

Marginalkostnader för järnvägsbuller: Effekter av hjärt- och kärlsjukdomar

En delstudie inom SAMKOST

Jan-Erik Swärdh¹

Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI), Stockholm

Sammanfattning

I denna studie har vi beräknat marginalkostnader för järnvägsbullers hälsoeffekter. Hälsoeffekten har beräknats utifrån effektsamband för hjärt- och kärlsjukdomar hämtade från WHO och ExternE-projektet.

Marginalkostnaden för hälsa har summerats med tidigare skattningar av marginalkostnader för bullerstörningar, vilket ger en skattning av den totala marginalkostnaden för järnvägsbuller. Genomsnittligt är det procentuella påslaget av hälsokostnader 6,62 procent av de tidigare beräknade marginalkostnaderna som inte antas fånga in hälsoeffekter. Detta ligger väl i linje med hälsokostnader baserat på den tidigare VTI-studien Andersson m.fl. (2013), vilket ger ett påslag på 10,7 procent. Däremot skiljer sig våra resultat relativt kraftigt från officiell svensk praxis i ASEK (Trafikverket, 2014) där i genomsnitt 42 procents påslag för hälsokostnader på störningskostnader görs. Olika metoder samt osäkerheter i effektsamband, monetära värderingar och bullerexponering är exempel på förklaringar till de skilda resultaten.

Slutligen argumenterar vi för att vårt hälsokostnadspåslag på 6,62 procent på marginalkostnaden för bullerstörningar är mer rimligt än det påslag på 42 procent som görs i ASEK. Detta baseras på en jämförelseberäkning med skattade bullerkostnader i en WHO-rapport (2011). Detta indikerar även i så fall att sömnstörningar kan antas ingå i hedoniska bullervärderingar baserade på småhuspriser.

Nyckelord: Järnvägsbuller, Marginalkostnader, Hälsoeffekter, Hjärtinfarkt

JEL-koder: D62, I18, R48

¹ Stort tack till Mikael Ögren som har bistått med data och beräkningar av bandelsspecifikt marginalbuller för godståg.

1. Inledning

Trafikbuller är ett miljöproblem och extern effekt som leder till både störningar och negativa hälsoeffekter för de exponerade. Dessutom riskerar bullerkostnaderna att öka i samhället till följd av urbanisering och ökad trafik. Dessbättre kan bättre teknologi, både på fordon och byggnader, och andra åtgärder göra så att bullerexponeringen minskar. Påpekas kan även att buller inte är ett problem i samhällsekonomiska termer så länge ingen individ exponeras.

För ett effektivt utnyttjande av transportsystemet bör marginalkostnadsprissättning av trafikens externa effekter tillämpas. Marginalkostnaden för olika typer av trafikbuller har skattats i en rad studier, där den svenska litteraturen varit relativt omfattande (exempelvis Andersson och Ögren, 2007; Andersson och Ögren, 2011; Ögren m.fl., 2011).

En ofullständighet i flera av dessa studier, däribland Ögren m.fl. (2011) ligger i att den monetära värderingen enbart baseras på hedoniska prisstudier, det vill säga på småhusprisskillnader som kan tillskrivas olika bullerexponering. Vilka negativa effekter av trafikbuller som kapitaliseras i småhuspriser är emellertid inte säkert. Dock är den konventionella praxisen, och även den som används inom ASEK², att det enbart är störningseffekter som ingår. Bullerexponering ger som nämnts även upphov till ökade risker för hälsobesvär, exempelvis hjärt- och kärlsjukdomar såsom hjärtinfarkt, kärlkramp och högt blodtryck (Eriksson m.fl., 2013). Dessa hälsokostnader antas således inte ingå i bullervärderingen baserat på småhuspriser.

Inom ASEK adderas hälsoeffekter på 42 procent till de marginalkostnader för järnvägsbuller som baserats på hedoniska priskontributioner. Detta har sitt ursprung i en dansk studie som så gott det har varit möjligt översatts på en aggregerad nivå till svenska förhållanden (Trafikverket, 2014).

Syftet med denna studie är att baserat på de i Ögren m.fl. (2011) skattade disaggregerade marginalkostnaderna för järnvägsbuller addera marginella hälsokostnader. Skattningen följer således inte den fördelningen av hälsokostnader som görs i ASEK utan baserar hälsokostnadstillägget enligt effektkedjeansatsen på antal exponerade individer, marginaleffekter per bandel samt marginella effektsamband för hälsoeffekter från buller baserade på WHO (2011) och projektet ExternE.³

Effektkedjeansatsen⁴ som används i denna studie innebär att marginalkostnaden värderas efter en lång kedja där varje steg utgör en fristående beräkningsdel. De delar som ingår i skattningen av marginalkostnaderna för järnvägsbuller är utsläpp av emissioner, spridning av emissioner, exponering av emissioner, effektsamband till följd av exponering, samt monetär värdering av effekterna.

De bullermått som används i denna studie följer Ögren m.fl. (2011) och mäts i decibel (dB) och är den A-viktade dygnsekvivalentnivån som är ett slags genomsnitt av bullernivån över hela dygnet. Detta mått skrivs som $L_{24,eq}$. Andra mått som är vanliga inom EU är det så kallade ”day, evening, night”, skrivet som L_{den} , där trafik på kvällstid och nattetid bestraffas med 5 dB respektive 10 dB extra. Det innebär att L_{den} alltid ligger mellan 0 och 10 dB högre än $L_{24,eq}$.

² Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkylprinciper inom transportsektorn (Trafikverket, 2014).

³ Notera att inom hälsolitteratur kan även störningar innefattas i begreppet hälsoeffekt (se exempelvis WHO, 2011, och Eriksson m.fl., 2013). I vår rapport innefattar benämningen hälsoeffekt dock enbart fysiologiska sådana.

⁴ Kan även benämnas skadeansatsen. De engelska termerna är impact pathway approach respektive damage function.

Dock har vi inom detta projekt inte någon uppgift om tågens trafikering över dygnets olika tider och kan således enbart beräkna $L_{24,eq}$. Men eftersom effektsambanden för hälsa beskrivs i L_{den} eller enbart genomsnittet över dagtid, $L_{day,16h}$, måste vi använda schabloner, omräkningar och antaganden för att beräkna antalet exponerade för dessa hälsoeffekter. Mer om beräkning av olika bullermått finns exempelvis i WHO (2011, sid. 17-18).

För att järnvägsbuller ska upplevas som störande visar resultatet från den senaste svenska hedoniska järnvägsbullerstudien (Swärdh m.fl., 2012) att ekvivalentnivån ska överstiga 49,1 dB. Detta stämmer väl överens med antaganden om urbant bakgrundsbuller som ofta antas vara kring 50 dB. I det datamaterial som användes i Swärdh m.fl. (2012) uppgår ekvivalentbullret till maximalt 71,1 dB. Dessutom är de flesta exponerade småhusen i det datamaterial som Swärdh m.fl. (2012) använt, exponerade för relativt låga ekvivalentnivåer. Exempelvis, av småhusen exponerade över 49,1 dB, är 45 procent exponerade över 55 dB och endast 2,6 exponerade över 65 dB. Den högsta maxbullernivån av järnvägstrafik i en delmängd av datamaterialet i Swärdh m.fl. (2012) uppgår till 96 dB. Det innebär att järnvägsbuller kan uppfattas som störande vid tågens passage även om ekvivalentnivån inte är speciellt hög.

2. Marginalkostnader för järnvägsbullerstörningar

I Ögren m.fl. (2011) skattades marginalkostnader per bandel baserat på en monetär värderingsfunktion för järnvägsbullerstörningar. Det innebär att endast störningseffekter som individer tar hänsyn till vid småhusköp och som därmed kapitaliseras in i småhuspriser ingår i dessa marginalkostnader. Dessa marginalkostnader är dessutom differentierade över tio olika tågtyper.

De data som använts för att beräkna marginalkostnaderna är banddata och trafikdata för järnvägen, befolkningsdata för att beräkna antal exponerade individer, bullerberäkningsdata och den monetära bullervärderingen.

Efter små justeringar av Ögren m.fl. (2011) skattades marginalkostnaden för järnvägsbullerstörningar till i genomsnitt 3,46 kronor per tågakilometer för ett 500 meter långt godståg. De tydliga slutsatserna som kan dras är att det är stor skillnad mellan olika tågtyper och olika bandelar beträffande marginalkostnaderna. Skillnaden med avseende på olika tågtyper beror mestadels på olika bullerutsläpp men även på längd och hastighet. Rörande skillnaden mellan olika bandelar är det nästan uteslutande olika antal exponerade individer som är orsaken. Slutligen kan nämnas att trafikeringen, och således bullernivån, har liten inverkan på marginalkostnaden, givet antalet exponerade individer. Det beror på att låg trafik genererar mycket marginalbuller när ett ytterligare tåg trafikerar banan men att bullervärderingen vid denna låga bullernivå är låg, medan hög trafik genererar lite marginalbuller när ett ytterligare tåg trafikerar banan men att bullervärderingen vid denna höga bullernivå är hög. Dessa båda effekter drar således åt olika håll och tenderar att ta ut varandra.

3. Marginella hälsokostnader för järnvägsbuller

De marginella hälsokostnaderna beräknas för varje bandel och tågtyp i det svenska statliga järnvägsnätet. Genomsnitt beräknas även för varje stråk och för järnvägsnätet som helhet. I denna rapport exemplifierar vi hur marginalkostnaden skiljer sig i fyra olika dimensioner: befolknings-exponering och trafikering via olika stråk/bandelar, fordon via olika tågtyper och teknologi via

bromstyp på godståg. Därefter jämför vi med rådande ASEK-praxis och diskuterar rimligheten i varierande resultat. En Excel-fil med samtliga beräknade marginalkostnader för bandelar och stråk har skapats och finns tillgänglig vid förfrågan.

Notera också att det i Ögren m.fl. (2011) blir lägre kostnader för godståg med dieseldrivna lok, vilket beror på att bullermetoden är baserad på mätningar av många ellok men bara några få diesellok. Det är således mindre beräknat buller för diesellok "av en slump". Felet finns i bullerberäkningsmodellerna NMT96 och Nord2000, vilka båda är baserade på samma serie mätningar som gjordes på 90-talet. Rimligaste rekommendationer från akustisk expertis är att bortse från dieseldata och bara räkna på en sorts godståg. Därav presenteras inga skattningar för diesellok i denna studie.

För de hälsoeffekter vi värderar hämtas effektsambanden från WHO (2011) alternativt Bickel och Friedrich (2005). Vi följer också Nerhagen m.fl. (2014) som är en VTI-publikation inom Samkost där ett kapitel behandlar resonemang kring värderingar av exempelvis buller. De hälsoeffekter som värderas är hjärtinfarkt, kärlkramp och högt blodtryck. Enligt WHO (2011) orsakar långvarig bullerexponering även förhöjd risk för stroke men inga etablerade effektsamband för detta finns. Hansell m.fl. (2013) finner dock signifikant effektsamband mellan flygbullerexponering och stroke men Kolstad m.fl. (2013) ifrågasätter emellertid giltigheten i dessa. Symptom och resultat av dessa hälsoutfall är förlorade levnadsår, antal dagars sjukhusvistelse, antal dagars arbetsfrånvaro, antal fall av hjärtinfarkt samt antal sjukdagar av kärlkramp. Dessa hälsoeffekter och dess marginella effekt sammanfattas i Tabell 1.

Tabell 1 – Effektsamband och källor för olika hjärt- och kärlsjukdomar till följd av bullerexponering

Sjukdom och hälsoutfall	Källa	Marginell effekt per 1000 exponerade vuxna över 70 dB L_{den}	Marginell effekt per 1000 exponerade individer över 55 dB $L_{24,eq}$
Hjärtinfarkt, antal förlorade levnadsår	WHO		0,045
Hjärtinfarkt, antal dagars sjukhusvistelse	WHO		0,234
Hjärtinfarkt, antal dagars arbetsfrånvaro	WHO		4,16
Hjärtinfarkt, antal sjukdomsfall	WHO		0,013
Kärlkramp, antal dagars sjukhusvistelse	Extern-E	0,168	
Kärlkramp, antal dagars arbetsfrånvaro	Extern-E	0,684	
Kärlkramp, antal sjukdagar	Extern-E	0,240	
Högt blodtryck, antal dagars sjukhusvistelse	Extern-E	0,063	

I första hand har vi använt effektsamband från WHO (2011), vilka är relativt nyetablerade och kan betraktas som forskningsfronten rörande hälsoeffekter av bullerexponering. I avsaknad av relevanta effektsamband från denna källa använder vi i stället effektsamband från ExternE hämtade från Tabell 6.6 i Bickel och Friedrich (2005).

De effektsamband vi använder för hjärtinfarkt är inte linjära i bullernivån, vilket leder till marginella effektsamband som är beroende av bullernivån. För varje heltal av bullerexponering använder vi marginell effekt från Appendix 1 i WHO (2011, sid. 43). I datamaterialet över samtliga individer och bandelar över hela Sverige finns beräkningar för antalet individer exponerade för järnvägsbuller över 55 dB $L_{24,eq}$. Baserat på data från Swärdh m.fl. (2012) beräknar vi för varje bullernivå i dB antalet exponerade småhus i förhållande till antalet exponerade småhus över tröskelvärdet på 55 dB. Det ger en genomsnittlig marginell riskökning på 0,0047 för hjärtinfarkt per 1000 individer exponerade över 55 dB $L_{24,eq}$.

För att sedan beräkna den marginella effekten på 0,013, vilket är den siffra som anges i Tabell 1, utgår vi från basrisken för hjärtinfarkt i Sverige år 2012, vilken är 24 900 icke-dödliga hjärtinfarkter per år (Socialstyrelsen, 2013). Baserat på 9 340 682 invånare i Sverige 31 december 2012 ger det 2,666 icke-dödliga hjärtinfarkter per 1000 individer och år, vilket i sin tur medför en marginell effekt per 1000 exponerade individer över 55 dB $L_{24,eq}$ på 0,013 ($0,0047 \times 2,666$) per dB.

Basrisken för att en dödlig hjärtinfarkt inträffar är enligt beräkningar baserat på data från Socialstyrelsen (2013) $0,728^5$ per 1000 individer och år. Antal förlorade levnadsår per dödlig hjärtinfarkt antas vara 13,2, vilket vi beräknar baserat på ett räkneexempel i WHO (2011, sid. 25). Multipliceras detta med den genomsnittliga marginella riskökningen på 0,0047 erhåller vi en margineffekt på 0,045 förlorade levnadsår per 1000 exponerade individer över 55 dB $L_{24,eq}$.

Antal dagars sjukhusvistelse respektive arbetsfrånvaro till följd av hjärtinfarkt beräknas utifrån relationen i ExternE till 18 dagars sjukhusvistelse och 320 dagars arbetsfrånvaro till följd av varje sjukdomsfall av hjärtinfarkt. Dessa antal dagar multipliceras sedan med det marginella effektsambandet för antalet sjukdomsfall för hjärtinfarkt, det vill säga 0,013.

Påpekas måste även göras att dessa effektsamband (WHO, 2011) är skattade för vägbuller och därmed kan validiteten för järnvägsbuller inte garanteras. I brist på andra effektsamband använder vi dessa ändå men är medvetna om att resultatet måste tolkas med försiktighet. Dock är det bullermått vi använder för järnväg ekvivalensnivå, och inte maxnivå eller antalet bullerhändelser, vilket kan göra transformationen från vägbuller till järnvägsbuller blir mer adekvat. Notera även att WHO-rapportens bullermått är dagsnivå, vilket motiveras med att ett ”straff” för kvälls- och nattrafik inte är relevant för epidemiologiska samband. Vi använder bullernivå mätt i dygnsekvivalens, vilket inte heller innehåller några straff för trafik under viss tid på dygnet. Därmed likställer vi dB-nivån i WHO (2011) med dB-nivån i vårt bullermått $L_{24,eq}$.

Effektsambanden från ExternE är inte beroende av bullernivån förutom tröskelvärdet på 70 dB L_{den} . Våra data innehåller inga beräkningar på antal exponerade individer för buller över denna tröskelnivå. I stället använder vi schablonberäkningar där antal exponerade över denna nivå utgörs av en funktion av antalet exponerade över 55 dB $L_{24,eq}$. För detta används bullermätningar gjorda i Lerums kommun där åtta procent av de som exponeras för över 55 dB $L_{24,eq}$ även exponeras för buller över 70 dB L_{den} . Osäkerheten i detta är givetvis relativt stor men dessbättre står de effektsamband som hämtats från ExternE endast för en mycket liten del av hälsokostnaderna medan hjärtinfarkt med effektsamband hämtade från WHO (2011) står för hela 99 procent av de beräknade hälsomarginalkostnaderna i denna studie.

⁵ $6800 \times 1000 / 9340682$

Effektsambanden för respektive hälsoutfall, oberoende av sjukdomstyp, presenteras i Tabell 2. Här inkluderar vi även en kolumn med värderingen där denna är hämtad från Nerhagen m.fl. (2014).

Tabell 2 – Marginella effekter och värdering av hälsoutfall. Prisår 2013

Hälsoutfall	Marginell effekt per 1000 exponerade individer över 55 dB $L_{24,eq}$	Värdering per enhet, kronor
Antal förlorade levnadsår	0,045	1 114 000
Antal dagars sjukhusvistelse	0,249	2900
Antal dagars arbetsfrånvaro	4,21	1348
Hjärtinfarkt, antal sjukdomsfall	0,013	233 000
Kärlkramp, antal sjukdagar	0,015	16 900

Notera: Den marginella effekten per 1000 exponerade vuxna över 70 dB L_{den} är integrerad i den marginella effekten per 1000 exponerade individer över 55 dB $L_{24,eq}$ genom att addera marginell effekt per 1000 exponerade vuxna över 70 dB L_{den} multiplicerat med 0,08×0,8.

För att beräkna den marginella hälsokostnaden för järnvägsbuller per tågkilometer för en bandel, i , används följande formel:

$$MC_i = \sum_{j=1}^J ME_j \times N_{ij} \times \Delta L_i \times V_j \times D_i^{-1},$$

där MC är marginalkostnad för hälsa, j betecknar de olika hälsoutfallen i Tabell 2, ME är margineffekt för hälsa från Tabell 2, N är antalet exponerade individer dividerat med 1000, ΔL är marginalbullret för en tågpassage, V är värderingen hämtad från Tabell 2 och D är bandelens längd i km. Eftersom vi summerar dessa marginella hälsokostnader för vardera utfallet antar vi att de är additiva och inte är beroende av varandra och samvarierar.

Effektsambanden för hälsoeffekterna med tröskelvärde 70 dB L_{den} är per 1000 exponerade vuxna individer varför vi justerar dessa genom omräkningsfaktorn 0,80 som är framräknad baserad på den svenska befolkningen 31 december 2013 där 9,644 miljoner är total befolkning och 7,692 miljoner är befolkning 18 år och däröver. Faktorn ges av 7,692/9,644.

4. Beräknade totala marginalkostnader för järnvägsbuller

I tabellerna nedan presenteras exempel av totala marginalkostnader för järnvägsbuller i 2013 års priser. I tabellerna beskrivs hur marginalkostnaden skiljer sig i fyra dimensioner: befolknings-exponering och trafikering via olika bandelar, fordon via olika tågtyper och teknologi via bromstyp på godståg. De tidigare skattade marginalkostnaderna för bullerstörningar är i 2009 års priser så dessa har räknats upp med KPI och real BNP per capita eftersom de är betalningsviljebaserade.

I Tabell 3 presenteras våra skattade marginalkostnader uppdelat på störningsdel och hälsodel för ett godståg som är 500 meter långt. De olika bandelarna är utvalda för att representera olika antal exponerade individer och olika mängd trafikering. Vi har bandel 327 med låg trafikering och få exponerade, bandel 401 med hög trafikering och många exponerade, bandel 637 med låg trafikering

och relativt många exponerade och bandel 919 med hög trafikering och relativt få exponerade. Dessutom presenteras i sista raden ett genomsnitt för hela Sverige.

Tabell 3 – Skattade marginalkostnader i kronor per tågkm för järnvägsbuller för några utvalda bandelar och genomsnitt för hela Sverige för ett 500 meter långt godståg utan bromsar av k-blocktyp. Prisår 2013

Bandel	Antal exponerade > 55 dB $L_{24,eq}$	Antal tåg per dygn	Marginalkostnad – störning (Ögren m.fl., 2011)	Marginalkostnad – hälsoeffekter (påslag i procent)	Total marginalkostnad
327	6	7	0,927	0,020 (2,16)	0,95
401	10 695	444	134,7	7,20 (5,35)	141,9
637	789	27	3,77	0,256 (6,79)	4,03
919	95	161	2,96	0,158 (5,34)	3,12
Genomsnitt alla bandelar	123 766	-	3,93	0,26 (6,62)	4,19

Som även kan utläsas i Tabell 3 varierar det procentuella hälsopåslaget en del över de olika bandelsexemplen. Genomsnittet för alla bandelar är 6,62 procents påslag på de hedoniska marginalkostnaderna för bullerstörningar. Högst påslag har bandel 637 med låg trafikering och relativt många exponerade medan bandel 327 med låg trafikering och få exponerade har lägst hälsopåslag. Bandelarna 401 och 919 med hög trafikering och många exponerade respektive hög trafikering och relativt få exponerade ligger någonstans däremellan. Inga tydliga samband mellan hälsopåslag och trafikering respektive exponering kan således skönjas.

Olika tågtyper ger upphov till olika mängd marginalbuller och har därmed olika stora marginalkostnader. Omräkningsfaktorerna för olika tågtypers marginalkostnader, vid olika hastigheter, ges av Tabell 3 på sid. 7 i Ögren m.fl. (2011).

Tabell 4 – Skattade marginalkostnader i kronor per tågkm för järnvägsbuller för bandel 637 (procentuellt påslag 6,79) för de olika tågtyperna. Prisår 2013

Tågtyp	Tåglängd, meter	Hastighet, km/h	Marginalkostnad – störning	Marginalkostnad – hälsoeffekter	Total marginalkostnad
Godståg	500	90	3,77	0,256	4,03
RC, pass.tåg	230	120	2,37	0,145	2,52
X2	165	120	0,59	0,029	0,62
X60	107	120	0,10	0,004	0,10
Y31	39	120	0,05	0,003	0,05
X52	54	120	0,16	0,007	0,17
X31	79	120	0,24	0,012	0,25
X40	75	120	0,27	0,013	0,28
X10	50	120	0,23	0,012	0,24
Godståg med bromsar av k-blockstyp	500	90	0,60	0,029	0,63

Marginalkostnader för de olika tågtyperna presenteras för en bandel i Tabell 4. Resultatet visar att marginalkostnaden skiljer sig markant mellan olika tågtyper, från 4,03 för ett godståg till 0,05 för ett Y31. Poängteras kan även att ett byte från konventionella bromsar på ett godståg till bromsar av k-blockstyp minskar marginalkostnaden med hela 89 procent. Byte till dessa bromsar på alla godståg är samhällsekonomiskt effektivt men i dagsläget inte företagsekonomiskt effektivt för tågoperatörerna (Ögren m.fl., 2011).

5. Jämförelse med ASEK och tidigare VTI-studie

De marginalkostnader för järnvägsbuller som presenteras i ASEK (Trafikverket, 2014) utgår från samma beräknade marginalkostnader som störningsmarginalkostnaderna i denna studie. Dock har vissa justeringar gjorts och det underlag som används här kan skilja sig något från det underlag ASEK är baserat på.

Viktigare är då att i ASEK har hälsopåslaget generellt gjorts med 42 procent över alla bandelar och tågtyper. Notera dock att ASEK:s genomsnittliga marginalkostnader i Tabell 21.4 i Trafikverket (2014) är viktade mot trafikens lokalisering och verklig tåglängd, vilket givetvis är möjligt att göra även för de totala marginalkostnader som beräknats i vår studie.

I Samkost beräknas hälsoeffekterna baserat på exponering och marginaleffekter per bandel och tågtyp samt skattade betalningsviljor hämtade från andra studier. Hälsopåslaget på 42 procent i ASEK härstammar från relationen mellan hälsoeffekter och störningseffekter rörande de totala samhällskostnaderna från buller och det är inte givet att samma relation gäller även på marginalen. Dessutom torde hälsoandelen av totala kostnader variera över bandelar och tågtyper.

Tabell 5 - Jämförelse mellan denna studie, Andersson m.fl. (2013) och ASEK, genomsnittlig total marginalkostnad i kronor per tågkm för de olika tågtyperna. Prisår 2013.

Tågtyp	Genomsnittlig total marginalkostnad – Samkost	Genomsnittlig total marginalkostnad - påslag enligt Andersson m.fl. (2013)	Genomsnittlig total marginalkostnad – påslag enligt ASEK-princip
Procentuellt påslag för hälsa	6,62	10,69	42
Godståg	4,19	4,35	5,58
RC, pass.tåg	2,37	2,45	3,16
X2	0,47	0,49	0,62
X60	0,07	0,07	0,09
Y31	0,05	0,05	0,07
X52	0,12	0,13	0,16
X31	0,19	0,20	0,26
X40	0,21	0,22	0,28
X10	0,20	0,20	0,26
Godståg med k-blockbromsar	0,47	0,49	0,62

Vi jämför även med en tidigare VTI-studie (Andersson m.fl., 2013) som beräknar ett konstant hälsopåslag i kronor per dB och individ per år. Detta påslag är 74,2 kronor, vilket räknats om till 95

kronor i 2013 års priser. Även denna hälsoeffekt ger en konstant marginell effekt, vilket kan användas på alla exponerade över en viss tröskelnivå. Vi applicerar denna beräkning på de exponerade över 55 dB eftersom denna nivå används för hälsoeffekter i WHO (2011).

I Tabell 5 ser vi att marginalkostnaderna beräknade med ASEK-principen är betydligt högre jämfört med både vår studie och den tidigare VTI-studien. Skillnaden i hälsopåslag är relativt stort med 42 procent för ASEK jämfört med 6,62 procent respektive 10,69 procent för VTI-studierna. I nästa avsnitt diskuteras hur vi ska förhålla oss till dessa skillnader och vad som kan te sig mest rimligt.

En jämförelse med internationella marginalkostnader för järnvägsbuller är även det av intresse. Senaste EU-rapporten om externa kostnader för transportsektorn (Ricardo-AEA, 2014) presenterar marginalkostnader uppdelat i fyra dimensioner: person- respektive godståg, dag respektive natt, tät respektive gles trafik för dagtrafik, samt en uppdelning på urban miljö, suburban miljö och glesbygd. En jämförelse med svenska marginalkostnader ger att även de som skattats för godståg i urban miljö, vilka är överlägset högst inte är särskilt stora jämfört med de högsta marginalkostnaderna i vår studie. Ricardo-AEA (2014) skattar marginalkostnaden för godståg i urban miljö nattetid till motsvarande 20 kronor per tågkilometer. Studerar vi de olika bandelarnas marginalkostnader i vår studie finner vi att cirka 10 procent av bandelarna har en högre marginalkostnad än så för godståg. Och då har vi ändå inte med någon variation över dag och natt. För godståg i tät trafik dagtid i urban miljö är marginalkostnaden motsvarande 5 kronor per tågkilometer i Ricardo-AEA (2014), det vill säga relativt nära vårt genomsnitt för godståg. Betänk då att en relativt stor del av det svenska järnvägsnätet finns i glesbygd och att en hel del bandelar har marginalkostnaden noll eftersom det inte finns några exponerade individer. I ett EU-perspektiv är således våra skattade marginalkostnader relativt höga.

6. Rimlighetsbedömning och diskussion

En viktig fråga att ställa sig är huruvida de resultat som beräknats är rimliga, speciellt eftersom hälsokostnadspåslaget på störningskostnaderna är mycket lägre än schablonen på 42 procent som har använts i ASEK. Detta gör vi genom att relatera till de beräkningar som gjorts i WHO (2011), som är huvudkällan till de effektsamband som står för merparten av hälsokostnaden i våra beräkningar.

WHO (2011) klassificerar bullerkostnaden för västeuropeiska länder i DALY, som innebär funktionsjusterade levnadsår. Dessutom är det totala och inte marginella bullerkostnader som beräknats. Med dessa reservationer i minnet är ändå jämförelsen relevant att göra.

Det intressanta i WHO-rapporten är att sömnstörningar utgör den enskilt största kostnadsposten, vilken uppgår till 54 procent av de totala kostnaderna. Därefter kommer störningar med 39 procent. Hjärt- och kärlsjukdomar kommer först på tredje plats och är betydligt mindre än de största posterna med sina 4 procent. Övriga mindre poster som kvantifieras är kognitiv försämring för barn och tinnitus.

Sömnstörningar har vi valt att inte inkludera i hälsopåslaget i denna studie med motiveringen att det antas ingå i de hedoniska värderingarna. Det är givetvis ett antagande som är svårt att veta om det stämmer. Dock kan vi med vissa räkneexempel från våra marginalkostnader och koppling till skattningarna i WHO (2011) argumentera för att ett påslag av sömnstörningar i storleksklassen som används i WHO-rapporten på de hedoniska värderingarna som skattats i Swärdh m.fl. (2012) inte verkar rimligt.

Andel hjärt- och kärlsjukdomar i WHO-rapporten som en funktion av störningar och sömnstörningar uppgår till 6,8 respektive 9,3 procent. Summerar vi ihop störningar och sömnstörningar i WHO-rapporten och beräknar andelen hjärt- och kärlsjukdomar som en funktion av detta erhåller vi resultatet 3,9 procent. Hälsopåslaget i vår studie för hjärt- och kärlsjukdomar är i genomsnitt 6,6 procent av marginalkostnaderna baserade på hedoniska värderingar. Då dessa båda andelar överensstämmer relativt väl är det inte orimligt antagande att det ingår sömnstörningar i de hedoniska värderingarna. Det innebär då även att det verkar orimligt att ha ett påslag på 42 procent enligt ASEK på de hedoniska värderingarna eftersom det skulle ge orimligt höga marginalkostnader för buller. Notera dock att detta är ett räkneexempel och att osäkerheten i effektsamband, antalet exponerade och värderingar är relativt stor. Vi tycker ändå att det är viktigt att peka på samstämmigheten mellan våra beräkningar och de i WHO (2011) givet antagandet att sömnstörningar ingår i den hedoniska värderingen. Vad som ingår i hedoniska värderingar baserade på småhuspriser är emellertid en svår men viktig fråga för att undvika dubbelräkningar och området behöver mer forskning.

Vårt beräknade hälsopåslag med ett genomsnitt på 6,62 procent ligger även väl i linje med ett hälsopåslag som baseras på hälsokostnadsmodellen i Andersson m.fl. (2013). Denna hälsokostnadsfunktion härstammar från Extern-E och har extrapolerats utifrån orimliga antaganden om tröskelvärden och marginaleffekter för hälsa (Andersson m.fl., 2013).

Eftersom hedoniska värderingar av järnvägsbuller relativt nyligen skattats för Sverige (Swärdh m.fl., 2012) och att dessa inte överensstämmer med värderingar i tidigare versioner av ASEK finns en uppenbar risk med att schablonmässigt lägga på ett procentuellt påslag som ska fånga in hälsoeffekter eftersom hälsokostnaderna inte förändras bara för att nya hedoniska värderingar etableras. Det är således av vikt att hälsoeffekterna skattas separat från de hedoniska värderingarna för att undvika felaktiga skattningar enbart baserat på en annan värderingsskattning. Dock är det viktigt att påpeka att det råder osäkerhet om vad som verkligen fångas upp i de hedoniska skattningarna. Eftersom det är de effekter som kapitaliseras in i småhusmarknaden som fångas in i hedoniska värderingar är de behäftade med osäkerhet. Vi kan inte med säkerhet veta om individer tänker in hälsokostnader av bullerexponering i sin efterfrågan på småhus. Det finns således en risk för dubbelräkning när hälsokostnaden adderas till de hedoniska värderingarna. Risk finns emellertid även för att alla effekter inte täcks in i dessa beräkningar. Detta skulle exempelvis vara fallet om det finns störningseffekter som inte fångas in av prisskillnader på småhusmarknaden trots att vi antar så vara fallet. Tänkbart här är effekter som inte lätt kan observeras av potentiella köpare vid en husvisning, exempelvis sömnstörningar och höga bullernivåer vid högtrafik i rusningstid.

Det är slutligen viktigt att fastslå att även effektkedjeansatsen, som har använts i denna studie, således är behäftad med osäkerheter i varje enskilt steg, det vill säga bullerberäkningsmodellen, effektsambanden och de monetära värderingarna. De olika antaganden som görs rörande exponering, antalet förlorade levnadsår vid en dödlig hjärtinfarkt och hur mycket ett statistiskt förlorat levnadsår är värt har stor inverkan på den slutliga skattade marginalkostnaden. Dock är den metod som används i denna studie baserat på de bästa möjliga tillgängliga forskningsresultaten i varje enskilt steg av effektkedjeansatsen, vilket gör att vi har tilltro till våra resultat.

7. Känslighetsanalyser

Slutligen presenterar vi även känslighetsanalyser i ett flertal dimensioner för att studera hur hälsopåslaget och den totala marginalkostnaden för järnvägsbuller förändras. Dessa resultat presenteras i Tabell 6.

Tabell 6 - Känslighetsanalyser av det beräknade hälsopåslaget och total marginalkostnad

Förändring	Procentuellt påslag på störningsmarginalkostnaderna	Genomsnittlig total marginalkostnad för ett 500 m långt godståg
Referens	6,62	4,19
Värdering förlorade levnadsår dubbelt så stor, dvs. 2 228 000 kr	12,5	4,42
Värdering förlorade levnadsår som ger 42 procent påslag, dvs. 8 100 000	42	5,58
Värdering förlorade levnadsår som ger påslag, enligt Andersson m.fl. (2013), dvs. 1 900 000	10,7	4,35
Antalet förlorade levnadsår för dödlig hjärtinfarkt 7 istället för 13,2	4,1	4,09
Tröskelvärde för hjärtinfarkt vid 49,1 dB $L_{24,eq}$, dvs. gränsen för betalningsvilja för bullerstörningar. Antalet exponerade 2,22 gånger så stort.	14,8	4,51

En intressant känslighetanalys är att undersöka hur marginalkostnaderna förändras när värdet av ett förlorat levnadsår (VOLY), och följaktligen värdet av ett statistiskt liv (VSL), förändras. Om VOLY dubblas blir det procentuella hälsopåslaget 12,5 procent. Dock påverkas marginalkostnaden relativt lite med en ökning från 4,19 kronor till 4,42 kronor för ett 500 meter långt godståg. Vi har även beräknat vilket VOLY och VSL som leder till ett hälsopåslag på 42 procent av störningskostnaden. Det visar sig att VOLY skulle behöva uppgå till hela 8,1 miljoner kronor i 2013 års prisnivå. Omräknat till VSL enligt den formel som används för VOLY (Nerhagen m.fl., 2014) ger det ett VSL på omkring 173 miljoner kronor. Detta är ett mycket högt VSL som av många forskare troligtvis skulle betecknas som orimligt. Trots en stor spännvidd för skattade VSL visar exempelvis Braathen m.fl. (2009) i sin meta-studie att endast en liten andel studier ligger över denna nivå, men att det trots allt existerar sådana exempel.

Vi har även undersökt känsligheten i antagandet om antalet förlorade levnadsår vid en dödlig hjärtinfarkt och om vi antar att effektsambanden för hälsoeffekter istället har tröskelvärdet 49,1 dB, det vill säga samma tröskelvärde där, enligt Swärdh m.fl. (2012), betalningsviljan för störningar börjar. Antar vi sju förlorade levnadsår vid varje dödlig hjärtinfarkt som görs i ExternE, minskar hälsopåslaget till 4,1 procent. Detta ger en marginell minskning av marginalkostnaden. Ändras istället tröskelvärdet för hälsoeffekter, med samma antagna linjära effektsamband, exponeras betydligt fler individer och hälsopåslaget ökar till 14,8 procent. Detta ger en genomsnittlig marginalkostnad på 4,51 kronor för ett godståg, vilket är högre än vad ett dubblat VOLY ger.

Känslighetsanalyserna visar att det finns flera effekter som har påverkan på den skattade marginalkostnaden för hälsa. Dock verkar effektsambanden för hälsa och de antaganden som gör där vara det steg i effektkedjeansatsen som påverkar hälsomarginalkostnaden allra mest.

8. Slutsatser

I denna studie har vi utifrån tidigare beräknade marginalkostnader för järnvägsbuller (Ögren m.fl., 2011) beräknat ett påslag för hälsoeffekter. Det innebär att tidigare skattade marginalkostnader för järnvägsbuller i Ögren m.fl. (2011) antas enbart fånga upp störningseffekter av järnvägsbuller. Hälsopåslaget har beräknats utifrån effektsamband för hjärt- och kärlsjukdomar hämtade från WHO och ExternE-projektet.

Genomsnittligt är det procentuella påslaget av hälsokostnader 6,62 procent av de tidigare beräknade störningsmarginalkostnaderna. Detta ligger väl i linje med ett genomsnittligt påslag baserat på den tidigare VTI-studien Andersson m.fl. (2013), vilket är 10,7 procent. Däremot skiljer sig våra resultat relativt kraftigt från praxis i ASEK där 42 procents påslag för hälsokostnader på störningskostnader görs. Olika metoder och osäkerheter i effektsamband, monetära värderingar och bullerexponering är exempel på förklaringar till de skilda resultaten.

Slutligen argumenterar vi för att vårt hälsokostnadspåslag på 6,62 procent på marginalkostnaden för bullerstörningar är mer rimligt än det påslag på 42 procent som görs i ASEK. Detta baseras på en jämförelseberäkning med skattade bullerkostnader i en WHO-rapport (2011). Detta indikerar även i så fall att sömnstörningar kan antas ingå i hedoniska bullervärderingar baserade på småhuspriser.

Referenser

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

Andersson, H. och Ögren, M., 2011, Noise charges in road infrastructure: a pricing schedule based on the marginal cost principle, *Journal of Transport Engineering* 137(12), sid. 926-933.

Andersson, H., Jonsson, L. och Ögren, M., 2013, Benefit measures for noise abatement: calculations for road and rail traffic noise, *European Transport Research Review* 5, sid. 135-148.

Bickel, P. och Friedrich, R., 2005, ExternE – Externalities of Energy, Methodology 2005 Update, Report to the European Commission. http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/kina_en.pdf

Braathen, N.A., Lindhjem, H. och Navrud, S., 2009, Valuing Lives Saved from Environmental, Transport and Health Policies: A Meta-analysis of Stated Preference Studies, OECD-rapport.

Eriksson, C., Nilsson, M.E. och Pershagen, G., 2013, Environmental noise and health – Current knowledge and research needs, Naturvårdsverket, Rapport 6553.

Hansell, A., Blangiardo, M., Fortunato, L., Floud, S., Fecht, D., Ghosh, R., Laszlo, H., Pearson, C., Beale, L., Beevers, S., Gulliver, J., Best, N., Richardson, S., och Elliot, P., 2013, Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study, *British Medical Journal* 347.

Kolstad, H., Stokholm, Z., Hansen, Å., Christensen, K. och Bonde, J., 2013, Whether noise exposure causes stroke or hypertension is still not known, *British Medical Journal* 347.

Nerhagen, L., Björketun, U., Genell, A., Swärdh, J-E. och Yahya, M-R., 2014, Externa kostnader för luftföroreningar och buller från trafiken på det statliga vägnätet – Kunskapsläget och tillgången på beräkningsunderlag i Sverige samt några beräkningsexempel. VTI-publikation under arbete.

Ricardo-AEA, 2014, Update of the Handbook on External Costs of Transport, Rapport till EU-kommissionen.

Socialstyrelsen, 2013, Hjärtinfarkter 1988-2012. Sveriges officiella statistik – hälsa och sjukvård.

Swärdh, J-E., Andersson, H., Jonsson, L. och Ögren, M., 2012, Estimating non-marginal willingness to pay for railway noise abatements: Application of the two-step hedonic regression technique. CTS working papers in transport economics, VTI - Swedish National Road and Transport Research Institute. http://swopec.hhs.se/ctswps/abs/ctswps2012_027.htm

Trafikverket, 2014, Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.1.

WHO, 2011, Burden of disease from environmental noise – Quantification of healthy life years lost in Europe, Rapport.

Ögren, M., Andersson, H., Jonsson, L. och Swärdh, J-E., 2011, Noise charges for Swedish railways based on marginal cost calculations, Working Paper, VTI.
Available at www.diva-portal.org/smash/get/diva2:674191/FULLTEXT01.pdf