

MAXIMALNIVÅ VÄGTRAFIK

Mätning av maximalnivåns spridning för underlag till bullerberäkningar.

SAMMANFATTNING

Standardavvikelser för maximalnivå från vägtrafik har mätts upp för Nord2000:s fordonskategorier 1, 2 och 3. Standardavvikelserna behövs som underlag vid beräkning av n:te högsta maximalnivå från vägtrafik.

Andreas Gustafson, VTI
Anders Genell, VTI

2024-05-20

Förord

Mätningarna har gjorts inom projektet Kunskapscentrum om buller. Projektet leds av VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut på uppdrag av Naturvårdsverket, Trafikverket och Transportstyrelsen.

Göteborg, 20 maj 2024

Andreas Gustafson, VTI

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	2
2	Teori.....	3
3	Metod	4
3.1	Underlag för hastighetsspridning.....	5
4	Mätplatser	6
4.1	Mätutrustning	7
5	Resultat.....	7
5.1	Standardavvikelser för maximal ljudnivå	7
5.2	Jämförelse med standardavvikelserna i Nord96.....	8
6	Referenser	9
Bilaga 1.	Kompletterande information om mätplatserna.....	10
B1.1.	Mätplatsen i Viared	10
B1.2.	Mätplatsen vid Säve	12
B1.3.	Mätplatsen vid Tofta	14
Bilaga 2.	Uppmätt hastighetsberoende	17
Bilaga 3.	Separata standardavvikelser för fordon respektive hastighetsfördelning.....	18
B3.1.	Standardavvikelse som enbart beror på tekniska skillnader mellan fordon.....	18
B3.2.	Standardavvikelse som enbart beror på hastighetsspridning.....	19

1 Bakgrund

I Nord2000 [1] och Nord96 [2] hanteras maximalnivåer från vägfordon som statistiskt normalfördelade kring en medelmaximalnivå. Upplägget gör det möjligt att beräkna exempelvis den sjätte bullrigaste maximalnivån under en viss tidsperiod.

Nord96 anger hastighetsberoende standardavvikelser för två fordonskategorier, lätta och tunga fordon. Eftersom Nord2000 delar upp de tunga fordonen i två kategorier, medeltunga och tunga fordon, finns det ett behov av uppdaterade standardavvikelser. Även den tekniska utvecklingen hos vägfordon sedan 1990-talet motiverar en ny inmätning.

2 Teori

En mångfald av faktorer bidrar till att ljudemissionen blir olika vid olika enskilda passager av fordon inom samma fordonskategori. De kan delas in i följande undergrupper:

- Fordon: tekniska skillnader mellan olika fordonsindivider gör att de alstrar olika mycket ljud – olika bilfabrikat och -modell, motoralternativ, antal axlar, däcktyp och -slitage, avgassystem, fordonens skick, bruttovikt inklusive last, med mera.
- Hastighet: fordonen kör olika fort på samma vägsträcka vilket i sig ger skillnader i ljudalstring (alla kör inte exakt så fort som hastighetsbegränsningen anger).
- Acceleration: fordonen framförs i jämn fart eller med acceleration/retardation: $\sigma_{\text{acceleration}}$
- Vägyta: variationer i vägytan kan ge skillnader i alstrat rullbuller, trots samma specifikation (till exempel ABS 16).
- Avstånd: fordonens placering i sidled i respektive fil varierar, vilket innebär att avståndet från fordon till en mät- eller beräkningspunkt varierar.
- Väder: väderberoende skillnader som temperatur, våt eller torr vägyta, förekomst av snö eller is.

Ovanstående är faktorer som kan leda till att ljudnivån från samma vägsträcka varierar vid en fordonspassage. Antar vi att samtliga faktorer har normalfördelade fördelningsfunktioner kan maximalnivåns totala standardavvikelse av ovan nämnda delbidrag beräknas som:

$$\sigma_{L_{\text{max,tot}}} = \sqrt{\sigma_{L_{\text{max,fordon}}}^2 + \sigma_{L_{\text{max,hastighet}}}^2 + \sigma_{L_{\text{max,acceleration}}}^2 + \sigma_{L_{\text{max,vägyta}}}^2 + \sigma_{L_{\text{max,avstånd}}}^2 + \sigma_{L_{\text{max,väder}}}^2} \quad (1)$$

Då samma ljudeffektnivåer används för att beräkna ekvivalentnivå och maximalnivå i Nord2000, kan man anta att de accelerationskorrektioner som anges för fordonskategori 1–3 i Nord2000 stämmer tämligen väl även för maximalnivå. För ett par enkla fall anger Nord2000 schabloner för hur accelerationseffekter kan hanteras, dock saknas en beskrivning om hur accelerationseffekter bör vägas in i det generella fallet. Eftersom accelerationseffekter hanteras med korrektioner bör de inte ingå i standardavvikelsen för maximalnivå. Utredningen har inte omfattat inverkan av acceleration och mätningarna innehåller inga accelererande eller avstannande fordon.

Variationer hos vägytan kan ge upphov till skillnader i alstrat buller även om vägytespecifikationen är densamma. Erfarenheten från CPX-mätningar¹ på svenska vägar visar att sådana variationer är små inom samma väg, typiskt $\sigma = 0,3$ dB. Även variationen mellan olika svenska vägar har funnits vara liten, för ABS 16 typiskt $\sigma \leq 0,6$ dB [4]. Därutöver kan lokala felaktigheter hos vägytan bidra, såsom trasig eller lagad beläggning, glappande brunnslock etc, men sådana aspekter har inte ingått i utredningen, utan eventuella variationer bedöms förekomma mellan olika vägvägsnitt.

För att minimera påverkan från variationer mellan olika vägvägsnitt valdes mätplatser med samma vägbeläggning (ABS 16), samtliga i gott skick och med ålder 2–6 år. Eventuella kvarstående skillnader mellan de valda mätplatsernas vägbeläggningar bör inte ha någon signifikant påverkan på uppmätt standardavvikelse per mätplats. Skillnader kan påverka regressionsanalysen av maximalnivåernas hastighetsberoende vilket i sin tur kan ha viss påverkan på standardavvikelsens hastighetsberoende, men sådana bidrag har bedömts vara försumbara.

¹ Close proximity, EN ISO 11819-2, metod för mätning av bulleremission med en täckt fordonsdragen mätvagn, där mikrofoner mäter nära kontaktytan mellan däck och vägbana.

De små variationer i avstånd som beror på att olika fordon inte har exakt samma placering i sidled i respektive fil bedöms ha en försumbar inverkan på den totala standardavvikelsen.

Beräkning med Nord2000 i svenska utredningar ska normalt göras för ett referensväder [3] och därmed faller den väderberoende spridningen hos maxnivån bort vid beräkningar. Väderförhållandena vid de mätningar som redovisas i denna rapport var nära detta referensväder och de variationer som förekom bedöms inte bidra annat än i försumbar grad till den uppmätta standardavvikelsen.

Variation av ljudeffektnivå mellan olika fordon, utöver vad som hanteras med fordonskategorier, ingår i maximalnivåns standardavvikelse vid beräkningar. Även den spridning som beror på olika antal axlar hos fordonskategori 3 ingår i standardavvikelsen. Som indata till beräkning av maximalnivå används därför medelvärdet av antalet axlar hos fordonskategori 3 i det aktuella trafikflödet².

Vid beräkning av maximalnivå anges endast en hastighet per vägsträcka, ofta används den skyltade hastigheten. I verkligheten har inte alla fordon samma hastighet utan det finns en viss variation som kan beskrivas med en standardavvikelse. Hastighets-spridningen kommer att ge ett bidrag till maximalnivåns totala standardavvikelse.

Sammanfattningsvis behöver maximalnivåns standardavvikelse normalt omfatta spridning i bulleremission som beror på tekniska skillnader mellan fordon inom en kategori, samt att fordonen kör med olika hastighet på samma vägsträcka. Maximalnivåns standardavvikelse per fordonskategori kan då skrivas som:

$$\sigma_{Lmax,k,v} = \sqrt{\sigma_{Lmax,k,v,fordon}^2 + \sigma_{Lmax,k,v,hastighet}^2} \quad (2)$$

där

k är fordonskategori 1–5 enligt Nord2000,

v är den hastighet som bullerberäkningen görs för (ofta den skyltade hastigheten)

$\sigma_{Lmax,k,v}$ är maximalnivåns standardavvikelse för fordonskategori k vid hastighet v ,

$\sigma_{Lmax,k,v,fordon}$ är maximalnivåns standardavvikelse som beror av tekniska skillnader mellan fordon inom fordonskategori k vid hastighet v , och

$\sigma_{Lmax,k,v,hastighet}$ är maximalnivåns standardavvikelse som beror av att fordon inom fordonskategori k kör med olika hastigheter vid hastighet v .

3 Metod

Mätdata samlades in med statistiska förbifartsmätningar i enlighet med tillämpliga delar av mätmetoden NT ACOU 109 [5], vid tre mätplatser med olika hastighetsbegränsning. Efter utrensning av mätvärden för passager som var behäftade med ett fel eller en oklarhet återstod mätvärden för totalt 1033 passager (se även Tabell 1).

Maximalnivåernas hastighetsberoende per fordonskategori bestämdes med logaritmisk regression utifrån det insamlade underlaget, se Bilaga 2. Standardavvikelse per fordonskategori och hastighetsbegränsning beräknades relativt den hastighetsberoende medelmaximalnivå som anges av regressionslinjen, se B3.1. Funktioner som beskriver standardavvikelseernas hastighetsberoende bestämdes därefter med exponentiell regression baserat på de framräknade standardavvikelseerna

² Maximalnivåns standardavvikelse för fordonskategori 3 baseras på statistiska förbifartsmätningar av fordon med en blandning av antalet axlar.

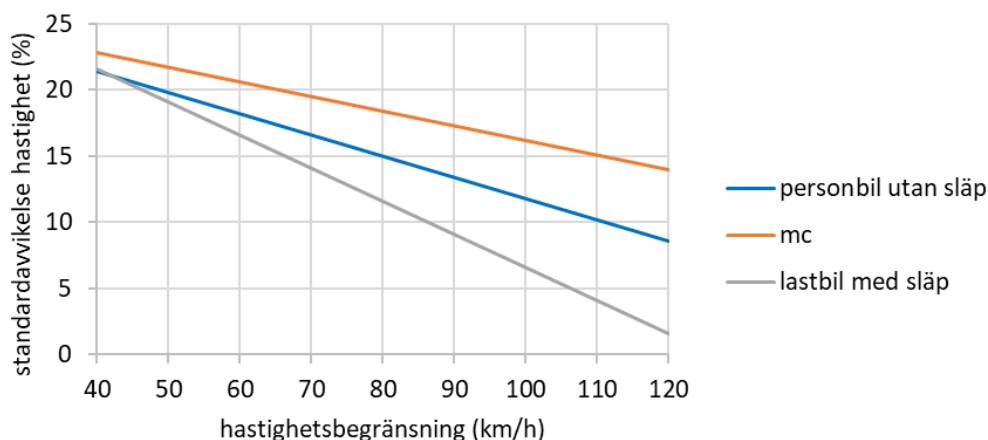
per hastighetsbegränsning och fordonskategori. Detta delresultat svarar mot $\sigma_{L_{\max, \text{fordon}}}$, alltså exklusive bidrag från hastighetsspridning.

Underlag för hastighetsspridning hämtades från [6]. Hastighetsspridningens bidrag till maximalnivåns standardavvikelse bestämdes med källmodellen i Nord2000 [1][7].

Den totala standardavvikelsen beräknades enligt ekvation (2), resultatet redovisas i avsnitt 5.1.

3.1 Underlag för hastighetsspridning

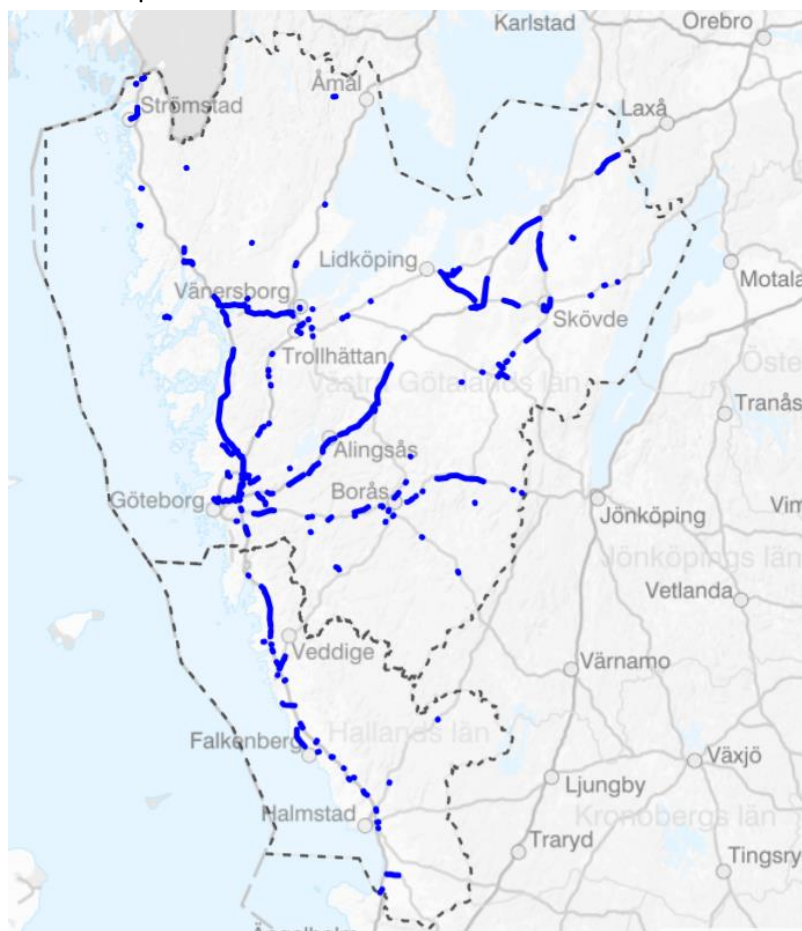
Från [6] hämtades hastighetsfördelningar för personbil utan släp, motorcyklar och lastbilar med släp. Rapporten redovisar data som histogram med resultat för riket som helhet år 2020, uppdelade efter hastighetsbegränsningarna 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 och 120 km/h. Hastighetsfördelningarna vid respektive hastighetsbegränsning räknades om till standardavvikelser, och hastighetsberoenden bestämdes med linjär regression, se Figur 1.



Figur 1. Hastighetsfördelning relativt hastighetsbegränsning. Linjär regression baserad på resultat i [6].

Standardavvikelserna för personbilars och lastbilars hastighetsfördelningar i Figur 1 användes för att beräkna hur mycket ljudemissionen påverkas av hastighetsspridningen. Beräkningarna gjordes med hjälp av källmodellen i Nord2000 [1][7]. Resultaten redovisas i Figur 23 respektive ekvation 9–11. Resultaten för fordonskategori 1 har baserats på underlaget för personbil utan släp och resultatet för fordonskategori 2 och 3 har baserats på underlaget för lastbil med släp.

4 Mätplatser



Figur 2. Exempel på sökresultat i Trafikverkets databas PMSV4, avgränsat till Västra Götaland, Halland och Bohuslän. Använda sökkriterier: ABS 16, ålder högst 9 år, hastighetsgräns minst 40 km/h.

En sökning efter lämpliga mätplatser gjordes med hjälp av Trafikverkets vägdata PMSV4, flygfoton och besök på plats. Följande kriterier låg till grund, som förutom att ge goda förutsättningar för att mäta maximalnivå även syftade till att ligga i linje med de kriterier som användes för att ta fram uppdaterade emissiondata 2015 [7]:

Vägbeläggning bör vara skelettasfalt med maximal stenstorlek 16 mm (ABS 16), i gott skick och mellan 2–9 år gammal. Hastighetsbegränsningen bör vara i intervallet 40 till 110 km/h. Mätplatserna ska ha raka och plana vägvägar. Trafiken bör bestå av fordon ur fordonskategorierna 1–3, med ett trafikflöde som inte är högre än att det möjliggör mätning av enskilda fordonspassager, men som samtidigt ger så många fordonspassager som möjligt; trafikintensiteten får med andra ord inte vara för låg och inte för hög. Det behöver dessutom finnas en lämplig plats för mätutrustning och personal vid sidan av vägen.

Uppgifter om typ av vägbeläggning och dess ålder hämtades från PMSV4 för mätplatserna vid Säve och Tofta. För mätplatsen i Viared hämtades uppgifter om typ av vägbeläggning och dess ålder från Borås stad [8]. Uppgifter om vägbredd och hastighetsbegränsning kommer från NVDB. Uppgift om stigning har skattats från kartunderlag.

De utvalda mätplatserna redovisas i Tabell 1 samt i Bilaga 1.

Mätplats	Viared	Säve	Tofta
Vägnamn/vägnummer	Segloravägen, 1637	Tuvevägen, 570	41
Plats	Viared, Borås	Säve, Göteborg	Tofta, Varberg
Väghållare	Borås stad	Trafikverket	Trafikverket
Beläggning	ABS 16	ABS 16	ABS 16
Beläggningensålder (år)	2	6	5
Vägbredd (m)	8 (4 + 4)	9 (4,5 + 4,5)	13 (5 + 8)
Skyltad hastighet (km/h)	50	70	100
Mätdatum	2023-08-11	2023-08-17	2023-10-18
Lufttemperatur (°C)	14–17	17–20	8–11
Vindhastighet (m/s)	0–3	1–2	1–4
Stigning (%)	0	0	0
Antal passager fordonskategori 1	161	274	251
Antal passager fordonskategori 2	44	35	14
Antal passager fordonskategori 3	89	44	121

Tabell 1. Sammanställning mätplatser.

4.1 Mätutrustning

Använd ljudmätutrustning uppfyller kraven för ljudnivåmätare klass 1 i enlighet med IEC 61672-1:2013 (se Tabell 2). Efterföljande analyser har gjorts med hjälp av GNU Octave och MS Excel.

Utrustning	Modell	Serienummer
Mätmikrofon (nr 1)	Brüel & Kjær 4188	2807261
Förförstärkare (nr 1)	Brüel & Kjær 2671	2889086
Mätmikrofon (nr 2)	Brüel & Kjær 4188	2807362
Förförstärkare (nr 2)	Brüel & Kjær 2671	2889087
Mätsystem	SINUS Apollo LT 4L	11394
Hastighetsradar	S.F.I.M. CAP T208DTX	68
Kontrollenhet för hastighetsradar ³	Brüel & Kjær ZH 0613	1848612-A
Mikrofonkalibratör	Brüel & Kjær 4231	3007794
Vindmätare	Biltema DT-82	200214639
Kamera	Microsoft LifeCam VX-7000	
Måttband	Bacho LBT-30	

Tabell 2. Använd mätutrustning.

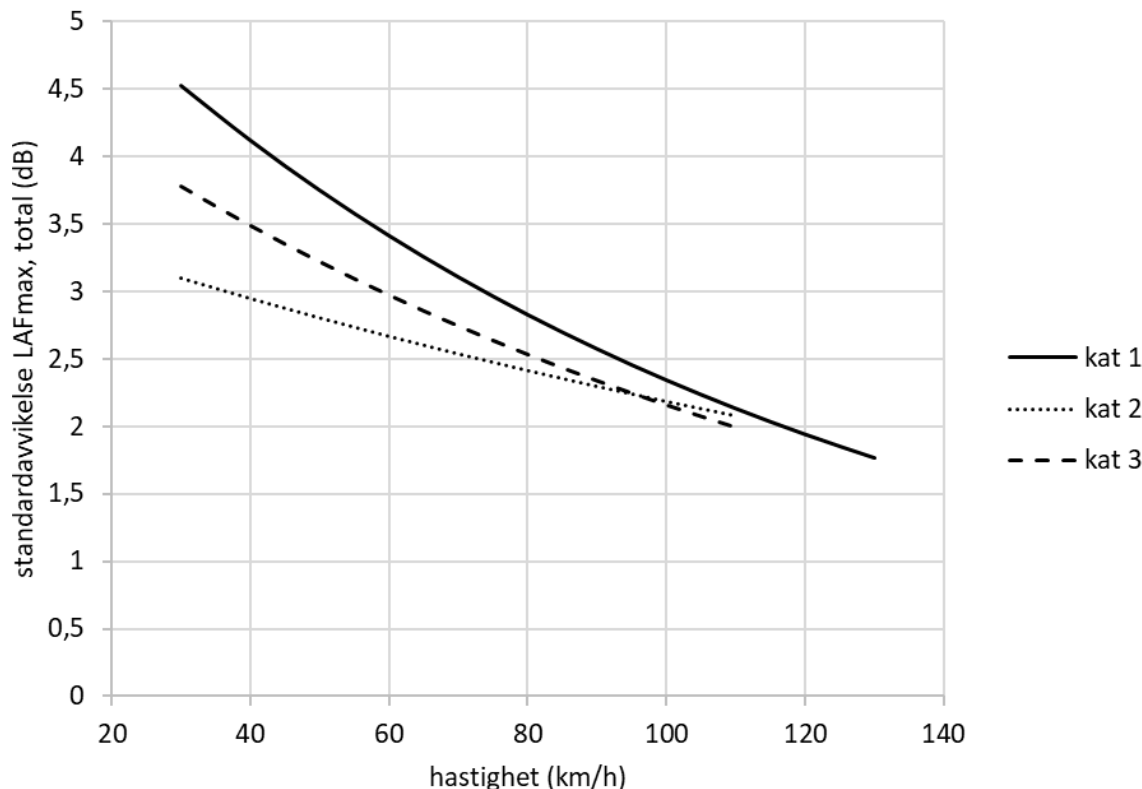
5 Resultat

5.1 Standardavvikelser för maximal ljudnivå

Resulterande standardavvikelser, som normalt bör användas vid beräkning av maximal ljudnivå från vägtrafik för fordonskategori 1–3, redovisas i Figur 3 samt i ekvation (3)–(5). De redovisade standardavvikelserna omfattar spridning i bulleremission som beror på tekniska skillnader mellan fordon inom en kategori, samt att fordonen kör med olika hastighet på samma vägsträcka.

³ Receiver control unit for type 3558 pass-by noise measurement system

I trafiksituationer där hastighetsfördelningen skiljer signifikant från ett normalfall, exempelvis på en sträcka med hastighetskameror, kan annan hastighetsfördelning behöva användas. Funktioner för de separata bidragen från fordon och hastighetsspridning redovisas i Bilaga 3. Lämpligen utgår man från funktionen för fordonets bidrag till standardavvikelsen och adderar ett relevant bidrag från aktuell hastighetsspridning i enlighet med ekvation (2). Vad som är ett relevant bidrag för hastighetsspridningen får bestämmas i varje individuellt fall.



Figur 3. Standardavvikelse för L_{AFmax} fordonskategori 1–3, inklusive hastighetsfördelningar.

$$\sigma_{LAFmax, kat1} = 6,0e^{-0,47v/50}, \quad v = 30\text{--}130 \text{ km/h} \quad (3)$$

$$\sigma_{LAFmax, kat2} = 3,6e^{-0,25v/50}, \quad v = 30\text{--}110 \text{ km/h} \quad (4)$$

$$\sigma_{LAFmax, kat3} = 4,8e^{-0,4v/50}, \quad v = 30\text{--}110 \text{ km/h} \quad (5)$$

Vid hastigheter under 30 km/h ersätts v i ekvation (3)–(5) med 30. Vid hastigheter över 130 km/h ersätts v i ekvation (3) med 130. Vid hastigheter över 110 km/h ersätts v i ekvation (4)–(5) med 110.

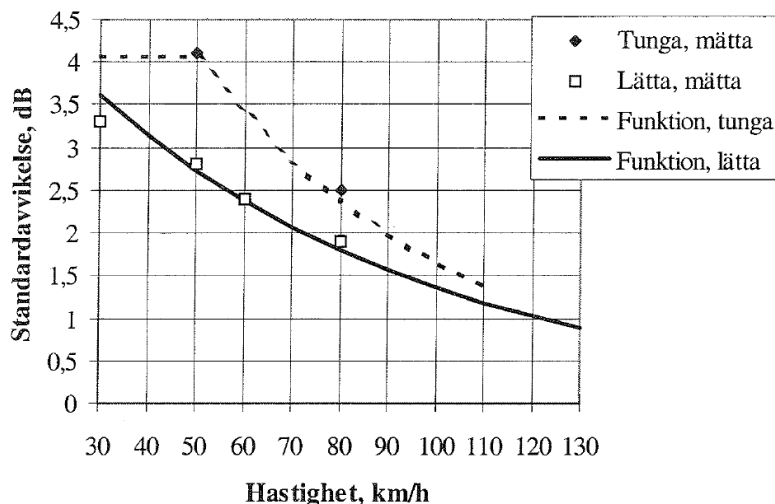
5.2 Jämförelse med standardavvikelserna i Nord96

Standardavvikelserna i avsnitt 5.1 ovan kommer ersätta de äldre standardavvikelserna i Nord96 (se Figur 4). Den uppdaterade standardavvikelsen för lätta fordon är generellt högre än vad de gamla värdena angav. Medeltunga och tunga fordon har däremot numera lite lägre standardavvikelser än förr, utom vid hastigheter över ca 80 km/h där standardavvikelsen är något större än tidigare.

Vid granskning av standardavvikelserna i Nord96 framträder dock att de inte inkluderar någon hastighetsspridning. De nya standardavvikelserna i avsnitt 5.1 ovan redovisar alltså inte exakt samma sak som de i Nord96.

Det är därför intressant att också jämföra Nord96 standardavvikelser med de i bilaga B3.1 som visar den del av standardavvikelsen som beror på tekniska skillnader mellan olika fordon på samma sätt

som standardavvikelse i Nord96 gör. För lätta fordon är skillnaden mellan de gamla värdena och de nya inte särskilt stor, de sprider i stort sett på samma sätt som tidigare. De tunga fordonens maximalnivåer sprider däremot tydligt mindre i de nya mätningarna. En orsak är att Nord96 samlar alla tunga fordon i en fordonskategori, medan Nord2000 delar upp dem i de två kategorierna medeltunga och tunga fordon. Sannolikt bidrar också en striktare reglering av bulleremissionerna till att de nya mätningarna ger lägre standardavvikelser.



Figur 4. Standardavvikelse för L_{AFmax} i Nord96 [2].

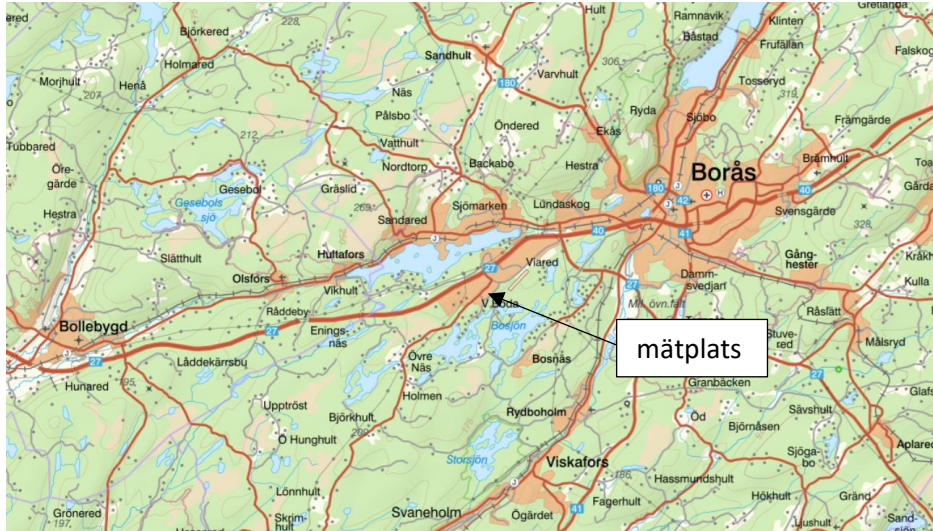
6 Referenser

- [1] H. G. Jonasson, *Acoustic Source Modelling of Nordic Road Vehicles*, SP Rapport 2006:12, 2006.
- [2] *Vägrafikbuller – Nordisk beräkningsmodell*, reviderad 1996. Rapport 4653. Naturvårdsverkets förlag, 1996.
- [3] A. Gustafson, A. Genell, M. Ögren, *NORD2000 – Användarhandledning för beräkning av buller från väg- och spårtrafik för svenskt bruk*, Kunskapscentrum om Buller, 2024.
- [4] Personlig kommunikation med Ulf Sandberg, VTI, 2023-12-18.
- [5] *Vehicles: Determination of immission relevant noise emission (NT ACOU 109)*, Nordtest 2001.
- [6] Å. Greijer, M. Nyfjäll, *Hastighetsundersökning 2020 – Resultatrapport*, version 1.1, publikationsnummer 2020:267, Trafikverket, 2020.
- [7] K. Larsson, H. G. Jonasson, *Uppdaterade beräkningsmodeller för vägrafikbuller*, SP Rapport 2015:72, 2015.
- [8] Personlig kommunikation med Jerker Jagesjö, Tekniska förvaltningen, Borås stad, 2023-07-08.

Bilagor

Bilaga 1. Kompletterande information om mätplatserna

B1.1. Mätplatsen i Viared



Figur 5. Mätplatsens läge i Viared, karta från minkarta.lantmateriet.se.



Figur 6. Mätupställning Viared, vy mot sydväst.



Figur 7. Vägyta vid mätplatsen i Viared.

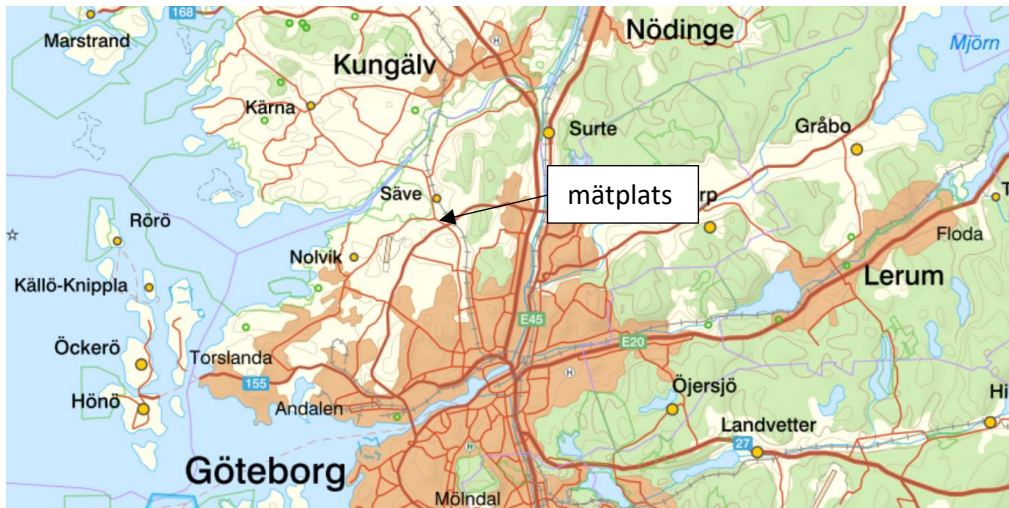
The screenshot shows a GIS application interface. On the left, there is a toolbar with various icons and a search bar labeled 'Sök'. Below the search bar is a button 'Rapportera fel i kartan'. A 'Teckenförklaring' (Legend) window is open. The main map area shows a street layout with 'Segloravägen' and 'Ödegårdsgränd' labeled. A blue location pin is placed on Segloravägen. On the right, a window titled 'Välj vad vill du se i kartan' (Select what you want to see in the map) is open, showing a dropdown menu with 'Välj...' and a search icon. Below this is a table titled 'Utvalda värden i aktuell punkt' (Selected values in current point).

Namn	Värde
Bärighet	BK 4
Gatunamn	Segloravägen
Hastighetsgräns	50
Slitlager	belagd
Vägbredd	8
Väghållare	kommunal
Vägnummer	1637
Vägtrafiknät	bilnät
Route Id	1000:34900
Länkens frändatum	19961206

At the bottom left of the map, there is a scale bar for 100 m and technical information: Skala 1 : 2500, SWEREF99 TM: NS=6396439 ÖV=370400, © Lantmäteriet, Geodatasamverkan.

Figur 8. Uppgifter i NVDB för Segloravägen vid mätplatsen i Viared.

B1.2. Mätplatsen vid Säve



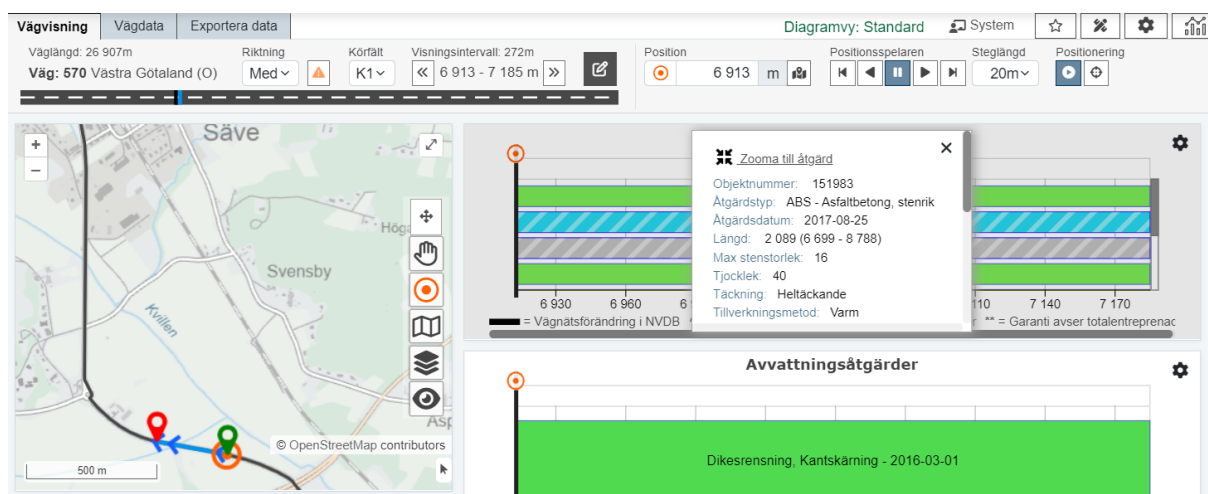
Figur 9. Mätplatsens läge vid Säve, karta från minkarta.lantmateriet.se.



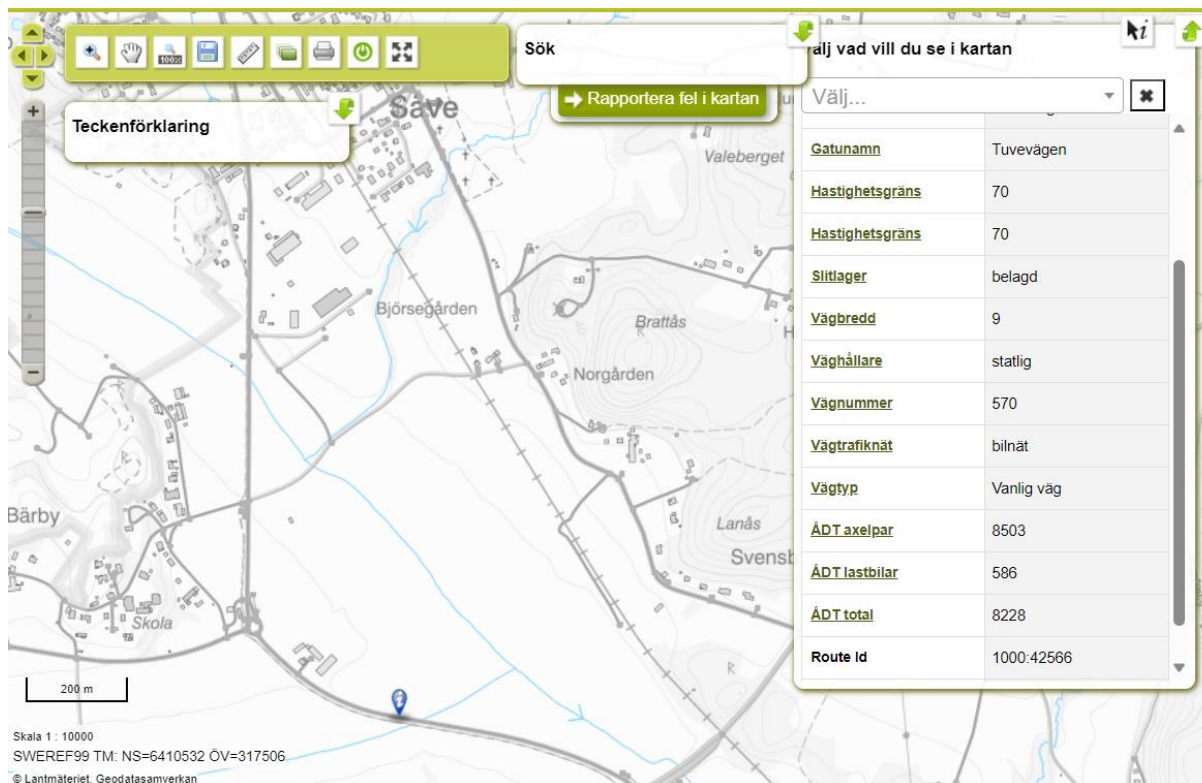
Figur 10. Mätplatsen vid Säve, vy mot öster.



Figur 11. Vägyta vid mätplatsen vid Säve.



Figur 12. Uppgifter i PMSV4 om vägytan vid mätplatsen vid Säve.



Figur 13. Uppgifter i NVDB för Tuvevägen vid mätplatsen vid Sävemåttplatsen.

B1.3. Mätplatsen vid Tofta



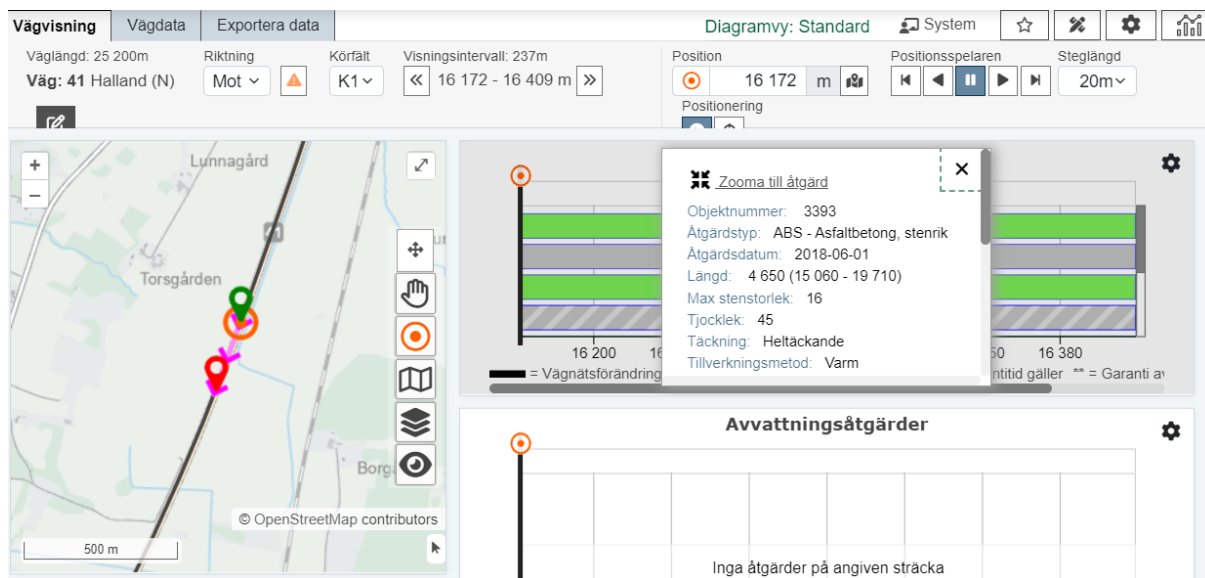
Figur 14. Mätplatsens läge vid Tofta, karta från minkarta.lantmateriet.se.



Figur 15. Mätplatsen vid Tofta (2+1-väg), vy mot sydväst.



Figur 16. Vägyta vid mätplatsen vid Tofta.



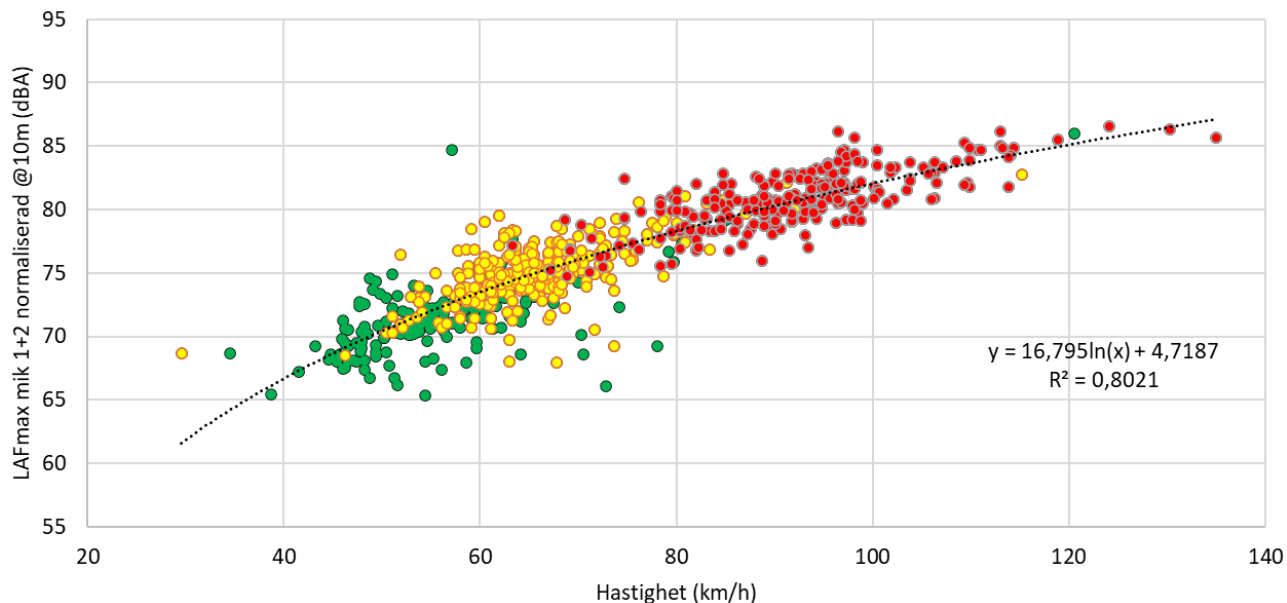
Figur 17. Uppgifter i PMSV4 om vägytan vid mätplatsen vid Tofta.



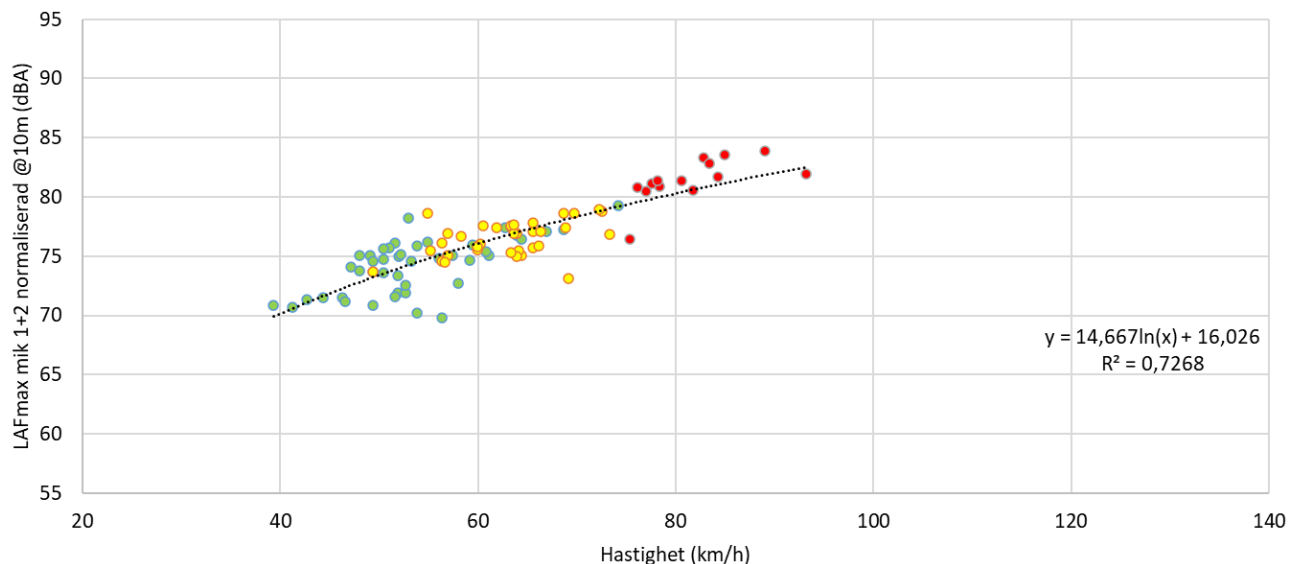
Figur 18. Uppgifter i NVDB för väg 41, västra vägbanan, vid mätplatsen vid Tofta. Den östra vägbanans vägbredd är 5 m.

Bilaga 2. Uppmätt hastighetsberoende

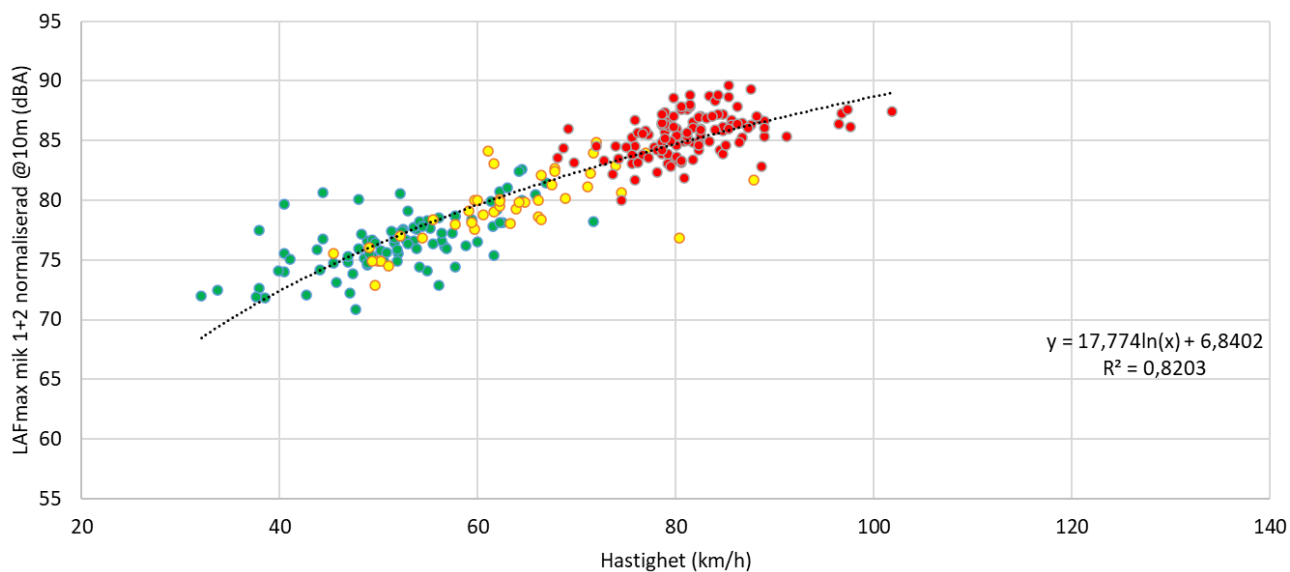
Maximalnivå från samtliga passager som har ingått som underlag till att bestämma standardavvikelse redovisas i Figur 19–Figur 21, där de olika mätplatserna har färgkodats. Maximalnivåernas hastighetsberoende för respektive fordonskategori 1–3 bestämdes med logaritmisk regression. Respektive regressionslinjes funktion redovisas i figurerna.



Figur 19. Fordonskategori 1, hastighetsberoende från mätningarna. Gröna punkter mättes vid Viared (hastighetsbegränsning 50 km/h), gula punkter vid Säve (hastighetsbegränsning 70 km/h) och röda vid Tofta (hastighetsbegränsning 100 km/h).



Figur 20. Fordonskategori 2, hastighetsberoende från mätningarna. Gröna punkter mättes vid Viared (hastighetsbegränsning 50 km/h), gula punkter vid Säve (hastighetsbegränsning 70 km/h) och röda vid Tofta (hastighetsbegränsning 100 km/h).



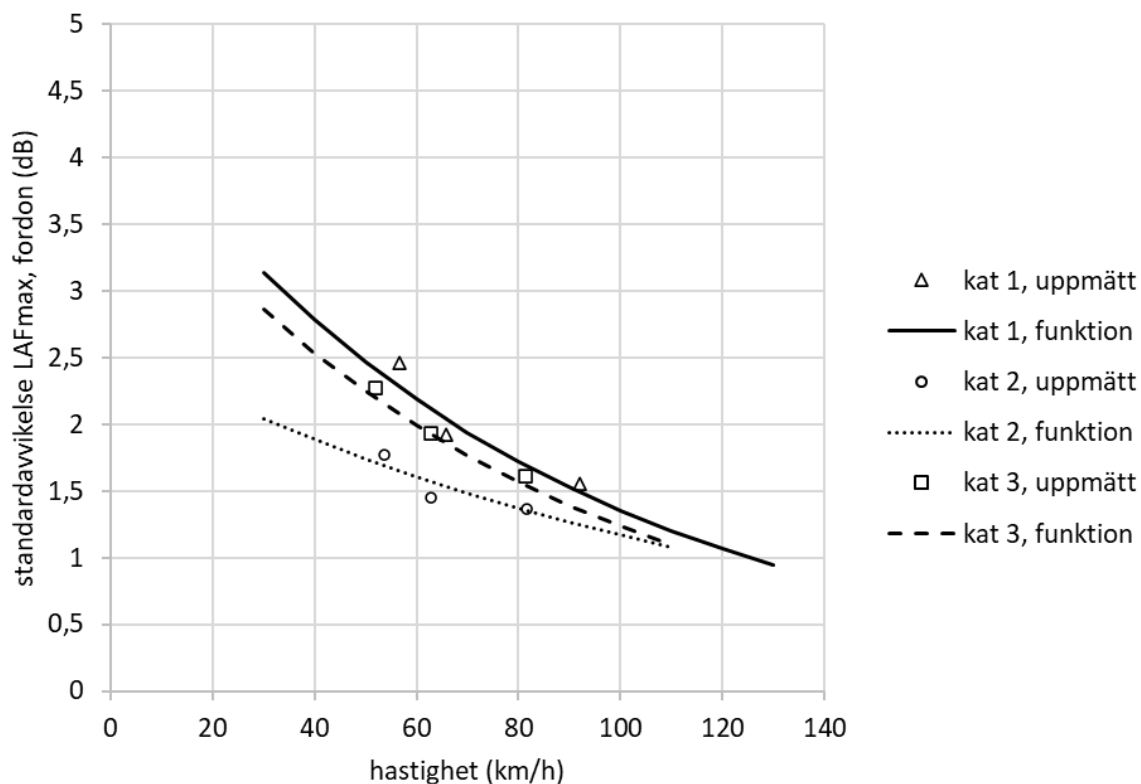
Figur 21. Fordonskategori 3, hastighetsberoende från mätningarna. Gröna punkter mättes vid Viared (hastighetsbegränsning 50 km/h), gula punkter vid Säve (hastighetsbegränsning 70 km/h) och röda vid Tofta (hastighetsbegränsning 100 km/h).

Bilaga 3. Separata standardavvikelser för fordon respektive hastighetsfördelning

B3.1. Standardavvikelse som enbart beror på tekniska skillnader mellan fordon
För varje enskild passage bestämdes skillnaden mellan den uppmätta maximalnivån och medelmaximalnivån som beräknats enligt regressionslinje för maximalnivåernas hastighetsberoende (se 0). Totalt nio standardavvikelser bestämdes därefter utifrån de framräknade skillnaderna (uppmätt minus regressionslinje) – en standardavvikelse för varje hastighetsbegränsning och fordonskategori (markerade med cirklar, trianglar och fyrkanter i Figur 22). Dessa framräknade standardavvikelser beror av tekniska skillnader mellan fordonen men inte av hastighetsvidningen.

Därefter bestämdes med regressionsanalys per fordonskategori funktioner som gör det möjligt att beräkna standardavvikelse för godtycklig hastighet.

Resultaten redovisas i Figur 22 samt i ekvation (6)–(8).



Figur 22. Uppmätta standardavvikelser relativt hastighet $\sigma_{LAFmax,fordon}$, exklusive hastighetsvariationer. Trianglar, cirklar och fyrkanter redovisar uppmätt standardavvikelse relativt medelhastighet vid respektive hastighetsbegränsning (= per mätplats), exklusive hastighetsvariationer. Regressionslinjernas ekvationer anges nedan.

$$\sigma_{LAFmax,fordon,kat1} = 4,5e^{-0,6v/50} \quad (6)$$

$$\sigma_{LAFmax,fordon,kat2} = 2,6e^{-0,4v/50} \quad (7)$$

$$\sigma_{LAFmax,fordon,kat3} = 4,1e^{-0,6v/50} \quad (8)$$

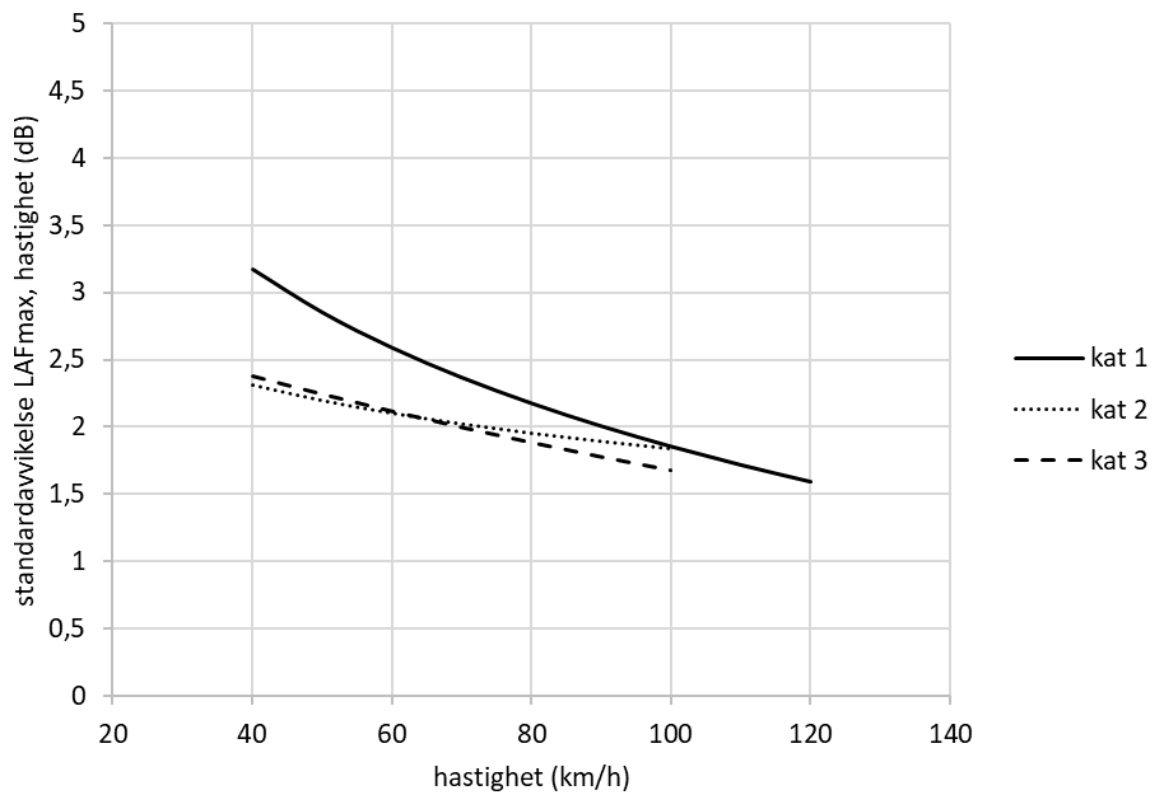
Vid hastigheter under 30 km/h ersätts v i ekvation (6)–(8) med 30. Vid hastigheter över 130 km/h ersätts v i ekvation (6) med 130. Vid hastigheter över 110 km/h ersätts v i ekvation (7) och (8) med 110.

B3.2. Standardavvikelse som enbart beror på hastighetsspridning

Underlaget i Figur 1 användes för att bestämma hur stor standardavvikelse uttryckt i ljudeffektnivå som hastighetsspridningen hos respektive kategori motsvarar. Beräkning av ljudeffektnivå gjordes med källmodellen i Nord2000 [1][5]. Till fordonskategori 1 användes underlaget för personbil utan släp och till fordonskategori 2 och 3 användes underlaget för lastbil med släp.

Ljudeffektnivåns standardavvikelse är i strikt mening inte samma sak som medelmaximalnivåns standardavvikelse. Ljudeffektnivå är ett energimedelvärde medan medelmaximalnivå är ett aritmetiskt medelvärde och de förhåller sig till varandra som ekvation 2.13 i [1]. Påverkan på den beräknade standardavvikelsen bedöms dock vara försumbar.

Resultaten redovisas i Figur 23 samt i ekvation (9)–(11).



Figur 23. Standardavvikelse för fordonskategori 1–3 som enbart beror av hastighetsfördelningar enligt Figur 1.

$$\sigma_{LAFmax,hastighet,kat1} = -3,3 \log_{10} \left(\frac{v}{50} \right) + 2,85 \quad (9)$$

$$\sigma_{LAFmax,hastighet,kat2} = -1,2 \log_{10} \left(\frac{v}{50} \right) + 2,2 \quad (10)$$

$$\sigma_{LAFmax,hastighet,kat3} = 3,0e^{-0,29v/50} \quad (11)$$

Vid hastigheter under 30 km/h ersätts v i ekvation (9)–(11) med 30. Vid hastigheter över 130 km/h ersätts v i ekvation (9) med 130. Vid hastigheter över 110 km/h ersätts v i ekvation (10) och (11) med 110.