



NORD2000 SPÅR

Svenska emissionsdata för beräkning av buller
från spårburen trafik med hjälp av Nord 2000

SAMMANFATTNING

Denna rapport beskriver emissionsdata för beräkning av buller från spårtrafik i Sverige med den Nordiska beräkningsmetoden Nord2000. Emissionsdata är framtagna för olika tågtyper utifrån mer än 700 uppmätta tågpassager fördelade över 9 mätplatser, samt från mätningar av ytråheten på rälhuvudet på dessa platser. Totalt presenteras indataparametrar för 8 motorvagnar (inklusive X2) och godståg med gjutjärnsblock skapade genom statistisk analys av mätresultaten i enlighet med ett utkast till europastandard (prEN 17936). För motorvagnen ER1, godståg med skivbroms eller K-block och för lokdragna persontåg var mätunderlaget för litet och de framtagna indata är istället baserade på både uppmätta passager och/eller äldre indata.

Mikael Ögren, AMM
Anders Genell, VTI
Tomas Jerson, Elton
Peter Torstensson, VTI
Andreas Gustafson, VTI

2023-10-12



VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN
MILJÖMEDICINSKT CENTRUM

Svenska emissionsdata för beräkning av buller från spårburen trafik med hjälp av Nord 2000

Mikael Ögren, Anders Genell, Tomas Jerson,
Peter Torstensson, Andreas Gustafson

12 oktober 2023

Sahlgrenska Universitetssjukhuset
Arbets- och miljömedicin
Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum (VMC)
ADRESS Box 414, 405 30 Göteborg BESÖK Medicinaregatan 16
TELEFON 072-203 30 13 E-POST mikael.ogren@amm.gu.se
HEMSIDA www.amm.se

Förord

Denna rapport är ett underlag till arbetet inom “Kunskapscentrum om buller”, Sveriges nationella samordningsgrupp för omgivningsbullerberäkningar. Arbetet leds av Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI), och arbetet bakom denna rapport har finansierats av medel från Trafikverket och kunskapscentrum om buller.

Rapporten har granskats och godkänts av:

Lars Dahlbom, Trafikverket

Karin Blidberg, Trafikverket

Kjell Strömmer, konsult för Trafikverket

Göteborg 12 oktober 2023 (v. 1.21)
Mikael Ögren

Innehåll

1	Inledning	4
2	Metod för skattning av indata	4
3	Jämförelse med tidigare indata	6
4	Indata för persontåg	9
4.1	X11 (X11 – X14)	9
4.2	X2	10
4.3	X31	11
4.4	X40	12
4.5	X50 (X50 – X54 & X55)	13
4.6	X60 (X60 – X62)	14
4.7	X74	15
4.8	ER1	16
4.9	Y31 (Y31/Y32)	17
4.10	Lokdragna persontåg	18
5	Indata för godståg	19
5.1	Godsvagnar med gjutjärnsblock	19
5.2	Godsvagnar med kompositblock eller skivbroms	20
A	Indatatabeller	22

Sammanfattning

Denna rapport beskriver emissionsdata för beräkning av buller från spårtrafik i Sverige med den Nordiska beräkningsmetoden Nord2000. Beräkningsmetoden är avsedd för bullerkartläggning i Norden och publicerades 2001.

Emissionsdata är indataparametrar framtagna för olika tågtyper utifrån mer än 700 uppmätta tågpassager fördelade över 9 mätplatser, samt mätningar av ytråheten på rälhuvudet på dessa platser. Indata är giltiga för de på mätplatserna förekommande tågtyperna och är skapade genom statistisk analys av mätresultaten i enlighet med ett utkast till europastandard (prEN 17936). Samtliga mätplatser är belägna utmed sträckor där Trafikverket är banhållare.

Totalt presenteras indataparametrar för 8 motorvagnar (inklusive X2) och godståg med gjutjärnsblock baserade på mätningar enligt prEN 17936. För motorvagnen ER1, godståg med skivbroms eller K-block och för lokdragna persontåg var underlaget för litet och de framtagna indata är istället baserade på både uppmätta passager och/eller äldre indata.

Jämfört med de indata som publicerades 2001, 2010 och 2012 så är överensstämmelsen relativt god för motorvagnar, typiskt inom ± 2 dB förutom vid väldigt låga hastigheter där osäkerheterna är stora eftersom få eller inga mätningar finns som underlag där.

1 Inledning

I Sverige används tre beräkningsmetoder för att förutsäga ljudtrycksnivån till följd av spårburen trafik: Nordisk metod reviderad 1996 [1], Nord2000 [2] och Cnossos-EU [3]. Samtliga metoder utgår ifrån mätningar nära spåret för att skapa så kallade indata, parametrar som tillsammans med information om bland annat hastighet, banvall, spår och omgivning används för att skatta vad ljudtrycksnivån blir vid en viss mottagarpunkt.

Under perioden 1991–95 genomfördes flera serier med mätningar som kom att ligga till grund för indata för svenska tågtyper i Nordiska metoden reviderad 1996 [4, 5]. När Nord2000 lanserades 2001 gjordes inga nya mätningar, utan man utgick från de tidigare indata och räknade om dem för att passa Nord2000. Under 2000-talet har en del nya tågtyper lagts till både metoden reviderad 1996 och Nord2000 [6, 7, 8]. Lokala indata finns också framtagna av andra banhållare än Trafikverket, exempelvis Storstockholms lokaltrafik och Göteborgs spårvägar [9].

Denna rapport utgår ifrån en ny serie mätningar för att skapa nya indata till Nord2000. Metoden och de nya indata beskrivs i detalj i kapitel 2 nedan, och den framräknade källstyrkan jämförs med tidigare publicerade värden i kapitel 3.

2 Metod för skattning av indata

Med start 2019 har en serie mätningar av tågpassager genomförts på olika mätplatser i Sverige. Mätningarna har i allt väsentligt genomförts i enlighet med standarden för förbipassagemätningar [10], och är dokumenterade i en serie mät rapporter [11, 12, 13, 14, 15]. Dessa mätningar har sedan legat till grund för arbetet med att ta fram nya indata för den EU-gemensamma beräkningsmetoden Cnossos-EU [16].

På samtliga mätplatser har ytråheten på rälen uppmätts med en mätvagn (CAT) [17] i våglängdsband som motsvarar tersband. Beräkningsmetoden Nord2000 saknar funktionalitet för att hantera ytråheten som indata, utan istället anges att korrektionerna från den tidigare Nordiska beräkningsmetoden [1] kan användas tills vidare. Korrektionen som då motsvarar den totala effekten av både ytråhet på räl och hjul kan variera mellan -6 och +6 dB.

Beräkningsmetoden Cnossos-EU [18] har en källmodell där effekten av ytråheten på rälen kombineras med ytråheten på hjulen via ett kontaktfilter och som på detta sätt kan separera dessa effekter i tersband. Källmodellen är hämtad från den mer avancerade beräkningsmetoden Harmonoise/Imagine [19].

Eftersom vi utifrån mätningarna av ytråhet på rälen kan se att det är mycket stora skillnader mellan mätplatserna så vore det olyckligt att behandla dem som likvärdiga. En tågtyp som i högre grad har uppmätts på sträckor med högre ytråhet skulle då få en källstyrka som är för hög, och tvärtom för sträckor med släta spår. Vi tog därför fram en korrektion med hjälp av beräkningar med Cnossos-EU för samtliga tågtyper på samtliga mätplatser. Som referensytråhet valdes ytråheten i Kåhög (motsvarande $\Delta L_C = 0$ i metoden reviderad 1996 [1]). Korrektionen blir frekvensberoende och beror också på hastighet och kontaktfilter; vi valde att applicera korrektionen i frekvensbandet 630 – 2500 Hz, och halva korrektionen för tersbanden 500 och 3150 Hz. Korrektionen blir mycket lägre för godståg med bromsblock av gjutjärn eftersom de har mycket ojämna hjulytor och strålar ut mycket ljud även på släta spår. Korrektionerna redovisas i tabell 1.

Tabell 1: Korrektion i dB för ytråhet på spår för tersbanden 630 – 2500 Hz. För tersbanden 500 och 3150 Hz används halva korrektionen.

Mätplats	Korr. pass.	Korr. gods
Kåhög	referens	referens
Torp	- 2	0
Trönninge U	- 2	0
Myrbyn	- 1	0
Apelviken	0	0
Hökön	0	0
Åsa	0	0
Skårby	+ 3	0
Trönningen N	+ 6	+ 1
Kode	+ 7	+ 2
Storvik		0

Samtliga indata i denna rapport togs fram enligt proceduren som beskrivs i kapitel 6 i utkastet till CEN-standard [20]. Standarden är utformad för att vara användbar för de flesta beräkningsmetoder, men ett antal

anpassningar fick införas för att använda metoden för att ta fram indata till Nord2000.

För att beräkna utbrednings- och markeffekten $C(v)$ på mätplatserna användes proceduren i kapitel 2.3 i Nord2000 [2]. Samtliga mätplatser hade delvis mjuk mark mellan banvall och mottagare, banvallen modellerades som impedansklass C och marken som B. Bankhöjden varierade mellan 0,2 m och 0,9 m, och direktiviteten anpassades till Nord2000 (formel (2.1) i [2]).

För varje tersband gjordes sedan anpassning av parametrarna a och b med minsta kvadratmetoden (linjär regression). Antalet uppmätta tågpassager varierade för de olika tågtyperna mellan de olika mätplatserna, och för vissa tågtyper fanns endast några få mätningar på en eller två mätplatser. För de tågtyper där vi bedömde att underlaget var för dåligt skapades indata med stöd av andra data, se respektive tågtyp nedan för en beskrivning av vilket angreppssätt som användes.

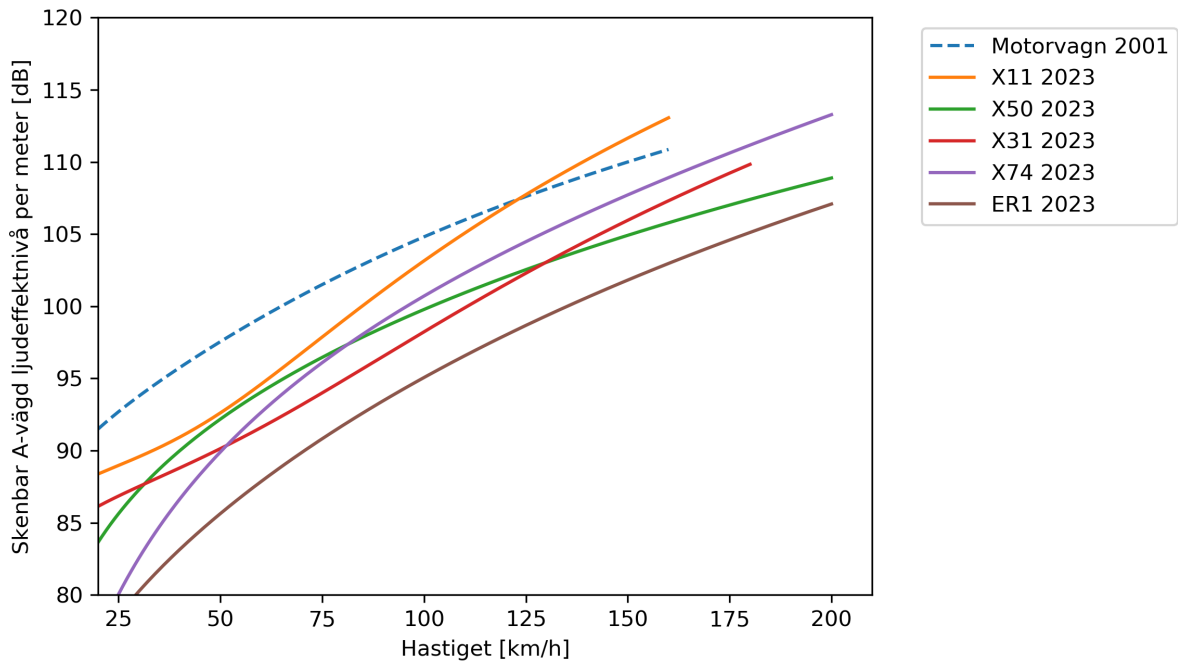
I Nord2000 kombineras källdataparametrarna a och b till utstrålad ljudeffektnivå per meter $L_{W,1m}$ (Annex A.1 [2]). I standardutkastet [20] används begreppet “*apparent sound power level*” istället för “*sound power level*” för att förtydliga att detta inte är en direkt uppmätt ljudeffektnivå på samma sätt som i andra standarder (exempelvis ISO 3740 [21]). Vi väljer därför på samma sätt att benämna $L_{W,1m}$ som *skenbar* ljudeffektnivå per meter.

För de tågtyper där det finns tillräckligt underlag är de framtagna indata av kvalitetsgrad B enligt 6.2 [20], och den A-vägda totala osäkerheten σ_W presenteras för varje tågtyp nedan. Den totala osäkerheten är en beräknad standardavvikelse som inkluderar avvikelser i hela mätkedjan och utvärderingen, exempelvis avvikelser i mätutrustningens kalibrering, mikrofonspacering, beräkning av markeffekt, variationer mellan mätplatser och osäkerheten till följd av variationer mellan individer av samma tågtyp (exempelvis varierande ytrådet på hjulen). Standardförslaget föreskriver att kvalitetsgrad B skall användas om man utgår ifrån mätningar 1,2 m över rälsöverkant, och kvalitetsgrad B kan aldrig ge en total osäkerhet lägre än 4,0 dB. Standardavvikelsen för variationen i mätningarna σ_M är i intervallet 1,0 – 2,5 dB (förutom för godståg där den var 4,2 dB), varför den totala osäkerheten domineras av mätmetodens föreskrivna lägsta nivå. Där vi utgått från begränsade underlag och använt kompletterande data kan inte noggrannheten beräknas, och arbetsmetoden är en avvikelse från standardförslaget [20], se tabell 2 i Appendix A.

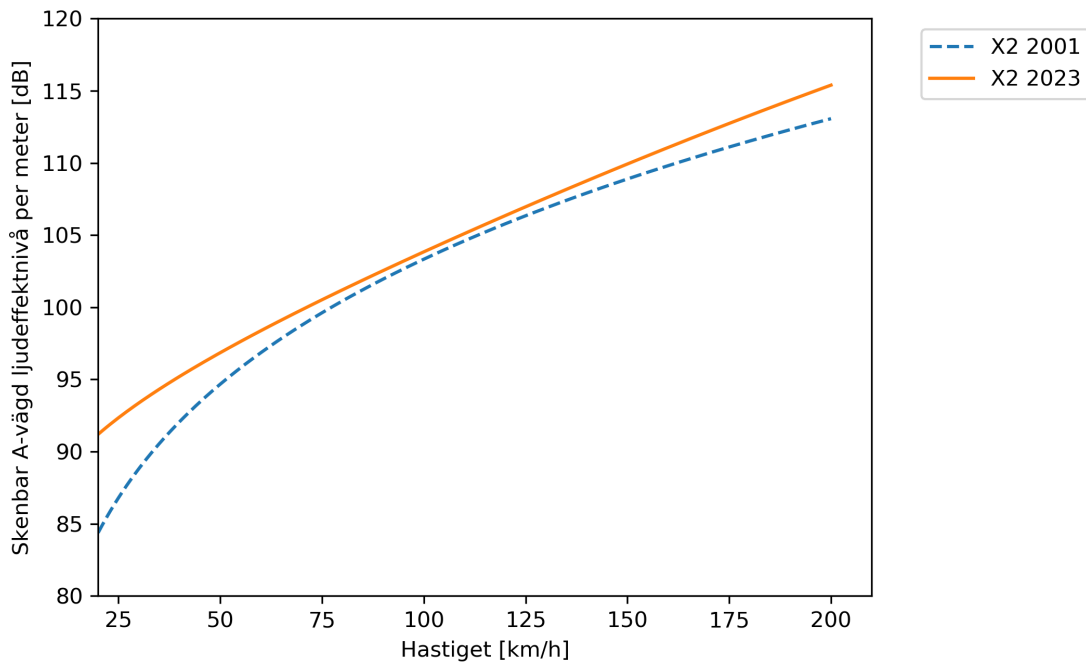
För alla tåg har vi utgått från källbeskrivningen i Annex A2, Nord2000 [2], och endast inkluderat källa 1,2 och 3. Detta innebär att ett tåg representeras av tre linjekällor placerade 1, 35 och 70 cm över rälsöverkant (centerade över mitten på spåret). Det finns också möjlighet att lägga till en källa 4 placerad 1,8 m över rälsöverkant men denna källa används inte här eftersom det är oklart hur man skall gå tillväga för att skatta källstyrkan för den högt placerade källan, framförallt i relation till beskrivningen av hur maxnivån beräknas i Nord2000. Detta kan komma att revideras om källmodellen i Nord2000 uppdateras framöver, och i så fall behöver tågtyper med högt placerade källor revideras och nya indata tas fram.

3 Jämförelse med tidigare indata

Som tidigare nämnts så togs inga nya indata fram för arbetet med Nord2000 [2], utan man översatte helt enkelt en del av de befintliga indata från metoden reviderad 1996 [1]. För motorvagnar finns endast två uppsättningar indata, "1a X2" och "3a X10", vilka jämförs med framtagna indata för aktuella tågtyper i figur 1 och 2. Där redovisas den totala skenbara A-vägd ljudeffektnivån per meter tåg för hastigheter från 20 km/h upp till största tillåtna hastighet.



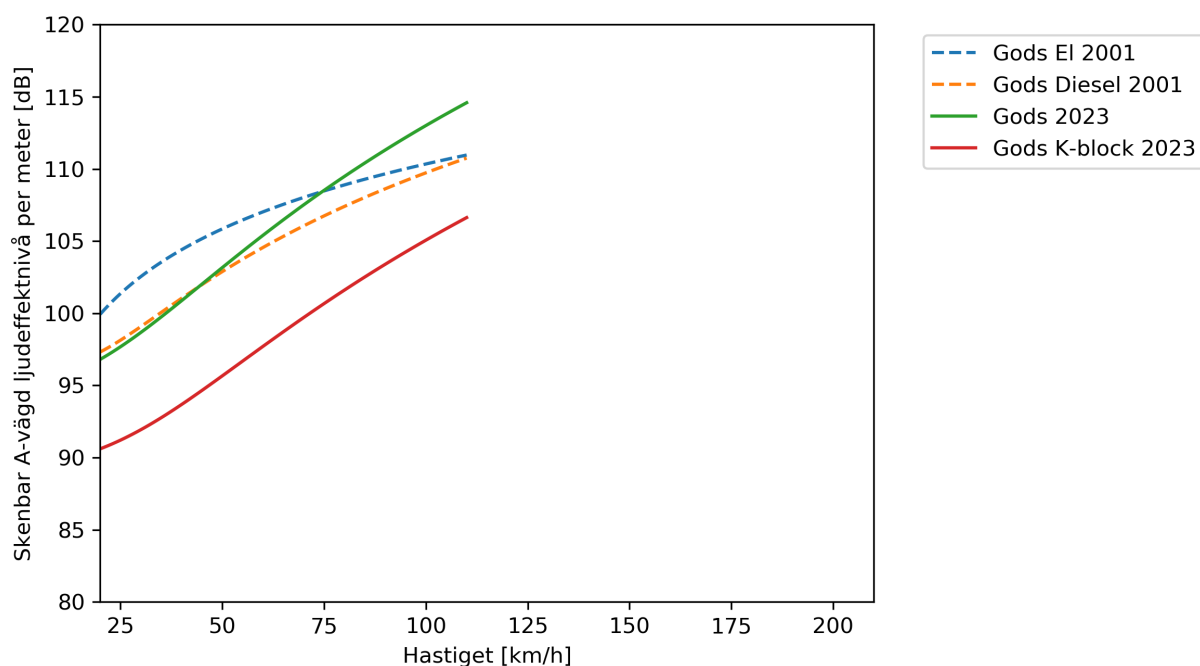
Figur 1: Jämförelse av beräknad skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter för motorvagnar.



Figur 2: Jämförelse av beräknad skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter för X2.

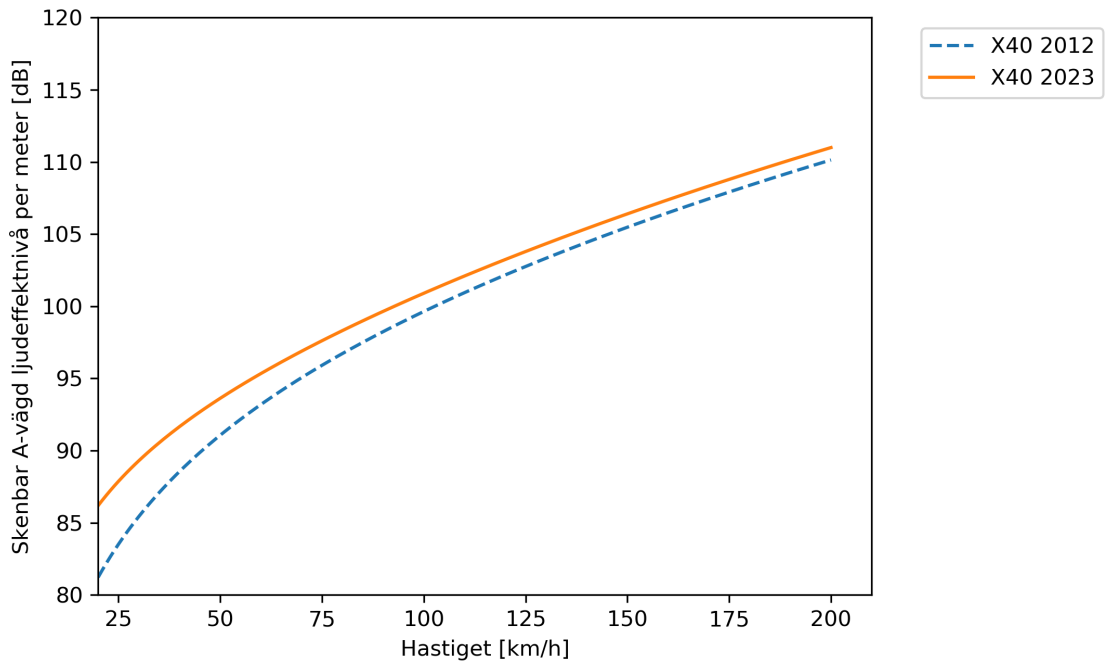
I figur 1 syns tydligt att de flesta motorvagnar i trafik idag ger betydligt lägre ljudeffektnivå per meter än motorvagnen från 2001, med undantag för X11, vilket inte är så konstigt eftersom indata togs fram baserat på mätningar från 1994 då endast motorvagnar av typ X10–X12 var i trafik. I figur 2 jämförs de äldre data med de nya för X2, de stämmer väl överens i hastigheter kring 100 km/h men upp emot största tillåtna hastighet ger de nya indata något högre värden. I det nya underlaget ingår passager med de moderniserade tågsätten X2C och X2U, men preliminära analyser visar inte på någon skillnad i utstrålad ljudeffekt mellan moderniserade och gamla tågsätt [22].

Jämförelseberäkningen för godståg redovisas i figur 3. I Nord2000 från 2001 angavs separata indata för godståg dragna av ellok och diesellok. Avsikten med detta var att inkludera att dieseldragna tågsätt kunde vara bullrigare i låga hastigheter vid låga frekvenser, men istället slumpade det sig så i underlaget att godsvagnar som drogs av diesellok ofta var mindre bullriga totalt sett. För långa tågsätt domineras den utstrålade ljudeffekten av vagnarna oberoende av loktyp, och det finns ingen anledning att anta att vagnarna är olika bullriga beroende på loktyp. Den totala nivån är något högre för de nya indata. Den röda kurvan i figur 3 är för godståg där alla vagnar är utrustade med K-block eller skivbromsar.

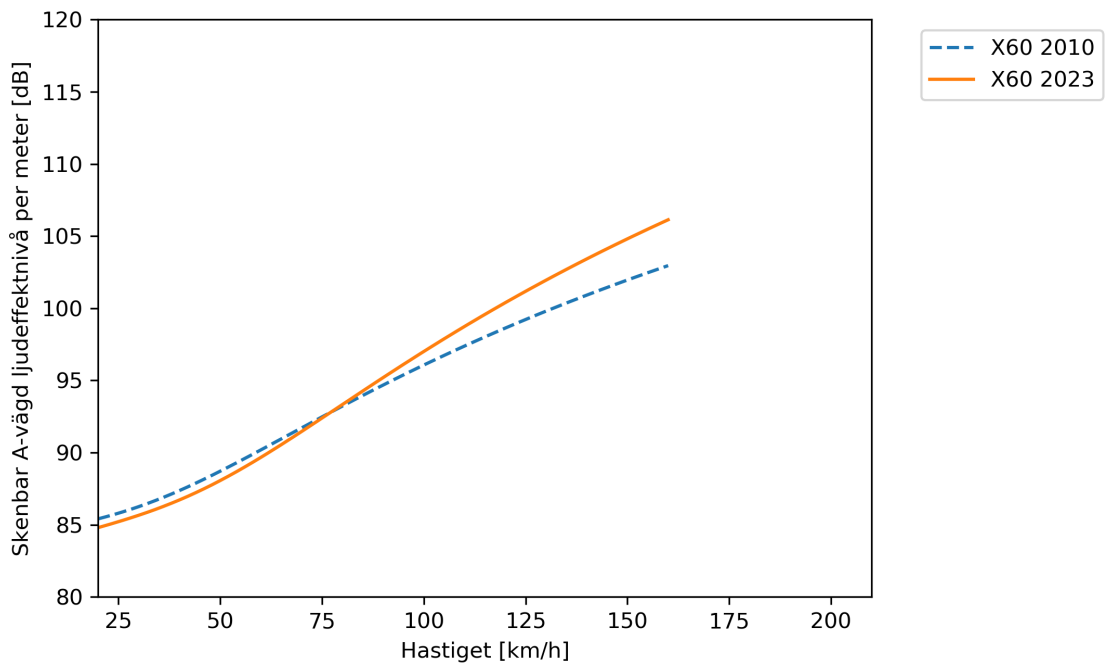


Figur 3: Jämförelse av beräknad skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter för godståg.

Två motorvagnar har fått nya indata för Nord2000 efter 2001, X40 [8] (2012) och X60 [7] (2010). Jämförelsen redovisas i figur 4 och 5. Skillnaderna är relativt små, men underlaget för de nya mätningarna är större och har dessutom utförts på flera mätplatser där yråheten på rålen är uppmått, varför de nya indata är att betrakta som mer representativa.



Figur 4: Jämförelse av beräknad skenbar A-vågd ljudeffektnivå per meter för motorvagn X40.



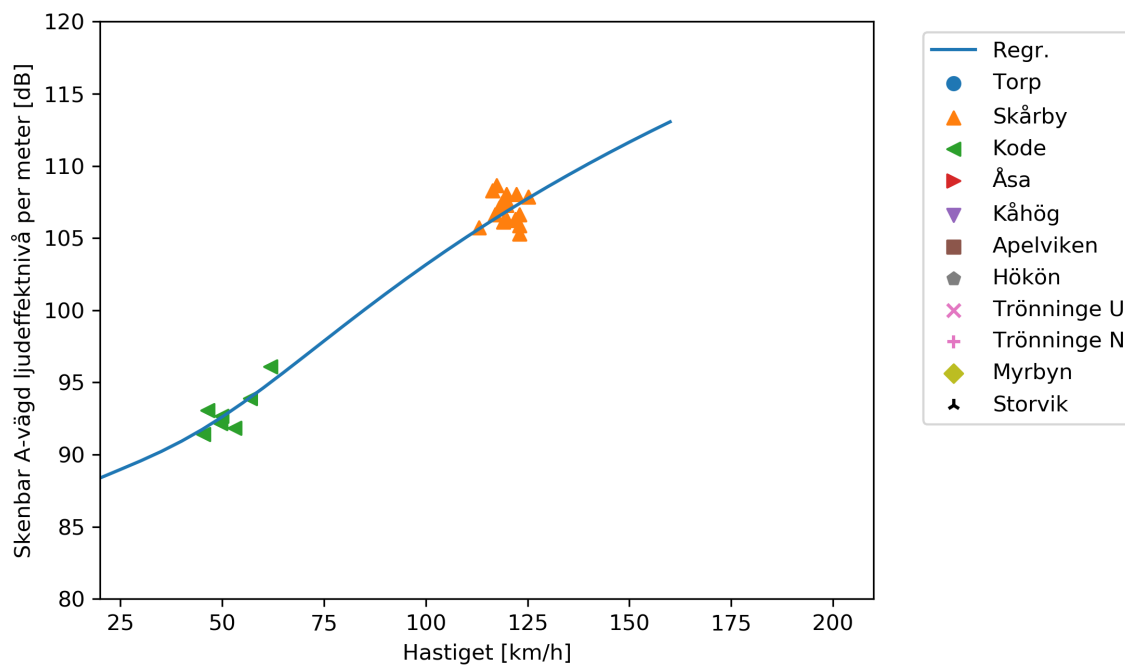
Figur 5: Jämförelse av beräknad skenbar A-vågd ljudeffektnivå per meter för motorvagn X60.

4 Indata för persontåg

4.1 X11 (X11 – X14)

Denna klass omfattar motorvagnar med littera X11, X12 och X14. Längden per enhet är 49,9 m med åtta axlar.

Indata baseras på totalt 24 uppmätta passager vid 2 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 45 och 125 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och en total osäkerhet på 4,1 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för räljämnhets på respektive mätplats var 1,0 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

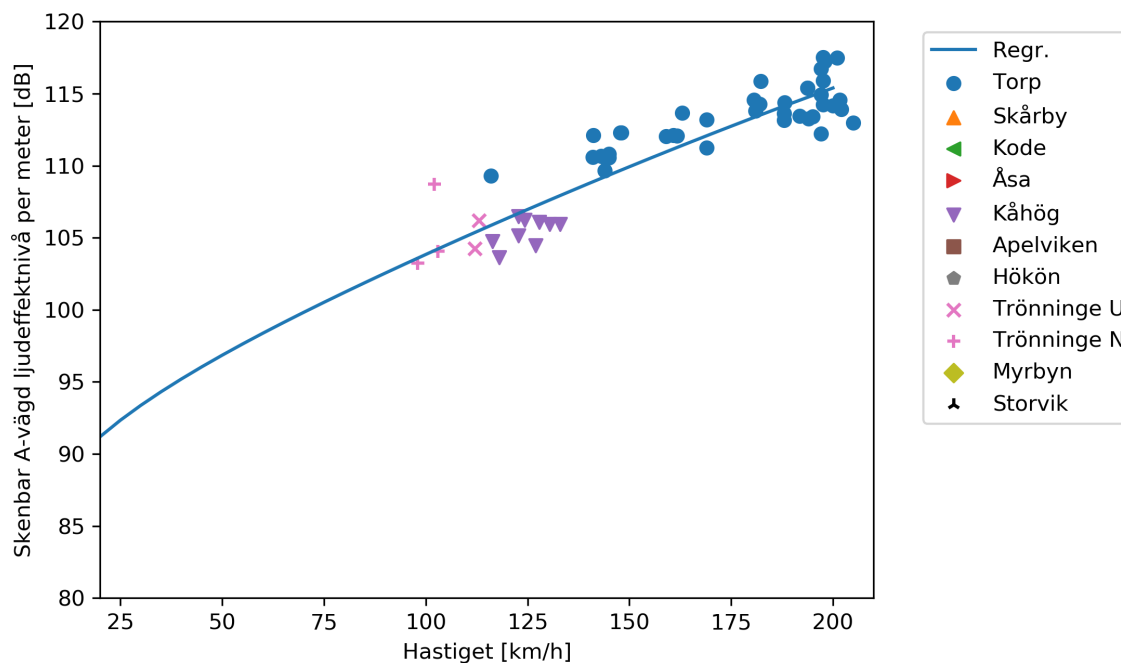


Figur 6: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.2 X2

Ett X2-tågsätt består av en drivenhet X2, ett antal mellanvagnar och en manövernagn UB2X. Varje del har åtta axlar och drivenheten är 17,5 m, mellanvagnarna 25,0 m och manövernagnen 22,5 m. Indata är också giltiga för de moderniserade X2-enheterna som tagits i trafik från 2022 (X2C och X2U).

Indata baseras på totalt 54 uppmätta passager vid 4 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 98 och 205 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,4 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 1,7 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

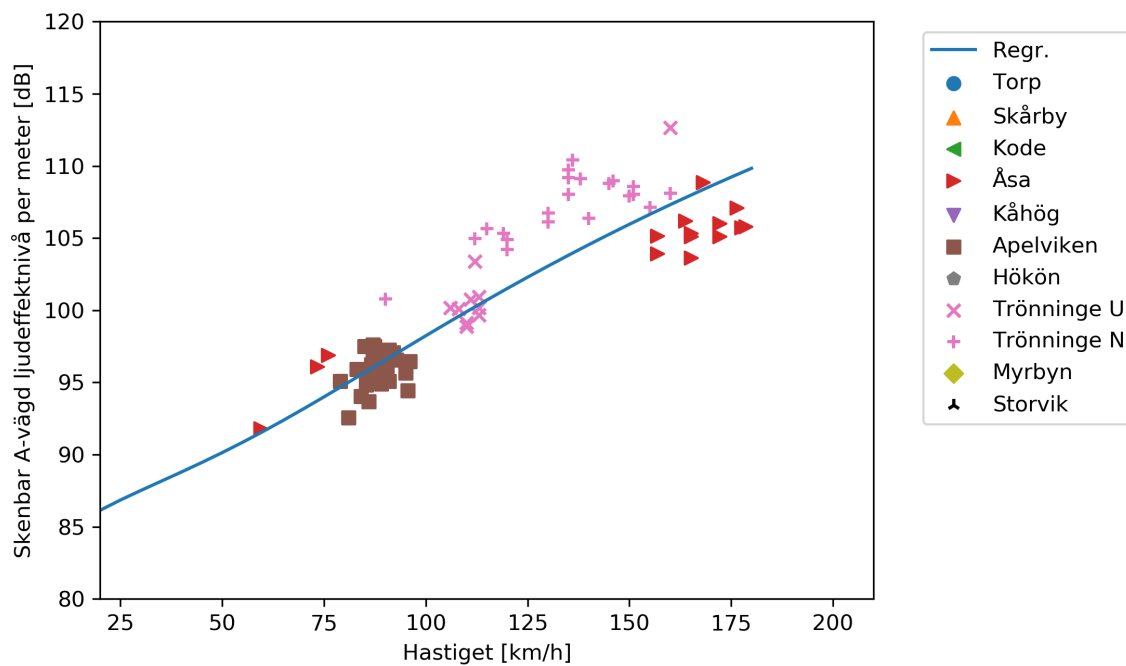


Figur 7: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.3 X31

Klassen X31 omfattar elmotorvagnar med littera X31K/ET och X32K. Längden för en enhet med tre delar och 12 axlar är 78,9 m.

Indata baseras på totalt 88 uppmätta passager vid 4 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 59 och 179 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,7 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 2,4 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

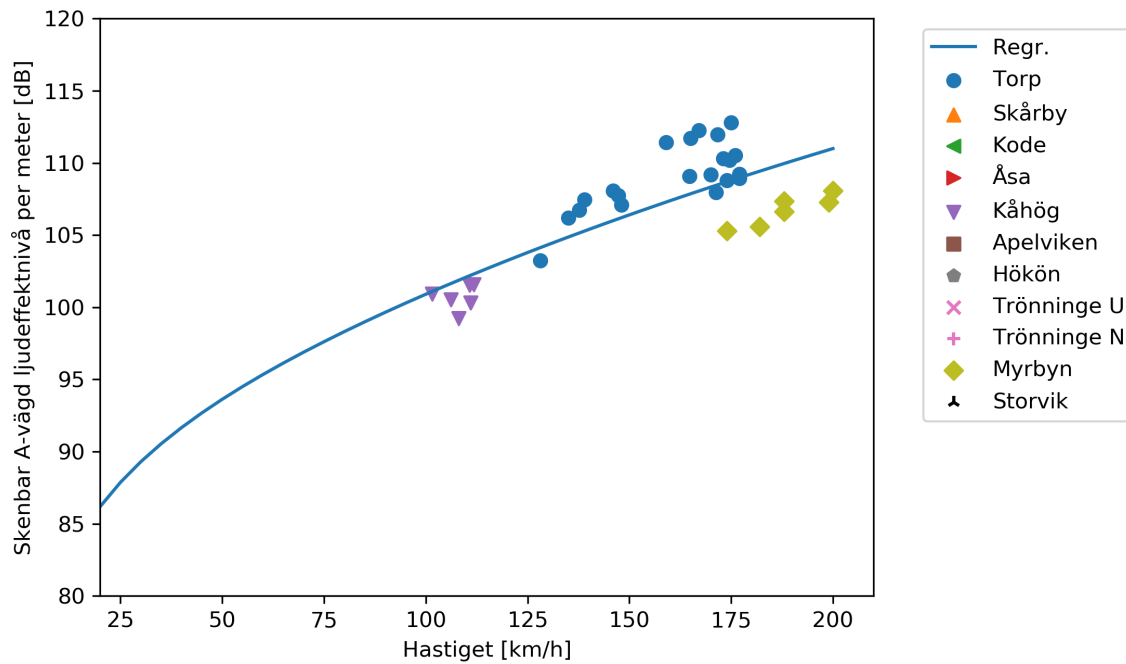


Figur 8: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.4 X40

X40 är en elmotorvagn som antingen är tvådelad (åtta axlar, 55,1 m) eller tredelad (12 axlar, 81,5 m).

Indata baseras på totalt 33 uppmätta passager vid 3 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 101 och 200 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,7 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhet på respektive mätplats var 2,4 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

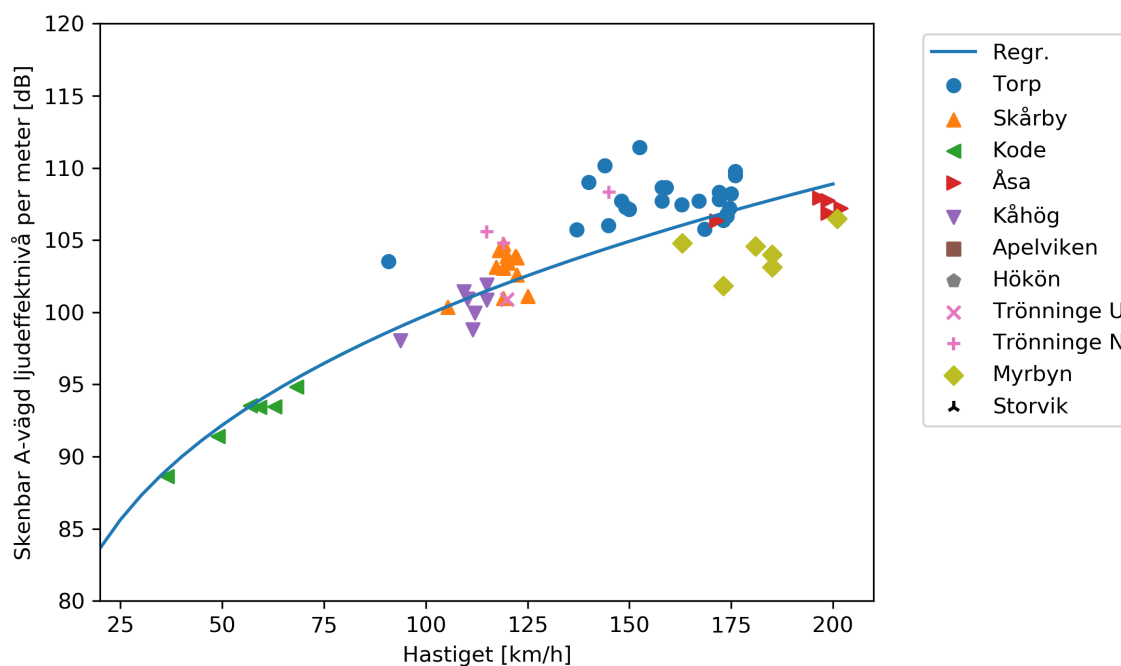


Figur 9: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.5 X50 (X50 – X54 & X55)

Denna klass innehåller elmotorvagnar med littera X50–X54 med två (8 axlar, 53,9 m) eller tre (12 axlar 80,5 m) enheter. X55 delar också samma indata och består av fyra enheter med total 16 axlar och en total längd på 107,1 m.

Indata baseras på totalt 66 uppmätta passager vid 8 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 36 och 202 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,5 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 2,3 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

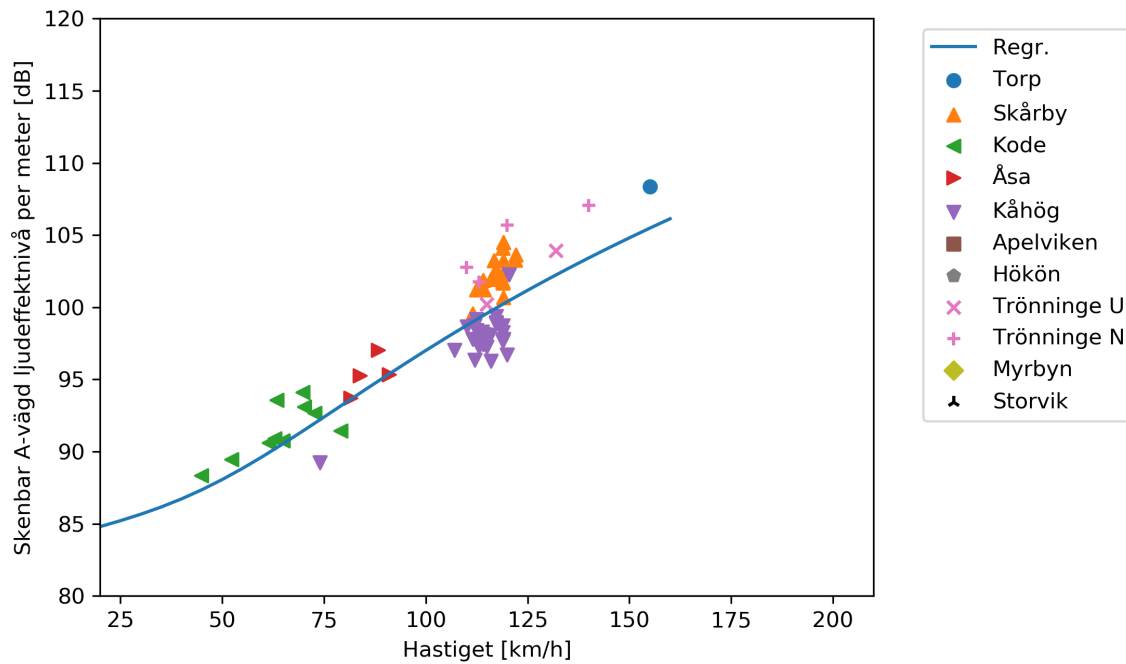


Figur 10: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.6 X60 (X60 – X62)

Denna klass omfattar elmotorvagnar med littera X60, X61 och X62. Antalet enheter och axlar varierar.

Indata baseras på totalt 66 uppmätta passager vid 7 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 45 och 155 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,5 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 2,1 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

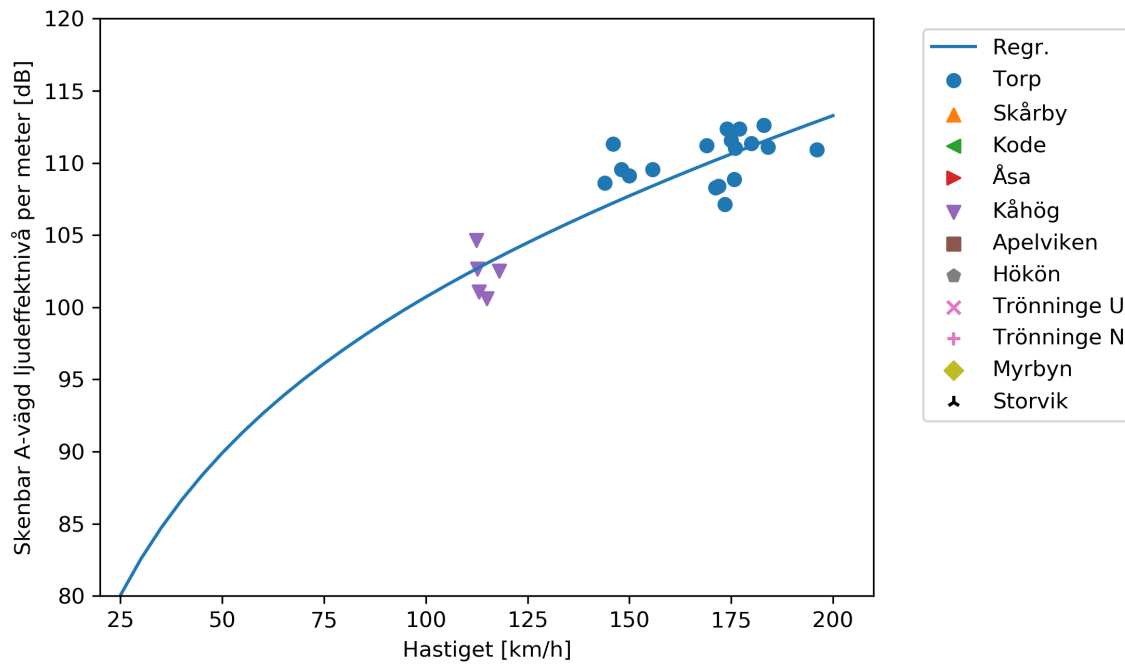


Figur 11: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.7 X74

X74 är en elmotorvagn som består av fem enheter med totalt 12 axlar och en längd på 105,5 m.

Indata baseras på totalt 23 uppmätta passager vid 2 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 112 och 196 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,3 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 1,8 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

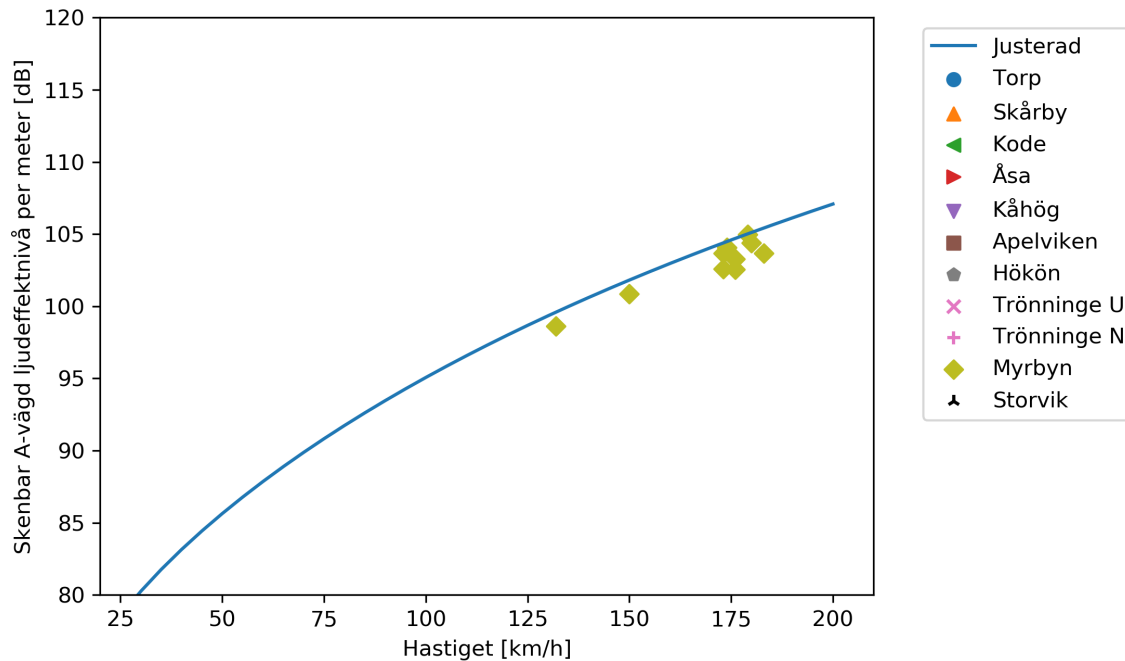


Figur 12: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.8 ER1

ER1 är en elmotorvagn som består av fyra enheter med totalt 16 axlar och en längd på 104,8 m.

Indata baseras på totalt 10 uppmätta passager vid en mätplats. Hastigheten varierade mellan 132 och 183 km/h. Detta underlag är för litet för att kunna skapa indata enligt prEN 17936 [20]. Istället har en manuell anpassning gjorts på följande vis. Först skapades nya indataparametrar för motorvagnarna X31, X40, X50, X60 och X74 poolade till en gemensam databas, som då totalt omfattade 276 tågpassager vid 9 mätplatser. Sedan justerades nivån på dessa indata endast med en entalskorrektion (-3 dB) för alla tersband baserat på de 10 mätningarna av ER1. De slutliga skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

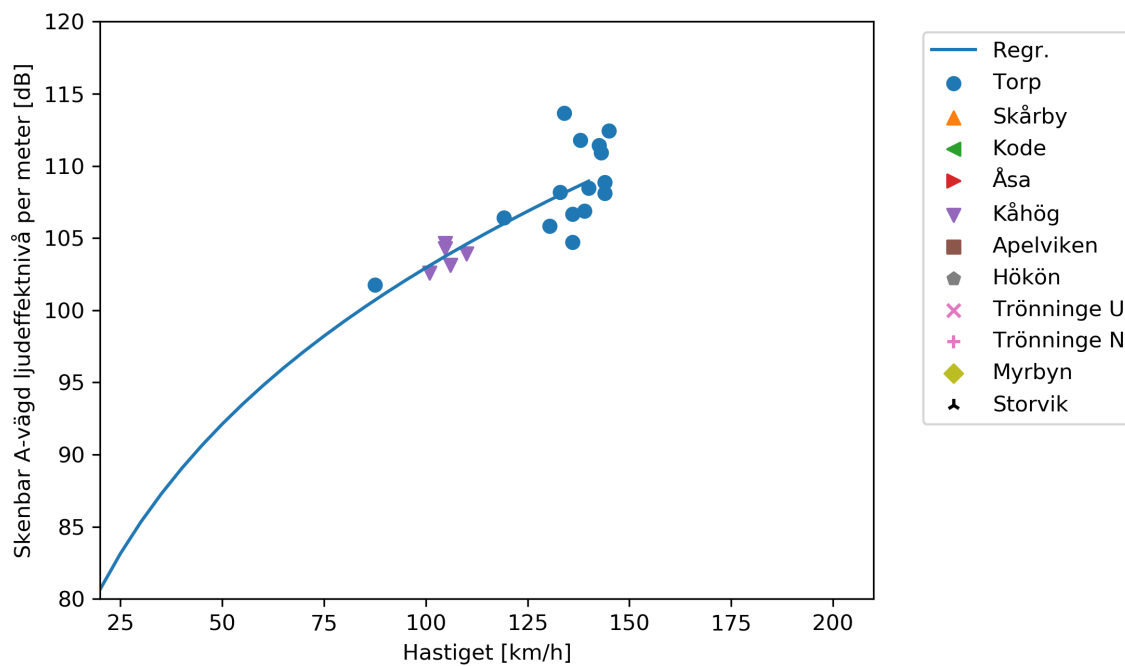


Figur 13: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.9 Y31 (Y31/Y32)

Y31/Y32 är en dieselmotorvagn i två eller tre delar. Y31 är 38,4 m lång och har sex axlar, Y32 är 54,8 m och har åtta axlar.

Indata baseras på totalt 17 uppmätta passager vid 2 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 87 och 144 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 4,5 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 2,1 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.



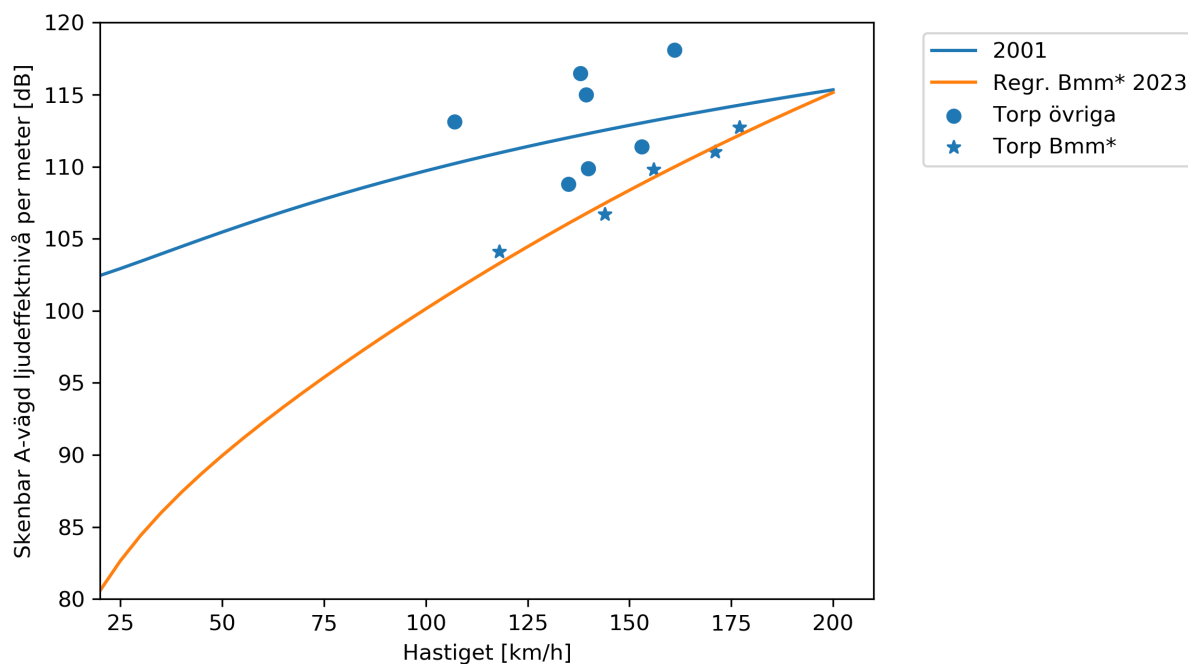
Figur 14: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

4.10 Lokdragna persontåg

Fullständiga mätdata för att kunna beräkna indata finns för 12 uppmätta passager vid en mätplats (Torp). Hastigheten varierade mellan 107 och 177 km/h. Fem av passagera var tågset bestående av 4 vagnar med littera Bmmz (alternativt Bmmbz/Bmmdz), där samtliga vagnar har skivbromsar, dragna av ett lok typ 243 (Vectron). Dessa passager var tystare än övriga passager, som var blandade tågsätt med olika sitt- och sovvagnar dragna av Rc-lok.

Underlaget är för litet för att kunna beräkna nya indata enligt prEN 17936 [20], både för klassen som helhet och separat för 243/Bmm*.

I figuren nedan jämförs mätningarna med indataparametrar från 2001 [2], samt en illustrativ regression för passagera med tågsätt bestående av 243/Bmm*. Parametrarna från 2001 finns återgivna i Appendix A.

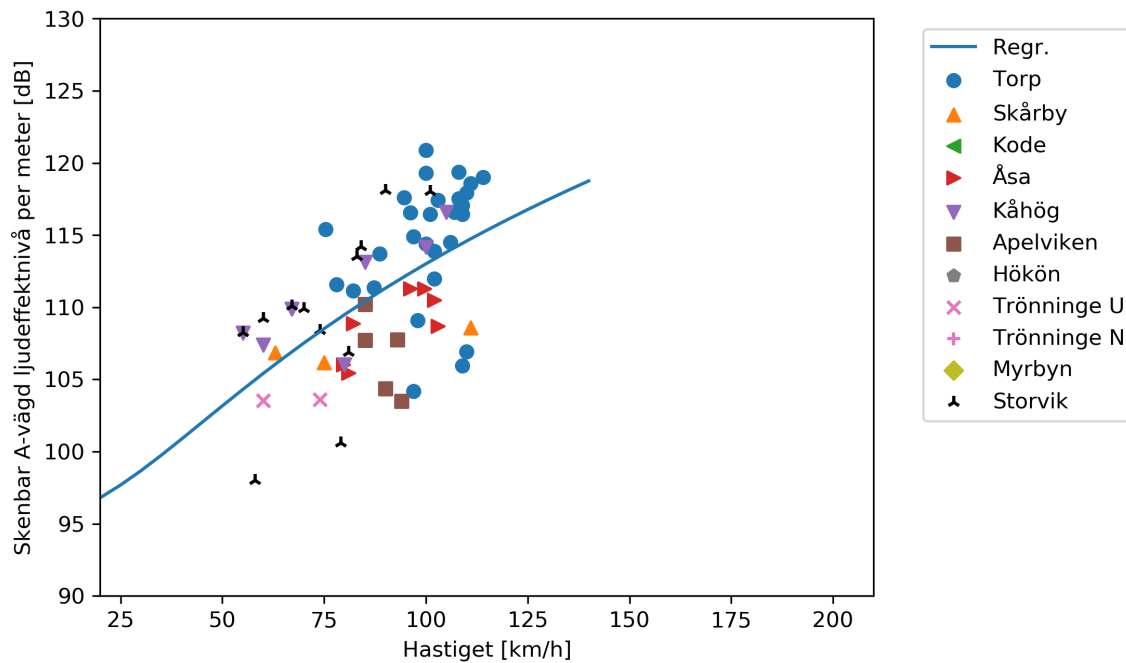


Figur 15: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

5 Indata för godståg

5.1 Godsvagnar med gjutjärnsblock

Indata baseras på totalt 65 uppmätta passager vid 8 mätplatser. Hastigheten varierade mellan 55 och 114 km/h och de beräknade indata är av nogrannhetsklass B och har en total osäkerhet på 5,8 dB (σ_W) enligt prEN 17936 [20]. Spridningen mellan de uppmätta passagera justerat för rälöjämnhhet på respektive mätplats var 4,2 dB (σ_M). De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A.

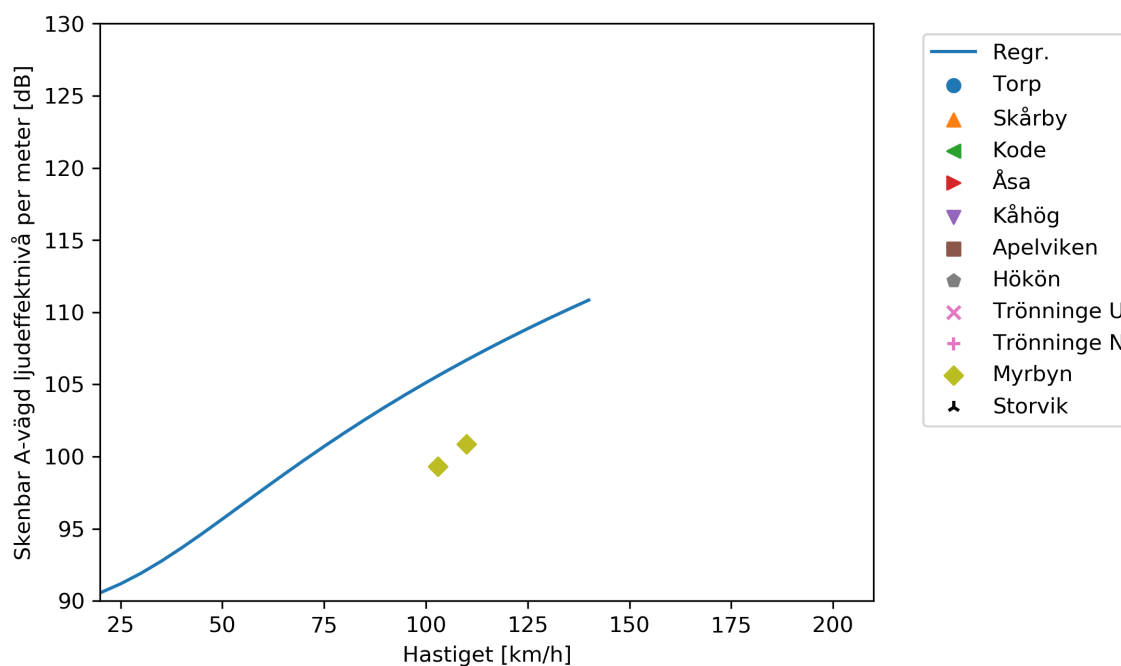


Figur 16: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

5.2 Godsvagnar med kompositblock eller skivbroms

Godsvagnar som bromsas med kompositblock eller skivbromsar får en slätare hjulyta som ger väsentligt lägre ljudstrålning troligtvis i intervallet 8 – 12 dB för ett helt tågsätt. Arbeta med att mäta hur stor effekten blir för svenska förhållanden pågår. Tills bättre underlag finns ges här framräknade värden på a och b utgående från hur stor skillnaden blir beräknad med Cnossos-EU [16]. De skattade parametrarna a och b redovisas i Appendix A, och ger ungefär 8 dB lägre A-vägd ekvivalent och maximal nivå för vanligt förekommande oskärnade utbredningsfall.

I figuren nedan visas de två passager med K-block som uppmättes i Myrbyn 2020 [12] tillsammans med indata enligt ovan. Mätningarna visar på ungefär 12 dB lägre skenbar ljudeffektnivå per meter tåg jämfört med ett godståg med gjutjärnsblock, dvs ytterligare 4 dB lägre än skattningen baserad på Cnossos-EU.



Figur 17: Beräknad och uppmätt skenbar A-vägd ljudeffektnivå per meter.

Referenser

- [1] Naturvårdsverket. Buller från spårburen trafik – Nordisk beräkningsmodell. Rapport 4935, Naturvårdsverket, Stockholm, 1996.
- [2] Jonasson, H. och Storeheier, S. Nord2000. New Nordic prediction method for rail traffic noise. SP Rapport 2001:11, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås, 2001.
- [3] Kommissionens direktiv (EU) 2015/996 av den 19 maj 2015 om fastställande av gemensamma bedömningsmetoder för buller enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG. Direktiv 2015/996, Europeiska Kommissionen, 2015.
- [4] Ström, T. Buller från snabbtåg – resultat från fältmätningar utförda på västra stambanan. SP Rapport 1991:43, SP, Borås, 1991.
- [5] Göransson, C. och Ström, T. Externt buller från svenska tågtyper – nya indata till den nordiska beräkningsmodellen. SP Rapport 1994:25, SP, Borås, 1994.
- [6] Jerson, T. Bulleremission från nya svenska tågtyper. WSP Rapport Littera 10026007, WSP Sverige AB, Göteborg, 2004.
- [7] Ögren, M. och Jerson, T. Indata till bullerberäkningsmetoder för motorvagn X60. VTI Notat 9-2010, VTI Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping, 2010.
- [8] Jerson, T. Elmotorvagn coradia duplex. indata till beräkningsmodellerna NMT96 och Nord 2000. WSP Rapport Littera 10154852.01, WSP Sverige AB, Göteborg, 2012.
- [9] Jerson, T. och Ögren, M. Spårvagnar ASEA/ASJ M28, Hägglund M29, ASEA M31 och Anzaldobreda M32. indata till beräkningsmodellerna NMT96 och Nord 2000. WSP rapport, WSP Akustik, 2012.
- [10] ISO. Railway applications – acoustics – measurement of noise emitted by railbound vehicles. EN ISO 3095:2005, 2005.
- [11] Jerson, T. Cnossos-EU Mätserie 1 indata tågbuller. WSP rapport 10278483, WSP Akustik, 2019.
- [12] Jerson, T. Cnossos-EU / Nord2000. Mätserie 2, grund för indata tågbuller. WSP rapport 10281456, WSP Akustik, 2020.
- [13] Jerson, T. Cnossos-EU / Nord2000. Mätserie 3a, pilotstudie buller från tågbroar. WSP rapport 10281479, WSP Akustik, 2021.
- [14] Jerson, T. Cnossos-EU / Nord2000. Mätserie 3b, pilotstudie växlar. Elton rapport 202201, Ingenjörfirma Elton, Tjörn, 2022.
- [15] Jerson, T. Cnossos-EU / Nord2000. Mätserie 3c, pilotstudie av kurvor med liten radie. Elton rapport 202101, Ingenjörfirma Elton, Tjörn, 2021.
- [16] Ögren, M., Genell, A., Jerson, T., Torstensson, P. och Gustafson, A. Svenska indata för beräkning av buller från spårburen trafik enligt EU direktiv 2015/966 (Cnossos-EU). Teknisk rapport, Västra Götalandsregionens miljömedicinska centrum (VMC), 2021.
- [17] Swierkoska, A. Rail roughness and track decay rates - measurement results. Teknisk rapport, VTI, 2019.
- [18] European Commission. Establishing common noise assessment methods according to directive 2002/49/ec of the european parliament and of the council. Commission Directive 2015/996, European Commission, 2015.
- [19] de Vos, P., Beuving, M. och Verheijen, E. Harmonised accurate and reliable methods for the EU directive on the assessment and management of environmental noise – final technical report. Teknisk rapport, 2005.
- [20] CEN. prEN 17936: Railway applications - acoustics - measurements of source terms for environmental noise calculations. European Committee for Standardization prEN 17936, Technical Committee CEN/TC 256, 2023.
- [21] ISO. Acoustics – determination of sound power levels of noise sources – guidelines for the use of basic standards. ISO 3740:2019, 2019.
- [22] Jerson, T. och Genell, A. Cnossos-EU/ Nord2000 – Mätserie 2D – tillägg snabbtåg X2. Elton rapport 202202, Ingenjörfirma Elton, 2023.

A Indatatabeller

Tabell 2: Noggrannhetsklass enligt prEN 17936 [20], spridning i mätdata (standardavvikelse σ_M dB), total osäkerhet (standardavvikelse σ_W dB) och koppling till tabell 3 via kod.

Tågsätt	kod	Nog. klass	σ_M	σ_W
X2, X2C, X2U	X2	B	1,7	4,4
X11 – X14	X11	B	1,0	4,1
X31	X31	B	2,4	4,7
X40	X40	B	2,4	4,7
X50 – X54, X55	X50	B	2,3	4,5
X60 – X62	X60	B	2,1	4,5
X74	X74	B	1,8	4,3
Y31, Y32	Y31	B	2,1	4,5
ER1	ER1			
Lokdragna persontåg	PT			
Godståg gjutjärnsblock	GT	B	4,2	5,8
Godståg K-block/skivbroms	GTK			

Tabell 3: Indata för beräkning med Nord2000 [2] för tåg i trafik på Trafikverkets banor. Källmemer a och b i tersband från 25 Hz–10 kHz.

kod	a/b	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
		X2	a	49,1	48,1	50,2	40,7	43,5	43,8	46,1	34,5	21,6	14,4	17,7	16,3	19,8	18,6	7,7	22,1	31,2	43,7	52,4	64,1	63,4	50,1	30,3	30,5	33,1
	b	79,3	80,2	80,3	83,4	82,4	81,5	79,8	81,5	85,8	90,4	90,8	91,8	90,4	91,7	97,2	99,0	97,5	93,5	91,6	88,7	84,7	84,2	85,2	82,9	80,7	78,8	79,0
X11	a	16,5	16,7	22,0	32,2	25,0	20,4	12,6	15,0	10,9	5,7	1,2	4,5	3,5	13,6	43,3	54,2	49,2	52,7	53,8	50,2	44,1	28,4	30,6	31,2	29,4	32,0	33,0
	b	84,7	85,4	85,4	92,1	91,1	88,5	84,9	85,9	87,4	87,9	91,0	90,4	91,9	92,4	95,7	99,2	94,8	90,8	91,5	89,3	87,5	85,0	86,5	83,7	80,8	79,1	78,2
X31	a	46,0	48,7	40,0	30,7	57,4	55,0	40,7	43,0	38,0	29,1	24,8	20,1	20,0	5,4	29,2	47,3	56,4	50,3	54,5	57,5	37,8	21,7	34,6	44,1	42,0	35,7	38,3
	b	83,1	82,8	84,2	85,9	81,6	80,5	81,6	81,5	83,7	84,8	86,2	87,9	89,9	92,7	89,6	91,5	90,5	87,4	85,8	83,7	82,9	83,4	80,8	79,1	77,7	77,2	77,1
X40	a	54,5	57,1	46,4	13,7	33,0	53,8	47,7	44,0	41,1	27,8	39,9	42,6	27,6	18,2	14,7	15,4	26,8	36,7	39,8	55,1	47,4	44,7	36,5	40,3	36,8	42,2	35,5
	b	79,9	79,5	82,7	90,3	85,5	82,1	81,0	80,7	82,5	87,0	88,2	87,7	89,9	90,2	91,9	95,3	95,1	90,6	90,1	87,2	84,1	80,8	80,2	78,1	77,3	74,8	75,2
X50	a	35,6	39,0	36,7	27,6	32,7	37,1	30,9	30,4	27,3	25,0	22,3	18,5	15,2	16,9	18,4	21,2	35,1	36,3	35,0	44,0	37,3	27,1	20,1	22,0	26,3	28,7	29,5
	b	83,7	83,7	84,4	87,5	85,1	82,9	82,3	81,7	83,7	85,1	86,1	88,4	90,1	89,7	91,5	94,5	91,5	88,5	87,9	86,8	85,4	84,5	84,3	82,8	80,1	78,0	77,3
X60	a	30,7	21,7	28,1	45,2	21,5	16,6	22,1	20,8	19,2	19,7	15,6	8,6	0,0	9,9	39,3	49,8	44,5	52,6	58,7	46,5	37,9	27,8	25,1	21,9	27,4	32,0	32,9
	b	83,3	84,1	83,5	87,2	84,3	82,3	81,3	83,1	83,7	84,8	86,9	87,9	87,5	89,8	92,3	89,7	85,5	84,3	81,8	79,2	77,5	79,1	77,2	77,0	74,8	75,2	
X74	a	43,5	58,2	57,1	16,6	41,1	60,1	43,0	49,2	50,2	39,9	41,4	44,0	20,8	29,8	36,9	31,3	38,8	40,6	38,5	68,8	54,6	51,0	26,7	41,3	39,5	46,6	40,5
	b	82,6	80,8	81,4	89,2	82,8	78,9	81,1	78,8	79,4	82,4	83,2	84,5	90,6	89,1	90,8	95,2	95,0	90,8	90,8	85,6	83,8	80,1	81,7	78,2	77,9	74,7	75,9
Y31	a	39,2	25,7	26,6	22,1	19,3	41,2	52,1	26,9	25,0	25,1	28,9	46,9	43,7	43,5	37,9	59,6	41,5	28,9	39,1	38,1	28,0	29,6	14,1	33,2	28,8	33,4	26,7
	b	84,5	87,0	89,3	89,8	88,1	87,8	87,7	88,3	87,6	88,5	89,5	89,9	91,3	91,8	92,8	95,2	95,4	93,8	93,0	93,0	89,8	85,7	85,6	83,5	82,4	79,0	79,3
ER1	a	39,5	40,9	39,0	31,2	39,8	43,4	35,8	35,0	31,5	29,4	28,5	24,1	17,9	14,5	26,3	32,5	44,2	46,0	48,2	57,2	46,1	33,8	30,4	33,7	34,2	34,1	33,8
	b	80,2	80,4	81,1	83,8	80,4	78,9	78,8	78,6	80,5	81,7	83,0	84,9	86,6	87,3	87,0	89,2	89,2	87,6	84,1	82,8	81,0	79,5	78,7	78,0	76,2	75,0	73,4
GT	a	20,8	28,2	26,3	32,2	19,8	9,0	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	28,9	34,3	37,7	47,6	49,8	46,1	32,5	25,5	26,2	24,4	25,9	24,2	23,9
	b	86,9	87,5	87,3	86,7	85,0	84,7	83,9	84,1	85,8	87,7	91,3	94,6	97,6	102,1	105,1	106,4	105,6	103,0	104,2	101,9	98,4	95,7	93,5	90,9	88,8	86,8	85,1
GTK	a	20,8	28,2	26,3	32,2	19,8	9,0	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	28,9	34,3	37,7	47,6	49,8	46,1	32,5	25,5	26,2	24,4	25,9	24,2	23,9
	b	86,9	87,5	87,3	86,7	85,0	84,7	83,9	84,1	85,8	87,7	91,3	94,6	97,6	102,1	105,1	106,4	105,6	103,0	104,2	101,9	98,4	95,7	93,5	90,9	88,8	86,8	85,1
PT	a	18	18	18	19	19	16,3	12	9,3	9,3	11,5	11,5	8,2	0,6	-2,7	2,3	10,9	15,9	19,3	23,9	27,2	23,9	16,8	13,4	15	15	15	15
	b	90	90	90	89,9	89,9	90,2	90,2	90,5	92,2	94,4	96,1	97,1	98,1	99,1	99,8	100,8	101,5	100,8	99,9	99,3	97,6	95,8	94,1	90,8	85,9	82,6	82,6