vedlikehold og vanskelig å relatere direkte til trafikkvolum. Etterslepet er derfor holdt utenfor i TØIs beregninger.

Kostnader til vinterdrift inkluderes i tillegg til slitasjekostnadene over, i form av at halvparten av beregnet ekstern kostnad ved salting antas å være en ekstern *marginal* kostnad. Den marginale eksterne kostnaden ved vinterdrift settes til 5 øre/km.

### **6.1.3 Eventuelle marginale eksterne infrastrukturkostnader for sjøtransport anses internalisert**

For sjøtransport er de antatt viktigste infrastrukturkostnadene knyttet til havnevirksomhet, losvirksomhet og isbryting.

For sjøfart antas det i tidligere beregninger av marginale eksterne kostnader for ulike transportformer (ECON 2003; TØI 1999) at slitasjekostnadene som følge av at et ekstra skip anløper norske havner, er neglisjerbare, og det beregnes infrastrukturkostnader (slitasjekostnader) kun for vei, jernbane og luftfart.

---

<sup>32</sup> Eriksen (1999) er referert som TØI (1999) i referanselisten.



Hjelle (2006) som så spesielt på eksterne kostnader ved sjøtransport kommer også til at det er rimelig å anta at infrastrukturkostnadene for sjøtransport er neglisjerbare hvis man legger til grunn en snever tolkning av begrepet infrastruktur. Hjelle mener det er liten grunn til å regne med slitasje ved bruk av farledene, men at los- og isbrytingstjenester kan inkluderes dersom man legger en bredere definisjon av infrastrukturkostnader til grunn, og at infrastrukturkostnadene for sjøtransport da ikke lenger er neglisjerbare. Han ender likevel opp med ikke å inkludere infrastrukturkostnader i sine vurderinger.

Hjelle (2006) skriver at de i Sverige har beregnet marginale eksterne kostnader av losvirksomheten, der de har gjort en vurdering av hva som må regnes som marginale kostnader. «De samlede marginale kostnadene tilsvarer nær en tredel av Sjøfartsverkets kostnader for losvirksomheten, en prising i henhold til disse marginalkostnadene ville med andre ord medføre et betydelig finansielt underskudd»

VTI (Mellin og Creutzer 2013) legger til grunn at infrastrukturkostnader er relevante å inkludere ved beregning av eksterne marginale kostnader for sjøtransport.

Andersson (2007) foreslår et modellverktøy for 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 resultater viser at de marginale kostnadene faller med antall lostjenester. Dette relateres til at det ikke er press på kapasiteten for losing i Sverige der studien ble gjennomført. Det innebærer at de marginale kostnadene vil være lavere enn de gjennomsnittlige kostnadene ved losing. Dermed vil marginalkostnadsprising av lostjenester føre til at lostjenestenes utgifter overstiger inntektene. Dette kan gi grunnlag for en todelt tariff for å dekke opp utgiftene.

En studie av Eriksson m.fl. (2009) deler maritim infrastruktur inn i fire komponenter: farleder, havner, losing og isbryting. De konkluderer med at litteraturen om marginalkostnadsprising av infrastruktur for sjøtransport ikke inkluderer marginalkostnader knyttet til farleder, og at det kan skyldes at disse er neglisjerbare. Den største delen av litteraturen omhandler marginale eksterne kostnader knyttet til havner. Tidligere studier av havnekostnader omhandler særlig køkostnader, mens nyere studier i større grad er opptatt av hvorvidt infrastrukturtilbyderens kostnader vil dekkes ved marginalprising.

I et EU-prosjekt kalt CATRIN (Eriksson m.fl. 2009) studerte de spesielt kostnader knyttet til isbryting. Studien konkluderte med at det er vanskelig å tillegge isbrytingskostnader til spesifikke fartøy. Dersom det er vanskelig å etablere en sammenheng mellom antall skip som trafikkerer et område, og for isbrytingskostnader vil det også være et spørsmål om man kan benytte et marginalkostnadsresonnement på disse infrastrukturkostnadene.

Forstudien (TØI 2014a) skriver at de ikke kjenner til noen studier som beregner marginale, trafikkavhengige kostnader knyttet til drift av trafikksentraler. TØI anser disse kostnadene som parallelle til loskostnader og foreslår at man benytter Anderssons (2007) metode for beregning av marginale loskostnader til å beregne marginale trafikksentralkostnader.

Med utgangspunkt i blant annet de svenske referansene over, foreslår TØI (2014a) i forstudien at man skal inkludere loskostnader ved beregning av eksterne marginale kostnader av sjøtransport.

### **Vurdering av kostnader til los som infrastrukturkostnad**

Lostjenesten er organisert etter lov om losordningen av 15. august 2014, som trådte i kraft 1. januar 2015. Skip over en viss størrelse har losplikt, det vil si at de plikter å ha los om bord i geografiske områder som har losplikt. Nøyaktig definisjon av skips-kategorier og geografiske områder er definert i lospliktforskriften. Det kan etter søknad gis fritak for losplikten når navigatør, fartøy og last tilfredsstiller definerte normer i et bestemt farvann. Det kan da utsteder farledsbevis til navigatøren som søker.

Retningslinjene for innkreving av losavgift og sikkerhetsavgifter gis i Prop. 1 S (2014-2015) for Samferdselsdepartementet.

Inntektene fra losavgiftene, som omfatter losberedskapsavgift, losingsavgift og farledsbevisavgift, skal dekke alle kostnader og investeringer i lostjenesten. Lostjenesten skal altså være 100 prosent brukerfinansiert.

Inntektene fra sikkerhetsavgift skal dekke lønns- og driftskostnader knyttet til sjøtrafikk-sentralene i Brevik som overvåker Grenlandsområdet, Fedje som overvåker innseilingen til Sture og Mongstad, Horten som overvåker Oslofjordområdet og Kvitsøy som overvåker Rogalandsområdet og deler av Hordaland. I tillegg skal inntektene dekke cirka 2,2 millioner kroner av investeringskostnadene på VTS og tjenestens andel av felles kostnader. Felles kostnader er fagadministrasjon og rekruttering/kurs for trafikk-sentraltjenesten, samt en liten andel av kostnader til felles IKT-løsninger og lokaler ved hovedkontoret

Med utgangspunkt i vår tilnærming der vi som hovedregel ikke beregner kostnader som anses fullt ut internalisert, velger vi her ikke å inkludere kostnader til los. Det er grunn til å anta at deler av kostnadene er marginale, men i og med at dagens retningslinjer sier at alle kostnader ved lostjenesten skal dekkes inn, må disse kostnadene sies å være mer enn internalisert allerede.

#### **6.1.4 Eksterne marginale infrastrukturkostnader for godstransport på jernbane**

##### **Fremgangsmåte i de to foregående rapportene som beregnet marginale eksterne kostnader av ulike transportmidler**

ECON (2003) skriver at de ønsker å anslå de såkalte korttidsmarginale infrastruktur-kostnadene, det vil si slitasje på eksisterende infrastruktur som avhenger av trafikk-volum. Det som estimeres, er slitasje på jernbaneanlegg (i tillegg til vei og flyplasser) som følge av en enhets økning i trafikkvolum.

For jernbane tok ECON (2003) utgangspunkt i TØI (1999) som igjen tok utgangspunkt i Jernbaneverkets faktiske utgifter til drift og vedlikehold for perioden 1993-1998. På bakgrunn av en gjennomgang av ulike norske og utenlandske studier legger man til grunn at de korttidsmarginale kostnadene utgjør 15-20 prosent av disse utgiftene, 20 prosent benyttes som hovedanslag. Kjøreveiens vedlikehold består ifølge TØI (1999) i bytte av skinner og sviller, retting eller sliping av skinner, vedlikehold av ballast, underlag, plattformer, broer og bygninger. I tillegg kommer vedlikehold av strøm-forsyningsutstyr. TØI har valgt å fordele disse kostnadene etter trafikkerte bruttotonn-kilometer, det vil si i forhold til togenes totalvekt og kjørelengde. Dette er en forenkling, siden type materiell, hastighet og antall aksler/vogner påvirker slitasjen, i tillegg til topografi, helning og kurvatur som varierer mye mellom ulike banestrekninger. Persontogene holder høyere hastighet enn godstogene, noe som øker slitasjen. Til gjengjeld har godstogene høyere aksellast, noe som øker slitasjen i forhold til persontogene. TØI har valgt å fordele kostnadene som om slitasjen per bruttotonnkilometer er

lik. Dette fører til at kostnadene per togkilometer blir vesentlig høyere for godstog, som har en gjennomsnittlig totalvekt på over det dobbelte av et persontog.

ECON (2003) vurderer også fremgangsmåten til SIKA, som kommer fram til et anslag for den marginale slitasjekostnaden på 0,001 kroner per bruttotonnkilometer i gjennomsnitt for hele jernbanenettet. For stamnettet/den elektrifiserte delen av nettet, anslås kostnadene til 0,0007 kroner per bruttotonnkilometer. Dette er 2000-prisnivå og omregnet til NOK etter en kurs på 0,85. Dette er betydelig lavere enn anslagene i TØI (1999) som opererer med henholdsvis 0,09 kroner per personkilometer og 0,07 kroner per tonnkilometer. Noe av dette kan antagelig forklares med at de norske tallene også inneholder re-investeringer i jernbanenettet, men dette er neppe hele forklaringen.

ECON (2003) legger anslagene fra TØI (1999) til grunn i sin rapport fordi disse gir uttrykk for hvordan norske myndigheter har vurdert slitasjen. Kostnadsanslagene oppjusteres med 25 prosent for å reflektere økningen i drifts- og vedlikeholdsutgiftene de senere årene.

### **Forstudiens vurderinger**

TØI (2014a) oppsummerer sin gjennomgang av den vitenskapelige litteraturen om infrastrukturkostnader for jernbane med at man for jernbanetransport hovedsakelig interesserer seg for marginale slitasje- og re-investeringskostnader

TØI (2014a) viser til en artikkel om slitasjekostnader som benytter mikrodata og økonometriske metoder til å estimere en parametriske kostnadsfunksjon (Johansson og Nilsson 2004). Kostnadsfunksjonen beskriver vedlikeholdskostnadene som en funksjon av sporlengder, omfang av togtrafikk, tekniske variabler (som 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 til omfang av togtrafikk. En lignende metode ble benyttet til å estimere slitasjekostnader i Norge, men analysen ga få empirisk anvendbare resultater på grunn av manglende data (Dalsjord 2003). I beskrivelsen av Ricardo-AEAs «handbook for EU» kommer vi tilbake til studier i flere land som har benyttet metodikken i Johansson og Nilsson (2004) eller videreutvikling av denne.

### **Europeiske tall: Update of the EU Handbook on External Costs of Transport**

Ricardo-AEA (2014) skriver at kostnader til jernbaneinfrastruktur har blitt viktigere og mer synlige som følge av betaling for tilgang til jernbanenettet for transportørene. Den korrekte differensieringen av betaling for ulike typer brukere er bare mulig hvis marginale kostnader beregnes, som tar hensyn til ulike brukeres betydning for slitasjekostnadene. Det meste av de senere års innsats for å etablere metodiske anbefalinger for EU-medlemsstatene ble gjennomført som del av CATRIN-prosjektet (Wheat m.fl. 2009). Startpunktet for de top-down-beregningene som gjøres, er følgende representasjon av marginale kostnader:

$$\text{Marginal kostnad} = \text{gjennomsnittskostnad} * \text{kostnadselastisitet}$$

Først må man identifisere relevante kostnader. De fleste studiene konsentrerer seg kun om vedlikeholdskostnader (maintenance), men i en del tilfeller inkluderes også fornyelseskostnader («renewal costs»; re-investeringer).

Kostnadselastisiteten kan bestå av flere elementer, blant annet avhengig av tilgjengelige data. Komponenter i kostnadselastisiteten kan være:

- Total mengde trafikk (bruk av kjørevei)

- Type kjørevei (elektrifisert eller ikke; kun gods eller kombinert gods- og persontrafikk)
- Type tog (passasjer, frakt, regionalt, intercity, etc.)
- Fart (speed regime)

I casestudier fra Storbritannia, Østerrike, Sverige, Sveits og Frankrike fant man at kostnadsestimatene varierte mellom passasjer- og godstog, og kostnadselastisiteten er oppgitt for tre trafikktehetsintervaller (i tonnkilometer per år). Kostnadselastisiteten er generelt mellom 0,1 – 0,35, noe som betyr at kostnader basert på marginale kostnader, vil kreve betydelige tilskudd hvis den totale kostnaden til vedlikehold og fornyelse skal dekket, for ikke å snakke om bidrag til investeringskostnader.

Ricardo–AEA (2014) rapporterer at et viktig funn i CATRIN-prosjektet (Wheat m.fl. 2009, som rapportert i Ricardo-AEA) er at selv når man evaluerer på landsspesifikke gjennomsnittsverdier for trafikkflyten, varierer de marginale kostnadene betydelig mellom land og innen land. Disse forskjellene drives av mange faktorer, slik som infrastrukturens kvalitet og trafikktehet. Derfor er det vanskelig å generalisere resultater for marginale kostnader, og derfor begrenser Ricardo-AEAs anbefalinger seg til konklusjonene i Wheat m.fl. (2009). Wheat m.fl. argumenterer i følge Ricardo-AEA for å benytte bruks-elastisiteter (usage elasticities) heller enn spesifikke marginale kostnader. Brukselastisitet viser med hvilken prosent infrastrukturkostnaden vil øke hvis trafikken øker med en prosent. Disse kan så multipliseres med landsspesifikke gjennomsnittskostnadsestimater. Wheat m.fl. (2009) anbefaler brukselastisiteter på 0,2; 0,3 og 0,4 for henholdsvis trafikktehet målt i togkm per år som er lav, middels og høy.

Ricardo–AEA (2014) trekker fram forhold som er viktige for å forstå og tolke resultatene, blant annet at de fleste studier finner at den marginale kostnaden for godstog er betydelig lavere enn for passasjertog (1,5 – 7,5 ganger lavere, ifølge estimatene i som Ricardo-AEA gjengir fra Wheat m.fl. 2009).

### **Marginale eksterne infrastrukturkostnader i Europa tilsvarer fra 0,0015-0,015 kroner per tonnkm**

Infrastrukturkostnader for jernbanen har i det siste tiåret blitt estimert i Østerrike, Finland, Sveits, Sverige og Storbritannia. Tallene for godstrafikk varierer i området fra 0,17-0,20 Euro per 1000 tonnkilometer i Sverige, og Sveits; 0,69-0,75 i Frankrike og 1,32-1,72 i Storbritannia. Estimater fra den senere tid er høyere enn tidligere resultater. Ricardo–AEA (2014) konkluderer med at marginale kostnader kan være godt over 0,50 euro per 1000 tonnkilometer i gjennomsnitt for all trafikk og over 1 euro per 1000 tonnkilometer for passasjertrafikk.

Med dagens europris på ca. 9 kroner tilsvarer dette fra 0,0015 – 0,015 kroner per tonnkm.

En nyere studie i Sverige knyttet til vedlikehold, og som ligger til grunn for Svenske Trafikverkets avgifter, kom i 2008 (Andersson 2008). De indikerer en marginalkostnad for infrastrukturiltak på ca. 0,10 SEK/togkm i gjennomsnitt og tilsvarende for vedlikehold 0,0070 SEK/bruttotonnkm.

### **Togets fart kan ha mindre betydning for marginale infrastrukturkostnader**

Ricardo–AEA (2014) gjengir også en av få studier som eksplisitt ser på effekter av togets fart for marginale infrastrukturkostnader. Resultatene indikerer at denne faktoren er av begrenset betydning. For høyhastighetstog fører økningen i fart fra 100 til 300 km

per time til en økning i marginale kostnader på bare 11 prosent. For andre tog (commuter trains) er effekten neglisjerbar.

### **Jernbaneverkets metodehåndbok (2015)**

Denne benytter tall fra ECON (2003) for marginale vedlikeholdskostnader per togkm der satsene er oppjustert til 2014-priser med konsumprisindeksen. Det anbefales at disse legges til grunn ved beregning av endringer i drifts- og vedlikeholdskostnader for kjøreveien som følge av endret togproduksjon. Det understrekes at hvis nye investeringer antas å påvirke vedlikeholdskostnadene for eksempel på grunn av utskifting av gammel infrastruktur med ny, må dette begrunnes og beregnes særskilt.

Når det gjelder kjøreveisavgift, belastes denne i dag bare godstrafikk med aksellast mer enn 25 tonn i Norge. Den samfunnsøkonomiske kostnaden ved anleggelse og bruk av kjøreveien beregnes direkte gjennom anslag på drifts- og investeringsutgifter. Kjøreveisavgiften har ingen samfunnsøkonomiske effekt, men innebærer en omfordeling av kostnader mellom infrastruktureier (Jernbaneverket) og trafikksekskapene. I metodehåndboken for Jernbaneverket (2015) oppgis det at kjøreveisavgiften på jernbane er:

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

## **6.2 Vår tilnærming**

### **Sjøtransport**

I tråd med vår konklusjon på diskusjonene ovenfor antar vi ingen marginale eksterne infrastrukturkostnader for sjøtransport.

### **Jernbanetransport**

For jernbanetransport arbeides det fra europeisk hold med å få fram bedre sammenhenger mellom totale og marginale infrastrukturkostnader, blant annet ved utarbeidelse av brukselastisiteter. Slike elastisiteter foreligger ikke for Norge. Resultatene fra ulike europeiske land viser noe ulik størrelse på elastisiteten, og det er ikke gitt hvilken elastisitet som stemmer best for Norge. Elastisitetene varierer fra ca. 0,15 til 0,4 ifølge våre kilder, altså til dels noe høyere enn den andelen som er antatt å være marginal i tidligere norske studier. Samtidig er den marginale infrastrukturkostnaden man kommer fram til ved bruk av disse elastisitetene i europeisk jernbanetransport i hovedsak lavere enn det som er beregnet i tidligere norske studier, fra 0,15 øre til 1,5 øre per tonnkilometer.

På tross av en del metodiske svakheter og i mangel av data for å kunne benytte andre tilnærminger, benytter vi samme framgangsmåte som i ECON (2003), jfr. beskrivelsen av denne ovenfor. I utgangsberegningen benyttes også samme antagelse om at 20 prosent av vedlikeholds- og driftskostnadene er marginale. I følsomhetsanalyser vurderes resultatene av å anta en høyere andel marginale kostnader, for å reflektere at nyere europeiske studier kan indikere høyere andel.

## **6.3 Verdsetting av infrastrukturkostnader for jernbane**

Årlige investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader for jernbane fremgår av StatRes, jernbaneverkets rapportering til Statistisk sentralbyrå ([ssb.no/statistikkdatabanken](http://ssb.no/statistikkdatabanken)), se tabell 6.1.

Tabell 6.1. Årlige investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader for jernbanen i Norge.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Investeringer (mill. kr)</b>	3092	2975	3786	4638	5070	6546
<b>Kostnader til drift og vedlikehold av infrastruktur (mill. kr)</b>	2203	3276	3831	3077	3102	3990
- Tele (mill. kr)	187	139	139	142	106	117
- Signal/sikring (mill. kr)	240	321	313	345	356	398
- Elkraft (mill. kr)	149	291	261	287	395	340
- Linjen (mill. kr)	844	1475	1581	1399	1158	1140
- Snørydding (mill. kr)	128	167	236	181	154	191
- Stasjoner og eiendommer (mill. kr)	168	214	313	163	182	422
- Trafikkstyring (mill. kr)	..	..	..	..	..	609
- Øvrig (mill. kr)	486	669	597	560	751	773

Kilde: Statistisk sentralbyrå. StatRes. Jernbaneverket.

Totale drifts- og vedlikeholdskostnader når vi ser bort fra alle investeringskostnader varierer fra 2 203 millioner kroner i 2008 til 3 990 millioner kroner i 2013, se tabell 6.1. Kostnadene fikk en betydelig økning i 2013 som følge av bl.a. posten «Trafikkstyring<sup>33</sup>», som ikke hadde noe beløp for tidligere år.

Som for ulykker er det ikke gitt hvor mange år tilbake i tid vi skal ta hensyn til i beregningene, og tabell 7.1 viser at det er store variasjoner mellom årene. Som for vedlikehold på vei, er det et etterslep også for jernbane, men siden man har sett bort fra etterslepet ved beregning for veitrafikk, har vi også gjort det for jernbanetransport.

Vi har valgt å legge til grunn gjennomsnittlige drifts- og vedlikeholdskostnader i perioden 2008 til 2013, som tilsvarer 3247 millioner kroner per år (løpende priser<sup>34</sup>). Det er vanskelig å vurdere hvilke av og eventuelt hvor stor andel av de enkelte kostnadskomponentene som kan ansees som marginale. Som i ECON (2003) antar vi i utgangsberegninge at 20 prosent av drifts- og vedlikeholdskostandene kan knyttes til de marginale kostnadene, mens vi ser på betydningen av å øke andelen til henholdsvis 30 og 40 prosent i følsomhetsanalysene (se kapittel 8, tabell 8.6). Dette betyr at ca. 650 mill.kr./år ansees som marginale kostnader knyttet til slitasje på infrastrukturen.

### Eksterne marginale infrastrukturkostnader per tonnkilometer

De årlige marginale eksterne infrastrukturkostnadene må fordeles på tonnkilometer. Ved å dividere den anslåtte, årlige marginalkostnaden på godstogenes andel av totale brutto tonnkilometer for 2013, får vi marginalkostnaden som tilskrives godstogene. For godstog (både elektrisk og dieseldrevne) gir dette en marginalkostnad på 0,092

<sup>33</sup> Dette er togledelse, og omfatter i hovedsak personalkostnader på fjernstyringsentralene og lokale trafikkstyrere (txp-er). Det må antas at trafikkstyring i liten grad påvirkes av marginale endringer i togtrafikken. Det regnes ikke som drift og vedlikehold av selve infrastrukturen, men som drift/styring av trafikken på infrastrukturen (G. Markussen, pers.medd.,14.9.2015). Vi har likevel valgt å inkludere også denne posten i drifts- og vedlikeholdskostnadene, men kun en viss andel antas å være marginale.

<sup>34</sup> Siden det er røffe anslag, har vi ikke korrigert for prisstigning i perioden.

kr/(netto)tonnkm. Vi finner ikke noe grunnlag for å differensiere mellom dieseldrevne og elektriske godstog.

Dette tallet er omtrent på linje med det som er funnet i tidligere norske studier (ECON 2003; TØI 1999), men høyere enn funn i de fleste andre europeiske land, ifølge Ricardo-AEA, sitert ovenfor. Med de norske terreng- og værforhold er det rimelig å vente høyere kostnader enn i en del andre land, i samme retning trekker vårt generelt høye kostnadsnivå. Vi vil derfor legge disse tallene til grunn. Ut fra de nyere tallene for det som i Ricardo-AEA kalles brukselastisiteten, ligger vårt anslag på at 20 prosent av drifts- og vedlikeholdskostnadene antas å være marginale ganske lavt. Dette vil bidra til å redusere kostnadsanslaget.

I og med at det er en viss usikkerhet knyttet til andelen av driftskostnadene som må anses som marginale, og fordi nyere europeiske tall kan tyde på at andelen er noe høyere enn 20 prosent av driftskostnadene, har vi gjennomført følsomhetsvurderinger for å vurdere betydningen av at andelen endres til henholdsvis 30 og 40 prosent.

## 7 Uhellsutslipp med miljøskader

I dette kapitlet beskrives fremgangsmåte og presenteres kostnader per tonnkilometer for uhellsutslipp med miljøskade for sjøtransport. Disse kostnadene er ikke tidligere inkludert i beregning av marginale kostnader for sjøtransport. Våre beregninger bygger på en (stor) pilotstudie, og må anses som grove estimater.

### 7.1 Tidligere tilnæringer

Ulykker med lastebil og jernbane gir i hovedsak materiell- og personsaker, og typisk begrensede konsekvenser for miljøet og omgivelsene rundt ulykkesstedet. Hvis derimot et skip kolliderer eller grunnstøter, vil man i tillegg til materiell- og personsaker (omtalt i kapittel 5) også kunne få utslipp til vann som kan gi skader på naturmiljøet langs kysten og i havet og konsekvenser for omkringliggende næringsliv. Selv om sannsynligheten for større skade historisk har vært relativt lav i norske farvann, kan skaden hvis det skulle skje, likevel være ganske stor. Hvis man ikke tar hensyn til denne risikoen, vil transport på sjø få en ufortjent miljømessig fordel sammenlignet med transport på vei eller jernbane.

I prinsippet er det tre kategorier kostnader, som kan vurderes som eksterne, forbundet med utslipp til sjø fra et skipsuhell:

- *Oppryddingskostnader* forbundet med fjerning av utslipp av olje og annet drivstoff fra skipets drivstofftanker (eventuelt last) og sanering og rehabilitering av strandarealer osv.<sup>35</sup>
- *Gjenværende miljøkostnader* ved forurensing av hav og kyst. Opprydding er sjelden fullstendig, og det vil uansett være en periode der olje og andre utslipp vil være synlig og gi skade i naturmiljøet. Dette kan gi tap av rekreasjons- og såkalte ikke-bruksverdier.
- *Kostnader for omkringliggende næringer* som fiskeri, havbruk, turisme og annen næringsaktivitet som er avhengig av et rent kyst- og havmiljø.

Normalt vil kostnadene ved uhellsutslipp være midlertidige fram til miljøet er restituert og eventuelle psykologiske effekter hos berørte og omdømmekonsekvenser for næringsliv er borte.

*Oppryddingskostnader* er blitt beregnet i ulike studier basert på norske og internasjonale erfaringstall. Oppryddingskostnader beregnes ofte per tonn oljeutslipp, og det er stor variasjon avhengig av mange faktorer. Vista Analyse (2010) gjorde en grundig gjennomgang av empiriske og modellbaserte oppryddingskostnader og anbefaler 400 000 kroner per tonn for intervallet 1-1000 tonn utslipp. Dette anslaget var ment for bruk i beregning av kostnader ved opprydding ved en mulig utslippshendelse knyttet til oljevirkosomhet ved Lofoten. Vista Analyse og Holte Consulting (2012) gjennomgikk også studier og statistikk for oppryddingskostnader for å vurdere nytten av slepebåtberedskap. Studier viser at kostnadene ved opprydding målt i kroner/tonn

---

<sup>35</sup> Det er også kostnader forbundet med redning, berging og heving, en kostnad som skal være dekket av rederienes forsikringsordninger og dermed internalisert allerede. Oppryddingskostnadene skal i prinsippet også dekkes av skadevolder, men er i praksis vanskeligere å fastslå om er internalisert (jf. 7.2).



er høyest for små utslipp, og avtar med utslippets størrelse. For de relativt små utslippene vi har hatt i Norge (godt under 1000 tonn) ligger kostnadene på 300.000 – 400.000 kr/tonn, som også er de kostnadene som konseptvalgsutredningen (KVUen) for slepebåtberedskap benytter. Kostnadene faller ned mot 100.000 kr/tonn for utslipp opp mot 100.000 tonn og over. Det har vært få virkelig store oljeutslipp fra tankskip i verden, slik at kostnadene for de største utslippene er usikre. Kystverket gjennomgår for tiden erfaringstall fra perioden 1989-2012 og finner en gjennomsnittlig enhetskostnad på kr 405 000 per tonn (Linnestad *pers. komm.*). Disse tallene er foreløpige. Det er så et spørsmål om i hvilken grad disse oppryddingskostnadene er fullt internalisert gjennom rederienes ansvar ved uhellsutslipp. Vi kommer tilbake til dette i 7.2.

Det er avtakende utbytte av opprydding, slik at en kommer til et punkt hvor kostnadene er større enn nytten. Da bør man slutte å rydde, og la naturen selv ordne opp. Det vil i praksis nesten alltid være igjen noen skader etter opprydding. For små og moderate utslipp vil disse forsvinne innen rimelig tid. Skader etter store utslipp kan tenkes å vedvare lenge. Disse *gjenværende miljøkostnadene* etter oppsamling av (deler) av oljen har vært beregnet i en del internasjonale studier, som Lindhjem m.fl. (2014) viser til. I norsk sammenheng har disse effektene så langt i vurderinger av enkeltprosjekter som kan gi skade (for eksempel oljeutvinning) i hovedsak vært behandlet som såkalte ikke-prissatte effekter, eller de er blitt vurdert implisitt eller sammenlignet med overførte verdier fra internasjonale studier (som for eksempel i Vista Analyse 2010). Kystverket har imidlertid satt i gang et betydelig arbeid for å kunne verdsette denne typen skadeeffekter, nettopp med tanke på samfunnsøkonomiske analyser av ulike slag relatert til miljøskader av oljeutslipp. Foreløpig foreligger bare resultater fra en større pilotundersøkelse (se Vista Analyse 2013 og Lindhjem m.fl. 2014), men det er ventet at resultater fra hovedundersøkelsen skal foreligge i løpet av høsten 2015. I denne rapporten tar vi utgangspunkt i pilotresultater basert på data fra vinteren 2015 i forbindelse med testing i forkant av hovedundersøkelsen (se neste avsnitt). Det kan gi en illustrasjon.

Når det gjelder *konsekvenser for næringslivet* av uhellsutslipp, har dette vært forsøkt beregnet i enkelte studier, for eksempel i etterkant av konkrete utslippshendelser (et eksempel er Full City-ulykken utenfor Langesund, jf. Arnensen og Ericsson 2011) eller ved mulige, nye prosjekter / utbygginger som kan gi utslipp (som oljeutvinning utenfor Lofoten, jmf. Vista Analyse 2010 og Norut 2012). Følgende virkninger har vært identifisert for havbruk og fiskeri (også relevant for turisme):

- Omdømmevirkning, slakting/destruksjon av oppdrettsfisk og avstenging av fiske for å ivareta matvaresikkerhet og omdømme. Nedslakting kan også bli nødvendig for å opprettholde omdømme, selv om anlegget ikke er direkte rammet av oljesøl.
- Svikt i etterspørsel som følge av negativ omdømmevirkning.
- Kostnader som følge av tilgrising av kai- og bryggeanlegg, redskap og utstyr, flytting av oppdrettsanlegg og omdirigering av fiske til mindre gunstige farvann.
- Redusert fremtidig produksjonspotensial gjennom tap av egg og larver (eller andre langsiktige virkninger med betydning for fremtidig produksjonspotensial).

Vista Analyse og Holte Consulting (2012) viser til beregninger som illustrerer at det er først for store utslipp at kostnadene for fiskerier og reiseliv vil bli betydelige. De har ikke anslag for denne virkningen for kategorien 1-1000 tonn (som de opererer med som sin laveste utslippskategori). Vista Analyse (2010) vurderer også kun virkninger for langt større utslipp. Det er nok i hovedsak den største utslippskategorien som typisk vil kunne gi negative virkninger av noe omfang, men er man uheldig med utslippssted, vær- og vindforhold og årstid, kan også et mindre utslipp gi skader.

## 7.2 Vår tilnærming

### Total årlig kostnad

De totale kostnadene ved uhellsutslipp for et år er antall (frekvens) uhellsutslipp som gir miljøskader av ulik alvorlighetsgrad multiplisert med verdien av skadene i kroner. Siden det er lite data offentlig tilgjengelig som kan gi oss et godt grunnlag for å differensiere på skipstyper eller skille mellom hvor eventuelle utslippshendelser vil kunne skje, forenkler vi ved å betrakte utslippsfrekvenser totalt for skipsfart langs hele norskekysten under ett. Som vi kommer tilbake til, betrakter vi også verdien av å unngå miljøskader fra uhellsutslipp i gjennomsnitt for hele landet (uavhengig av hvor utslippene eventuelt vil skje). Dette gir forventede miljøskader basert på en grov gjennomsnittsbetraktning for all skipstrafikk langs hele norskekysten.

For ulykkeshendelser med skader på personell og materiell brukte vi statistikken fra Sjøfartsdirektoratet og Statistisk Sentralbyrå (kapittel 5). Denne statistikken er ikke fullstendig dekkende for frekvenser og mengder av oljeutslipp. Vi baserer oss derfor på informasjon fra DNV (2010) som modellerer uhells- og utslippsfrekvenser basert på målinger av skipstrafikk langs norskekysten (såkalte AIS-data). Disse beregningene er kalibrert med statistikken fra Sjøfartsdirektoratet.

### Oppryddingskostnader

I tillegg skal man legge til eventuell ekstern, marginal del av oppryddingskostnadene for disse hendelsene. Disse anslagene kan i tilfelle baseres på gjennomgang og kostnadsanslag i Vista Analyse (2010) og Vista Analyse og Holte (2012). Ifølge Forurensingsloven er det skadevolder som skal betale alle kostnader ved opprydding etter oljevernaksjoner. I prinsippet er dermed oppryddingskostnadene allerede internalisert og reflektert i rederienes forsikringskostnader. I praksis er det imidlertid tvilsomt om de fulle kostnadene, ofte flere 100 millioner kroner som for Full City, vil kunne innkreves. I noen tilfeller har staten for dårlig oversikt over påløpte kostnader til å kreve refusjon fra forurenser og i andre tilfeller er det vanskelig å innkreve det fulle beløpet (for eksempel fordi rederiet ikke kan betale eller har utilstrekkelig forsikringsdekning) (PWC 2010). Siden vi mangler gode erfaringstall på hvor stor andel av kostnadene ved det offentlige oljevernaksjoner som dekkes inn av forurenser, er det mest konservativt å anta i utgangspunktet at alle kostnader er internalisert. Vi går derfor ikke videre med denne kostnaden.

### Gjenværende miljøkostnader ved uhellsutslipp

Vista Analyse (2015b) dokumenterer resultater fra en pilotundersøkelse som spør om folks betalingsvillighet for å unngå henholdsvis liten, middels, stor og svært stor miljøskade forårsaket av utslipp til sjø fra skip. Det er to regionutvalg i piloten; Vestlandsregionen og Østlandsregionen som stilles overfor et utslippseksemplene henholdsvis nord for Bergen og utenfor Hvaler i Ytre Oslofjord som kan resultere i fire grader av miljøskader. I hovedundersøkelsen som er planlagt for høsten 2015, inkluderes også tre andre regionale utslippscase (i tillegg til at Vestlands- og Østlandsutvalget kjøres på nytt). Siden vi kun har data fra to regioner tilgjengelig for denne rapporten, overfører vi disse pilotdataene til resten av landet (se nedenfor). Dette vil gi et grovt bilde av verdien av å unngå utslippshendelser som gir miljøskade. Forarbeidet til pilotundersøkelsen har vært svært grundig og har blant annet inkludert oljedriftsmodellering og miljøskadevurdering av eksperter på området. Miljøskade-

nivåene er basert på modellering av utslipp av henholdsvis 20, 200, 2000 og 20 000 tonn av ulike oljetyper (de minste mengdene består av lettere oljetyper)<sup>36</sup>. Det er derfor de beste anslagene vi per i dag har tilgjengelig. Vi viser til Vista Analyse (2015b) for detaljene om metodikken.

### Kostnader for fiskeri, havbruk og turisme ved uhellsutslipp

Det er vanskelig å anslå forventet skade for ulike næringer i kroner, både fordi det er manglende norske data og studier og fordi anslagene ville bli svært stedsspesifikke og vanskelig å generalisere til per tonnkilometer. Det er også et spørsmål om hvor mye av slike direkte effekter som vil bli dekket av rederienes forsikring (og eventuelt overskytende skadeansvar kan dekkes av et eget fond under IMO-regelverket), og som dermed er å regne som internalisert i dag. Vi går derfor ikke videre med å forsøke å anslå disse.

## 7.3 Verdsetting av uhellsutslipp

### Enhetskostnader ved miljøskader fra oljeutslipp

Vista Analyse (2015b) beregner gjennomsnittlig betalingsvillighet i form av et engangsbeløp per husstand for befolkningene i henholdsvis Vestlands- og Østlandsregionen. Det er antatt (konservativt) at folk i hovedsak bryr seg om å unngå utslipp langs kysten i sin hjemmeregion. Resultatene er gitt i tabell 7.1. Verdiene varierer fra kroner 500 til 1850 for å unngå de ulike skadestørrelsene og varierer ikke mye mellom de to regionene.

**Tabell 7.1 Regional, gjennomsnittlig betalingsvillighet (kroner per husstand) for å unngå henholdsvis liten, stor, middels og svært stor miljøskade for utslippsscenario på Vestlandet og i Oslofjorden**

Skadestørrelse	Vestlandet	Østlandet	Gjennomsnitt
Liten (20 tonn marin dieselloje)	508	676	592
Middels (200 tonn IF 180 bunkersolje)	732	818	775
Stor (2000 tonn IF 380 bunkersolje)	1227	1243	1235
Svært stor (20 000 tonn Oseberg råolje)	1853	1675	1764
Utvalgsstørrelser (netto)	248	357	

Kilde: Vista Analyse (2015b)

Vi gjør antagelsen at gjennomsnittet for de to regionene kan representere betalingsvillighet for en norsk gjennomsnittshusstand. Siden pilotresultatene er å tolke slik at de gir verdien uttrykt av en regional befolkning av å unngå et regionalt utslippsscenario av ulik alvorlighetsgrad, kommer vi fram til relevante enhetspriser ved å multiplisere opp med gjennomsnittlig antall husholdninger i en region hvis vi deler landet inn i fem like regioner i forhold til befolkningsstørrelse. Vi gjør denne forenklingen fordi vi ikke skiller mellom hvor utslippene eventuelt skjer, men ønsker å si noe om skadekostnad i snitt for hele landet. Ved å bruke gjennomsnittlig husstandsstørrelse på 2,1 og befolkningstall på litt over 5,1 millioner fra SSB, får vi enhetspriser for befolkningen i en gjennomsnittsregion for å unngå de fire

<sup>36</sup> Innenrikstrafikken og nærskipstrafikk innenfor ECA (Emission Control Areas) vil som konsekvens av svoveldirektivet framover trolig begynne å bruke lettere drivstofftyper (som marin diesel). For gjøre beregningene relevante for en slik framtid, bruker vi lettere oljetyper for de to minste skadestørrelsene.

skadenivåene ved en typisk utslippshendelse på henholdsvis 291 millioner (liten skade), 381 millioner (middels skade), 608 millioner (stor skade) og 868 millioner kroner (svært stor skade).

## 7.4 Kostnader ved uhellsutslipp

### Antall skipsuhell med utslipp til sjø

For å komme fram til totale, marginale, eksterne miljøkostnader ved skipstransport, trenger vi statistikk eller data for antall uhellshendelser som forårsaker ulike utslippsstørrelser (og aller helst alvorlighetsgrad av miljøskade). Som nevnt baserer vi oss på tall fra DNV (2010).

Ifølge Sjøfartsdirektoratet har antallet skipsulykker vært noe økende i perioden 2001 til 2010. Antall ulykker med forurensende utslipp ser ut til å være relativt stabilt, eller svakt økende, i samme periode (Sjøfartsdirektoratet 2011). Siden det er fare for en viss underrapportering og av andre grunner (så som at nyere fartøy har krav til dobbel beskyttelse av drivstofftanker), modellerer DNV (2010) utslippsfrekvenser ved bruk av trafikkdata. De beregner frekvenser for nåsituasjonen vurdert med data for 2008.

DNV (2010) beregner utslippsfrekvenser, dvs. sannsynlighet for utslipp av ulike størrelser, gitt at en ulykke har inntruffet.

**Tabell 7.2** Utslippsfrekvenser for oljetankere (råolje) og andre skip (bunkers) for nåsituasjonen (2008)

<b>a Oljetankere (råolje)</b>	
Utslippsmengde	Frekvens per år
100-2000 tonn	0,016
2000-20000 tonn	0,027
20000-100000 tonn	0,004
<100000 tonn	0,007
<b>b Andre skipstyper (bunkers)</b>	
Utslippsmengde	Frekvens per år
0-400 tonn	0,5
400-1000 tonn	0,25
1000-5000 tonn	0,1

Kilde: DNV (2010)

Basert på tallene i DNV (2010) er det ikke mulig å skille ut skips kategorier som ikke er relevante for godstransport. For eksempel vil den relativt store utseilte distansen for fiskebåter øke den beregnede utslippsfrekvensen for de minste utslippene i kategorien «andre skipstyper» i Tabell 7.2, men vi vet ikke hvor mye. Beregningene her må uansett bli nokså grove, siden vi også må gjøre antagelser om hvordan de ulike utslippsintervallene matcher vår enhetspriser beregnet ovenfor.

Utslippsfrekvenser, på samme måte som ulykker med person- og materiellskader i kapittel 5, er ikke konstante over tid. DNV (2010) spår en relativt stor økning i skipstrafikken fram til 2025, særlig knyttet til økt oljevirksomhet i nord (disse scenariene virker nå mindre relevante i lys av reduksjonen i oljeinvesteringene). Men det er også økning i trafikk innenfor andre typer skipstransport. Det betyr at tallene som er oppgitt her (med basis i 2008) er konservative for dagens situasjon og kanskje de neste årene.

### Totale, marginale kostnader ved miljøskader fra uhellsutslipp

For å komme til totale, marginale miljøkostnader ved oljeutslipp må vi koble frekvenskategoriene ovenfor med skadekategoriene vi har beregnet verdier for i Tabell 7.1. Det er ikke rett fram og krever tolkning. Uten å ha ytterligere informasjon å basere oss på<sup>37</sup>, gjør vi følgende grove og konservative vurdering:

- 0-400 tonn bunkers tolkes å gi «liten miljøskade» (siden det her også er tale om svært mange utslipp i lavere del av intervallet, og trolig endel lettere oljetyper).
- 100-2000 tonn råolje og 400-1000 tonn bunkers. Utslipp > 400 tonn bunkers er kun relevant for skip større enn 8-100 000 DWT tolkes å gi «middels miljøskade».
- 2000-20 000 tonn råolje og 1000-5000 tonn bunkers tolkes å gi «stor miljøskade»
- De to største utslippskategoriene for råolje (20 000-100 000 og større enn 100 000) tolkes å gi «svært stor miljøskade».

Vi har ikke beregnet verdier for utslippsstørrelser større enn 20 000 tonn i vår pilotundersøkelse, så våre tall er dermed å regne som konservative for de øverste utslippsintervallene. Vi summerer frekvensene fra Tabell 7.2 for de fire skadenivåene vi har enhetspriser for, noe som gir frekvensene i andre kolonne i Tabell 7.3. Multiplisert med de beregnede enhetsprisene for å unngå hver av skadenivåene (tredje kolonne) får vi summert totale, marginale miljøskader fra uhellsutslipp fra skipstrafikk på rundt 334 millioner kroner per år.

**Tabell 7.3 Total, årlig marginal miljøskadekostnad ved uhellsutslipp for skipstransport for situasjonen i dag (2008)**

	Årlig frekvens	Enhetspris	Total kostnad per år
<b>Liten skade (20 tonn)</b>	0,5	291,3 mill	145,6 mill
<b>Middels skade (200 tonn)</b>	0,27	381,2 mill	101,5 mill
<b>Stor skade (2000 tonn)</b>	0,13	607,5 mill	77,1 mill
<b>Svært stor skade (20 000 tonn)</b>	0,01	867,8 mill	9,1 mill
<b>Sum</b>			333,5 mill.

### Miljøkostnader per tonnkilometer

For det høye og lave anslaget på seilte tonnkm, diskutert i avsnitt 2.7.6, får vi fra tabell 7.3. henholdsvis 0,0014 og 0,0033 kr per tonnkm. I utgangsberegningene benytter vi et gjennomsnitt av disse tallene, fordi vi, som diskutert i avsnitt 2.7 ikke har klare holdepunkter for hva som er det «riktige» tallet for antall bruttotonnkilometer i norske farvann. Dette tilsvarer 0,002 kroner, det vil si 0,2 øre, per tonnkilometer. Vi kunne gjort følsomhetsanalyser av kostnad ved henholdsvis lavt og høyt anslag for antall tonnkilometer, men i og med at tallene er så små, vil det uansett ha minimalt utslag på kostnaden per tonnkilometer. Dette gir som nevnt et grovt overordnet bilde av forventede miljøkostnader ved uhellsutslipp for totalt sjøtransport for et år.

<sup>37</sup> DNV (2010) spesifiserer for eksempel ikke nærmere hva slags type drivstoff de definerer under bunkers, men trolig er det oljetyper i samme kategori som for våre to midlere utslippscase (middels og stor skade, jmf. Tabell 7.1).

## 8 Samlede marginale eksterne kostnader

I dette kapittelet gis en oversikt over marginale eksterne kostnader beregnet i kapittel 4-7, satt opp for henholdsvis sjøtransport og jernbanetransport. Vi har også samlet de følsomhetsanalysene som er gjennomført for usikre faktorer og forutsetninger, og vurderer hvordan disse påvirker resultatene. Avslutningsvis sammenlignes våre resultater med kostnadene for sjø- og banetransport som ble beregnet i tidligere utredninger om marginale kostnader ved ulike transportformer (ECON 2003; TØI 1999).

### 8.1 Marginale eksterne kostnader ved godstransport på sjø og bane - oppsummering

#### **Totale marginale eksterne kostnader for sjø og bane – første oversikt**

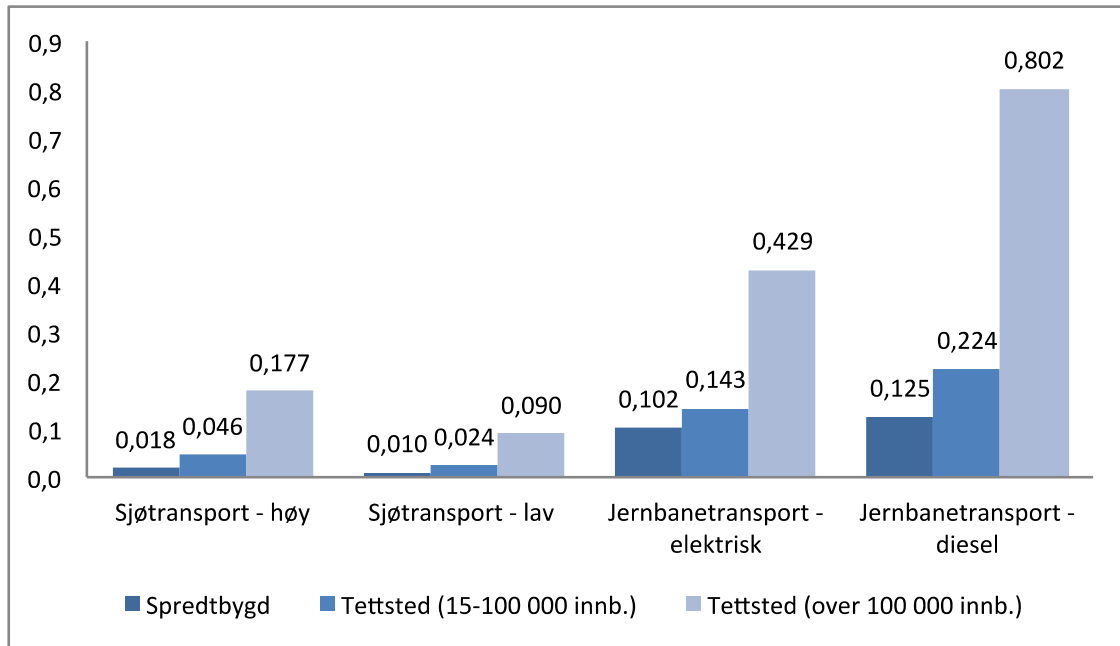
Som en første oversikt viser figur 8.1. beregnede totale marginale eksterne kostnader per tonnkilometer for sjøtransport og jernbane for henholdsvis spredtbygde strøk og mindre og større tettsteder.

Diagrammet viser at sjøtransport med større skip (som gir lave utslipp per tonnkilometer) gir de laveste marginale eksterne kostnadene. For sjøtransport i spredtbygde strøk er de på ca. 1-2 øre per tonnkilometer. Marginale eksterne kostnader er noe høyere for byer og tettsteder, særlig for de største tettstedene fordi de lokale utslippskostnadene er høyere der. Men fortsatt er de marginale eksterne kostnadene lave, ca. 10 øre per tonnkilometer. Sjøtransport med mindre skip (som i gjennomsnitt gir noe høyere lokale utslipp og klimagassutslipp per tonnkilometer) har noe høyere marginale eksterne kostnader, særlig for mindre og større tettsteder, men de er fortsatt lave, ca. 20 øre i de største tettstedene.

Marginale eksterne kostnader fra jernbanetransport er noe høyere, men også relativt lave når jernbanetransporten skjer i spredtbygde strøk; ca. 10 øre per tonnkilometer. Kostnadene er høyere i tettsteder, høyest i de største tettstedene. Både for elektriske tog og dieseltog gir støykostnadene relativt store utslag for mindre, og særlig større, tettsteder. For dieseltog kommer kostnader ved lokale utslipp i tillegg for tettstedene. Totale eksterne marginale kostnader per tonnkilometer i større tettsteder (med mer enn 100 000 innbyggere) blir nesten 80 øre for dieseltog og ca. 40 øre for elektriske tog. Forskjellen mellom dieseltog og elektriske tog skyldes altså kostnader ved lokale utslipp og klimagassutslipp (som er antatt å være null for elektriske tog).

I disse totalanslagene er det lagt inn en tonnpris på CO<sub>2</sub> på 400 kroner per tonn. Denne prisen er kun ment som en illustrasjon da det ikke er utledet CO<sub>2</sub>-priser i dette prosjektet. For fullstendighetens skyld, har vi likevel lagt inn disse prisene. I følsomhetsanalysen i neste delkapittel, viser vi kostnadstallene dersom CO<sub>2</sub>-kostnaden trekkes ut (settes til 0).

**Figur 8.1. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for sjøtransport (med små skip («høy») og med store skip («lav»), elektriske tog og dieseltog for spredtbygde strøk, mindre og større tettsteder.**



Vi skal i neste avsnitt vurdere følsomheten i anslagene for ulike, usikre forutsetninger, som er diskutert i kapittel 3-7. Men først skal vi se litt nærmere på de ulike komponentene som utgjør de totale marginale eksterne kostnadene for sjø- og banetransport.

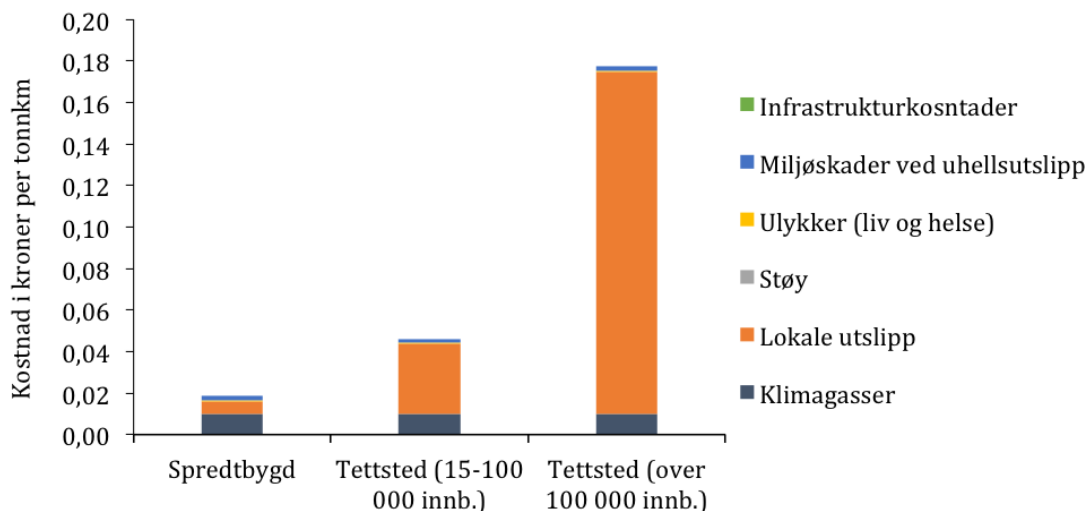
### **Totale marginale eksterne kostnader består av flere kostnadskomponenter**

Figur 8.2.-8.5. viser komponentene i de marginale eksterne kostnadene per tonnkilometer for sjø- og banetransport for henholdsvis spredtbygde strøk, mindre og større byer. De samme resultatene er vist i tabellform i tabell 8.1.-8.4.

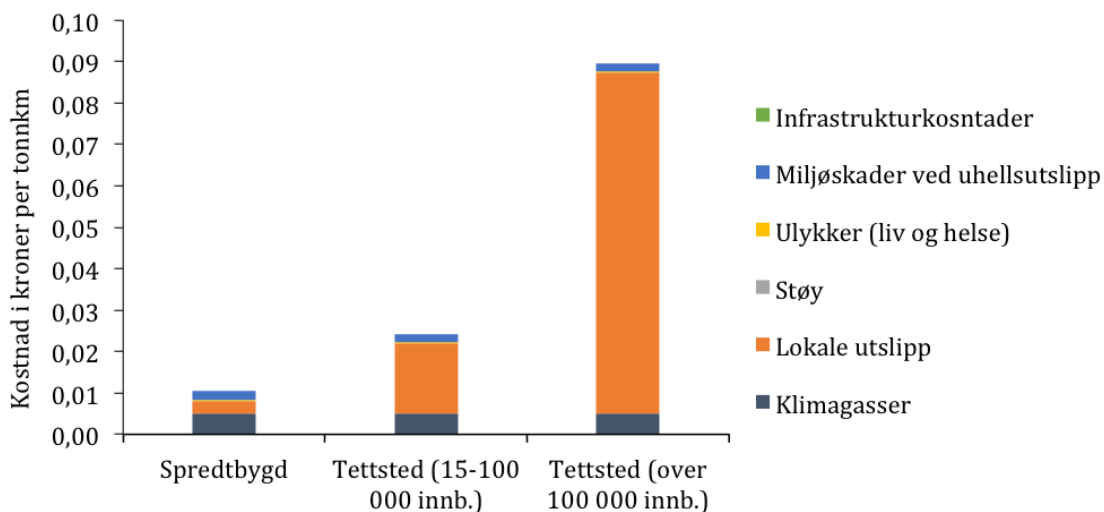
### **Totaltall og kostnadskomponenter for sjøtransport av gods**

For sjøtransport er alle kostnadskomponenter lave. De faktorene som slår mest ut, og mest for de mindre skipene med færrest tonnkilometer å fordele kostnadene på, er lokale utslipp til luft, unntatt i spredtbygde strøk. Disse utgjør den største delen av kostnadene, og er størst for de største tettstedene. Men som vi skal se nærmere på i eksemplene i neste kapittel, skjer en svært liten del av sjøtransporten i tettbygde strøk. Inkludering av miljøskader ved uhellsutslipp, som tidligere ikke har vært inkludert, gir ikke særlig utslag på kostnadene. Selv om miljøskadekostnadene ved et større uhell/ulykke kan være betydelige, er sannsynligheten for at et slikt uhell inntreffer, såpass lav, at kostnaden fordelt på antall tonnkilometer som fraktes, blir lav.

**Figur 8.2. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på sjø med «små skip» («høye utslipp») fordelt på ulike kostnadskomponenter.**



**Figur 8.3. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på sjø med «store skip» («lave utslipp») fordelt på ulike kostnadskomponenter.**





**Tabell 8.1. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på sjø med «små skip» («høye utslipp») fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,010	0,010	0,010
Lokale utslipp	0,006	0,034	0,165
Støy	0,000	0,000	0,000
Ulykker (liv og helse)	0,0004	0,0004	0,0004
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,002	0,002	0,002
Infrastrukturkostnader	0,000	0,000	0,000
<b>Totalt</b>	<b>0,018</b>	<b>0,046</b>	<b>0,177</b>

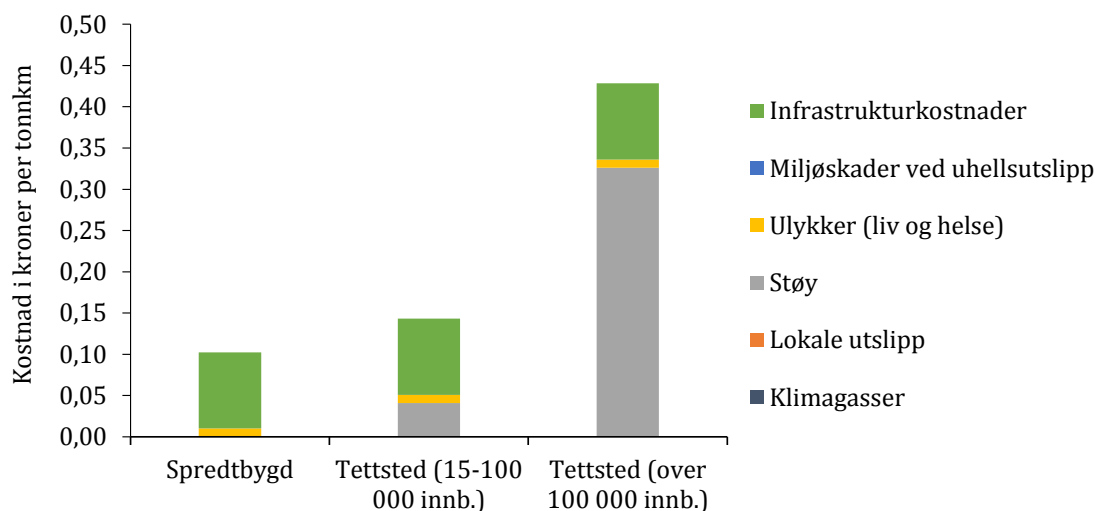
**Tabell 8.2. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på sjø med «store skip» («lave utslipp») fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,005	0,005	0,005
Lokale utslipp	0,003	0,017	0,082
Støy	0,000	0,000	0,000
Ulykker (liv og helse)	0,0004	0,0004	0,0004
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,002	0,002	0,002
Infrastrukturkostnader	0,000	0,000	0,000
<b>Totalt</b>	<b>0,010</b>	<b>0,024</b>	<b>0,090</b>

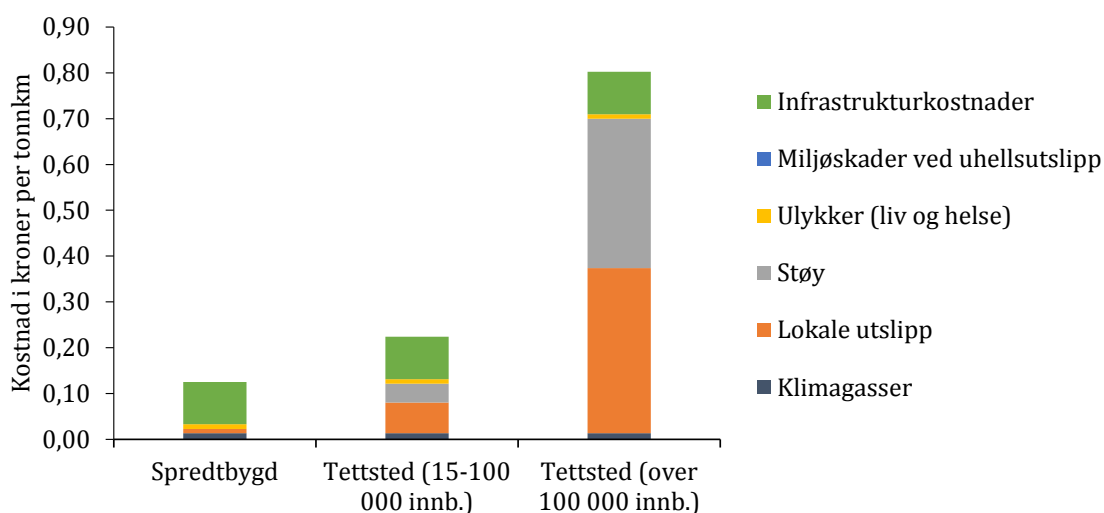
### Totaltall og kostnadskomponenter for jernbanetransport av gods

For jernbanetransport er de marginale eksterne kostnadene noe høyere enn for sjøtransport. For jernbanetransport i spredtbygde strøk er kostnadene lave, men for jernbanetransport er det beregnet en infrastrukturkostnad (slitasje) som tilkommer for all jernbanetransport. For tettbygde strøk kommer i tillegg støykostnader for alle tog. For dieseltog kommer i tillegg kostnader ved utslipp til luft (lokale utslipp og klimagasser) mens disse er satt til null for elektriske tog. Man kan legge merke til at støykostnadene ved togtransport i større tettsteder utgjør en vesentlig størrelse for all godstransport med tog. Som beskrevet i kapittel 4, er det en viss usikkerhet forbundet med fordelingen av støykostnader på ulike strøk, og i tidligere analyser er det (hvis støy er inkludert) beregnet en flat kostnad for all godstransport. Det er imidlertid slik at svært få blir berørt av støy fra jernbane utenfor tettbygde områder, og vi mener dermed det gir en riktigere bilde når støykostnadene differensieres mellom spredtbygde og tettbygde områder. De fleste som er utsatt for støy fra jernbane, bor i de større byene. Dette gir imidlertid relativt store utslag i kostnadene, og i følsomhetsanalysen i neste delkapittel, vurderes hvordan det påvirker resultatene dersom vi fordeler støykostnaden jevnt over alle tonnkilometer godstransport i landet.

**Figur 8.4. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport med elektriske tog fordelt på ulike kostnadskomponenter.**



**Figur 8.5. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport med dieseltog fordelt på ulike kostnadskomponenter.**



**Tabell 8.3. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport med elektriske tog fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
<b>Klimagasser</b>	0,000	0,000	0,000
<b>Lokale utslipp</b>	0,000	0,000	0,000
<b>Støy</b>	0,000	0,041	0,326
<b>Ulykker (liv og helse)</b>	0,010	0,010	0,010
<b>Miljøskader ved uhellsutslipp</b>	0,000	0,000	0,000
<b>Infrastrukturkostnader</b>	0,092	0,092	0,092
<b>Totalt</b>	<b>0,102</b>	<b>0,143</b>	<b>0,429</b>

**Tabell 8.4. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport med dieseltog fordelt på ulike kostnadskomponenter.**

	Spredtbygd	Tettsted (15-100 000 innb.)	Tettsted (over 100 000 innb.)
Klimagasser	0,013	0,013	0,013
Lokale utslipp	0,010	0,067	0,361
Støy	0,000	0,041	0,326
Ulykker (liv og helse)	0,010	0,010	0,010
Miljøskader ved uhellsutslipp	0,000	0,000	0,000
Infrastrukturkostnader	0,092	0,092	0,092
<b>Totalt</b>	<b>0,125</b>	<b>0,224</b>	<b>0,802</b>

## 8.2 Følsomhetsvurderinger for sentrale forutsetninger

Vi har gjennom første del av rapporten diskutert den usikkerhet som ligger i beregningene, og en del sentrale forutsetninger og forhold som vi vil se nærmere på i følsomhetsanalyser. I dette delkapittelet vil vi oppsummere de følsomhetsanalysene som er gjennomført, og hva de sier om resultatenes robusthet, det vil si hvor «sikre» de beregnede marginale eksterne kostnadene er.

Hvordan de endrede forutsetningene slår ut for henholdsvis sjø og jernbane oppsummeres i tabell 8.6 (sjø) og 8.7 (jernbane).

### Betydningen av CO<sub>2</sub>-pris

Vi har ikke utledet priser for klimagassutslipp i denne rapporten, men beregnet utslipp av klimagasser i tonn. Vi har likevel lagt inn en pris for CO<sub>2</sub> på 400 kroner per tonn for illustrasjon og for bruk i eksemplene.

Vi har også beregnet hva de totale marginale eksterne kostnadene blir når vi ikke regner noen pris på CO<sub>2</sub> og når vi doubler prisen per tonn sluppet ut fra 400 til 800 kroner per tonn.

For elektriske tog gir naturlig nok ikke CO<sub>2</sub>-pris noe utslag, for øvrige tog og skip gir det et visst utslag å sette pris lik null eller doble, men ikke betydelige utslag. Dette skyldes at utslippene målt i tonn CO<sub>2</sub> per tonnkilometer er begrenset.

### Betydningen av SO<sub>2</sub>-pris

Videre har vi vurdert SO<sub>2</sub>-prisen som såpass usikker at vi har vurdert hva det betyr for resultatene om vi setter prisen til null for alle utslippssteder (ikke bare spredtbygde strøk). Som vi husker fra kapittel 3, er det store intervaller for hva SO<sub>2</sub>-prisen i dag kan være, og de fleste steder er nedre grense 0 kroner per kg utslipp.

Endring av SO<sub>2</sub>-prisen har svært liten betydning for resultatene.

### Betydningen av støykostnader

Støykostnader er kun beregnet for tog. Som nevnt i kapittel 8.1., er det også spørsmål om hvordan de totale støykostnadene bør fordeles mellom spredtbygde områder og tettsteder av ulike størrelser, og vi viser hvordan de marginale eksterne kostnadene for jernbanetransport avhenger av denne fordelingen. Det er videre en viss usikkerhet ved hvilket støynivå som antas i de gitte intervallene for støyutsatte. Vi valgte midtpunktet i intervallet som utgangspunkt for beregningene, men vurderer hvordan det slår ut hvis

vi antar at alle som er utsatt for støy for eksempel i intervallet 60-64,9 dB enten er utsatt for 60 dB eller 64,9 (mens utgangsberegningen altså antar at alle i dette intervallet er utsatt for 62,5 dB).

Endring i forutsetninger om støykostnader har relativt stor betydning, særlig for elektriske tog, der det er få andre kostnadskomponenter. Det har en viss betydning hva som antas om øvre og nedre grense i intervallet, men særlig hvordan støykostnadene fordeles. For elektriske tog synker totale marginale eksterne kostnader fra 0,43 til 0,12 kroner for de største tettstedene mens de øker litt for spredtbygde strøk og er omtrent uendret for «mindre» tettsteder (15 000 – 100 000 innbyggere). Også for dieseltog synker marginale eksterne kostnader for de største tettstedene betydelig, fra 0,80 til 0,50 kroner per tonnkilometer.

### **Betydningen av utnyttelsesgrad for skip**

For utslippene fra sjøtransport, kan antagelsen om utnyttelsesgrad spille en rolle, og som diskutert i kapittel 2 og 3 har vi relativt dårlig grunnlag for å anslå faktisk utnyttelsesgrad. Vi antok 50 prosent utnyttelsesgrad av totalt dødvekttonn (DWT), som tilsvarer mer enn 50 prosent utnyttelse av lastekapasiteten (jf. kapittel 2.7). I følsomhetsanalysen vurderes betydningen av at denne utnyttelsesgraden antas å være henholdsvis 30, 40, 60 og 70 prosent av DWT.

Når vi ser på ytterpunktene (30 og 70 prosent utnyttelse av DWT) ser vi at den laveste antagelsen om utnyttelsesgrad medfører at de marginale eksterne kostnadene blir anslagsvis 1,5 ganger kostnadene i utgangsberegningen mens øvre anslag gjør at kostnadene blir anslagsvis 2/3 av kostnadene i utgangsberegningen.

### **Betydningen av antagelse om utslippsfaktorer for svevestøv for skip**

For sjøtransport er det videre knyttet en viss usikkerhet til hvilke drivstofftyper som vil benyttes fremover, som følge av skjerpede krav til svovelutslipp. I utgangsberegningen er det antatt at dette vil medføre overgang til lettere oljeprodukter, som inneholder mindre svovel, men som også har lavere utslippsfaktor for svevestøv (PM<sub>10</sub>). Vi har derfor lagt til grunn overgang til lettere produkter med mindre svevestøvutslipp i utgangsberegningen, men har i en følsomhetsanalyse beregnet resultatene dersom vi antar at man fortsetter med tyngre produkter som gir dagens utslipp av svevestøv (og underforstått andre tilpasninger for å møte svovelkravet).

Denne endringen i forutsetninger, har svært liten betydning for resultatene.

### **Betydningen av overgang til LNG for skip**

Vi viser også marginale eksterne kostnader ved bruk av LNG. LNG har lavere utslipp enn en del oljeprodukter og kan antas å redusere utslippskostnadene, og dermed de totale marginale eksterne kostnadene for skip.

Beregningene for LNG viser imidlertid at de marginale eksterne kostnadene ikke blir så mye lavere. Dette har særlig sammenheng med antagelsene som er gjort om overholdelse av svovelutslippskrav for skip og antatt overgang til lettere oljer og destillater som har lavere utslipp enn tungoljer. Dermed blir gevinsten ved overgang til LNG beskjedent målt i marginale eksterne kostnader.

### **Betydningen av andel av togenes infrastrukturkostnader som antas å være marginale**

For tog har vi sett på betydningen av hvilken andel av totale vedlikeholdskostnader som antas å være marginale. I utgangsberegningen er andelen satt til 20 prosent.

Nyere tall fra EU-prosjekter antyder at andelen kan være høyere. Vi har derfor sett på betydningen for resultatene om vi antar at denne andelen øker til 30 eller 40 prosent.

Denne kostnaden utgjør en betydelig del av marginale eksterne kostnader ved togtransport, særlig for elektriske tog og ved togtransport i spredtbygde strøk, og endringer i forutsetningen medfører dermed en viss endring i totale marginale eksterne kostnader for godstransport med tog.

### Betydning av ulike antagelser om antall tonnkilometer som fraktes på sjø

Som vi har vært inne på er det en viss usikkerhet knyttet til antall tonnkilometer som fraktes på sjø. For forurensende utslipp følger kostnader per tonnkilometer av målt drivstofforbruk og utseilt distanse i vår tilnærming beskrevet i kapittel 3. For øvrige komponenter er et gjennomsnitt av tonnkilometer basert på anløpsstatisikk (jf. TØI 2014c) og beregninger basert på utseilt distanse og antagelser om utnyttelsesgrad (beskrevet i kapittel 3.4) benyttet. Vi har derfor ikke beregnet følsomhet for denne faktoren på samme måte som for de øvrige faktorene.

### Samlet vurdering av følsomhet for sjøtransport

Som tabell 8.5 viser, er det få endringer i forutsetninger som gir betydelige endringer i totale marginale eksterne kostnader for sjøtransport. Størst betydning har antagelser om utnyttelsesgrad som medfører prosentvis ganske store endringer fra utgangsberegningene (varierer mellom ulike skipstyper og om transporten skjer i spredtbygd eller tettbygd område), men totale marginale kostnader blir fortsatt ganske lave. Endrede forutsetninger om utslippsfaktoren for svevestøv medfører prosentvis stor økning for sjøtransport i de største tettstedene (fordi prisene for svevestøv der er høye, og mye høyere enn for mindre tettsteder og spredtbygde områder), men fortsatt er totale marginale kostnader per tonnkilometer lave.

**Tabell 8.5. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for sjøtransport, resultater av følsomhetsanalyser.**

Beregningsforutsetning	Sjøtransport med små skip («høye utslipp»)			Sjøtransport med store skip («lave utslipp»)		
	Spredt-bygd	Mindre tettsted	Større tettsted	Spredt-bygd	Mindre tettsted	Større tettsted
<b>Utgangsberegning</b>	0,018	0,046	0,177	0,010	0,024	0,090
<b>CO<sub>2</sub>-pris=0</b>	0,015	0,043	0,174	0,014	0,028	0,094
<b>CO<sub>2</sub>-pris = 800 kr/tonn</b>	0,035	0,062	0,193	0,024	0,038	0,104
<b>SO<sub>2</sub>-pris= 0</b>	0,022	0,049	0,180	0,015	0,029	0,094
<b>PM10-utslipp som for tunge oljeprodukter</b>	0,022	0,061	0,260	0,015	0,040	0,17
<b>Utnyttelsesgrad av DWT=30 prosent</b>	0,035	0,081	0,299	0,020	0,043	0,152
<b>Utnyttelsesgrad av DWT=40 prosent</b>	0,027	0,061	0,225	0,017	0,034	0,116
<b>Utnyttelsesgrad av DWT=60 prosent</b>	0,018	0,042	0,151	0,014	0,025	0,080
<b>Utnyttelsesgrad av DWT=70 prosent</b>	0,016	0,036	0,129	0,013	0,023	0,069
<b>LNG med utgangsforutsetninger</b>	0,018	0,046	0,177	0,013	0,027	0,092

### Samlet vurdering av følsomhet for jernbanetransport

For jernbanetransport av gods har det en viss betydning å endre antagelsen om hvor stor andel av kostnadene til drift og vedlikehold som antas å være marginale. Når andelen økes fra 20 prosent i utgangsberegningen til henholdsvis 30 og 40 prosent har det betydning for resultatene, særlig for elektriske tog i spredtbygde strøk, der det er få andre kostnadskomponenter.

For tog er differensieringen av støykostnadene viktige for resultatet. I utgangsberegningen er kostnadene for dem som er utsatt for støy over 55 dB fra jernbane fordelt kun på mindre (15 000 – 100 000 innbyggere) og større (mer enn 100 000 innbyggere) tettsteder, mens det er antatt ingen eksterne kostnader av støy i spredtbygde strøk. Denne forutsetningen har stor betydning for resultatene i tettbygde strøk.

Som beskrevet i kapittelet om støykostnader, kan man diskutere hva som er riktig utgangspunkt for fordeling mellom person- og godstog, og mellom ulike geografiske områder. Alt i alt mener vi likevel at denne differensieringen gir et riktigere bilde av støykostnader fra godstog enn det man tidligere har hatt<sup>38</sup>. Som vi skal se i eksemplene i neste kapittel, vil det aller meste av godstransporten med tog skje i spredtbygde strøk. Dermed blir «gjennomsnittlig» marginal ekstern støykostnad over lengre strekninger, nærmere kostnaden som fremkommer når støykostnadene fordeles jevnt på alle tonnkilometer (se tabell 8.6).

**Tabell 8.6. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for jernbanetransport, resultater av følsomhetsanalyser.**

Beregningsforutsetning	Jernbanetransport – elektriske tog			Jernbanetransport – dieseltog		
	Spredtbygde	Mindre tettsted	Større tettsted	Spredtbygde	Mindre tettsted	Større tettsted
<b>Utgangsberegning</b>	0,103	0,143	0,429	0,125	0,224	0,802
<b>CO<sub>2</sub>-pris=0</b>	0,103	0,143	0,429	0,112	0,211	0,789
<b>CO<sub>2</sub>-pris = 800 kr/tonn</b>	0,103	0,143	0,429	0,138	0,237	0,815
<b>SO<sub>2</sub>-pris= 0</b>	0,103	0,143	0,429	0,125	0,224	0,802
<b>Støykostnader fordeles jevnt på alle tonnkm</b>	0,122	0,122	0,122	0,145	0,202	0,496
<b>Utsatte for støy – nedre grense i intervallet</b>	0,102	0,124	0,274	0,125	0,204	0,648
<b>Utsatte for støy – øvre grense i intervallet</b>	0,102	0,162	0,577	0,125	0,242	0,951
<b>Marginal andel av infrastrukturkostnader = 30 prosent</b>	0,149	0,189	0,475	0,171	0,270	0,849
<b>Marginal andel av infrastrukturkostnader = 40 prosent</b>	0,195	0,236	0,521	0,217	0,316	0,895

<sup>38</sup> Som vi også diskuterer i kapittel 4 om støy, mener vi det er behov for å oppdatere enhetsprisene for støy (prisen per utsatt eller plaget person) fordi man i den senere tid blant annet har fått bedre kjennskap til sammenhengen mellom støy og helseskader mens dagens norske priser kun verdsetter «plagethet».

### Noen forenklede forutsetninger er lagt til grunn

I og med at det i våre beregninger, i tråd med konkurransegrunnlaget forutsettes at det er sportilgang for jernbanetransport og tilgjengelig materiell for sjøtransport, medfører det at en del eksterne kostnader ikke er akutte å inkludere, det gjelder for eksempel eksterne kostnader knyttet til naturinngrep mv. for å bygge nye spor for jernbanetransport eller havner e.l. for sjøtransport. Det er også noen potensielle marginale eksterne kostnader som ikke er inkludert fordi grunnlaget for å anslå omfang og/eller kostnader er mangelfullt. Disse antas imidlertid å være av mindre betydning.

### 8.3 Sammenligning med tidligere kostnadsanslag

I tabellen nedenfor har vi satt opp de beregnede eksterne marginale kostnadene for godstransport for sjø og bane i ECON (2003) og TØI (1999). Tallene er oppgitt som i originalrapportene, vi har ikke omregnet til 2014-kroner. Disse tallene kan sammenlignes med våre beregninger av eksterne marginale kostnader, som fremgår av figur 8.1.

**Tabell 8.7. Marginale eksterne kostnader beregnet for godstog og –båter i TØI (1999) og ECON (2003). I henholdsvis 1999- og 2003-kroner per tonnkilometer.**

Kilde	Transportmiddel	Kroner per tonnkilometer						
		Klimautslipp (CO <sub>2</sub> )	Lokale utslipp	Støyplage	Kø	Ulykker	Slitasje	Sum
<b>TØI (1999)</b>	Godstog	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,07	0,12
	Godsbåt	0,01	0,02	0	0	0	0	0,03
<b>ECON (2003)</b>	Godstog	<0,01	0,01	0,02	0	0,02	0,08	0,14
	Godsbåt	<0,01	0,01	0	0	<0,01	0	0,01

Tabell 8.7 viser at også i tidligere beregninger av marginale eksterne kostnader for sjø- og jernbanetransport, er det sjøtransport som har kommet ut med de laveste kostnadene. Tabellen viser videre at det fortsatt er de samme kostnadskomponentene som er inkludert, og at i hovedsak er det de samme som utgjør de «store» postene. For tog er det slitasjekostnadene som er den største kostnadsposten i TØI (1999), og det er fortsatt en betydelig post i våre beregninger.

Så ser vi også at når vi i større grad fordeler kostnader mellom spredtbygde og tettbygde strøk, øker de marginale eksterne kostnadene i tettsteder, noe som ikke fremkommer i resultatene fra TØI (1999) og ECON (2003) ovenfor. Men, som vi også skal se i eksemplene i neste kapittel, foregår det aller meste av sjøtransporten, og det meste av togtransporten i spredtbygde områder, og der er det de laveste marginale eksterne kostnadene som gjelder.

Hvis vi tar i betraktning at mesteparten av godstransporten skjer i spredtbygde strøk, og sammenligner marginale eksterne kostnader for spredtbygde strøk i våre beregninger, med tallene for godsbåt og –tog i tabell 8.7, ser vi at de er i samme størrelsesorden. De er nesten overraskende like, tatt i betraktning at vi nå har lagt til grunn andre forutsetninger, nyere tall for både omfang og enhetspriser osv. Men bildet blir noe mer nyansert i vår fremstilling av resultatene, fordi det fremgår tydeligere at dersom godset fraktes med dieseltog (som fortsatt står for 15-20 prosent av godstransporten i landet), er ikke tog så gunstig. Og det fremgår også at der godstog – og eventuelt skip befinner seg i større byer og tettsteder, tilkommer både støy og lokale luftforurensninger i såpass stort omfang, at transportformene mister sine ellers lave kostnader.

## 9 Eksempler

I dette kapittelet beskrives valg av eksempler og hva de kan – og ikke kan – illustrere, samt hvordan vi har kommet fram til avstander og fordeling av strekningene på spredtbygd og mindre og større byer. Siden våre beregninger for marginale eksterne kostnader ved godstransport på sjø og bane skal sammenlignes med godstransport på vei, har vi også et avsnitt som oppsummerer tilsvarende kostnader for lastebil. Derne beskives beregningene som gjøres, og hva eksemplene viser.

### 9.1 Valg av eksempler

#### **Utgangspunkt i identifiserte konkurranseflater mellom vei og minst et av transportmidlene skip og tog**

Vi har tatt utgangspunkt i tidligere analyser av strekninger med konkurranseflater mellom vei og minst en av transportformene skip og jernbane, senest en analyse fra Oslo Economics (2015). Analysen viste at mulighetene for å overføre gods fra vei til sjø og bane er begrenset, i alle fall de nærmeste årene. På noen delmarkeder er det imidlertid betydelig konkurranse.

#### **Vårt valg av strekninger for eksemplene**

Følgende to strekninger er valgt:

##### *1) Oslo – Trondheim*

Det er antagelig en viss konkurranseflate i korridoren Oslo- Trondheim mellom vei og bane for stykkgoods, men konkurranseflaten er sannsynligvis mindre relevant for partigods og bulk. Konkurranseflaten mot sjø er mer begrenset på denne strekningen per i dag, men vi inkluderer sjøtransport i eksempelet for fullstendighetens skyld. For jernbane inkluderer eksempelet elektriske tog i Gudbrandsdalen og dieseltog i Østerdalen.

Stykkgoods med jernbane utgjør langt mer enn halvparten av godset på bane innenfor denne korridoren. For vei utgjør stykkgodset også over halvparten av totalvolumet. For en del av dette godset er det reell konkurranse (Oslo Economics 2015).

##### *2) Oslo – Kontinentet (Rotterdam)*

Både tog, skip og lastebil er alternative transportmidler på denne strekningen. Både fra kontinentet og fra Gøteborg går store godsvolum til Oslo. Det er konkurranseflate mellom sjø og vei og (til dels) jernbane på transport av stykkgoods og ikke-bulk (containere, semitrailere og vekselflak) inn og ut av området rundt Oslofjorden. Dette gjelder særlig for gods som skal transporteres over en lengre strekning, det vil si til/fra Nederland, Tyskland, Belgia og Frankrike, og hvis transport ikke er veldig tidskritisk.

### 9.2 Hva eksemplene skal illustrere

#### **Eksemplene viser kun marginale eksterne kostnader ved transporten, ikke hva som er samfunnsøkonomisk eller bedriftsøkonomisk lønnsomt**

Disse eksemplene regner på de marginale eksterne kostnadene av godstransport på sjø og bane, sammenlignet med godstransport på vei. De kan derfor ikke alene vise hva som «lønner seg» verken for samfunnet eller for bedriftene. Dersom man vil



sammenligne samfunnsøkonomiske og/eller bedriftsøkonomiske kostnader, er det en rekke andre kostnader som må regnes med. Her er det kun de kostnadene som «ingen» i utgangspunktet betaler for direkte, som er beregnet. Man kan derfor ikke konkludere hvilken transportform som er «best» eller «billigst» ut fra disse resultatene.

### **Svært mange ulike muligheter innenfor hvert eksempel**

Selv om vi har valgt hovedstrekning for transport og hovedtype gods, er det en rekke andre forhold som kan variere og som kan påvirke hvilken transportform som har de laveste eksterne marginale kostnadene.

I stedet for å formulere eksempler som er svært spesifikke med tanke på type gods, godsmengde, hvor godset kommer fra og skal til osv., har vi laget dem mer generiske, slik at vi kan illustrere og få et inntrykk av hvilke forhold som har størst betydning for de marginale eksterne kostnadene.

## **9.3 Oppbygging av eksemplene**

### **Transportavstand ved ulike transportformer**

For hver transportform og eksempel har vi fastsatt transportavstanden med det aktuelle transportmiddelet. For vei er det målt fra Oslo sentrum til Trondheim sentrum. For tog har vi benyttet strekningsoppmåling vi har fått fra Jernbaneverket fra Oslo sentralbanestasjon til Trondheim sentralbanestasjon. For sjøtransport har vi benyttet AIS-statistikken til å måle opp strekningen fra Oslo havn til Trondheim havn.

For transport til kontinentet, er det for alle transportformer forutsatt at vi kun regner på eksterne marginale kostnader på den del av transporten som skjer innenfor landets grenser. For vei regner vi strekningen fra Oslo til Svinesund. For jernbane er strekningen fra Oslo til grensen ved Kornsjø. For sjøtransport er det forutsatt at det er transport til norsk grunnlinje. Vi har benyttet AIS-statistikk til å beregne en realistisk sjøreise fra Oslo til grunnlinjen på vei til kontinentet (retning Rotterdam).

### **Transportavstand fordelt på spredtbygde områder og byer av ulik størrelse**

I tabellene nedenfor har vi satt opp total transportavstand og fordeling på spredtbygd, mindre by og større by for henholdsvis strekningen Oslo – Trondheim og Oslo – kontinentet (norskegrensen).

For hver av strekningene er det valgt en transportrute for hvert transportmiddel. For Oslo - Trondheim er det én vei og én jernbanestrekning som går via Gudbrandsdalen og én vei og én jernbanestrekning som går via Østerdalen. For Oslo - kontinentet er det én veistrekning som går fra Oslo til Svinesund og én jernbanestrekning som går fra Oslo til Kornsjø.

Da de eksterne marginale kostnadene for lokale utslipp og støy (for tog) varierer med utslippssted (henholdsvis spredtbygde områder (spredtbygd), byer med 15 000-100 000 innbyggere (mindre by) og byer med mer enn 100 000 innbyggere (større by)), må vi fordele transportavstanden på disse tre områdetyper.

Vi har tatt utgangspunkt i SSBs definisjon av tettsted<sup>39</sup> og identifisert alle tettsteder med over 15 000 og 100 000 innbyggere på alle strekningene. Ski og Elverum ble inkludert da de hadde rett under 15 000 innbyggere ved forrige telling.

Deretter målte vi antall kilometer transportrutene krysset eller tangerte de aktuelle tettstedene ved hjelp av SSBs kartverktøy (kart.ssb.no), som har definerte tettsteder etter SSBs egen definisjon og måleverktøy for å måle avstand. Målingene ble gjort manuelt for hvert tettsted og noe skjønn måtte brukes - resultatene må tolkes deretter.

**Tabell 9.1. Transportavstand Oslo – Trondheim med ulike transportmidler og fordelt på spredtbygd, mindre by og større by.**

Transportmiddel	Total avstand, km	Spredtbygd	Mindre by	Større by
<b>Vei – Gudbrandsdalen<sup>1)</sup></b>	Ca. 545	509	6	30
<b>Vei – Østerdalen<sup>1)</sup></b>	Ca. 505	469	6	30
<b>Jernbane – Gudbrandsdalen (elektrisk tog)<sup>2)</sup></b>	Ca. 553	507	15	31
<b>Jernbane – Østerdalen (diesel tog)<sup>2)</sup></b>	Ca. 550	507	12	31
<b>Sjøtransport<sup>3)</sup></b>	1230	1220	0	10

1) Brukt Google til å beregne avstand med bil fra Oslo sentrum (Oslo sentralbanestasjon) til Trondheim sentrum (Trondheim sentralbanestasjon) via Gudbrandsdalen (E6) og Østerdalen (riksvei 3).

2) Avstander i henhold til opplysninger fra Jernbaneverket om lengden på alle jernbanestrekninger (Jernbaneverket 2011: Trafikktall 2011).

3) Avstand beregnet ved å ta utgangspunkt i AIS-statistikk for skip som går på strekningen. AIS-plott viser at skipene på denne strekningen i stor grad går utenfor grunnlinjen. Vi har likevel valgt å inkludere hele strekningen, ikke bare den delen som er innenfor grunnlinjen.

**Tabell 9.2. Transportavstand Oslo – kontinentet (til norskegrensen) med ulike transportmidler og fordelt på spredtbygd, mindre by og større by**

Transportmiddel	Total avstand, km	Spredtbygd	Mindre by	Større by
<b>Vei (E6 til Svinesund)</b>	Ca. 112	88	12	12
<b>Jernbane (via Kornsjø) (elektrisk)</b>	Ca. 170	113	37	20
<b>Sjøtransport</b>	106*	96	0	10

\*For denne strekningen har vi kun inkludert avstand innenfor grunnlinjen, fordi skipene går rett ut Oslofjorden, og krysser grunnlinjen på vei mot kontinentet. Alternativt kunne vi inkludert avstand til skipene krysser grensen for området i forvaltningsplan Nordsjøen- Skagerrak (ca. 290 km).

<sup>39</sup> «En hussamling skal registreres som et tettsted dersom det bor minst 200 personer der, og avstanden mellom husene ikke overstiger 50 meter. Det er dog tillatt med et skjønsmessig avvik utover 50 meter mellom husene i områder som ikke skal eller kan bebygges. Dette kan for eksempel være parker, idrettsanlegg, industriområder eller naturlige hindringer som elver eller dyrkbare områder» (SSB emner og begreper, 2015).

Tabellene 9.1 og 9.2 viser for det første at det er relativt få større byer som passerer ved de ulike strekningene, og bare Oslo og Trondheim har over 100 000 innbyggere. Det fremgår også at jernbanen på alle strekninger er innom flere byer/tettsteder enn bilveien. Det har sammenheng med at de store transportårene for biltrafikk i stor grad er lagt utenom byer og tettsteder, mens jernbanen har stopp i byene. Også for de byene/tettstedene der både bil og tog er innom, går ofte toget midt inne i sentrumsområdene der flest mennesker bor, mens hovedveiene går i utkanten.

For tog i Gudbrandsdalen har vi forutsatt elektrisk drift i eksemplene, det vil si ingen utslipp til luft, og inndelingen i spredtbygd og tettbygd er derfor bare relevant for støykostnader. For tog i Østerdalen har vi forutsatt dieseltog i eksemplene, det vil si at dieseltoget kjører hele strekningen fra Oslo, via Hamar og Elverum til Trondheim.

For sjøtransport har vi antatt at hele strekningen er spredtbygd, med unntak av en kort strekning i storby ved ankomst/avgang Oslo og Trondheim.

#### 9.4 Marginale eksterne kostnader ved godstransport på vei

Vår studie beregner ikke marginale eksterne kostnader ved godstransport på vei. Vi henter derfor disse kostnadstallene fra TØI (2014b). TØI-studien oppgir marginale eksterne kostnader for godstransport med lastebiler av ulik størrelse i 2012-tall. Vi har forsøkt å gjøre våre beregninger mest mulig sammenlignbare med TØIs tall for lastebiltransport, men det kan naturligvis være gjort noe ulike vurderinger siden rapportene er utført av ulike personer og miljøer til ulike tidspunkt, og fordi datagrunnlaget for beregninger for veier gjennomgående er bedre enn for tog og skip. Det er grunn til å tro at man i de senere år har lagt større vekt på utslipp og utslippskostnader for biler og veitrafikk, og dette har blant annet gitt seg utslag i mer detaljert kunnskap om drivstofforbruk etc. for ulike drivstoff, bilmodeller osv.

Vi vil ikke gå nærmere inn på de beregningene som er gjort av marginale eksterne kostnader ved godstransport på vei. Vi har allerede vært inne på hvordan en del av kostnadene er beregnet der det er funnet relevant for våre beregninger. Vi vil også kommentere dersom ulike beregninger (forutsetninger) er viktige for sammenligning av transportmidler i eksemplene.

Tabell 9.5. viser de kostnadstallene vi har brukt for lastebil i våre eksempelberegninger, mens tabell 9.3.-9.4. gjengir tabeller/utdrag av tabeller fra TØI (2014b) som ligger til grunn for og/eller er mellomregninger for tabell 9.5. Kostnadstallene i tabell 9.5. tilsvarer for godstransport på vei de kostnadene vi har beregnet for sjø og bane, og som fremgår av tabell 8.1 -8.5.

Tabell 9.3. viser marginale eksterne kostnader per kjøretøykilometer og tonnkilometer, og hvilken nyttelast som er benyttet for å beregne kostnader per tonnkilometer ut fra kostnad per kjøretøykilometer. For CO<sub>2</sub> er det oppgitt kg utslipp per tonnkilometer.

**Tabell 9.3. Marginale eksterne kostnader per kjøretøykilometer og tonnkilometer for godstransport på vei i Norge, etter vektklasse. Klimaeffekter kommer i tillegg.**

Vektklasse	Kr/kilometer	Lastvekt (nyttelast)*	Kg CO <sub>2</sub> /tonnkm	Kroner/tonnkilometer
7,5-14 tonn	2,79	1,9	0,29	1,45
14-20 tonn	3,33	4,2	0,16	0,79
>20 tonn	3,98	10,7	0,12	0,37

\*Gjennomsnitt 2008-2012 ifølge SSBs lastebiltelling.

Kilde: TØI (2014b), tabell S.4. og 4.2.4.

I neste tabell har vi regnet ut kroner per tonnkilometer for ulike vektclasser, fordelt på spredtbygde og tettbygde strøk.

**Tabell 9.4. Marginale eksterne kostnader per tonnkilometer for godstransport på vei i Norge, etter vektklasse, fordelt på spredtbygd, mindre by og større by. Klimaeffekter kommer i tillegg. 2012-kroner pr tonnkilometer**

Vektklasse	Store tettsteder	Køkostnader i store tettsteder	Mindre tettsteder	Spredtbygd	Kg CO <sub>2</sub> pr. tonnkm
7,5-14 tonn	4,06	9,87	2,59	0,82	0,29
14-20 tonn	2,09	4,72	1,35	0,48	0,16
>20 tonn	0,98	2,08	0,60	0,23	0,12

Kilde: Vista Analyse, basert på tall fra TØI (2014b), tabell S5,

Alle kostnadstall i TØI (2014b) var i 2012-kroner mens våre kostnadstall er i 2014-kroner. Vi har derfor prisjustert TØIs kostnadstall til 2014-kroner ved bruk av konsumprisindeksen. De kostnadstallene som er benyttet i eksemplene, er vist i tabellen nedenfor. Der har vi også satt en pris på CO<sub>2</sub>-utslippene (se kapittel 3.1), for å gi en meningfull sammenligning av transportmidler.

**Tabell 9.5. Marginale eksterne kostnader i kroner per tonnkilometer for godstransport på vei i Norge, etter vektklasse, fordelt på spredtbygd, mindre by og større by og køkostnader. Klimaeffekter er inkludert. 2014-kroner pr. tonnkilometer.**

Vektklasse	Store tettsteder	Køkostnader i store tettsteder	Mindre tettsteder	Spredtbygd
7,5-14 tonn	4,52	10,29	2,99	1,14
14-20 tonn	2,34	4,92	1,57	0,66
>20 tonn	1,14	2,17	0,75	0,36

Kilde: Vista Analyse 2015, basert på flere tabeller i TØI (2014b), samt prisjustering fra 2012-2014-priser med konsumprisindeksen, samt inkludering av CO<sub>2</sub>-pris som i vår utgangsberegning.

## 9.5 Beregninger

### 9.5.1 Første eksempel – utgangspunkt

#### **Sjøtransport har lavest marginale eksterne kostnader ved frakt av gods fra stasjon til stasjon eller havn til havn**

For eksempelstrækningene beskrevet i kapittel 9.2, har vi beregnet hva de totale marginale eksterne kostnadene blir dersom vi sender ett tonn ekstra med enten bil, tog eller skip fra henholdsvis Oslo til Trondheim og Oslo til kontinentet. I første beregning har vi lagt til grunn den urealistiske antagelse at godset skal fraktes fra togstasjon til togstasjon (for transport med tog og lastebil) eller havn til havn (for lasteskip). Resultatene er oppsummert i tabell 9.7 for Oslo – Trondheim og Oslo – kontinentet (norskegrensen) og illustrert i figur 9.1.

I denne beregningen har vi både for lastebil, tog og skip lagt svært gunstige betingelser til grunn. For lastebil har vi antatt at hele transporten skjer med største kategori lastebil, som har de laveste eksterne kostnader per tonnkilometer, og for tog og skip har vi antatt at godset skal fakes fra togstasjon til togstasjon eller havn til havn.

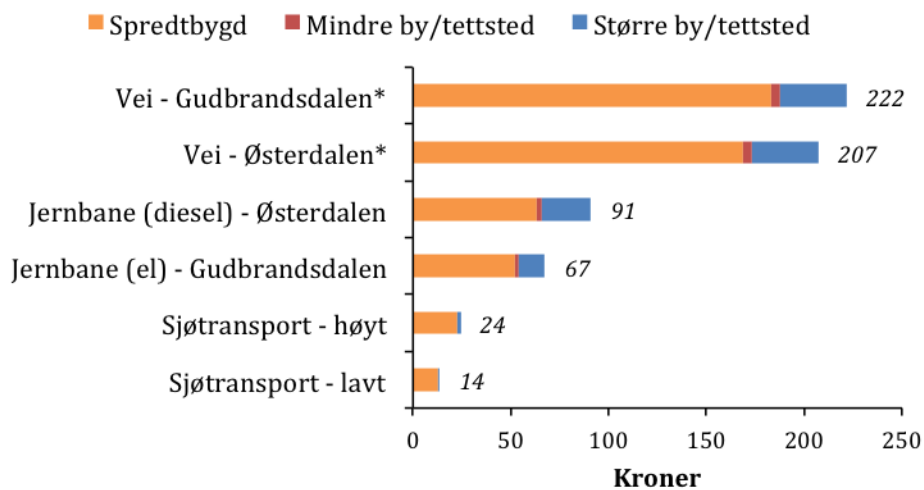
Vi har ikke inkludert køkostnader i lastebiltransporten i våre beregninger. Denne er skilt ut som en egen post for storbyer i TØIs (2014b) rapport. I og med at vi har forutsatt sportilgang og ingen forsinkelseskostnader for tog, kan det være mest rimelig.

Figur 9.1 og tabell 9.6. viser at sjøtransport har de desidert laveste marginale eksterne kostnadene både ved transport fra Oslo til kontinentet og fra Oslo til Trondheim. Sjøtransport er ikke fullt så mye gunstigere enn tog for transport mellom Oslo og Trondheim fordi avstanden for sjøtransport er så lang.

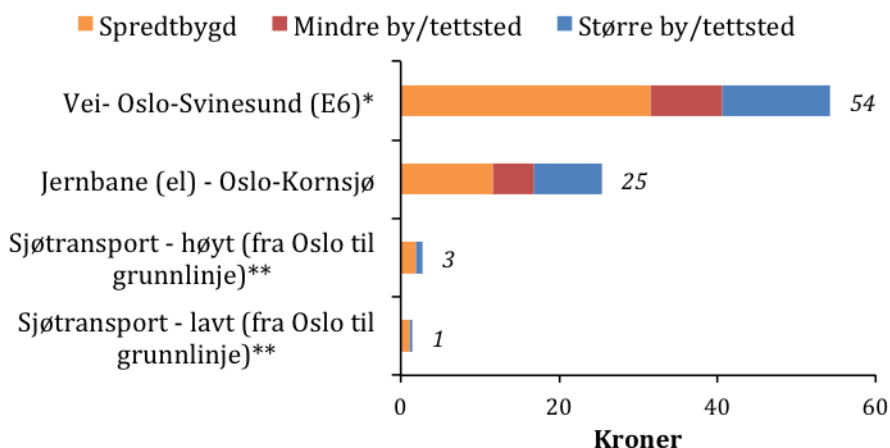
Det fremgår også at togtransport, både med elektriske tog og dieseltog har mye lavere marginale eksterne kostnader enn biltransport, selv om dieseltog har høyere marginale eksterne kostnader enn elektriske tog.

**Figur 9.1. Marginale eksterne kostnader ved transport av ett tonn ekstra med ulike transportmidler for ulike strekninger. a) Oslo til Trondheim og b) Oslo – kontinentet**

**a) Oslo – Trondheim**



**b) Oslo – kontinentet (retning Rotterdam; til norskegrensen/grunnlinjen)**



**Tabell 9.6. Oppsummering av marginale eksterne kostnader i kroner for transport av ett tonn ekstra på strekningene Oslo – Trondheim og Oslo – kontinentet (norskegrensen).**

Transportmiddel	Total km	Spredt- bygd	Mindre by/tettsted	Større by/tettsted	Totalt
<b>Oslo-Trondheim</b>					
Vei - Gudbrandsdalen, >20tonn lastebil,	545	183,07	4,47	34,23	221,77
Vei - Østerdalen,>20tonn lastebil	505	168,68	4,47	34,23	207,39
Jernbane-el - Gudbrandsdalen	553	51,95	2,15	13,29	67,39
Jernbane -diesel- Østerdalen	550	63,37	2,68	24,87	90,93
Sjøtransport - høyt	1230	22,50	0,00	1,77	24,27
sjøtransport - lavt	1230	12,70	0,00	0,90	13,60
<b>Oslo-kontinentet</b>					
Vei-Oslo-Svinesund (E6),>20tonn lastebil	112	31,65	8,94	13,69	54,29
Jernbane - el- Oslo- Kornsjø	170	11,58	5,30	8,57	25,45
Sjø-høy- Oslo-grunnlinje- retning Rotterdam	106	1,86	0,00	0,89	2,75
Sjø-lav- Oslo-grunnlinje- retning Rotterdam	106	1,05	0,00	0,45	1,50

### Høye marginale eksterne kostnader i tettbygde strøk spiller liten rolle for totalresultatet ved transport over lengre strekninger

Eksemplene viser også at til tross for at de marginale eksterne kostnadene per tonnkilometer er mye høyere for større byer enn for mindre byer og spredtbygde strøk, slår kostnadene for byer og tettsteder lite ut for de totale marginale eksterne kostnadene fordi antall kilometer som går gjennom byer og tettsteder er svært begrenset (jf. figur 9.1 og tabell 9.6). Dette gjelder i svært stor grad for sjøtransport, som bare i liten grad foregår i tettbygde strøk, men også tog, og biltrafikk går i stor grad i spredtbygde strøk, der både kostnader ved lokale forurensende utslipp og støy er lave per tonnkilometer.

I de neste beregningene vurderes hvordan resultatene endres dersom forutsetningene endres for ett eller flere transportmidler.

#### 9.5.2 Resultater ved endrede forutsetninger

##### Redusert størrelse på lastebil øker marginale eksterne kostnader betydelig

I beregningen i kapittel 9.5.1. la vi til grunn gunstigst mulig transport med lastebil, det vil si den største kategorien som har lavest utslipp per tonnkilometer. I tabellen nedenfor viser vi hvordan det slår ut for lastebiltransport på den lengste strekningen, Oslo – Trondheim dersom vi i stedet antar at lastebiltransporten skjer med den mellomste kategorien (14 - 20 tonn) som har en nyttelast på 4,2 tonn, og som har høyere marginale eksterne kostnader per tonnkilometer (jf. tabell 9.5.).

Totale marginale eksterne kostnader på strekningen blir nesten doblet. Det gjør naturligvis at sjø- og jernbanetransport kommer enda gunstigere ut av sammenligningen enn i eksempelet vist i tabell 9.6. over.

**Tabell 9.7. Marginale eksterne kostnader ved godstransport med mindre lastebil (14-20 tonn) på strekningen fra Oslo til Trondheim. 2014-kroner for ett tonn ekstra**

Transportmiddel	Total km	Spredt-bygd	Mindre by/tettsted	Større by/tettsted	Totalt
<b>Vei - Gudbrandsdalen, 14-20 tonn lastebil,</b>	545	336,02	9,40	70,13	<b>415,56</b>
<b>Vei - Østerdalen, 14-20 tonn lastebil</b>	505	309,62	9,40	70,13	<b>389,15</b>

### **Selv med redusert utnyttelsesgrad har sjøtransport lavest marginale eksterne kostnader**

I utgangsberegningen har vi antatt 50 prosent utnyttelsesgrad av dødvekttonn, som er mer enn 50 prosent utnyttelse av lastekapasiteten (for sammenheng mellom DWT, lastekapasitet etc., se kapittel 2.7.)

I tabell 8.5 så vi på hvordan de marginale eksterne kostnadene ved sjøtransport endres dersom vi antar at utnyttelsesgraden reduseres fra 50 prosent av DWT, som ligger til grunn i hovedberegningen, til henholdsvis 40 og 30 prosent. Vi ser av resultatene i tabell 8.5 og 9.6. ovenfor, at selv med den laveste utnyttelsesgraden vi har regnet på, viser våre beregninger at sjøtransport har de laveste eksterne marginale kostnadene.

### **Tilførselstransport til havner og jernbaneterminaler gjør sjø- og banetransport mindre gunstig sammenlignet med veitransport**

Det fremheves ofte som en fordel med godstransport på vei at lastebiler i større grad enn tog og skip kan frakte godset «fra dør til dør», uten fordyrende omlastinger. Vi ser ikke på totale kostnader for godstransport i vår analyse, men tilbringertjeneste til havner og jernbaneterminaler har også betydning for de totale marginale eksterne kostnadene ved godstransport med ulike transportmidler. I tabell 9.8 har vi satt opp de marginale kostnadene som kommer i tillegg dersom godset skal bringes til eller fraktes fra henholdsvis havn og stasjon/terminal. Totalt antall kilometer kan tolkes som summen av antall kilometer godset skal fraktes i hver ende. Hvis vi for eksempel antar at gods som fraktes med skip fra Oslo til Trondheim må fraktes med en liten lastebil totalt 10 km for å komme til og fra havna til opprinnelses- og bestemmelsessted, og denne transporten skjer i større by (Oslo og Trondheim) tilkommer en marginal ekstern kostnad på ca. 45 kroner per tonn. Dersom godset må fraktes totalt 40 kilometer, for eksempel 20 km i hver ende, og fortsatt innenfor Oslo og Trondheim, må vi legge til ca. 180 kroner til de marginale eksterne kostnader beregnet for denne strekningen i tabell 9.6.

Siden sjøtransport i minst gunstige tilfelle har en marginalkostnad på ca. 24 kroner per tonn, og her får et tillegg på ca. 180 kroner, ser vi at sjøtransport i dette tilfellet omtrent akkurat tilsvarende marginale eksterne kostnader ved lastebiltransport som antas å kjøre «fra dør til dør». For sjøtransport med de laveste marginale eksterne kostnadene per tonnkilometer, kan det legges til noen ekstra kilometer tilførselstransport før lastebiltransport blir mest gunstig.

For jernbane, som har noe høyere marginale eksterne kostnader for strekningen i utgangspunktet, skal det færre kilometer med til- og frakjøring til stasjon/terminal før



transporten kommer ut som mindre gunstig. Fra tallene i tabell 9.6. og 9.8 kan vi som eksempel ta utgangspunkt i gunstigste biltransport (via Gudbrandsdalen) og minst gunstige togtransport (dieseltog via Østerdalen). Tabell 9.6. viser at i dette tilfellet kan marginale eksterne kostnader ved til- og frabringertjenesten gi marginale eksterne kostnader på ca. 117 kroner, før vei blir gunstigere enn tog. Hvis vi igjen antar at tilførselstransporten skjer i større by (Oslo og Trondheim) kan godset fraktes ca. 25 kilometer totalt for at tog skal være gunstigst.

Hvis vi i stedet sammenligner gunstigste togalternativ, som er elektrisk tog, kan marginale eksterne kostnader ved til- og frabringertjenesten gi marginale eksterne kostnader på ca. 144 kroner før vei blir gunstigere enn tog. Vi antar fortsatt tilførselsestransport i Oslo og Trondheim, og godset kan da bringes til/fra drøyt 30 km hvis togtransporten inkludert frakt til og fra stasjon fortsatt skal ha lavere marginale eksterne kostnader enn lastebiltransport.

Sammenligningene over gjelder dersom det antas at godstransporten på vei skjer fra dør til dør. Det kan imidlertid også være aktuelt med frakt til og fra større terminaler for veitransport, der mindre lastebiler frakter gods fra opprinnelsesstedet inn til terminaler der godset overføres til de største lastebilene, og eventuelt frakt fra endeterminalen med mindre lastebiler ut til bestemmelsesstedet. I slike tilfeller er det totaltallene for lastebilfrakt som må sammenlignes med totaltallene for sjø- og banetransport. Dermed vil de totale marginale kostnadene ved veitransport øke, og antall kilometer tilførselstransport som kan «tåles» for at sjø og bane skal ha de laveste marginale eksterne kostnadene, vil øke.

**Tabell 9.8. Marginale eksterne kostnader ved tilbringertjeneste med liten lastebil (7,5-14 tonn) i kroner per ekstra tonn for hele tilbringerstrekningen.**

Total km	Spredtbygd	Mindre by/tettsted	Større by/tettsted
10	11,44	29,89	45,21
20	22,89	59,78	90,41
30	34,33	89,66	135,62
40	45,78	119,55	180,82

Dersom også lastebilfrakt medfører tilbringertjeneste i større by med mindre bil, kommer biltransport mindre gunstig ut, og antall kilometer som kan «forsvares» i tilbringertjeneste for skip og tog, øker. Det samme gjelder som nevnt dersom vi antar at frakten på vei, skjer med noe mindre lastebiler.

Vi har i disse beregningene ikke lagt til køkostnader i storby for lastebil. Disse vil sannsynligvis komme i tillegg både for gods som fraktes bare med lastebil og for til- og frabringertjenesten med lastebil ved sjø- og banetransport. Det er dermed grunn til å anta at det å legge til køkostnader i storby ikke vil endre resultatene vesentlig. Men det kan være lokale forskjeller i ulike tilfeller.

### **Endrede forutsetninger om fordeling av støykostnader fra jernbanetransport har liten betydning ved sammenligning i faktiske eksempler**

Vi så i kapittel 8 at forutsetningen om at støykostnadene ved jernbanetransport skjer i tettsteder, slik at de totale støykostnadene fordeles kun på strekninger som går i mindre og større tettsteder, har betydelig innvirkning på beregnede støykostnader for henholdsvis spredtbygde strøk og mindre og større tettsteder. I eksemplene har det imidlertid liten betydning hvilken forutsetning som velges, fordi strekningene med høye



støykostnader per tonnkilometer, er korte (se tabell 9.1. og 9.2.) og dermed har liten betydning for resultatet.

Det er bare dersom man ser på eksempler (strekninger) der en stor andel av transporten skjer i større (og til dels mindre) tettsteder, at endringer i denne forutsetningen vil ha vesentlig betydning for resultatet.

### **Frakt av andre produkter vil gi samme resultater med de forutsetninger som ligger til grunn**

Vi har tatt utgangspunkt i at det er stykk gods som skal fraktes både mellom Oslo og Trondheim og Oslo til kontinentet, selv om vi ikke har spesifisert hva dette «stykkgodset» består av. Med de data som er tilgjengelig for beregningene, har vi ikke kunnet differensiere mellom kostnader ved ulike typer gods som fraktes.

### **Frakt av større mengder**

Vi har beregnet marginale eksterne kostnader per tonnkilometer, det vil si i prinsippet for å frakte ett tonn en kilometer ekstra. Det ligger da i sakens natur at den beregnede kostnaden med å frakte to tonn ekstra i en kilometer, blir det dobbelte av å frakte ett tonn ekstra. Slik sett gir disse beregningene ikke rom for å vurdere om kostnadene blir annerledes (per tonnkilometer) dersom det er større mengder, for eksempel 10 eller 100 tonn, som skal fraktes samme avstand.

Vi kommer her inn på at vi har beregnet marginale eksterne kostnader for et «gjennomsnittstonn», men som vi var inne på i kapittel 2, vil disse kostnadene variere blant annet med kapasitetsutnyttelsen. Det er lett å tenke seg at for skip, som har stor lastekapasitet og der vi har forutsatt ca. 50 prosent utnyttelse, kan større mengder fraktes til svært liten marginal kostnad. En lastebil som har nyttelast på maks ca. 11 tonn (for biler >20 tonn) har mindre kapasitet, mens et tog er et sted imellom. Det er derfor rimelig å anta at større kvantum kan fraktes på skip til lave kostnader enn på lastebil, men beregningene gir ikke grunnlag for å vise dette.

### **Hva med kostnader ved havner og terminaler?**

Vi har tidligere vært inne på at når vi skal vurdere godstransport og frakt fra dør til dør, er det også aktuelt å bringe inn marginale eksterne kostnader ved havner og terminaler. Det er særlig støy som ble tatt opp som relevant å vurdere. Vurdering av støy fra Oslo havn, som ble beskrevet i kapittelet om støy (kapittel 4), viste at det er svært få som er utsatt for støy fra havna. Det foreligger få støykart for andre havner og terminaler, noe som gjør det vanskelig å anslå generelle tillegg til marginale eksterne kostnader ved frakt av en viss mengde «ekstra» gods over havn eller terminal. Vi har derfor ikke gått videre med å forsøke å kvantifisere og eventuelt prissette slike eksterne kostnader, men det er opplagt at aktiviteten ved havner og terminaler lokalt kan ha stor betydning. Hvor stor betydning disse virkningen omsatt til kroner vil ha per tonnkilometer, er imidlertid vanskelig å vurdere før det er undersøkt nærmere. Det jobbes med å få bedre anslag for støykostnader og andre miljøkostnader ved havner i forskningsprosjektet «EXPORT<sup>40</sup>», og det kan gi muligheter for å bringe slike kostnader inn ved senere, reviderte beregninger.

---

<sup>40</sup> <https://www.toi.no/export/category1504.html>

## Referanser

Andersson, P. (2007): Prissetting och finansiering av lostjenester I Sverige, delrapport på oppdrag av losutrending, I SOU (2007).

Andersson, M. (2008): Marginal railway infrastructure costs in a dynamic context. *European Journal of Transport Infrastructure* 8, 268-286.

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

Arnesen, T. og B. Ericsson (2011) «Full city» og reiselivet: Økonomiske virkninger på reiselivet av oljeutslipp fra «Full City»-ulykken. ØF-rapport 20/2011.

Basner, M., W. Babisch, A. Davis, M. Brink, C. Clark, S. Janssen and S. Stansfeld (2014): Auditory and non-auditory effects of noise on health, *The Lancet*, 383 (9925), 1325-32.

Bickel, P., R. Friedrich, A. Burgess, P. Fagiani, A. Hunt, G.D. Jong, J. Laird, C. Lieb, G. Lindberg, P. Mackie, S. Navrud, T. Odgaard, A. Ricci, J. Shires og L. Tavassy (2006): Proposal for Harmonised Guidelines. Deliverable 5, HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for transport Costing and Project Assessment).

DEFRA (2014): Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet. November 2014, Departement for Environment, food and rural affairs.

DNV-GL (2015). Vurdering av tiltak og virkemidler for mer miljøvennlige drivstoff i skipsfartsnæringen. Rapport 2015-0086. Rev. 0. DNV-GL. Utarbeidet for Klima- og miljødepartementet.

DNV-GL (2014a). Miljøtiltak for maritim sektor. Teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for forsyning av drivstoff til skip. Rapport 2014-1669. Rapport til Miljø- og klimadepartementet. DNV-GL.

DNV-GL (2014b). Miljøtiltak for maritim sektor. Sammenstilling av grunnlagsdata om dagens skipstrafikk og drivstofforbruk. Rapport 2014-1667. DNV-GL. Rapport til Miljø- og klimadepartementet.

DNV (2013). Environmental accounting system for ships based on AIS ship movement tracking. Technical report. Report no. 2013. Det norske Veritas.

DNV (2012). Shipping 2020. DNV. Som gjengitt i TØI (2014b).

DNV (2011) Miljørisiko ved akutt oljeforurensning fra skipstrafikken langs kysten av Fastlands-Norge for 2008 og prognoser for 2025. Rapportnr. 2011-0850/DNV.

DNV (2010) Analyse av sannsynlighet for akutt oljeutslipp fra skipstrafikk langs kysten av Fastlands-Norge. Rapportnr./DNV Referansenr.:2010-0085

ECON (2003). Eksterne marginale kostnader ved transport. ECON-rapport 2003-054. Utarbeidet av ECON Analyse.

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.

Eriksson, G., U. Gullne, J. Lindvall, m.fl. (2009): CATRIN. Deliverable D 10, Allocation of infrastructure costs in the maritime sector. Funded by the European Commission Sixth Framework Program, VTI, Stockholm.

Finansdepartementet (2014): Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv. Rundskriv R-109/2014. Finansdepartementet.

Folkehelseinstituttet (2012): Helsebelastning som skyldes veitrafikk i Norge. (v/Gunn Marit Aasvang). Folkehelseinstituttet, Oslo.

Folkehelseinstituttet (2013). Luftkvalitetskriterier: Virkninger av luftkvalitet på helse. Rapport 2013:9. Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet.

Harding A-H., G. Frost, H. Mason, E. Tan, A. Tsuchiya og N. Warren (2011): Quantifying The Links Between Environmental Noise Related Hypertension And Health Effects. MSU/2011/07, Health & Safety Laboratory.

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

Jernbaneverket (2015). Metodehåndbok. Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen 2015.

Jernbaneverket (2014). Jernbanestatistikk 2014. Jernbaneverket.

Jernbaneverket (2013). Jernbanestatistikk 2013. Jernbaneverket.

Jernbaneverket (2011). Metodehåndbok. Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen 2011.

Lindhjem, H., K. Magnussen og S. Navrud (2014): Verdsetting av velferdstap ved oljeutslipp fra skip: Fra storm til smulere farvann, Samfunnsøkonomen 6: 25-38.

Linnestad, Ø., Kystverket, pers. komm. 5. august 2015

Magnussen, K., S. Navrud og O. San Martin (2010a). Den norske verdsettingsstudien: Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren. Luftforurensning. Sweco 1053D.

Magnussen, K., S. Navrud og O. San Martin (2010b). Den norske verdsettingsstudien: Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren. Støy. Sweco 1053E.

Magnussen, K. og S. Navrud (2010). Skadekostnader ved utslipp av miljøgifter. Rapport-nummer 143951-01. Sweco. Rapport til Klima- og forurensningsdirektoratet (Nå: Miljødirektoratet).

Magnussen, K., S. Navrud og K. Veisten (2014): Forprosjekt for vurdering av videre arbeid med verdsetting av lokal og regional luftforurensning i Statens vegvesens Håndbok V712Vista-rapport 47-2014. Vista Analyse og Transportøkonomisk institutt, TØI.

Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., van Essen, H.P., Boon, B.H., Smokers, R., Schrotten, 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.

Mellin, A. og C. Creutzer (2013): SJØSAM – Sjøfartens samhellseknomska marginalkostnader. VTI, Stockholm.

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

Miedema, H.M.E. og Oudshoorn, C.G.M. (2001): Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4): 409-416.

Navrud, S. (2004): "What is silence worth? Economic valuation of road traffic noise". In Scasny, M and J. Melichar (2004) : Lectures in Non-market Valuation Methods in the Environment Area. Development of the Czech Society in the European Union V. Matfyz Press, Charles University Environment Center, Prague (ISBN 80-86732). Revised version of Navrud, S. 2002: The State of the Art on Economic Valuation of Noise. Report prepared for the European Commission, DG Environment. 14.04.2002.. <http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/020414noisereport.pdf>

Navrud, S. (2010): Economic Valuation of Transportation Noise in Europe. *Rivista italiana di acustica* 34 (3); 15-25.

NORUT (2012) Konsekvenser av akutte utslipp for lokalsamfunn og lokalt næringsliv. Nordøstlige Barentshavet. NORUT-rapport 16/2012.

NOU 2012: Samfunnsøkonomiske analyser. NOU 2012:16. Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig redolusjon 18. februar 2011.

Oslo Economics (2015). Konkurransanalyse av godstransportmarkedet. OE-rapport 2015-9. Oslo Economics.

PROPEL og Vista Analyse (2014). Utredning av tilskuddsordning for kondemnering av skip. Saksnr. 14/6952. 22. januar 2014. PROPEL, Oslo. Utarbeidet av: R.O. Jensen, S. Pedersen, og J.M. Skjelvik.

PWC (2010) Evaluering av den statlige oljevernaksjonen etter grunnstøtingen av MV Full City 31. juli 2009. Kystverket.

Ricardo-AEA (2014): Update of the Handbook on External Costs of Transport. Report for the European Commission DG MOVE. London

Sandmo. T. (ed.) (2013). The Norwegian Emission Inventory 2013. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. SSB. Notater 30/2013. Statistisk sentralbyrå.

SFT (2005): Marginale miljøkostnader ved luftforurensning. Skadekostnader og tiltakskostnader. Rapport TA-2100/2005. Statens forurensningstilsyn. (Nå: Miljødirektoratet), Oslo.

Sjøfartsdirektoratet (2011) Ulykkesutvikling 2000-2010

Sjøfartsdirektoratet, Oljedirektoratet, Fiskeridirektoratet, Statens vegvesen, NO<sub>x</sub>-fondet og Miljødirektoratet (2014): Tiltaksanalyse NO<sub>x</sub>.

Statistisk sentralbyrå (2004): Støyplage i Norge. Resultater fra førstegenerasjonsmodell for beregning av antall støyutsatte og SPI. Notat 2004/43 (E. Engelién, G. Haakonsen og M. Steinnes).

Sweco (2012): Oslo Havn – Støysonekart etter T-1442. Oslo Havn KF.

Sweco (2015): Oslo Havn – Støysonekart etter T-1442. Oslo Havn KF.

Thema (2014). Konsekvenser av svoveldirektivet. Thema rapport 2014-38.

Toutain, J.E. (2008). Energiforbruk og utlipp til luft fra innenlandsk transport. Statistisk sentralbyrå, SSB, Oslo.

Trafikverket (2015): Samhällsekonomska principer och kalkylvärden för transportsektoren: ASEK 5.2.

TØI (2014a). Marginale eksterne kostnader for godstransport på sjø og jernbane – en forstudie. TØI-rapport 1313/2014. Utarbeidet av: K.L. Rødseth og M. Killi.

TØI (2014b). Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk. TØI-rapport 1307/2014. Utarbeidet av H. Thune-Larsen, K. Veisten, K.L. Rødseth og R. Klæbo.

TØI (2014c). Transportytelser for godsskip i norske farvann. TØI-rapport 1369/2014. Utarbeidet av I.B. Hovi. Transportøkonomisk institutt.

TØI (1999). Marginale kostnader ved transportvirksomhet. TØI-rapport 464/1999. Utarbeidet av K.S. Eriksen, K. Pütz. Transportøkonomisk institutt.

TØI (1995). Transportmidlenes marginale kostnadsansvar. TØI-notat 1019/1995. Utarbeidet av K. Eriksen og B. Hovi. Transportøkonomisk institutt.

Vestlandsforskning (2010). Godstransport med skip. Notat utarbeidet av Morten Simonsen, Vestlandsforskning.

Vista Analyse (2014). Evaluering av regelverket for vannscooter. Vista Analyse Rapport 2014-49.

Vista Analyse (2015a). Marginale eksterne kostnader ved enkelte miljøpåvirkninger. Rapport 2015/19. Utarbeidet av K. Ibenholt, K. Magnussen, S. Navrud og J.M. Skjelvik.

Vista Analyse (2015b): Velferdstap ved oljeutslipp fra skip: Fase 1 av hovedundersøkelse. Vista Rapport 2015/09. H. Lindhjem, K. Magnussen, S. Skjeflo, S. Navrud.

Vista Analyse (2015c). Samfunnsøkonomiske kostnader ved fremmede arter i Norge. Metodeutvikling og noen foreløpig tall. Vista Rapport 2014/52. Utarbeidet av K. Magnussen, H. Lindhjem og S. Pedersen.

Vista Analyse (2013): Velferdstap ved miljøskader fra oljeutslipp fra skip: En pilotstudie. Vista Rapport 2013/27. H. Lindhjem, K. Magnussen og S. Navrud.

Vista Analyse (2010): Samfunnsøkonomisk analyse av eventuell utvidet petroleumsvirksomhet i Barentshavet – Lofoten. Vista Rapport 2010/20. K. Ibenholt, H. Lindhjem, J. M. Skjelvik, I. Rasmussen, H. Vennemo, H. Dypdahl.

Vista Analyse og Holthe Consulting (2012): Kvalitetssikring (KS1) av Konseptvalgutredning om Nasjonal slepebåtberedskap. Vista Rapport 2012/35.

VTI (2009): Bullervärden för samhällsekonomska analys, Beräkningar för väg- och järnvägsbuller. VTI notat 30-2008.

Vägverket (2007): Värdering av trafikbuller 2007

WHO & JRC (2011): Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organisation.

Örström, E., Gidlöf- Gunnarsson, A., Ögren, M och Jerson, T. (2011), Slutrapport Forskningsprogrammet TVANE, Effekter av buller og vibrationer från tåg- og vägtrafik – tågbonus, skillnader og samverkan mellan tåg- og vägtrafik, Enheten för Arbets- og miljømedicin, Avdelningen för Samhällsmedicin og Folkhälsa, Göteborgsuniversitet, Sahlgrenska akademien, Rapport nr 1:2011.

## Vedlegg 1 Bakgrunnstall

**Tabell V.1. Gjennomsnittlig bruttotonn (BT) for alle skips kategorier og –størrelser**

Gjennomsnitt av BT Radetiketter	Kolonnetikett	1. <1000BT	2. 1000-4999 BT	3. 5000-9999BT	4. 10000-24999BT	5. 25000-49999BT	5. 50000-99999BT	7. >=100000BT	Totalsum
1A - Oljetankere		330	3 425	6 125	21 568	40 751	70 246		62 328
1B - Kjemikalie-produkttankere		535	3 232	7 548	16 687	32 120	63 211		13 928
1C - Gasstankere		646	3 244	6 673	16 712	40 460	94 807	111 970	21 060
2 - Bulkskip		723	3 307	6 686	20 029	35 705	86 102	107 198	37 249
3A - Stykkgodsskip		694	2 650	6 982	14 840	33 801			4 080
3B - Kontainerskip			4 033	7 805	15 846	36 947	58 438		11 216
3C - Kjøle-fryseskip		675	3 020	5 870					3 756
3D - Ro-Ro lastefartøy		830	3 029	8 245	17 308	35 042	59 039		16 063
3E - RoPax		639	2 205	6 540	13 583	36 087	75 092		4 462
3F - Cruise		208	2 672	7 696	17 734	34 827	76 994	122 732	52 736
3G - Passasjer		303	1 125						337
4A - Offshore supply skip		763	2 960	6 522					3 439
4B - Andre offshore service skip		681	2 754	7 512	14 881	31 780	68 435		6 976
5 - Andre aktiviteter		423	2 771	7 485	11 537				2 395
6 - Fiskefartøy		558	1 908	7 596					1 410
<b>Totalsum</b>		<b>548</b>	<b>2 686</b>	<b>7 158</b>	<b>17 324</b>	<b>34 838</b>	<b>75 238</b>	<b>116 910</b>	<b>12 689</b>

**Tabell V.2. Gjennomsnittlig dødvekttonn (DWT) for alle skips kategorier og –størrelser.**

Gjennomsnitt av DWT Radetiketter	Kolonnetikett	1. <1000BT	2. 1000-4999 BT	3. 5000-9999BT	4. 10000-24999BT	5. 25000-49999BT	5. 50000-99999BT	7. >=100000BT	Totalsum
1A - Oljetankere		487	4 300	6 368	31 774	70 263	130 048		114 530
1B - Kjemikalie-produkttankere		688	4 735	11 435	25 813	54 235	113 169		22 551
1C - Gasstankere		203	3 512	7 396	20 130	48 838	79 305	79 591	19 866
2 - Bulkskip		870	4 849	9 500	32 000	63 973	166 325	206 562	67 661
3A - Stykkgodsskip		877	3 684	9 368	18 748	47 290			5 544
3B - Kontainerskip			5 229	9 456	17 692	45 811	51 648		13 209
3C - Kjøle-fryseskip		760	3 037	6 406					3 918
3D - Ro-Ro lastefartøy		610	2 587	4 751	7 341	12 379	27 625		7 335
3E - RoPax		214	666	1 174	1 437	4 425	6 133		759
3F - Cruise		56	468	1 099	2 753	4 328	8 239	10 429	5 671
3G - Passasjer		68	150						71
4A - Offshore supply skip		828	3 217	4 732					3 326
4B - Andre offshore service skip		499	1 784	5 350	11 538	28 805	88 682		6 095
5 - Andre aktiviteter		291	1 997	3 957	6 580				1 504
6 - Fiskefartøy		413	1 324	4 524					975
<b>Totalsum</b>		<b>404</b>	<b>3 192</b>	<b>8 246</b>	<b>22 901</b>	<b>53 305</b>	<b>122 755</b>	<b>52 034</b>	<b>18 011</b>

**Tabell V.3 Forholdstall mellom BT og DWT for alle skips kategorier og –størrelser.**

Gjennomsnitt av DWT/BT Radetiketter	Kolonnetikett	1. <1000BT	2. 1000-4999 BT	3. 5000-9999BT	4. 10000-24999BT	5. 25000-49999BT	5. 50000-99999BT	7. >=100000BT	Totalsum
1A - Oljetankere		1,5	1,4	1,0	1,5	1,7	1,8		
1B - Kjemikalie-produkttankere		1,3	1,5	1,5	1,5	1,7	1,8		
1C - Gasstankere		0,3	1,1	1,1	1,2	1,2	0,8		0,7
2 - Bulkskip		1,2	1,4	1,4	1,6	1,8	1,9		1,9
3A - Stykkgodsskip		1,3	1,4	1,3	1,2	1,4			
3B - Kontainerskip			1,3	1,2	1,1	1,2		0,9	
3C - Kjøle-fryseskip		1,1	1,0	1,1					
3D - Ro-Ro lastefartøy		0,7	0,8	0,6		0,4	0,4		0,5
3E - RoPax		0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1		0,1
3F - Cruise		0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
3G - Passasjer		0,2	0,1						
4A - Offshore supply skip		1,1	1,1	0,7					
4B - Andre offshore service skip		0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	1,3		
5 - Andre aktiviteter		0,7	0,7	0,5	0,6				
6 - Fiskefartøy		0,7	0,7	0,6					
<b>Totalsum</b>		<b>0,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>0,5</b>	

**Tabell V.4. Utslipp i kg eller tonn per seilt kilometer for ulike skips kategorier for CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> og SO<sub>2</sub>.**

**Tonn CO<sub>2</sub>**

Tonn CO <sub>2</sub>	Bruttotonn						
	1. <1.000 BT	2. 1.000-4.999 BT	3. 5.000-9.999 BT	4. 10.000-24.999 BT	5. 25.000-49.999 BT	6. 50.000-99.999 BT	7. >=100.000 BT
01 Oljetankere	0,04	0,06	0,06	0,16	0,22	0,30	0,80
02 Kjemikalie-/produkttankere	0,02	0,07	0,12	0,16	0,18	.	.
03 Gasstankere	0,11	0,07	0,15	0,18	0,21	0,36	0,43
04 Bulkskip	0,02	0,07	0,11	0,13	0,17	0,25	0,28
05 Stykkgodtsskip	0,02	0,04	0,08	0,18	0,34	.	.
06 Kontainerskip	.	0,08	0,11	0,17	1,40	0,34	0,38
07 Ro Ro last	0,03	0,06	0,08	0,13	0,22	1,13	.
08 Kjøle-/fryseskip	0,01	0,06	0,11	0,13	.	.	.
10 Offshore supply skip	0,04	0,17	0,37	.	.	.	.
11 Andre offshore service skip	0,02	0,20	0,27	0,33	0,30	3,51	.

**Kg NO<sub>x</sub>**

Kg NO <sub>x</sub>	Bruttotonn						
	1. <1.000 BT	2. 1.000-4.999 BT	3. 5.000-9.999 BT	4. 10.000-24.999 BT	5. 25.000-49.999 BT	6. 50.000-99.999 BT	7. >=100.000 BT
01 Oljetankere	0,5	0,8	0,8	2,0	2,7	3,7	9,9
02 Kjemikalie-/produkttankere	0,3	0,8	1,5	2,0	2,2	.	.
03 Gasstankere	.	0,8	1,8	2,3	2,6	4,4	5,3
04 Bulkskip	0,3	0,8	1,4	1,6	2,0	3,1	3,4
05 Stykkgodtsskip	0,2	0,5	1,0	2,2	4,2	.	.
06 Kontainerskip	.	1,0	1,4	2,0	.	4,2	4,7
07 Ro Ro last	0,3	0,7	1,0	1,6	2,7	.	.
08 Kjøle-/fryseskip	0,1	0,7	1,4	1,6	.	.	.
10 Offshore supply skip	0,5	2,1	4,5	.	.	.	.
11 Andre offshore service skip	0,3	2,5	3,3	4,1	3,7	.	.

**PM<sub>10</sub>**

KG PM10	Bruttotonn						
	1. <1.000 BT	2. 1.000-4.999 BT	3. 5.000-9.999 BT	4. 10.000-24.999 BT	5. 25.000-49.999 BT	6. 50.000-99.999 BT	7. >=100.000 BT
01 Oljetankere	0,02	0,03	0,03	0,08	0,11	0,15	0,41
02 Kjemikalie-/produkttankere	0,01	0,03	0,06	0,08	0,09	.	.
03 Gasstankere	0,06	0,03	0,07	0,09	0,11	0,18	0,22
04 Bulkskip	0,01	0,03	0,06	0,07	0,08	0,13	0,14
05 Stykkgodtsskip	0,01	0,02	0,04	0,09	0,17	.	.
06 Kontainerskip	.	0,04	0,06	0,08	0,70	0,17	0,19
07 Ro Ro last	0,01	0,03	0,04	0,07	0,11	0,57	.
08 Kjøle-/fryseskip	0,01	0,03	0,06	0,07	.	.	.
10 Offshore supply skip	0,02	0,09	0,19	.	.	.	.
11 Andre offshore service skip	0,01	0,10	0,14	0,17	0,15	1,77	.



**SO<sub>2</sub>**

KG SO2	Bruttotonn						
	1. <1.000 BT	2. 1.000-4.999 BT	3. 5.000-9.999 BT	4. 10.000-24.999 BT	5. 25.000-49.999 BT	6. 50.000-99.999 BT	7. >=100.000 BT
01 Oljetankere	0,01	0,02	0,02	0,05	0,07	0,09	0,25
02 Kjemikalie-/produkttankere	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	.	.
03 Gasstankere		0,02	0,05	0,06	0,07	0,11	0,14
04 Bulkskip	0,01	0,02	0,04	0,04	0,05	0,08	0,09
05 Stykkgodtsskip	0,01	0,01	0,03	0,06	0,11	.	.
06 Kontainerskip	.	0,03	0,04	0,05		0,11	0,12
07 Ro Ro last	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07	0,36	.
08 Kjøle-/fryseskip	0,00	0,02	0,04	0,04	.	.	.
10 Offshore supply skip	0,01	0,05	0,12	.	.	.	.
11 Andre offshore service skip	0,01	0,06	0,09	0,10	0,09		

## **Vista Analyse AS**

Vista Analyse AS er et samfunnsfaglig analyseselskap med hovedvekt på økonomisk forskning, utredning, evaluering og rådgivning. Vi utfører oppdrag med høy faglig kvalitet, uavhengighet og integritet. Våre sentrale temaområder omfatter klima, energi, samferdsel, næringsutvikling, byutvikling og velferd.

Våre medarbeidere har meget høy akademisk kompetanse og bred erfaring innennfor konsulentvirksomhet. Ved behov benytter vi et velutviklet nettverk med selskaper og ressurspersoner nasjonalt og internasjonalt. Selskapet er i sin helhet eiet av medarbeiderne.

**Vista Analyse AS**  
Meltzersgate 4  
0257 Oslo

**post@vista-analyse.no**  
**vista-analyse.no**