



## TRAFIKENS EXTERNA EFFEKTER

# TRAFIKENS EXTERNA EFFEKTER

## Förord

Regeringen angav i regleringsbrevet för år 2001 som mål för SIKAs utrednings- och analysverksamhet att trafikens externa effekter ska beräknas på regelbunden basis. Återrapporteringen ska ske genom att SIKA innan verksamhetsårets utgång redovisar beräkningar av trafikens externa effekter. Denna rapport utgör den redovisning som svarar mot ovan angivna mål och återrapporteringskrav.

Rapporten innehåller en genomgång av prisrelevanta marginalkostnader för de olika transportslagen. Vidare sker en belysning av hur marginalkostnadsrelaterade avgifter kan tillämpas i praktiken. En motsvarande redovisning gjordes för år 2000 i SIKA-rapporterna 2000:6 samt 2000:10. Tyngdpunkten i föreliggande rapport ligger på att redovisa det nya underlag som togs fram under år 2001 och de överväganden och slutsatser som detta underlag föranlett.

Rapporten bygger på material som trafikverken tillhandahållit. Detta underlagsmaterial har redovisats i särskilda rapporter eller promemorior som lagts ut på SIKAs webbplats.

Samråd har skett i en referensgrupp. Huvudansvariga kontaktpersoner har varit Stefan Pettersson för Banverket, Lennart Bergbom för Luftfartsverket, Henrik Swahn och Lars Vieweg för Sjöfartsverket, Lars Bergman och Mulugeta Yilma för Vägverket samt Gunnar Eriksson för Näringsdepartementet. Per-Ove Hesselborn från SIKA har varit projektledare och har sammanställt rapporten. Övriga från SIKA som medverkat i projektet är Anna Johansson, Roger Pyddoke och Anders Wärmark.

Rapporten är en bearbetad men i sak oförändrad version av den preliminära rapport som lämnades till regeringen i december 2001. Ett antal mindre korrigeringar av texten har gjorts, bl a utifrån synpunkter som trafikverken lämnade på den preliminära rapportversionen. Avsnitt 4.7, som visar hur de beräknade externa kostnaderna för vägtrafiken förhåller sig till avgifts- och skatteuttaget från denna sektor, har tillkommit.

Stockholm i november 2002

Staffan Widlert  
Direktör



## Innehåll

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>UPPDRAGET.....</b>	<b>17</b>
2.1	Bakgrund .....	17
2.2	Uppdraget .....	17
2.3	Uppdragets genomförande .....	18
<b>3</b>	<b>INFRASTRUKTURAVGIFTERNA I TRANSPORTPOLITIKEN.....</b>	<b>19</b>
3.1	Infrastrukturavgifter i Sverige och inom EU.....	19
3.2	Sveriges och EU:s klimatstrategier och värderingen av koldioxidutsläppen .....	21
<b>4</b>	<b>VÄGTRAFIKEN.....</b>	<b>25</b>
4.1	Infrastrukturkostnaderna .....	25
4.2	Trängselkostnaderna.....	32
4.3	Olyckskostnaderna .....	33
4.4	Emissionskostnaderna .....	36
4.5	Bullerkostnaderna.....	53
4.6	Sammanräknade marginalkostnader.....	63
4.7	Jämförelse mellan beräknade marginalkostnader och avgifts-/skatteuttaget.....	68
<b>5</b>	<b>JÄRNVÄGSTRAFIKEN.....</b>	<b>71</b>
5.1	Infrastrukturkostnaderna .....	71
5.2	Trängselkostnaderna.....	75
5.3	Olyckskostnaderna .....	80
5.4	Emissionskostnaderna .....	82
5.5	Bullerkostnaderna.....	87
<b>6</b>	<b>LUFTFARTEN .....</b>	<b>95</b>
6.1	Infrastrukturkostnaderna .....	95
6.2	Trängselkostnaderna.....	102
6.3	Olyckskostnaderna .....	111
6.4	Emissionskostnaderna .....	114
6.5	Utvecklingen på avgiftsområdet.....	117
<b>7</b>	<b>SJÖFARTEN.....</b>	<b>123</b>
7.1	Infrastrukturkostnaderna .....	123
7.2	Trängsel- och olyckskostnaderna .....	123
7.3	Emissionskostnaderna .....	124
7.4	Utvecklingen av sjöfartavgifterna .....	126

<b>8</b>	<b>DET FORTSATTA ARBETET .....</b>	<b>127</b>
8.1	Regeringens direktiv.....	127
8.2	Pågående och planerade insatser .....	127
8.3	Angelägna utvecklingsinsatser på kort sikt .....	128
8.4	Former för att internalisera marginalkostnaderna .....	128

Bilaga 1: *Om järnvägens energiförbrukning och miljöeffekter av densamma, Banverket*

Bilaga 2: *Samhällsekonomiska kalkylvärden för elektricitet som används inom transportsektorn samt frågan om hur effekterna av järnvägens elförbrukning bör internaliseras, Per Kågeson*

# 1 Sammanfattning

## Infrastrukturavgifter i Sverige och inom EU

I riksdagens beslut om inriktningen av infrastrukturåtgärderna hösten 2001 bekräftas den syn på kostnadsansvaret som lades fast i 1998 års transportpolitiska beslut. Kostnadsansvaret ska därmed fortsatt ses som ett viktigt medel i utvecklingen mot ett effektivt och långsiktigt hållbart transportsystem.

Frågan om transportinfrastrukturavgifter har också lyfts fram i olika sammanhang inom EU. I den vitbok om den gemensamma transportpolitiken som kommissionen presenterade i september 2001 aviserar kommissionen ambitionen att under 2002 presentera ett ramdirektiv om infrastrukturavgifter. Detta direktiv ska enligt kommissionen bl.a. upprätta principer och struktur för infrastrukturavgifter och föreslå en gemensam metod för att fastställa avgiftsnivåer.

Verksamheten är stor på flera håll i Europa för att utveckla kilometerskattesystem för tunga lastbilar. Den 1 januari år 2001 införde Schweiz ett sådant system, vars avsikt är att spegla externa effekter. Tyskland har aviserat att man avser införa ett motsvarande system under år 2003. Österrike och Nederländerna är andra länder som analyserar sådana möjligheter.

I februari 2001 antogs vidare ett EU-direktiv som bl.a. reglerar avgiftsuttaget inom järnvägstrafiken och som anger att avgifterna ska motsvara ”den kostnad som uppstår som en direkt följd av den tågtrafik som bedrivs”, dvs. samhälls-ekonomisk marginalkostnad. Direktivet ska vara infört i mars 2003. F.n. pågår implementeringsarbete på det europeiska planet såväl som i Sverige.

Även i fråga om persontransporter på väg och när det gäller luftfart och sjöfart genomförs olika utrednings- och utvecklingsinsatser både i Sverige och inom EU som kan ses som steg på vägen mot en mer samhällsekonomiskt orienterad avgiftspolitik.

## Marginalkostnader inom vägtrafiken

Vägtrafikens *slitagekostnader* har tidigare skattats utifrån ett antagande om storleken på den trafikberoende andelen av Vägverkets kostnader för drift- och underhåll. Dessa kostnader fördelades sedan mellan tunga fordon och personbilar utifrån antalet standardaxlar. En kostnad per fordonskilometer kunde på detta sätt beräknas per fordonstyp.

Ett forskningsprojekt vid Statens väg- och transportforskningsinstitut har nu visat på ett sätt att genom sammanknytning av ingenjörsmässiga kunskaper om ned-

brytningssamband och ekonomisk teori skatta marginalkostnaderna. Den föreslagna ansatsen tillåter i princip en detaljerad differentiering utifrån skillnader i vägens styrka och antalet standardaxlar.

Marginalkostnaden för slitage är för en lätt lastbil mellan tre och sju gånger så stor som för en personbil. För tunga lastbilar är marginalkostnaden omkring dubbelt så stor som för lätta lastbilar. För personbilar har inga nya skattningar gjorts.

Marginella externa *trängselkostnader* har beräknats utifrån Vägverkets s.k. volume-delay funktioner vid 10 punkter i landsbygdsnätet i det nationella stamvägnätet. Beräkningarna indikerar att marginalkostnaderna i fyra av punkterna är betydande. Om beräkningarna står sig kan slutsatsen dras att trängselkostnader inte kan ignoreras i landsbygdsvägnätet.

Den marginella *olyckskostnaden* består av flera komponenter. Dels ingår en riskfaktor, dels ingår parametrar som varierar mellan olika typer av fordon och deras egenskaper i förhållande till andra fordon som kan vara inblandade i en olycka.

Medan det tidigare antagits att risken ökar med antalet lastbilar, tyder en ny beräkning av riskelasticiteten på att risken minskar när en lastbil kör längre. Resultatet kan tolkas som att risken på en viss väg ökar med antalet lastbilar, samtidigt som risken för en given lastbil minskar med ökad körsträcka. Beräknade riskelasticiteter varierar med viktklass och uppgår i genomsnitt till -0.8, vilket är långt från tidigare antagna 0.5. I genomsnitt erhålls en olyckskostnad som är endast en tiondel av vad som tidigare beräknats.

Även om betydande framsteg har gjorts avseende teorin och den empiriska analysen av ett fordonsslag så kvarstår en rad problem att lösa innan vi kan få tillförlitliga skattningar av vägtrafikens externa olyckskostnader. SIKA drar slutsatsen att vi inte nu bör ändra på de skattningar av olyckskostnaderna som Vägverket tidigare presenterat.

Tidigare presenterade beräkningar av *avgasemissionskostnaderna* avsåg att belysa den stora variationen avseende fordonstyper, bränsleförbrukning och var trafiken äger rum. De nivåer för emissionskostnaderna som presenterades bedömdes som osäkra och sågs som enbart indikativa. Vägverket har nu sökt beakta att emissionsfaktorer i tätorter skiljer sig åt beroende på parametrar som befolknings-täthet, trafiktäthet och vägtyp. Syftet har varit att utvärdera skillnader i emissionsfaktorer mellan olika stora tätorter samt att diskutera hur emissionsfaktorerna kan antas variera för olika väg- och gatutyper.

I tätorter är skadeverkningarna generellt sett betydligt högre. Det är främst kostnaden för partiklar som slår igenom vilket gör att kostnaden för dieslbilar i tätort ligger mycket högre än för bensinbilar. Marginalkostnaden per fordonskilometer för emissioner ökar dessutom med tätortens storlek, mest för dieslbilar, för att hamna på mycket höga värden i Stockholms innerstad.

Också för tunga lastbilar varierar de marginella emissionskostnaderna för olika typer av fordon, främst beroende på vikt men även beroende på andra egenskaper.



Tätortskostnaden är betydligt högre än kostnaden på landsbygd. Även för lastbilar beror detta på partikelutsläppen. Speciellt hög är således kostnaden i Stockholms innerstad.

För personbilar i landsbygdstrafik är koldioxidkostnaden betydligt högre än övriga emissionskostnader, undantaget bensindrivna bilar utan katalysator som har de högsta utsläppen av övriga ämnen. Även för lastbilar står koldioxidkostnaderna för en högre andel av de totalt emissionskostnaderna på landsbygden än i tätorter. Den absoluta koldioxidkostnaden är dock högst i tätort, speciellt för tunga lastbilar med en hög bränsleförbrukning.

Den mängd *buller* som genereras beror på ett fordon's bulleregenskaper samt trafikflödet. I vilken mån människor blir störda av vägtrafikbuller beror i sin tur på hur människor vistas i förhållande till vägen och hur de störs av det specifika vägtrafikbullret. En faktor som därmed är av betydelse är befolkningstätheten. Denna varierar starkt mellan olika tätorter samt mellan olika delar inom tätorten.

Vägverket har försökt illustrera variationen i bullerkostnader i olika tätortsmiljöer. Analyserna har baserats på grova antaganden avseende antal störda och trafikintensiteten i respektive tätortsmiljö. Även om det inte kan sägas något bestämt om marginalkostnaden i respektive tätortsmiljö kan vi ändå dra slutsatsen att skattningarna är beroende av befolkningstätheten och trafikintensiteten. Det innebär att en redovisning i endast två typmiljöer, tätort och landsbygd, medför stora generaliseringar.

Bullerkostnaderna har skattats för personbil, tunga lastbilar och övriga tunga fordon. För tunga lastbilar har också ett intervall angetts beroende på i vilken hastighet fordonet framförs eftersom bullerkostnaden är betydligt högre vid låga hastigheter. De beräknade bullerkostnaderna varierar från 0,008 kronor per fordonskilometer för personbilar i landsbygdsmiljö till 2,41 kronor per fordonskilometer för tunga lastbilar framförda i låg fart i tätbebyggd tätortsmiljö.

Tabellerna som följer visar, i tur och ordning:

- Storleken på beräknade totala marginalkostnader för olika typer av vägfordon vid olika värdering av koldioxidutsläppen.
- Hur energiskatten på bensin respektive dieselolja förhåller sig till de beräknade marginalkostnaderna för personbilar.
- Hur energiskatten på dieselolja förhåller sig till de beräknade marginalkostnaderna för tunga lastbilar.

**Tabell 1.1. Beräknade marginalkostnader (mk) för olika typer av vägfordon vid olika värdering av koldioxidutsläppen.**

	<i>Total mk exkl. CO<sub>2</sub></i>	<i>Total mk CO<sub>2</sub> 0,50 kr/kg</i>	<i>Total mk CO<sub>2</sub> 1,50 kr/kg</i>
<i>Landsbygd</i>			
Personbil, bensin med katalysator	1,98	3,18	5,59
Personbil, bensin utan katalysator	4,69	5,87	8,23
Personbil, diesel med katalysator	2,55	3,84	6,42
Personbil, diesel utan katalysator	2,48	3,74	6,25
Tung lastbil 3,5-16 ton	3,15-3,34	4,42-4,61	6,97-7,15
Tung lastbil >16 ton	2,61-3,20	3,88-4,46	6,41-7,00
<i>Tätort</i>			
Personbil, bensin med katalysator	3,27	4,44	6,77
Personbil, bensin utan katalysator	7,04	8,20	10,52
Personbil, diesel med katalysator	5,73	7,00	9,56
Personbil, diesel utan katalysator	12,91	14,17	16,69
Tung lastbil 3,5-16 ton	9,72-9,92	10,99-11,18	13,51-13,71
Tung lastbil >16 ton	6,33-9,18	7,60-10,45	10,13-12,98

Skattningarna kan skilja stort mellan olika tätorter. Landskrona används som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts. För slitage gäller intervallets lägsta del för lastbilar utan släp, den högsta delen för lastbilar med släp. För buller gäller intervallets lägsta del för lastbilar vid hög hastighet, den högsta delen för lastbilar vid låg hastighet.

**Tabell 1.2. Jämförelse mellan energiskatt på bränsle och marginalkostnad (mk) för personbilar.**

	<i>Energiskatt (kr/liter)</i>	<i>Total mk (kr/liter)</i>	<i>Skatt/mk</i>
<i>Landsbygd</i>			
Personbil, bensin med katalysator	3,16	1,98	1,60
Personbil, bensin utan katalysator	3,16	4,69	0,67
Personbil, diesel med katalysator	1,323	2,55	0,52
Personbil, diesel utan katalysator	1,323	2,48	0,53
<i>Tätort</i>			
Personbil, bensin med katalysator	3,16	3,27	0,97
Personbil, bensin utan katalysator	3,16	7,04	0,45
Personbil, diesel med katalysator	1,323	5,73	0,23
Personbil, diesel utan katalysator	1,323	12,91	0,10

**Tabell 1.3. Jämförelse mellan energiskatt på bränsle och marginalkostnad (mk) för tunga lastbilar.**

	<i>Energiskatt (kr/liter)</i>	<i>Total mk. (kr/liter)</i>	<i>Skatt/mk</i>
<i>Landsbygd</i>			
Tung lastbil 3,5-16 ton	1,323	3,15-3,34	0,42-0,40
Tung lastbil >16 ton	1,323	2,61-3,20	0,51-0,41
<i>Tätort</i>			
Tung lastbil 3,5-16 ton	1,323	9,72-9,92	0,14-0,13
Tung lastbil >16 ton	1,323	6,33-9,18	0,21-0,14

Koldioxid är exkluderat. Inte heller trängsel ingår. Med tätort menas Landskrona, mediantätort med avseende på befolkningsstorlek. I övrigt gäller samma antaganden som för de sammanställda tabellerna för marginalkostnader ovan.

## Marginalkostnader inom järnvägstrafiken

Det saknas alltfjämt närmare kunskap om hur olika delar av järnvägstrafiken bidrar till banornas nedbrytning. Banverket har därför valt att basera skattningen av järnvägstrafikens *slitagekostnader* på en tvärsnittsanalys av kostnaderna för banunderhåll. Kostnader för banslitage har beräknats till 0,12 öre per bruttotonkilometer som ett genomsnitt för all trafik. Motsvarande kostnad för stomnätet har angetts till 0,084 öre per bruttotonkilometer. Dessa skattningar kan jämföras med dagens slitageavgift, som är 0,28 öre/bruttotonkilometer för godstrafik och 0,86 öre/bruttotonkilometer för persontrafik.

Även den del av reinvesteringskostnaden som kan hänföras till återställande är avgiftsrelevant. Problemet är att vi inte idag vet hur stor del av reinvesteringarna som svarar mot återställande i förhållande till en given standard. Dataproblem har hittills omöjliggjort uppskattningar av den avgiftsrelevanta delen av reinvesteringskostnaden.

Ett projekt rörande ekonomiska styrmedel för tåglägestilldelning inleddes inom ramen för SIKAs och Banverkets gemensamma uppdrag angående förslag till nya banavgifter. Syftet med projektet var att i ett begränsat nätverk testa modellen med verkliga operatörer. Resultaten ska kunna indikera om det föreligger trängselkostnader i det definierade nätverket. Experimentet pågick under våren 2002.<sup>1</sup>

Teorin för marginella externa *olyckskostnader* har utvecklats. De senaste bidragen gör det möjligt att tillämpa teorin på järnvägstrafiken. Under år 2001 har *plan-korsningsolyckor* specialstuderats. Resultaten tyder på att genomsnittskostnaden varierar mycket mellan korsningstyper. Korsning med helbom tycks ha hälften så stora kostnader som korsning med halvbom som i sin tur har hälften av kostnaderna för ljus- och ljudsignalreglerade korsningar. Korsningar med kryssmärken har ännu högre kostnader. Marginalkostnaden för korsningsolyckor bör alltså beräknas per korsning och inte per genomsnittssträcka. Vidare bör avgifter tas ut som varierar med bl.a. korsningstyp och per korsningspassage.

Banverket har redovisat beräkningar av *emissionskostnader* för dieseldrivna järnvägsfordon. Man framhåller vikten av att identifiera i vilka miljöer den dieseldrivna tågtrafiken faktiskt bedrivs och avser att genomföra nya beräkningar som beskriver emissionskostnaderna för olika typmiljöer.<sup>2</sup>

Emissionskostnader uttryckta som kronor per liter bränsle för dieseldriven godstrafik, växlings- och rangeringsarbete samt för motorvagnar framgår av sammanställningen nedan. Beräkningarna baseras på emissionsdata från genomförda mätningar och data från motortillverkare. Beräkningarna ger typvärden för de olika fordonstyperna/fordonsklasserna och ska betraktas som räkneexempel.

---

<sup>1</sup> För en sammanfattande resultatredovisning, se *Nya banavgifter – Analys och förslag*, SIKAs Rapport 2002:2.

<sup>2</sup> Se vidare SIKAs Rapport 2002:2.

**Tabell 1.4. Emissionskostnader för diesellinjelok för godstrafik respektive motorvagnar för persontrafik (kr/l bränsle).**

	NOx	Landsbygd	Totalt landsbygd	Tätort, inkl tätortstillägg		
		HC		Lands- krona	Malmö	Stockholm innerstad
<i>Diesellinjelok</i>						
T44-lok	3,6	0,06	3,7	7,6	12	21
Modernt lok	3,0	0,05	3,1	6,0	11	16
<i>Motorvagnar</i>						
Y1	4,2	0,12	4,3	12	25	37
Y2 samt ombyggd Y1	2,4	0,05	2,5	5,4	10	15

Hittills har man vid beräkning av trafikens avgiftsrelevanta emissionskostnader endast sett till kostnaderna för de utsläpp som härrör från fordonen. Därmed bortses från de emissioner som trafiken indirekt orsakar och som uppkommer i tidigare produktionsled. Frågan om det finns anledning att internalisera marginalkostnaden för den eldrivna tågtrafikens elanvändning och hur det i så fall bör gå till har uppmärksamats inom Banverkets och SIKAs uppdrag att utreda banavgifterna.<sup>3</sup>

Den samhällsekonomiska kostnaden för *järnvägsbuller* har beräknats och satts i relation till trafikarbetet och dess fördelning på tågtyper. Godstågen, som utgör 20 procent av antalet tåg, står för ca 35 procent av antalet tågakilometer. Med utgångspunkt från detta och uppgifter om antalet störda och medelårstrafiken vid olika stråk samt beräknad störning från olika tågtyper har godstrafiken beräknats svara för knappt hälften, 185 mkr, av den totala bullerkostnaden. Motsvarande kostnad för persontrafiken är 202 mkr. Den samhällsekonomiska bullerkostnaden per tågakilometer varierar kraftigt beroende på vilket stråk som trafikeras. Högst är den på Södra stambanan: ca 16 kr per godstågakilometer och ca 5 kr per persontågakilometer. Vid Södra stambanan beräknas bullerkostnaden för ett s.k. interregiotåg (persontåg med RC-lok) till i genomsnitt 3300 kr per tur Stockholm-Malmö, medan motsvarande kostnad för ett godståg beräknas till 10000 kr. Motsvarande kostnad för resa Stockholm-Göteborg på Västra stambanan är ca 800 kr för ett interregiotåg och 2200 kr för ett godståg.

Bullerkostnaden har också beräknats i relation till transportarbetet. För persontågen med RC-lok har bullerkostnaden per personkilometer på Södra stambanan beräknats till 2,6 öre. För snabbtågen är, med antagandet om en kabinfaktor på 0,5, motsvarande värde 1,2. Vid Västra stambanan har dessa värden beräknats till 0,8 för RC-loken, och till 0,4 öre per personkilometer för snabbtågen.

Banverket har utifrån beräkningarna av den genomsnittliga bullerkostnaden för olika tågtyper vid olika stråk sökt beräkna den marginella bullerkostnaden. Dessa beräkningar indikerar att de marginella kostnaderna kan vara betydligt lägre än de genomsnittliga. Frågan om tågtrafikens marginella bullerkostnader behöver dock redas ut ytterligare.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Se vidare SIKAs Rapport 2002:2.

<sup>4</sup> Se vidare SIKAs Rapport 2002:2.

## Marginalkostnader inom luftfarten

För luftfartens del saknas fortfarande till stor del underlag för att göra skattningar av de externa effekterna och de marginalkostnader som är knutna till dem. Redovisningen är därför främst inriktad på att identifiera relevanta kostnadskomponenter. Vissa räkneexempel som syftar till att belysa storleksordningen av marginalkostnaderna redovisas.

*Slitage* i den meningen att däcken sliter direkt på beläggningen, och t.ex. ger upphov till spårbildning, är obetydlig på rullbanor. Det trafikberoende slitaget består i stället av bärighetspåverkan. Det är egentligen endast på Arlanda och Landvetter samt möjligen på Sturup som det finns ett nämnvärt trafikberoende slitage på rullbanorna. På övriga flygplatser är trafikvolymen så liten att slitaget i allt väsentligt sker genom klimatpåverkan och snöröjning.

Den empiriska undersökning av det trafikvolymberoende slitaget som Luftfartsverket genomfört och som gått ut på att jämföra trafikvolymen på ett tvärsnitt av flygplatser med den tid som ytlagret håller på respektive flygplats, tyder på att det inte finns några stora skillnader i kostnader för en rullbana på en mindre flygplats och på Arlanda. Slutsatsen är att det trafikvolymberoende slitaget på rullbanor är försumbart.

Diskussionen om *trängselkostnader* har till stor del koncentrerats till tillgången på slottider. Men även trängseln en route kan vara betydande, åtminstone för linjer mellan Sverige och de mest trafikintensiva delarna av Europa. Dessutom förekommer trängsel på uppställningsplatser och i terminalerna.

Goda förutsättningar finns enligt Luftfartsverket att redan under år 2002 beräkna trängselkostnader både för flygproducenter och -konsumenter. Det återstår dock att utarbeta en metodik för att beräkna den externa trängseffekten, dvs. hur tillkomsten av ytterligare en passagerare eller ett flygplan påverkar den totala restiden för andra passagerare och flygplan.

De viktigaste externa effekterna vad gäller *olyckor* uppstår troligen inom flygtrafiktjänstens ansvarsområden. Luftfartsverkets genomgång tyder på att det fortsatta arbetet bör koncentreras på den externa olyckskostnaden av ett tillkommande flygplan. Denna kan vara betydande. En för marginalkostnadsprissättning relevant olyckskostnad skulle kunna bestämmas utifrån en beräknad åtgärds kostnad för att upprätthålla den önskade säkerhetsnivån.

*Emissionskostnaderna* per flygning för olika flygplan och för dem typiska flygsträckor har beräknats. Beräkningarna indikerar att flygets emissionskostnader är betydande totalt sett och att detta framför allt beror på kostnaderna för koldioxidutsläppen. Även kväveoxider bidrar till flygets emissionskostnader, fastän i betydligt lägre grad än koldioxid, medan utsläppen av kolväten är av ringa betydelse i sammanhanget. Kostnaderna under flygning är normalt betydligt större än de kostnader som uppträder i start- och landningsfasen.

SIKA ser det som angeläget att under år 2002 söka förbättra underlaget beträffande flygets emissionskostnader. Detta bör ske genom att försök inleds

med att tillämpa den av EU-kommissionen förordade s.k. ExternE-modellen. Detta skulle kunna ge en mer fullständig och mer trovärdig bild av emissionskostnadernas storlek.<sup>5</sup>

### **Marginalkostnader inom sjöfarten**

De studier som gjorts tyder på att marginalkostnaderna för *farledsverksamheten* är små och att det främst är kostnaderna för lotsning och isbrytarassistans som förändras med trafikvolymen.

*Emissionskostnaderna* framstår därför som den helt dominerande komponenten i den totala avgiftsrelevanta marginalkostnaden. Det finns dock stora individuella skillnader mellan fartygen som gör att de fartygsspecifika utsläppen kan variera mycket. Även för de emissionsmässigt bästa fartygen med bästa bränsle torde emellertid emissionskostnaden bli en dominerande del av den totala marginalkostnaden.

De skillnader i emissionskostnader som redovisats för svensk sjöfart beroende på värderingsmetod och olika avgränsningar är anmärkningsvärda varför det är angeläget att analysera skillnaderna i resultaten. Som ett led i detta klarläggande har Sjöfartsverket och SIKA gemensamt låtit genomföra en studie där den s.k. ExternE-metoden tillsammans med en avancerad spridningsmodell tillämpas för fartygsrörelser på vissa svenska rutter respektive för manöver/lastning/lossning i hamn.<sup>6</sup>

### **Det fortsatta arbetet**

För att kunna beräkna olika typer av externa effekter av trafiken krävs ytterligare metodutveckling inom flera viktiga delområden. En sådan är också planerad inom ramen för olika pågående europeiska och svenska forskningsprojekt. Uppgiften för SIKA och trafikverken är i det sammanhanget att bevaka och söka ta till sig de nya forskningsresultaten vad gäller förslag till metoder att använda för beräkning av externa marginalkostnader.

SIKA och trafikverken har som en viktig fortsatt uppgift att beställa marginalkostnadskattningar utifrån de av forskarna utvecklade metoderna, av trafikverkens egna experter, av fristående konsulter eller av forskarna själva. Som en än viktigare uppgift för SIKA och trafikverken nästkommande år framstår dock att efter dialog med forskarna definiera det underlagsmaterial, dvs. de data, som behövs för att kunna göra marginalsattningar utifrån de föreslagna metoderna, samt, inte minst, att finna former för att dessa data också tas fram.

---

<sup>5</sup> En av Luftfartsverket och SIKA gemensamt finansierad studie av flygets emissionskostnader i start- och landningsfasen har inletts under hösten 2002. Resultatet av studien kommer att presenteras våren 2003.

<sup>6</sup> Studiens resultat redovisades i maj 2002 i rapporten *Estimation of marginal environmental emission costs of maritime transport – pilot study based on the ExternE methodology*. Studien har genomförts av Electrowatt-Ekono Oy.

Som SIKA ser det bör trafikverken tydligare än hittills ikläda sig rollen som producent och leverantör av för kostnadsberäkningarna nödvändiga data. Målet bör enligt SIKAs mening vara att till regeringen kunna redovisa ett system för kontinuerlig uppföljning och uppdatering av olika avgiftsrelevanta externa kostnader omfattande alla transportslag.

SIKA drar slutsatsen att det fortsatta arbetet i hög grad bör inriktas mot frågan hur trafikens – ännu ofullständigt kvantifierade – externa effekter ska internaliseras inom olika trafikslag. Särskilt bör förutsättningarna för en ökad differentiering av avgifter utifrån befintliga avgifts-/skattesystem undersökas. SIKA avser också att det fortsatta arbetet prioritera diskussionen om hur det transportpolitiska kostnadsansvaret skulle kunna utvecklas beträffande internaliseringen av externa kostnader.





## 2 Uppdraget

### 2.1 Bakgrund

Den svenska transportpolitiken har sedan länge haft som utgångspunkt att de infrastrukturavgifter som tas ut inom olika delar av transportsektorn ska baseras på samhällsekonomiska marginalkostnader. Såväl enskilda trafikanter som kommersiella trafikutövare som utnyttjar transportinfrastrukturen ska alltså i princip genom skatter eller avgifter betala för de externa marginalkostnader av olika slag som de orsakar.

Marginalkostnadsprincipen har också efterhand allt tydligare blivit EU:s generella utgångspunkt för hur infrastrukturavgifterna på transportområdet bör utformas. Detta har senast kommit till uttryck i kommissionens vitbok om en gemensam transportpolitik<sup>7</sup>.

### 2.2 Uppdraget

Regeringen har önskat få förutsättningarna för en prissättning av den svenska infrastrukturen inom olika transportslag efter marginalkostnadsprincipen belyst. Uppgiften har genom mål och uppdrag i regleringsbrevet givits till SIKA och trafikverket gemensamt.

En gemensam översyn av förutsättningarna för marginalkostnadsbaserade avgifter i transportsystemet presenterades förra året.<sup>8</sup> I översynen konstaterades bl.a. att marginalkostnadsprincipen fått ett mycket begränsat genomslag i praktiken och att det endast är på järnvägsområdet som de beräknade marginalkostnaderna spelat en mera avgörande roll för avgiftssättningen. Vidare konstaterades att underlaget i form av tillförlitliga marginalkostnadsskattningar genomgående var bristfälligt samt att det för vägtrafikens del för närvarande saknas adekvata avgiftsinstrument för att implementera en marginalkostnadsprissättning. Å andra sidan konstaterades att man inom såväl vägtrafiken som luftfarten och sjöfarten genom differentiering av skatter och avgifter inom ramen för befintlig avgiftsstruktur sökt internalisera vissa miljökostnader.

Översynen utgjorde svensk bakgrund till den gemensamma finsk-svenska pilotstudie<sup>9</sup> som syftade till att förmedla finska och svenska erfarenheter i fråga om marginalkostnadsbaserad prissättning av transportinfrastrukturen. Pilotstudien

---

<sup>7</sup> VITBOK, *Den gemensamma transportpolitiken fram till 2010: Vägval inför framtiden*, KOM(2001) 370 slutlig.

<sup>8</sup> SIKA Rapport 2000:10.

<sup>9</sup> *Joint Pilot Study on Transport Pricing*, 2001.

togs fram gemensamt av det finska trafikministeriet och det svenska Näringsdepartementet och presenterades för kommissionen under 2001.

SIKA och trafikverkan har på regeringens uppdrag under år 2001 fortsatt arbetet med att utreda förutsättningarna för en politik baserad på marginalkostnadsprissättning av infrastrukturen. I uppdraget innefattas att:

- Göra en uppföljning av beräknade marginalkostnader och hur dessa förhåller sig till faktiska avgifter/skatter
- Medverka till att utvecklingsinsatser kommer till stånd som gör att förbättrade skattningar av marginalkostnader kan tas fram

Arbetet har inriktats mot att ta fram ett förbättrat underlag i fråga om marginalkostnadsskattningar. Inriktningen mot kostnadsskattningar motiveras främst av den brist på tillförlitliga skattningar som konstaterades i den tidigare översynen.

Ytterligare ett skäl har varit behovet att få nödvändigt underlag till banavgiftsuppdraget. Detta uppdrag har samband med implementeringen av EU:s järnvägsdirektiv. Uppdraget går ut på att föreslå ett på marginalkostnadsprincipen baserat reviderat system för banavgifter. I förslaget ska då hänsyn tas till förhållandet marginalkostnader/avgifter inom transportslag med vilka järnvägen konkurrerar. Denna studies skattningar av marginalkostnaderna för såväl järnvägs- som vägtrafiken och sjöfarten har alltså betydelse för det förslag som ska tas fram inom ramen för banavgiftsuppdraget.<sup>10</sup>

## 2.3 Uppdragets genomförande

En referensgrupp, med representanter för trafikverken, SIKA och Näringsdepartementet, har under året tjänat som forum för att diskutera och besluta om projektuppläggning, utvecklingsinsatser, underhandspresentation av resultat, redovisningsformer och -tidpunkter, etc. SIKA, som ansvarat för uppdragets genomförande har i fråga om utvecklingsinsatser närmast haft en beställarroll. Utvecklingsinsatserna har väsentligen utförts med hjälp av trafikverken genom insatser från verkens egna tjänstemän och experter och med hjälp av olika forskare och konsulter.

Av särskild betydelse för genomförandet av utvecklingsinsatser har varit det större fleråriga nationalekonomiskt orienterade forskningsprojekt, som VINNOVA, Vägverket och Banverket gemensamt finansierar och som är inriktat på implementeringen av marginalkostnadsprissättning inom olika transportslag. Detta forskningsprojekt genomförs av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) med Gunnar Lindberg som huvudansvarig.

Trafikverken har sammanställt underlagsrapporter baserade på såväl de egna som de externt utförda utvecklingsinsatserna inom den egna sektorn. SIKA har därefter med detta underlag som främsta källa sammanställt materialet och skrivit slutrapporten.

---

<sup>10</sup> Banavgiftsuppdraget redovisades till regeringen i april 2002.

## 3 Infrastrukturavgifterna i transportpolitiken

### 3.1 Infrastrukturavgifter i Sverige och inom EU

#### Allmänt

Frågan om transportinfrastrukturavgifter lyftes fram i slutsatserna från EU-toppmötet i Göteborg den 15 och 16 juni 2001. En fullständig internalisering av trafikens samhällsekonomiska och miljörelaterade kostnader efterlystes.<sup>11</sup> Den vitbok om den gemensamma transportpolitiken som kommissionen presenterade i september 2001 tog sin utgångspunkt i toppmötets slutsatser.<sup>12</sup> I vitboken aviserar kommissionen ambitionen att under 2002 presentera ett ramdirektiv om infrastrukturavgifter. Detta direktiv ska enligt kommissionen bl.a. upprätta principer och struktur för infrastrukturavgifter och föreslå en gemensam metod för att fastställa avgiftsnivåer.

Betydelsen av ett sådant direktiv poängteras också i slutsatserna från Europarådets toppmöte i Laeken den 14 och 15 december 2001. Där framhålls betydelsen av att ett ramdirektiv om infrastrukturavgifter tas fram så fort som möjligt.

Regeringens infrastrukturproposition upprepade den syn på kostnadsansvaret som lades fast i 1998 års transportpolitiska beslut. Kostnadsansvaret ska därmed fortsatt ses som ett viktigt medel i utvecklingen mot ett effektivt och långsiktigt hållbart transportsystem. I enlighet med det förslag som den tidigare nämnda svensk/finska pilotstudien om marginalkostnadsbaserade avgifter utmynnat i, pekade regeringen ut ökad differentiering av avgifter som en prioritet under de närmast kommande åren. Ökad differentiering ses alltså som ett steg på vägen mot en mer fullständig internalisering av externa kostnader.<sup>13</sup>

#### Vägtrafiken

Verksamheten är stor på flera håll i Europa för att utveckla kilometerskattesystem för tunga lastbilar. Den 1 januari år 2001 införde Schweiz ett sådant system, vars avsikt är att spegla externa effekter. Avgifterna är relaterade till körsträcka, fordonsvikt och fordons miljöprestanda. Erfarenheterna från det första året bedöms som positiva. Systemet har fungerat väl tekniskt sett och man har också kunnat se vissa styreffekter. Tyskland har aviserat att man avser att införa ett

---

<sup>11</sup> Ordförandeskapets slutsatser, Europeiska rådet i Göteborg den 15 och 16 juni 2001, Para. 29.

<sup>12</sup> VITBOK, *Den gemensamma transportpolitiken fram till 2010: Vägval inför framtiden*, KOM(2001) 370 slutlig.

<sup>13</sup> Prop. 2001/02:20, s. 77.

motsvarande system under år 2003. Österrike och Nederländerna är andra länder som analyserar sådana möjligheter.

I kommissionens vitbok om en gemensam transportpolitik aviseras en revision av nu gällande vägavgiftsdirektiv som avser lastbilar tyngre än 12 ton. Detta ses som ett framsteg för Sverige, som påtalat det nuvarande direktivets brister, främst att det inte tillåter att avgifter tas ut på hela vägnätet. Förslag väntas från kommissionen under våren 2002. I infrastrukturpropositionen föreslogs att Sverige skulle arbeta för att få en förändring till stånd i syfte att göra det möjligt att införa ett effektivt kilometerskattesystem för tunga lastbilar i Sverige. I propositionen redovisades också avsikten att ge kommittén Översyn av vägtrafikbeskattningen (Fi 2001:08) tilläggsdirektiv att analysera hur ett eventuellt svenskt kilometerskattesystem kan utformas.<sup>14</sup>

Frågan om tätortsavgifter för vägtrafik är fortsatt aktuell. I infrastrukturpropositionen aviserade regeringen avsikten att ge Stockholmsberedningen i uppdrag att utreda frågan vidare.

### Järnvägstrafiken

Den 26 februari 2001 antogs ett EU-direktiv som bl.a. reglerar banavgiftsuttag.<sup>15</sup> Grundregeln är att avgifterna ska motsvara ”den kostnad som uppstår som en direkt följd av den tågtrafik som bedrivs”. Från svensk sida tolkas detta som samhällsekonomisk marginalkostnad. Direktivet ska vara infört i mars 2003. F.n. pågår implementeringsarbete på det europeiska planet såväl som i Sverige. På EU-planet sker det inom en kommitté som Kommissionen tillsatt<sup>16</sup> medan den svenska regeringen har givit Banverket och SIKA ett gemensamt uppdrag att föreslå en modell för hur direktivet i dessa delar bör införas i Sverige. Även Järnvägsutredningen (N 2001:48), som har till uppgift att se över lagstiftningen på järnvägsområdet i stort, arbetar med införandet av detta direktiv i de delar som avser avgiftssystemet.

### Luftfarten

I kommissionens vitbok om en gemensam transportpolitik konstateras att det fortfarande saknas en rättslig ram för luftfartsavgifterna inom gemenskapen och att ett förslag från kommissionens sida att reglera flygplatsavgifterna hittills har lämnats utan åtgärd. Kommissionen argumenterar för att reglerna för tilldelning av start- och landningstider på flygplatserna bör ses över och aviserar att man avser att lägga förslag med denna innebörd år 2003. Förslaget ska bl.a. ta sikte på att ändra flygplatsavgifterna så att de ger större incitament att sprida ut efterfrågan mellan hög- och lågtrafiktider.

---

<sup>14</sup> Prop. 2001/2002:20 s. 78.

<sup>15</sup> Europaparlamentets och rådets direktiv 2001/14/EG om tilldelning av infrastrukturkapacitet, uttag av avgifter för utnyttjande av järnvägsinfrastruktur och utfärdande av säkerhetsintyg.

<sup>16</sup> Developing European Railways Committee, Task Force on railway infrastructure charging systems.

Samtidigt pekar kommissionen på att olika möjligheter att införa samhälls-ekonomiskt motiverade avgifter inom luftfartssektorn diskuteras. Flygbiljettsavgifter, avgifter kopplade till flygsträcka och motorernas egenskaper samt avgifter kopplade till start- och landningsavgifterna nämns. Kommissionen hänvisar också till en rekommendation från Ecofin-rådet enligt vilken medlemsstaterna bör verka inom den Internationella civila luftfartsorganisationen (ICAO) i syfte att införa en beskattning av flygbränsle och andra styrmedel med motsvarande verkan. Vidare diskuteras bl.a. möjligheterna att slopa momsbefrielsen på flygfotogen. I kommissionens åtgärdsprogram är målet att dessa frågor ska vara lösta inom ICAO senast år 2004.

## Sjöfarten

I EU:s vitbok om en gemensam transportpolitik anges de svenska miljödifferencierade sjöfartsavgifterna som en möjlig förebild i syfte att internalisera miljö-kostnader. Man vill studera systemen vidare för att avgöra om denna tillämpning kan vara lämplig för gemenskapen.<sup>17</sup>

Godstransportdelegationen konstaterar i sitt slutbetänkande att dagens farledsavgifter inte ligger i linje med marginalkostnadsprincipen och föreslår därför en översyn.<sup>18</sup> I SIKAs och trafikverkens gemensamma marginalkostnadsstudie<sup>19</sup> konstaterades också att avgiftssystemet bör kunna utvecklas för att bättre spegla marginalkostnaderna. Mot bakgrund av dessa utredningar diskuterade regeringen i infrastrukturpropositionen behovet av en översyn. Man ville emellertid avvakta remissbehandlingen innan man tog slutlig ställning till frågan. I sitt beslut med anledning av propositionen fastslog emellertid riksdagen att det redan med det underlag som finns tillgängligt framgår att en översyn bör göras.<sup>20</sup>

## 3.2 Sveriges och EU:s klimatstrategier och värderingen av koldioxidutsläppen

Regeringen föreslår i klimatpropositionen<sup>21</sup> att de svenska utsläppen av växthusgaser som ett medelvärde för perioden 2008-2012 ska vara minst fyra procent lägre än utsläppen år 1990. Det nationella målet ska uppnås utan kompensation för upptag i kolsänkor eller med flexibla mekanismer. Detta innebär en väsentlig skärpning i förhållande till Sveriges åtagande enligt EU:s interna skördefördelning som tillåter Sverige att begränsa utsläppen till en nivå som ligger fyra procent över utsläppen för år 1990. Regeringen vill genom det föreslagna reduktionsmålet understryka vikten av att tidigt möta den utmaning som hotet om klimatförändringar utgör.

Regeringen framhåller också att transportpolitiken ska utformas på ett sådant sätt att den bidrar till att det nationella klimatmålet för perioden 2008-2012 och

<sup>17</sup> KOM( 2001) 370 Slutlig, s. 83.

<sup>18</sup> SOU 2001:61.

<sup>19</sup> SIKAs Rapport 2001:10.

<sup>20</sup> Regeringen har under 2002 inlett en översyn av sjöfartsavgifterna.

<sup>21</sup> *Sveriges klimatstrategi*, regeringens proposition 2001/02:55.

miljökvalitetsmålet för klimatpåverkan kan uppnås. Därför menar regeringen att nuvarande transportpolitiska etappmål för en god miljö bör fortsätta att gälla (prop. s 77). Etappmålet för koldioxid är att transportsektorns utsläpp sammantagna år 2010 inte ska överstiga 1990 års nivå.

Den värdering av koldioxidutsläpp, 1,50 kr per kg utsläpp, som tillämpas vid beräkningar av infrastrukturåtgärders samhällsekonomiska lönsamhet, utgår från transportsektorns koldioxidetappmål. Denna värdering är hög vid en internationell jämförelse. Osäkerheten om vilken värdering som bör gälla kom i förra årets marginalkostnadsstudie till uttryck genom ett intervall med nämnda värde som övre och ett betydligt lägre värde, 0,20 kr/kg, som undre gräns. Denna undre gräns var avsedd att motsvara ett jämviktspris på utsläppsrätter i ett utbyggt internationellt handelssystem.

Om Europeiska Rådet och Europaparlamentet antar kommissionens förslag till direktiv om handel med överlåtbara utsläppsrättigheter<sup>22</sup>, kommer vi om några år att få ett marknadspris på CO<sub>2</sub>. Systemet ska enligt kommissionens förslag omfatta fossil kraftproduktion, större värmeverk och energiintensiv industri. Aktörerna kommer enligt förslaget att gratis tilldelas utsläppsrätter på basis av tidigare användning av fossil energi. Ramen kommer sedan successivt att skäras ned så att de berörda sektorerna får incitament att medverka till att EU uppfyller sitt åtagande enligt Kyotoprotokollet. Underlag från kommissionen<sup>23</sup> pekar mot att priset på utsläppsrätter kan komma att hamna kring 0,30 kr/kg CO<sub>2</sub>. Som Per Kågeson framhåller i en underlagsrapport till SIKA<sup>24</sup>, förutsätts då att handeln med utsläppsrätter blir ett komplement till den existerande beskattningen av kol, olja och naturgas. Omräknad till skatt per kilo CO<sub>2</sub> uppgår enligt Kågesons beräkningar den genomsnittliga beskattningen till ca 45 öre per kilo. Den sammanlagda marginalkostnaden hamnar då kring 75 öre per kilo, dvs. på ca hälften av det inom investeringsplaneringen idag använda värdet.

EU-kommissionens förslag till system för handel med överlåtbara koldioxidrättigheter, som ska träda i kraft år 2005, innefattar verksamheter som står för endast ca hälften av de totala utsläppen. Transportsektorn innefattas inte. För att nå en kostnadseffektiv fördelning av reduktioner inom olika sektorer skulle dock en för EU-länderna harmoniserad koldioxidskatt kunna införas för de sektorer, inklusive transportsektorn, som inte omfattas av handelssystemet. Skattenivån, som skulle behöva anpassas till det pris på utsläppsrätter som etableras, skulle då kunna tjäna som utgångspunkt för en kommande värdering av europeiska koldioxidutsläpp.

Så länge som vi i Sverige ålägger oss särskilda krav kan det dock vara motiverat att vid värdering av svenska koldioxidutsläpp utgå från den marginella åtgärds-kostnaden för att uppfylla dessa krav. Den marginalkostnad som är förknippad

---

<sup>22</sup> European Commission (2001), *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for greenhouse gas emissions trading within the European Community and amending Council Directive 96/61 EC*, Bryssel 23.10 2001, COM(2001)581.

<sup>23</sup> *Green Paper on greenhouse gas emissions trading within the European Union*, COM(2000)87, Bryssel.

<sup>24</sup> Se Kågeson, "Samhällsekonomiska kalkylvärden för elektricitet som används inom transportsektorn", bilaga 2 till denna rapport.

med de åtgärder som behöver vidtas för att det av regeringen nu föreslagna nationella målet ska kunna nås har emellertid inte redovisats.

SIKA bedömer att det inte är möjligt att nu lägga fast någon viss bestämd värdering av koldioxidutsläpp från transportsektorn för beräkningen av marginalkostnader. SIKA har dock valt att justera upp den undre gränsen för det intervall som anger spännvidden i koldioxidvärdering, till 50 öre per kilo.





## 4 Vägtrafiken

Kapitlet bygger i huvudsak på Vägverkets underlagsrapport *Översyn av marginalkostnaderna inom vägtransportsektorn* (slutversion, januari 2002) och på de utvecklings- och forskningsresultat som där redovisas.

Metoderna för skattning av vägtrafikens marginalkostnader har utvecklats och lett fram till nya rön beträffande marginalkostnaderna för såväl slitage/deformation, olyckor, avgasemissioner som buller. Beräkningar har nu också gjorts av marginalkostnader för trängsel på landsväg. Uppgifter om storleken på de marginella trängselkostnaderna i tätort saknas alltså.

### 4.1 Infrastrukturstkostnaderna

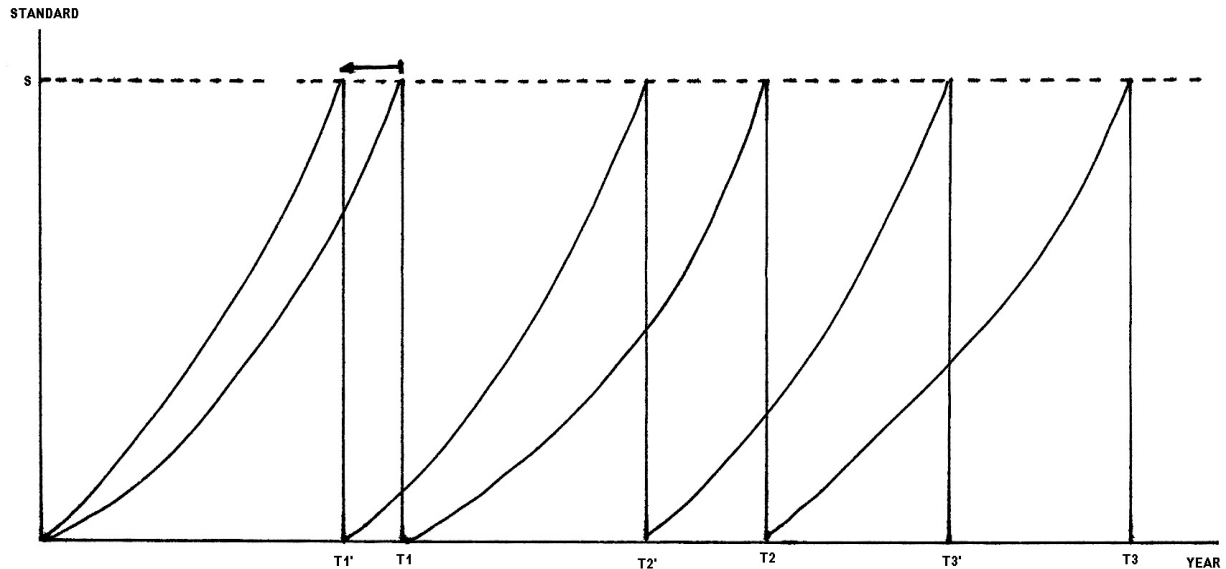
Belagda vägar förses efter vissa intervall med ett nytt slitlager. Om dessa intervall och kostnaderna per kvadratmeter skulle vara opåverkade av trafikvolymen uppkommer i ett kortsiktigt perspektiv inga marginalkostnader. Men om ökad trafik påverkar underhållskostnaden så att det blir kortare tid mellan åtgärderna uppstår en prisrelevant marginalkostnad. Det kortare intervallet mellan åtgärderna innebär att nuvärdet av underhållskostnaden förändras. Det är denna förändring i nuvärdet som utgör marginalkostnaden.

Omläggning av slitlager görs när vägen har förslitits/deformerats ned till en i förväg specificerad standard (S). Vägen är konstruerad för att underhållas efter ett visst schema med intervallen T1, T2, T3 etc.

När antalet standardaxlar (SA) ökar kommer vägen att förslitas snabbare ned till nivån S. Intervallet mellan två tillfällen, då nytt slitlager läggs, kommer att förkortas till T1', T2', T3' etc. Om man sedan beräknar det s.k. nuvärdet (PVC)<sup>25</sup> av framtida kostnader för slitlager så kommer detta värde att öka i relation till antalet tillkommande standardaxlar. Denna ökning av kostnaden per standardaxel utgör den prisrelevanta marginalkostnaden.

---

<sup>25</sup> Present Value of Cost



**Figur 4.1. Princip för bestämning av marginalkostnad vid periodisk omläggning av slitlager.**

## Nya rön

Den tidigare skattningen av slitagekostnaderna gjordes med hjälp av en uppskattning av den trafikvolymberoende delen av Vägverkets kostnader för drift- och underhåll. De rörliga kostnaderna fördelades sedan mellan tunga fordon och personbilar utifrån antalet standardaxlar. En kostnad per fordonskilometer kunde på detta sätt beräknas per fordonstyp. Gunnar Lindberg har nu visat på ett sätt att genom sammanknytning av ingenjörsmässiga kunskaper om nedbrytnings samband och ekonomisk teori skatta slitage- och deformationsmarginalkostnaderna direkt.<sup>26</sup>

För en analys av marginalkostnaderna behöver vi veta sambandet mellan antalet fordon av en viss typ och underhållskostnaden. Denna kostnad kan delas upp på löpande underhåll och cykliskt återkommande underhåll, dvs. reinvestering. Det är den trafikberoende delen av dessa underhållskostnader som ska urskiljas. Det innebär bl.a. att vi ska söka särskilja kostnader för underhåll till ursprunglig standard från standardhöjande reinvestering.

I UNITE-projektet har reinvesteringarkostnaden, som bedöms vara den dominerande kostnadskomponenten, specialstuderats.<sup>27</sup> Av den teoretiska analysen framgår att om beläggningen inte bryts ned av klimatet, så erhåller vi marginalkostnaden som en produkt av genomsnittskostnaden (AC), dvs. reinvesteringarkostnaden dividerat med det kumulativa antalet standardaxlar, och den elasticitet

<sup>26</sup> Se Lindberg, G, Deliverable 10: Infrastructure Cost Case Studies, Case Study 5b: *Marginal cost of road maintenance for heavy goods vehicles on Swedish roads*, UNITE (slutversion april 2002).

<sup>27</sup> Vägverket anger i en promemoria, Fredriksson och Johansson (2000), reinvesteringarkostnaderna till ca 57 procent av de totala underhållskostnaderna.

( $\epsilon$ ), som beskriver förändringen i reinvesteringstidpunkten som en funktion av antalet standardaxlar. Alltså

$$MC = \epsilon AC$$

Genom att nyttja resultat från pågående forskning inom Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) har ett samband mellan antalet standardaxlar och beläggningsstandard erhållits. Beläggningsstandard ges ett antal alternativa objektiva definitioner, t.ex. i form av ett sprickindex. En subjektiv nivå på indexet vid vilken beläggningsstandard bör förnyas, terminalvärdet, har valts. Genom att studera hur tidpunkten för när terminalvärdet uppnås förskjuts med fler standardaxlar får vi ett samband mellan förändringen i beläggningsstandard och trafikeringen. Här sätts likhetstecken mellan terminalvärdets och livslängdens förändring. Men även om ett annat terminalvärde väljs är det troligt att förändringen är i stort sett densamma. Resultaten visar att elasticiteten är negativ och minskar, dvs. blir mer negativ, när vägens underbyggnad blir sämre och när antalet standardaxlar ökar. Elasticiteten är dock större än -1.

Genomsnittskostnaden har uppskattats av Vägverket för olika regioner och trafikflöden. Någon enkel koppling till underbyggnadens standard och antalet standardaxlar för denna klassificering finns inte.

**Tabell 4.1. Marginalkostnad per standardaxel (SEK/SAkm) beroende på vägens styrka och trafikflödet (standardaxlar) per dag.**

Standardaxlar per dag och riktning(Q/365)	Vägens styrka mätt som SCI						
	50	75	100	125	150	175	200
200						0.026	0.068
300				0.022	0.049	0.079	0.118
400			0.021	0.041	0.065	0.094	0.132
500		0.012	0.031	0.049	0.071	0.100	0.138
600		0.020	0.036	0.053	0.075	0.103	0.141
700	0.006	0.024	0.038	0.055	0.076	0.105	0.143
800	0.011	0.026	0.040	0.056	0.077	0.106	0.144
900	0.015	0.028	0.041	0.057	0.078	0.107	0.145

SCI= Surface Curvature Index

Resultaten i tabellen baseras på en genomsnittlig kostnad. Man kan förvänta sig att vägar med låga flöden, liksom vägar med lägre standard, är smalare vägar med en lägre underhållskostnad.

Resultatet ska i princip gå att applicera på varje enskild vägindivid. Men eftersom vi inte har information om vägens styrka för hela vägnätet och inte heller uppgifter om antalet standardaxlar får vi problem med generaliseringen av resultatet.

VTI:s urval av vägsträckor har utnyttjats för marginalkostnadsberäkningen. Beräkningen av beläggningskostnaden utgår från genomsnittskostnaderna per flödesklass och region, se nedan. Det innebär att vi inte differentierar kostnaden med avseende på vägindividens bredd, utan använder en genomsnittlig kostnad för vägar i samma region inom samma trafikflödesklass

Genom att söka ut de vägar som ligger i respektive region samt trafikflödesklass (ÅDT) kan vi beräkna ett genomsnitt för varje kombination baserat på VTI:s urval av vägar.

**Tabell 4.2. Marginalkostnad per region och trafikkategori (SEK/SAkm).**

ÅDT	Syd	Mellan	Nord	Genomsnitt
<500	-	-	-	-
500–2000	-0.043 (0.022)	-0.020 (0.018)	-0.034 (0.016)	-0.029 (0.019)
2001–8000	-0.071 (0.052)	-0.071 (0.055)	-0.090 (0.075)	-0.073 (0.056)
>8000	-0.087 (0.041)	-	-	-0.087 (0.041)
Genomsnitt	-0.073 (0.051)	-0.067 (0.055)	-0.078 (0.071)	-0.072 (0.054)

I tabellen nedan sammanfattas resultaten från förra årets arbete. Vi kan notera att den då använda metoden som ett medelvärde för hela vägnätet ger en högre kostnad än vad den här presenterade metoden ger för VTI:s urval av vägar.

**Tabell 4.3. Kostnadsfördelning efter trafikkategori enligt Vägverkets tidigare skattning. Källa: Vägverket 2000. FEF=1.3**

Trafikflödesklass (ÅDT)	Underhållskostnad (mkr/år)	Andel rörlig kostnad	Rörlig Underhållskostnad (mkr/år)	Andel fördelad till tunga fordon (%)	Väglängd (km)	Antagen ÅDT	Andel Tunga fordon (%)	Kostnad per SA km (SEK)
<500	805	0.1	81	80	36033	200	5	-0.377
500–2000	802	0.3	241	70	23717	1000	5	-0.094
2000–8000	673	0.5	337	60	14125	4000	8	-0.299
>8000	336	0.7	235	50	3202	9000	14	-0.061
Total/genomsnitt	2616	-	893	-	-	-	-	-0.115

Den nya ansatsen låter sig användas på en mycket disaggregerad nivå. Den borde därför vara att föredra givet att man kan lösa generaliseringsfrågan. Eftersom den gamla ansatsen inte kan disaggregeras på ett meningsfullt sätt bör man söka säkerställa en generalisering av den nya ansatsen och därefter göra en jämförelse. I ett sådant arbete bör man också kunna nyttja mer individspecifik kostnadsinformation.

Vi kan konstatera att resultaten skiljer sig åt. I vilken utsträckning som det beror på att vi jämför olika urval av vägnätet går inte att säga.

Den teoretiska ansatsen bör leda oss rätt beträffande reinvesteringsproblemet. Men den måste utvidgas för att kunna beakta klimatförändringar och kanske även trafikillväxt. Vidare måste den empiriska ansatsen att skatta elasticiteten studeras vidare. Det är möjligt att bättre metoder finns inom Vägverket som skulle kunna användas.

## Vägverkets bedömning

Vägverket har i sin underlagsrapport granskat och kommenterat Lindbergs angreppssätt. Vägverket framhåller att det är ett från teknisk/ekonomisk och teoretisk utgångspunkt stringent angreppssätt att beräkna de marginalkostnader som följer av att vägnätet belastas med ytterligare ett tungt fordon. Utgångspunkten är att vägar kontinuerligt underhålls för att den trafik som går fram på vägen ska kunna göra detta på ett säkert och i övrigt tillförlitligt sätt.

I det Svenska LTPP-projektet<sup>28</sup> har Vägverket/VTI sedan 1985 följt hur beläggningarna har förslitits och deformerats på 639 vägsträckor. De flesta av dessa vägsträckor är belägna i södra och mellersta Sverige. Det är data från dessa vägsträckor som utnyttjas i Gunnar Lindbergs beräkningar.

Med ledning av dessa data, och med utgångspunkt från samma kostnadsuppgifter för underhåll av belagda vägar som användes i VV-studien 2000, har de marginalkostnader per standardaxel och kilometer som framgår av tabell 4.4 beräknats.

Som framgår av tabellen *ökar* marginalkostnaden per SAkm med högre trafik-klass. Den studie som Vägverket redovisade under 2000 gav motsatt resultat, dvs. att marginalkostnaden *avtar* med ökande trafikklass.

**Tabell 4.4. Marginalkostnad per standardaxel och kilometer.**

<i>Trafikflödesklass (ÅDT)</i>	<i>Kr/SAkm</i>
< 500	Uppgift saknas
500 – 2000	0,029
2001 – 8000	0,073
> 8000	0,087
<i>Genomsnitt</i>	<i>0,072</i>

Som i 2000 års studie kan marginalkostnaderna beräknas för fyra olika fordonskategorier. Marginalkostnaden för dessa beräknas genom att marginalkostnaden per SAkm multipliceras med den s.k. fordonsekvivalentfaktorn (FEF). Detta ger de i nedanstående tabell angivna marginalkostnaderna per fordonskategori och som medelvärde över hela vägnätet.

**Tabell 4.5. Marginalkostnader per fordonskategori.**

<i>Fordonskategori</i>	<i>FEF</i>	<i>Kr/fkm</i>
LUL – lätt lastbil utan släp	0,4	0,03
LSL – lätt lastbil med släp	0,96	0,07
LUT – Tung lastbil utan släp	0,85	0,06
LST – Tung lastbil med släp	2,3	0,17

<sup>28</sup> LTPP står för Long Term Pavement Performance

**Tabell 4.6. Marginalkostnader per fordonskategori – jämförelse mellan Lindbergs och Vägverkets tidigare skattningar.**

<i>Fordonskategori</i>	<i>Gunnar L</i>	<i>VV 2000</i>
LUL - lätt lastbil utan släp	0,03	0,03 -0,15
LSL - lätt lastbil med släp	0,07	0,06 - 0,36
LUT – Tung lastbil utan släp	0,06	0,05 - 0,32
LST – Tung lastbil med släp	0,17	0,14 - 0,87

En jämförelse mellan föreliggande studie och förra årets studie görs i tabell 4.6. Intervallet i kolumnen till höger är stort. Den lägre siffran hänförs till vägar med hög trafik (ÅDT > 8000), den högre till vägar med låg trafik (ÅDT < 500).

En svaghet med underlaget i form av underlagsdata från de sk LTPP-vägarna är att det i princip endast finns tillgång till data från högtrafikerade vägar. Fullständiga uppgifter finns från 249 vägsträckor. Av dessa representerar 233 stycken ett trafikflöde ÅDT > 2000. För trafikklassen 500 – 2000 finns endast data från 16 sträckor. För trafikklassen ÅDT < 500 finns inga data att tillgå.

Vid en betraktelse av vägar i trafikklasserna >2000 är slutsatsen att Lindbergs ansats och Vägverkets ansats från år 2000 ger likartade nivåer på marginalkostnaderna. Som redovisats ovan har Lindbergs modell givit som resultat att marginalkostnaden per SAKm sett över hela vägnätet skulle uppgå till 0,072 kr. I Vägverkets studie från år 2000 är medelvärdet per SAKm 0,115 kr.

Eftersom Lindbergs studie i stort sett endast grundas på data från vägar med ÅDT > 2000 borde det vara rimligt att göra en jämförelse med den marginalkostnad som redovisats i Vägverkets studie för denna del av vägnätet. Betraktar vi således bara vägar med ÅDT > 2000 i den studien uppgår marginalkostnaden till 0,079 kr per SAKm. Av tabellen framgår att marginalkostnaden per SAKm i trafikklassen ÅDT 2000-8000 uppgår till 0,073 kr och i trafikklassen ÅDT > 8000 till 0,087 kr.. Detta kan bedömas ge en god överensstämmelse. Vägverket betonar dock att en mycket stor tveksamhet kvarstår mot bakgrund av att marginalkostnaden enligt Lindbergs resultat ökar med högre trafikklass.

De slutsatser som enligt Vägverket kan dras efter en jämförelse mellan de två studierna sammanfattas enligt följande:

Den obefintliga representationen av riktigt lågtrafikerade belagda vägar i det urval av vägar som följs upp inom LTPP- projektet gör att det är helt obekant hur modellen fungerar vid låga trafikflöden.

Endast ett fåtal vägar från norra Sverige finns med i urvalet på vilket Lindbergs beräkningar grundats. Detta kan sannolikt innebära viss underskattning av den tunga trafikens nedbrytningskostnader.

Ett ordentligt analysarbete måste göras för att bringa klarhet kring det faktum att Lindbergs modell ger ökande marginalkostnad med ökande trafikklass. I Vägverkets studie är resultatet det motsatta – dvs. att marginalkostnaden är högst i

den lägsta trafikklassen. Detta verkar ju intuitivt vara det mest naturliga. Ytterligare en lastbil på ett svagt vägnät – särskilt under våren – kan innebära mycket betydande merkostnader för väghållaren.

Sammanfattningsvis är enligt Vägverket den av Lindberg utvecklade modellen lovande men dess förmåga att spegla förhållandena på ett lågtrafikerat vägnät med nuvarande utformning – och tillgång till grunddata – bedöms som mycket bristfällig.

SIKA menar att det är angeläget att den Lindbergska modellen kan utvecklas, så att även andra kostnadskomponenter än reinvesteringskostnaden kan ges en korrekt behandling. Sådan vägspecifik information och övrigt dataunderlag som efterfrågats för att säkerställa den nya ansatsens tillämpbarhet generellt bör om möjligt tas fram. Ett problem som kvarstår att utreda är också hur vi ska omvandla standardaxlar till fordon. Det finns enligt Lindberg indikationer på att den gängse s.k. fjärdepotensregeln inte är generellt applicerbar.

### Beräknade slitage- och deformationskostnader – sammanfattning

Ett fordon tyngd och dess antal axlar har stor inverkan på vägytans deformation. Vägtyper med olika grundstandard och styrka är vidare olika deformationsbenägna. De värden som presenteras här ska ses som skattningar av kostnaden för större vägar (med ÅDT > 2000). För mindre vägar kan kostnaderna antas vara betydligt högre, men beräkningsunderlaget har inte varit tillräckligt för att kunna skatta dessa kostnader.

**Tabell 4.7. Slitage och deformation<sup>29</sup>, kr/fkm.**

<i>Fordonsslag</i>	
Personbil	0,01
Tung lastbil, 3,5-16 ton*	0,03-0,07
Tung lastbil >16 ton*	0,06-0,17

\*De lägre siffrorna i intervallet för lastbilar anger värden för lastbilar utan släp, de högre för lastbilar med släp.

Marginalkostnaden för en lätt lastbil är mellan tre och sju gånger så stor som för en personbil. För tunga lastbilar är marginalkostnaden ca dubbelt så stor som för lätta lastbilar.

Gunnar Lindbergs beräkningar ger som resultat att marginalkostnaden per fordonskilometer är högre för vägar med stora flöden (större vägar) än för vägar med låga flöden (mindre vägar). Det omvända förhållandet, som framkom som resultat av förra årets studie, framstår intuitivt som mer troligt. Endast ett fåtal mindre vägar finns emellertid med i det underlag som Lindbergs beräkningar grundar sig på, vilket kan förklara resultatet. För större vägar finns en god överensstämmelse

<sup>29</sup> För personbilar redovisas i Vägverkets underlag samma värden som redovisades 2000 (i sammanställningen, nämns ej i texten). För lastbilar redovisas nya värden som beräknats av Vägverket med utgångspunkt i skattningar framtagna av Gunnar Lindberg.

mellan de nya skattningarna och de värden som presenterades i fjol. För personbilar har inga nya skattningar tagits fram.

## 4.2 Trängselkostnaderna

### Tätortsträngsel

Vi har inte kunnat finna några svenska studier i vilka marginalkostnader för tätortsträngsel beräknats. Det har inte heller varit möjligt att genomföra någon ny studie av trängselkostnaderna i tätort. Uppgifter om marginella trängselkostnader för tätort saknas därför alltså. Frågan ska ägnas större uppmärksamhet av SIKA i det fortsatta arbetet med beräkningar av marginalkostnader.

### Landsvägsträngsel

SIKA har av Vägverket Konsult beställt beräkningar av trängselkostnader baserade på Vägverkets s.k. volume-delay funktioner. Uppdraget går ut på att beräkna marginella externa trängselkostnader vid tio punkter i landsbygdsnätet i det nationella stamvägnätet. Punkterna representerar platser i vägnätet med hög belastning och stora lastbilsflöden.

För de utvalda platserna har kostnaderna vid den trettionde resp. den hundra mest belastade timmen under året beräknats. Alla fordon antas fördröja trafiken lika mycket. Tidsvärdena per fordon bygger på gällande ASEK-värden och har av Vägverket vägts med olika ärendeslag. Tidsvärdena antas vara 120 kronor per timme för personbilar och 251 kronor per timme för lastbilar.

Vid fyra av platserna är de beräknade marginella externa trängselkostnaderna icke försumbara. Dessa är E4 vid Salems kyrka söder om Stockholm, riksväg 20 nordost om Alingsås, riksväg 40 nordost om Rångedala och E18 väster om Kristinehamn. På de två första platserna är den marginella externa trängselkostnaden över 0,35 kronor per kilometer vid den trettionde och över 0,19 kronor per kilometer vid den hundra mest belastade timmen. Vid de andra två punkterna är den marginella externa trängselkostnaden över 0,04 kr per kilometer vid den trettionde och över 0,01 kr per kilometer vid den hundra mest belastade timmen.

De redovisade preliminära beräkningarna indikerar att marginalkostnaderna för trängsel på vissa platser i landsbygdsvägnätet kan vara betydande. Samtidigt är det klart att det inte är möjligt att dra några generella slutsatser för det svenska landsbygdsvägnätet. Slutsatsen är att mer omfattande och mer heltäckande studier behöver utföras och att vi, om beräkningsresultaten står sig, kan behöva inkludera trängselkostnader vid en marginalkostnadsbaserad prissättning av landsbygds- trafiken.



### 4.3 Olyckskostnaderna

Under år 2001 har vid VTI pågått ett forskningsarbete dels inom ramen för ett av Vägverket finansierat projekt, dels inom ramen för det s.k. UNITE-projektet. Det första projektet har lett till att den teoretiska grunden för beräkning av avgiftsrelevanta olycksmarginalkostnader befasts och till att en utvikning om internalisering genom försäkringssystemet har kunnat genomföras.<sup>30</sup>

Inom UNITE-projektet har den empiriska sidan av problemet fokuserats. I dagsläget är det framförallt ny information om marginalkostnaderna för lastbilar vi kan hämta därifrån. Detta ses av Lindberg som ett genombrott då lastbilar tidigare kunnat behandlas endast som en grupp med en möjlig uppdelning i lätta och tunga.

Det finns också några områden där man fortfarande inte kommit framåt. Det gäller t ex hur man ska se på den s.k. anpassningskostnaden. Vidare ligger det implicit i dessa modeller ett antagande om välinformerade individer som betar sig utifrån en genomsnittskostnad. Även om detta är konsistent med antaganden inom trängselområdet finns knappast någon empirisk forskning som stödjer det.

#### Den teoretiska ansatsen

Den teoretiska ansatsen skiljer sig inte mycket från förra året. Den har kondenserats och klarlagts vilket gjort den mer generell och användbar även vid analyser av heterogena fordonsgrupper.

Under förutsättning att trafikanten internaliserar den genomsnittliga olyckskostnaden avseende främst riskvärderingen kan den externa marginalkostnaden skrivas enligt ekvation 1 nedan. Den är uppbyggd av risken  $r$ , en parameter  $\theta$  som beskriver hur olyckskostnaden faller på de inblandade i olyckan, en riskelasticitet ( $E$ ) och kostnadskomponenterna  $a$ ,  $b$  och  $c$ . Parametern  $\theta$  kan förväntas vara olika för olika fordonstyper och har ett samband med, dels hur väl föraren själv är skyddad, dels med hur 'aggressiv' fordonstypen är mot andra trafikanter. Tunga lastbilar har ett  $\theta$  värde nära 0. Som framgår av formeln nedan, innebär det att en viss extern olyckskostnad faller på denna typ av fordon. Elasticiteten avspeglar hur risken förändras vid en förändring av antalet fordon (eller fordonskilometer). Risken vid en ökning av olyckorna kan antingen falla eller stiga eftersom den är en kvot mellan antalet olyckor och exponeringen.

$$MC = r(1 - \theta + E)(a + b) + rc(1 + E)$$

Kostnadskomponenterna är desamma som används inom investeringsplaneringen om vi bortser från  $b$ -komponenten som avspeglar lidande och sorg hos släktingar och vänner. Denna komponent är empiriskt osäker.

<sup>30</sup> Se Lindberg, G. (2001), "Traffic Insurance and Accident Externality Charges", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 35, Part 3, pp 399–416.

## Tillämpning

För år 2000 nyttjades en avancerad teoretisk ansats för att skatta olycks-marginalkostnaderna. Vid VTI hade då tagits fram s.k. kollisionsmatriser, vilka ligger till grund för att bedöma hur konsekvenserna av olyckan faller på olika parter. Sambandet mellan antalet olyckor, inklusive deras konsekvenser, och trafikflödet finns implicit i flera av Vägverkets modeller. Dessa samband användes. För att beräkna risker användes kollisionsmatriserna och Vägverkets skattningar av trafikarbetet.

Den teoretiska formuleringen gjorde det svårt att nyttja en skattning av  $\theta$  eftersom man behövde två olika elasticiteter. För personbilar på landsbygd antog man riskelasticiteten vara lika med noll. Detta baserades på EVA-modellen. I tätort antogs elasticiteten vara 0,25. Också detta baserades på EVA-modellen. För tung trafik saknade man skattningar av motsvarande elasticiteter men satte den schablonmässigt till 0.5.

Baserat på dessa antaganden skattade man följande olyckskostnader.

**Tabell 4.8. Marginella olyckskostnader efter fordonsslag kr/fkm (1997–1999).**

	<i>Landsbygd</i>	<i>Tätort</i>
Personbil	0,11	0,20
Tung lastbil	0,28	0,49
Lätt lastbil	0,10	0,13
Buss	0,32	0,37

I den artikel av Lindberg till vilken nyss refererades (not 30), görs en sammanställning av de externa marginalkostnaderna för olyckor i Sverige. Det framgår att dessa kostnader för personbil på landsbygd är 0.09 kr/fkm och i tätort 0.24 kr/fkm. För tunga fordon beräknas kostnaderna till 0.28 respektive 0.39. Samtliga dessa kostnader ligger nära de som Vägverket presenterade förra året.

### *Lastbilar*

I en annan skrift från UNITE-projektet författad av Lindberg<sup>31</sup> finns ett unikt material baserat på Vägverkets olycksdatabas VITS och data för körsträckor från Bilprovningen. Där görs en analys av olycksrisker baserat på observationer av individuella fordon. I detta material analyseras beroendet av viktklass.

För olika viktklasser har olycksrisker estimerats baserat på körsträcka per fordon. Nackdelen med denna analys är att man inte kan göra en uppdelning på var fordonen kör. Givet att uppdelningen idag på körsträcka i tätort respektive landsbygd för olika fordonskategorier är ganska grov innebär detta ingen stor nackdel. Samtidigt får man här unika individuella skattningar.

<sup>31</sup> Lindberg, G., Deliverable 9: Accident Cost Case Studies, Case Study 8d: *External Accident Cost of Heavy Goods Vehicles* (slutversion, februari 2002).

Även om vi inte kan observera exponeringen på olika miljöer kan vi observera var olyckorna inträffar. I tabell 4.9 nedan har betydelsen av var olyckorna uppträder analyserats för de olika klasserna.

Utifrån detta material kan parametern  $\theta$  skattas för varje viktclass. Nedan ser vi att  $\theta$  i genomsnitt är större än 0, vilket antogs förra året. Vidare ser vi att  $\theta$  för vissa kategorier är anmärkningsvärt hög, ibland över 50 procent. Varför det ser ut på detta sätt måste analyseras vidare.

Baserat på detta material har även riskelasticiteter beräknats. Dessa varierar med viktclass, men ligger i genomsnitt kring  $-0.8$ , alltså långt från det tidigare antagna  $0.5$ . Medan man tidigare antagit att risken ökar när antalet lastbilar ökar visar detta att risken minskar när en given lastbilsindivid kör längre. Detta kan synas inkonsistent, men visar på två olika fenomen; det första är att risken på en väg-individ kan antas öka om antalet lastbilar ökar, det andra är att risken för en given lastbil per kilometer blir mindre om den körs längre. Estimerade samband har hämtats från nyss nämnda studie av Lindberg (se not 31).

**Tabell 4.9. Interna och externa kostnader per tung lastbilsolycka i Sverige 1999 efter viktclass (kEuro/olycka). Källa: referens i not 31.**

Vikt- klass	Intern kostnad (kEuro)	Extern kostnad andra fordon (kEuro)	Extern kostnad oskyddade trafikanter (kEuro)	Extern kostnad system (kEuro)	Extern kostnad totalt (kEuro)	Total kostnad (kEuro)	Andel extern olycks- kostnad tunga fordon ( $\theta$ )
1	1.36	9.45	0.00	2.18	11.63	12.99	0.14
2	16.23	40.79	0.00	6.30	47.09	63.32	0.40
3	18.59	30.12	0.00	7.10	37.22	55.81	0.62
4	0.77	23.12	1.15	5.04	29.32	30.08	0.03
5	5.85	44.18	0.00	6.74	50.92	56.77	0.13
6	4.14	79.26	1.22	9.39	89.87	94.01	0.05
7	4.91	26.89	0.14	4.64	31.67	36.58	0.18
8	2.31	51.48	0.00	7.04	58.51	60.82	0.04
9	3.66	77.68	0.00	8.03	85.71	89.37	0.05
10	6.71	42.70	0.01	6.21	48.93	55.64	0.16
11	3.12	45.62	3.65	6.24	55.50	58.62	0.06
Total	5.29	43.85	1.38	6.26	51.49	56.79	0.12

I genomsnitt erhålls en kostnad på 0,03 kr per fordonskilometer. Detta är bara en tiondel av det tidigare beräknade värdet. Skillnaden kan förklaras med att  $\theta$  är större än noll enligt det empiriska material som utnyttjats och att individdata ger en riskelasticitet på  $-0,8$ .

### Beräknade olyckskostnader – sammanfattning

De nya skattningar av de externa olycksmarginalkostnaderna för personbilar och tunga fordon som redovisat av Lindberg ligger nära dem som Vägverket tidigare presenterat för år 2000. De senast gjorda skattningarna av den tunga trafikens externa olyckskostnader, som baserats på en utvecklade och mer relevant teoretisk

och empirisk analys, pekar mot betydligt lägre värden (en tiondel) än de tidigare redovisade, men skattningarna bedöms som mycket osäkra.

SIKA gör bedömningen att det kvarstår en rad problem att lösa innan vi kan få relevanta skattningar av vägtrafikens externa olyckskostnader som också är tillförlitliga. Slutsatsen är att vi inte nu bör ändra på de skattningar av externa olyckskostnader som Vägverket presenterade för år 2000 och som redovisades i tabell 4.8 ovan.

#### 4.4 Emissionskostnaderna

Vägverket har tidigare presenterat beräkningar av avgasemissionskostnader för år 2000. Beräkningarna visade på den stora variationen för dessa kostnader med avseende på fordonstyper, bränsleförbrukning och var trafiken äger rum. De nivåer för emissionskostnaderna som presenterades bedömdes som osäkra och sågs som enbart indikativa.

Beräkningarna gjordes för olika stora tätorter och för olika fordonskategorier. Det som skilde mellan tätorterna var värderingen av utsläppen. Emissionsfaktorerna för olika tätorter var desamma. Vägverket har nu sökt beakta att emissionsfaktorer i olika tätorter kan antas skilja sig åt beroende på befolkningstäthet, trafiktäthet och vägtyp. Syftet har varit att bestämma skillnader i emissionsfaktorer mellan olika stora tätorter samt att bedöma hur emissionsfaktorerna kan antas variera för olika väg- och gatutyper.<sup>32</sup>

#### Emissionsfaktorer för tätort, inverkan av befolkningstäthet, trafiktäthet och vägtyp

Emissioner,  $q$ , beräknas som produkten av en emissionsfaktor  $e$  och trafikarbetet  $TA$ :

$$q = e \cdot TA \quad (1)$$

Beräknade emissionsfaktorer uttrycker alltså utsläppen per sträckenhet. Detta är beräkningssättet i de flesta emissionsmodeller. I modellerna har man dock sällan en genomsnittlig emissionsfaktor för hela fordonsflottan. Man är därför tvungen att göra en summering för både olika fordonstyper och olika områden.

$$Q = \sum_j^m \sum_i^n q_{ij} = \sum_j^m \sum_i^n e_{ij} \cdot TA_{ij} \quad (2)$$

$Q$  är utsläppet för ett område som definieras av delområdena från  $i = 0$  till  $i = m$ . Emissionsfaktorn  $e_{ij}$  är olika för olika områden eller gatutyper ( $i$ ) och olika fordonstyper ( $j$ ). För en given fordonskategori beror den på körmonster och andel kallstartade fordon och för kolväten även på avdunstningsförluster från fordon.

<sup>32</sup> Avsnittet bygger på en underlagsrapport till Vägverket skriven av Håkan Johansson, TFK: *Emissionsfaktorer för tätort, inverkan av befolkningstäthet, trafiktäthet och vägtyp* (odaterad).

Detaljeringsnivån i uppdelningen på områden och fordonstyper kan skilja mycket mellan olika typer av modeller. Ett exempel på en relativt detaljerad modell beträffande områden är Vägverkets emissionsmodell i EVA. Denna är en s.k. delförloppsmodell där beräkningarna görs för separata länkar och korsningar. För beräkning av nationella utsläpp från vägtrafiken använder man i Sverige EMV-modellen som är en s.k. områdesmodell där uppdelning görs på tätort och landsbygd. Denna modell användes också för de marginalkostnadsberäkningar som Vägverket gjorde under 2000. De emissionsfaktorer som används i EMV för tätort och landsbygd är oberoende de körmonster, d.v.s. de hastighetsförändringar som förekommer i respektive område. Om det t.ex. skulle vara stora kapacitetsproblem i en tätort går detta inte att modellera med emissionsmodellen. Detta är en brist som gör att det kan bli relativt stora fel om man med modellen försöker göra beräkningar för specifika tätorter eller delar av tätorter.

### *Metod*

För att bedöma hur emissionsfaktorer kan skilja mellan olika stora städer användes den emissionsdatabas (EDB) som finns uppbyggd för Stockholms län och Uppsala län hos Miljöförvaltningen i Stockholm. Den bygger på emissions-samband enligt emissionsmodellen i EVA. Från denna gjordes ett urval av fem ytor med olika befolkningstäthet. De valda ytorna framgår av tabell 4.10.

**Tabell 4.10. Valda ytor ur EDB för Stockholms län och Uppsala län.**

<i>Yta</i>	<i>Befolkningstäthet invånare/km<sup>2</sup></i>
Vasastaden, Stockholm	18000
Stockholms innerstad	11000
Stockholm, Solna, Sundbyberg	4000
Södertälje stad	2200
Nykvarns samhälle	1000

Ur EDB gjordes sedan ett datauttag för de fem ytorna (se tabell 4.11).

Tabell 4.11. Datauttag ur EDB.

<i>Parameter</i>	<i>Enhet</i>	<i>Kommentar</i>
Befolkningstäthet	Invånare/km <sup>2</sup>	
Trafiktäthet	Fordon/km <sup>2</sup>	Uppdelat på: Personbil bensin Personbil diesel Tunga fordon utan släp (buss och lastbil) Tung lastbil med släp
Avgasutsläpp av: Kväveoxider Kolväten Partiklar Bensen Koldioxid	g/km <sup>2</sup>	Uppdelat på: Personbil Tunga fordon utan släp (buss och lastbil) Tung lastbil med släp
Bränsleförbrukning	l/km <sup>2</sup>	Uppdelat på: Personbil bensin Personbil diesel Tunga fordon utan släp (buss och lastbil) Tung lastbil med släp

Från datauttaget bildades sedan genomsnittliga emissionsfaktorer för de fem ytorna genom att dividera avgasutsläpp per ytenhet  $a_j$  med trafikmängd per ytenhet  $a_j$  för respektive fordonstyp enligt ekvation 4.

$$e_{ij} = \frac{q_{ij} / a_j}{TA_{ij} / a_j} \quad (3)$$

För att utvärdera inverkan av gatutyp har emissionssamband från EVA 2.3 använts.

### Resultat

I tabell 4.12 redovisas data för de fem ytorna. Ytan som anges är ytan på det uttag som gjordes ur databasen. Ursprungligen var det tänkt att hela tätorter skulle väljas ur databasen, men det visade sig att arbetsinsatsen för att exakt definiera dessa ytor skulle bli väldigt stor jämfört med att välja ytor som var lättare att definiera. Skillnaden i emissionsfaktor mellan de två angreppssätten bedömdes som marginell.

Den totala trafiktätheten för ytorna har en relativt god koppling till befolkningstätheten. Kopplingen är som väntat bäst för personbilar, men även relativt god för tunga fordon utan släp, som består av en blandning av buss och lastbil utan släp. Däremot finns det inte någon direkt koppling mellan befolkningstäthet och trafiktäthet för lastbil med släp. I Vasastaden används inte lastbil med släp.

Tabell 4.12. Data för de fem ytorna.

Område	Yta (km <sup>2</sup> )	Befolk- ningstäthet (antal inv/km <sup>2</sup> )	Trafiktäthet (miljoner fordonskm/km <sup>2</sup> )			Tot
			Personbil*	Tungt fordon utan släp	Lastbil med släp	
Vasastaden, Stockholm	2	18000	39	1,2	0	40
Stockholms innerstad	20	11000	35	1,4	0,36	37
Stockholm, Solna, Sundbyberg	190	4000	17	0,65	0,4	18
Södertälje stad	23	2200	8,4	0,24	0,41	9,1
Nykvarns samhälle	5	1000	1,9	0,07	0,03	2,0

\* Dieseldrivna personbilar står för 5 procent av trafikarbetet.

I tabell 4.13–4.17 redovisas emissionsfaktorer och bränsleförbrukning för de fem ytorna och för olika fordonstyper. Av tabellerna kan man se att emissionsfaktorerna för personbil och buss är högst för Vasastaden och lägst för Nykvarns samhälle. För tung lastbil med släp är emissionsfaktorerna däremot lägst för Södertälje stad och i övrigt ungefär lika stora. Motsvarande gäller även för den specifika bränsleförbrukningen om man bortser från dieseldrivna personbilar. Med undantag av Vasastaden har dieseldrivna personbilar ungefär samma bränsleförbrukning oberoende av befolkningstäthet. Detta kan inte förklaras på något annat sätt än att man använt en kraftigt förenklad modell för dieseldrivna personbilar. Detta stöds också av det faktum att dieseldrivna personbilar saknas i EVA-modellen vilket har gjort att man blivit tvungen att använda en annan modell för dessa fordon.

Tabell 4.13. Emissionsfaktorer för kväveoxider för de fem ytorna och för olika fordonstyper.

Område	Emissioner kväveoxider (g/km)		
	Personbil	Tungt fordon utan släp	Lastbil med släp
Vasastaden, Stockholm	0,95	10,00	
Stockholms innerstad	0,83	6,14	13,89
Stockholm, Solna, Sundbyberg	0,71	4,77	14,25
Södertälje stad	0,73	7,92	8,29
Nykvarns samhälle	0,68	4,29	14,00

Tabell 4.14. Emissionsfaktorer för kolväten för de fem ytorna och för olika fordonstyper.

Område	Emissioner kolväten (g/km)		
	Personbil	Tungt fordon utan släp	Lastbil med släp
Vasastaden, Stockholm	2,62	2,42	
Stockholms innerstad	2,29	1,43	0,78
Stockholm, Solna, Sundbyberg	1,82	1,05	0,80
Södertälje stad	1,90	1,50	0,46
Nykvarns samhälle	1,68	0,71	1,00

**Tabell 4.15. Emissionsfaktorer för avgaspartiklar för de fem ytorna och för olika fordonstyper.**

Område	Emissioner avgaspartiklar (g/km)		
	Personbil	Tungt fordon utan släp	Lastbil med släp
Vasastaden, Stockholm	0,025	0,317	
Stockholms innerstad	0,025	0,114	0,250
Stockholm, Solna, Sundbyberg	0,019	0,123	0,250
Södertälje stad	0,019	0,208	0,122
Nykvarns samhälle	0,016	0,143	0,333

**Tabell 4.16. Emissionsfaktorer för koldioxid för de fem ytorna och för olika fordonstyper.**

Område	Emissioner koldioxid (g/km)		
	Personbil	Tungt fordon utan släp	Lastbil med släp
Vasastaden, Stockholm	390	1000	
Stockholms innerstad	320	721	1028
Stockholm, Solna, Sundbyberg	241	677	1075
Södertälje stad	238	792	634
Nykvarns samhälle	211	457	1033

**Tabell 4.17. Specifik bränsleförbrukning för de fem ytorna och för olika fordonstyper.**

Område	Bränsleförbrukning (ml/km)			
	Personbil Bensin	Personbil Diesel	Tungt fordon utan släp	Lastbil med släp
Vasastaden, Stockholm	165	159	375	
Stockholms innerstad	138	80	236	389
Stockholm, Solna, Sundbyberg	99	81	246	400
Södertälje stad	95	83	308	244
Nykvarns samhälle	89	84	171	400

### *Samband mellan befolkningstäthet, trafiktäthet, emissionsfaktorer och specifik bränsleförbrukning*

Det verkar alltså finnas en koppling mellan emissionsfaktorer och trafiktäthet samt befolkningstäthet för personbilar och tunga fordon utan släp, ett samband som verkar saknas för tunga lastbilar med släp. I tabell 4.18 redovisas regressions samband för personbilar mellan utsläpp, specifik bränsleförbrukning och trafiktäthet respektive befolkningstäthet tillsammans med korrelationskoefficienter. Av tabellen framgår att det är hög korrelation mellan speciellt emissionsfaktorer, specifik bränsleförbrukning och befolkningstäthet. Korrelationen är något sämre med trafiktätheten.



**Tabell 4.18. Regressionssamband mellan utsläpp, specifik bränsleförbrukning och trafiktäthet respektive befolkningstäthet för personbilar. Trafiktätheten är angiven i miljoner fordonskm per km<sup>2</sup>, befolkningstätheten i invånare per km<sup>2</sup>, emissionsfaktorerna i g/km och specifik bränsleförbrukning i ml/km.**

	Trafiktäthet (x)	R <sup>2</sup>	Befolkningstäthet (x)	R <sup>2</sup>
Kväveoxider (y)	$y = 0,0059x + 0,65$	0,82	$y = 1,5E-05x + 0,67$	0,97
Kolväten (y)	$y = 0,021x + 1,6$	0,87	$y = 5,2E-05x + 1,7$	0,97
Partiklar (y)	$y = 0,00023x + 0,016$	0,96	$y = 5,0E-07x + 0,017$	0,80
Koldioxid (y)	$y = 4,1x + 190$	0,89	$y = 0,010x + 206$	0,99
Bränsleförbrukning (y)	$y = 1,9x + 78$	0,91	$y = 0,0046x + 84$	0,99

Motsvarande analys har gjorts för tunga fordon utan släp. Denna redovisas i tabell 4.19. Korrelationen är dock betydligt sämre och det är tveksamt om man vågar använda de redovisade sambanden.

**Tabell 4.19. Regressionssamband mellan utsläpp, specifik bränsleförbrukning och trafiktäthet respektive befolkningstäthet för tunga fordon utan släp. Trafiktätheten är angiven i miljoner fordonskm per km<sup>2</sup>, befolkningstätheten i invånare per km<sup>2</sup>, emissionsfaktorerna i g/km och specifik bränsleförbrukning i ml/km.**

	Trafiktäthet (x)	R <sup>2</sup>	Befolkningstäthet (x)	R <sup>2</sup>
Kväveoxider (y)	$y = 0,081x + 4,9$	0,34	$y = 0,00024x + 4,9$	0,52
Kolväten (y)	$y = 0,029x + 0,80$	0,58	$y = 7,8E-05x + 0,86$	0,76
Partiklar (y)	$y = 0,0019x + 0,14$	0,14	$y = 7,3E-06x + 0,13$	0,38
Koldioxid (y)	$y = 8,5x + 548$	0,54	$y = 0,022x + 573$	0,62
Bränsleförbrukning (y)	$y = 2,6x + 212$	0,33	$y = 0,0073x + 214$	0,46

#### Jämförelse med emissionsfaktorer från SIKA rapport 2000:10

I den tidigare översynen av marginalkostnadsbaserade avgifter i transportsystemet användes EMV-modellen för att ta fram genomsnittliga emissionsfaktorer för tätort. De faktorer som användes avsåg år 1999. I tabell 4.20 redovisas uppdaterade faktorer för år 2000. Mer differentierade emissionsfaktorer återfinns i bilaga 1 till Vägverkets underlagsrapport.

**Tabell 4.20. Emissionsfaktorer enligt EMV och det scenario som använts för Vägverkets årsredovisning 2001.**

	HC g/km	NOx g/km	CO2 g/km	Partiklar g/km
Personbil	2,60	0,78	270	0,030
Lätt lastbil	2,54	1,33	340	0,100
Buss	0,76	9,85	1100	0,146
Tung lastbil 3,5-16ton	1,02	7,50	510	0,242
Tung lastbil >16ton	0,64	15,92	1260	0,239
Moped	3,92	0,05	50	0,189
Motorcykel	6,50	0,28	150	0,092
<i>Totalt</i>	<i>2,53</i>	<i>1,47</i>	<i>320</i>	<i>0,048</i>

Dessa faktorer kan jämföras med emissionsfaktorerna i tabellerna 4.13-4.17. Gör man detta kan man konstatera följande för personbil:

- De genomsnittliga emissionsfaktorerna för kväveoxider och koldioxid för personbil enligt EMV ligger mellan de för Stockholms innerstad och Södertälje enligt EDB.
- Den högsta emissionsfaktorn för kolväten enligt EDB, dvs. den för Vasastaden, är lika hög som den genomsnittliga emissionsfaktorn för tätort enligt EMV.
- Den högsta emissionsfaktorn för partiklar enligt EDB, dvs. den för Vasastaden, är nästan 20 procent lägre jämfört med den genomsnittliga emissionsfaktorn för tätort enligt EMV.

Av detta kan vi dra slutsatsen att EDB ger något lägre emissioner för personbil jämfört med EMV.

För tungt fordon utan släp enligt EDB samt buss och tung lastbil med totalvikt upp till 16 ton enligt EMV kan man konstatera följande:

- De genomsnittliga emissionsfaktorerna för kväveoxider enligt EMV ligger i stort sett mellan de för Stockholms innerstad och Södertälje enligt EDB.
- De genomsnittliga emissionsfaktorerna för kolväten enligt EMV ligger i stort sett mellan de för ytorna Stockholm, Solna, Sundbyberg och Nykvarn enligt EDB.
- De genomsnittliga emissionsfaktorerna för avgaspartiklar enligt EMV ligger i stort sett mellan emissionsfaktorerna för tungt fordon utan släp i Vasastaden och Nykvarn enligt EDB.

Det är enligt EMV stor skillnad i emissionsfaktorer för koldioxid mellan buss och tung lastbil med totalvikt upp till 16 ton. Intervallet täcker in intervallet i skillnad i emissionsfaktorer mellan de olika ytorna för tungt fordon utan släp enligt EDB.

Av detta kan vi dra slutsatsen att EDB ger något lägre emissioner av kväveoxider för tunga fordon utan släp jämfört med EMV.

För tungt fordon med släp och tung lastbil med totalvikt över 16 ton kan man konstatera följande:

- EMV ger något högre emissionsfaktorer för kväveoxider.
- EDB ger något högre emissionsfaktorer för kolväten.
- EMV och EDB ger ungefär lika stora emissionsfaktorer för partiklar.
- EMV ger något högre emissionsfaktorer för koldioxid.

### *Korrektion av emissionsfaktorer för personbilar utifrån befolkningstäthet.*

Det finns ett tydligt samband mellan befolkningstäthet och personbilars emissionsfaktorer. Det skulle därför vara lockande att använda ekvationerna i tabell 4.19 direkt. Samtidigt har vi konstaterat att det råder en viss skillnad mellan emissionsfaktorer enligt EMV och EDB. Vad man därför skulle vilja ha fram är en korrektionsfunktion för befolkningstätheten som man kunde applicera på emissionsfaktorerna enligt EMV. För att detta ska vara möjligt måste man dock bestämma sig för vad man ska normera mot. Om man förutsätter att EMV räknar rätt skulle man vilja normera så att summan av emissionerna från trafiken i alla tätorter är lika med den mängd som EMV beräknar för tätorter. Den enklare metod som valts är att normera mot en medelort. Landskrona har valts eftersom hälften av Sveriges tätortsinvånare bor i tätorter som är mindre än Landskrona.

Landskrona har ca 27 000 invånare och en befolkningstäthet på ca 2 300 invånare per kvadratkilometer. Med detta som normort och med ekvationer enligt tabell 4.19 fås korrektionsfaktorer enligt tabell 4.21.

**Tabell 4.21. Korrektion av emissionsfaktorer för personbil utifrån befolkningstäthet.**

	<i>Befolkningstäthet (x)</i>
Kväveoxider (y)	$y = 2,1E-05x + 0,95$
Kolväten (y)	$y = 2,9E-05x + 0,94$
Partiklar (y)	$y = 2,8E-05x + 0,94$
Koldioxid (y)	$y = 4,4E-05x + 0,90$
Bränsleförbrukning (y)	$y = 4,9E-05x + 0,89$

Den största korrektionen erhålls för bränsleförbrukningen. Som exempel kan vi ta Kopparbergs tätort som har en befolkningstäthet på 490 invånare per kvadratkilometer. För bränsleförbrukning får vi då en korrektionsfaktor på 0,91. Med en bränsleförbrukning på 11,7 l/100km enligt EMV för bensindrivna personbilar fås då en genomsnittlig bränsleförbrukning på 10,7 l/100 km. Detta kan jämföras med Stockholms innerstad med en befolkningstäthet på 11 000 invånare per kvadratkilometer. Där fås en korrektionsfaktor på 1,43, vilket ger en genomsnittlig bränsleförbrukning på 16,7 l/100km.

Bränsleförbrukningen är alltså nästan 60 procent högre i Stockholms innerstad jämfört med i Kopparberg tätort. Skillnaderna i utsläpp av kväveoxider blir dock mindre. Utsläppen per kilometer är knappt 25 procent högre i Stockholms innerstad jämfört med Kopparberg tätort. Korrektionen får inte så stor betydelse om man tittar på hela tätorter. För att få riktigt höga korrektioner måste man gå ned på delar av tätorter. Som exempel kan nämnas att Stockholms tätort med en befolkningstäthet på 3 200 invånare per kvadratkilometer endast ger en korrektion för bränsleförbrukningen på knappt 5 procent.

### *Inverkan av gatutyp och flödes hastighet på emissioner och bränsleförbrukning*

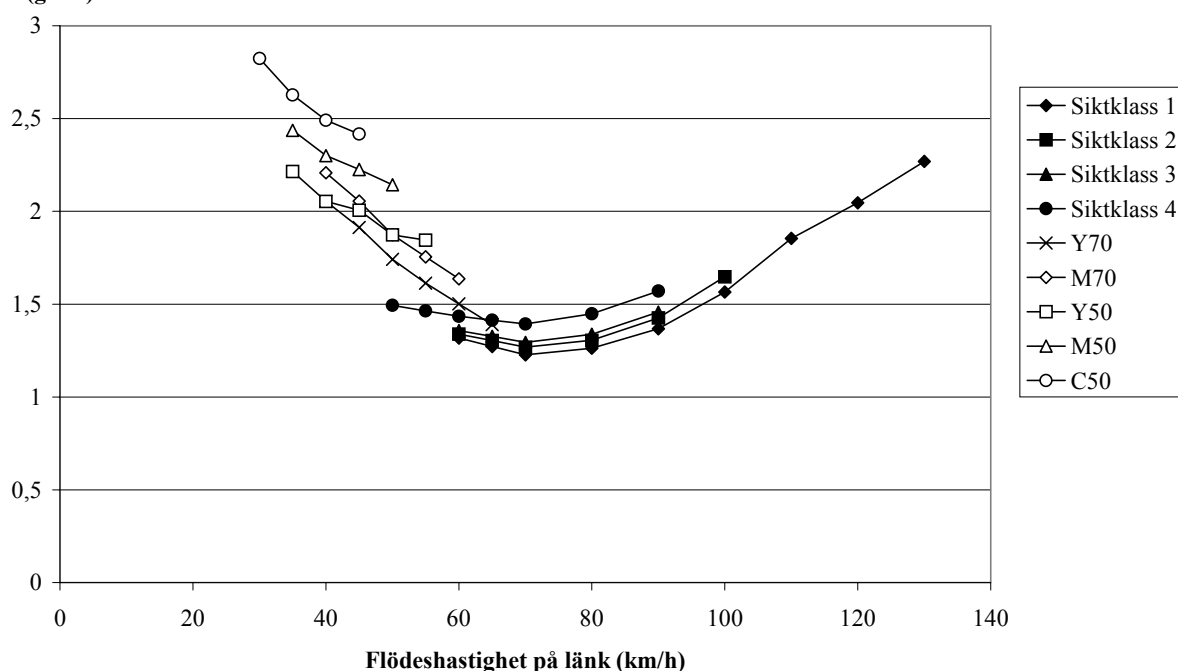
Skillnader i emissionsfaktor för en viss fordonstyp mellan ytor med olika befolkningstäthet förklaras framförallt av fyra faktorer:

- Skillnader i fördelningen mellan olika gatutyper
- Skillnader i körmönster på specifika gatutyper
- Skillnader i andelen kallstartade fordon
- Skillnader i avdunstning från fordon som i sin tur beror av andelen parkerade fordon.

De förhållandevis höga emissionsfaktorerna i Vasastaden beror på en hög andel kallstartade fordon, förhållandevis stora avdunstningsförluster, uteslutande centrungator och ett ryckigt körmönster med låg medelhastighet. Detta illustreras delvis i figur 4.1 för utsläpp av kolväten.

I diagrammet inkluderas effekter av länk, korsning, avdunstning och kallstart. Typiska värden för de olika gatutyperna har använts för att beräkna effekter av korsning, avdunstning och kallstart.

**Utsläpp av kolväten  
(g/km)**

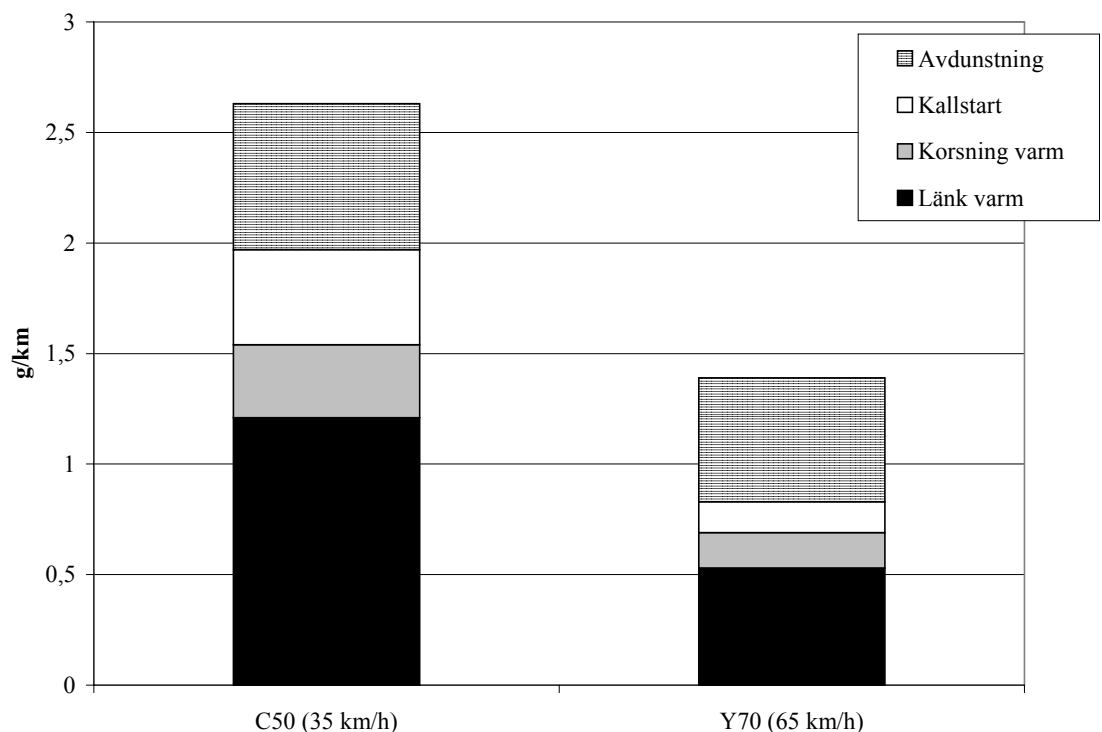


**Figur 4.2. Utsläpp av kolväten från personbil för olika vägtypers och flödes hastighet på länk.<sup>33</sup>**

<sup>33</sup> Effekter av länk, korsning, avdunstning och kallstart är inberäknade. Siktclass 1-4 landsväg och övriga tätort. Motorväg är vanligen av siktclass 1. Y70 : ytterområde skyltat 70 km/h, M70 : mellanområde skyltat 70 km/h, Y50 : ytterområde skyltat 50 km/h, M50 : mellanområde skyltat 50 km/h, C50 : centrumområde skyltat 50 km/h.

Vasastaden ligger i nivå med en centrumväg skyltad 50 km/h, med en länkflödes hastighet på 35 km/h. För centrumvägen är det inberäknat en korsningseffekt motsvarande i genomsnitt stopp varje 300 m och genomsnittlig reslängd på 12 km. Nykvarns samhälle har en emissionsfaktor för personbil som är i genomsnitt 36 procent lägre jämfört med Vasastaden. Jämför man med figur 4.1 så är detta i stort sett så lågt man kan komma på tätortsvägar.

Mängderna av utsläppen som kommer från länk, korsning, kallstart och avdunstning varierar mellan olika gatutyper och flödes hastigheter. I figur 4.2 redovisas andelar för C50 (förklaras i fotnot på föregående sida) med länkflödes hastighet 35 km/h och Y70 (förklaras i fotnot på föregående sida) med länkflödes hastighet 65 km/h.



**Figur 4.3. Emissionsfaktorer för kolväten för C50 med länkflödes hastighet 35 km/h och Y70 med länkflödes hastighet 65 km/h.**

### *Beräkningsresultat*

Den totala tätortsvärderingen (regional + lokal värdering) i skattingarna för exemplen Landskrona, Malmö och Stockholms innerstad redovisas i tabell 4.24 <sup>34</sup>.

<sup>34</sup> För skattingar av total tätortsvärdering se SIKA rapport 2000:10.

**Tabell 4.22. Total värdering av (regional + lokal värdering) i skattningarna för exemplen Landskrona, Malmö och Stockholms innerstad, kr/kg.**

<i>Tätort (totalt) Kr/kg</i>	<i>Landskrona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholm</i>
VOC (HC)	40	57	75
NOX	66	76	87
CO2	0.2	0.2	0.2
CO2	1.5	1.5	1.5
Partiklar	1769	4663	7600

### *Beräkningar (kronor/fordonskilometer)*

I det följande presenteras beräkningar av emissionskostnader för landsbygden och för valda tätorter. Presentationen avser framförallt att belysa den stora variationen i emissionskostnader med avseende på fordonstyper och var trafiken äger rum.

**Tabell 4.23. Emissionskostnader för landsbygden (HC + NO<sub>x</sub>)<sup>35</sup> exklusive koldioxid – personbilar, kr/fkm.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>HC</i>	<i>NOX</i>	<i>Totalt</i>
Personbil, BMK	0.01	0.02	0.02
Personbil, BUK	0.08	0.17	0.25
Personbil, DMK	0.00	0.02	0.02
Personbil, DUK	0.01	0.04	0.05

BMK= bensin med katalysator

BUK= bensin utan katalysator

DMK= diesel med katalysator

DUK= diesel utan katalysator

**Tabell 4.24. Emissionskostnader exklusive koldioxid – personbilar, kr/fkm. Totalt tätort (HC + NO<sub>x</sub> + partiklar), inklusive tätortstillägg.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landskrona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Sthlm innerstad</i>
Personbil, BMK	0.10	0.17	0.28
Personbil, BUK	0.60	0.94	1.52
Personbil, DMK	0.19	0.45	0.85
Personbil, DUK	1.05	2.78	5.38

Som framgår av tabellerna 4.23 och 4.24 är emissionskostnaderna för personbilar generellt betydligt högre i tätort än på landsbygd. Skillnader mellan dieslbilar och bensinbilar samt mellan bilar med respektive utan katalysator är de samma som i förra årets resultat.<sup>36</sup> För Landskrona och landsbygden är emissionskostnaderna i stort sätt lika med förra året. Den stora skillnaden avser emissionskostnaderna för Stockholms innerstad, vilka nu är betydligt högre. Korrektionsfaktorn i Stockholms innerstad ger ca 12, 26 och 25 procent högre emissioner för respektive NO<sub>x</sub>, HC och partiklar än vad som är fallet utan korrektion. För Malmö ger korrektionsfaktorn ca 3, 4 resp. 4 procent högre emissioner för samma ämnen.

<sup>35</sup> På landsbygden är värdet på partiklar lika med noll.

<sup>36</sup> Se SIKA Rapport 2000:10.

I tabellerna 4.25–4.27 redovisas specifika emissioner för Landskrona, Malmö och Stockholms innerstad. Av tabellerna kan man utläsa beräkningen av emissioner för personbilar, vilken är genomförd med hjälp av korrektionsfaktorer utifrån befolkningstäthet enligt tabell 4.19. Motsvarande resultat för tunga lastbilar redovisas i bilaga 1 till Vägverkets underlagsrapport.

**Tabell 4.25. Emissioner och korrektionsfaktor för personbil i Landskrona.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>HC g/km</i>	<i>NOX g/km</i>	<i>CO2 kg/km</i>	<i>PM g/km</i>
Personbil BUK	9.683684	2.082895	0.294751	0.041842
Personbil BMK	1.073618	0.450833	0.273327	0.014457
Personbil DUK	0.608696	0.80	0.261659	0.552174
Personbil DMK	0.019708	0.70146	0.208252	0.081752
Korrektionsfaktor	1.00	1.00	1.00	1.00

**Tabell 4.26. Emissioner och korrektionsfaktor för personbil i Malmö.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>HC g/km</i>	<i>NOX g/km</i>	<i>CO2 kg/km</i>	<i>PM g/km</i>
Personbil BUK	10.10977	2.13705	0.311846	0.043558
Personbil BMK	1.120857	0.462554	0.28918	0.01505
Personbil DUK	0.635478	0.8208	0.276835	0.574813
Personbil DMK	0.020575	0.719698	0.22033	0.085104
Korrektionsfaktor	1.044	1.026	1.058	1.041

**Tabell 4.27. Emissioner och korrektionsfaktor personbil i Stockholms innerstad.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>HC g/km</i>	<i>NOX g/km</i>	<i>CO2 kg/km</i>	<i>PM g/km</i>
Personbil BUK	12.10461	2.457816	0.406756	0.052303
Personbil BMK	1.342022	0.531983	0.377191	0.018071
Personbil DUK	0.76087	0.944	0.361089	0.690217
Personbil DMK	0.024635	0.827723	0.287387	0.10219
Korrektionsfaktor	1.25	1.18	1.38	1.25

Av tabellerna 4.28 och 4.29 framgår att emissionskostnaderna varierar för olika typer av tunga lastbilar, främst beroende på vikt och ort, men även beroende på andra egenskaper. Marginalkostnaderna i såväl tätort som på landsbygd är något lägre jämfört med förra året. Detta beror på att nyare fordon med bättre emissions-egenskaper ersatt äldre fordon som skrotats.

**Tabell 4.28. Emissionskostnader, exklusive koldioxid – tunga lastbilar, kr/fkm. Landsbygd.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>HC</i>	<i>NOX</i>	<i>Totalt</i>
Tung lastbil, 3.5- 16 ton	0.02	0.30	0.32
Tunga lastbil > 16 ton	0.01	0.65	0.66
Genomsnitt Tunga lastbil > 3.5 ton	0.01	0.55	0.57

**Tabell 4.29. Emissionskostnader, exklusive koldioxid – tunga lastbilar, kr/fkm. Totalt tätort, inklusive tätortstillägg.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landskrona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholms innerstad</i>
Tunga lastbil 3.5 – 16 ton	0.96	1.76	2.57
Tunga lastbil >16 ton	1.50	2.36	3.25
Genomsnitt tunga lastbil >3.5 ton	1.27	2.11	2.96

I tabell 4.30, slutligen, redovisas emissionskostnaderna för olika typer av lätta och tunga vägfordon med de två alternativa nivåer för värdering av koldioxidutsläpp som redovisades i kapitel 3.

**Tabell 4.30. Emissionskostnader, inklusive CO<sub>2</sub>, med alternativa nivåer för CO<sub>2</sub> värdering, kr/fkm.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landsbygd totalt</i>		<i>Stockholm innerstad total</i>	
	<i>CO<sub>2</sub>= 0.50 kr</i>	<i>CO<sub>2</sub>= 1.50 kr</i>	<i>CO<sub>2</sub>= 0.50 kr</i>	<i>CO<sub>2</sub>= 1.50 kr</i>
Personbil, BMK	0.11	0.29	0.47	0.85
Personbil, BUK	0.35	0.54	1.72	2.13
Personbil, DMK	0.09	0.24	0.99	1.28
Personbil, DUK	0.14	0.32	5.56	5.88
Tung lastbil, 3.5 – 16 ton	0.59	1.14	2.83	3.34
Tung lastbil > 16 ton	1.21	2.30	3.89	5.14

### *Beräkningar av kostnader uttryckta i kronor per liter bränsle*

De tidigare presenterade kostnadsberäkningarna har genomgående avsett kostnaden för att köra ett fordon en extra kilometer. Denna kostnad har nu räknats om till ett värde i kr per liter förbrukat bränsle med hjälp av uppgifter om bränsleförbrukning.

**Tabell 4.31. Bränsleförbrukning, liter/100 km.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landsväg</i>	<i>Tätort</i>
Personbil, BUK	8.06	12.49
Personbil, BMK	7.48	11.58
Personbil, DUK	7.17	10.30
Personbil, DMK	5.81	8.20
Bensin	7.59	11.77
Diesel	6.01	8.50



**Tabell 4.32. Marginalkostnader av emissioner exklusive CO<sub>2</sub>, personbilar, kr/liter bränsle.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landskrona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholms innerstad</i>	<i>Landsbygd</i>
Personbil, BMK	0.86	1.37	1.69	0.27
Personbil, BUK	4.79	7.07	8.51	3.10
Personbil, DMK	2.34	5.15	7.25	0.34
Personbil, DUK	10.23	25.31	36.55	0.70
Korrektionsfaktor/bränsleförbrukning	1.00	1.066	1.43	-

Av tabell 4.32 framgår att förhållandena mellan landsbygd och tätort inte förändrats i någon större omfattning av denna omräkning (kr/liter). För Landskrona och för landsbygd är de beräknade marginalkostnaderna per liter lägre än tidigare. Detta beror på att man i förra årets beräkningar antog att bränsleförbrukningen är lika på landsbygd och i tätorter. I verkligheten är den högre i tätort. För övriga städer blir värderingen högre (kr/km), eftersom vi lagt till en korrektion som tar hänsyn till befolkningstätheten.

**Tabell 4.33. Bränsleförbrukning liter/100km.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landsbygd</i>	<i>Tätort</i>
Tung lastbil, 3,5–16 ton	21.65	20.18
Tung lastbil >16 ton	42.96	49.79
Tung lastbil totalt	36.88	37.10

På landsbygden är bränsleförbrukningen för tunga lastbilar något osäker. I årets beräkningar har antagits en högre förbrukning än tidigare. Detta avspeglas i en något högre marginalkostnad om man räknar in koldioxid.

**Tabell 4.34. Marginalkostnader av emissioner exklusive CO<sub>2</sub>, tunga lastbilar, kr/liter bränsle.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Landskrona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholms innerstad</i>	<i>Landsbygd</i>
Tunglastbil 3,5–16 ton	4.78	8.70	12.72	1.47
Tunga lastbil > 16 ton	3.01	4.74	6.52	1.54
Tung lastbil totalt	3.43	5.68	7.99	1.54

Marginalkostnaderna per liter bränsle för tunga lastbilar i tätorter är svåra att jämföra med förra årets siffror. Förra årets beräkningar höll inte isär de två klasserna av tunga lastbilar. Klassen 3,5-16 ton innehåller en förhållandevis hög andel äldre fordon med sämre emissionsegenskaper jämfört med klassen över 16 tons totalvikt. Detta gör att den mindre klassen får förhållandevis höga emissioner. Vid en jämförelse mellan de två klasserna för samma årsmodeller hade det således sett bättre ut för klasserna 3,5–16 ton än vad det nu gör.

Sammanfattningsvis kan sägas att kopplingen mellan personbilstrafikens avgasutsläpp och befolkningstätheten är mycket stark, starkare än kopplingen

mellan avgasutsläppen och trafiktätheten. Detta skulle kunna bero på att gatustrukturen i tätorter har dålig sikt, ger flera stopp per kilometer och har större förekomst av vägar med hastighetsbegränsning till 30 och 50 km/timme. Hög trafiktäthet ger ökade emissioner. Samtidigt är vägarna ofta anpassade till trafikflödet. Det innebär att emissionsfaktorerna kan påverkas mer av skillnader i befolkningstäthet än av skillnader i trafiktäthet.

## Beräknade emissionskostnader – sammanfattning

### *Emissioner exklusive koldioxid*<sup>37</sup>

#### Personbilar

Bensindrivna bilar med katalysator släpper ut betydligt mindre avgaser än bensindrivna bilar utan katalysator. Även dieseldrivna personbilar med katalysator släpper ut mindre än dieslbilar som saknar katalysator, men skillnaden är inte alls lika stor. På landsbygden har bensinbilar utan katalysator betydligt högre utsläpp än dieslbilar som saknar katalysator, medan det omvända förhållandet gäller i tätort.

**Tabell 4.35. Emissioner, exklusive koldioxid, kronor/fordonskilometer.**

Fordonsslag	Landsbygd			Totalt tätort, inklusive tätortstillägg		
	HC	NOx	Totalt landsbygd	Landskrona	Malmö	Stockholm innerstad
Personbil, bensin med katalysator	0,01	0,02	0,02	0,10	0,17	0,28
Personbil, bensin utan katalysator	0,08	0,17	0,25	0,60	0,94	1,52
Personbil, diesel med katalysator	0,00	0,02	0,02	0,19	0,45	0,85
Personbil, diesel utan katalysator	0,01	0,04	0,05	1,05	2,78	5,38

I tätorter är skadeverkningarna generellt betydligt högre. Det är främst partiklar som slår igenom vilket gör att kostnaden för dieslbilar i tätort ligger mycket högre än bensinbilar. Marginalkostnaden per fordonskilometer för emissioner ökar dessutom med tätortens storlek, mest för dieslbilar, för att hamna på mycket höga värden i Stockholms innerstad.

#### *Jämförelse med förra årets skattningar*

Korrektionsfaktorer har tagits fram för Stockholms innerstad och Malmö. Dessa ger högre skattningar av marginalkostnader på dessa platser jämfört med förra året. På landsbygden och i mediantätorten Landskrona är värdena oförändrade. Dessutom skiljer sig antaganden om bensinförbrukning mellan åren. I de nya beräkningarna är bensinförbrukningen differentierad på typ av personbil och

<sup>37</sup> För alla emissionstabeller gäller att SO<sub>2</sub> inte är inkluderat, då marginalkostnaden för SO<sub>2</sub>-utsläpp är försumbar.

mellan landsbygd och de olika tätortstyperna. På landsbygden, där de nya antagandena innebär en lägre bensinförbrukning än i fjol, ökar kostnaderna per liter något. I de olika tätortstyperna, där bensinförbrukning antas vara betydligt högre än den genomsnittliga förbrukning som antogs i fjol, blir kostnaderna per liter lägre.

### Lastbilar

För tunga lastbilar varierar också de marginella emissionskostnaderna mellan olika typer av fordon, främst beroende på vikt men även beroende på andra egenskaper. Tätortskostnaden är betydligt högre än kostnaden på landsbygd. Även för lastbilar beror detta på partikelutsläpp. Speciellt hög är kostnaden i Stockholms innerstad.

**Tabell 4.36. Emissioner, exklusive koldioxid – tunga lastbilar, kronor/fordonskm.**

Fordonsslag	Landsbygd			Totalt tätort, inklusive tätortstillägg		
	HC	NOx	Totalt landsbygd	Lands-krona	Malmö	Sthlm innerstad
Tung lastbil, 3,5-16 ton	0,02	0,30	0,32	0,96	1,76	2,57
Tung lastbil >16 ton	0,01	0,65	0,66	1,50	2,36	3,25
Genomsnitt tung lastbil	0,01	0,55	0,57	1,27	2,11	2,96

### Jämförelse med förra årets skattningar:

Emissionskostnaderna på landsbygden skiljer sig inte nämnvärt från de värden som redovisades i förra årets arbete. De nya tätortsskattningarna är något lägre än fjolårets. Detta beror främst på att modernare fordon med bättre emissions-egenskaper har ersatt äldre fordon som skrotats.

### Emissioner inklusive koldioxid

I tabellen nedan visas marginell emissionskostnad då koldioxid är inräknat med två alternativa nivåer på koldioxidvärdering – 0,50 kr/kg respektive 1,50 kr/kg – samt ett alternativ där koldioxid inte är inräknat (0 kr/kg).

**Tabell 4.37. Emissionskostnader, inklusive alternativa nivåer på CO<sub>2</sub>-värdering, kr/fkm.**

Fordonsslag	Landsbygd totalt			Stockholms innerstad totalt		
	CO <sub>2</sub> =	CO <sub>2</sub> =	CO <sub>2</sub> =	CO <sub>2</sub> =	CO <sub>2</sub> =	CO <sub>2</sub> =
	0 kr/kg	0,50 kr/kg	1,50 kr/kg	0 kr/kg	0,50 kr/kg	1,50 kr/kg
Personbil, bensin med katalysator	0,02	0,11	0,29	0,28	0,47	0,85
Personbil, bensin utan katalysator	0,25	0,35	0,54	1,52	1,72	2,13
Personbil, diesel med katalysator	0,02	0,09	0,24	0,85	0,99	1,28
Personbil, diesel utan katalysator	0,05	0,14	0,32	5,38	5,56	5,88
Tung lastbil, 3,5-16 ton	0,32	0,59	1,14	2,57	2,83	3,34
Tung lastbil >16 ton	0,66	1,21	2,30	3,25	3,89	5,14

Koldioxidkostnaden är beräknad utifrån bränslets kolinnehåll. Utslaget per fordonskilometer är kostnaden således högre för fordon med en högre bränsleförbrukning. Bränsleförbrukningen antas vara högre vid körning i Stockholms innerstad än vid landsvägskörning. Detta ger högre kostnader för koldioxid i Stockholm.

För personbilar i landsbygdstrafik är koldioxidkostnaden betydligt högre än övriga emissionskostnader, undantaget bensindrivna bilar utan katalysator som har störst utsläpp av övriga ämnen. Även för lastbilar står koldioxidkostnaderna för en högre andel av de totala emissionskostnaderna på landsbygden än i tätorter. Den absoluta koldioxidkostnaden är dock högre i tätort, speciellt för tunga lastbilar med en särskilt hög bränsleförbrukning.

#### *Jämförelse med förra årets skattningar:*

I årets arbete används som redovisats i kapitel 3 en annan lägsta nivå på koldioxidvärderingen – 0,50 i stället för 0,20 kr/kg. Detta gör naturligtvis att marginalkostnaderna vid den lägsta värderingen blir högre. Förhållandet mellan de olika fordonsslagen samt mellan landsbygd och tätort tenderar dock att vara detsamma. För den högre värderingen (1,50 kr/kg) är landsbygdsvärdena ungefär desamma som tidigare. I Stockholms innerstad är dock de marginella koldioxidkostnaderna något lägre för lastbilar jämfört med fjolårets skattningar, medan personbilskostnaderna är något högre. Detta beror på ändrade antaganden om bränsleförbrukning – högre för personbilar i tätort, lägre för tunga lastbilar i tätort.

## 4.5 Bullerkostnaderna

För att kunna skatta hur kostnaden för buller förändras vid marginella ändringar i trafikflödet måste man utöver ett fordons bulleregenskaper och trafikflödet även se till den upplevda störningen, dvs. hur människor vistas i förhållande till vägen och hur de störs av det specifika vägtrafikbullret. Tyvärr saknas entydiga samband mellan de mått vi mäter vägtrafikbuller med och det vi vill beskriva, t.ex. upplevd ljudstyrka eller störning<sup>38</sup>. Även kunskapen om hur människor bor och vistas längs vägarna är bristfällig.

Åren 1997/98 genomfördes ingående bullerinventeringar av Vägverket på uppdrag av regeringen.<sup>39</sup> Dessa inventeringar ligger till grund för uppgifterna om antalet bullerutsatta i denna rapport. I inventeringen lades fokus på störningar i bostadsmiljö. Monetära värden för bullerstörningar finns för bostadsmiljö (ASEK II). Störningarna uttrycks i kronor för en utsatt person under ett år och dess storlek har satts till en funktion av bullerstyrkenivå i enheten LAeq.

Det finns anledning att tro att den samhällsekonomiska kostnaden för buller är större än den vi redovisar i denna rapport. De bullerstörningar som drabbar boende framstår som särskilt viktiga att beakta, men boende är inte den enda relevanta kategorin. Även de som av andra skäl vistas kring och på vägarna (arbetande, cyklister, gående) borde inkluderas, liksom människor som idkar olika slags rekreativaktiviteter samt människor som störs i sin arbetsmiljö. Det finns hälsoeffekter som kan uppkomma även då människan inte upplever någon störning. Hälsoeffekterna är inte klarlagda. I en forskningsrapport från Stockholms universitet och Karolinska institutet rekommenderas att man, tills man vet bättre, förstorar de upplevda störningarna med en faktor så att den totala störningen beskrivs<sup>40</sup>. På så sätt skulle även omedvetna och ej värderade hälsoeffekter kunna medräknas. Förstörningsfaktorn (safety factor) är baserad på forskning om olika hälsoeffekter beroende på olika bullerexponeringar och varierar från 1,1 för bullernivåer mellan 35-55 dBA till 2,0 för nivåer över 70 dBA. I denna rapport använder vi dock ASEK II-värdena.

Vägtrafikbullret är främst ett tätortsproblem. Av de 1,5 miljoner människor i Sverige som utsätts för vägtrafikbuller över 55 dBA är ca 80 % bosatta utefter det kommunala vägnätet. Antalet bullerutsatta är störst i städerna, men människor utsätts för störningar från vägtrafikbullret även i andra än rena stadsmiljöer. Ambitionen bör därför vara att beräkna marginalkostnader för bullerstörningar för vägar med olika trafikering, i och utanför stadsbygd, under olika trafikperioder.

---

<sup>38</sup> Allmänt görs antagandet att samma förhållande mellan ljudtryck och upplevd ljudstyrka gäller för vägtrafikbuller som för en enkel ton, även om det är helt olika ljud. Vidare görs allmänt antagandet att upplevd ljudstyrka har ett linjärt förhållande till störning, vilket är det vi egentligen är ute efter att beskriva. Att uppmätt eller upplevd ljudstyrka har ett linjärt förhållande till störning kan starkt ifrågasättas. För vidare resonemang se SIKA rapport 2000:10.

<sup>39</sup> Vägverket publikation 1998:103.

<sup>40</sup> *Archives of the Center for Sensory Research*. Volume 6, Issue 1, 2001. Stockholm University and Karolinska Institutet. ISSN 1400-2817. ISBN 91-887-8408-8

## Tidigare skattningar

Under år 2000 tog Vägverket fram exempel på marginalkostnadsskattningar för vägtrafikbuller.<sup>41</sup> Skattningarna var differentierade med avseende på typmiljö och fordonsegenskaper men var fortfarande mycket grova. Beräkningarna var på grund av osäkerheterna i underlagen omgärdade av starka reservationer och ansågs endast giltiga som beräkningsexempel.

Metoden som användes för att skatta marginalkostnaderna bygger på att vi för vägtrafiken har en samhällsekonomisk värdering för ett kollektiv av fordon (ekvivalent bullernivå för ett genomsnitt av många fordon) men inte för enstaka fordon. Det är med hjälp av ovan nämnda bullerinventering möjligt att räkna den samhällsekonomiska kostnaden av en ökning i bullernivå med 1 dBA. Genom att skatta vad ett tillkommande fordon ger för bullertillskott kan man ta reda på kostnaden för ett tillkommande fordon eller en ytterligare fordonskilometer. Ansatsen gav de marginalkostnadsexempel som redovisas i tabell 4.38.<sup>42</sup>

**Tabell 4.38. Marginalkostnader för buller. Beräkningsexempel. Vägverket 2000.**

<i>Kr/fkm</i>	<i>Landsbygd</i>	<i>Tätort</i>
Tungt fordon <sup>43</sup>	0,04	0,47
Tung lastbil <sup>44</sup>	0,09-0,19 <sup>45</sup>	1,08-2,37
Buss	0,03	0,34
Personbil	0,01	0,07

## Utvecklade marginalkostnadsskattningar

Marginalkostnaden för buller är starkt beroende av hur folk bor längs vägarna och av trafikintensiteten. Det är främst befolkningstätheten som är av betydelse, men även husens utformning och dess placering i förhållande till vägen spelar roll.

I gruppen tätort ingår såväl storstäder som mindre orter vilket gör att marginalkostnadsskattningarna med denna indelning blir mycket grova genomsnittsvärden. För att skilja olika tätorter från varandra behöver deras olika karaktärer beskrivas. Det kan göras genom att specificera olika typmiljöer som i varierande grad återfinns bland tätorterna. I denna redovisning används tre olika typmiljöer för tätorter; tät, mellantät samt gles tätortsmiljö, där tät tätortsmiljö motsvarar mycket täta innerstadsområden med hög befolkningstäthet och många störda och gles tätortsmiljö ytterstadsområden där befolkningstätheten är låg och där färre blir störda. En tätort består av en viss kombination av dessa miljöer. Det är med dagens kunskap inte möjligt att definiera hur olika tätorter består av kombinationer av tätortsmiljöerna. Det är därför inte möjligt att beskriva hur marginal-

<sup>41</sup> SIKA rapport 2000:10.

<sup>42</sup> Se SIKA rapport 2000:10 för fullständiga beräkningar.

<sup>43</sup> > 3,5 ton

<sup>44</sup> > 16 ton

<sup>45</sup> Den lägre delen av intervallet gäller för tung lastbil vid hög hastighet. Och den övre delen för tung lastbil vid låg hastighet.

kostnaden ser ut i olika svenska tätorter på motsvarande sätt som för avgasemis-sionskostnader. En ökad differentiering liknande den som görs för avgasemis-sioner, där marginalkostnaden är beroende av bland annat befolkningstäthet, är att eftersträva.

**Tabell 4.39. Antal bullerutsatta i vägtrafiken 1997 och beräkning av den samhällsekonomiska bullerkostnaden.<sup>46</sup>**

Antal bullerutsatta (tusental)						Buller- ekv. nivå Utom- hus (dBA)	Buller- kostn (kr per utsatt/ år)	Total bullerkostnad i kkr/år <sup>47</sup> . Utom- och inomhus (Fasad- reduktion = 25 dBA)				
Totalt	Lands- bygd <sup>48</sup>	Tätort						Totalt	Lands- bygd	Tätort		
		Tot	gles	mel.	tät			gles	mellan	tät		
390	110	280	110	113	57	50	0	0	0	0	0	0
355	91	264	91	103	70	51	130	46 150	11 830	11 830	13 390	9 100
320	76	244	76	93	75	52	260	83 200	19 760	19 760	24 180	19 500
285	63	222	63	84	75	53	400	114 000	25 200	25 200	33 600	30 000
250	52	198	52	75	71	54	540	135 000	28 080	28 080	40 500	38 340
215	43	172	43	64	65	55	690	148 350	29 670	29 670	44 160	44 850
185	37	148	38	52	58	56	840	155 400	31 080	31 920	43 680	48 720
164	34	130	34	44	52	57	990	162 360	33 660	33 660	43 560	51 480
144	30	114	30	37	47	58	1 150	165 600	34 500	34 500	42 550	54 050
128	26	102	26	33	43	59	1 320	168 960	34 320	34 320	43 560	56 760
114	23	91	23	29	39	60	1 500	171 000	34 500	34 500	43 500	58 500
103	21	82	20	26	36	61	1 680	173 040	35 280	33 600	43 680	60 480
94	18	76	18	24	34	62	1 870	175 780	33 660	33 660	44 880	63 580
86	16	70	16	22	32	63	2 080	178 880	33 280	33 280	45 760	66 560
78	14	64	14	20	30	64	2 320	180 960	32 480	32 480	46 400	69 600
70	12	58	12	18	28	65	2 590	181 300	31 080	31 080	46 620	72 520
62	10	52	10	16	26	66	2 920	181 040	29 200	29 200	46 720	75 920
52	8	44	8	14	22	67	3 350	174 200	26 800	26 800	46 900	73 700
42	6	36	6	12	18	68	3 950	165 900	23 700	23 700	47 400	71 100
32	5	27	5	8	14	69	4 760	152 320	23 800	23 800	38 080	66 640
22	4	18	4	5	9	70	5 800	127 600	23 200	23 200	29 000	52 200
14	3	11	2	3	6	71	7 070	98 980	21 210	14 140	21 210	42 420
8	2	6	1	2	3	72	8 550	68 400	17 100	8 550	17 100	25 650
3	0	3	0	1	2	73	10 200	30 600	0	0	10 200	20 400
0	0	0	0	0	0	74	11 950	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	75	13 890	0	0	0	0	0
<b>3 216</b>	<b>704</b>	<b>2512</b>	<b>702</b>	<b>898</b>	<b>912</b>			<b>3 239 020</b>	<b>613 390</b>	<b>596 930</b>	<b>856 630</b>	<b>1 172 070</b>

<sup>46</sup> Enligt ASEK-värdering se SIKA rapport 1999:6.

<sup>47</sup> Med total kostnad avses här total kostnad för buller i boendemiljöer. Den samhällsekonomiska kostnaden för vägtrafikbuller i arbetsmiljöer eller i fritidsmiljöer finns inte med i den inventering som Vägverket gjorde 1997–1998. Antalet bullerstörda är därför med all sannolikhet underskattat.

<sup>48</sup> Fördelningen på antal utsatta i landsbygd respektive totalt i tätort bygger på Vägverkets buller-inventering 1997/98 (Vägverket publikation 1998:130). För de olika tätortsmiljöerna har endast mycket grova skattningar utan vetenskapligt underlag kunnat göras.

För att kunna beräkna marginalkostnaden för buller i de olika miljöerna behöver man känna till fördelningen av utsatta över olika bullerintervall samt bullerkostnaden för landsbygd och de tre tätortsmiljöerna. Tabell 4.40 visar antagna fördelningar av antal utsatta för olika bullernivåer och miljöer och samhällsekonomiska kostnader förknippade med fördelningarna.

**Tabell 4.40. Antal bullerutsatta i vägtrafiken 1997 och beräkning av den samhällsekonomiska marginella bullerkostnaden.**

Antal bullerutsatta (tusental)						Buller- ekv. nivå Utom- hus (dBA) + 1 dB	Buller- kost- nad (kr per utsatt/ år)	Total bullerkostnad i kkr/år, vid + 1 dBA. Utom- och inomhus (Fasad- reduktion = 25 dBA)				
Tot	Lands- bygd	Tätort			Tät			Totalt	Lands- bygd	Tätort		Tät
		Tot	gles	mel.	tät			gles	mellan	tät		
390	110	280	110	113	57	51	130	50 700	14 300	14 300	14 690	7 410
355	91	264	91	103	70	52	260	92 300	23 660	23 660	26 780	18 200
320	76	244	76	93	75	53	400	128 000	30 400	30 400	37 200	30 000
285	63	222	63	84	75	54	540	153 900	34 020	34 020	45 360	40 500
250	52	198	52	75	71	55	690	172 500	35 880	35 880	51 750	48 990
215	43	172	43	64	65	56	840	180 600	36 120	36 120	53 760	54 600
185	37	148	38	52	58	57	990	183 150	36 630	37 620	51 480	57 420
164	34	130	34	44	52	58	1 150	188 600	39 100	39 100	50 600	59 800
144	30	114	30	37	47	59	1 320	190 080	39 600	39 600	48 840	62 040
128	26	102	26	33	43	60	1 500	192 000	39 000	39 000	49 500	64 500
114	23	91	23	29	39	61	1 680	191 520	38 640	38 640	48 720	65 520
103	21	82	20	26	36	62	1 870	192 610	39 270	37 400	48 620	67 320
94	18	76	18	24	34	63	2 080	195 520	37 440	37 440	49 920	70 720
86	16	70	16	22	32	64	2 320	199 520	37 120	37 120	51 040	74 240
78	14	64	14	20	30	65	2 590	202 020	36 260	36 260	51 800	77 700
70	12	58	12	18	28	66	2 920	204 400	35 040	35 040	52 560	81 760
62	10	52	10	16	26	67	3 350	207 700	33 500	33 500	53 600	87 100
52	8	44	8	14	22	68	3 950	205 400	31 600	31 600	55 300	86 900
42	6	36	6	12	18	69	4 760	199 920	28 560	28 560	57 120	85 680
32	5	27	5	8	14	70	5 800	185 600	29 000	29 000	46 400	81 200
22	4	18	4	5	9	71	7 070	155 540	28 280	28 280	35 350	63 630
14	3	11	2	3	6	72	8 550	119 700	25 650	17 100	25 650	51 300
8	2	6	1	2	3	73	10 200	81 600	20 400	10 200	20 400	30 600
3	0	3	0	1	2	74	11 950	35 850	0	0	11 950	23 900
0	0	0	0	0	0	75	13 890	0	0	0	0	0
Summa samhällsekonomisk kostnad vid + 1 dBA (kkr)								3 908 730	749 470	729 840	1038390	1 391 030
Summa samhällsekonomisk kostnad enl tabell 3.1 (kkr)								3 239 020	613 390	596 930	856 630	1 172 070
Marginalkostnad för ökning 1 dBA (kkr/dBA och år)								669 710	136 080	132 910	181 760	218 960

Ansatsen är densamma som förut. Den mer långtgående differentieringen är ett försök att komma närmare ett korrekt sätt att beskriva marginalkostnaderna. Skattningarna bygger dock på ej verifierade antaganden vilka kräver forskning för att fastläggas. Skattningarna som presenteras i tabellerna 4.39 och 4.40 ska därför mer ses som en analys av de tidigare exemplen än som nya marginalkostnads-skattningar.



Vid beräkningen av marginalkostnader för de olika miljöerna läggs 1 dBA på i varje bullerintervall. Respektive värde multipliceras sedan på nytt med antal personer som finns inom respektive intervall och produkterna summeras. Resultatet blir total samhällsekonomisk kostnad för 1 dBA högre nivå. Marginalkostnaden för en ökning med 1 dBA utgörs av skillnaden mellan den nya och den föregående skattningen av total samhällsekonomisk kostnad.

### Trafikmiljöer och marginalkostnader kopplade till landsbygdsmiljön och de tre tätortsmiljöerna

Data som beskriver trafiken beroende på miljö och data för miljötyperna finns för hela Sverige i uppdelat på två klasser, statlig väg och kommunal väg. Vi är egentligen ute efter typmiljöerna landsbygd och tre tätortsmiljöer, men saknar uppgifter om årsmedeldygnstrafik (ÅDT) och antal utsatta i dessa miljöer. Grovt kan man anta att miljö längs statlig väg motsvarar ungefär miljö landsbygd och att miljö längs kommunal väg motsvarar ungefär miljö tätort i medeltal. För de olika tätortsmiljöerna har vi i brist på underlagsmaterial grovt gissat ungefärliga värden på gatulängder och trafikarbete.

**Tabell 4.41. Ungefärliga samt antagna data för det statliga respektive kommunala vägnätet 1997.**<sup>49</sup>

<i>Data (Sverige)</i>	<i>Total längd (km)</i>	<i>Trafikarbete (Mdr fkm/år)</i>	<i>ÅDT pb<sup>50</sup></i>	<i>Samhällsekonomisk kostnad för 1 dBA. Kkr per år</i>
Landsbygd	98 200	44	1100	136 080
Tätort gles	15 000	6	1100	132 910
Tätort mellan	13 000	7	1500	181 760
Tätort tät	10 500	7	1800	218 960

### Marginalkostnad för ett tillkommande fordon

Kostnaden för 1 dBA används sedan för att beräkna den samhällsekonomiska marginalkostnaden för ett tillkommande fordon. Detta görs genom att först beräkna fordonets tillkommande buller och sedan multiplicera bullerökningen med kostnadsökningen för 1 dBA. Därefter kan marginalkostnaden för ett tillkommande fordon per år beräknas i kronor per kilometer genom att dividera den uträknade kostnaden med vägnätets totala längd.

<sup>49</sup> VTI rapport 1999-01-11, *Trafikarbetet uttryckt i fordonskilometer på väg i Sverige 1950–1997*.

<sup>50</sup> Genomsnitt av ÅDT på statliga respektive kommunala vägar.

Marginalkostnad för personbil i landsbygd (för tunga fordon i genomsnitt 7 ggr högre<sup>51</sup>)

Den vanliga personbilen bullrar ungefär hälften (0,5) av genomsnittsfordonet  
 Tillskott buller:  $10 \cdot \text{Log}(1 + 0.5 \cdot 1 / (365 \cdot 1100)) = 0.00000541 \text{ dBA}$ <sup>52</sup>  
 Personbilens marginalkostnad:  $0.00000541 \cdot 136080000 = 736 \text{ kr totalt och} = 0.0075 \text{ kr/km}$

Marginalkostnad för personbil i gles tätort (för tunga fordon i genomsnitt 7 ggr högre<sup>53</sup>)

Den vanliga personbilen bullrar ungefär hälften av genomsnittsfordonet  
 Tillskott buller:  $10 \cdot \text{Log}(1 + 0.5 \cdot 1 / (365 \cdot 1100)) = 0.00000541 \text{ dBA}$   
 Personbilens marginalkostnad:  $0.00000541 \cdot 132910000 = 719 \text{ kr totalt och} = 0.0479 \text{ kr/km}$

Marginalkostnad för personbil i mellantät tätort (för tunga fordon i genomsnitt 7 ggr högre)

Den vanliga personbilen bullrar ungefär hälften av genomsnittsfordonet  
 Tillskott buller:  $10 \cdot \text{Log}(1 + 0.5 \cdot 1 / (365 \cdot 1500)) = 0.00000397 \text{ dBA}$   
 Personbilens marginalkostnad:  $0.00000397 \cdot 181760000 = 722 \text{ kr totalt och} = 0.0555 \text{ kr/km}$

Marginalkostnad för personbil i tät tätort (för tunga fordon i genomsnitt 7 ggr högre)

Den vanliga personbilen bullrar ungefär hälften av genomsnittsfordonet  
 Tillskott buller:  $10 \cdot \text{Log}(1 + 0.5 \cdot 1 / (365 \cdot 1800)) = 0.00000331 \text{ dBA}$   
 Personbilens marginalkostnad:  $0.00000331 \cdot 218960000 = 725 \text{ kr totalt och} = 0.0690 \text{ kr/km}$

## Sammanställning av skattningar av marginalkostnad

Indelningen av tunga fordon i tunga lastbilar och bussar är gjord i efterhand, varför både skattningarna för genomsnittet av tunga fordon och de för tung lastbil

<sup>51</sup> Buller är beroende av hastighet och lastfaktor. I låg hastighet är bullernivån för tunga fordon i genomsnitt 7 dBA högre än för lätta fordon. I hög hastighet är bullernivån i genomsnitt 3 dBA högre. Därav följer att skillnaden i bullernivå är mindre i landsbygd än i tätort eftersom hastigheterna generellt är lägre där än på landsbygd. Tungas fordon i landsbygd är dock tyngre än genomsnittet av tunga fordon i hela landet och dess bullernivå därmed något högre. Av detta följer att tunga fordon på landsbygd bullrar ca 7 gånger mer än personbilar.

<sup>52</sup> Förklaring till beräkningen: Årets trafik =  $\text{ÅDT} \cdot 365$ . Denna trafikmängd motsvarar en viss bullermängd (som är direkt proportionell mot trafikmängden). Om ett fordon tillkommer som bullrar hälften så mycket som fordonen i genomsnitt, innebär det samma sak som om  $\frac{1}{2}$  fordon tillkommit. Bullermängden ökar då till  $\text{ÅDT} \cdot 365 + 0,5$ , dvs. med en faktor =  $(\text{ÅDT} \cdot 365 + 0,5) / \text{ÅDT} \cdot 365$ . Denna faktor kan och behöver uttryckas i dBA för att kunna kopplas till marginalkostnaden för 1 dBA ökning. Faktorn  $(\text{ÅDT} \cdot 365 + 0,5) / \text{ÅDT} \cdot 365$  uttryckt i dBA är:  $10 \cdot \text{Log}((\text{ÅDT} \cdot 365 + 0,5) / \text{ÅDT} \cdot 365 \text{ dBA})$ , dvs  $10 \cdot \text{Log}(1 + 0.5 \cdot 1 / (365 \cdot \text{ÅDT})) \text{ dBA}$

<sup>53</sup> I tätort håller fordonen i allmänhet lägre hastighet. De tunga fordonen i tätortstrafiken är dock lättare än genomsnittet. Även i tätort bullrar tunga fordon i genomsnitt 7 gånger mer än lätta fordon.

respektive buss redovisas i tabellen nedan. Bullernivån för en tung lastbil, vilken kan sägas vara en tung sort av tunga fordon, är 3,5-7 dBA högre än genomsnittet för tunga fordon. Med dessa förutsättningar blir bullerkostnaden för tunga lastbilar 16 eller 35 gånger högre än bullerkostnaden för personbilar. En buss kan ha omkring 5 ggr högre kostnad jämfört med en ”medelpersonbil”.

Följande räkneexempel erhålls med ovanstående marginalkostnadsmetod:

**Tabell 4.42. Exempel på marginalkostnader.**

<i>Kr/fkm</i>	<i>Landsbygd</i>	<i>Tätort</i>		
		<i>gles</i>	<i>mellantät</i>	<i>tät</i>
Tung lastbil 3,5-16 ton	0,053	0,335	0,389	0,482
Tung lastbil >16 ton	0,120-0,263 <sup>54</sup>	0,766-1,197	0,888-1,943	1,102-2,412
Buss	0,038	0,239	0,278	0,345
Personbil	0,008	0,048	0,056	0,069

## Känslighetsanalys

Befolkningsstäthet och trafikintensitet har ett inbördes förhållande som det nu inte har varit möjligt att koppla ihop.

Tätortsmiljöerna med tillhörande trafikkaraktärer är inte definierade. Det finns därför en okänd osäkerhet i hur fördelningen av utsatta över olika bullerintervall egentligen ser ut. Därmed blir även marginalkostnaderna och skillnader i dessa kostnader i olika typmiljöer osäkra. Mellan de olika miljöerna skiljer sig marginalkostnaderna för en person vid en dBA ökning med mellan 135 och 240 (kr/dBA, person och år) med de antaganden som är gjorda<sup>55</sup>. Om skillnaden mellan dessa kostnader är annorlunda ger det en motsvarande skillnad i marginalkostnader för ett tillkommande fordon.

Trafikmiljön vid de olika tätortsmiljöerna är okänd både totalt och i fördelning mellan miljöerna. Vi vet att för kommunala vägar är den totala längden 38 500 km och att det totala trafikarbetet är omkring 20 miljarder fordonskilometer/år. Vi har antagit att detta gäller för tätorterna totalt vilket är mer eller mindre fel. Dessutom har vi gissat en fördelning av väglängderna och trafikarbetena mellan tätortstyperna. Fördelningen har stor inverkan på hur marginalkostnaden blir för ett tillkommande fordon. Det beror på att ett tillkommande fordon vid lågt trafikflöde har högre marginalkostnad än vid högt flöde (vid given tätortsmiljö).

Ett sätt att göra en känslighetsanalys på vad fördelningen av väglängder och trafikarbeten betyder är att undersöka vad en annan fördelning ger för marginalkostnader. I tabell 4.43 redovisas vad en alternativ fördelning av väglängd och trafikarbete betyder för marginalkostnaderna.

<sup>54</sup> Den lägre delen av intervallet gäller för tung lastbil vid hög hastighet, den övre för tung lastbil vid låg hastighet.

<sup>55</sup> Marginalkostnad för ökning 1 dBA (kr/dBA och år) /antal bullerutsatta i respektive tätortsgrupp.

**Tabell 4.43. Alternativ fördelning av total längd och trafikarbete.**

<i>Data (Sverige)</i>	<i>Total längd (km)</i>	<i>Trafikarbete (Mdr fkm/år)</i>	<i>ÅDT pb<sup>56</sup></i>	<i>Marginalkostnad (kkr/dB och år)<sup>57</sup></i>
Tätort gles	18 000	6	900	132 910
Tätort mellan	13 000	6	1300	181 760
Tätort tät	7 500	8	3000	218 960

Med den alternativa fördelningen blir marginalkostnaderna för personbil och skillnaderna i kostnader jämfört med antagen fördelning för olika tätortsmiljöer som framgår av tabell 4.44.

**Tabell 4.44. Kostnadsberäkningar med olika antaganden om trafikintensiteten i de olika tätortsmiljöerna.**

<i>Kr/fkm Personbil</i>	<i>Gles</i>	<i>Tätort Mellantät</i>	<i>Tät</i>
Antagen fördelning	0,0348	0,0555	0,0690
Alternativ fördelning	0,0488	0,0640	0,0579
Skillnad	+0,014 (+40%)	+0,0085 (+15%)	-0,0111 (-16%)

Känslighetsanalysen visar att rimliga förändringar i antagandena om längd och trafikarbete förändrar resultaten avsevärt. Detta ska tolkas som att det på grund av osäkra antaganden om trafikintensitet och befolkningstäthet är svårt att dra slutsatser om hur marginalkostnaderna i olika tätortstyper skiljer sig åt. Därtill kommer den osäkerhet som antagandet om antal störda i respektive miljö innebär, vilket som nämndes ovan ger marginalkostnader för en dBA från 135 till 240 kr/dBA per person och år.

## Osäkerheter

Det finns en rad osäkra faktorer som kan antas spela roll för utfallet av marginalkostnadsskattningarna.

De typmiljöer som eftersträvas att ha med i beräkningarna är landsbygd och tätort. Eftersom nödvändig information inte finns för dessa miljöer har i stället data för det statliga respektive det kommunala vägnätet använts. Detta är ett grovt antagande som orsakar stor osäkerhet i beräkningarna.

Marginalkostnaden förändras beroende på fordonets hastighet. Bullernivån minskar med omkring 3 dBA om hastigheten sänks med 20 km/t ned till hastigheten 40 km/t. Vid lägre hastigheter minskar nivån obetydligt. En minskning av bullernivån med 3 dBA innebär att marginalkostnaden minskar med omkring 40 procent. En slutsats är att ett fordons hastighet kan ha stor betydelse för marginalkostnaden och att det är viktigt att rätt hastighet används vid marginalkostnads-

<sup>56</sup> Genomsnitt av ÅDT på statliga respektive kommunala vägar.

<sup>57</sup> Den samhällsekonomiska kostnaden av en ökning i bullernivå på 1 dBA. Se beräkningsgång.

beräkningen. En följdslutsats är att avgiftsbeläggningen av ett fordon bör göras beroende av den hastighet med vilken det framförs.

Samtliga värden för bullerkostnader är som redan betonats baserade på ekvivalentnivåer, vilket är trafikbullernivåer i form av ett vägt medelvärde över ett dygn, och inte på maximalnivåer. Detta gäller skattningarna för både marginal- och genomsnittskostnader. Särskilt för lågtrafikerade vägsträckor som trafikeras av stor andel tung trafik en viss del av dygnet kan skillnaderna mellan ekvivalentnivå och maximinivå vara stora. Det finns därmed en risk för att kostnaden för buller underskattas, då värdena baseras på ekvivalentnivåer.

Det saknas entydiga samband mellan mätt ljudstyrka och upplevd störning.

Ytterligare källor till osäkerhet är antagandena om vägtrafikbullrets andel av den totala bullerexponeringen (85 %), personbilars andel av den totala ljudenergin på vägarna och den tunga trafikens andel i landsbygdstrafiken (10 %) respektive i tätortstrafiken (5 %).

I denna utredning görs en generalisering av fordonstyper i personbilar respektive tunga fordon. Bullervärdena är medelvärden av bullervärdena för personbilar respektive tunga fordon. Spridningen i bullerförekomst är stor inom grupperna, särskilt i gruppen tunga fordon vilket ger upphov till osäkerhet när medelvärdena används.

På grund av de nämnda osäkerheterna i beräkningarna bör de uträknade marginalkostnaderna endast ses som indikativa.

## **Slutsatser och fortsatt utveckling**

Den mängd buller som genereras beror på ett fordon's bulleregenskaper och på trafikflödet. I vilken mån människor blir störda av vägtrafikbuller beror i sin tur på hur människor vistas i förhållande till vägen och hur de störs av det specifika vägtrafikbullret. En faktor som därmed är av betydelse är befolkningstätheten. Då denna varierar starkt mellan olika tätorter och mellan olika delar inom tätorten finns det anledning att tro att marginalkostnaden är olika stor i olika tätortsmiljöer. Vägverket har i den nu redovisade utredningen försökt illustrera hur dessa kostnader skulle kunna skilja sig åt. Då underlagsmaterial inte funnits har analyserna baserats på grova antaganden avseende antal störda och trafikintensiteten i respektive tätortsmiljö. En känslighetsanalys visade att även rimliga förändringar i dessa antaganden omkullkastade resultaten från den tidigare analysen. Det fortsatta arbetet bör därför enligt Vägverket vara koncentrerat kring att:

- a) Definiera tätortsklasserna m a p befolkningstäthet samt tala om hur Sverige består av dessa miljöer.
- b) Inventera antal störda i de olika tätortsklasserna. En inventering liknande den som Vägverket gjorde 1997/98, men här även med fokus på var/i vilka miljöer människor utsätts för buller.
- c) Inventera gatulängd och ÅDT i respektive tätortsklass.

Ett sådant arbete skulle resultera i en modell där en tätort består av en viss kombination av tätortsklasserna. För var och en av dessa klasser finns en marginalkostnad för buller. Hur många tätortsklasser som kan vara relevanta att arbeta med måste bestämmas av hur materialet ska användas.

Med de ovan redovisade marginalskaattningarna för olika tätortsmiljöer har vi tagit ett steg framåt. Även om vi nu inte kan säga något om marginalkostnaden i respektive tätortsmiljö kan vi ändå dra slutsatsen att skattningarna är beroende av befolkningstätheten och trafikintensiteten (ÅDT), vilket innebär att en redovisning i endast två typmiljöer, tätort och landsbygd, medför stora generaliseringar.

**Tabell 4.45. Marginalkostnadsskattningar med tidigare redovisade värden angivna inom parantes.**

<i>Kr/fkm</i>	<i>Landsbygd</i>	<i>Tätort</i>			
		<i>totalt</i>	<i>gles</i>	<i>medel</i>	<i>tät</i>
Tung lastbil 3,5–16 ton	0,053 (0,04)	0,335-0,482 (0,47)	0,335 (saknas)	0,389 (saknas)	0,482 (saknas)
Tung lastbil >16 ton	0,120-0,263 <sup>58</sup> (0,09-0,19)	0,766-2,412 (1,08-2,37)	0,766-1,197 (saknas)	0,888-1,943 (saknas)	1,102-2,412 (saknas)
Buss	0,038 (0,03)	0,239-0,345 (0,34)	0,239 (saknas)	0,278 (saknas)	0,345 (saknas)
Personbil	0,008 (0,01)	0,048-0,069 (0,07)	0,048 (saknas)	0,056 (saknas)	0,069 (saknas)

### Värdering av buller från flera trafikslag

Det finns inga störningsstudier gjorda för buller från flera än ett trafikslag. I ett försök att ändå uppskatta sammansatta bullereffekter från två trafikslag (väg- och tågtrafik) har en ansats valts utifrån hur total bullerstyrka upplevs av sammansatt buller.<sup>59</sup> Ansatsen visar att störningar från enskilda bullerslag adderas vektorieilt med en vinkel mellan vektorerna på nära 90 grader. Det betyder att om störningar från två bullerslag är lika stora så blir den sammanlagda störningen ej dubbelt så stor utan omkring 40 % större jämfört med störning från en av bullerkällorna. Ansatsen är ej verifierad och ej heller gjord utifrån en marginalbetraktelse om hur ett tillkommande fordon ökar störningen.

### Jämförelse med tidigare skattningar

Det är svårt att jämföra de nya skattningarna med dem som redovisades för år 2000 eftersom olika indelningsgrunder använts. Tidigare studerades olika typer, medan årets skattningar är redovisade för olika typer av tätortsmiljöer utifrån befolkningstäthet. En tätort är således sammansatt av flera olika typmiljöer.

<sup>58</sup> Den lägre delen av intervallet gäller för tung lastbil vid hög hastighet. Och den övre delen för tung lastbil vid låg hastighet.

<sup>59</sup> *Archives of the Center for Sensory Research*. Volume 6, Issue 1, 2001. Stockholm University and Karolinska Institutet. ISSN 1400-2817. ISBN 91-887-8408-8

Om en jämförelse ändå görs för landsbygd respektive tätort, där den täta miljön används som jämförelsekategori för tätort, så finner vi att ovanstående värden är så gott som identiska med förra årets när det gäller personbilar. För tunga lastbilar är värdena i nivå med de som togs fram för år 2000 när det gäller tätortstrafik och något högre när det gäller landsbygdstrafik.

## 4.6 Sammanräknade marginalkostnader

### Sammanräknade marginalkostnader, exklusive koldioxid

För personbilar i landsbygdstrafik är olyckor den största kostnadsposten, undantaget bensinbilar utan katalysator. För de senare är emissionskostnaden betydligt högre än för övriga personbilskategorier och helt dominerande när det gäller denna biltyps marginalkostnader.

**Tabell 4.46. Sammanräknade marginalkostnader landsbygd, personbilar, kr/fkm.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Slitage</i>	<i>Emissioner, exkl. CO2</i>	<i>Buller</i>	<i>Olyckor</i>	<i>Totalt</i>
Personbil, bensin med katalysator	0,01	0,02	0,01	0,11	0,15
Personbil, bensin utan katalysator	0,01	0,25	0,01	0,11	0,38
Personbil, diesel med katalysator	0,01	0,02	0,01	0,11	0,15
Personbil, diesel utan katalysator	0,01	0,05	0,01	0,11	0,18

Även i tätortstrafik är olyckskostnaden en komponent som ger ett relativt stort bidrag till personbilarnas totala marginalkostnad. Både bullerkostanden och kostnaderna för emissioner ökar i tätort i förhållande till landsbygd. När det gäller buller så är bidraget till totalkostnaden fortfarande relativt litet, medan emissionskostnaden för dieslbilar, och för bensinbilar som saknar katalysator, i tätort står för den största andelen av total marginalkostnad.

För bensindrivna bilar, med eller utan katalysator, är den totala tätortskostnaden drygt dubbelt så stor som kostnaden på landsbygd. För dieslbilar med katalysator är skillnaden mellan tätort och landsbygd något större. Störst skillnad mellan total marginalkostnad i tätort och på landsbygd uppvisar dock dieseldrivna bilar som saknar katalysator. För dessa bilar är tätortskostnaden mer än sju gånger så hög som kostnaden i landsvägskörning. Det är partikelutsläppen som förklarar en stor del av denna skillnad.

**Tabell 4.47. Sammanräknade marginalkostnader tätort, personbilar, kr/fkm.**

Fordonsslag	Slitage	Emissioner, exkl. CO2	Buller	Olyckor	Totalt
Personbil, bensin med katalysator	0,01	0,10	0,07	0,20	0,38
Personbil, bensin utan katalysator	0,01	0,60	0,07	0,20	0,88
Personbil, diesel med katalysator	0,01	0,19	0,07	0,20	0,47
Personbil, diesel utan katalysator	0,01	1,05	0,07	0,20	1,33

Landskrona använts som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts.

För lastbilar i landsbygdstrafik är den största kostnadskomponenten emissioner. Lastbilar över 16 ton har dubbelt så höga emissionskostnader som lastbilar i klassen 3,5 till 16 ton. Samma förhållande gäller även för deformationskostnader och för den totala marginalkostnaden. Olyckskostnaden är den andra största kostnadskomponenten för lastbilar i landsbygdstrafik och antas här inte skilja mellan de två redovisade lastbilskategorierna. Kostnaden för buller är mellan två och fem gånger högre för den tyngsta kategorin av lastbilar.

**Tabell 4.48. Sammanräknade marginalkostnader landsbygd, lastbilar, kr/fkm.**

Fordonsslag	Deformation	Emissioner, exkl. CO2	Buller	Olyckor	Totalt
Tung lastbil, 3,5-16 ton	0,03-0,07	0,32	0,05	0,28	0,68-0,72
Tung lastbil >16 ton	0,06-0,17	0,66	0,12-0,26	0,28	1,12-1,37

För slitage gäller intervallets lägsta del för lastbilar utan släp, den högsta delen för lastbilar med släp. För buller gäller intervallets lägsta del för lastbilar vid hög hastighet, den högsta delen för lastbilar vid låg hastighet.

Även i tätort är emissionskostnaden för lastbilar hög. För de tyngsta lastbilarna, lastbilar med en vikt större än 16 ton, är dock bullerkostnaden nästan i nivå eller till och med betydligt högre om lastbilen framförs i låg hastighet. Den totala marginalkostnaden i tätort för de tyngsta lastbilarna är c:a. dubbelt så stor som för lastbilarna med en vikt mellan 3,5 och 16 ton. Tätortskostnaden för lastbilar är mellan två och tre gånger så hög som kostnaden i landsbygdstrafik. Alla kostnadskomponenter, med undantag för deformationskostnaderna, har ett högre värde i tätorter.

**Tabell 4.49. Sammanräknade marginalkostnader tätort, lastbilar, kr/fkm.**

Fordonsslag	Deformation	Emissioner, exkl. CO2	Buller	Olyckor	Totalt
Tung lastbil, 3,5-16 ton	0,03-0,07	0,96	0,48	0,49	1,96-1,99
Tung lastbil >16 ton	0,06-0,17	1,50	1,10-2,41	0,49	3,15-4,57

Då skattningar skiljer mellan olika tätorter har Landskrona använts som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts.

För slitage gäller intervallets lägsta del för lastbilar utan släp, den högsta delen för lastbilar med släp.

För buller gäller intervallets lägsta del för lastbilar vid hög hastighet, den högsta delen för lastbilar vid låg hastighet.



### Jämförelse med tidigare skattningar

För personbilar i landsbygdstrafik är de värden som presenteras i denna sammanställning identiska med de värden som tidigare tagits fram. Så som tätort är definierat här (Landskrona = typtätort) skiljer sig inte heller värdena åt i tätortstrafik. Jämför vi marginalkostnaderna i våra tre större städer så har de tidigare skattningarna ersatts med nya, högre värden. Det är emissionskostnadsskattningarna som blivit högre med korrektionsfaktorer. För lastbilar har det intervall som tidigare angavs minskat något. Intervallets lägsta nivå är i princip oförändrad men dess högsta nivå har sjunkit något. Detta gäller både lastbilar i landsbygdstrafik och i tätortstrafik. Det främsta skälet till denna förändring är att deformationkostnaden för lastbilar med släp har uppskattas vara lägre än vad som tidigare redovisats.

Ovan presenterade värden är beräknade som kostnaden för att köra ett fordon en extra kilometer. Denna kostnad kan räknas om till ett värde i kronor per liter bränsle med hjälp av information om bränsleförbrukning.

**Tabell 4.50. Bränsleförbrukning, liter/100 km.**

	<i>Landsbygd</i>	<i>Tätort</i>
Personbil, bensin med katalysator	7,48	11,58
Personbil, bensin utan katalysator	8,06	12,49
Personbil, diesel med katalysator	5,81	8,20
Personbil, diesel utan katalysator	7,17	10,30
Tung lastbil, 3,5-16 ton	21,65	20,18
Tung lastbil >16 ton	42,96	49,79

Bränsleförbrukningen skiljer mellan olika typer av fordon, mycket beroende på vikt, men också mellan olika miljöer då körsättet och därmed bränsleförbrukningen påverkas av köer m.m.

Omräkningen till kr/liter ändrar inte på fördelningen av kostnaden på olika kostnadskomponenter. Den relativa ordningen mellan olika fordonstyper ändras dock på grund av att olika fordon antas dra olika mycket bensin. Exempelvis får dieselbilar med katalysator, vars bränsleförbrukning är betydligt lägre än övrigas, en högre kostnad per liter relativt bensinbilar med katalysator.

**Tabell 4.51. Sammanräknade marginalkostnader landsbygd, personbilar, kr/liter bränsle.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Slitage</i>	<i>Emissioner, exkl. CO2</i>	<i>Buller</i>	<i>Olyckor</i>	<i>Totalt</i>
Personbil, bensin med katalysator	0,13	0,28	0,11	1,47	1,98
Personbil, bensin utan katalysator	0,12	3,10	0,10	1,36	4,69
Personbil, diesel med katalysator	0,17	0,34	0,14	1,89	2,55
Personbil, diesel utan katalysator	0,14	0,70	0,11	1,53	2,48

På grund av en högre bränsleförbrukning i tätorter slås kostnaderna per fordonskilometer där ut på en större bränslemängd. Skillnaden mellan tätorts- och landsbygdkostnad minskar därför något räknat per liter bränsle.

**Tabell 4.52. Sammanräknade marginalkostnader tätort, personbilar, kr/liter bränsle.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Slitage</i>	<i>Emissioner, exkl. CO2</i>	<i>Buller</i>	<i>Olyckor</i>	<i>Totalt</i>
Personbil, bensin med katalysator	0,08	0,86	0,61	1,73	3,27
Personbil, bensin utan katalysator	0,08	4,80	0,56	1,60	7,04
Personbil, diesel med katalysator	0,12	2,32	0,85	2,44	5,73
Personbil, diesel utan katalysator	0,10	10,19	0,68	1,94	12,91

Landskrona har använts som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts.

Eftersom tunga lastbilar med en vikt över 16 ton drar betydligt mer bränsle än lastbilar i viktklassen 3,5 till 16 ton blir kostnaden per liter bränsle lägre för de tyngsta lastbilarna. Det är fortfarande emissionskomponenten följd av olyckskostnaden som står för den största andelen av totala marginalkostnaden i landsbygdstrafik.

**Tabell 4.53. Sammanräknade marginalkostnader landsbygd, lastbilar, kr/liter bränsle.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Slitage</i>	<i>Emissioner, exkl. CO2</i>	<i>Buller</i>	<i>Olyckor</i>	<i>Totalt</i>
Tung lastbil, 3,5-16 ton	0,14-0,32	1,48	0,24	1,29	3,15-3,34
Tung lastbil >16 ton	0,14-0,40	1,54	0,28-0,61	0,65	2,61-3,20

För slitage gäller intervallets lägsta del för lastbilar utan släp, den högsta delen för lastbilar med släp.

För buller gäller intervallets lägsta del för lastbilar vid hög hastighet, den högsta delen för lastbilar vid låg hastighet.

Inga större förändringar sker i förhållandet mellan tätorts- och landsbygdkostnader vid omräkning till kronor per liter bränsle eftersom bränsleförbrukningen inte antas skilja så mycket mellan de två olika områdestyperna. Kostnaden per liter är högre för de lättare lastbilarna med en lägre förbrukning.

**Tabell 4.54. Sammanräknade marginalkostnader tätort, lastbilar, kr/liter bränsle.**

<i>Fordonsslag</i>	<i>Slitage</i>	<i>Emissioner, exkl. CO2</i>	<i>Buller</i>	<i>Olyckor</i>	<i>Totalt</i>
Tung lastbil 3,5-16 ton	0,15-0,35	4,76	2,39	2,43	9,72-9,92
Tung lastbil >16 ton	0,12-0,34	3,01	2,21-4,84	0,98	6,33-9,18

Landskrona har använts som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts.

För slitage gäller intervallets lägsta del för lastbilar utan släp, den högsta delen för lastbilar med släp.

För buller gäller intervallets lägsta del för lastbilar vid hög hastighet, den högsta delen för lastbilar vid låg hastighet.

## Sammanräknade marginalkostnader inklusive koldioxid

I det följande redovisas de sammanräknade marginalkostnaderna för de olika fordonstyperna, dels exklusive koldioxidutsläpp, dels med en låg (0,50 kr/kg) respektive en hög (1,50 kr/kg) värdering av koldioxidutsläppen.

Som framgår av tabell 4.55 betyder koldioxidutsläppen mycket för den totala beräknade marginalkostnaden för personbilar. Det gäller då särskilt vid den högre värdering som utgår från nuvarande transportpolitiska etappmål (jfr. kapitel 3).

**Tabell 4.55. Sammanräknade marginalkostnader personbilar, kr/liter bränsle.**

	Total marg.kostn. exkl. CO <sub>2</sub>	Total marg.kostn. CO <sub>2</sub> 0,50 kr/kg	Total marg.kostn. CO <sub>2</sub> 1,50 kr/kg
<i>Landsbygd</i>			
Personbil, bensin med katalysator	1,98	3,18	5,59
Personbil, bensin utan katalysator	4,69	5,87	8,23
Personbil, diesel med katalysator	2,55	3,84	6,42
Personbil, diesel utan katalysator	2,48	3,74	6,25
<i>Tätort</i>			
Personbil, bensin med katalysator	3,27	4,44	6,77
Personbil, bensin utan katalysator	7,04	8,20	10,52
Personbil, diesel med katalysator	5,73	7,00	9,56
Personbil, diesel utan katalysator	12,91	14,17	16,69

Landskrona har använts som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts.

Som framgår av tabell 4.56 har värderingen av koldioxidutsläppen stor betydelse även för den tyngre trafikens marginalkostnader.

**Tabell 4.56. Sammanräknade marginalkostnader lastbilar, kr/liter bränsle.**

	Total marginalkostnad exkl. CO <sub>2</sub>	Total marginalkostnad CO <sub>2</sub> 0,50 kr/kg	Total marginalkostnad CO <sub>2</sub> 1,50 kr/kg
<i>Landsbygd</i>			
Tung lastbil, 3,5-16 ton	3,15-3,34	4,42-4,61	6,97-7,15
Tung lastbil >16 ton	2,61-3,20	3,88-4,46	6,41-7,00
<i>Tätort</i>			
Tung lastbil, 3,5-16 ton	9,72-9,92	10,99-11,18	13,51-13,71
Tung lastbil >16 ton	6,33-9,18	7,60-10,45	10,13-12,98

Landskrona har använts som typtätort. För buller, där skattningar finns för olika typmiljöer, har värden för den miljö med tätast befolkningsstruktur använts.

För slitage gäller intervallets lägsta del för lastbilar utan släp, den högsta delen för lastbilar med släp.

För buller gäller intervallets lägsta del för lastbilar vid hög hastighet, den högsta delen för lastbilar vid låg hastighet.

## 4.7 Jämförelse mellan beräknade marginalkostnader och avgifts-/skatteuttaget

Vid årsskiftet 2001/2002 ändrades energi- och koldioxidskattesatserna. Energiskatten på bränsle sänktes medan koldioxidskatten höjdes något. För bensin i miljöklass 1 sänktes energiskatten till 3,16 kr per liter medan koldioxidskatten höjdes till 1,46 kr per liter. Den sammanlagda drivmedelsskatten för bensindrivna bilar, miljöklass 1, blev därmed 4,62 kr/liter.

Även skattesatserna för dieselolja har förändrats något. Energiskatten på diesel i miljöklass 1 har ändrats till 1,323 kr per liter, medan koldioxidskatten uppgår till 1,798 kr per liter. Sammantaget uppgår alltså skatten på diesel av miljöklass 1 till 3,121 kr per liter.

**Tabell 4.57. Drivmedelsbeskattning, kr/liter.**

	<i>Bensin Miljöklass 1</i>	<i>Diesel Miljöklass 1</i>
Energiskatt	3,16	1,323
Koldioxidskatt	1,46	1,798
Totalt	4,62	3,121

I tabell 4.58 jämförs energiskattenivåerna för bensin och diesel med beräknad total marginalkostnad, exklusive koldioxid.

**Tabell 4.58. Jämförelse mellan energiskatt på bränsle och marginalkostnad för personbilar.**

		<i>Energiskatt (kr/liter)</i>	<i>Total marg.kostn. (kr/liter)</i>	<i>Skatt*/Kostnad</i>
Landsbygd	Personbil, bensin med katalysator	3,16	1,98	1,60
	Personbil, bensin utan katalysator	3,16	4,69	0,67
	Personbil, diesel med katalysator	1,323	2,55	0,52
	Personbil, diesel utan katalysator	1,323	2,48	0,53
Tätort	Personbil, bensin med katalysator	3,16	3,27	0,97
	Personbil, bensin utan katalysator	3,16	7,04	0,45
	Personbil, diesel med katalysator	1,323	5,73	0,23
	Personbil, diesel utan katalysator	1,323	12,91	0,10

Koldioxid är exkluderat. Inte heller trängsel ingår. Med tätort menas Landskrona, mediantätort med avseende på befolkningsstorlek.

\* Energiskatt på bensin av miljöklass 1 2002-01-01 har använts för beräkningarna.

För bensinbilar med katalysator i landsbygdstrafik är energiskatten i storleksordningen 50 procent högre än de externa kostnaderna räknat per liter bränsle. För bensindrivna bilar som saknar katalysator samt för dieseldrivna bilar täcker energiskatten lite drygt hälften av de externa kostnaderna.

Energiskatten ligger i nivå med de externa kostnaderna i tätort för bensindrivna bilar med katalysator. För bensinbilar utan katalysator är täckningsgraden ungefär

halverad och för dieslbilar är det endast en mindre del av de externa kostnaderna vid tätortskörning som täcks av energiskatten.

*Jämförelse med tidigare skattningar:*

Marginalkostnaderna per fordonskilometer för personbilar har samma värden som de som presenterades i SIKAs Rapport 2000:10. På grund av att antaganden om bränsleförbrukning skiljer – lägre förbrukning i landsbygdstrafik och högre i tätort - skiljer även marginalkostnad per liter något (den blir högre på landsbygd och lägre i tätort). Energiskatten har samtidigt sänkts med ca 12 procent för bensin i miljöklass 1 och med 29 procent för diesel i samma miljöklass. Detta innebär att kvoten blir lägre för personbilar på landsbygden, då både skatten sänkts och marginalkostnadsskattningarna per liter är något högre. För bensinbilar i tätort ökar kvoten något, då marginalkostnadsskattningarna per liter har "sjunkit" mer än energiskatten på bensin. För dieslbilar, vars marginalkostnader "sjunkit" mindre än vad energiskatten per liter minskat, är kvoten istället något lägre eller oförändrad.

För tunga fordon är det genomgående ett relativt stort glapp mellan energiskatt och externa kostnader. Siffrorna ligger ungefär i nivå med de som presenteras ovan för dieseldrivna personbilar. Liksom för dessa täcks en något större del av kostnaderna på landsbygd jämfört med i tätort.

**Tabell 4.59. Jämförelse mellan energiskatt på bränsle och marginalkostnad för tunga lastbilar.**

		<i>Energiskatt (kr/liter)</i>	<i>Total marg.kostn. (kr/liter)</i>	<i>Skatt*/Kostnad</i>
Landsbygd	Tung lastbil, 3,5-16 ton	1,323	3,15-3,34	0,42-0,40
	Tung lastbil >16 ton	1,323	2,61-3,20	0,51-0,41
Tätort	Tung lastbil, 3,5-16 ton	1,323	9,72-9,92	0,14-0,13
	Tung lastbil >16 ton	1,323	6,33-9,18	0,21-0,14

Koldioxid är exkluderat. Inte heller trängsel ingår. Med tätort menas Landskrona, mediantätort med avseende på befolkningsstorlek. I övrigt gäller samma antaganden som för de sammanställda tabellerna för marginalkostnader ovan.

\* Aktuell energiskatt på diesel av miljöklass 1 2002-01-01 har använts för beräkningarna.

*Jämförelse med tidigare skattningar:*

Värdena är inte direkt jämförbara eftersom det är olika kategorier av tunga fordon som presenteras de olika åren. Kvoterna är dock av samma storleksordning i år som tidigare.



## 5 Järnvägstrafiken

Detta kapitel bygger till övervägande delen på underlag som utarbetats av Banverket (redovisat till SIKA i missivbrev och bilagor, 2001-12-27) Metoderna för att skatta järnvägstrafikens marginalkostnader har utvecklats och lett fram till nya beräkningar av marginalkostnaderna för slitage/deformation och olyckor. Indikativa värden för tågtrafikens bullerkostnader och den dieseldrivna tågtrafikens emissionskostnader redovisas också. Frågan om den eldrivna tågtrafikens indirekta emissionskostnader diskuteras utifrån PM från Banverket respektive Per Kågeson. Dessa PM bifogas rapporten som bilaga 1 resp. bilaga 2.

### 5.1 Infrastrukturkostnaderna

Slitagekostnaden för järnvägstrafiken kan skattas utifrån två ansatser. Den första innebär att det fysiska samband som finns mellan trafik och nedbrytning av infrastrukturen identifieras och översätts till kostnader för infrastrukturslitage. Den andra ansatsen innebär att utifrån kostnadsdata i en statistisk/ekonometrisk analys beräkna hur den trafikberoende delen av Banverkets kostnader för infrastruktur varierar med faktiska flöden. Nedan följer en diskussion av möjligheterna att i praktiken utifrån dessa ansatser beräkna järnvägstrafikens avgiftsrelevanta slitagekostnader. Bland annat diskuteras databehovet.

#### Orsaker till att infrastrukturen bryts ned

Den järnvägstrafik som nyttjar det svenska järnvägsnätet påverkar främst den s.k. banöverbyggnaden. Denna består av räls, slipers, befästningar, ballast och växlar. Nedbrytningen av dessa bankomponenter orsakas både av trafiken och av andra faktorer, såsom klimatförhållandena. Eftersom det är påverkan från trafiken som vi önskar bestämma uppstår problemet att separera trafikens påverkan från övrig påverkan.

Motsvarande problem finns som tidigare framgått för vägtrafiken. För vägtrafiken har dock relativt ingående studerats hur olika typer av fordon påverkar vägarnas slitlager. Vi vet att den trafikberoende nedbrytningen beror på fordonens vikt och på antalet axlar. Dessa beroenden har också preciserat kunnat anges i form av s.k. nedbrytningsfaktorer.

Förhållandet mellan järnvägstrafik och banslitage är mer sammansatt. Banverket anger fyra faktorer som särskilt viktiga för att förklara spårslitage – hastighet, axeltryck, oavfjädrad massa och boggiekonstruktion. En uppdelning görs dessutom på en vertikal och en lateral komponent. Den första ska spegla det kurvberoende spårslitage, den andra slitaget på rakspår, som är en funktion av hastighet och axeltryck.

Under senare år har krav kommit att ställas på att järnvägsförbindelser ska upplåtas för högre största tillåtna axeltryck (STAX). För att kunna avgöra när högre axeltryck ska kunna tillåtas på befintlig infrastruktur och när en uppgradering från t.ex. STAX 25 till STAX 30 kan vara motiverad, har Banverket därför sökt belysa hur olika höga axeltryck påverkar infrastrukturens nedbrytning.

Det finns alltså inom Banverket en betydande ingenjörsmässig kunskap om förhållandet mellan trafik och banslitage. Resultaten av hittillsvarande utvecklingsarbete har dock inte direkt tjänat marginalkostnadsdiskussionen. Det saknas alltså närmare kunskap om hur olika delar av trafiken bidrar till banornas nedbrytning. Banverket har därför inte bedömt det som möjligt att idag ta fram skattningar av de trafikberoende marginella slitagekostnaderna utifrån den första ansats som nämndes ovan. Banverket poängterar samtidigt att det nu är önskvärt att försöka skatta nedbrytningsfunktioner för olika typer av järnvägsfordon. Därigenom skulle vi på lite längre sikt kunna få bättre kunskap som anger hur sambandet mellan trafik och förändringar i banöverbyggnaden ser ut.

### **Tvärsnittsdata för kostnader som är trafikberoende**

En alternativ väg att utröna slitagekostnaden är som nämnts att med en statistisk/ekonometrisk ansats söka beräkna hur den trafikberoende delen av Banverkets kostnader för infrastruktur varierar med faktiska trafikflöden. Detta görs lämpligen genom tvärsnittsanalys, en metod som går ut på att studera hur kostnadskomponenter varierar med trafik på en så hög detaljeringsnivå som möjligt. Fördelen med denna metod är att man inte behöver känna till hur det fysiska sambandet mellan trafik och nedbrytning ser ut. Ett problem är dock att man tvingas göra osäkra antaganden om vad som är trafikberoende.

För att kunna skatta slitagekostnaden för järnvägstrafik på detta sätt krävs olika typer av data. Fem huvudtyper av data anges som väsentliga i sammanhanget:

- Trafikdata
- Tillståndsdata
- Åtgärdsdata
- Anläggningsdata
- Ekonomiska data

Trafikdata för järnvägsnätet är en känslig fråga. SJ har under många år registrerat trafik i ett eget system (TRACKS) som Banverket mot ersättning haft tillgång till. Från den 1 januari 2000 är det systemet inte längre heltäckande. Ett internt Banverksprojekt pågår som syftar till att trafikdata ska vara heltäckande från och med år 2002.

Bantillståndet beskrivs idag i huvudsak genom spårlägesmätningar som görs med hjälp av STRIX mätvagn. Mätningarna omvandlas till kvalitetstal (Q- och K-tal) som ligger till grund för beslut om åtgärder på banan. En databas är under uppbyggnad, där de senaste fyra årens mätresultat ska läggas in. Databasen ska vara klar under år 2002, men kommer då inte att innehålla några analysverktyg.



Banverket har som banförvaltare inte gjort någon systematisk registrering av de åtgärder som vidtagits på en viss bandel. Sådana uppgifter kan finnas ute på banområdena eller inom Banverket produktion, men de kräver i så fall sannolikt ett betydande manuellt arbete för att kunna utnyttjas.

Anläggningsdata finns i BanInformationsSystemet (BIS). BIS är tänkt att vara en nulägesbeskrivning och innehåller inga historiska uppgifter om infrastrukturen. Uppgifter om bannätets utseende finns enligt uppgift från Banverket för åren 1994-97 och 2000. En begäran har gjorts till systemförvaltaren på Banverket om att spara en kopia av databasen för år 2001.

Ekonomiska data för drift och underhåll och reinvesteringar finns för perioden 1993-2000 på bandelsnivå. Dessa kan differentieras på olika anläggningstyper, men innehåller inte några ytterligare uppgifter om vilka specifika åtgärder som har genomförts på respektive bandel.

### Skattning av slitagekostnaden

Eftersom det inte visat sig möjligt att med hjälp av nedbrytningsmodeller skatta den marginella slitagekostnaden, har Banverket valt att basera en sådan skattning på en tvärsnittsanalys av Banverkets kostnader för banunderhåll för åren 1994–1996. Analysen redovisas i en forskningsartikel<sup>60</sup> som Banverket bifogat underlagsrapporten till SIKA som bilaga 2.

I artikeln framhålls att det är ett problem att datamaterialet inte tillåtit att de empiriska skattningarna genomförts för en längre tidsperiod. Resultaten riskerar därmed att bli beroende av den drift- och underhållsbudget som Banverket haft till förfogande.

Materialet baseras enbart på en del av drift- och underhållsbudgeten, och behandlar inte reinvesteringar i järnvägsinfrastrukturen. Författarna kommenterar detta med datafångstproblem och att det dessutom är osäkert om och hur reinvesteringskomponenten bör behandlas i prissättningshänseende. Detta kommenteras nedan.

Frågan är alltså hur kostnaden för banunderhåll varierar när trafiken förändras marginellt. Tre datakällor för den aktuella perioden används: Banér, BIS och TRACKS.

Följande kostnader för banslitage har beräknats:

**Tabell 5.1. Estimat av kostnader för banslitage i öre/bruttotonkm, prisnivå 2000.**

Genomsnitt	0,120
Stomnät/elektrifierad	0,084

Källa: Nilsson och Johansson

<sup>60</sup> Jan-Eric Nilsson och Per Johansson, *An Economic Analysis of Track Maintenance Costs*

Dessa skattningar kan jämföras med dagens slitageavgift, som är 0,28 öre/bruttotonkm för godstrafik och 0,86 öre/bruttotonkm för persontrafik.<sup>61</sup>

Nuvarande slitageavgift baseras på en tidigare studie av samma författare. I denna skattades de elasticiteter som ligger till grund för marginalkostnadsberäkningen genom en s.k. Cobb-Douglas funktion separat för de tre åren 1994-96. Analysen i den nya studien har givit forskarna möjligheten att behandla datamaterialet som en tidserie istället för tre, vilket är en principiell fördel vid den statistiska bearbetningen. Testfunktionen blir i detta fall en translogfunktion istället för Cobb-Douglas.<sup>62</sup>

Att de nya skattningarna är lägre än de tidigare förklaras av den annorlunda tillämpningen av datamaterialet och translogfunktionen. Förklaringsgraden är högre i modellen än tidigare och Banverket menar att den utökade tidserien indikerar att de nya resultaten är av högre kvalitet. Det skulle i sådana fall kunna betyda att den tidigare gjorda skattningen, liksom den nuvarande slitageavgiftsnivån, är för hög (om vi enbart ser till vi kostnaderna för banunderhåll och bortser från reinvesteringkostnaden, jfr nästa delavsnitt).

Banverket anser att de nya skattningarna utgör det bästa nu tillgängliga underlaget för att skatta järnvägstrafikens slitagekostnader, men understryker samtidigt den osäkerhet som också de nya skattningarna är förknippade med.

### **Hur ska reinvesteringkostnaderna behandlas?**

Reinvesteringar görs för att återställa banan till ursprunglig standard, men också för att åstadkomma standardhöjningar. Exempelvis kan rälsbyte som innebär att en ny rälstyp läggs in innebära en kvalitetshöjning. Vilken del av reinvesteringkostnaderna ska då räknas med i den avgiftsrelevanta slitagekostnaden?

Den del av reinvesteringkostnaden som kan hänföras till återställande framstår som avgiftsrelevant.<sup>63</sup> Däremot ska inte kostnaderna för kapacitets- eller kvalitetshöjning ingå. Kostnaden för kvalitetshöjning i rälsbytesexemplet är alltså inte avgiftsrelevant.

---

<sup>61</sup> Den senare avgiften innehåller förutom den slitagerelaterade delen även den s.k. öresundsbro-komponenten, vilken uppgår till 0,6 öre/bruttotonkm.

<sup>62</sup> Detta bedöms vara en fördel också såtillvida att andra ordningens villkor kan testas.

<sup>63</sup> Enligt vad SIKA förstår är det bara den trafikberoende andelen av kostnaderna för återställande som är relevant.

En komplikation är att det finns en utbytbarhet mellan reinvesteringar och underhåll. Reinvesteringarna kan ibland vara orsakade av dåligt underhåll, dvs. i förhållande till vad som är samhällsekonomiskt optimalt. Samtidigt är det svårt att i praktiken avgöra vad som är ett optimalt underhåll, vilket ytterligare försvårar möjligheterna att avgöra hur stor del av en reinvesteringens kostnad som ska hänföras till återställande.<sup>64 65</sup>

Problemet är alltså att vi inte vet hur stor del av reinvesteringarna som svarar mot en standardhöjning och hur stor del som svarar mot återställande i förhållande till en given standard.

Den ekonometriska analys som genomförts innehåller inga kostnader för reinvesteringar. Möjligheten att lägga in reinvesteringens kostnad som beroende variabel i en regressionsanalys har provats utifrån finska data, men utan framgång. Det som återstår är att försöka lägga in reinvesteringens data som en förklaringsvariabel till kostnaderna för drift och underhåll. Men då är vi tillbaka till grundproblemet med existerande data. En sådan ansats kräver en lång tidsserie eftersom reinvesteringar har en lång livslängd. En reinvestering kan t.ex. vara ett utbyte av kontaktledning, räler eller transformatorer. Den sortens tidsserier förefaller dock inte kunna uppbringas inom Banverkets organisation.

Banverket drar slutsatsen att det idag inte går att inkludera reinvesteringar i marginalkostnaden för slitage av järnvägens infrastruktur. Det kartläggningsarbete som pågår kommer dock att kunna ge en bättre bild av datatillgången. Då kan det även pekas ut vilka de stora databristerna är och hur dessa kan korrigeras för att framtida analyser ska kunna göras.

Detta betyder också enligt Banverket att det inte kan bli aktuellt att nu föreslå en slitageavgift som inkluderar en reinvesteringens komponent. För att kunna motivera en viss bestämd banavgift krävs fortsättningsvis ett gott empiriskt underlag.

## 5.2 Trängselkostnaderna

Inom ramen för SIKAs och Banverkets gemensamma uppdrag att föreslå nya banavgifter har ett nytt projekt angående ekonomiska styrmedel för tåglägestilldelning genomförts. Ett projekt av detta slag fanns med i Banverkets leverans till marginalkostnadsstudien för år 2000. Det nya projektet som varit mer ambitiöst upplagt syftade till att i ett begränsat nätverk testa modellen med

---

<sup>64</sup> När det gäller järnvägsräls så finns möjligheten att återanvända rälererna på banor med lägre trafikbelastning. Motsvarande möjlighet till återanvändning finns inte beträffande asfalten för vägsektorn. Hur tar vi hänsyn till denna effekt som i princip är en intäkt för reinvesteringen? En räl kan ha en extremt lång livslängd genom att gå från olika typer av banor om den underhålls på rätt sätt genom slipning, riktning och smörjning.

<sup>65</sup> Det finns försök att skatta en modell för att inkludera kostnaden för beläggningsunderhåll i marginalkostnadsberäkningar för vägar. Är det problemet likvärdigt med reinvesteringar i järnvägens infrastruktur? Det är tveksamt eftersom det handlar om att lägga på ett nytt slitlager på vägen. Motsvarande åtgärd på bansidan är rälslipning och den kostnaden ingår i underhållskostnaden. Detta väcker frågan om rekonstruktionskostnaderna till följd av dålig bärighet borde inkluderas i slitagekostnaden för vägtrafiken.

verkliga operatörer, vilket inte gjorts tidigare. Resultaten ska kunna indikera om det föreligger trängselkostnader i det definierade nätverket.

För att bättre förstå på vilket sätt och i vilken grad knapphet på spårutrymme är ett problem i det svenska järnvägsnätet och även vilken roll som en knapphetsbaserad avgift skulle kunna spela, är det viktigt att känna till hur tåglägestilldelningen faktiskt går till. Vilket är det legala ramverk som styr processen och hur tillämpas detta i praktiken? I det inledande delavsnittet nedan beskrivs det legala ramverk som styr processen och hur detta ramverk tillämpas i praktiken.

Dessa frågor har vidarebehandlats inom banavgiftsuppdraget, där en kartläggning av de kapacitetsproblem som finns idag utgjort en central del i arbetet.<sup>66</sup>

### **Tåglägestilldelning/banfördelningsprocess**

Det är Tågtrafikledningen som beslutar om banfördelningen på statens spår-  
läggningar. Arbetet med att konstruera tidtabellerna utförs dock, sedan den 15  
augusti 2001, av Banverket Trafik.

En tågplan löper enligt nuvarande praxis från juni till juni. Den är indelad i två  
delperioder. Delperioderna har hittills skiftat i början av januari. Under 2002 och  
2003 ska försök göras med skifte den 15 december. Ansökan till skiftet i juni ska  
vara inlämnad ca 7 månader före trafikstart. Två månader senare presenteras ett  
förslag, vilket följs upp med arbetsmöten vid vilka intressenterna gemensamt  
försöker lösa konfliktsituationer. Drygt tre månader före trafikstart fastställs  
tågplanen, varefter de publika tidtabellerna kan framställas.

Skiftet i januari (december) innebär inga stora förändringar för persontrafiken,  
många av dem är kända redan vid juniskiftet. Samtrafiken, som bl.a. är ett  
samverkansorgan mellan tåg- och busstrafik, är pådrivande när det gäller att hålla  
oförändrade tidtabeller. För persontrafiken är det vanligt att det görs ansökningar  
för hela trafikåret (juni-juni) men tågplanen fastställs bara för en period i taget.  
Ansökningstidpunkten för januariskiftet ligger ca fem månader före trafikstart,  
medan fastställelsen sker ca två månader före.

Trafikutövare ska enligt förordningen (1996:734) om statens spår-  
läggningar träffa nödvändiga administrativa, tekniska och finansiella avtal med Banverket  
innan trafik får börja utföras. De grundläggande förutsättningarna och villkoren  
för trafik på statens spår-  
läggningar avtalas sålunda i trafikeringsavtal, TRAV.  
TRAV kan gälla för viss tid eller tills vidare.

Ansökan om tåglägen får göras av trafikutövare. I detta sammanhang anses även  
länstrafikhuvudmännen vara trafikutövare, fastän de inte själva utför trafiken.  
Förordningen utgår från att Banverket och trafikutövarna lämnar ett gemensamt  
förslag till tågplan. I praktiken söker varje trafikutövare de tåglägen den vill ha.

KTRAV är korttidstrafikeringsavtal om samordning av tågtrafik och banarbete  
enligt tidtabell, mellan trafikutövare och Banverket, gällande del av giltighetstiden

---

<sup>66</sup> *Nya banavgifter? - Analys och förslag*, SIKA Rapport 2002:2.

för TRAV. I praktiken betyder det att KTRAV träffas två gånger per år. KTRAV:s utformning bestäms delvis av en sammanställning av det kommande årets banarbeten i Banarbetsplan, BAP. KTRAV ingås snarast efter det att Tågtrafikledningen fastställt tågplanen. Förhandlingar mellan trafikutövare och Banverket påbörjas tidigare. Eftersom KTRAV inte är klart när tågplanen fastställs är det vanligt förekommande att trafikutövare, sedan tågplanen fastställts, från någon dag upp till flera veckor måste avstå från ett tågläge. Ett tåg kan behöva ställas in på hela eller del av sträckan, alternativt omleds tåget en annan väg eller får ny tidtabell anpassad till banarbetena.

Ansökningar om tåglägen kan göras senare än vid de tidpunkter som har angivits ovan. Tilldelning sker då på den kapacitet som återstår sedan de ansökningar som gjorts inom den ovan angivna tiden tilldelats kapacitet. Ansökningar som inkommer sedan tågplanen fastställts anses tillhöra operativ trafikledning och beslut beträffande sådana tåglägen fattas därför av Banverket Trafik.

Banutnyttjandeplaner upprättas löpande av Banverket. Banutnyttjandeplanen omfattar åtta veckor och uppdateras varje vecka, varvid närmast följande fyra veckor fastställs. Det innebär att ansökningar om tåglägen som inkommer senare än c:a fem veckor före önskad trafikering får hålla tillgodo med infrastrukturkapacitet som återstår sedan Banverket tilldelats utrymme på spåret i den fastställda banutnyttjandeplanen.

Det finns många konflikter mellan olika ansökningar, men de allra flesta undanröjs under konstruktionsarbetet. Arbetet med att undanröja konflikter sker såväl vid större distriktsvisa möten med samtliga intressenter inklusive Banverket som vid informella underhandskontakter mellan konstruktörer och trafikutövare/Banverket. Om det uppstår en konflikt som inte går att lösa på frivillig väg beslutar direktören vid Tågtrafikledningen hur tågplanen ska utformas.

Ledstjärnan för Tågtrafikledningens beslut om tågplanens utformning är att statens spåranläggningar ska utnyttjas på ett, från samhällsekonomisk synpunkt, effektivt sätt.<sup>67</sup> Fördelningen ska ske på ett konkurrensneutralt och icke-diskriminerande sätt. Företräde till tågläge *får* dock ges till:

- Persontrafik som har upphandlats av staten eller trafik huvudmannen
- Trafik som möjliggör finansiering av ny infrastruktur
- Trafik som utnyttjar ett tågläge som tilldelats och utnyttjats under föregående tidtabellsperiod.

Den sista punkten tolkas av Tågtrafikledningen som att den inte avser trafikutövaren utan trafikuppgiften, t.ex. ett visst systemtransportupplägg. Detta möjliggör konkurrens mellan järnvägsföretag. I annat fall skulle en innehavare av ett tågläge kunna hindra andra att lägga bud på en transport som en godstransportköpare behöver ha utförd vid en viss tidpunkt. Huruvida uppräkningsordningen ovan även innebär en inbördes prioritet är oklart.

---

<sup>67</sup> Detta är i praktiken ett mycket svårtillämpat kriterium och Banverket arbetar för att utveckla hur detta ska tolkas.

De möjligheter att ge prioritet till viss trafik som anges ovan är alltså frivilliga att tillämpa. Det finns även en tvingande regel i förordningen. Denna regel har å andra sidan aldrig tillämpats. Enligt den regeln får den som ämnar bedriva godstrafik på ett antal angivna godstrafikstråk, men som inte vid föregående banfördelning tilldelats tågläge för sådan trafik, tilldelas tågläge endast om den nya trafiken inte innebär en påtaglig försämring för redan etablerad trafik.

Vid tåglägestilldelning inför innevarande tågplan uppstod ett antal konflikt-situationer bl.a. på sträckan Falun – Borlänge, beroende på den starkt utökade trafiken då Tåg i Bergslagen startade sin verksamhet. Konflikterna löstes på frivillig väg. Men exemplet visar på svårigheterna att tillämpa nuvarande prioriteringskriterier. Tågtrafikledningen får ge företräde till den subventionerade trafiken framför, i det här fallet, kommersiellt driven godstrafik. Förordningen säger bara att den möjligheten finns, men inte att några villkor ska vara uppfyllda för att Tågtrafikledningen ska få göra det. Det är också intressant att om den nya trafiken i stället hade bestått i godstrafik hade denna nya trafik i situationer med knapphet sannolikt inte fått tåglägen.

Konfliktsituationerna har under senare år blivit allt flera. SJ skötte tidigare internt prioritering mellan de egna tågen. Tågen kunde separeras inte bara i tid utan även i rum, dvs. där alternativa vägar finns kunde man leda tågen den väg som gav minsta konfliktsituationer och störningar för hela systemet.

När andra operatörer kom in på marknaden måste konflikter lösas genom Tågtrafikledningen och de medel den har till sitt förfogande. Problemet växte ytterligare vid årsskiftet 2000/2001 när SJ bolagiserades och SJ AB och Green Cargo bildades och började ansöka om tåglägen utan att ha prioriterat sinsemellan.

Trots den stora mängden konfliktsituationer har direktören vid Tågtrafikledningen endast vid något enstaka tillfälle fattat beslut om tåglägestilldelning som inte överenskommit på frivillig väg. Pågatågstrafiken fick vidkännas vissa justeringar jämfört med önskade tåglägen. Det berodde bl.a. på att den utökade trafiken i Skåne sedan den fasta förbindelsen över Öresund öppnades medförde kapacitetsbrist. I den fastställda tågplanen som började gälla i juni 2001 fanns därför inte alla ansökta Pågatåg med. Vissa tåg hade omletts till annan väg och uppehåll för några insatståg hade slopats. Vidare hade några upplägg med styv tidtabell förskjutits några minuter, men de fasta minuttalen varje timme hade bibehållits.

## **Studier av knapphet på spårutrymme**

År 2000 gjordes ett försök att i en studie uppskatta avgiftsrelevanta knapphets-kostnader genom att uppskatta tågoperatörernas värderingar.<sup>68</sup> Ett resultat var att knappheten på spårkapacitet på den studerade bandelen var mindre än Banverket inledningsvis bedömt. Detta skulle kunna indikera att det finns en underskattning av tillgänglig kapacitet.

---

<sup>68</sup> Studien genomfördes av en grupp ledd av Jan-Eric Nilsson, Statens väg- och transportforskningsinstitut. Nilsson är också ansvarig för den nya studien.

Ett andra resultat avsåg relationen mellan knapphet och effektiva avgifter. I en situation med liten knapphet på spåren skulle det kunna räcka med låga avgifter för att de operatörer som har lägst värderingar ska dra sig tillbaka. Om operatörer med låga värderingar inser att ett krav på kapacitet skulle leda till högre avgifter, som de skulle tvingas betala, så kan de tidigt komma att jämka sina anspråk i en förhandling. I en sådan situation skulle liten knapphet således innebära låga avgifter. Högre avgifter kommer att bli aktuella först när det är oklart vilka operatörer som har högst värdering. I en sådan situation kan operatörer lockas att gå med på högre avgifter för att konkurrera ut operatörer med lägre värderingar. Därmed skulle knapphet på kapacitet kunna leda till högre avgifter även i ett planeringssystem. Totalt sett torde dock avgiftsbetalningarna komma att bli långt mindre än värdet av de tidsvinster m.m. som är förknippade med ett visst tågläge.

Mot bakgrund av att konflikterna om tillgänglig kapacitet kan väntas öka när det blir fler och fler oberoende operatörer som önskar tillgång till spåren, kan det finnas anledning att utveckla metoder för att lösa dessa konflikter. Exempelvis finns som tidigare nämnts redan nu tecken på att konflikter mellan gods- och persontrafik kan komma att skärpas. Det visade sig att den använda modellen fungerade relativt väl för att generera tidtabeller. Med hjälp av uppgifter om önskade avgångs-/ankomsttider blev det också möjligt att beräkna mer ”realistiska” marginalkostnader för spårkapacitet. En ny simulering gjordes som dock knappast alls påverkade resultaten.

I den nya studien är det spårrområde som är föremål för budgivning på spårlägen utvidgat. Denna gång är spåren mellan Gävle-Storvik-Falun-Grängesberg-Frövi med. Banverket har bjudit in alla aktörer som idag gör anspråk på tid på spåren. Det innebär dels Banverket, dels de huvudmän och operatörer som idag bedriver trafik i det berörda spårområdet. Dessa operatörer är SJ AB, Green Cargo, Tåg i Bergslagen, BK-tåg, Inlandsgods, TGOJ och Tågkompaniet. Optimerings- och tidtabellsprogrammet har dessutom anpassats så att det i den nya studien är möjligt att bjuda på flera tåglägen simultant.

Det faktum att operatörerna åtagit sig att bjuda på de tåglägen de önskar innebär en rad fördelar. Den första är att operatörerna kan väntas veta mer om transportköparnas önskemål och krav för att på det viset kunna värdera sina tågavgångar. Förknippat med detta är också att tåg som går långa sträckor genom Sverige kanske inte kan fördröjas genom att de flyttas i tidtabellen. Detta kan operatörerna också väntas ha bättre kännedom om än dagens tidtabellskonstruktörer. Dessa hänsyn kan operatörerna väga in då de bjuder på tåglägen. Hänsyn till detta kunde inte tas i den förra studien. Av dessa skäl kan vi vänta oss att i den nya studien få fram en mer realistisk nivå i värderingen av olika tåg och avgångar.

Vi kan också få veta något om nivån på operatörernas/transportköparnas värderingar av olika tåglägen och om vilken form värderingen har. Det senare visade sig ha stor betydelse för hur många tåg det gick att ”klämma in” i tabellen. Om värderingen gäller för ett bredare tidsintervall så är det lättare att få ett alternativt tågläge om knapphet råder.

## 5.3 Olyckskostnaderna

### Tidigare beräkningar

Banavgiftssystemet infördes i samband med det trafikpolitiska beslutet 1988. En inte obetydlig avgift som avspeglade olyckor lades då på en s.k. driftavgift. I huvudsak användes genomsnittskostnaden. För plankorsningsolyckor fördelades den totala kostnaden ut per tågakilometer. I ursprungsarbetet gjordes detta för olika spårkategorier. För andra olyckor gjordes en liknande enkel genomsnittskostnadsberäkning. Det s.k. humanvärdet, eller riskvärdet, togs inte med för resande eller järnvägspersonal.

I den senaste banavgiftsförfattningen (SFS 1998:1827) har avgiften för plankorsningsolyckor tagits bort. I övrigt används dock samma metoder som när avgiften infördes. Dessa gällande avgifter baseras på ett arbete av Banverket (Banverket 1997) även om man där rekommenderade att sänka avgiften med hänvisning till att personer som inte har på spåret att göra inte borde belasta avgiften.

### *Teorin för marginella externa olyckskostnader*

På senare år har teorin för marginella externa olyckskostnader utvecklats. De modeller som utvecklats utifrån teorin har tillämpats på vägtrafiken. De senaste bidragen gör det möjligt att nu på allvar föra in ett marginalkostnadsresonemang på olyckorna även inom järnvägssektorn.<sup>69</sup>

Utgångspunkten för analysen är den formel som presenterades i avsnittet om vägtrafikens marginella externa olyckskostnader ovan, alltså:

$$MC = r(1 - \theta + E)(a + b) + rc(1 + E)$$

Den är uppbyggd av risken ( $r$ ), en parameter ( $\theta$ ) som beskriver hur olyckskostnaden faller på de inblandade i olyckan, en riskelasticitet ( $E$ ) och kostnadskomponenterna ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ). Parametern  $\theta$  kan förväntas vara olika för olika fordonstyper och har ett samband med, dels hur väl trafikanten är skyddad själv, dels hur ”aggressiv” fordonstypen är mot andra trafikanter. Tåg har ett  $\theta$  värde nära 0. Det innebär att en större extern olyckskostnad faller på tågen. Elasticiteten avspeglar hur risken förändras vid en förändring av antalet passerande tåg (eller tågakilometer).

Eftersom parametern  $\theta$  ofta för tåg antar värdet noll i plankorsningar övergår problemet att bestämma marginalkostnaden till att bli en fråga om genomsnittskostnaden och riskelasticiteten, dvs.

$$MC = AC(1 + E)$$

<sup>69</sup> Lindberg, G., Deliverable 9: Accident Cost Case Studies, Case Study 8c/1: *The marginal cost of road/rail level crossing accidents on Swedish railways*. UNITE. Slutversion februari 2002.



Detta innebär att man inte kan bortse från marginalkostnaden för korsningsolyckor. Kostnaden beror på elasticiteten och kan vara antingen högre eller lägre än genomsnittskostnaden.

Vidare saknas teoretiskt stöd för att, så som man hittills gjort i marginalkostnads-skattningarna för järnvägstrafiken, bortse från kostnader för trafikanter som betar sig olagligt. I ett optimalt järnvägssystem – eller annat transportsystem – finns optimala lagar, optimal övervakning och optimala skyddsanordningar. Avvägningar förutsätts mellan personers frihet och lagarna, mellan övervakning och integritet och mellan skydd och kostnader. Kostnader kommer in i alla led. Även om det mesta av trafiksäkerhetsarbetet tas om hand av de tre nämnda komponenterna finns en post kvar för optimal trafikvolym. Hur stor denna post är bestäms av elasticiteten  $E$ .

Utrymme finns för att beakta skillnader i riskvärderingar. Människor som vistas på spåret kan utgöra en särskild population med lägre riskvärdering. Men effekterna på dem ska i princip beaktas.

### *Plankorsningsolyckor*

I ett arbete vid VTI har plankorsningsolyckor specialstuderats. En slutsats är att marginalkostnaden för korsningsolyckor bör beräknas per korsning och inte per genomsnittssträcka. På så vis kan avgifter tas ut som varierar med bl.a. korsningstyp. Avgiften bör tas ut per korsningspassage. Den kommer då att kunna anpassas nedåt allteftersom korsningar förbättras eller försvinner. Detta kan också ge ett incitament till trafikoperatören att bidra till att förändra korsningarnas utformning.

Preliminära analysresultat tyder på att genomsnittskostnaden varierar mycket mellan korsningstyper. Bland annat antyds att korsning med helbom har hälften så stora kostnader som korsning med halvbom som i sin tur har hälften av kostnaderna för ljus- och ljudsignalsreglerade korsningar. Korsningar med kryssmärken har ännu högre kostnader. Det innebär att banor med hög standard på skyddet vid marginalkostnadsbaserad avgiftssättning kommer att få en låg avgift, medan banor med låg standard får en hög avgift.

Vidare tycks riskelasticiteten vara negativ och relativt hög i absoluta tal. Risken skulle i så fall sjunka med fler tåg med hänsyn tagen till korsningstyp. Marginalkostnaden skulle då bli betydligt lägre än genomsnittskostnaden. I samma prisläge bör därför den korsningsbaserade marginalkostnaden bli lägre än den genomsnittskostnad som ingick i 1988 års avgifter.

### *Andra typer av olyckor*

Förutom korsningsolyckor där vägtrafikanter skadas eller förolyckas förekommer olyckor där järnvägspersonal och resenärer skadas. Vidare omkommer personer som går på spåret etc. Självmoden, som 1998 bedömdes utgöra närmare 2/3 av alla dödsfall inom järnvägstrafiken, lämnar vi utanför diskussionen om marginalkostnader.

Den beräkning som tidigare gjorts och som ligger till grund för avgifterna tycks vara en 'marginalkostnadskompatibel genomsnittskostnad'. Det skulle innebära att om elasticiteten är noll, dvs. risken är konstant, så kommer en marginalkostnadsbaserad analys att ge samma resultat.

För dessa olyckor pågår också arbete inom VTI. Emellertid är antalet observationer få. Det är därför inte troligt att man kommer att kunna erhålla statistiskt säkra samband för dessa olyckor. Ett alternativ är att som för personbilar nyttja samband som finns i investeringsplaneringen. Om olycksrisken på järnvägsbilar är oberoende av trafikvolymen i de samhällsekonomiska kalkylkerna indikerar det att riskelasticiteten är noll.

Även om detta vare sig innebär några nya avgiftsnivåer eller några nya empiriska samband innebär det ett principiellt framsteg i den meningen att marginalkostnadsteorin kan användas för alla olyckskomponenter inom järnvägssektorn.

En principiellt viktig men ännu delvis obesvarad fråga är i vilken utsträckning som olyckskostnader verkligen är internaliserade. Det antas att järnvägspersonalens egen riskvärdering är internaliserad och att den därför inte ska tas med. Genom en uppdelning på olika aktörer, där t.ex. personal på rangerbangårdar inte längre kan sägas tillhöra samma aktör som trafikoperatören kan det finnas anledning att studera detta problem närmare.

Ett annat område som ännu inte studerats är hur det faktiska kostnadsansvaret idag bör påverka avgifterna. För korsningsolyckor torde det vara klart att vägtrafikanten felat och att dess försäkringsbolag betalar kostnaderna. Det innebär att tågoperatören inte betalar något. Det antas ju i modellen att  $\theta = 0$ . Men för andra typer av olyckor måste kostnadsansvaret för olyckan tas med i resonemanget, särskilt i de fall då resenärer skadas eller omkommer.

Vidare har det eventuellt kontextspecifika i riskvärderingen ännu inte analyserats. Vi baserar fortfarande vårt resonemang på riskvärderingar framtagna som för en privat bilförare.

## 5.4 Emissionskostnaderna

### Dieseldrivna järnvägsfordon

I detta delavsnitt redovisas beräkningar för emissionskostnader för olika dieseldrivna järnvägsfordon. Banverket vill dock understryka att det varit svårt att identifiera i vilka miljöer den dieseldrivna tågtrafiken faktiskt bedrivs och att man avser att genomföra nya beräkningar som beskriver emissionskostnaderna för olika typmiljöer. Beräkningarna ska därför ses endast som räkneexempel baserade på typvärden från olika fordon. Bland annat förutsätts en viss fördelning mellan tätort och landsbygd som, om det ändrades, skulle kunna få stor effekt på beräkningsresultatet.

### *Dieselflottans sammansättning*

Sammanlagt finns ca 180 dieseldrivna linjelok och ca 90 dieseldrivna motorvagnar i trafik. Dessutom finns ca 220 dieseldrivna växellok för växlings- och rangeringsarbete. Medelåldern hos linjeloken är hög, omkring 30 år. Endast en fåtal nya moderna linjelok är i trafik. Medelåldern hos växlingsloken är också hög. Däremot har man i ett antal växlingslok bytt ut gamla motorer mot nya med betydligt bättre emissionsegenskaper.

Beträffande motorvagnar finns två generationer; äldre s.k. Y1-motorvagnar och de mera moderna Y2-motorvagnarna. Även i Y1 har man bytt ut flertalet gamla motorer mot nyare (EURO-II klass).

### *Emissionsberäkningar*

Att mäta emissioner från järnvägsfordon är både dyrt och komplicerat, därför finns få avgasmätningar från järnvägsfordon och dessa är genomförda på enstaka individer. Under senare år har dock såväl MTC som IVL genomfört emissionsmätningar på olika dieseldrivna loktyper. Mätningarna har genomförts i såväl rigg som under verklig drift.

Resultat från IVL:s emissionsmätningar av ett antal T44-lok är att dessa inte på något avgörande sätt skiljer sig åt vad gäller emissionsnivån. Skillnaderna är minst vid full last. De uppmätta emissionsfaktorerna bedöms därför vara representativa för den svenska dieselflottan för godstrafik.

Sedan några år tillbaka finns även några nya diesellok för godstrafik i Sverige. Mätningar från ett av dessa lok visar att emissionerna av samtliga undersökta avgaskkomponenter är betydligt lägre jämfört med de äldre T44-loken. Motor/avgascertifikat från ett annan ny loktyp visar liknande resultat. Emissionerna av NO<sub>x</sub>, HC och PM (g/kWh) är för de nya loken ca hälften av emissionerna för T44-loken.

När det gäller växlings-/rangeringsarbete används olika typer av diesellok med olika motortyper/storlekar bl.a. T44, V4 och V5. Emissionsmätningar visar på betydande skillnader mellan de olika loktyperna.

Dieseldrivna persontåg finns i olika åldrar: alltifrån de äldsta Y1-motorvagnarna, med förhållandevis dåliga emissionsegenskaper, till Y2 och moderna Itino-tåg, med dagens moderna dieselmotorer och betydligt bättre emissionsegenskaper.

Beräkningar visar att linjeloken står för 50–60 procent av diesellokens totala utsläpp av NO<sub>x</sub> och VOC. Växelloken står för 30–40 procent. Omkring 90 procent av det använda dieselbränslet är av miljöklass 1.

I tabellen 5.2 redovisas antal lok, bränsleförbrukning för år 2000 och beräknade emissioner.<sup>70</sup>

---

<sup>70</sup> Beräkningarna som genomförts av IVL redovisas i Banverkets underlagsmaterial, se bilaga 4.

**Tabell 5.2. Dieseldrivna loks bränsleförbrukning och emissioner.**

	<i>Antal</i>	<i>Bränsleförbrukning, m<sup>3</sup>/år</i>	<i>NO<sub>x</sub>, ton/år</i>	<i>VOC, ton/år</i>	<i>PM, ton/år</i>	<i>SO<sub>2</sub>, ton/år</i>	<i>CO<sub>2</sub>, ton/år</i>
Lok	403	19 600	1 200	85	100	1	54 600
varav växellok	221	3 800	500	45	20		9 000
Motorvagnar	86	9 900	350	20	40	0,4	23 400
Summa	489	29500	1 550	105	140	1,4	78 000

**Beräknade emissionskostnader**

Den dieseldrivna trafiken är inte helt kartlagd varför det är osäkert hur stor andel av emissionerna som uppstår i landsbygd resp. tätort. Utifrån en bedömning gjord av Banverket sker alla emissioner från växlings- och rangeringsarbete i tätortsmiljö. Ungefär 1/3 av emissionerna från motorvagnar (dvs. persontrafiken) bedöms ske i tätortsmiljö och resterande 2/3 i landsbygdsmiljö. Emissioner från dieseldriven godstrafik bedöms till 90 procent ske i landsbygdsmiljö och endast till 10 procent i tätortsmiljö.

I tabell 5.3 redovisas den monetära värderingen enligt ASEK<sup>71</sup> av avgasemissioner i olika bebyggelsemiljöer.

**Tabell 5.3. ASEK-värden för olika emissioner.**

<i>ASEK-värden (kr/kg)</i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>VOC</i>	<i>Partiklar</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>
Landsbygd, regional värdering	60	30		20
Tätort ex Landskrona	66	40	1 769	72
Tätort ex Malmö	76	57	4 663	157
Tätort ex Stockholms innerstad	87	75	7 600	240

I tabell 5.4 redovisas de beräknade samhällsekonomiska kostnaderna för emissioner av NO<sub>x</sub>, VOC, partiklar och SO<sub>2</sub>, från olika typer av dieseldrivna järnvägsfordon.

I det följande redovisas de beräknade emissionskostnaderna uttryckta som kronor per liter bränsle för dieseldriven godstrafik, växlings- och rangeringsarbete samt för motorvagnar. Beräkningarna baseras på emissionsdata från genomförda emissionsmätningar och redovisade data från motortillverkare. Emissionskostnaderna ska därför ses som typvärden för de olika fordonstyperna/fordonsklasserna.<sup>72</sup>

<sup>71</sup> Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet, SIKA Rapport 1999:6.

<sup>72</sup> Det bör påpekas att IVL:s beräkningar av de totala emissionerna av NO<sub>x</sub> och VOC från växlings- och rangeringsarbete är orimligt höga i förhållande till lokens bränsleförbrukning, varför de ej överensstämmer med emissionsdata (typvärden) för dessa lok.

**Tabell 5.4. Beräknade totala emissionskostnader för NO<sub>x</sub>, VOC, SO<sub>2</sub> och partiklar.**

	<i>mkr/år (för år 2000)</i>
Lok	215
varav växellok	130
motorvagnar	85
Summa	300

**Tabell 5.5. Emissionskostnader för diesellinjelok för godstrafik (kr/liter bränsle).**

	<i>Landsbygd</i>		<i>Totalt landsbygd</i>	<i>Tätort, inkl tätortstillägg</i>		
	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>HC</i>		<i>Lands- krona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholms innerstad</i>
T44-lok	3,6	0,06	3,7	7,6	12	21
Modernt lok	3,0	0,05	3,1	6,0	11	16

**Tabell 5.6. Emissionskostnader för diesellok för växling och rangering (kr/liter bränsle).**

	<i>Landsbygd</i>			<i>Tätort, inkl tätortstillägg</i>		
	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>HC</i>	<i>Totalt landsbygd</i>	<i>Lands- krona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholms innerstad</i>
T44-lok				7,6	12	21
V4/V5 gammal motor				12	25	37
V4/V5 ny motor				5,4	10	15,0

**Tabell 5.7. Emissionskostnader för motorvagnar för persontrafik (kr/liter bränsle).**

	<i>Landsbygd</i>			<i>Tätort, inkl tätortstillägg</i>		
	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>HC</i>	<i>Totalt landsbygd</i>	<i>Lands- krona</i>	<i>Malmö</i>	<i>Stockholms innerstad</i>
Y1	4,2	0,12	4,3	12	25	37
Y2 samt Y1 ny motor	2,4	0,05	2,5	5,4	10	15

### **Emissionskostnader som uppkommer i tidigare produktionsled**

Hittills har vi vid beräkning av trafikens avgiftsrelevanta emissionskostnader sett endast till kostnaderna för de utsläpp som härrör från fordonen. Därmed bortses från de emissioner som trafiken indirekt orsakar och som uppkommer i tidigare produktionsled. Detta bör vara korrekt under förutsättning att kostnaderna för dessa senare emissioner är internaliserade i de produktionsled där de uppkommer. Så tycks dock inte helt vara fallet, varför man måste ta ställning till om dessa emissioner ska internaliseras genom en avgift på trafiken. Frågan är hur man i praktiken ska se på de emissioner som uppkommer i tidigare produktionsled och orsakas av framdrivning av olika fordon och farkoster.

I detta delavsnitt diskuteras denna frågeställning utifrån järnvägstrafikens energiförbrukning. Framställningen syftar till att redogöra för olika uppfattningar i frågan och bygger på två skrifter, som bägge bifogats denna rapport: Banverkets

underbilaga ”Om järnvägens energiförbrukning och miljöeffekter av densamma” och Per Kågesons, på SIKAs initiativ framtagna ”Samhällsekonomiska kalkylvärden för elektricitet som används inom transportsektorn”.

*Banverket* framhåller den skillnad som finns i synen på hur miljöeffekter ska beaktas hos olika trafikslag. När det gäller fossildrivna trafikslag är regeln att man uteslutande ser på den miljöpåverkan som sker från fordonet. Miljöeffekter som härrör från tidigare led – från produktion, transport, raffinering etc. av bränslet – brukar sällan medräknas trots att de är betydande. När det gäller eldriven trafik har däremot elproduktionens miljöeffekter fokuserats. Banverket kan inte se någon logik i detta och framhåller att det, även om elproduktion och framställning av t ex dieselolja skiljer sig åt på flera punkter mycket väl går att jämföra ett kraftverk och ett oljeraffinaderi. Oljeraffinaderiet förädlar råoljan till produkter med olika egenskaper, dieselbränsle, bensin, flygfotogen etc., medan kraftverket förädlar ingående energi (vatten, vind, olja, uran, biobränsle) till elkraft. Ska man räkna med miljöeffekter och energiförluster i kedjan från och med kraftverket till loket så bör man också, enligt Banverket, göra det även i kedjan från och med raffinaderiet till lastbilen eller bussen.

Banverket drar slutsatsen att järnvägstrafiken som system bör belastas med summan av de miljöeffekter som uppstår som en följd av de avtal som de enskilda operatörerna har träffat med kraftleverantörerna. Respektive operatör ska samtidigt belastas med miljöeffekter från de avtal denne har med sin kraftleverantör. Eftersom samma principer enligt Banverket bör gälla för alla trafikslag, bör på motsvarande vis t.ex. den åkare som väljer att köra på ett biobränsle belastas med miljöeffekterna från produktionen och användningen av detta bränsle. Lastbilstrafiken bör belastas med summan av miljöeffekter från produktion och användning av den samlade bränslemängd som används för denna trafik.

*Kågeson* menar att infogandet av kraftproduktionen i ett system med överlåtbara koldioxidrättigheter på EU-nivå, som nu är på förslag via kostnaden för att förvärva sådana rättigheter, endast i någon mån skulle komma att påverka elpriset. Eftersom kraftproduktionens utnyttjande av fossil energi är skattebefriad skulle också EU:s politik totalt sett komma att få endast en liten effekt på konsumentpriserna. Som *Kågeson* framhåller kan emellertid konsumtionsskatten på el ses som en slags approximation för den påverkan på miljön som den samlade kraftproduktionen ger upphov till.

*Kågeson* noterar att om koldioxidskatten (här antagen ligga på nivån för år 2000, dvs. 53 öre/kg) tilläts belasta naturgas som används i gaskombikondensverk, varifrån den marginella elproduktionen på längre sikt bedöms kunna komma att ske, så skulle elpriset öka med 20 öre per kWh, vilket nästan exakt motsvarar den från årsskiftet 2001/2002 gällande skatten på el (som är 19,3 öre per kWh).

För att internalisera den eldrivna trafikens marginalkostnad och skapa incitament till en samhällsekonomiskt optimal hushållning med el inom järnvägssektorn bör, menar *Kågeson*, staten överväga att låta elskatten omfatta el som används för drift av tåg. Att belägga tågtrafikens elförbrukning med elskatt skapar ett incitament till effektiviseringsåtgärder som motsvara situationen där ett kilo koldioxid från gaskombikondenskraftverk värderas till ca 50 öre.

Kågeson menar dock att intäkterna från en skatt på tågtrafikens elförbrukning, i avvaktan på hur den aktuella frågan om koldioxidbeskattning av flygbränslen löses, borde återföras till de berörda trafikföretagen. Grunden för återföringen skulle behöva utredas. En av de möjligheter som Kågeson nämner är att återföra medlen på basis av de berörda företagens förädlingsvärde av tågtrafik.

Frågan om det finns anledning att internalisera marginalkostnaden för den eldrivna tågtrafikens elanvändning och hur det i så fall bör gå till är enligt SIKA viktig att besvara. SIKA kan konstatera att två frågor behandlas integrerat i referaten ovan, nämligen frågan om ointernaliserade emissioner som uppkommer i tidigare led bör betraktas som externa marginalkostnader respektive om dessa marginalkostnader bör avspeglas i ett avgiftssystem. Dessa båda frågor hänger visserligen samman men de kan nog med fördel behandlas som åtskilda i detta sammanhang där fokus ligger på att identifiera externa effekter. SIKA lutar för sin del mot uppfattningen att samtliga emissioner som trafiken ger upphov till bör betraktas som externa marginalkostnader men har ännu ingen bestämd uppfattning om hur dessa kostnader bör behandlas i avgiftssammanhang.<sup>73</sup>

## 5.5 Bullerkostnaderna

### Bullerkostnadens variabilitet

En fördubbling av *hastigheten* innebär att den ekvivalenta ljudnivån ökar med 7 dBA och den maximala ljudnivån med 9 dBA. En fördubbling av *tåglängden/ trafikmängden* innebär en 3 dBA högre ekvivalent ljudnivå. Den maximala ljudnivån berörs ej av mängden trafik. Det bullrigaste tåget bestämmer nivån. En fördubbling av *avståndet* innebär att den ekvivalenta ljudnivån ökar med 3 dBA medan den maximala ljudnivån förändras med 6 dBA.

Enligt svenska studier upplevs tågbuller som mera störande i områden med samtidig förekomst av vibrationer. I områden utan markvibrationer ökar störningsutbredningen med ökat antal tåg, medan den i områden med markvibrationer snarare är relaterad till vibrationsnivå än till antal tåg per dygn.

Internationella studier visar att godståg upplevs som mera störande än persontåg. Svenska studier tyder dock inte på att störningen av tågbuller i huvudsak skulle bero på godstågen, även om dessa nästan alltid angavs som mest störande av förekommande tågtyper.

De flesta personer är mest störda av tågtrafik under kvällar och nätter. Höga bullernivåer i sovrum nattetid bedöms som särskilt allvarligt och värderas högt i olika studier. Vissa faktorer i bostadens utformning inverkar på störnings-

---

<sup>73</sup> SIKA har senare, i samband med banavgiftsuppdraget, gjort bedömningen att en förändring som innebär att den eldrivna järnvägstrafiken får erlägga allmän energiskatt skulle kunna utgöra en rimlig approximation av den berörda järnvägstrafikens marginella koldioxidkostnader. Se SIKA Rapport 2002:2.

upplevelsen av buller och vibrationer. Personer som bor i bostäder där sovrumsfönstren vetter mot järnvägen är mera störda.

Bullerkostnaden beror på tågtyp. Bullermätningar har gjorts på många nordiska tågtyper. Mätningarna visar att motorvagnar (X10, X12, Y2 m.fl.) är den "tystaste" svenska tågtypen. Snabbtåget X2000 är också relativt tyst vid låga hastigheter, men vid höga hastigheter närmar sig den maximala ljudnivån godstågens nivå. En delförklaring till de lägre ljudnivåerna för de moderna tågtyperna är att de är försedda med skivbromsar istället för blockbromsar som många av de andra tågtyperna fortfarande har.

Godstågen är de största bulleralstrarna. De består vanligen av ett stort antal vagn typer. Vagnarna har ofta enklare konstruktioner med avseende på hjulupphängning än personvagnar. Merparten av godsvagnarna är dessutom utrustade med blockbromsar som förorsakar räfflor och andra mikroskopiska ojämnheter i hjulringarna.

Flera projekt som drivs av den Europeiska järnvägsunionen (UIC) syftar till att minska bullret från godstrafiken. Men godsvagnarna har lång ekonomisk livslängd, varför godstrafiken, även om dessa projekt blir framgångsrika, kommer att vara besvärliga bulleralstrare under lång tid framöver. Ökade satsningar på godstrafiken, med bl.a. ökad axellast, innebär dessutom en ökad risk för såväl buller- som vibrationsstörningar från godstrafiken.

Både tåg och spår inverkar på bullernivån. I de flesta hastigheter dominerar ljud från hjulen och rälsen. Det är bara vid mycket låga hastigheter och under acceleration som motor-, fläkt- och transmissionsljud kan höras mer. Ljudalstringen från en tågtyp varierar avsevärt från plats till plats, även vid samma tåghastighet och tåglängd. Det mesta av spridningen orsakas troligen av skillnader i ytans grovhet på räl och hjul. Spåret har en ojämn kvalitet och hjulstatusen varierar mellan vagnar och lok i varje enskilt tågset.

Tågbuller kan åtgärdas vid källan, med dämpande hjul, annan hjulform, förbättrat underhåll och andra typer av bromsar. Såväl svenska som internationella erfarenheter visar att åtgärder i spår i form av t.ex. spårslipning och på hjulringar kan bidra till att minska bullernivån med omkring 10 dB. Dessutom sänker helsvetsad räls ljudet. Även fjädrande räls innebär en reduktion av ljudnivåerna. Intensiv forskning pågår i hela Europa för att få fram effektiva lösningar men det bedöms ta många år innan det ger någon större effekt.

Särskilt mellanplattans egenskaper och rälsen kvalitet, främst ytjämnhet, bedöms ha stor betydelse för ljudutstrålningen från spåret, och därmed också för den totala ljudnivån.

Hos tåget är det framför allt hastigheten och hjulens kvalitet som påverkar ljudnivån. I de flesta hastigheter dominerar ljud från hjulen och rälsen. Varje tågtyp har sina ljudutstrålningsegenskaper och dessa växlar med tågens hastighet.

Vid en viss hastighet bullrar i regel godståg mer än persontåg. Betydelsen av denna skillnad minskar dock av att persontågen framförs i en högre hastighet.



Olika spårkomponenter och spårets kvalitet bedöms kunna ha stor inverkan på den totala ljudnivån.

### Värdering av järnvägsbuller

Banverkets nuvarande värderingsmodell för buller syftar till att spegla det progressiva sambandet mellan bullerexponering och störningsgrad (andel ganska + mycket störda). Värderingsmodellen avser permanentboende och uttrycks i en funktion där individens årliga genomsnittliga bullervärdering är beroende av variablerna maximal ljudnivå inomhus och trafikmängd (antalet störningstillfällen), enligt följande formel:

$$BV = 3,6(70 + 1)^{1,1}(e(0,18(N - 45)^{0,88}) - 1)$$

t = antal tåg per dygn

N = maximalnivå inomhus, dBA

Denna värdering avser bullerexponering både inomhus och utomhus och är följaktligen tillämpningsbar för att beräkna nyttan av åtgärder som reducerar både inomhus- och utomhusnivån på buller. För beräkning av inomhusmiljö måste ovan angivna formel multipliceras med faktorn 0,9 och för beräkning av utomhusmiljö med faktorn 0,1

Värderingen för järnvägen syftar till att spegla människors störningsupplevelser vid olika bullernivåer. De studier som undersöker dessa störningssamband visar andelen störda eller andelen mycket störda personer vid olika bullernivåer. För att härleda en monetär värdering av buller tilldelas varje störd person ett värde som motsvarar den individuella värderingen i det högsta intervallet. Den genomsnittliga personen antas vara mycket störd vid 73 dBA.

Den marginella värderingen, dvs. kostnaden för 1 dBA ökning i bullernivån, kan beräknas genom att multiplicera den resulterande ökningen i andel störda personer med det bullervärde som tilldelas varje störd person. Om bullervärdet per störd person ökar så ökar således också den marginella värderingen. Det är mot denna bakgrund som bullervärderingen för järnvägen är härledd.<sup>74</sup>

Så kallade tysta områden, syftande på områden med avsaknad av buller i natur- och kulturmiljöer, rekreationsområden, parker etc., behandlas i ett förslag till EU-direktiv. Denna aspekt fångas inte med dagens ASEK-värdering, som grundar sig på betalningsviljan avseende boendemiljön. En annan aspekt som också måste beaktas i värderingen är ökade samhällsekonomiska kostnader som följd av ökade hälsorisker vid exponering av buller. Den samhällsekonomiska kostnaden för

<sup>74</sup> En reduktion av bullernivån hos en bullerkälla kan vara mindre effektiv när den förekommer i kombination med en annan bullerkälla jämfört med samma reduktion när bullerkällan förekommer ensamt. Kostnadseffektiv bullerreduktion måste enligt detta omfatta båda bullerkällorna, åtminstone då båda är klart störande.

störningar från trafikbuller kan därför förväntas att öka om/när flera aspekter än betalningsviljan avseende boendemiljö, vägs in.

### **Banverkets beräkningar av genomsnittliga (och totala) bullerkostnader**

Banverket har inom ramen för marginalkostnadsstudien utifrån en modell framtagen av Thomas Ivarsson (se Banverkets underlagsmaterial, bilaga 3) beräknat den samhällsekonomiska kostnaden för tågbuller på olika stråk och för olika tågtyper. Bullerstörningen från person- och godståg antas för olika stråk bero på trafikens omfattning och sammansättning samt på antalet utsatta personer.

Baserat på resultat från svenska störningsstudier antas andelen ”ganska+mycket störda” öka 1,5 gånger vid en fördubblad trafikmängd ( $=+3\text{dB(A) Leq}$ ). Utifrån ett antagande om att den relativa ekvivalentnivån för olika tågtyper speglar den relativa störningen, har godstågen beräknats vara ca tre gånger mer störande än persontågen. Snabbtågen har beräknats som ca 70 procent och persontåg med motorvagnar som ca 80 procent mindre störande än persontåg med RC-lok.

De totala samhällsekonomiska kostnaderna för järnvägsbuller har beräknats och satts i relation till trafikarbetet och dess fördelning på tågtyper. Godstågen, som utgör 20 procent av antalet tåg, står för ca 35 procent av antalet tågakilometer. Med utgångspunkt från detta och från uppgifter om antalet störda och medelårstrafiken vid olika stråk samt beräknad störning från olika tågtyper har godstrafiken beräknats svara för knappt hälften, 185 mkr, av den totala bullerkostnaden. Motsvarande kostnad för persontrafiken är 202 mkr. Trafiken vid Södra stambanan har beräknats svara för närmare hälften (ca 190 mkr) av den totala bullerkostnaden. Västra stambanan och Ostkustbanan tillsammans svarar för knappt 25 procent (ca 90 mkr). Resterande knappt 30 procent (ca 110 mkr) är jämnt fördelade på övriga stråk.

Den samhällsekonomiska bullerkostnaden per tågakilometer varierar kraftigt beroende på vilket stråk som trafikeras. Högst är den på Södra stambanan: ca 16 kr per godstågakilometer och ca 5 kr per persontågakilometer. Andra stråk med höga kostnader per tågakilometer är Nynäsbanan, Mäljarbanan, Dalabanan och Helsingborg-Hässleholm.

Vid Södra stambanan beräknas bullerkostnaden för ett s.k. interregiotåg (persontåg med RC-lok) till i genomsnitt 3300 kr per tur Stockholm-Malmö, medan motsvarande kostnad för ett godståg beräknas till 10000 kr. Motsvarande kostnad för resa Stockholm-Göteborg på Västra stambanan är ca 800 kr för ett interregiotåg och 2200 för ett godståg. För övriga stråk är motsvarande medelvärden 300 kr per tur för persontågen och 900 kr för godstågen.

Bullerkostnaden har också beräknats i relation till transportarbetet. För persontågen med RC-lok har bullerkostnaden per personkilometer på Södra stambanan sålunda beräknats till 2,6 öre. För snabbtågen, med antagandet om en kabinfaktor på 0,5, är motsvarande värde 1,2. Vid Västra stambanan har dessa värden beräknats till 0,8 för RC-loken, och 0,4 öre per personkilometer för snabbtågen.

Persontågen med RC-lok har beräknats svara för merparten – 188 mkr eller 93 procent – av persontågens totala bullerkostnader. Motorvagnstågen, som antas utgöra tio procent av det totala antalet persontåg, står för endast någon procent av kostnaden. Dock sker en stor andel av regionaltrafiken runt städerna Stockholm, Göteborg och Malmö och även mellan andra medelstora städer med motorvagnståg. Eftersom bullerkostnadsberäkningarna baseras på antagen medelvardagsdygnstrafik vid respektive stråk, kan motorvagnstågens andel av persontågens totala verkliga bullerkostnader vara högre än de beräknade.

Intensiv persontrafik med snabbtåg förekommer på Södra och Västra stambanan. Snabbtågens andel av persontågens bullerkostnad är högst för den Västra stambanan, åtta procent. Motsvarande andel för Södra stambanan är sex procent.

### Jämförelser med tidigare beräkningar

Lars Hansson har tidigare beräknat totala bullerkostnader för olika trafikslag genom att multiplicera antalet störda personer med framtagna värden för bullerstörning vid olika bullernivåer. Enligt den senaste beräkningen<sup>75</sup> som baseras på uppgifter om antalet bullerstörda för år 1990 och bygger på en schablonmässig utslagning av den totala bullerkostnaden på gods- resp. persontrafiken (ett godståg antas bullra fyra gånger mer än ett persontåg), uppgår bullerkostnaden till 2,89 öre per personkilometer och 0,75 öre per tonkilometer. Vi kan konstatera att Hanssons värden stämmer väl överens med Banverkets nya beräkningar för persontåg med RC-lok vid Södra stambanan och för godstrafiken vid Västra stambanan. Däremot avviker de kraftigt från beräknade kostnader vid de övriga stråken.

Per Kågeson skattade bullerkostnaden för X2000 och interregiotåg till ca 1,3 öre per personkilometer, vilket stämmer väl överens med Banverkets nu aktuella beräkning för snabbtåg vid Södra stambanan.<sup>76</sup> Däremot avviker Banverkets skattning för interregiotåg vid Södra stambanan resp. vid Västra stambanan kraftigt – den är dubbelt så hög resp. hälften av Kågesons.

### Marginalkostnaden

Syftet med denna studie är att beräkna den marginella bullerkostnaden, dvs. bullerkostnaden av ett tillkommande tåg i olika situationer. Frågan är därför hur pass väl som de av Banverket beräknade genomsnittskostnaderna svarar mot marginalkostnaderna.

SIKA menar att de av Banverket framtagna genomsnittskostnaderna, för olika tågtyper och stråk, bör kunna utnyttjas som en första indikativ beräkning av marginalkostnaderna. När uppgifter tillkommer om hur bullerkostnaden av

---

<sup>75</sup> Se Hansson, L., (1997), *Kostnadsansvaret för trafikens externa effekter, en jämförelse mellan vägtrafik och tågtrafik*. IIIIE Communications 97:4.

<sup>76</sup> Kågeson, P., (1998), *Konkurrensen mellan transportslagen efter en internalisering av de externa kostnaderna*. Banverket Rapport S 1998:1.

tillkommande tåg förändras vid olika trafikintensitet, finns underlag för en revidering.

Banverket har utifrån beräkningarna av den genomsnittliga bullerkostnaden för olika tågtyper vid olika stråk försökt beräkna den marginella bullerkostnaden. Försöket tyder enligt Banverket på att de marginella kostnaderna kan vara betydligt lägre än de genomsnittliga. Banverket drar slutsatsen att frågan om tågtrafikens marginella bullerkostnader behöver redas ut ytterligare inom ramen för banavgiftsuppdraget.

Banverkets beräkningar av genomsnittliga bullerkostnader baseras på medelvardagsdygnstrafiken och beräknat antal störda vid olika stråk. Eftersom bullerkostnaderna är ojämnt fördelade efter stråken på grund av, förutom trafikens omfattning, befolkningens ojämna fördelning längs stråken, framstår det som angeläget att differentiera beräkningen av kostnaderna per tågakilometer ytterligare efter t.ex. skillnader i befolkningstäthet.<sup>77</sup>

### **Åtgärder för att minska järnvägstrafikens bullerstörningar**

Järnvägsfordon omfattas idag varken av nationell eller internationell lagstiftning. Gränsvärden för buller finns dock angivna i EU:s s.k. höghastighetsdirektiv. I detta direktiv skiljer man på bullergränsvärden för stationer och linjetrafik.

Banverket ställer inga bullerkrav på vare sig nya eller gamla järnvägsfordon, eller på operatörer, i samband med fordonstillstånd eller spårmedgivande. Flera av de nordiska operatörerna ställer däremot bullerkrav i samband med upphandling av nya järnvägsfordon. Banverket genomför inte heller särskilda underhållsåtgärder eller underhållsmetoder i infrastrukturen, t ex tätare spårslipning, i syfte att reducera spårets bullerbidrag från källan hjul/räl.

Riktvärden anges för både dygnsekvivalentnivå och maximalnivå. Skillnaden mellan ekvivalentnivå och maximalnivå är 15 dBA. Utmed banan är skillnaden mellan ekvivalentnivå och maximalnivå i genomsnitt ca 20 dBA, vid tättrafikerade banor mindre, vid glest trafikerade mer.

Banverket tillämpar en målstyrning som inkluderar riktlinjer för både ekvivalentnivåer och maximalnivåer för ett antal olika miljöer; permanentbostäder, fritidsbostäder och vårdlokaler (inom- och utomhusnivåer), undervisningslokaler (inomhus), arbetslokaler (inomhus), samt rekreations- och friluftsområden med låg bakgrundsnivå. Dessa riktlinjer har fastställts utifrån perspektivet om ”nollstörning”. Policy och tillämpning för buller och vibrationer från spårburen linjetrafik (BVPO 724001) har tagits fram av Banverket i samarbete med Naturvårdsverket.

---

<sup>77</sup> Tågflödet, dvs. antal tåg per dygn, varierar kraftigt beroende på tågtyp. Godstrafiken är mycket intensiv på sträckorna Frövi-Laxå och Nässjö-Hässleholm och intensiv på sträckorna Bräcke-Ånge och delar av Bergslagsbanan (Gävle-Falun-Borlänge-Ludvika-Ställdalen). För persontrafiken gäller motsvarande framför allt intill storstadsregionerna. På ca 3 procent av det statliga järnvägsnätet produceras ca 40 procent av det totala antalet godstågakilometer, vilket innebär mer än 30 procent av den totala trafiken mätt i tågakilometer. Detta innebär att en stor del av den samhälls-ekonomiska kostnaden för bullerstörningar uppkommer i storstadsregionerna.

I samband med nybyggnad och väsentlig ombyggnad av järnvägar tillämpar Banverket de ovan angivna riktvärdena och i de flesta fall klarar man att reducera bullret till dessa nivåer. Vid tillämpningen tas hänsyn till vad som är tekniskt möjligt, ekonomiskt rimligt och miljömässigt motiverat. Riktvärdena ska ses som långsiktiga mål.

Etappmål 1 för befintlig miljö innebär att åtgärder ska vidtas för bostadslägenheter som exponeras för nivåer överstigande 55 dBA maximalnivå inomhus (i sovrum) nattetid avseende buller från järnvägstrafik. Åtgärder görs för boende som utsätts för fler än fem störningar per natt. Etappmålet omfattar närmare 20 000 bostadslägenheter (ca 50 000 boende), beräknat utifrån 1994 års inventering, varav ca 8 000 bostäder har åtgärdats.

Banverket ifrågasätter marginalkostnadsprissättning som styrmedel för att minska bullerstörningarna från tågtrafiken. Andra åtgärder, t.ex. differentierade avgifter och bullerkrav på fordon och rullande materiel, samt andra åtgärder på fordon och infrastruktur är enligt Banverket viktigare.

Banverket poängterar vidare att åtgärder främst bör inriktas mot de områden där bullerstörningarna främst uppstår och hänvisar till att omkring 30 procent av det totala trafikarbetet i tågakilometer sker på ca 3 procent av järnvägsnätet, i storstadsområdena med stor andel av befolkningen. I storleksordningen hälften av järnvägstrafikens totala samhällsekonomiska kostnader för bullerstörningar kan alltså antas uppstå i dessa begränsade områden. Det är också mot sådana storstadsområden med intensiv trafik som det nya förslaget till EU-direktiv (2000/0194, COD) i huvudsak riktar sig.

SIKA gör samma bedömning som Banverket beträffande vikten av att koncentrera insatserna till de särskilt utsatta delarna av järnvägsnätet. I motsats till Banverket ser dock SIKA en efter skillnader i marginalkostnader differentierad bulleravgift som ett lämpligt styrmedel för att uppnå önskade styreffekter.



## 6 Luftfarten

Detta kapitel bygger till övervägande delen på Luftfartsverkets rapport till SIKA, *Underlag för fortsatt utveckling av transportpolitikens kostnadsansvar* (LFV 2000-5748-051). Rapporten ses av Luftfartsverket som en utvidgning av förra årets underlagsrapport *Översyn av förutsättningarna för marginalkostnadsprissättning inom Luftfartssektorn* (LFV 2000-5235-053).

Redovisningen är uppdelad i fyra huvudavsnitt – infrastrukturkostnader, trängselkostnader, olyckskostnader samt emissionskostnader. Med infrastrukturkostnader avses här i huvudsak trafikvolymberoende kostnader för drift och underhåll av flygplatsanläggningar inklusive terminalanläggningar samt för flygtrafiktjänst.

För Luftfartens del saknas fortfarande underlag för att göra ens grova skattningar av flertalet av de externa effekterna och de marginalkostnader som är knutna till dem. Redovisningen är därför främst inriktad på att identifiera relevanta kostnads-komponenter. Vissa räkneexempel som syftar till att ringa in storleksordningen av marginalkostnaderna redovisas dock.

### 6.1 Infrastrukturkostnaderna

#### Indelningen av luftfartens infrastruktur

Luftfartens infrastruktur har av Luftfartsverket indelats i flygtrafiktjänst och annan infrastruktur. Den senare kategorin, som i princip omfattar själva flygplatserna med tillhörande terminalanläggningar, har i sin tur delats in i passagerarrelaterad respektive flygplansrelaterad infrastruktur.

#### Flygtrafiktjänstens infrastruktur

Den operativa flygtrafiktjänsten innefattar flygledningstjänst, flygbriefingtjänst, flygvädertjänst, flygteletjänst och flygräddningstjänst.

I flygledningstjänst ingår flygtrafikledning, vilket bl.a. omfattar flygkontrolltjänst och flyginformationstjänst med uppgift att<sup>78</sup>:

- förebygga kollisioner mellan luftfartyg inbördes
- förebygga kollisioner mellan luftfartyg på manöverområde och hinder på detta område

<sup>78</sup> Bestämmelser för flygtrafikledningstjänst (BFT), Luftfartsverket, 2001-09-20, LFS 2001:95.

- främja en välordnad flygtrafik
- lämna råd och upplysningar av betydelse för luftfartens säkerhet och effektivitet
- underrätta vederbörande enhet, när ett luftfartyg behöver räddningstjänst

Flygtrafikledningens operativa kontaktytor utgörs av tjänstgörande piloter ombord på respektive luftfartyg samt angränsande flygtrafikledningsenheter. Antalet passagerare och tillkomsten av ytterligare en passagerare utgör endast indirekt påverkan för flygtrafiktjänstens marginalkostnader genom att vara upphov till att ytterligare ett luftfartyg sätts in i trafik.

Luftfartsverket ansvarar i sin sektorroll för att flygtrafiktjänst tillhandahålls inom svenskt luftrum samt enligt internationella överenskommelser även inom luftrum över delar av internationellt vatten gränsande till den svenska territorialvatten-gränsen. De regler som gäller för luftfart inom svenskt ansvarsområde bygger på ICAO:s Chicagokonvention med tillhörande annex.

### *Lokal flygtrafiktjänst*

Luftrummet kring svenska flygplatser kan vara antingen kontrollerat eller okontrollerat. Inom kontrollerat luftrum ansvarar flygledare för att angivna separationskrav upprätthålls mellan olika luftfartyg, s.k. flygplatskontrolltjänst. Inom okontrollerat luftrum i närheten av flygplats har upprätthållande av separation mellan luftfartyg inbördes överlåtit till respektive befälhavare ombord på luftfartyg samtidigt som informationstjänst vid flygplats, s.k. AFIS-tjänst, utövas.

Vilken typ av tjänst, flygplatskontrolltjänst eller AFIS, som ska tillhandahållas styrs av uppställda flygsäkerhetskrav. Avgörande faktorer i detta avseende är bland annat typ av luftfart (linjefart, skolflyg, etc), trafikintensitet och –komplexitet samt andra närliggande flygplatser.

### *Flygtrafiktjänst, en-route.*

De delar av luftrummet som ej ligger i direkt anslutning till eller i närhet av flygplats kan, något förenklat, sägas utgöra luftrum för en-route ändamål. Även denna del av luftrummet delas in i kontrollerat och okontrollerat luftrum.

I det kontrollerade luftrummet finns uppställda separationskrav i höjd och sidled mellan luftfartyg. Det är flygledarens uppgift att säkerställa att dessa separationskrav inte underskrids genom utövande av områdeskontrolltjänst.

I det okontrollerade luftrummet lämnas information om förekommande trafik, s.k. flyginformationstjänst. Det är befälhavaren ombord på luftfartyget som har ansvaret för att flygningen i denna del av luftrummet genomförs på sådant sätt att ett minsta avstånd till övrig trafik och underliggande terräng eller hinder kan upprätthållas.

För en genomgång av dels luftrummet tjänsteutbud i form av operativ personal, flygledare, AFIS-tjänstemän, flyglederassistenter och teknisk personal, dels



utrustning och bestämmelser för flygtrafiktjänst lokalt resp. en-route, se underlagsrapporten.

### *Slutsats*

Det finns en mängd faktorer som kan utgöra grund för marginalkostnadsprissättning inom den operativa flygtrafiktjänsten. Till de mest framträdande hör vilken typ av tjänst som erbjuds, och därigenom vilken personalkategori som krävs, samt vilken utrustningsnivå som tillämpas.

### **Passagerarrelaterad infrastruktur**

Med passagerarrelaterad infrastruktur avses sådan infrastruktur som kan påverkas av passagerarvolymen. Föreliggande avsnitt syftar således till att ge en bild av de marginalkostnader som en passagerare ger upphov till vid passage genom en terminal.

Generellt gäller att hallar och andra publika områden dominerar terminalytorna. Genomströmningen av passagerare ger här upphov till olika former av slitage på anläggningar och utrustning, liksom till ett fortlöpande underhållsbehov i form av städning m.m. Som en utgångspunkt för arbetet att skatta marginalkostnaderna beskrivs i det följande olika delar av den passagerarrelaterade infrastrukturen. För att i praktiken kunna göra marginalkostnadsskattningar krävs bl.a. fördjupad kunskap om livslängden för relevant utrustning och kännedom om passagerarflöden genom terminalerna.

Det kan diskuteras i vilken utsträckning *incheckningen* ska räknas till den avgiftsrelevanta delen av infrastrukturen, eftersom arbetet i regel utförs av flygbolagen eller av dem kontrakterade företag<sup>79</sup>. Bagagetransportutrustning slits men marginalkostnaden är troligen liten. Storleken på slitaget bör dock enligt Luftfartsverket undersökas. Slitagekostnaden för säkerhetskontrollutrustningen bedöms vara mycket liten per passagerare. Gatekontrollen liknar situationen för säkerhetskontroll och incheckning. Slitaget på nosbryggan är både relaterat till de passagerare som passerar genom bryggan och till att positionen för nosbryggans öppning justeras efter flygplanets typ och placering.

Även anläggningar vid flygplatser i form av *tillfartsvägar, parkering och järnvägsstationer* bör uppmärksammas i sammanhanget. De delar av vägnätet som flygplatsen ansvarar för slits på samma sätt som andra vägar. Frågan är dock var gränsen mellan det allmänna vägnätet och det flygspecifika vägnätet ska dras. I stort sett alla tillfartsvägar hör till det allmänna vägnätet och finansieras ej av flygplatsen<sup>80</sup>. Var gränsdragningen mellan det allmänna vägnätet och flygplatsens vägnät ska dras med utgångspunkt från ett marginalkostnadsresonemang är dock en fråga som knappast behandlats tidigare.

---

<sup>79</sup> Ett undantag är Bromma flygplats där Luftfartsverket handhar incheckning för de flesta bolagen. Malmö Aviation sköter dock incheckningen i egen regi. Det andra undantaget är Jönköpings flygplats där incheckning för charter görs av Luftfartsverket.

<sup>80</sup> Ett exempel på vägar som däremot hör till flygplatsens vägnät är uppfartsrampen till avgångshallen vid Terminal 5 på Arlanda.

Passagerare som utnyttjar parkeringsplatser orsakar slitage på beläggning, bommar och övrig parkeringsutrustning. Dessa kostnader bedöms dock vara mycket små. Det är endast vid Arlanda flygplats som det för närvarande finns järnvägsstation inom flygplatsområdet. Slitagekostnaden uppstår antagligen främst på rulltrappor och hissar, men dessa hör i dagsläget inte formellt till flygplatsen, utan förvaltas av f-Banan Projekt AB, som ägs av Banverket och Luftfartsverket (50 procent vardera). Problemet att avgränsa flygets infrastruktur motsvarar fallet med tillfartsvägarna.

## Flygplansrelaterad infrastruktur

Med flygplansrelaterade infrastrukturkostnader avses här sådana kostnader som uppkommer till följd av ett tillkommande flygplan – dock ej flygtrafiktjänst som behandlas separat. Luftfartsverket har valt att denna gång koncentrera arbetet när det gäller den flygplansrelaterade infrastrukturen till flygplanens *rullbaneslitage*. Slitage på taxibanor, uppställningsplatser och övrig infrastruktur är också relevanta, men behandlas alltså inte.

Slitage i den meningen att däcken sliter direkt på beläggningen, och t.ex. ger upphov till spårbildning, är obetydlig på rullbanor. Det trafikberoende slitaget består i stället av *bärighetspåverkan*. Vid påfrestning på banan bildas mikrosprickor som sedan växer vid ytterligare belastning. Det förefaller naturligt att anta att det största slitaget av banan sker vid landningens sättningspunkt, men det är i stället i startens inledningsskede som slitaget är störst. Det beror på att flygplanen i detta skede saknar lyftkraft och dessutom väger mer än vid landningen. Detta styrks av faktiskt slitage på Arlandas bana 08-26 där start och landning i princip alltid sker mot öster respektive väster. Som man kan förvänta sig har denna banas västra del slitits snabbare än dess östra del.

Det är egentligen endast på Arlanda och Landvetter samt möjligen på Sturup som det finns ett nämnvärt trafikberoende slitage på rullbanorna. På övriga flygplatser är trafikvolymen så liten att slitaget i princip uteslutande sker genom *klimatpåverkan och snöröjning*. Deformation av bankroppen verkar inte vara betydelsefullt. På vissa flygplatser finns problem med sättningar, men dessa är inte kopplade till trafikvolymen, utan till markens beskaffenhet och banans konstruktion.

De viktigaste underhållsåtgärderna på rullbanor är omtoppning, recycling, bindemedelsförsegling, slamförsegling och gummiborttagning.

Omtoppning innebär att banan får ett nytt slitlager. Recycling väntas i framtiden i stort sett ersätta omtoppning, eftersom recycling är fördelaktig ur såväl miljö- som kostnadssynpunkt. Livslängden på slitlagret efter recycling förväntas dock minska till ca 10 år, jämfört med dagens ca 15 år med traditionell omtoppning. Vid en recycling fräses den gamla beläggningen upp och ett förnyngsmedel tillsätts för att göra bituminet mjukare. Bitumen hårdnar nämligen med tiden bl.a. genom oxidation. Recycling+ är en recycling, som kompletteras med ett tunt nytt lager beläggning med polymerbitumen för att få ett bindemedel som påverkas mindre av de rester av avisningsmedel som hamnar på banorna.

Bindemedelsförsegling innebär att en vätska bestående av föryngringsmedel och bitumen sprutas på banan. Syftet med åtgärden är att få stenmaterialet i beläggningen att hänga samman bättre.

Slamförsegling görs genom att ett slam bestående av bitumenemulsion och cement sprutas på banan och bildar ett skikt på 2-3 mm ovanpå den gamla beläggningen. En del av slammet tränger ned och föryngrar den gamla beläggningen.

Gummi från flygplanens däck avsätts särskilt kring landningens sättningspunkt. Gummibeläggningen som bildas på banan minskar friktionen och på banor med mycket trafik måste därför banan rengöras från gummi. Detta arbete kan utföras på åtminstone tre olika sätt: genom mekanisk borstning, konventionell högtryckstvätt eller s.k. ultrahögtryckstvätt.

I Luftfartsverkets studie har endast omtoppning undersökts eftersom den är den enskilt klart dyraste underhållsåtgärden. Det finns antagligen anledning att återkomma till övriga åtgärder vid en fördjupad analys.

### *Empirisk undersökning av trafikvolymberoende slitage*

#### Metod

Ett sätt att empiriskt undersöka det trafikvolymberoende slitaget är att jämföra trafikvolymen på ett tvärsnitt av flygplatser med den tid som ytlagret håller på respektive flygplats. Hur länge ytlagret håller beror naturligtvis på vilka underhållsåtgärder som utförs, men här bortses från skillnader i användandet av binde- medels- och slamförsegling mellan olika flygplatser. I stället antas tiden mellan omtoppningarna vara ett mått på den tid ytlagret håller. Hypotesen är att ytlagret håller kortare tid på flygplatser med större trafikvolym.

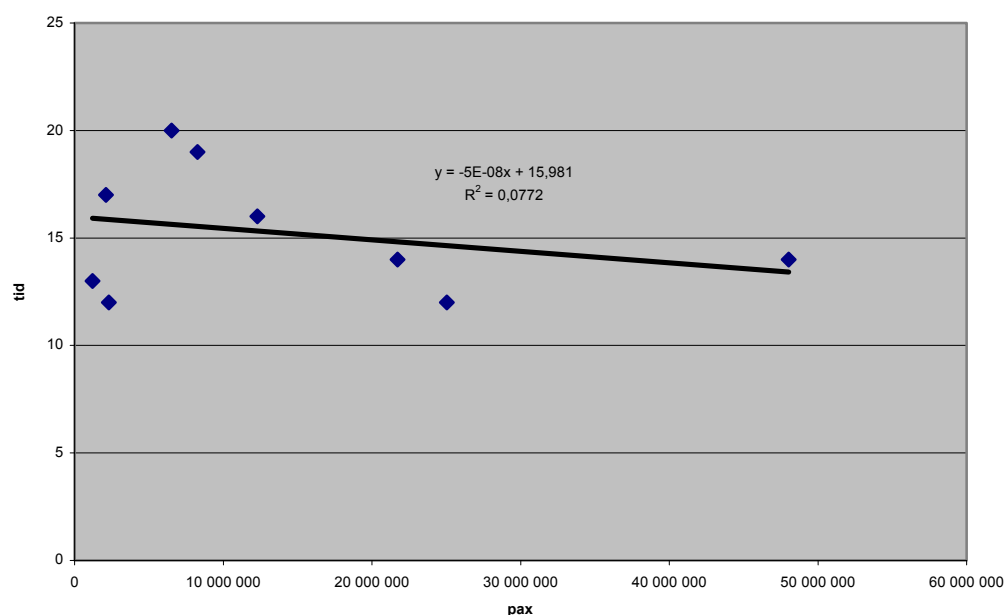
#### Dataurvalet

Urvalet av flygplatser måste göras så att en tillräcklig variation i trafikvolymen erhålls. Det skulle vara intressant att inkludera Arlanda i materialet, men banorna på Arlanda har haft betongbeläggning, vilket medför att dessa tyvärr inte är jämförbara med övriga flygplatsers banor, vars beläggning är av asfalt. De största flygplatser som ingår är därför Landvetter och Sturup. Nästa flygplats i storleksordning är Luleå, men där finns både civil och militär trafik, vilket gör jämförelsen mot trafikvolymen svårare. Därför har Umeå valts som den tredje flygplatsen i urvalet. För att få med mindre flygplatser har Visby och Norrköping tagits med. Av tabellen nedan framgår vilka flygplatser som ingår och när dessa fått ny beläggning. De planerade åtgärderna på Norrköping, Sturup och Landvetter flygplatser kommer att bestå av recycling och inte omtoppning.

**Tabell 6.1. Tidpunkter för ny beläggning och planerad recycling.**

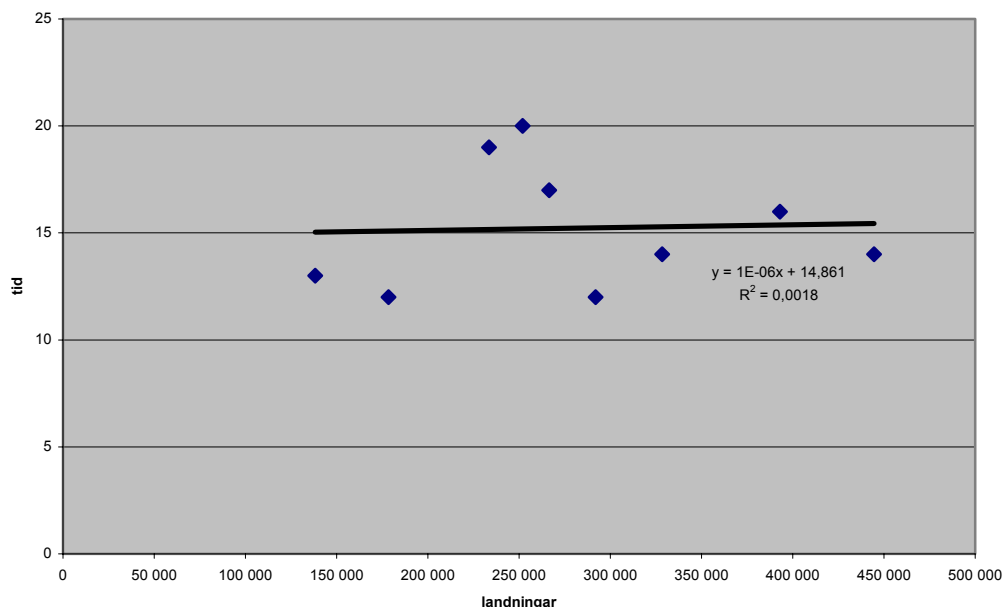
Landvetter	Sturup	Umeå	NRK (banförlängning 500m -87)	Visby
1978	1972	1961	1973	
1990	1988	1974	1990	1974
2004	2002	1993	2002	1994

I figur 6.1, 6.2 och 6.3 visas hur tiden mellan omtoppningar varierar med olika mått på trafikvolymen.

**Figur 6.1. Samband mellan antal passagerare och tid mellan omtoppningar.**

I figur 6.1 har tiden mellan omtoppningar plottats mot antalet passagerare. En linjär regression av sambandet antyder att tiden mellan omtoppningar visserligen blir något kortare vid större trafikvolym, men sambandet är mycket svagt. Detta framgår av den låga förklaringsgraden (0,08). Sambandet är vidare mycket känsligt för när recycling kommer att genomföras på Landvetter. Om denna åtgärd skulle skjutas upp ett år, skulle förklaringsgraden minska till 0,03 och linjens lutning närma sig noll. Därför måste slutsatsen bli att det *inte* finns empiriskt stöd för att rullbanor toppas om oftare på flygplatser med hög trafikvolym.

Om man i stället jämför tiden mellan omtoppningarna med antalet rörelser är förklaringsgraden så låg att det är meningslöst att uttala sig om resultatet (figur 6.2).

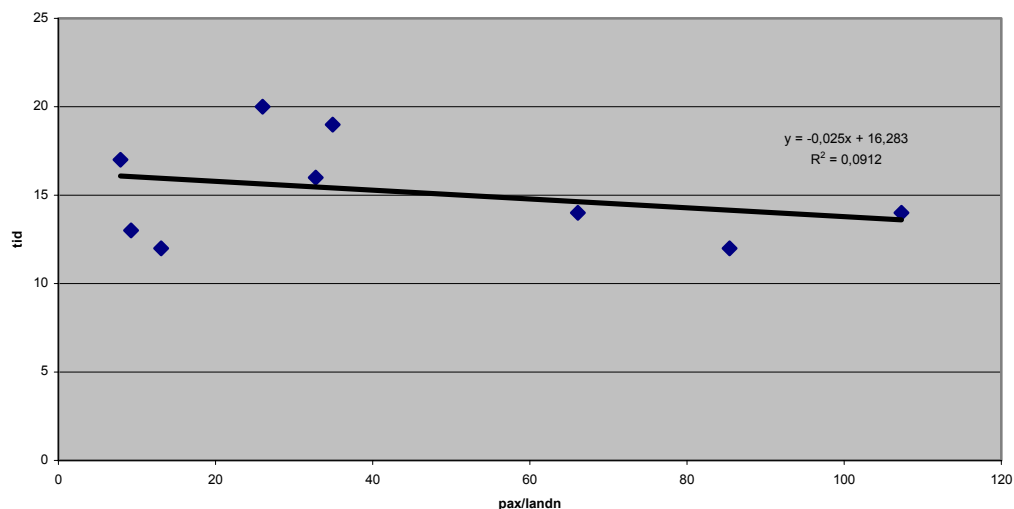


**Figur 6.2. Samband mellan antal landningar och tid mellan omtoppningar.**

I figur 6.3 har tiden mellan omtoppningar plottats mot antalet passagerare per rörelse. Denna variabel är ett mått på flygplanens genomsnittsvikt. Den låga förklaringsgraden (0,09) gör att man inte kan dra några slutsatser om hur flygplanens genomsnittsvikt påverkar livslängden på beläggningsen.

Då man ser de svaga sambanden mellan volym och tid mellan omtoppningar ligger det nära till hands att tro att det kan finnas stora skillnader i beläggningsens tjocklek och kvalitet mellan olika flygplatser. I så fall skulle slitagekostnadens storlek till stor del hänföras till investeringsskedet. Sanningen är att slitlagret på rullbanorna normalt sett är 4-5 cm tjockt oberoende av flygplatsens trafikvolym. Som ett exempel kan nämnas att slitlagret på den nya banan på Arlanda är 4 cm. Beläggningsens kvalitet är inte heller något som anpassas efter trafikvolymen. Kvalitetsskillnaderna är mycket små.<sup>81</sup>

<sup>81</sup> Luftfartsverket nämner att asfalten på Visby flygplats innehåller kalksten som vittrar, och därigenom ger försämrade hållbarhet.



**Figur 6.3. Samband mellan antal passagerare per landning och tid mellan omtoppning.**

En annan möjlig jämförelse är att se på investeringsutgifterna för nybyggnation av rullbanor. Det finns mycket få exempel på någorlunda aktuell nyproduktion av rullbanor i Sverige. Här jämförs Karlstad, som fick helt ny flygplats i mitten av nittioalet, med den tredje banan på Arlanda. För Karlstad uppgick investeringsutgiften för det som kallas fältanläggningar exklusive el och tele till knappt 130 mkr, eller i dagens penningvärde mellan 140 och 150 mkr. För Arlandas del investeras i ett helt nytt bansystem med totalt 13,5 km rull- och taxibanor samt dessutom en större avisningsplats. En rimlig schablonmässig fördelning av kostnaderna är att 23 procent av den totala kostnaden för bansystemet (exklusive el och tele) hör till själva rullbanan. Med detta beräkningssätt erhålls en investeringskostnad för banan på mellan 180 och 190 mkr. Det betyder att det inte föreligger några stora skillnader i kostnader för en rullbana på en mindre flygplats och på Arlanda. Den skillnad som trots allt finns kan antagligen till stor del förklaras av skilda markförutsättningar och annan banlängd.

### Slutsatser

Slutsatsen av Luftfartsverkets studie är att det trafikvolymberoende slitaget på rullbanor verkar vara försumbart. Den enda slitagekostnad som förefaller ha viss betydelse är gummiborttagning. Storleken på denna kostnad har emellertid inte kunnat skattas inom ramen för detta uppdrag.

## 6.2 Trängselkostnaderna

Inledningsvis behandlas trängsel inom de delar som rör flygtrafiktjänsten. Därefter redovisas erfarenheter och kommande arbete rörande den uppföljningsmodell för punktligheten i flygtransportsystemet som utvecklas för svenska

flygplatser. Slutligen beskrivs hur slottider fördelas idag. Trängsel inom terminaler behandlas inte.

### **Trängsel med avseende på flygtrafiktjänsterna**

Kapaciteten inom det europeiska luftrummet har debatterats flitigt under senare år och frågan accentuerades under 1999 då förseningstalen för flygtrafiken sköt i höjden. Detta berodde delvis på Kosovokriget, men också som en konsekvens av flera års trafikökning i kombination med bristfällig luftrumsstruktur och ineffektivt utnyttjande. Det var också under 1999 som kapacitets- och förseningsproblematiken på allvar hamnade på den politiska agendan och Kommissionen påbörjade arbetet med "Single European Sky".

Konsekvensen av den vikande konjunkturen under inledningen av 2001 i kombination med de tragiska händelser som drabbat luftfarten under hösten 2001, har blivit att trafikvolymen har reducerats väsentligt med stora ekonomiska effekter som följd. Även förseningarna inom europeisk luftfart har minskat av denna anledning. Den politiska viljan är ändå att arbetet med kapacitetsutbyggnad ska fortsätta i syfte att den europeiska luftfarten ska stå bättre rustad inför kommande återhämtning och förväntade trafikökningar.

Inom Eurocontrol har kapacitets- och förseningsproblematiken medfört att man bildat ett oberoende forum, Performance Review Commission (PRC), med uppgift att granska den europeiska situationen och att ansätta nyckeltal för samtliga medlemsstater avseende i första hand kapacitet, säkerhet och ekonomi. Dessa tre områden kommer i ett senare skede att kompletteras med nyckeltal på miljöområdet. PRC har även låtit genomföra jämförelser mellan europeiska förhållanden och situationen på den amerikanska marknaden<sup>82</sup>.

Som en utgångspunkt finns dock de grundläggande operativa separationskraven, vilka ger en yttersta begränsning för hur många luftfartyg som samtidigt kan tillåtas befinna sig inom ett avgränsat område.

### ***Kapacitetsförhållanden i lokal flygtrafiktjänst***

I ett tänkt fall med utrustning motsvarande minimikraven för instrumentflygplats och med ett minimum av flygtrafikledningspersonal uppnås en lägsta kapacitet för flygtrafiktjänsten vid respektive flygplats. Stegvisa kapacitetsökningar kan åstadkommas genom utökade öppethållningstider, tillgång till radardata, utökad personalstyrka, komplettering av personal, etc. Vissa åtgärder åstadkommer omedelbara kapacitetsförändringar medan andra åtgärder endast kan tillföra ökad kapacitet i kombination med ytterligare någon eller några åtgärder.

På en flygplats finns det dock ett stort antal begränsande faktorer som gör att flygtrafiktjänsten inte kan utnyttja sin kapacitet fullt ut. Hit hör bl.a. flygplatsens infrastruktur såsom utformning av rullbanor, taxibanor och uppställningsplatser,

---

<sup>82</sup> Dessa kontakter och efterföljande redovisning genomfördes före händelserna den 11 september 2001.

utformning av terminalbyggnader med avseende på olika typer av passagerarutrymmen, men även dimensionering av flygplatsens brand- och räddningsstyrka, flygplatsens val av inflygningshjälpmedel, etc.

Vilka kapacitetshöjande åtgärder som är befogade måste avgöras från fall till fall för varje flygplats. Till exempel behöver tillkomsten av ytterligare rörelser (flygplans avgång eller ankomst) under perioder av lågtrafik inte föranleda någon åtgärd alls, medan motsvarande trafikökning under redan trafikintensiva perioder i vissa fall kan kräva uppdelning i nya, mindre ansvarsområden och tillförsel av såväl nya radiofrekvenser som förfinade övervakningssystem, och mer personal. Antalet möjliga scenarios är i det närmaste oändligt.

Även om tjänsteutbudet är lika, finns det således inte två flygplatser i Sverige med samma uppbyggnad. Faktorer som inverkar på den lokala flygtrafiktjänstens utövande är t ex:

- förväntad trafikvolym
- trafikvolymens fördelning under veckan och dygnet
- förekomst av militär luftfart
- operativa krav från flygbolag
- krav från Luftfartsinspektionen
- behov av meteorologiska uppgifter
- regionalpolitiska bedömningar och behov, t.ex. för ambulansflygningar och postförsändelser
- flygplatsens infrastruktur och fysiska planering, etc.

Ovanstående faktorer inverkar i sin tur på bemanning med avseende på såväl antal som kategori, och under vilka tider tjänsten ska finnas tillgänglig.

### *Slutsats*

Luftfartsverkets slutsats är att det efter mer ingående studier skulle vara möjligt att dela in flygtrafiktjänsten i ett antal produkter och produktkategorier med avseende på marginalkostnadsprissättning. Detta bedöms dock kräva en omfattande arbetsinsats då variablerna är många. Det skulle även kunna resultera i att marginalkostnaderna för flygtrafiktjänst ändå måste bestämmas individuellt för varje flygplats.

### *Kapacitetsförhållanden avseende flygtrafiktjänst en-route*

Det svenska luftrummet är i dagsläget indelat i tre olika flyginformationsregioner (FIR). Flygtrafiken övervakas och separation upprätthålles genom tillhandahållande av områdeskontrolltjänst från tre områdeskontrollcentraler (ACC), en för vardera FIR.

De yttre gränserna för det svenska ansvarsområdet utgör kontaktyta mot andra europeiska nationers ansvarsområden och deras respektive ACC. Det svenska ansvarsområdet gränsar till totalt 12 omgivande FIR. Dessa har en utrustningsnivå



och arbetsmetodik som kan skilja sig från den svenska, men som ändå uppfyller uppställda internationella krav.

Inom varje avgränsat FIR är luftrummet uppdelat i ett varierande antal mindre områden, s.k. sektorer. Sektorerna är utformade med hänsyn till trafikmängd, utseende på förhärskande trafikflöden, etc. Varje sektor åsätts ett värde på det maximala antal flygrörelser som kan hanteras under 1 timme. Det åsatta värdet anger sektorns kapacitet och grundas på ett stort antal faktorer; först och främst begränsningar på grund av gällande separationsbestämmelser samt trafikflödet inom sektorn. Därtill kommer faktorer såsom tillgång till och eventuella begränsningar i tekniska hjälpmedel, tillgång till personal, etc.

Utformningen och indelningen av luftrummet i sektorer är, liksom åsättandet av kapacitetsmått, föremål för kontinuerlig uppföljning i syfte att nå ett så optimalt utnyttjande av det svenska luftrummet som möjligt.

Kapacitetsbrist i luftrummet uppstår då ett större antal luftfartyg önskar passera igenom en luftrumssektor än vad den mest begränsande faktorn kan medge. Sådana lägen kan idag förutses genom det samarbete som etablerats inom flygsäkerhetsorganisationen Eurocontrol och dess 30 medlemsstater.

Förutsägelser avseende eventuell kapacitetsbrist erhålls genom det internationella kravet att i förväg lämna in färdplan för varje enskild flygning som ska genomföras. I färdplanen anges alla detaljer som krävs för flygningens säkra framförande från avgång till destination, såsom flygväg, typ av flygplan, marschhöjd och -hastighet, etc. Färdplanerna sänds till en europeisk, centraliserad färdplaneringsfunktion och distribueras därifrån vidare till samtliga berörda flygtrafikledningsenheter i Europa samt till Central Flow Management Unit (CFMU) inom Eurocontrol.

CFMU har tillgång till samtliga europeiska luftrumssektors kapacitetsmått och kan genom samkörning av dessa och samtliga tillgängliga färdplaner beräkna var och när det är troligt att en situation med högre efterfrågan än tillgänglig kapacitet kan uppstå. Med dessa beräkningar som grund har CFMU befogenhet att planera och lägga ut restriktioner för flygtrafiken i berörda delar av det europeiska luftrummet i avsikt att säkerställa att ingen luftrumssektor ställs inför situationen att behöva ta emot en större trafikvolym än vad som faktiskt kan hanteras. De restriktioner som beslutas av CFMU resulterar i att de flygningar som haft för avsikt att passera en befarat överbelastad del av luftrummet meddelas en reviderad avgångstid. Av flygsäkerhets- och miljöskäl, men också av ekonomiska skäl, väljer man alltså vid situationer av förväntad överbelastning i luftrummet att låta luftfartyg vänta på marken istället för att fördröja luftfartyg under flygning.

De förseningar som uppstår i Europa av idag har till största delen sitt ursprung i det centraleuropeiska luftrummet där bristen på kapacitet är betydande jämfört med förhållanden i t ex de nordiska länderna. Det är dock mycket ovanligt att den flygande allmänheten får kännedom om var förseningen har sitt ursprung och vad som är orsaken. Detta tillsammans med förfarandet att låta luftfartyg vänta på marken gör att passageraren ofta uppfattar att orsaken till förseningen ligger på

avgångsflygplatsen eller i dess närhet, vilket är till nackdel för synen på den svenska infrastrukturen och flygtrafiktjänsten.

### *Regularitet*

Med detta avses här förmågan att upprätthålla och säkerställa att planerad flygtrafik i största möjliga omfattning kan genomföras utan tidtabellsmässiga störningar även vid onormala eller mindre gynnsamma situationer. Säkerställande av en viss regularitetsnivå kan uppnås genom investeringar i olika typer av tekniska system eller hjälpmedel som på ett eller annat sätt reducerar verkningarna av de olika störningar som kan uppstå för flygtrafiken.

Till exempel finns ett antal nivåer för flygplatsernas instrumentlandningssystem (ILS). Det mest grundläggande benämns kategori 1 (CAT I) medan kategori 3 (CAT III) innebär att flygtrafikledningen kan upprätthålla trafikflödet och piloter kan genomföra landningar även i dimma vilket annars inte är möjligt. För flygplatsen och flygtrafikledningen innebär en investering i en ILS CAT III utrustning inte någon kapacitetsökning i sig men är däremot ett sätt att säkerställa regularitet vid flygplatsen. Vid svenska instrumentflygplatser är ILS CAT I standard. Vid några av våra större trafikflygplatser finns även ILS CAT II.

Det finns ett stort antal möjligheter till investeringar i reservanläggningar och dubblerade tekniska system för den operativa flygtrafiktjänstens bedrivande och därmed upprätthållande av luftfartens regularitet. Alla regularitetsfrämjande åtgärder innebär normalt också investeringskostnader vilka måste värderas mot de intäktsbortfall som minskad regularitet kan medföra.

### *Slutsats*

Tillgången till luftrum utgör i vissa delar av Europa en knapp resurs. Vissa europeiska flygplatser har även en betydligt större efterfrågan än tillgänglig kapacitet. Detta medför stora ekonomiska konsekvenser för de flygbolag som opererar på den europeiska flygmarknaden oavsett var bolaget har sin hemvist. Det finns en mängd kapacitetshöjande och regularitetsbefrämjande åtgärder och investeringsmöjligheter. Gemensamt för samtliga är dock att det är varje flygplats och luftrumssektors unika utformning tillsammans med identifierade begränsande faktorer som avgör vilken åtgärd eller investering som är ekonomiskt sett lämpligast. Samtidigt spelar säkerhetskrav och miljöaspekter en betydelsefull roll.

### **Trängseffekter på Arlanda – en fallstudie**

Regeringens regleringsbrev till Luftfartsverket för verksamhetsåren 2000 och 2001 ställer krav på att verket årligen återrapporterar till regeringen hur förseningssituationen i svensk flygtrafik utvecklas, tillsammans med en översiktlig orsaksbeskrivning.

För att kunna värdera trängseffekter måste man först kunna mäta och följa upp förseningar i flygsystemet som orsakas av trängsel i luften, på taxibanan, på

startbanan, vid avisningsplats, vid gate eller remote gate etc. Sedan år 1999 har Luftfartsverket utvecklat ett system - DARSAs (Delay Analysis Report at Swedish Airports) - som skapar förutsättningar att mäta förseningar och därmed även att värdera trängseffekter på sikt.

Arbetet har inriktats på att skapa en uppföljningsmodell som mäter punktligheten i flygtransportsystemet till/från samt inom Sverige med Arlanda flygplats som fallstudie. Modellen ger dessutom förutsättningar för att utveckla en orsaks- och konsekvensanalys av förseningar.

Flygbolag har bäst möjlighet att påverka, följa upp och mäta händelseförlopp före en påbörjad flygning, såsom incheckning, embarkering, lastning, städning, tankning, planering av flygningen, klargörandet av flygplanet och planering av personal och besättning med mera. Därför följer flygbolag upp förseningsorsaker och förseningstider i första hand i relation till tidtabellsenlig avgångstid och de gör det enligt en internationellt vedertagen metod. Den av Luftfartsverket utvecklade uppföljningsmodellen av förseningar använder samma metod som flygbolagen som utgångspunkt för förseningsuppföljning. DARSAs följer även upp förseningar som uppstår i förhållande till tidtabellsenlig ankomsttid. Genom utveckling av DARSAs finns stora möjligheter att kunna följa upp och utvärdera förseningspåverkan från infrastruktur såsom inflygningshjälpmedel, bankapacitet, flygtrafikledning, antal parkeringsplatser för flygplan med mera. Uppföljning enligt denna modell kompletterar den punktlighetsuppföljning som flygbolagen gör.

Slutsatsen från DARSAs-rapporten för år 2000 är att förseningssituationen inom Europa har förbättrats under år 2000 i jämförelse med 1999 då förseningsproblemen var osedvanligt stora. Detta gäller både med hänsyn till ökad trafikmängd och ökat antal resenärer. År 2000 har varit ett år med mycket få oregelbundna störningar i form av omfattande tekniska problem, stora luftrumsförändringar, arbetsmarknadskonflikter eller politiska oroligheter. Året kan därför anses beskriva ett normalår eller ett typår som är användbart vid framtida jämförelser.

Av rapporten framgår att huvuddelen av förseningarna ligger inom en kvart, och att den genomsnittliga förseningstiden för försenade flygningar är måttlig. Data från bland annat intresseorganisationen AEA (Association of European Airlines) visar att Arlanda är en av de bästa flygplatserna i Europa i fråga om punktlighet. CODAs (Central Office for Delay Analysis) siffror visar att sådana förseningar som betecknas som trafikledningsförseningar (Air Traffic Flow Management), oftast inte beror på flygplatsen eller svenskt luftrum, utan är konsekvenser av problem på andra håll i Europa. När mycket dåligt väder eller annan generell förseningsorsak inträffar på högtrafikdagarna torsdag och fredag så genererar detta omfattande förseningar bl.a. på Arlanda.

Enligt AEA är de tre vanligaste orsakerna till flygförseningar följande: följdförsening (*reactionary*) på grund av försening på flygningen innan, förseningar orsakade av regleringar i flygtrafikledningen (*ATFM delay*) och tekniska problem relaterade till flygplanet (*technical+aircraft equipment*). Minst 2/3 av alla förseningar i Europa täcks in av dessa tre kategorier.

CODA rapporterar att förseningssituationen är bättre i de nordiska länderna än i andra delar av Europa. Även AEA rapporterar att det är de nordiska flygplatserna som har minst andel förseningar. På Arlanda flygplats är det färre än 15 % av flygningarna som är mer än 15 minuter försenade (siffran gäller endast de bolag som ingår i AEA). Detta kan jämföras med storleksmässigt likvärdiga flygplatser såsom Bryssel och Zürich som har ungefär dubbelt så stor andel förseningar överstigande 15 minuter.

I underlagsrapporten redogör Luftfartsverket för förseningar under år 2000 och orsaker till dessa. Bland annat redogörs för antalet försenade flygningar på Arlanda, förseningarnas säsongvariation och genomsnittsförseningens storlek för olika typer av flygningar.

### *Kapacitetssituationen på Arlanda*

När kapacitetssituationen ska beskrivas måste ett antal faktorer beaktas och kombineras. De huvudsakliga byggstenarna är ban-, terminal-, uppställnings- och flygtrafikledningskapacitet.

#### Bankapacitet

Arlanda flygplats har idag två rullbanor, bana 01/19 och bana 08/26. Den totala rörelsekapaciteten är idag 73 starter och landningar per timme. Det är främst under trafiktopparna under morgon och kväll (07-09, 17-19) som trängseffekter uppstår eller kan uppstå.

Bana 3 färdigkonstruerades i slutet av december år 2001. Nya förutsättningar i miljöprövningen gör att driftsättning kan ske först under våren 2002. Det beräknade kapacitetstaket med bana 3 kommer att vara 90 rörelser per timme. Kapacitetsökningen kommer att ske successivt p.g.a. tekniska överväganden och för att matcha övriga infrastrukturåtgärder på Arlanda. Efter ett år bedöms kapacitetsnivån nå 80-82 rörelser per timme för att tidigast under senare delen av år 2003 nå 90 rörelser per timme.

#### Terminalkapacitet

Arlanda flygplats bygger nya terminalområden både för frakt- och passagerartrafik för att möta en ökad trafiktillväxt när marknaden åter har normaliserats. Arlanda kommer i framtiden att uppdelas i två sektorer, Arlanda Syd (nuvarande terminal 2,3 och 4) samt Arlanda Nord (nuvarande terminal 5 samt den en ny terminalbyggnaden, pir F, som är under konstruktion). Det rådande ekonomiska läget samt övriga marknadsförutsättningar gör att Luftfartsverket beslutat avvakta med investeringarna i nya Arlanda Syd. Arlanda Nord färdigställs med nya ramper och uppställningsområden för flygplan och beräknas kunna driftsättas under 2004.

Förutsättningarna för att höja kapaciteten på Arlanda och därmed minska trängseffekterna under högtrafiktid beror således på ett antal samverkande

faktorer. Det inbördes beroendeförhållandet mellan faktorerna kan illustreras med följande enkla exempel: Även om bana 3 ger möjlighet till 90 rörelser i timmen behöver detta inte innebära att det finns terminalkapacitet och uppställningsplatser för att kunna ta emot en sådan trafikökning under en timme. Restriktioner i luft- rummet över Europa, eller dåligt väder över Stockholmsområdet, kan begränsa flygtrafikledningens kapacitet och bankapaciteten, vilket kan innebära minskade rörelser på Arlanda. För att kunna bedöma Arlandas kapacitetsökning måste en samlad bedömning av Arlandas kapacitetssituation göras. Det är bland annat av detta skäl som kapacitetsnivån på Arlanda ökar successivt efter driftsättningen av bana 3.

## **Samordningen av ankomst- och avgångstider – fördelningen av slots**

### *Regelverket för fördelning ankomst- och avgångstider*

Traditionellt fördelas ankomst- och avgångstider (slottider) hos flygplatser med trängselproblem enligt IATAs rekommendationer på området. De innehåller administrativa procedurer och rekommendationer om prioriteringsordning vid fördelning mm. Systemet, som skapades redan 1947, är uppbyggt på att aktörerna själva administrerar fördelningen av slottiderna. Avgångstiden på en flygplats måste ju vara anpassad till ankomsttiden på en annan flygplats. I Europa var det tidigare mycket vanligt att de nationella flygbolagen fick i uppdrag att fördela slottiderna på hemlandets flygplatser. Numera administreras slotfördelningen i Europa av självständiga organisationer, som t.ex. i Sverige av Airport Coordination Sweden. IATAs rekommendationer uppdateras fortlöpande.

Inom EU infördes bindande regler 1993 genom rådets förordning 95/93 om gemensamma regler för fördelning av ankomst- och avgångstider på gemenskapens flygplatser. Syftet med förordningen var att skapa ett gemensamt regelverk för fördelning av slottider anpassad till den liberaliserade europamarknaden och den ökade konkurrensen inom luftfarten. Förordningen bygger på att fördelningen av tider sker på basis av neutrala, genomblickbara och icke-diskriminerande regler. Den är till stor del en kodifiering av redan etablerad praxis, men går längre i ett par avseenden: Den ålägger medlemsstaten att besluta om det finns ett behov av att samordna en flygplats och den föreskriver ett visst institutionellt arrangemang och ett system med juridiskt bindande regler för fördelningen.

I Sverige är det Arlanda och Bromma flygplatser som har pekats ut som fullständigt samordnade (fully coordinated) flygplatser, dvs. för att omfattas av koordinering enligt rådets förordning 95/93. Bromma utpekades från och med 2001. I Brommas fall är det miljörestriktioner snarare än bristande bankapacitet som begränsar tillträdet.

### *Slotallokering i praktiken*

Slottförordningen fastslår att ankomst- och avgångstider vid en bristsituation ska fördelas av en samordnare (koordinator) för flygplatsen. Koordinatoren ska agera i

enlighet med förordningen på ett neutralt, icke-diskriminerande och genomblickbart sätt. Koordinatorn ska även delta i sådana internationella tidtabellskonferenser för flygbolag som tillåts enligt gemenskapsrätten. Med detta avses de världsomspännande slottkonferenser som arrangeras av IATA. Sådana konferenser hålls två gånger per år och riktas till alla flygbolag och koordinatörer. På en av de senaste konferenserna var 260 flygföretag närvarande och antalet delegater uppgick till ca 1 100.

Inför konferenserna, som hålls mer än tre månader innan respektive säsong tar sin början, inkommer flygbolagen med önskemål om slottider. Koordinatorn sammanställer sedan tiderna under strikt sekretess. Under sammanställningen tillämpas de prioriteringsprinciper som återfinns i slottförordningen och i IATA:s rekommendationer. En grundprincip i prioriteringen är att de som redan flyger på en viss tid får flyga på samma tid under nästkommande säsong ("historisk rätt" eller "grandfather's rights"). Vidare prioriteras ändringar av tidtabellen och nytillträdande flygbolag ges företräde. De sistnämnda har rätt till 50 % av tiderna i den s.k. ankomst- och avgångstidsreserven (slottpool) när den initiala fördelningen till historiska tider och tidtabellsändringar genomförts. Tider som inte används ska returneras till koordinatorn för vidare fördelning.

På konferensen meddelar koordinatorn de berörda flygbolagen resultatet på deras ansökan. De bolag som inte fått den önskade tiden erbjuds den närmaste kommande tiden och bolagen bereds tillfälle att anpassa sina tidtabeller med hänsyn till den nya situationen. Efter konferenserna sker ett ständigt pågående arbete mellan flygföretag och koordinatörer för anpassning av tiderna till ändrade förutsättningar som till exempel önskemål om utökning av trafiken, minskning av trafikutbudet, förändringar i flygplanflottan och kapacitetsförändringar på flygplatserna.

### *Reglernas tillämpning i Sverige*

Luftfartsverket, som är behörig myndighet, har givit Airport Coordination Sweden (ACS) i uppdrag att samordna och fördela avgångs- och ankomsttider på Arlanda och Bromma. ACS har bildats som en ekonomisk förening av flygföretag med uppgift att samordna slottiderna enligt gemenskapsreglerna. I dess styrelse sitter representanter för svenska flygbolag och Luftfartsverket.

Tre personer arbetar nu på heltid för ACS, varav en person är huvudansvarig för fördelningen av slottider. År 2000 då endast två personer arbetade för ACS uppgick de totala kostnaderna för verksamheten till c:a 1,7 miljoner kr. Kostnaderna täcks till hälften av flygföretagen i relation till slotinnehavet och till hälften av Luftfartsverket genom de samordnade flygplatsernas försorg.

En samordningskommitté för vardera flygplatsen stödjer koordinatorns arbete med att ge råd. Respektive kommitté sammanträder minst två gånger om året och i övrigt vid behov med deltagande från koordinatorn, representanter för flygföretagen, flygplatsen och flygtrafikledningen. Tull och polis kan också närvara. Luftfartsverket deltar med en observatör.

### *Översyn av rådets förordning aktuell*

Rådets förordning 95/93 har varit mogen för översyn i flera år, men ett förslag från EU-kommissionen har låtit vänta på sig. Tvisteämnet har huvudsakligen varit huruvida man borde införa marknadsmekanismer eller inte, t.ex. handel med slots. Motståndet mot radikalare förändringar har varit stort från flygföretagens sida och även från många medlemsstater. Konkurrensdirektoratet i EU-kommissionen har också varit tveksamt till att införa handel med slots.

I juni 2001 lade slutligen EU-kommissionen fram ett förslag till ändring av slotförordningen utan att införa några marknadsmekanismer. Ändringarna utgör huvudsakligen en putsning av nuvarande system, men innehåller också vissa förslag till ändrade prioriteringsregler i syfte att styra marknaden, främst i konkurrensfrämjande riktning. Kommissionen avser dock att studera införandet av marknadsmekanismer med början hösten 2001 och önskar en översyn av systemet med slotfördelning tre år efter införandet av den reviderade förordningen. Det är inte osannolikt att det spanska ordförandeskapet kommer att ta upp kommissionens förslag för behandling i EU:s transportråd under första halvåret 2002.

### *Slutsatser*

Diskussionen om trängselkostnader har till stor del koncentrerats till tillgången på slottider. Också trängseln en route är betydande för linjer mellan Sverige och de mest trafikintensiva delarna av Europa. Dessutom förekommer trängsel vid uppställningsplatser och i terminalerna. Det är viktigt att trängsel beaktas på alla ställen där den uppkommer.

Luftfartsverket avser att utveckla DARSA i syfte att analysera orsaker till förseningar. För detta behöver analysmetoder och -verktyg utvecklas. Goda förutsättningar finns enligt Luftfartsverket att redan under år 2002 beräkna vissa trängselkostnader både för flygproducenter och flygkonsumenter. Luftfartsverket har tillgång till numeriska data som kan användas för att beräkna vissa företags- och samhällsekonomiska trängselkostnader. Det återstår dock att utarbeta en metodik för att beräkna den externa trängseffekten, dvs. hur tillkomsten av ytterligare en passagerare eller ett flygplan påverkar den totala restiden för andra passagerare och flygplan.

De föreslagna ändringarna av nuvarande slotförordning innehåller inga förslag till ekonomiska styrmedel, men EU-kommissionen avser att studera dylika styrmedel.

## **6.3 Olyckskostnaderna**

### **Utgångspunkter för bedömning av externa olyckskostnader**

En passagerare som överväger att flyga förutsätts i sitt val ta hänsyn till den egna olycksrisken och möjliga olyckskonsekvenser, men inte till den eventuella förändringen av olycksrisken – och därmed sammanhängande olyckskonse-

kvenser – som kan uppträda för andra. På motsvarande vis förutsätts ett flygbolag i samband med överväganden om att sätta in ytterligare ett flygplan i princip ta hänsyn till den egna olycksrisken enbart. Vi söker den marginella externa olycks-kostnaden. Den fråga som är relevant att ställa är därför hur mycket en tillkommande passagerare resp. ett tillkommande flygplan påverkar olycksrisken, och hur den beräknade olycksriskförändringen för övriga passagerare/operatörer ska värderas.

För att kunna särskilja den externa olyckskostnaden måste även försäkrings-skyddet beaktas. Av betydelse är då bl.a. hur försäkringarna täcker skador för tredje part.

Det är troligt att förändringen i olycksrisk av en tillkommande passagerare i ett givet flygplan är försumbar, åtminstone om vi bortser från kapningsrisk och övriga terrorhot. Därför bör vi koncentrera oss på den externa effekten av ett tillkommande flygplan. Denna effekt kan enligt Luftfartsverket i vissa fall vara betydande.

Flygtrafiktjänstens viktigaste uppgift är att upprätthålla tillräcklig separation mellan luftfartyg. De insatser som krävs av flygtrafiktjänsten för att göra detta och de kostnader det innebär är starkt beroende av trafikens volym. De viktigaste externaliteterna vad gäller olyckor uppstår därför troligen inom flygtrafiktjänstens ansvarsområden. Som en annan potentiellt betydelsefull externalitet anger Luftfartsverket de höjda kompetenskrav på piloter som behöver ställas som en följd av högre trafikvolym och därmed sammanhängande trafikkomplexitet.

Vad vet vi då om sambandet mellan antalet inträffade olyckor och trafikvolymen? Antalet haverier uppges historiskt ha ökat betydligt mindre än i proportion till trafikvolymen. Detta säger dock inte så mycket om riskförändringen av en volym-ökning vid en viss tidpunkt. Det statistiska underlag som finns i fråga om olika typer av personskador i samband med flygtrafikolyckor i Sverige är dessutom, eftersom haverierna är få totalt sett, mycket begränsat. En metod för att få ett bättre underlag skulle vara att vidga underlaget till att omfatta hela Västeuropa eller åtminstone hela EU. Det förutsätts då att säkerhetsnivån inom detta vidgade område kan anses vara jämförbar med den svenska. Frågan är också mot vilket trafikvolymmått som antalet personskador ska ställas. Är antalet personkilometer eller antalet flygningar ett bättre mått på trafikvolymen än flygtidsproduktionen?

Ökade insatser görs för att minska flygplatssystemets sårbarhet för naturkatastrofer och terrorhot. Kostnaderna för att öka beredskapen för att hantera effekterna av t.ex. naturkatastrofer bedöms dock vara oberoende av trafikvolymen inom breda intervall. Och kostnaderna för att förhindra otillbörligt tillträde till skyddade områden inom flygplatserna uppstår i huvudsak i investeringskedet. Det finns också en driftskostnad för dessa säkerhetssystem, men denna kostnad kan endast undgås genom att flygplatsen stängs.

En volymberoende kostnad finns för personalens säkerhetskontroll. Med tanke på att anställning generellt sett innebär ett långsiktigt åtagande, och på att förändringar av personalstyrkan räknas som en investering i kapacitet, bör, enligt Luftfartsverket, denna kostnad inte inräknas i den kortsiktiga marginalkostnaden.



SIKA har dock uppfattningen att den volymberoende kostnaden för personalen är en del av den avgiftsrelevanta kortsiktiga marginalkostnaden. Personalstyrkan och kostnaden för att hålla denna kan ju åtminstone i viss utsträckning anpassas, t.ex. genom övertidsreglering. Detta skulle i så fall vara ett motiv för att införa en säkerhetsavgiftskomponent per passagerare.

Terroristhoten mot luftfarten har över tiden varierat i omfattning till karaktär. Ambitionen inom luftfartssektorn har alltid varit att snabbt möta de olika hotbilderna genom aktiva insatser. Den del av luftfartsskyddet som riktas mot flygplan, besättningar och passagerare har byggt på principen att genomsöka passagerare, handbagage och incheckat bagage före embarkering/ombordlastning, s.k. screening.

Under ca 10 år har samtliga utrikespassagerare och deras handbagage genomförts. Dessutom har en viss andel av inrikespassagerarna och deras handbagage genomförts samt därutöver en viss del av det incheckade utrikesbagaget. Som en följd av Lockerbiekatastrofen år 1988 beslutade ECAC (European Civil Aviation Conference) att rekommendera medlemsstaterna att införa kontroll av allt incheckat utrikesbagage. För närvarande pågår uppbyggnaden av denna verksamhet. Verksamheten ska vara i operativ drift i Sverige senast under oktober 2002.

Händelserna i USA den 11 september 2001 resulterade i ett mycket kraftfullt agerande av bland annat EU i syfte att skydda allmänheten och flyget från katastrofala terrorhandlingar som drabbar samhället. EU har infört regler som föreskriver genomsökning av samtliga inrikes- och utrikes passagerare, deras handbagage och allt incheckat bagage på samtliga trafikflygplatser inom EU. Detta kommer att kräva omfattande investeringar i utrustning för säkerhetskontroll, ombyggnationer och ökad bemanning av säkerhetskontrollanter.

### **Kostnaderna för ökade skyddsåtgärder**

På Luftfartsverkets flygplatser bedrivs granskningsverksamheten av Luftfartsverket med egen personal eller med hjälp av inhyrda entreprenörer. Luftfartsverket tar ut den faktiska kostnaden för verksamheten genom en särskild avgift. Eftersom kostnaderna per passagerare varierar kraftigt mellan olika flygplatser har Luftfartsverket tillämpat ett kostnadsutjämningsförfarande, vilket gynnat små och medelstora flygplatser på de stora flygplatsernas bekostnad.

I ett läge som omfattar genomsökning av samtliga inrikes och utrikes passagerare, deras handbagage och allt incheckat bagage, beräknas ca 30 till 35 kr belasta varje passagerare *med* kostnadsutjämning. *Utan* utjämning kommer kostnaderna per passagerare på vissa flygplatser att uppgå till något hundratal kronor. Att kostnaden efter utjämning blir lägre beror helt på att de större passagerarvolymerna på Arlanda, Landvetter och Sturup medger ett mer effektivt utnyttjande av utrustning och personal. För Luftfartsverkets flygplatser beräknas de nödvändiga investeringarna för en utökad säkerhetskontroll totalt att uppgå till ca 800 mkr. De årliga driftkostnaderna beräknas uppgå till 440 mkr.

På kommunala och privata flygplatser bedrivs säkerhetskontrollen av polisen. På dessa flygplatser krävs lika höga säkerhetsnivåer som på de statliga flygplatserna. Enligt polisen kommer kostnaden för den utökade säkerhetskontrollen att uppgå till ca 200 mkr. Kommunförbundet hävdar att det saknas utrymme för en höjd securityavgift som ska betalas av flygpassagerarna. Biljettpriset tur och retur för en resa från de kommunala flygplatserna skulle öka med flera hundra kronor på flyglinjer som redan idag har höga biljettpriser och ett sviktande passagerarunderlag.

### **Mål för säkerhet**

Flygtidsproduktionen utgör grund för beräkning av haverifrekvensen. Haverifrekvensen definieras som kvoten mellan antal haverier per år och motsvarande flygtidsproduktion normerat till antal haverier per 100 000 timmar. Haverifrekvensen är ett empiriskt mått på säkerhet i form av reellt utfall. I flygsäkerhet ingår härutöver begreppet luftfartens flygsäkerhetsstandard, som är ett samlande begrepp för aktiviteter och system, bl.a. kvalitetssystem, tillsyn och tillträdeskontroll, som är verksamma i haveriförebyggande syfte.

För den kommersiella luftfarten finns ett kvantifierat säkerhetsmål som innebär att haverifrekvensen ska minska från 0,47 till 0,235 per 100 000 timma vid utgången av år 2007. Värdet grundar sig på antagandet att ett 5-års rullande medelvärde är relevant som måttenhet. Framför allt kan det då antas handla om att söka beräkna de extra bemanningskostnader som krävs för att genom trafikledningen bibehålla önskad säkerhetsnivå.

För en mer utförlig genomgång av inträffade olyckor, trafikutveckling, förebyggande säkerhetsarbete etc. hänvisas till Luftfartsverkets underlagsrapport.

### **Slutsats**

Luftfartsverkets genomgång tyder på att vi i det fortsatta arbetet bör koncentrera oss på den externa olyckskostnaden av ett tillkommande flygplan. Denna kan enligt Luftfartsverket i vissa fall vara betydande. En för marginalkostnadsprissättning relevant olyckskostnad skulle enligt SIKA kunna bestämmas utifrån en beräknad åtgärds kostnad för att upprätthålla den önskade säkerhetsnivån.

## **6.4 Emissionskostnaderna**

### **Emissionskostnadsberäkningar**

Luftfartsverket har på SIKA:s initiativ beräknat emissionskostnaderna per flygning för olika flygplan och för dem typiska flygsträckor. Beräkningarna som redovisas dels för hela flygningen, dels enbart för start- och landningsfasen, avser kostnaderna för de regionala effekterna av utsläppen av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och

kolväten (HC) samt koldioxidutsläpp (CO<sub>2</sub>). Gällande ASEK-värderingar<sup>83</sup> för utsläppens regionala effekter har utnyttjats. Kostnaderna för koldioxidutsläpp har beräknats för dels 1,50 kr/kg (ASEK-värderingen), dels 0,50 kr/kg. Utsläppen av CO<sub>2</sub> har beräknats genom multiplikation av bränsleförbrukningen med faktorn 3,15.

Emissionskostnaderna redovisas per flygning samt för start- och landningsfasen (LTO-fas). Beräkningsresultaten framgår av tabellerna 6.2 och 6.3.

**Tabell 6.2. Kostnad för emissioner, hela flygningen.**

Flygplanstyp L[km]*	CO <sub>2</sub> (kr)		NO <sub>x</sub> (kr)	HC (kr)	Summa (CO <sub>2</sub> =1,50)	Summa (CO <sub>2</sub> =0,50)
	Kr/kg= 1,50	Kr/kg= 0,50	Kr/kg = 60	Kr/kg = 30		
A320 418	8505	2835	1265	34	9805	4135
850	13703	4568	1965	56	15724	6589
BA46 418	8978	2993	1108	38	10124	4139
850	14648	4883	1652	46	16345	6580
B737-600 389	7560	2520	875	80	8515	3475
850	11813	3938	1321	99	13233	5358
B767-300ER 850	23625	7875	4867	59	28551	12801
6291	159705	53235	28241	222	188168	81698
DC9-41 425	10868	3623	1501	143	12511	5266
850	17010	5670	2080	214	19304	7964
Dash 8 (Q400) 418	4725	1575	763	-	5488	2338
F50 452	3293	1098	478	-	3771	1575
MD81 418	11813	3938	2254	111	14178	6303
850	18428	6143	3203	203	21833	9548
MD82 464	12285	4095	2314	122	14721	6531
850	18428	6143	3208	206	21841	9556
SB20 365	4253	1418	577	2,40	4832	1997
Cessna 300	1403	468	94	98	1594	659
Citation I (C500)						

\*Kommentarer avseende antagna flygsträckor (kolumn 2):

- A320: Inrikes medeldistans för MD81  
Medeldistans utrikestrafik
- BA46: Inrikes medeldistans för MD81  
Medeldistans utrikestrafik
- B737-600: Inrikes medeldistans för B737  
Medeldistans utrikestrafik
- B767-300ER: Medeldistans utrikestrafik  
Atlantflygning New York
- DC9-41: Inrikes medeldistans för DC9  
Medeldistans utrikestrafik
- Dash 8 (Q400): Inrikes medeldistans för MD81
- F50: Medeldistans för F50
- MD81: Inrikes medeldistans för MD81  
Medeldistans utrikestrafik
- MD82: Inrikes medeldistans för MD82  
Medeldistans utrikestrafik
- SB20: Inrikes medeldistans för SB20
- Cessna Citation: Uppskattad flygsträcka, uppgift saknas (ej reguljärtrafik)

<sup>83</sup> Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet, SIKARapport 1999:6.

Flygplanet DC9-41 är ursprungligen ett s.k. kapitel 2-flygplan vilka inte får flyga efter 1 april 2002, men om de har utrustats med ljuddämpande anordningar kan flygningar med dem fortfarande förekomma eftersom de då kan omcertifieras till s.k. kapitel 3-flygplan.

**Tabell 6.3. Kostnad för emissioner, endast start- och landningsfasen.**

Flygplanstyp	L[km] *	CO <sub>2</sub> (kr)		NO <sub>x</sub> (kr)		HC (kr)		Summa (CO <sub>2</sub> =1,50)	Summa (CO <sub>2</sub> =0,50)
		Kr/kg=		Kr/kg=		Kr/kg=			
		1,50	0,50	60	30	60	30		
A320	418	1692	564	268	6,00	1965	837		
	850	1710	570	274	6,30	1990	850		
BA46	418	1479	493	154	13	1646	660		
	850	1540	513	162	14	1716	689		
B737-600	389	1635	545	182	23	1840	750		
	850	1654	551	185	23	1862	759		
B767-300ER	850	2703	901	606	9,00	3318	1516		
	6291	3085	1028	740	9,00	3835	1778		
DC9-41	425	2249	750	248	50	2547	1048		
	850	2292	764	257	50	2598	1070		
Dash 8 (Q400)	418	902	301	77	-	980	378		
F50	452	576	192	73	-	649	265		
MD81	418	2438	813	404	24	2866	1240		
	850	2481	827	417	24	2921	1268		
MD82	464	2386	795	391	23	2800	1209		
	850	2424	808	401	24	2848	1232		
SB20	365	633	211	59	0,90	693	271		
Cessna Citation I (C500)	300	468	156	32	39	539	227		

\* För mer information kring olika flygplanstypers typiska flygsträckor, se kommentarer till föregående tabell.

SIKA menar att beräkningarna ger en indikation om emissionskostnadernas nivå och om fördelningen av kostnaderna på start- och landningsfasen resp. övrig flygtid. Beräkningarna indikerar sålunda:

- att flygets emissionskostnader är betydande totalt sett
- att detta framför allt beror på kostnaderna för koldioxidutsläppen som dominerar kraftigt redan vid den lägre värderingen
- att även kväveoxider bidrar till flygets emissionskostnader, fastän i betydligt lägre grad än koldioxid, medan utsläppen av kolväten är av ringa betydelse i sammanhanget
- att kostnaderna en route är betydligt högre än de kostnader som uppträder i start- och landningsfasen. LTO-andelen ligger mellan 14 och 22 procent på korta distanser, undantaget de allra kortaste flygningarna med Cessna Citation, och på mellan 10 och 14 procent på medeldistans. För interkontinentalt flyg svarar LTO-fasen för bara två procent av de totala emissionerna under flygningen.

Att använda ASEK-värderingarna så som här gjorts är emellertid inte utan problem. Man bör t.ex. överväga ett annat värde för NO<sub>x</sub> än det som tillämpas på start- och landningsfasen, eftersom NO<sub>x</sub>-utsläpp på hög höjd får delvis andra

effekter. För utsläppen en route finns det också anledning att fundera över vilka gaser som ska inkluderas och hur de ska värdesättas. Att ta med CO<sub>2</sub> men inte ta hänsyn till vattenångan ger t.ex. en missvisande bild av luftfartens bidrag till växthuseffekten. En möjlighet är att räkna om alla emissioner en route som påverkar klimatet till CO<sub>2</sub>-ekvivalenter med hänsyn tagen till respektive ämnes uppehållstid i atmosfären.

I en kommande beräkning bör man dessutom ta med flygplansemissionernas lokala effekter, åtminstone för tätortsnära flygplatser som Arlanda (Märsta), Bromma (Stockholm) och Umeå. I första hand bör de lokala hälsoeffekterna av NO<sub>x</sub>-utsläppen medräknas. Flygplanens utsläpp av HC är däremot så små att utfallet knappast påverkas om de inkluderas.

SIKA ser det som angeläget att under år 2002 kraftigt söka förbättra underlaget beträffande flygets emissionskostnader. Detta bör ske genom att försök inleds med att tillämpa den av EU-kommissionen förordade s.k. ExternE-modellen. Ett pilotprojekt med sådant syfte har inom ramen för marginalkostnadsprojektet inletts för sjöfartens del.<sup>84</sup> Ett liknande pilotprojekt skulle under 2002 kunna genomföras också för luftfartens del.

Detta skulle kunna ge en mer fullständig och mer trovärdig bild av emissionskostnaderna. Luftfartsverket bedömer att den arbetsinsats som krävs för att skatta de marginella miljökostnaderna som så omfattande och så kompetenskrävande att det är orimligt att verket på egen hand ska göra detta. SIKA håller med om att extern forskar- eller konsultmedverkan sannolikt krävs för att skatta flygets emissionskostnader, t ex med hjälp av ExternE-modellen, men vill samtidigt betona Luftfartsverkets nyckelroll som leverantör av emissionsdata.

## 6.5 Utvecklingen på avgiftsområdet

Den i Sverige tillämpade modellen med differentierade landningsavgifter har enligt Luftfartsverket fått stor medial uppmärksamhet i såväl nationella som internationella sammanhang. Ett stort antal organisationer, flygbolag och flygplatser har uttryckt sitt intresse för projektet. Det handlar om en modell som är lätt att administrera och som tycks fungera bra för de allra flesta flygplanstyper. Det finns dock några frågetecken om hur flygplan med s.k. turbopropellrar ska klassificeras. Det har även uttalats önskemål om att en mer ingående utredning av förhållandet mellan avgasavgifterna och de viktrelaterade landningsavgifterna ska genomföras. Man har även önskat utreda effekterna på utsläpp som olika flygplan har utöver deras motoregenskaper, eftersom en motor kan förekomma på många olika plan och därmed orsaka olika stor mängd utsläpp.

Beslut har tagits om att man ska försöka harmonisera klassificeringssystemet mellan Sverige och Schweiz. EU, via kommissionen, har också visat intresse för att få till stånd ett gemensamt system för avgasavgifter, och arbetet med detta påbörjades under år 2000. Arbetet bedrivs i ett ECAC-projekt med namnet ERLIG under svenskt ordförandeskap.

---

<sup>84</sup> Se vidare nästa kapitel.

I förra årets rapport redovisades att Luftfartsverket inom Eurocontrol har verkat för att en särskild miljökomponent för koldioxid tillförs undervägsavgiften. För närvarande avvaktas globala lösningar. EU-kommissionen delar den svenska uppfattningen att undervägsavgiften är en lämplig bärare av en sådan miljöparameter.

ECAC:s miljögrupp, ANCAT, arbetar på svenskt och schweiziskt initiativ och under svensk ledning, med ett förslag till europeiskt ramverk för miljörelaterade landningsavgifter. Slutrapporten kommer enligt nuvarande planer att färdigställas och behandlas samt eventuellt rekommenderas av ECAC:s högsta beslutande organ under 2002. Förslaget är enbart ett tekniskt ramverk och det tar därför inte upp frågan om hur stor differentieringen ska vara eller vilken kostnad som avgifterna ska täcka. De övervägandena överlämnar man till respektive medlemsstat att ta ställning till. En del underlag i dessa frågor från OECD och EU tas ändå upp och diskuteras i slutrapporten.

Huvuddragen i förslaget som kommer att presenteras i slutrapporten är att avgiftssystemen ska vara så tydliga och icke-diskriminerande mellan operatörer som möjligt. Dessutom ska avgifterna vara relaterade till mängden avgasemissioner eller omfattningen av miljöpåverkan. Det är också nödvändigt att systemen blir enkla och billiga att administrera.

Det föreslås att utsläppen av kväveoxider i samband med start och landning samt normen för utsläpp av ofullständigt förbrända kolväten ska vara utgångspunkten för motorer som har krav att vara certifierade enligt ICAO. Emissionsmängden ska beräknas med de värden som anges i ICAO:s databas för certifierade motorer. En beräkningsmetod föreslås också.

För motorer för vilka det inte finns certifierade uppgifter på utsläppsmängderna (t.ex. turbopropellermotorer) föreslås att data från tillverkarna ska användas och om det saknas tillförlitliga data ska ett enhetligt påslag på landningsavgiften användas. Det enhetliga påslaget föreslås vara medelvärdet av alla övriga emissionsavgiftspåslag på landningsavgifterna vid respektive flygplats. Dessutom föreslås att ICAO ska arbeta med att ta fram certifierade värden även för turbo-propellermotorer.

ICAO:s styrande råd slog 1996 i en resolution fast sin syn på hur medlemsstaterna ska hantera frågan om miljöavgifter, senast bekräftad vid mötet i ICAO:s generalförsamling i januari 2001. I den konstateras att flera stater föredrar miljöavgifter för flyget men att det är troligt att det för tillfället inte kan skapas en internationellt överenskommen och användbar miljöavgift eller miljöskatt. ICAO försöker dock att hitta en allmän grund som medlemsstaterna kan basera sina avgiftssystem på. Dessa försök pågår fortfarande.

ICAO förespråkar kraftfullt att miljöpålagor ska vara avgifter snarare än skatter och att intäkterna ska användas i första hand för att minska miljöpåverkan från avgasemissioner från flygplan. Som exempel på vad intäkterna bör användas till anges skadekostnader, forskning om avgasernas miljöpåverkan samt forskning om flygplansteknologi och flygsätt. Beskattning av bränsle till internationellt flyg har

förhindrats genom bilaterala avtal om flygtrafik mellan stater samt genom ett EG-direktiv, vilka alla baseras på en stark rekommendation från ICAO, *ICAO's policies on taxation in the field of international air transport*, Doc 8632.

ICAO kräver att avgiftssystem ska vara icke-diskriminerande och

- a) att det inte ligger statsfinansiella syften bakom dem,
- b) att de ska vara relaterade till verkliga kostnader och
- c) att de inte ska diskriminera flygtransporter jämfört med andra transportslag.

## Global uppvärmning och flygets påverkan

Kyotoprotokollet omfattar enbart inrikes flyg. Ansvar för det internationella flygets koldioxidutsläpp har i Kyotoprotokollet inte tilldelats något land eller någon organisation. I stället har ICAO ålagts att föreslå hur ansvar för det internationella flyget ska hanteras. Inrikesflyget kan inte behandlas annorlunda än utrikesflyget eftersom marknaden är avreglerad. Därför är ICAO:s förslag till hantering av frågan avgörande för hur framgångsrika de svenska strategierna blir.

ICAO har, i fråga om möjligheter att begränsa flygets påverkan på atmosfären, i en resolution<sup>85</sup> föreslagit att arbetet med de hittills studerade möjligheterna ska fortsätta i ICAO-rådets regi och att konkreta förslag ska utformas och så snart som möjligt föreläggas dem som undertecknat UNFCCC (Conference of the parties of the UNFCCC). Tonvikten ska läggas på tekniska lösningar men så kallade marknadsbaserade åtgärder ska övervägas med hänsynstagande till konsekvenser för såväl utvecklade länder som utvecklingsländer. Flygets påverkan på atmosfären ska även fortsättningsvis definieras i nära samarbete med bl.a. IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change). Vidare ska ICAO verka för att åtgärder vidtas när det gäller sättet att flyga och utformningen av flygvägssystem för att minska miljöpåverkan (operational measures).

De marknadsbaserade åtgärderna som ska övervägas har under de senaste åren studerats intensivt av ICAO. Generalförsamlingen uppmuntrar medlemsstaterna och rådet att utvärdera för- och nackdelar med de olika åtgärderna för att hitta kostnadseffektiva sätt som stämmer med ICAO:s rekommendationer och som kan tillämpas både för internationellt och inrikes flyg. ICAO rekommenderar följande inriktning på det fortsatta arbetet:

a) Frivilliga överenskommelser.

Kortsiktigt förespråkas åtgärder mot internationellt flyg genom frivilliga överenskommelser. ICAO ska ta fram riktlinjer och en mall för sådana frivilliga överenskommelser, till exempel för beräkning, övervakning och kvalitetssäkring av minskningar eller åtgärder. De som vidtar åtgärder snabbt på detta sätt ska inte senare bestraffas för det.

b) Avgasrelaterade pålagor

ICAOs policy om miljöavgifter och skatter från 1996 gäller fortfarande. ICAO kräver att medlemsstaterna följer policyn, punkt 1. ICAO kräver att medlems-

---

<sup>85</sup> Resolution A33-7, januari 2001

staterna inte inför ensidiga åtgärder som strider mot nuvarande riktlinjer. ICAO ska fortsätta studera och utveckla riktlinjer på detta område.

#### c) Handel med utsläppsrätter

ICAO rekommenderar att ett system för öppen handel med utsläppsrätter för flyget utvecklas. ICAO anmodar rådet att prioritera utvecklingen av riktlinjer för öppen handel med utsläppsrätter för flyget. Det ska då koncentreras på att slå fast flygets legala och strukturella grunder för att delta i ett sådant system.

### **Kan kostnader för koldioxidutsläpp beräknas på ett tillförlitligt sätt?**

Om miljökostnader ska kunna internaliseras via avgiftssystem som faller inom ramen för de principer som ICAO har fastställt måste kostnaderna bl.a. kunna definieras tydligt. Intäkterna från avgifterna ska samtidigt främst användas för att minska flygets miljöpåverkan.

För utsläppen av koldioxid finns det svårigheter att definiera skadekostnaderna. Att använda skattesatser för koldioxid liknande de som används inom t.ex. energi-sektorn för att definiera en miljökostnad faller enligt Luftfartsverket utanför ICAO:s ramar av flera skäl. Dels har miljökostnaden inte definierats utan skatten är snarare ett uttryck för en politisk vilja, dels fyller skatterna ett statsfinansiellt syfte. Arbete pågår dock med att definiera miljökostnaden och när det har lyckats och slagits fast internationellt så blir det enligt Luftfartsverket möjligt att internalisera den kostnaden via avgiftssystem.

### **Slutsatser**

I dagsläget arbetar Sverige bl.a. genom ANCAT för ett enhetligt ramverk för miljörelaterade landningsavgifter. Dessutom pågår ett arbete inom ICAO vad gäller växthusgaser.

### **Internationella hinder och möjligheter**

#### *Möjligheter*

Det har på senare tid skett vissa förändringar i ICAO:s policy för luftfartsavgifter. ICAO:s råd godkände således i december 2000 en uppdatering av policyn<sup>86</sup> som innehåller nya skrivningar för både flygplatsavgifter och undervägs/landningsavgifter. Skrivningarna öppnar dörren på glänt till att i underlaget för avgiftsättningen ta med faktorer såsom internalisering av externa kostnader och marginalkostnadsprissättning.

---

<sup>86</sup> ICAO's Policies on Charges for Airports and Air Navigation Services, Doc 9082, vars 6:e utgåva har publicerats år 2001.



Det bör noteras att USA på den konferens<sup>87</sup> som föregick uppdateringen av avgiftspolicyn ifrågasatte marginalkostnadsprissättning och att flygföretagens organisation IATA motsatte sig såväl marginalkostnadsprissättning som "peak pricing". USA har också i ICAO:s råd under våren 2001 sagt att man ser problem med internalisering av externa kostnader när det gäller luftfartsavgifter. Samtidigt deltar experter från USA aktivt i ICAO:s miljörelaterade arbetsgrupper som studerar marknadsbaserade styrmedel.

Ekonomiska styrmedel finns således på dagordningen för ICAO:s miljöarbete. Vid ICAO:s senaste generalförsamling antogs en resolution<sup>88</sup> i vilken man givit ICAO:s råd i uppdrag att fortsätta arbetet med marknadsbaserade styrmedel på miljöområdet. Detta arbete bedrivs genom en speciell miljökommitté i vilken Sverige är medlem. I arbetet ingår att studera luftfartens miljörelaterade externa kostnader, framförallt när det gäller avgasutsläpp och inte minst utsläpp av växthusgaser från flyget. En litteraturstudie av externa miljökostnader är påbörjad. Enligt resolutionen ska ICAO fortsätta att studera ekonomiska styrmedel i form av avgiftssättning/beskattning och till nästa generalförsamling utveckla ytterligare vägledning för staterna om utnyttjandet av dessa i syfte att begränsa flygets miljöpåverkan. När det gäller de marknadsbaserade åtgärderna har ICAO prioriterat CO<sub>2</sub>-frågan och utvecklandet av system för handel med utsläpp av CO<sub>2</sub>.

### *Hinder*

Som tidigare beskrivits i Luftfartsverkets rapport från 2000, "Översyn av förutsättningarna för marginalkostnadsprissättning inom luftfartssektorn" sker finansieringen av infrastrukturen för flyget huvudsakligen genom självkostnadsprissättning.

Tendensen globalt är en allt större frigörelse från staten av flygplatser och flygtrafikledningstjänst samt en ökande kommersialisering av verksamheten. I många fall investeras privat kapital i flygplats- och flygtrafikledningsbolag. I Sverige drivs Skavsta flygplats av ett bolag med privata ägare. Det är svårt att se hur en prissättning med utgångspunkt i samhällsekonomiska marginalkostnader i praktiken kan påtvingas ett aktiebolag, som förutsätts kunna sätta sina priser på kommersiella grunder. Om en prisreglering av privata flygplatser skulle vara juridiskt möjlig, finns ändå ett stort behov av insyn i och övervakning av företagen för att det ska vara möjligt att säkerställa att företagen redovisar korrekta marginalkostnader. Detta gäller främst prissättningen av den infrastruktur som erbjuds och trängsel inom den egna flygplatsen. För buller och emissioner är det betydligt enklare att övervaka ett tänkt avgiftssystem, eftersom det inte är svårt att fastställa vilka flygplan som trafikerar en viss flygplats.

Självständiga flygplatsföretag och flygtrafikledningsfirmor som inte är underkastade särskilda regler kan utnyttja sitt naturliga monopol såväl till överprissättning som till kundanpassning av otillbörlig natur. Därför har det betonats att

---

<sup>87</sup> *Conference on the Economics of Airport and Air navigation services* (ANSCConf 2000), som hölls i juni 2000

<sup>88</sup> Resolution A33-7 *Consolidated statements of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection*

det är viktigt att ICAO:s medlemsstater uppmärksammar sitt ansvar för att de regler och principer för avgiftssättning som antagits av ICAO efterlevs. Grundläggande principer, som har funnits länge, är förbud mot diskriminering mellan flygföretag från olika länder och att avgiftssättningen ska vara relaterad till kostnader.

### *Sveriges luftfartsavtal med andra länder*

Ickediskrimineringsprincipen, som gäller vid bl.a. avgiftssättning, är en hörnsten i luftfartens internationella regelsystem och den återfinns också i de många bilaterala luftfartsavtal som Sverige knutit med andra länder för att möjliggöra regelbunden luftfart. Luftfartsavtalen innehåller också regler om att trafikavgifterna ska vara skäligen relaterade till kostnaderna för de tjänster som utnyttjas med en explicit hänvisning till ICAO:s principer.

### *Slutsatser*

Som framgått ökar den internationella acceptansen för att internalisera miljökostnader. I praktiken är det emellertid ett arbete som förväntas ta lång tid. Inställningen är mer splittrad till marginalkostnadsbaserad prissättning av exempelvis infrastrukturtjänster. I ett antal länder går utvecklingen också mot bolagisering och ökad kommersialisering av både flygplatser och flygtrafiktjänst, vilket i viss utsträckning kan försvåra möjligheterna att tillämpa en marginalkostnadsprissättning som innefattar alla avgiftsrelevanta kostnader.

## 7 Sjöfarten

Detta kapitel bygger på det underlag som Sjöfartsverket utarbetat, se *Sjöfartens externa kostnader - kunskapsläge och behov av kunskapsutveckling*, PM 2002-01-09 (slutversion).

### 7.1 Infrastrukturstkostnaderna

För Sjöfartsverket är marginalkostnaden den kostnad som uppstår för verket när ytterligare ett fartyg anlöper en svensk hamn. Bland tänkbara marginalkostnads-komponenter finns förutom olika kostnader för vidmakthållande och drift av infrastrukturen även kostnader för trafikledning.

I samband med översynen år 2000 redovisade Sjöfartsverket beräkningar av marginalkostnaderna för verkets farledsverksamhet i en PM "Underlag för marginalkostnadsstudien – sjöfart" 2000-11-02. Det framgick av denna promemoria att det främst är kostnaderna för *lotsning* och *isbrytarassistans* som förändras vid förändrad trafik. Övriga marginalkostnader för farledsverksamheten angavs till nära noll. Sammanfattningsvis visade Sjöfartsverkets beräkningar att marginalkostnaderna för farledsverksamheten är små.

Sjöfartsverket bedömer nu att de i fjolårets rapportering lämnade uppgifterna om marginalkostnaderna för farledsverksamheten inklusive lotsning på ett rimligt sätt återspeglar de faktiska förhållandena. När det gäller marginalkostnaderna för farledsverksamheten finns därför enligt verket inget nytt att tillägga utöver det som framfördes i förra årets PM.

### 7.2 Trängsel- och olyckskostnaderna

De prisrelevanta kostnaderna inkluderar i princip även kostnader för trängsel och olyckor av tillkommande fartyg. För sjöfart på svenska hamnar har dock inga trängselkostnader bedömts förekomma. Samtidigt har olyckskostnaderna bedömts som mestadels små. Den kvarstående frågan är då om någon anpassning av trafikledningsinsatser eller andra resurser normalt behövs för att förhindra uppkomsten av olycksrisker och kanske i vissa fall även trängselsituationer då antalet fartyg ökar. Eventuella sådana kostnadsökningar är i princip avgifts-relevanta och skulle behöva uppskattas.

## 7.3 Emissionskostnaderna

### Tidigare emissionskostnadsberäkningar för svensk sjöfart

Beräkningar av emissionskostnaderna för den svenska sjöfarten har genomförts vid ett par tillfällen. Kommunikationskommittén redovisade sålunda beräkningar för fyra typfartyg, varvid emissionskostnaderna beräknades på basen av fartygens specifika emissioner per anlop och då gällande ASEK-värden. En senare beräkning med en snarlik ansats har genomförts på uppdrag av Sjöfartsverket av Per Kågeson.<sup>89</sup> Den senare studien utgjorde underlag från Sjöfartsverket till förra årets marginalkostnadsöversyn.

Det framgick av de i Kågesons rapport redovisade beräkningarna att sjöfartens emissionskostnader var betydande och att den totala avgiftsrelevanta marginalkostnaden för sjöfarten helt domineras av kostnaderna för sjöfartens emissioner till luft.

De studier som gjorts tyder således på att den marginella miljökostnaden är en helt dominerande komponent i den totala marginalkostnaden, åtminstone sett till ett genomsnitt för dagens fartyg. Det finns stora individuella skillnader mellan fartygen som gör att de fartygsspecifika utsläppen kan variera mycket. Även för de emissionsmässigt bästa fartygen med bästa bränsle torde emellertid den marginella utsläppskostnaden bli en betydelsefull del av den totala marginalkostnaden.

En central fråga vid genomförande av dessa beräkningar har emellertid varit tillämpligheten av de emissionsvärderingar som i första hand har varit avsedda att tillämpas i samband med planering och analys av infrastrukturprojekt för väg och järnväg.<sup>90</sup> En invändning mot att direkt tillämpa dessa värden har varit att skadeverkningsarna av emissionerna borde skilja sig beroende på om utsläppen sker över land respektive hav.

I jämförelse med Kågesons preliminära skattningar baserade på ASEK II-värderingar ter sig andra komponenter som mer eller mindre försumbara. Nya mer utvecklade beräkningsmetoder kan dock komma att något förändra denna bild. I den gemensamma finsk-svenska s.k. pilotstudien jämfördes bl.a. svenska och finska skattningar av utsläppskostnaderna. I Finland genomfördes skattningarna med den så kallade ExternE-metoden som rekommenderats av EU-kommissionens så kallade högnivågrupp (HLG). De svenska skattningarna baserades som redan framhållits på ASEK-värderingarna. För sjöfarten redovisas i pilotstudien värden enligt följande tabell.

---

<sup>89</sup> Per Kågeson, *Internalisering av sjöfartens externa kostnader*, PM till Sjöfartsverket 2000-11-27.

<sup>90</sup> Dvs. de s.k. ASEK-värdena.

**Tabell 7.1. Enhetskostnader för sjöfartens utsläpp till luft i sjöfarleder. Euro per kg. Finska skattningar i 1997 års priser, svenska i 1999 års priser.**

<i>Utsläppskomponent</i>	<i>Finland</i>	<i>Sverige</i>
SO <sub>2</sub>	0,70	1,8
NOx	0,40	7,1
PM	6,9	-
HC/VOC	0,13	3,2
CO <sub>2</sub> ekvivalenter	0,032	0,022-0,17

I tabellen nedan redovisas en beräkning av den svenska respektive den finska sjöfartens totala kostnader för utsläpp till luft. Till grund för beräkningen ligger redovisade utsläpp till luft från sjöfarten inom respektive lands begränsningsområde och ASEK-värden respektive ExternE-värden.

**Tabell 7.2. Värdering av sjöfartens utsläpp till luft i Sverige och Finland grundat på två värderingsprinciper: ASEK respektive finska värden (ExternE). Svenska emissioner från trafikverkens gemensamma miljörapport 2000.**

<i>Utsläppskomponent</i>	<i>Finland</i>	<i>Sverige</i>	<i>Beräknad utsläppskostnad Sverige(MSEK)</i>		<i>Beräknad utsläppskostnad Finland (MSEK)</i>	
			<i>ASEK</i>	<i>Finska värden</i>	<i>ASEK</i>	<i>ExternE</i>
	<i>Finland ton 1996</i>	<i>ton 2000</i>				
SO <sub>2</sub>	19552	16800	336	118	391	
NOx	62513	54200	3252	217	3751	
PM	1702		-			
HC/VOC	5145	14400	432	19	154	
Totalt exkl. CO <sub>2</sub>			4020	353	4296	741*
CO <sub>2</sub> ekvivalenter (miljoner ton)	2,5	3,3	4950	1056	3750	
<b>Totalt</b>			<b>8970</b>	<b>1409</b>	<b>8046</b>	<b>1574*</b>

\* Dessa värden redovisas i det finska sjöfartsverkets rapporter (för referenser se Sjöfartsverkets underlagsrapport). Värdena omfattar också skadekostnaderna från utsläpp av partiklar och kolmonoxid.

En överslagsberäkning som Sjöfartsverket gjort visar att de värden för olika typfartyg som redovisas i Kågeson ger en högre kostnad för de samlade svenska utsläppen om antalet anlöp för de olika fartygstyperna beaktas. En faktor som påverkar utfallet av Kågesons beräkning är vilken distans som räknas in i utsläppskostnaden per anlöp. Kågeson räknar med halva distansen som grundande för svenska avgifter.

De skillnader i marginella och totala utsläppskostnader som redovisas ovan för svensk sjöfart beroende på värderingsmetod och olika avgränsningar är anmärkningsvärda. Innan det kan bli aktuellt att närmare diskutera tillämpningar för t.ex. avgiftsändamål, är det därför enligt Sjöfartsverket nödvändigt att analysera skillnaderna mellan värderingsmetoderna och att föra en fördjupad diskussion av principerna för marginalkostnadsberäkningen, t.ex. beträffande avgränsningen av ”avgiftsrelevant” sträcka. Som ett led i detta klarläggande arbete har Sjöfartsverket och SIKA gemensamt beställt en studie där den i Finland tillämpade

ExternE-metoden tillsammans med en avancerad spridningsmodell tillämpas för fartygsrörelser på vissa svenska rutter respektive för manöver/lastning/lossning i hamn.<sup>91</sup> Uppdragsförutsättningarna framgår av Sjöfartsverkets underlags-PM.

## 7.4 Utvecklingen av sjöfartavgifterna

De svenska farledssavgifterna är idag differentierade med avseende på fartygens utsläpp av NO<sub>x</sub> och svaveldioxid (egentligen bränslets svavelhalt). Många hamnar har också genomfört en liknande avgiftsdifferentiering. Bakgrunden är att sjöfarten har bidragit signifikant till de samlade svenska utsläppen av dessa luftföroreningar. Sjöfartsverket, hamnarna och den övriga sjöfartsnäringen har sett det som angeläget att bidra till att de svenska miljömålen uppnås. De differentierade avgifterna ger vissa ekonomiska incitament till åtgärder när det gäller bränslet och fartygens maskineri. Differentieringen bedöms ha givit mycket goda resultat, vilket sammanhänger med att åtgärdskostnaderna i många fall är relativt låga i sjöfarten när det gäller att reducera utsläppen av svavel och NO<sub>x</sub>.

De marginella infrastrukturkostnaderna inom Sjöfartsverkets ansvarsområde varierar med vilket område som trafikerar. Marginalkostnaden för isbrytningen varierar med säsongen, geografiskt läge men också med avseende på fartygets egen förmåga att hantera ishinder (isklassen).

Man kan förvänta sig stora variationer av marginalkostnaden mellan olika fartygstyper och även stora individuella variationer. Det är dock inte uteslutet att det kan gå att hitta en hanterbar indelning i olika typfartyg. Individuell certifiering krävs idag för att komma i åtnjutande av nedsättningar beroende på mindre NO<sub>x</sub>-utsläpp. Certifiering krävs också för att få svavelrabatt.

De marginella emissionskostnaderna kan också antas variera med var trafiken äger rum. Hypotesen är att det kan finnas betydande variationer mellan utsläpp i hamn, i skärgårdsleder och i öppen sjö.

Principerna för Sjöfartsverkets avgifter är oförändrade. Sjöfartsverket har nyligen lämnat vissa synpunkter på farledsavgifterna i verkets remissyttrande över Gods-transportdelegationens betänkande (SOU 2001:61).<sup>92</sup>

Hamnverksamheten berördes kortfattat i förra årets underlagsrapport från Sjöfartsverket. Det konstaterades att det då pågick ett arbete med hamnpolitiska frågor inom EU, som bl.a. behandlar riktlinjer för statsstöd och avgiftssättning samt frågan om tjänstutförarens möjligheter att få tillträde till hamnar för att där utöva sin verksamhet. Dessa frågor bearbetas fortfarande i EU:s lagstiftningsprocess. Frågan har fortsatt aktualitet i samband med marginalkostnadsberäkningar för sjöfarten.

<sup>91</sup> Denna studie som genomförts av det finska konsultföretaget Electowatt-Ekonomo Oy, slutfördes under våren 2002. Studiens resultat har redovisats i rapporten *Estimation of Marginal Emission Costs of Maritime Transport – Pilot study based on the ExternE methodology*. Resultatet av studien redovisades i maj 2002

<sup>92</sup> Remissyttrandet är daterat 2001-12-10.

## 8 Det fortsatta arbetet

### 8.1 Regeringens direktiv

Utgångspunkten för det fortsatta arbetet avseende trafikens externa effekter är regeringens uppdrag i regleringsbrev till SIKA och trafikverken för nästa år. Uppdraget till SIKA innehåller som tidigare en utrednings- och analysdel och en utvecklingsdel. Regeringen har formulerat följande mål för SIKA:s verksamhet för respektive delar.

Målet för utrednings- och analysdelen av uppdraget är att beräkna olika typer av externa effekter av trafiken. Beräkningarna ska ske efter samråd och med bistånd från trafikverken. Resultaten ska redovisas och analyseras i relation till skatte- och avgiftsuttaget inom olika delar av den svenska och europeiska transportsektorn. Åtterrapporeringskravet är att beräkningar av trafikens externa effekter ska redovisas innan verksamhetsårets utgång.

Utvecklingsmålet är att SIKA i arbetet med att vidareutveckla principer och metoder avseende trafikens externa effekter ska analysera hur de externa effekterna ska beaktas vid utformningen av infrastrukturavgifter och andra styrmedel. I arbetet ingår även att föreslå eventuella förändringar som kan bidra till att utveckla transportpolitikens kostnadsansvar. Arbetet ska ske med bistånd från trafikverken. Hur utvecklingsarbetet har genomförts och eventuella förändringar som kan bidra till att utveckla kostnadsansvaret ska redovisas.

### 8.2 Pågående och planerade insatser

För att kunna uppnå målet att beräkna olika typer av externa effekter av trafiken krävs ytterligare metodutveckling inom flera viktiga delområden. En sådan tror vi kommer till stånd inom ramen för olika pågående europeiska och svenska forskningsprojekt. Uppgiften för SIKA och trafikverken är i det sammanhanget att bevaka och söka ta till sig de nya forskningsresultaten angående förslag till metoder att använda för beräkning av externa marginalkostnader. Uppgiften underlättas påtagligt av att metodutvecklingsinsatserna till icke ringa del förväntas komma från de svenska forskare som vi redan har ett urvecklat samarbete med. En viktig arena för att ta del av de metodutvecklingsinsatser som görs i de europeiska projekten är också det s.k. tematiska nätverk med nationella experter, IMPRINT, som Sverige deltar i.

SIKA och trafikverken har också som en viktig fortsatt uppgift att beställa marginalkostnadsskattningar utifrån de av forskarna utvecklade metoderna. Sådana skattningar görs av trafikverkens egna experter, av fristående konsulter eller av forskarna själva. Som en än viktigare uppgift för SIKA och trafikverken

nästkommande år framstår dock att efter dialog med forskarna definiera det underlagsmaterial som behövs för att kunna göra marginalsattningar utifrån de föreslagna metoderna. Inte minst bör det vara en viktig uppgift att finna former för att dessa data också tas fram.

Som SIKA ser det bör trafikverken tydligare än hittills ikläda sig rollen som producent och leverantör av för kostnadsberäkningarna nödvändiga data. Målet bör enligt SIKA vara att till regeringen kunna redovisa ett system för kontinuerlig uppföljning och uppdatering av olika avgiftsrelevanta externa kostnader omfattande alla transportslag.

### **8.3 Angelägna utvecklingsinsatser på kort sikt**

SIKA och Banverket har inom ramen för banavgiftsuppdraget<sup>93</sup> tagit fram förslag till reviderat banavgiftssystem. De i denna rapport skattade marginalkostnaderna har utgjort en viktig utgångspunkt för att bestämma vilka avgiftsnivåer som kan vara lämpliga att föreslå för olika kostnadskomponenter vid utvecklingen av banavgifterna. SIKA bedömer dock att betydande oklarheter kvarstår både beträffande vilka kostnader som är avgiftsrelevanta och vilka skattningar som bör utnyttjas. SIKA menar att det är viktigt att söka reducera och helst eliminera dessa oklarheter genom fortsatta analyser av olika för järnvägstrafiken relevanta kostnadskomponenter.

Det återstår även att dra mer definitiva slutsatser om hur man ska tolka underlaget om marginalkostnader för med järnvägen konkurrerande trafik, t.ex. sjöfarten och den tunga vägtrafiken. En del i detta är också att bedöma de skillnader som finns mellan olika typer av trafik när det gäller förhållandet mellan marginalkostnaderna och det faktiska avgiftsuttaget samt att analysera hur stor betydelse sådana skillnader kan antas ha för möjligheterna att uppnå en samhällsekonomiskt effektiv transportproduktion.

### **8.4 Former för att internalisera marginalkostnaderna**

Medan målet för SIKAs utrednings- och analysverksamhet som nämnts främst är inriktat mot att ta fram underlag i form av marginalkostnadssattningar är utvecklingsmålet inriktat mot frågan hur marginalkostnaderna ska internaliseras med hjälp av olika styrmedel.

Som framgår av redovisningen i kapitel 3 upprepade regeringen i Infrastrukturpropositionen den syn på kostnadsansvaret som lades fast i 1998 års transportpolitiska beslut. Samtidigt pekade regeringen ut ökad differentiering av avgifter som en prioritet under de närmaste åren. Ökad differentiering ses alltså som ett steg på vägen mot en mer fullständig internalisering av trafikens externa kostnader. SIKA drar slutsatsen att det fortsatta arbetet i hög grad bör inriktas mot frågan hur trafikens – ännu ofullständigt kvantifierade – externa effekter ska internaliseras inom olika trafikslag och att då särskilt förutsättningarna för en ökad differentiering av avgifter utifrån befintliga avgifts- och skattesystem ska

---

<sup>93</sup> Se SIKA Rapport 2002:2.



undersökas. SIKÄ avser dÄrför att i det egna arbetet under det kommande Året prioritera diskussionen om hur det transportpolitiska kostnadsansvaret skulle kunna utvecklas vad gÄller internaliseringen av externa kostnader.

SIKA ser det slutligen som angelÄget att utifrån de utvecklade skattningar av marginalkostnaderna som nu finns tillgÄngliga, dra slutsatser om de finansiella konsekvenserna av en marginalkostnadsbaserad prissÄttning av infrastrukturen. I samband dÄrmed bör Även under 2002 belysas vilka mÅjligheter som finns att i praktiken utnyttja marginalkostnadsbaserad avgiftssÄttning inom transportslag med kostnadstÄckningskrav.

Banverket  
Sektionen för trafikpolitik  
2001-12-20

## **Elförbrukning**

Järnvägens energiförbrukning och de miljöeffekter den medför har diskuterats ganska intensivt inom ramen för den debatt om trafik och miljö som har förts under de senaste tio åren. Järnvägens förespråkare hävdade länge att tågtrafiken använder ett genomsnitt av den svenska elproduktionen, och därför borde belastas med genomsnittliga miljöeffekter från den samlade svenska elproduktionen. På senare tid har möjligheten att upphandla sk miljömärkt el tillkommit, vilket öppnar nya möjligheter för järnvägen att ta ansvar för de emissioner som elproduktionen kan medföra. Motståndarna har hävdats att järnvägen – som all annan elanvändning – sker på marginalen, och att tågen därför bör belastas med miljöeffekter från ”den sist producerade kilowattimmen”.

I detta dokument presenteras BVs syn på frågan. Som ett komplement, med delvis mer utförlig beskrivning av elsystemet, och de olika resonemang som kan föras kring elproduktion och elanvändning, hänvisas till det pågående arbete som TFK utför åt Banverket.

### **1. Kör tågen på marginalet?**

I många sammanhang kan det vara fruktbart att föra en diskussion om de marginaleffekter en viss aktivitet medför. En bros bärighet måste till exempel uppenbarligen avgöras av de tyngsta fordon som kan tänkas köra över den, snarare än genomsnittsvikten av samtliga fordon som använder bron. Likaså är det relevant att se på marginaleffekten av vissa emissioner, särskilt i de fall det finns tröskeleffekter och effekten alltså inte är linjär.

När det gäller elanvändning och elproduktion är bilden ganska komplicerad. Man kan dels se på historiska fakta – alltså analysera vilka aktiviteter i samhället som gjorde att en viss produktionsform blev nödvändig – dels se på den dagsaktuella situationen och försöka analysera vilken typ av elproduktion som skulle påverkas av att en viss aktivitet upphör eller tillkommer.

För järnvägens del gäller att det elektrifierade nätet grovt sett byggdes ut under några decennier från 1910-talet fram till omkring 1950-talet.

Elanvändningen inom järnvägssektorn har i stort sett varit oförändrad fram till omkring 1950-talet och framåt. Det var i flera fall järnvägens elbehov som gjorde att man byggde vattenkraftverk – Porjus byggdes till exempel för att försörja malmbanan. I detta fall kan man givetvis föra ett marginalresonemang – malmbanan och Porjus var ett tämligen slutet

system, och elproduktionen i Porjus kom således att vara direkt avhängig av malmbanans elbehov.

Under tiden fram till 1950-talet klarade vattenkraften i stort sett hela Sveriges elbehov, inklusive järnvägens. Så småningom ökade dock elanvändningen inom samhället, och eftersom vattenkraften av olika skäl inte kunde byggas ut, blev man tvungen att bygga andra typer av elproduktionsanläggningar, först fossileldade, sedan kärnkraftsbaserade. Främst var det industri och bostadssektor som orsakade detta ökade elbehov. Man skulle alltså kunna hävda ett marginalresonemang där emissioner och övrig miljöpåverkan från dessa typer av elproduktion bör belasta just industri och bostäder.

Som de här exemplen visar är det inte svårt att tillämpa ett marginalresonemang när det gäller aktiviteter som ökar elbehovet. Det är uppenbart att ett ökat elbehov innebär att elproduktionen måste byggas ut någonstans på något sätt, och att denna specifika utbyggnad kan anses belasta den förbrukare som orsakat den.

Men hur ska man resonera i en statisk situation, där elförbrukning och elproduktion är någorlunda konstant? Kan man även där tillämpa ett marginaltänkande?

I ett läge där elförbrukning och elproduktion är konstant kan i princip alla elanvändare sägas förbruka marginal-el. Om en verksamhet skulle upphöra, innebär det att motsvarande mängd elkraft inte behöver produceras, och följaktligen kommer elproduktionen att påverkas någonstans i systemet. Frågan är då vilken elproduktion som först påverkas.

Från vissa håll hävdades länge att järnvägens elanvändning, om den upphörde, skulle innebära att den svenska reservkraften kunde stängas av. Med reservkraft menade man då de fossileldade kraftverken i Stenungsund och Karlshamn. Resonemanget baserades på att produktionen i dessa kraftverk var den dyraste, räknat per kWh, och därför var den som kunde stängas av först.

Resonemanget höll dock inte för en närmare granskning. Orsakerna var dels att den svenska tågtrafiken förbrukade ungefär 1.7 TWh, och dessa kraftverk årligen inte producerade mer än ungefär 0.5 TWh, dels att man endast körde kraftverken vid behov (alltså särskilt kalla vinterdagar), medan tågen som bekant körs dygnet runt, året om.

Argumentet förfinades sedan så att det inte var de svenska fossileldade kraftverken som försörjde järnvägen, utan kraftverk i Danmark eller Polen. Inte heller där höll dock resonemanget. När det gäller Polen bortsåg man från att någon överföringskapacitet inte fanns mellan Polen och Sverige, när det gäller Danmark byggde resonemanget på att

Danmark skulle stänga en del av sin inhemska kraftproduktion om den svenska järnvägen upphörde att använda el, något som uppenbarligen inte är aktuellt. Dessutom saknas tillräcklig överföringskapacitet inom Sverige för att klara en överföring av dansk kolkraft till t ex norra Sverige, i ett läge när vattenkraften av något skäl skulle falla bort.

I själva verket kan man ur både ett produktions- och användarperspektiv hävda att det är vattenkraften som fungerar som marginal-el i större delen av Sverige – det är genom finjusteringar av vattenflödet i vattenkraftverken som man justerar tillfälliga förändringar i elbehovet. Man kan alltså, om man vill, hävda att den svenska järnvägens elbehov uteslutande täcks av vattenkraft, och detta är också en formulering som återfinns i riksdagens trafikpolitiska beslut från 1988. Banverket anser dock att detta resonemang är föråldrat, något som skall motiveras i det följande.

## **2. Effekter av den öppna elmarknaden.**

För några år sedan öppnades nya möjligheter inom den svenska elmarknaden. Elproducenterna hade dessförinnan sålt ospecificerad elkraft, men nu började man erbjuda produktionspecificerad el. Sydkraft erbjöd t ex kunderna flera olika alternativ: CO<sub>2</sub>-fri el, vattenkraft, nyproducerad ”grön el” och mix-el. Man införde också en prisdifferens mellan dessa olika produkter. Andra elproducenter följde exemplet.

På flera sätt kan man säga att elmarknaden därigenom mer kom att påminna om övrig bränslemarknad, där bränslen med olika ursprung och egenskaper såldes till olika priser, något som utnyttjades av aktörer inom t ex åkeribranschen som ville förstärka sin miljöprofil.

Så småningom tillkom också en miljömärkning på elproduktionen, i och med att Naturskyddsföreningen utarbetade kriterier för Bra Miljöval-el.

För järnvägens del innebar detta en möjlighet att komma bort från diskussionen om ursprunget till elkraften. SJ beslutade därför 1999 att uteslutande använda elkraft märkt med Bra Miljöval. Ett avtal slöts också med el-leverantören Birka Energi om att den merkostnad som SJ betalade för den miljömärkta elen helt skulle fonderas, och tillsammans med lika stora medel från Birka, användas för en fortsatt miljöanpassning av elproduktionen.

Miljömärkning av el har orsakat en hel del debatt. Naturskyddsföreningen har med märkningen velat skapa dels en debatt kring elproduktion, dels haft ambitionen att påverka marknaden på samma sätt som man har lyckats med när det gäller papper, hushållskemikalier etc. Man menar att bara det faktum att det finns kunder som betalar något mer för den miljömärkta elen kommer att innebära ett incitament för

produktionsbolagen att satsa mer på de produktionsslag som går att miljömärka. Motståndet mot systemet har mer utgått från att det egentligen inte påverkar marknaden, utan bara är en lek med ord. D v s att den elanvändare som köper miljömärkt el därigenom tvingar andra elanvändare att köpa den oklassade, och därmed miljömässigt sämre, elkraften. Motståndarna har också hävdade att någon effekt på framtida elproduktion inte är möjlig.

Inom transportbranschen har inte miljömärkningen i sig diskuterats i någon större omfattning. Däremot har man, framför allt inom ramen för NTM, Nätverket för Transporter och Miljö, diskuterat hur miljöeffekter av eldrivna transporter ska beräknas. Företrädare för vägtrafiken hävdade inledningsvis det ovan beskrivna marginaltänkandet, men under arbetet med de miljökriterier som NTM tagit fram för godstransporter stod det så småningom klart att det var möjligt att för alla trafikslag enas kring att det var den faktiska upphandling man har gjort av bränsle som skulle ligga till grund för miljöeffektberäkningen. För väg- och flygtrafik samt sjöfart (och oelektrifierad järnvägstrafik) skulle den bränslekvalitet som respektive operatör köpte vara avgörande, för eldrivna trafikslag var det elupphandlingen som var avgörande. Således uppnåddes enighet kring att en järnvägsoperatör som upphandlat t ex specificerad vattenkraft också skulle få tillgodoräkna sig de miljöfordelar detta medförde.

Något annat resultat kunde man egentligen inte komma fram till om logiken skulle styra. Orsaken är uppenbar och kan exemplifieras på flera sätt beroende på balansen mellan tillgång och efterfrågan:

#### *1. Begränsad tillgång och hög efterfrågan.*

Vi exemplifierar med införandet av den miljöklassade, lågsvavliga dieseln. Till att börja med fanns denna kvalitet i relativt begränsade kvantiteter. Man skulle då kunna hävda att en åkare som köpte denna bränslekvalitet undandrog en annan åkare möjligheten att använda den, och att han därigenom borde belastas med den negativa miljöpåverkan som denne åkare orsakade just genom att han inte fick tillgång till det bästa bränslet.

Att resonemanget är orimligt inser de flesta. Det vore absurt att hävda att ett åkeri som av miljöskäl väljer ett bättre bränsle därigenom ska tvingas ta ansvar för att bränslemarknaden inte kan tillfredsställa hela behovet av sådant bränsle.

På samma sätt är det uppenbart orimligt att t ex ett järnvägsföretag som köper upp vindkraft – där tillgången är begränsad – därigenom ska belastas med utsläpp som orsakas av att andra inte får tillgång till denna begränsade produktion.

Om efterfrågan och betalningsvilligheten när det gäller den högre kvaliteten på bränsle är tillräckligt stor, kommer marknaden att på sikt

producera den och detta gäller oberoende av om bränslet är diesel, bensin, elkraft eller något annat bränsle. Som tillägg kan här nämnas att de nya kriterier för Bra Miljöval-el som införs vid kommande årsskifte innebär att den kraftproducent som vill miljömärka en del av sin elproduktion samtidigt måste garantera att öka sin produktion av miljömärkingsbar el med minst 5% - t ex genom att bygga nya vindkraftverk. Detta tillför ytterligare en dimension till resonemanget kring marginalet.

## *2. Balans mellan tillgång och efterfrågan.*

Även här kan man se på användningen av miljöklassad diesel. I Sverige är situationen sådan att i praktiken allt dieselbränsle som säljs är lågsvavligt. Men man kan i ett större perspektiv hävda att den svenska dieseldrivna trafiken – som huvudsakligen kör på redan från början lågsvavlig Nordsjöolja - därigenom undandrar resten av världsmarknaden från detta bränsle, och alltså borde belastas med svavelutsläpp som sker t ex i Asien där man inte har samma tillgång till lågsvavligt bränsle.

När det gäller elmarknaden föreligger i dagsläget inte något underskott på miljömärkt – eller miljömärkningsbar – el, helt i analogi med det lågsvavliga dieselbränslet. Vissa kritiker har hävdat att den miljömärkta el som används av t ex SJ och Green Cargo hellre borde exporteras, så att man skulle kunna stänga fossileldade kraftverk i Polen, ett resonemang i samma anda som det ovan angivna om dieselbränslet.

Slutsatsen av de här parallella resonemangen är att man får välja logik. Antingen hävdar man att all bränsleanvändning sker på marginalen, då ska både diesel- och övrig användning av fossila bränslen, samt elkraftanvändning, belastas med de utsläpp som de sämsta marknadskvaliteterna och produktionsformerna har. I så fall är det svårt att se hur marknaden någonsin ska kunna få någon effekt på transporterens miljöpåverkan – det enda som återstår är regleringar och lagstiftning, inte minst på det internationella planet. Eller också ska varje användare ta ansvar för den energiform han upphandlar och inget annat. Varigenom marknaden får betydligt större möjligheter att faktiskt åstadkomma snabba förbättringar av miljösituationen, såsom också skedde i samband med införandet av den miljöklassade dieseln.

## **3. Var ska miljöansvaret ligga?**

Det finns en fundamental skillnad i de traditionella synsätten på miljöeffekter hos olika trafikslag. När det gäller fossildrivna trafikslag är det en regel som nästan inte har några undantag att man uteslutande ser på den miljöpåverkan som sker från själva fordonet – alltså vad som kommer ut ur avgasröret. Miljöeffekter tidigare i kedjan, alltså från produktion, transport, raffinering etc av bränslet har ytterst sällan

medräknats, trots att de är betydande (se t ex Naturvårdsverkets rapport Life of Fuels).

När det gäller eldriven trafik har däremot – som ju framgår av resonemangen i avsnitt 1 och 2 – elproduktionens miljöeffekter varit fokus för diskussionen. Någon logik i detta finns givetvis inte. Även om elproduktion och framställning av t ex dieselolja skiljer sig på en hel del punkter går det mycket väl att jämföra ett kraftverk och ett oljeraffinaderi. Oljeraffinaderiet förädlar råoljan till produkter med olika egenskaper, dieselbränsle, bensin, flygfotogen etc. Kraftverket förädlar ingående energi (vatten, vind, olja, uran, biobränsle) till elkraft. Ska man räkna med miljöeffekter och energiförluster i kedjan fr o m kraftverket till loket bör man logiskt sett göra det även i kedjan fr o m raffinaderiet till lastbilen eller bussen. Så sker dock inte idag.

#### **4. Slutsats.**

Banverkets anser att samma principer bör gälla för alla trafikslag. Järnvägstrafiken som system betraktat bör belastas med summan av de miljöeffekter som uppstår som en följd av de avtal som de enskilda operatörerna har träffat med kraftleverantörerna. Respektive operatör belastas med miljöeffekter från de avtal han har med sin kraftleverantör.

Detsamma bör gälla för andra trafikslag. Det innebär, för att exemplifiera, att den åkare som väljer att köra på t ex ett biobränsle bör belastas med miljöeffekter från produktion och användning av detta bränsle. Lastbilstrafiken som sådan belastas med summan av miljöeffekter från produktion och användning av den samlade bränslemängd som används för denna trafik. O s v.

Per Kågeson  
Nature Associates  
2002-03-20

## **Samhällsekonomiska kalkylvärden för elektricitet som används inom transportsektorn samt frågan om hur effekterna av järnvägens elförbrukning bör internaliseras**

### **Inledning**

För fossila bränslen använda som drivmedel anger ASEK (1999) att man i inriktningsplaneringen bör använda 1:50 kronor per kg koldioxid som kalkylvärde. Värdet baseras på den beräknade marginalkostnaden för att nå det av riksdagen fastställda etappmålet för transportsektorn. Frågan om hur man bör se på miljöeffekterna av elektrisk framdrivning av spår- och vägfordon diskuteras inte i rapporten. Det innebär att trafikverken avgränsat frågan om hur miljön påverkas till fordonens utsläpp. Man bortser därmed från emissioner som uppkommer i tidigare produktionsled.

Detta synsätt kan ifrågasättas. Utfallet påverkas nämligen i hög grad av hur systemavgränsningen görs. Eftersom kalkylvärdena bl.a. används för att bedöma effekterna av överflyttad trafik är det viktigt att använda en avgränsning som fångar upp alla väsentliga följder av att en del av person- eller godstrafiken byter transportslag. Detta synes vara särskilt relevant i sammanhang där betydande investeringar helt eller delvis motiveras med positiva effekter på miljön av ett byte av transportslag.

Den samhällsekonomiska analysen av investeringar och andra potentiella åtgärder inom inriktningsplaneringen avser följderna av att vissa givna system förändras. Avsikten är således inte att beskriva systemen som de ser ut just för ögonblicket. Därför behövs en dynamisk ansats snarare än en statisk.

Frågan om var den marginella elproduktionen äger rum har också betydelse för hur man i ett mera kortsiktigt perspektiv bör se på förändringar i den spårburna trafikens efterfrågan på el. I princip är den kortsiktiga samhällsekonomiska kostnaden avgiftsrelevant vid en internalisering av järnvägstrafikens externa kostnader.

### **Effekter av förändrad elanvändning**

Om man vill ge en ögonblicksbild av hur tågtrafiken och de fåtaliga elbilarna<sup>1</sup> påverkar klimatet är den svenska eller nordiska kraftmixen en rimlig utgångspunkt. De ger en statisk bild av hur samhällets totala efterfrågan på el i nuläget påverkar miljön. Ett skifte från väg och flyg till järnväg innebär emellertid - med undantag för dieseldriven tågtrafik - att man går från ett fossilt drivmedel till elektricitet. Då är det relevant att se hur denna förändring påverkar de faktiska utsläppen av klimatgaser och andra föroreningar.

Om man företar investeringar eller andra åtgärder i syfte att öka tågtrafiken eller någon annan verksamhet som förbrukar el måste elproduktionen öka i motsvarande mån. Om tågtrafiken på sikt t.ex. ökar sin årliga förbrukning med 1 TWh (vilket motsvarar en 40-procentig expansion) kan denna leverans inte tillgodoses genom ökad produktion av vattenkraft och kärnkraft. Den marginella kraftproduktionen äger i stället rum i fossileldade kondenskraftverk i Finland, Danmark, Tyskland och Polen.

---

<sup>1</sup> Bränslecellsdrivna fordons marginella miljöpåverkan skiljer sig från batteribilarnas genom att de inte tar sin el från kraftnätet. Deras (indirekta) utsläpp av koldioxid bestäms i stället av vilket bränsle som används för framställning av den vätgas som genererar el i fordonets bränslecell. Hittills har det främst varit fråga om naturgas.



Om vår efterfrågan ökar med en TWh kommer således under ett normalår produktionen i dessa kraftverk att öka med ungefär lika mycket. Det är alltså de långsiktiga effekterna av större bestående förändringar i efterfrågan som är av intresse.

Förhållandet att kolkondens är det marginella kraftslaget vid förändringar i efterfrågan innebär också att om efterfrågan minskar – t.ex. till följd av att den spårburna trafiken i Sverige effektiviserar sin elanvändning - så bortfaller produktion i grannländernas kolkraftverk. I ett LCA-perspektiv (Livscykel Analys) bör alltså eleffektiviseringen krediteras för den positiva effekt som uppstår på koldioxidutsläppen, medan ökad trafikering bör debiteras för den negativa effekt som den ger upphov till. Att anlägga ett statistiskt betraktelsesätt när det är fråga om en faktisk förändring leder till att man missbedömer effekterna på klimatet av ett byte från fossila bränslen till el.

### Den nordiska elmarknaden

De svenska kraftproducenterna har sedan länge ett nära samarbete och ett relativt omfattande kraftutbyte med Norge, Danmark och Finland. Avregleringen av de nationella elmarknaderna har under de senaste tio åren successivt lett fram till en integrerad nordisk elmarknad. Ett visst utbyte sker också med kontinenten via kraftledningar och elkablar till Ryssland, Polen och Tyskland.

Inslaget av kolkondens i den nordiska kraftmixen skiftar till följd av variationer i tillgången på vattenkraft men har under slutet av 1990-talet i genomsnitt motsvarat drygt 10 procent av den totala produktionen. Därtill svarar olja och naturgas för ca 5 procent. Enligt uppgifter från Energimyndigheten förekommer kolkondens i den nordiska tillförseln under årets samtliga veckor.

De danska kolkraftverken har en produktionskapacitet på ca 6 500 MW. Om den användes fullt ut under årets alla timmar skulle produktionen uppgå till ca 55 TWh. Den faktiska produktionen är dock betydligt mindre. Under de senaste åren har kolkraften svarat för 45-50 procent av den danska konsumtionen som år 2000 uppgick till 37 TWh.<sup>2</sup> Därtill har Danmark under flertalet år varit en nettoexportör av el. Under extrema våtar med hög produktion i de norska och svenska vattenkraftverken är Danmark emellertid en nettoimportör av elektricitet. Detta inträffade år 2000 samt vid några tillfällen i början av 1990-talet. Danmark är det europeiska land som har störst variation i utrikeshandeln med el. Variationen har under de senaste tio åren legat inom intervallet  $\pm 22$  procent, vilket motsvarar ungefär  $\pm 7$  TWh per år (Energistyrelsen, 2001). Även Finland producerar betydande mängder el i koleldade kraftverk. Kapaciteten uppgår till 5 000 MW och den faktiska årsproduktionen under senare år motsvarar ungefär 25 procent av Finlands konsumtion av el.

Att avgränsa frågan om den marginella elproduktionen till kraftverk belägna i Sverige skulle således ge en felaktig bild av effekterna av ökad eller minskad efterfrågan på el. Nationsgränserna utgör en lika godtycklig geografisk avgränsning som det vore att börja tala om olika marginalel i Dalarna, Småland och Skåne. Man bör i stället utgå från den faktiska marknaden och därvid ta hänsyn till begränsningar i överföringskapaciteten både inom och mellan länder.

Av ovanstående siffror kan man dra slutsatsen att ökad respektive minskad efterfrågan på el i Sverige får effekt på produktionen i danska och finska kolkraftverk. Effekten av förändringar i svensk efterfrågan har alltså samma verkan som minskad eller ökad produktion i svenska vattenkraftverk eller minskad framtida produktion i svenska kärnkraftverk.

### Frågan om ”grön el”

Från SJ har anförts att företagets verksamhet inte belastar miljön eftersom man köper miljömärkt elektricitet. För inriktningsplaneringen och internaliseringen av trafikens externa kostnader saknar detta resonemang relevans för såvitt inte tågoperatören investerar i helt nya fossilfria kraftverk vars produktion motsvarar företagets förbrukning av el. Med nuvarande system för köp av miljömärkt el

---

<sup>2</sup> I mitten av 1990-talet svarade kolkraften för drygt 70 procent av den danska elproduktionen. Sedan dess har framför allt gaskraftverkens andel ökat men även vindkraften har byggts ut.

blir däremot den marginella effekten av ökad efterfrågan att andra kunder tvingas förbruka mer ”grå el” än vad som annars skulle ha varit fallet.

Den premie som kunderna betalar för att få beteckna sin el som ”grön” uppgår i allmänhet bara till något enda öre per kWh. En så liten prisdifferens leder inte till att kraftbolagen i motsvarande mån ersätter befintlig grå el med ny grön el. Att vindkraften byggs ut beror i stället på att staten subventionerar produktionen med ungefär 30 öre per kWh.

Man bör också betänka vad som händer om en konsument av grön el minskar sin efterfrågan, t.ex. till följd av eleffektivisering. Den produktion som då bortfaller kan ju knappast bestå av vind- och vattenkraft. Producenterna kommer inte att stänga dessa kraftverk utan i stället sälja denna kraft till andra förbrukare. Det som bortfaller (på nordisk nivå) är i stället kraftslag med högre rörlig kostnad.

Enligt Svenska Naturskyddsföreningen uppgick den försålda volymen miljömärkt el till 6.8 TWh år 2000. Det bör jämföras med att årsproduktionen i vattenkraftverken under normalår uppgår till ca 65 TWh. Därtill finns på den nordiska elmarknaden avsevärda kvantiteter norsk och finsk vattenkraft. Det är först om efterfrågan på grön el blir så stor att den påtagligt överstiger tillgången som en avsevärd förändring av utbudet kan komma till stånd. Det förutsätter emellertid att priset på grön el stiger till en nivå som närmar sig marginalkostnaden för ny grön el. Vid stigande priser på grön el (jämfört med nivån för grå el) kommer emellertid många kunder att tveka att betala den växande premien. Det kan då bli fråga om en prisdifferens på 10-20 öre per kWh.

Det är långt ifrån säkert att grön el-konceptet kommer att få någon effekt på utbudet. För närvarande uppgår försäljningen av grön el till ca 7.0 TWh på den nordiska marknaden, medan det potentiella utbudet uppgår till ca 210 TWh av samma marknad. Ett problem för dem som hoppas på en förändring är också att den nordiska elmarknaden alltmer integreras med de tyska och polska marknaderna.

Inför 2002 har Svenska Naturskyddsföreningen skärpt kraven för BRA MILJÖVAL-märkt el. Elleveranser baserade på vattenkraft ska kompletteras med el från ytterligare minst en förnybar energikälla. Om den kompletterande energikällan är biobränsle eller vindkraft ska den utgöra minst 5 procent av elleveransens volym. Därtill ska kraftföretagen avsätta pengar som ska användas för att minska vattenkraftverkens miljöskador. Det tillgängliga utbudet av vindkraft och biobränslebaserad kraft på den nordiska marknaden utgör ca 9 procent av utbudet av vattenkraft (under normalår). Det innebär att hela den utbyggda vattenkraften kan räknas som BRA MILJÖVAL vid en perfekt matchning mot redan utbyggd vindkraft och biobränslebaserad kraft (inkl. avfall).

### **Effekten av ett eventuellt svenskt elöverskott**

Det bör understrykas att den marginella effekten på den nordeuropeiska kraftproduktionen kvarstår även i ett fall där Sverige klarar all efterfrågan på el utan att använda några fossila bränslen. I ett sådant läge blir Sverige en potentiell nettoexportör av koldioxidfri kraft. Varje ökning eller minskning av den inhemska efterfrågan får därmed effekt på möjligheterna att leverera till omvärlden. Det är först om det svenska överskottet är så stort att överföringskapaciteten till grannländerna inte räcker till som ökad efterfrågan på el inom landet inte längre skulle få någon effekt på produktionen av kolkondenskraft i grannländerna. Skulle emellertid de nordiska länderna till följd av ett omfattande effektiviseringsarbete och ett skifte från elvärme till bränslen och värmepumpar få ett stort stadigvarande elöverskott så kommer med största sannolikhet överföringskapaciteten till kontinenten att byggas ut. EU kommissionens nyligen presenterade förslag om ett europeiskt system för handel med CO<sub>2</sub>-rättigheter kommer att öka skillnaden i rörlig kostnad mellan kolkraft och vattenkraft (European Commission, 2001). Därmed ökar det ekonomiska utrymmet för investeringar i ökad överföringskapacitet. Långsiktigt måste man emellertid också ta i beaktande att den svenska kärnkraftens produktionskapacitet kommer att minska.

Det här innebär att tillkomst av ytterligare vindkraftverk eller biobränslebaserade kraftverk i Sverige inte förändrar effekten på koldioxidutsläppen i grannländerna av ökad svensk efterfrågan på el. Här gäller liksom nyss att effekten bortfaller först när det svenska överskottet är så stort att kraftledningarna

na till omvärlden inte kan svälja det. En sådan situation kan potentiellt inträffa i lägen med mycket god vattentillgång i Sverige och Norge, men under normalår är det långt till en situation där de nordiska länderna både klarar all egen efterfrågan med hjälp av vatten- och kärnkraft och dessutom har ett överskott som är större än vad kraftkablarna till kontinenten klarar av.

Överföringskapaciteten till grannländerna uppgår till ca 8 000 MW varav 2 800 MW avser förbindelser med Norge. Den fysikaliska förmågan kan dock i praktiken aldrig utnyttjas fullt ut. "Handelskapaciteten" beräknades för år 2000 till ca 6 600 – 7 600 MW (Svenska Kraftnät, 2001). Därtill finns koncessioner för nya kraftkablar från Norge till kontinenten respektive Storbritannien.

### **Gröna certifikat och handel med utsläppsrätter**

Riksdagen fattade år 2000 ett principbeslut om att Sverige ska införa ett system för överlåtbara certifikat som utgår från mål som staten sätter upp för utvecklingen av förnybara former för elproduktion. Elcertifikatsutredningen (2001) lämnade nyligen förslag om hur systemet konkret ska utformas. Innebörden är att el från små vattenkraftverk, nya vattenkraftverk, vindkraftverk och bibränslekraftverk ska utgöra en viss kvot av leveranserna till svenska kunder (exkl. elintensiv industri). Om ett sådant system med "gröna certifikat" införs måste varje leverantör se till att en viss del av elförbrukningen kommer från "gröna kraftslag". Marginaleffekten av ökad efterfrågan på el blir således en kombination av fossil kraft och ny "grön kraft". Innebörden av detta blir att effekten på utsläppen av koldioxid från ökad efterfrågan på elektrisk energi i så fall måste beräknas på den "gråa delen". Det förefaller dock osannolikt att kvotplikten inom överskådlig tid skulle hamna över 10-12 procent av den försålda volymen.

Det eventuella införandet av ett system för handel med överlåtbara utsläppsrätter inom den europeiska kraftindustrin skulle på sikt göra kolkondenskraftverken mindre lönsamma. Detta kommer främst att påverka förutsättningarna för investeringar i nya kolkraftverk. Befintliga kraftverk konkurrerar med sin rörliga kostnad och har därför bättre förutsättningar att klara sig. Eftersom kolkraftens andel av den totala kraftproduktionen är stor – t.ex. 97 procent i Polen och 56 procent i Tyskland (1995) – kommer det att ta åtskilliga decennier innan den eventuellt försvinner.

Efter införande av handel med överlåtbara utsläppsrätter torde kolkondenskraftverken få högre rörlig kostnad än gaskombikondenskraftverken. Det innebär att kortsiktiga efterfrågeförändringar kommer att resultera i ökad eller minskad produktion i befintliga kolkraftverk. Om efterfrågan på baskraft fortsätter att expandera torde däremot handeln med utsläppsrätter leda till att naturgas vid nyinvesteringar föredras framför kolkondenskraft. Kolkraften kommer i så fall på marginalen långsiktigt att ersättas med gaskombikondenskraftverk. De senare ger upphov till betydligt lägre utsläpp av koldioxid till följd av högre elverkningsgrad och lägre kolinnehåll per energienhet.

Om politikerna successivt skärper utsläppskraven kan priset på kolkondenskraft med tiden bli så högt att kraftbolagen tjänar på att rena rökgaserna från koldioxid. Med nu tillgänglig teknik kan man avskilja CO<sub>2</sub> ur rökgaserna från större värme- och kraftanläggningar och återföra gasen i koncentrerad form till utvunna gas- och oljefyndigheter eller deponera den i andra för ändamålet lämpliga geologiska strukturer. Kostnaden för detta uppgår i dag till 40-60 dollar per ton (42-63 öre/kg CO<sub>2</sub>) men förväntas minska till följd av teknisk utveckling (IEA, 2000). Om detta sker, utgör kolkraften inte längre något hot mot klimatet. Kostnaden kommer naturligtvis att drabba elkonsumenterna, inklusive spårtrafiken.

### **Betydelsen av en korrekt värdering av CO<sub>2</sub>-utsläppen**

Att elanvändningens indirekta effekter på miljön redovisas i den samhällsekonomiska kostnadsnyttoanalysen har betydelse i flera olika sammanhang. För trafik som byter transportslag till följd av vissa investeringar eller åtgärder bör man beräkna nettoutfallet. Man får inte heller glömma bort att investeringar i nya banor kan generera helt ny trafik till följd av att kortare restider medger längre arbets- och nöjesresor. För Svealandsbanan beräknas den nygenererade trafiken uppgå till ca 20 procent av den totala (Fröidh, 1999).

Ett tredje område av betydelse är effekterna på miljön av elektrifiering av banor som idag saknar kontaktledning. Kågeson (2001) har visat att elektrifiering leder till att koldioxidutsläppen ökar med ca 27 procent i ett läge där kolkondenskraft står för den marginella kraftproduktionen. Ett skifte från diesel till eldrift baserad på bränsleceller<sup>3</sup> ombord på tågen skulle däremot leda till att utsläppet minskar med drygt 30 procent. Därvid förutsätts att vätgasen, som bränslecellerna behöver, genereras genom reformering av naturgas. Om naturgaskombikondens i stället antas vara det marginella kraftslaget, blir effekten av ett skifte från diesel till konventionell eldrift att utsläppen minskar med närmare 45 procent. Man bör beträffande det sistnämnda alternativet komma ihåg att även om åtgärden är positiv från miljösynpunkt är värdet av den väsentligt mindre än om man (som för närvarande) inte alls beaktar de utsläpp som kvarstår efter skiftet. En korrekt beräkning ger således en lägre nettonuvärdesnytta.

Frågan om hur man ska se på marginella förändringar i efterfrågan på el har också stor betydelse för utfallet av åtgärder som syftar till att effektivisera tågtrafikens elanvändning. Med Banverkets nuvarande syn på hur miljöeffekter av förändrad efterfrågan på el bör beräknas krediteras inte järnvägssektorn för den positiva effekten av åtgärder som minskar efterfrågan på el.

### **Kolkraft eller naturgas?**

Från systemsynpunkt – och det är den som jordens atmosfär känner av – kommer som redan framgått en förändrad efterfrågan på el i Sverige att påverka produktionen i omvärldens kolkondenskraftverk. På längre sikt kan den marginella elproduktionen komma att ske i gaskombikondenskraftverk. Det är dock svårt att på basis av nuvarande kunskap säga någonting bestämt om när ett skifte från kol till gas kan komma att inträffa.<sup>4</sup> Valet mellan kol- och gaskraft beror på en rad faktorer som är svåra att överblicka.

Under ett övergångsskede kommer naturgaskombikondens att vara det marginella kraftslaget nattetid och kolkondenskraft att användas på marginalen under dagarna. Det sammanhänger med att efterfrågan är större på dagarna än på nätterna.

Beräkningen av den samhällsekonomiska kostnaden av ökad efterfrågan på el inom transportsektorn blir dock i hög grad beroende av vilket av båda kraftslagen man utgår från. Räknat på kolkondens (40 procents verkningsgrad) blir livscykelemissionen ca 0.9 kg per kWh som levereras till lokets motorer. I fallet med gaskombikondens (58 procents verkningsgrad) blir emissionen bara ca 0.4 kg per kWh (Kågeson, 2001). Att divergensen blir så stor beror, utöver skillnaden i elverkningsgrad, på att en tillförd kWh kol ger upphov till ett utsläpp av 0.327 kg CO<sub>2</sub>, medan motsvarande utsläpp från naturgas - till följd av ett väsentligt lägre kolinnehåll per energienhet - bara blir 0.203 kg.

### **Praktisk tillämpning**

Här kommer först frågan om kalkylvärdet för koldioxid i inriktningsplaneringen att behandlas. I ett senare avsnitt tas frågan om praktiska former för internalisering av den kortsiktiga marginalkostnaden upp.

### **Kalkylvärden i inriktningsplaneringen**

Inriktningsplaneringen avser investeringar med mycket långa avskrivningstider. Trafikverken använder ofta 50 eller 60 år i den samhällsekonomiska analysen. Under så lång tid kan mycket förändras. En möjlighet skulle kunna vara att göra antaganden om när ett eventuellt skifte från kol till naturgas som bränsle i den marginella kraftproduktionen inträffar och sedan diskontera effekterna till nuvärde. Det blir dock med nödvändighet en kalkyl som mera baseras på gissningar än på fakta. Att å andra sidan helt bortse från de marginella effekterna av ökad (eller minskad) elförbrukning vore ännu mera fel.

<sup>3</sup> Baserat på 50% genomsnittlig verkningsgrad i bränslecellen. Teknisk utveckling kan ge högre verkningsgrad i framtiden.

<sup>4</sup> Björn Karlsson, professor i energisystem vid Tekniska högskolan i Linköping uppskattar att skiftet kan komma att inträffa om ca 20 år.

Möjligen skulle en praktisk kompromiss kunna vara att beräkna effekten av förändrad efterfrågan på el utifrån effekterna av ökad/minskad produktion i gaskombikondenskraftverk. Man får då ett värde som ligger ungefär mitt mellan effekterna av kolkondens och en statisk beräkning baserad på den nuvarande produktionsmixen i Sverige. Värdet är dock för lågt i förhållande till de näraliggande och någorlunda överblickbara effekterna av ökad eller minskad efterfrågan på el. För projekt med kort avskrivningstid, t.ex. åtgärder som syftar till eleffektivisering, förefaller det rimligt att beräkna effekterna utifrån ett antagande om att kolkondens är det marginella produktionslaget.

Det eventuella införandet av obligatoriska kvoter i form av gröna certifikat kommer inom några år att leda till att den marginella effekten inte helt kan beräknas utifrån kolkraftverkens specifika utsläpp av CO<sub>2</sub>. Förhållandet att Norden har överskott av el under perioder av väl fyllda vattenmagasin och måttlig inhemsk efterfrågan (särskilt sommartid) talar också i riktning mot att man bör välja ett årsmedelvärde någonstans mellan de specifika utsläppen från kolkondenskraft och de som uppkommer vid den nu aktuella svenska produktionsmixen.

När Sverige avvecklar kärnkraften kommer en del av den bortfallande kapaciteten att kunna ersättas med biobränslebaserad kraftproduktion och mottryckskraft samt vindkraft. Avvecklingen leder sannolikt till något stigande elpriser vilket förväntas medföra att en del elvärmada villor byter till olja, gas, ved eller pellets. Det är dock föga troligt att dessa åtgärder sammantaget kan ersätta all kärnkraft. Avvecklingen förväntas därför leda till en viss utbyggnad av gaskombikondenskraftverk alternativt till ökad import av fossilbaserad kraft.

Någon hänsyn till operatörernas eventuella framtida inköp av miljömärkt el finns det under inga omständigheter anledning att ta. Banverket kan ju inte i sin planering av nya banor - eller andra åtgärder som kan påverka efterfrågan på el - veta vilket eller vilka bolag som i framtiden kommer att trafikera sträckan eller om de kommer att köpa miljömärkt el.

### **Värderingen av CO<sub>2</sub>**

Den samhällsekonomiska nyttan av att minska utsläppen av koldioxid genom skifte från väg och flyg till tåg bestäms förutom av skillnader i specifika livscykelutsläpp av hur minskade utsläpp av CO<sub>2</sub> värderas. Den svenska värderingen av CO<sub>2</sub> är vid internationell jämförelse extremt hög. Det är också uppenbart att det inom andra samhällssektorer finns outnyttjade möjligheter att minska utsläppen som kostar väsentligt mindre än 1:50 per kilo.

Underlag som kommissionen låtit beställa ger vid handen att marginalkostnaden kan komma att hamna kring 30 öre per kg CO<sub>2</sub> om de europeiska koldioxidutsläppen skärs ned inom ramen för ett system för handel med utsläppsrätter som omfattar alla medlemsländer och samhällssektorer (European Commission, 2000). Därvid förutsätts emellertid att handeln med utsläppsrätter blir ett komplement till den redan existerande beskattningen av kol, olja och naturgas. Omräknad till skatt per kilo CO<sub>2</sub> uppgår den genomsnittliga beskattningen för närvarande till ca 45 öre per kilo (Kågeson, 2001). Om hänsyn tas till detta förhållande skulle således den sammanlagda marginalkostnaden hamna kring 75 öre per kilo – eller hälften av ASEK:s nuvarande värdering. Marginalkostnaden kan å andra sidan förväntas stiga när EU under den andra åtagandeperioden kommer att behöva åta sig ett mera långtgående reduktionsmål än minus 8 procent.

Det kan under inga omständigheter vara rimligt att inom inriktningsplaneringen använda skilda värden för CO<sub>2</sub> i olika transportslag. Man bör således inte tillämpa jämviktspriset på CO<sub>2</sub>-rättigheter som grund för en bedömning av effekterna av ökad eller minskad elanvändning inom spårtrafiken och behålla den nuvarande värderingen av CO<sub>2</sub> för drivmedel använda inom de övriga transportslagen. Den rimligaste utvägen är nog att välja ett värde kring 75 öre eller om man vill spegla en utveckling mot högre marginalkostnader för att nå framtida etappmål möjligen överväga ett värde kring 1 krona per kilo.

**Effekter av kraftverkens övriga emissioner**

Ökad/minskad efterfrågan på el påverkar också kraftindustrins utsläpp av partiklar, flyktiga kolväten, kväveoxider och svavel. För kolkraftverk varierar dessa utsläpp i hög grad beroende på anläggningarnas ålder, reningsteknik och val av bränsle. Den svenska värderingen är därtill beroende av var och på vilken höjd över marken som utsläppen äger rum. Utsläppen från de sämre anläggningarna kommer att minska drastiskt till följd av åtgärder som medlemsländerna måste vidta med anledning av EU:s s.k. takdirektiv och i en del fall kan detta leda till att kraftverk stängs. För gaseldade kraftverk är utsläppen av dessa ämnen så små att det saknar betydelse för inriktningsplaneringen om de tas med eller lämnas utanför den samhällsekonomiska analysen. Sammantaget förefaller det föga meningsfullt att i inriktningsplaneringen söka få med de ekonomiska effekterna av kraftproduktionens utsläpp av andra gaser än CO<sub>2</sub>.

**Internalisering av spårtrafikens externa kostnader**

Effekterna på de europeiska koldioxidutsläppen av ökad tågtrafik är en relevant kostnad vid en bestämning av trafikens samhällsekonomiska marginalkostnader. Frågan om hur stor efterfrågan är (mätt som effekt vid olika tider på dygnet och året) saknar betydelse för frågan om följderna av den marginella förbrukningen ska internaliseras. Effektmässigt är de flesta förbrukares efterfrågan liten men sammantaget är effekten på produktionen betydande. Samma sak gäller för övrigt bränsleförbrukningen där varje enskild förbrukares andel också är liten. Om man skulle välja att bortse från de små bidragen, bortfaller det miljömässiga motivet att söka reducera den specifika förbrukningen av el och bränslen inom transportsektorn.

På kort sikt påverkar förändringar i efterfrågan på el produktionen i de nordiska kolkraftverken. Det är alltså de specifika utsläppen av koldioxid från produktion i befintliga kolkondenskraftverk som är relevant för en beräkning av den externa kostnaden. Under nederbördsrika år kan dock situationer uppkomma då produktionen av vattenkraft (och kärnkraft) i Norge och Sverige under någon del av året är så stor att den befintliga kraftledningskapaciteten till grannländerna inte räcker till för överföring av överskottet.

Enligt ekonomisk teori bör externa kostnader internaliseras där de uppkommer. En gemensam europeisk koldioxidskatt som också omfattar kraftindustrins användning av fossila bränslen vore därför den optimala modellen för en internalisering av de miljöeffekter som tågtrafikens elförbrukning ger upphov till. Redan en skatt på 30 öre/kg koldioxid skulle fördyra produktionen i kolkondenskraftverk (40% elverkningsgrad) med ca 25 öre per kWh. Det är inte troligt att kraftindustrin skulle kunna övervältra hela kostnaden på konsumenterna, men elektriciteten kan å andra sidan inte saluföras till ett pris som understiger de koleldade kraftverkens rörliga kostnad (inkl. skatten). Det innebär redan vid denna måttliga koldioxidskatt att råkraftpriset ökar med minst 10 öre per kWh.

En alternativ möjlighet vore att internalisera kostnaderna för utsläpp av koldioxid genom ett system för handel med överlåtbara utsläppsrätter. EU kommissionen (2001) föreslår att ett sådant system försöksvis ska träda ikraft 2005 och bl.a. omfatta utsläpp från fossil kraftproduktion, större värmeverk och energiintensiv industri. Aktörerna kommer att gratis tilldelas utsläppsrätter på basis av deras tidigare användning av fossil energi. Ramen kommer sedan successivt att skäras ner så att de berörda sektorerna får incitament att medverka till att EU uppfyller sitt åtagande enligt Kyotoprotokollet. Om systemet införs, kan den marginella kostnaden för förvärv av rättigheter ses som ett sätt att internalisera de koldioxidskador som tågtrafikens efterfrågan på el ger upphov till.

Det är svårt att uttala sig om effekten på kraftpriserna av att kraftproducenterna måste hålla sina utsläpp inom en viss ram. Det troliga är att producenterna tilldelas rättigheterna gratis, vilket i så fall innebär att det inte uppkommer någon större merkostnad hos det berörda producentkollektivet. Producenterna tvingas dock att hålla utsläppen på en nivå som överensstämmer med den successivt sjunkande tilldelningen av CO<sub>2</sub>-rättigheter. I vilken utsträckning som kostnaden för detta kan övervältras på kunderna är svårt att veta och saknar egentligen relevans för frågan om de negativa effekterna ska anses vara internaliserade.

Ett problem i sammanhanget är dock att handelsystemet, i varje fall inledningsvis, bara kommer att omfatta ungefär hälften av de europeiska koldioxidutsläppen. Avgörande för priset blir framför allt frågan om vilka nedskärningskrav som EU avser att ställa på de företag och verksamheter som omfattas av det gemensamma systemet för handel med utsläppsrätter. Om kravet stannar på 8 procent (= EU:s åtagande enligt Kyoto) blir jämviktspriset sannolikt mycket lågt beroende på att många av de billigaste åtgärderna finns inom de berörda sektorerna. För att nå samma marginalkostnad inom handelsystemet som inom övriga sektorer, skulle kravet på verksamheter som omfattas av handeln förmodligen behöva sättas någonstans i intervallet -12 till -14 procent.

I frånvaro av en gemensam koldioxidskatt eller ett system för handel med utsläppsrätter kan elkonsumentionsskatten användas som en näst-bästa-lösning. Den successiva höjningen av elskatten som ägt rum under de senaste 12 åren (9.2 öre 1989, 19.3 öre 2002) har av regering och riksdag motiverats med elproduktionens påverkan på miljön. Utöver elkonsumentionsskatten finns en särskild skatt på el producerad i kärnkraftverk.

Vissa verksamheter är undantagna från elskatt eller åtnjuter reducerad skatt. Elektrisk kraft som förbrukas i industriell verksamhet i tillverkningsprocessen eller vid yrkesmässig växthusodling är skattebefriad av hänsyn till konkurrensen med motsvarande företag i andra länder. Konsumenter i kommuner i norra Sverige betalar 14.0 öre per kilowattimme för annan elektrisk kraft än som avses i föregående mening.

För närvarande betalar tågtrafiken inga skatter eller avgifter vare sig för förbrukning av diesel eller användning av elektrisk energi. Som redan framgått erlägger inte heller kraftproducenterna några skatter eller avgifter för sin användning av fossil energi. Trafikflygets och sjöfartens marginalkostnadsansvar omfattar inte heller utsläppen av koldioxid. För flyget diskuteras dock inom EU frågan om införande av en skatt eller avgift.

Det saknas rationella skäl för att undanta tågtrafikens elförbrukning från skatten. Trafiken är i allt väsentlig inhemsk och således inte utsatt för internationell konkurrens. Om järnvägstrafiken påförs el- och dieselskatt, skulle järnvägsföretagen få ett kraftfullt incitament att vidta tekniska och operationella åtgärder i syfte att minska sin användning av el och diesel. Den tekniska potentialen uppgår enligt en IPCC-studie till 25-35 procent varav merparten dock kräver ett högre elpris än dagens för att bli ekonomiskt tillgängligt (Michaelis m.fl., 1996).

För att en sådan skatt ska ge ett optimalt incitament till teknikutveckling, investeringar i energisnål drift och utbildning av tågförarna behöver debiteringen avse faktisk förbrukning snarare än en schabloniserad fördelning av tågtrafikens elförbrukning mellan olika operatörer och banornas egenförbrukning (växelvärme, belysning, signalsystem m.m.). Detta förutsätter att elförbrukningen mäts i alla lok och motorvagnar och att mättekniken därvid krediterar operatören för eventuell återmatning av bromsenergi.

Den prishöjning som elskatten medför skulle med största sannolikhet komma att bli större än den som uppkommer om man internaliserar den fossilbaserade kraftproduktionens miljöeffekter genom handel med överlåtbara CO<sub>2</sub>-rättigheter. En motsvarande skillnad finns inom vägtrafiken. Skatten på bensin (exkl. moms) motsvarar en koldioxidskatt på 1.97 kronor per kilo till följd av att staten valt att ta ut även icke-bränslerelaterade kostnader via drivmedelsskatten. Detta medför att fordonsägarnas incitament att minska den specifika förbrukningen är större än vad som i strikt mening är samhällsekonomiskt rationellt.<sup>5</sup> En perfekt samstämmighet mellan internaliserad marginalkostnad och incitament att minska utsläppen får man först om den nuvarande vägtrafikbeskattningen ersätts av km-skatt (avseende alla andra kostnader) och en för alla samhällssektorer gemensam koldioxidskatt alternativt ett system för handel med CO<sub>2</sub>-rättigheter som omfattar alla sektorer inom hela EU. I det senare fallet skulle vägtrafikens drivmedel inte beskattas alls.

---

<sup>5</sup> Deras val av årlig körsträcka påverkas emellertid även av km-skatten.

Det behöver således inte vara fel att beskatta tågtrafikens elförbrukning i ett fall där EU låter kraftproducenterna omfattas av ett system för handel med utsläppsrätter. En sådan reform skulle f.ö. knappast leda till att Sverige slopar elskatten för övriga förbrukare. Vägtrafiken, som förbrukar nästan lika mycket el som järnvägssektorn, åtnjuter ingen skattebefrielse. I motsats till järnvägstrafiken används dock elektriciteten i huvudsak till belysning och signalsystem vars förbrukning är relativt oberoende av variationer i trafikarbetet.<sup>6</sup>

Att belägga tågtrafikens elförbrukning med dagens elskatt skulle skapa ett marginellt incitament till effektiviseringsåtgärder som motsvarar en situation där ett kilo CO<sub>2</sub> från kolkondenskraftverk värderas till 23.4 öre (vid 40% verkningsgrad). Det blir alltså fråga om en lägre värdering än både dagens svenska koldioxidskatt och de 75 öre som i ett tidigare avsnitt ansågs motsvara den kortsiktiga marginalkostnaden för att (med beaktande av den nuvarande beskattning av fossil energi) uppfylla EU:s åtagande enligt Kyotoprotokollet.

Förhållandet att det förekommer situationer då den marginella kraftproduktionen inte sker i kolkondenskraftverk saknar relevans vid denna nivå på internaliseringen av de indirekta utsläppen av koldioxid från tågtrafikens förbrukning av el. En internalisering baserad på utsläpp från kolkondens skulle vid dagens nivå på koldioxidskatten motsvara 43.7 öre per kWh el. Det innebär att internalisering genom elkonsumentsskatt motsvarar en situation där tågtrafikens marginella elförbrukning sker i kolkondenskraftverk under 53.6 procent av årets timmar. De situationer där något annat kraftslag används på marginalen kan med tanke på överföringskapaciteten inom landet och till Danmark och Finland knappast utgöra så mycket som 46.4 procent av tågforetagens årliga elförbrukning.

Att påföra tågtrafiken en högre elskatt än hushållen och servicenäringarna vore å andra sidan svårt att motivera. Man bör dessutom betänka att det eventuella införandet av gröna certifikat kan förväntas höja de svenska elpriserna med minst 1 öre och att EU:s eventuella system för handel med överlåtbara utsläppsrätter också i någon mån kan komma att påverka priserna i Sverige. Sett mot denna bakgrund förefaller nivån för elskatten – 19.3 öre per kWh – utgöra en rimlig schablon för den svenska elförbrukningens marginella miljöpåverkan.

Av visst intresse (på längre sikt) är att notera att om dagens koldioxidskatt (53 öre/kg) tilläts belasta naturgas som används i gaskombikondenskraftverk så skulle elpriset öka med 20 öre per kWh, vilket nästan exakt motsvarar den från årsskiftet 2001/2002 gällande skatten på el. Om man i stället använder ASEK:s kalkylvärde för koldioxid (1:50/kg), skulle priset på el producerad i gaskraftverk öka med 56 öre per kWh. El från kolkondenskraftverk skulle vid denna värdering belastas med 1 krona och 30 öre per kWh. Det är också av dessa siffror uppenbart att ASEK:s värdering av koldioxid är orimligt hög.

Införande av elkonsumentsskatt och dieselskatt på järnvägens förbrukning av el och bränslen skulle i beskattningshänseende likställa tågtrafiken med vägtrafiken. Reformen skulle dock medföra att järnvägen drabbas av en pålaga som inte belastar flyget. Inom persontrafiken föreligger viss konkurrens mellan tåg och flyg. I avvaktan på hur frågan om koldioxidbeskattning av flygbränslen löses bör man därför överväga att återföra intäkterna av elskatten till de berörda tågtrafikföretagen.<sup>7</sup> Grunden för återföringen behöver utredas. En tänkbar möjlighet kan vara att återföra medlen på basis av de berörda företagens förädlingsvärde (av tågtrafik). För företag som opererar i mer än ett land måste därvid sannolikt den svenska delen av förädlingsvärdet beräknas schablonmässigt. Ett annat alternativ kan vara att återföra pengarna på grundval av antalet producerade ton- och passagerarkilometer. Det förutsätter dock att den underliggande statistiken är tillförlitlig.

Om man inte vill använda elkonsumentsskatten som en näst-bästa-lösning för internalisering av de marginella utsläppen av koldioxid från tågtrafikens elanvändning återstår möjligheten att söka skatta den del av tågens elförbrukningen som sker på platser och vid tider som innebär att den marginella

<sup>6</sup> Elskatten förstärker dock väghållarens incitament att byta till energisnåla armaturer och lysdioder.

<sup>7</sup> Man bör därvid dock komma ihåg att den koldioxidskatt som belastar vägtrafikens drivmedel inte återförs till sektorn liksom inte heller intäkterna av skatten på vägsektorns elförbrukning.



elproduktionen äger rum i grannländernas kolkraftverk. I den utsträckning som marknadsimperfectioner, t.ex. i form av kartelliknande samarbete mellan producenterna, snedvrider marknaden bör ingen hänsyn tas till detta. En utgångspunkt för internaliseringen bör vara att fri konkurrens råder och att de olika kraftslagen i tider av överskott konkurrerar till sina rörliga kostnader.

Beräkningen bör ta fasta på situationen under normalår. Det finns knappast några förutsättningar att låta avgiften följa skiftningarna mellan olika säsonger eller våtår/torrår. Omräkning kan behöva ske efter några år för att t.ex. fånga upp förändringar till följd av ökad efterfrågan och bortfallande kärnkraftkapacitet (Barsebäck 2). Man bör särskilt studera om det föreligger någon mera avsevärd skillnad mellan natt och dag, eftersom godstågens och persontrafikens efterfrågan har olika tyngdpunkt med avseende på tid på dygnet.

Det förefaller sannolikt att en skattning av de faktiska förhållandena kommer att resultera i en högre genomsnittlig marginell effekt på koldioxidutsläppen än den som motsvaras av den nuvarande svenska elskatten. Om skattningen t.ex. visar att 70 procent av årsförbrukningen äger rum på tider och platser där den marginella konsumtionen påverkar produktionen i kolkondenskraftverken skulle avgiften behöva uppgå till 30.6 öre per kWh (baserat på 53 öre per kg koldioxid). Vid 50, 60 och 80 procent blir avgiften 21.9, 26.2 respektive 35.0 öre per kWh.

**Referenser**

ASEK (1999), "Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet", SIKA Rapport 1999:6.

Elcertifikatsutredningen (2001), "Handel med elcertifikat – ett nytt sätt att främja el från förnybara energikällor", Slutbetänkande från Elcertifikatsutredningen, SOU 2001:77.

Energistyrelsen (2001), "Energistatistik 2000", Köpenhamn.

European Commission (2000), "Green Paper on greenhouse gas emissions trading within the European Union, COM(2000) 87, Bryssel.

European Commission (2001), "Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for greenhouse gas emissions trading within the European Community and amending Council Directive 96/61 EC", Bryssel 23.10 2001, COM(2001)581.

Fröidh, O. (1999), "Svealandsbanan. En studie av efterfrågan före och efter etableringen av ett nytt tågsystem mellan Stockholm och Eskilstuna", KTH, avdelningen för Trafik och transportplanering.

IEA (2000), "Technology Status Report: CO<sub>2</sub> Capture and Storage", IEA Greenhouse R&D programme, International Energy Agency, Paris.

Kågeson, P. (2001), "The Impact of CO<sub>2</sub> Emissions Trading on the European Transport Sector", VINNOVA Report VR 2001:17, Stockholm.

Michaelis, L. m.fl. (1996), "Mitigation Options in the Transportation Sector", in "Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigations of Climate Change: Scientific-Technical Analyses", Contribution of Working Group II of the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, London.

Svenska Kraftnät (2001), "Utlandshandel med el 2000", Rapport 2001-08-24, Stockholm.