

NORD2000

Användarhandledning för beräkning av buller
från väg- och spårtrafik för svenskt bruk

SAMMANFATTNING

Rapporten innehåller metodstöd för beräkning av buller från väg- och spårtrafik med Nord2000 för svenskt bruk.

Andreas Gustafson, VTI

Anders Genell, VTI

Mikael Ögren, Sahlgrenska Universitetssjukhuset

Version 1.0

2024-05-08

Förord

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

Göteborg, 8 maj 2024

Andreas Gustafson, VTI

Innehållsförteckning

1	Bakgrund och syfte	3
2	Referensväder, referenstrafik och riktvärden	4
3	Markytans egenskaper	5
3.1	Impedansklass	5
3.2	Ytråhet	6
4	Vägtrafik	7
4.1	Svenska emissionsdata	7
4.2	Fördelning per fordonskategori och över dygn	7
4.2.1	Trafikverkets uppgifter	8
4.2.2	Skattning med schabloner	8
4.2.3	Dygnsfördelning	9
4.2.4	Identifiering av trafikfall	10
4.3	Maximalnivå	10
4.4	Vägyta	11
4.5	Hastighet	12
4.5.1	Skyltad hastighet	12
4.5.2	Verklig hastighet	12
4.6	Korsningar och rondeller	12
5	Spårtrafik	13
5.1	Svenska emissionsdata	13
5.2	Trafikmängd, hastighet	13
5.3	Korrekationer för växlar m m	13
5.4	Korrektion för ytråhet hos räl och hjul	14
5.4.1	Mätning av korrektion för ytråhet hos räl	14
5.5	Maximalnivå	15
6	Ljudutstrålning från tunnelöppning	15
7	Redovisning av underlag och beräkningsparametrar	16
8	Revisionshistorik	16
9	Referenser	17
Bilaga 1.	Markytans egenskaper	19
B1.1.	Impedansklass för porös vägbeläggning	19
B1.2.	Nationella Marktäckedata	19
B1.3.	Markens ytråhet	20
Bilaga 2.	Vägtrafik	22
B2.1.	Fordonskategorier	22
B2.2.	Översättning av fordonsklasser i Tindra till kategorier i Nord2000	22
B2.3.	Skattning med stöd av ÅDT total, ÅDT lastbilar, ÅDT axelpar	23
B2.4.	Svenska emissionsdata (fordon med förbränningsmotor)	24
B2.5.	Approximativa svenska emissionsdata för elfordon	25

Fordonskategori 1 med eldrift.....	25
Fordonskategori 2 med eldrift.....	25
Fordonskategori 3 med eldrift.....	25
B2.6. Maximalnivå	26
B2.7. Vägytekorrektioner	26
Översätta vägytekorrektioner från Nord96.....	28
Vägytekorrektioner för porösa vägytor.....	28
B2.8. Vägtemperatur	28
B2.9. Dubbdäck.....	29
B2.10. Våt vägyta.....	29
B2.11. Vägytans ålder	30
Täta vägbeläggningar	30
Porösa vägytor.....	30
Bilaga 3. Spårtrafik	31
B3.1. Emissionsdata.....	31
B3.2. Stationer	32
Bilaga 4. Statistisk spridningsmodell.....	32
Bilaga 5. Typfallsprogramvara.....	33
Bilaga 6. Road traffic, notations on calculating $L_{max,n^{th}}$ in Sweden (Appendix 6).....	35
B6.1. Background: Swedish guidelines for maximum level from road and rail traffic	35
B6.2. Calculation of L_{max} for a normally distributed road traffic flow	36
B6.3. Calculation of L_{max} from road traffic adapted to Swedish regulations.....	38
B6.4. Probit function precalculated values.....	39

1 Bakgrund och syfte

Den gemensamma nordiska beräkningsmetoden Nord2000 publicerades 2001 och har därefter successivt utvecklats vidare [1]. Metoden är noggrannare och har stöd för mer detaljerade och delvis annorlunda indata än föregångarna Nord96 väg och Nord96 spår, vilket ökar möjligheterna att bygga upp verklighetstroga modeller och beräkna realistiska ljudnivåer. Samtidigt behöver fler val göras under modelleringsarbetet.

Kunskapscentrum om buller har fått i uppdrag att utarbeta denna användarhandledning för att säkerställa att beräkningarna ger så rättvisande resultat som möjligt. Syftet är att den ska utgöra en gemensam grund för val av förutsättningar vid svenska bullerberäkningar med Nord2000, vilket förenklar arbetet och sörjer för att resultaten av beräkningar från alla användare blir så lika som möjligt. Beräkningarna ska normalt göras för en vädersituation som efterliknar Nord96 och för samma referenstrafigsituation som tidigare, se avsnitt 2.

Målgruppen är användare av Nord2000.

För att använda beräkningsmetoden är det nödvändigt att ha tillgång till ett beräkningsprogram, det går inte längre att göra handberäkningar med nomogram på samma sätt som med Nord96 väg och Nord96 spår. En gratis typfallsprogramvara presenteras i Bilaga 5.

2 Referensväder, referenstrafik och riktvärden

Svenska riktvärden för dygnsekvivalent och maximal ljudnivå från väg- och spårtrafik ska i normalfallet jämföras mot ljudnivåer som beräknats för ett referensväder motsvarande det i Nord96 väg respektive Nord96 spår [14][15], med svagt gynnsam ljudutbredning i alla riktningar¹.

Vidare förutsätts i normalfallet lufttemperatur 15 °C och torr barmark, och för vägar torr vägbanan och inga dubbdäck. Både väg- och spårtrafikbuller beräknas normalt för en trafiksituation som motsvarar ett årsmedeldygn (ÅDT).

Såvida inte beräkningen specifikt avser en nylagd vägbeläggning väljs vägbanans ålder till ≥ 2 år.

I normalfallet används följande inställningar som simulerar de referensväder som ingår i Nord96 väg och spår [3] [4] [16]:

$$z_0 = 0,025 \text{ m}$$

$A = 0,25$ (används vid vägtrafikberäkningar, motsvarar vindhastighet 1,5 m/s @ 10 m över mark)

$A = 0,5^2$ (används vid spårtrafikberäkningar, motsvarar vindhastighet 3,0 m/s @ 10 m över mark)

$B = 0$ (motsvarar temperaturgradient 0 °C/m)

$t = 15 \text{ °C}$ (ger ljudhastighet $C = 340 \text{ m/s}$)

$RH = 70 \%$

$$C_v^2 = 0,12 \text{ m}^4/\text{s}^2$$

$$C_T^2 = 0,008 \text{ K}^2/\text{m}^2/3$$

$\sigma_w = 0,5 \text{ m/s}$

$$\sigma_{dt/dz} = 0$$

där z_0 är markens (aerodynamiska) grovhetslängd, A är koefficient för den logaritmiska delen av ljudhastighetsprofilen, B , som beror av temperaturgradienten, är koefficient för den linjära delen av ljudhastighetsprofilen, t är lufttemperatur vid marknivå, RH är relativ luftfuktighet, C_v^2 och C_T^2 är turbulensparametrar för vind respektive temperatur, och σ_w respektive $\sigma_{dt/dz}$ är standardavvikelse för vind respektive temperaturgradient.

För beräkning av luftabsorption över hela landet rekommenderas utöver ovanstående värden på lufttemperatur och relativ luftfuktighet även lufttryck $p = 1013 \text{ hPa}$.

¹ Se [9] del 2, avsnitt 1. Nord2000 kan beräkna ljudutbredning för olika väderförhållanden. På sikt kan det bli aktuellt att gå över till att använda verkliga väderdata, exempelvis ifall svenska riktvärden kommer anges med ett ljudmått som representerar ett sant årsmedelvärde (som L_{den} och L_{night}).

² Värdet kommer eventuellt att justeras under 2024.

3 Markytans egenskaper

Nord2000 beskriver markytans egenskaper med dess akustiska impedans och ytråhet vilka är kopplade till mätbara storheter. I de äldre nordiska beräkningsmetoderna har marken ett av två³ tillstånd, den är antingen hård (asfalt, betong, vatten och liknande) eller mjuk/porös (gräsmattor, skog etc) och det saknas en mätbar definition om var gränsen mellan dem går⁴.

3.1 Impedansklass

Nord2000 utgår från markytans *strömningsmotstånd* för att bestämma dess akustiska impedans⁵ som i sin tur används för att beräkna markeffekten⁶. Markimpedansen väljs från åtta *impedansklasser A–H* som svarar mot olika markförhållanden enligt Tabell 1. I dagsläget finns ingen dataprodukt med markimpedans, underlag till beräkningar tas vanligen fram utifrån Tabell 1 med stöd av flygbilder och fastighetskarta. Är det oklart vilken av flera impedansklasser som är mest korrekt väljs den klass som ger högst ljudnivå (tätare mark ger normalt högre ljudnivå).

Det går också att mäta upp markimpedansen vilket kan vara aktuellt i särskilda fall [5].

Impedansklass	Representativt strömningsmotstånd σ (kPas/m ²)	Motsvarande Nordtest-klasser [4]	Beskrivning
A	12,5	10, 16	Mycket mjuk (snö eller mossliknande)
B	31,5	25, 40	Mjuk skogsbotten (kort, tät, ljunglik eller tjock mossa)
C	80	63, 100	Okomprimerad, lös mark (gräs, lös jord)
D	200	160, 250	Normal okomprimerad mark (skogsbotten, ängsmark), järnvägsspår på ballast
E	500	400, 630	Komprimerade fält och grus (komprimerade gräsmattor, parkområden)
F	2 000	2 000	Komprimerad, tät mark (grusväg, p-plats av grus, vägyta enligt ISO 10844), dränasfalt
G	20 000	20 000	Hård yta (normal belagd väg, ballastfria spår)
H	200 000		Mycket hård och tät yta (tät asfalt, betong, vatten)

Tabell 1. Klassificering av marktyp i Nord2000 [3][4][6].

Markytans egenskaper ska normalt avse en situation med referensväder enligt avsnitt 2 (torr barmark).

³ I Nord96 spår och dess förlaga, den nordiska industribullermetoden [2], går det också att ange hur stor andel av marken som är mjuk och då antas resten av marken vara hård.

⁴ Jämfört med beskrivningarna i Tabell 1 motsvarar hård mark ungefär impedansklass F–H, medan övriga impedansklasser därmed svarar mot mjuk mark.

⁵ Nord2000 beräknar den akustiska impedansen från markens strömningsmotstånd med Delany och Bazleys impedansmodell för absorber. Modellen fungerar mindre bra i vissa specialfall, som exempelvis dränasfalt, snö på hård mark eller vid mycket låga frekvenser.

⁶ Effekt av samverkan mellan direktljud och markreflekterat ljud. Inparametrar är aktuell geometri, markens impedans och ytråhet, samt refraktion och turbulens.

För vägar med dränasfalt vars absorberande funktion kommer upprätthållas över tid kan impedansklass F^7 användas för vägytan. I annat fall bör utgångspunkten vara att använda klass G eftersom strömningsmotståndet ökar när porerna med tiden sätts igen. Se även bilaga B1.1.

Fastighetskartans ytskikt för markslag kan översättas till impedansklass enligt Tabell 2. Överensstämmelsen med verklig markimpedans blir dock inte alltid bra, varför översättningen normalt bör granskas mot flygbilder samt baskarta eller motsvarande, och vid behov justeras och kompletteras enligt Tabell 1⁸.

Två exempel på förenklad bearbetning är att begränsa bedömningen till att skilja mellan *mjuk* och *hård* mark representerade av klass D och G, respektive att använda den översatta Fastighetskartan utan granskning/justering mot flygbilder. Båda förenklingarna kan medföra lägre noggrannhet.

Fastighetskartan, ytskikt			Nord2000
Skikttnamn	Detaljtypskod	Namn	Impedansklass
MY	VATTEN	Vatten (sjöar och större vattendrag)	H
MY	BEBYGG	Bebyggelse, ospecificerad	E
MY	BEBLÅG	Låg bebyggelse	E
MY	BEBHÖG	Hög bebyggelse	G
MY	BEBSLUT	Sluten bebyggelse	G
MY	BEBIND	Industriområde	G
MY	ODLÅKER	Åker	D
MY	ODLFRUKT	Fruktodling/fröplantage	D
MY	ODLEJÅK	Ej brukad åker	E
MY	ÖPMARK	Annan öppen mark	E
MY	ÖPKFJÄLL	Kalfjäll	C
MY	ÖPGLAC	Glaciär	B
MY	SKOGBARR	Barr- och blandskog	C
MY	SKOGLÖV	Lövskog	B
MY	SKOGBBJ	Fjällbjörkskog	C
MY	MRKO	Ej karterat område	E
MY	MKKÖVR	Övrig mark, oklassificerad	E
MY	ÖPTORG	Torg	F
MY	OSPEC	Ospecificerad yta, ofta kod på felaktig yta	E
MS	SANK	Sankmark	E
MS	SANKSVÅ	Sankmark svårframkomlig	F
MS	SANKBLE	Sankmark blekvät	F

Tabell 2. Impedansklass för olika typer av markslag i Fastighetskartans ytskikt MY (heltäckande markdata) och MS (sankmark) [9][10]. Notera att översättningen inte alltid resulterar i korrekt markimpedans för en plats⁸.

3.2 Ytråhet

Markens *ytråhet* sätts normalt till 0 m (klass N). Se Bilaga 1 för mer information.

⁷ Impedansmodellen i Nord2000 fungerar inte bra för porösa vägytor, att använda impedansklass F är kompromiss, se [6].

⁸ Exempelvis i bebyggd miljö där markegenskaperna egentligen inte beror av vilken typ av bebyggelse det är.

4 Vägtrafik

Nord2000 delar in fordonen i fem huvudkategorier enligt Tabell 3. Tillgängligt underlag för kategori 4 och 5 är dock begränsat. Tills vidare används normalt endast kategori 1–3.

Källmodellen separerar däcksbuller från framdrivningsbuller. Det är möjligt att korrigera för vägytans typ och ålder, för icke-jämna trafikflöden och för motorbroms hos tunga fordon (kategori 3). Det går egentligen också att ta hänsyn till temperaturens påverkan på däck-vägbanebullret, samt för lätta fordon även förekomst av våt vägyta och dubbdäck, men i svenska utredningar ges dessa parametrar de rekommenderade värden som svarar mot gällande referensväder enligt avsnitt 2 (15 °C, inga dubbdäck, torr vägyta utan snö och is).

Kategori	Kort beskrivning
1	Lätta fordon
2	Medeltunga fordon (tungta fordon med två axlar, utan släp)
3	Tunga fordon
4	Övriga tunga fordon (traktorer, lantbruksmaskiner, motorredskap)
5	Tvåhjulingar (mopeder, motorcyklar)

Tabell 3. Förenklad sammanställning över fordonskategorierna 1–5 i Nord2000. Se Tabell 12–Tabell 14 i Bilaga 2 för utförligare beskrivning. Kategori 2 har två axlar, 4–6 hjul och saknar släp, medan kategori 3 har tre eller fler axlar och kan ha släp.

4.1 Svenska emissionsdata

Svenska emissionsparametrar för fordonskategori 1–3 redovisas i Tabell 16 (se bilaga B2.4).

Emissionen för fordonskategori 3 kan varieras med medelvärdet av antalet axlar (ansatt fyra axlar i urban miljö och fem axlar utanför städer om bättre uppgifter saknas).

Emissionen korrigeras för vägens lutning. Kategori 3-fordon kan modelleras med eller utan korrektion för motorbroms i nedförsbackar. Om bättre uppgifter saknas görs korrektion för motorbroms.

För närvarande saknas officiella svenska emissionsdata för elfordon, men det finns approximativa data som kan användas för indikerande beräkningar. Se bilaga B2.5 för mer info.

4.2 Fördelning per fordonskategori och över dygn

För att beräkna de mått som brukar efterfrågas i trafikbullerutredningar – dygnsekvivalent ljudnivå samt sjätte högsta⁹ maximala ljudnivå per timme dag–kväll respektive för hela natten – behövs följande trafikmängdsuppgifter *per fordonskategori*¹⁰:

- årsmedeldygnstrafik (ÅDT),
- andelen av ÅDT per medeltimme¹¹ kl 06–22,
- samt andelen av ÅDT som infaller kl 22–06.

⁹ I texter om riktvärden anges vanligen att maximalnivån får överskridas högst fem gånger, vilket är detsamma som att den sjätte högsta maximalnivån ska klara riktvärdet.

¹⁰ Trafikverket och kommuner rekommenderas tillhandahålla trafikuppgifter på detta sätt för att minska felaktigheter i beräkningsresultaten.

¹¹ Antal överskridanden för maximal ljudnivå på uteplats bör bedömas utifrån en medeltrafik per timme för tidsperioden. Trafikunderlaget bör normalt avse årsdygnstrafik, ÅDT. Se avsnitt 4.2.3.

Saknas någon eller några av uppgifterna behöver dataunderlag bearbetas innan det går att använda för beräkningar. Om trafikdata exempelvis bara redovisas som ÅDT och andel tunga fordon, alternativt endast som ÅDT, behövs kompletterande uppgifter om hur trafiken är fördelad per fordonskategori respektive över dygnet. Såvida inte det finns bättre data används schablonvärden enligt avsnitt 4.2.2–4.2.3. De redovisade schablonvärdena kan bytas ut mot andra schablon- eller mätvärden om det kan visas att det är sannolikt att de nya värdena bättre svarar mot aktuella förhållanden.

4.2.1 Trafikverkets uppgifter

Trafikverkets vägdataproduct *Trafik* som kan hämtas från Lastkajen har kompletterats för att passa kartläggningar enligt det europeiska omgivningsbullerdirektivet på så sätt att det för många vägavsnitt även redovisas ÅDT fördelat över dag, kväll och natt, separat för fordonskategori 1–3. Denna redovisning finns även tillgänglig i Trafikverkets TIKK (klickbara kartan). För vägavsnitt där uppgifterna saknas finns en alternativ metod baserad på ÅDT total, ÅDT lastbilar och ÅDT axelpar, se Bilaga 2.

Uppgift om andelen av ÅDT per medeltimme¹¹ dag–kväll kan bestämmas från uppgifter i Trafik eller TIKK, alternativt skattas enligt avsnitt 4.2.3.

4.2.2 Skattning med schabloner

Schablonfördelningarna i Tabell 4 och Tabell 5 kan användas om bättre underlag saknas (tabellerna korrelerar inte helt med varandra.)

Schablonerna i Tabell 4 kan användas när uppgift om antal tunga fordon finns tillgänglig men inte fördelningen mellan fordonskategori 2 och 3. Där typ av väg inte går att identifiera kan fördelningen 40 % kategori 2 och 60 % kategori 3 användas. Dygnsfördelning kan skattas enligt avsnitt 4.2.3.

Typ av väg	Fördelning	
	Kategori 2	Kategori 3
Stora vägar med särskilt hög andel tung godstrafik, t ex vissa E-motorvägar utanför städer ¹²	10 %	90 %
Stadsgator (exklusive gator med betydande genomfartstrafik)	90 %	10 %
Övriga vägar (vägar och gator som inte identifierats som tillhörande typerna ovan)	40 %	60 %

Tabell 4. Standardfördelning mellan fordonskategori 2 och 3. Fördelningen 40/60 % mellan kategori 2 och 3 kan användas när det inte är möjligt att identifiera vägtyp [8].

När det bara finns uppgift om ÅDT kan fördelning mellan kategori 1–3 hämtas från Tabell 5, och kombineras med skattning av dygnsfördelning enligt avsnitt 4.2.3. Det går också att använda Tabell 7 som är en kombination av Tabell 5 och Tabell 6.

¹² Motsvarande vägar i och i närheten av städer kan förväntas ha en högre andel fordon i kategori 2.

Trafikfall	Beskrivning	Fördelning (% av ÅDT)		
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
A	Motorväg 100–130 km/h	85	5	10
B	Stadsmotorväg	85	5	10
C	Landsväg och motsvarande 70–90 km/h	85	10	5
D	Huvudled i tätort 50–70 km/h ¹³	90	5	5
E	Gata 50 km/h ¹³	95	5	0
F	Gata 30–50 km/h	100	0	0

Tabell 5. Fördelning av fordonskategorier för olika trafikfall¹⁴. Från tabell 3 i [3].

4.2.3 Dygnsfördelning

För att beräkna sjätte högsta maximalnivå för natten respektive per medeltimme¹¹ dag–kväll behöver trafikflöde per fordonskategori under respektive period vara känt. Om bättre underlag saknas kan schablonerna i Tabell 6 och Tabell 7 användas. För Tabell 6 gäller därmed att medeltimme dag–kväll får en sextondel av värdena för dag–kväll, till exempel $90/16 = 5,625\%$ av ÅDT för kategori 1.

När det inte är möjligt att identifiera vilket trafikfall A–F som ska användas, eller om en förenklad beräkning görs, kan 12 % av ÅDT användas som utgångsvärde för natten och 5,5 % av ÅDT som utgångsvärde för medeltimme dag–kväll.

Trafikfall	Beskrivning	Fördelning (% av respektive kategoris ÅDT)					
		Kategori 1		Kategori 2		Kategori 3	
		dag–kväll (06–22)	natt (22–06)	dag–kväll (06–22)	natt (22–06)	dag–kväll (06–22)	natt (22–06)
A	Motorväg 100–130 km/h	90	10	85	15	80	20
B	Stadsmotorväg	90	10	85	15	80	20
C	Landsväg och motsvarande 70–90 km/h	90	10	90	10	85	15
D	Huvudled i tätort 50–70 km/h ¹³	90	10	90	10	85	15
E	Gata 50 km/h ¹³	90	10	90	10	85	15
F	Gata 30–50 km/h	90	10	90	10	85	15

Tabell 6. Schablonvärden för andel fordon dag–kväll, respektive under hela natten för olika trafikfall¹⁴. Värdena avser procentuell andel av respektive fordonskategoris årsmedeldygnstrafik. Från tabell 5 i [3].

¹³ Schablonen kan även användas för gator med lägre hastighet som bedöms ha motsvarande fordonsfördelning.

¹⁴ Ursprungstexten anger hastighetsintervallen 80–90 km/h (trafikfall C), 60–70 km/h (trafikfall D), samt 30–40 km/h (trafikfall F).

Trafikfall	Beskrivning	Fördelning (antal fordon/h vid ÅDT 10 000 fordon/dygn)					
		Kategori 1		Kategori 2		Kategori 3	
		dag-kväll (06–22)	natt (22–06)	dag-kväll (06–22)	natt (22–06)	dag-kväll (06–22)	natt (22–06)
A	Motorväg 100–130 km/h	478,125	106,25	26,5625	9,375	50,00	25,00
B	Stadsmotorväg	478,125	106,25	26,5625	9,375	50,00	25,00
C	Landsväg och motsv 70–90 km/h	478,125	106,25	56,25	12,50	26,5625	9,375
D	Huvudled i tätort 50–70 km/h ¹³	506,25	112,50	28,125	6,25	26,5625	9,375
E	Gata 50 km/h ¹³	534,375	118,75	28,125	6,25	0,00	0,00
F	Gata 30–50 km/h	562,50	125,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabell 7. Kombination av Tabell 5 och Tabell 6 men som antal fordon i medeltal per timme, normaliserat till ÅDT = 10 000.

4.2.4 Identifiering av trafikfall

I större kartläggningar där det vore alltför tidsödande att identifiera och välja trafikfall manuellt bör identifiering exempelvis kunna baseras på Trafikverkets dataprodukt Vägslag (NVDB) tillsammans med uppgift om tillåten hastighet och eventuellt även uppgift om befolkningstäthet. Enbart hastighetsbegränsning utgör inte ett tillräckligt underlag för identifiering av trafikfall.

4.3 Maximalnivå

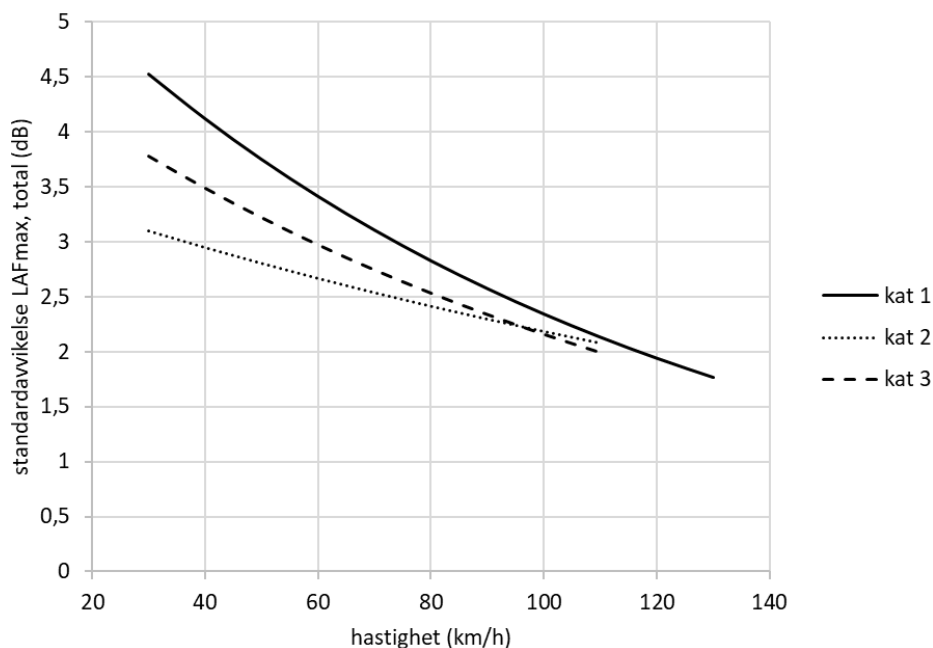
Svenska myndigheter som anger riktvärden för maximalnivå från trafik använder delvis olika definitioner¹⁵. För vägtrafik utgår en beräkning vanligen från att trafiken är statistiskt normalfördelad¹⁶, vilket också är ett villkor för att följande förfarande är tillämpligt.

Ljudemissionsdata enligt Tabell 16 ger medelmaximalnivån (ekvation 2.13 i [23]) som sedan kan korrigeras till sjätte högsta maximalnivå med hjälp av standardavvikelsen för maximalnivån (publicerade svenska värden per fordonskategori, se Figur 1 och bilaga B6.2) och uppgift om trafikmängd under aktuell period. För att undvika osäkerheter och diskontinuiteter vid mycket låga trafikflöden begränsas korrektionen till värden ≥ 0 (maximalnivån blir inte lägre än medelmaximalnivån). En beskrivning finns exempelvis under avsnitt 2 i [22], se även Bilaga 2 och Bilaga 6.

Standardavvikelseerna i Figur 1 omfattar spridning i bulleremission som beror på tekniska skillnader mellan fordon inom en kategori, samt spridning som beror på att fordonen kör med olika hastighet på samma vägsträcka. I trafiksituationer där hastighetsfördelningen skiljer signifikant från ett normalfall, exempelvis på en sträcka med hastighetskameror, kan annan hastighetsfördelning behöva användas, se [47].

¹⁵ De svenska riktvärdena för maximalnivå från väg- och spårtrafik uttrycks normalt som att den sjätte högsta maximalnivån ska klaras⁹, dels för nattperioden 22–06, dels per medeltimme dag-kväll 06–22¹¹. Därutöver finns ofta ett tilläggsvillkor att maxnivån inte får överskrida riktvärdet med mer än ett visst antal dB. Vissa riktlinjer preciserar att maximalnivån ska avse den mest bullrande fordonsstypen, medan andra tolkar det som att sjätte högsta maximalnivå inte behöver härröra från den mest bullrande fordonskategorin. Vid den senare tillämpningen erfordras även utredning av att eventuella tilläggsvillkor klaras för den högsta maximalnivån.

¹⁶ Egentligen att maximalnivåerna är statistiskt normalfördelade, så att det går att beräkna sjätte högsta maximalnivå baserat på medelmaximalnivå och standardavvikelse. Se även bilaga B2.6.



Figur 1. Standardavvikelse för L_{AFmax} fordonskategori 1–3, inklusive hastighetsfördelningar [47].

4.4 Vägyta

Vägytans egenskaper påverkar rullbullret vilket behöver tas hänsyn till vid bullerberäkningar. Två vanligt förekommande asfaltklasser är tät asfaltbetong (ABT) som på engelska kallas dense asphalt concrete (DAC), och stenrik asfaltbetong (ABS) som på engelska kallas stone mastic asphalt (SMA). Ett exempel på en bullerreducerande vägbeläggning är porös asfalt (porous asphalt concrete, PAC) som också kallas dränasfalt (dränerande asfaltbetong, ABD) och som förekommer i olika varianter.

En parameter som brukar ha betydelse för bulleralstringen är största storlek hos de inblandade stenarna som anges i millimeter. Exempelvis avser beteckningen ABS 16 att asfalten är av typen stenrik asfaltbetong med största stenstorlek 16 mm.

Nord2000 har som referens en virtuell vägyta som är ett medelvärde av ABT 11 och ABS 11, mellan 2–7 år gammal. Vidare förutsätts att referensvägytan är torr och att lufttemperaturen är 20 °C¹⁷. För andra vägytor (och förhållanden) görs korrektioner som relaterar till referensvägytan. I svenska utredningar förutsätts normalt att vägbanan är torr, att inga fordon har dubbdäck och att lufttemperaturen är 15 °C, se avsnitt 2.

I Bilaga 2 avsnitt B2.7 finns korrektionstermer för vanligt förekommande vägytor som kan användas vid beräkning med Nord2000. För vägar som saknar uppgift om vägyta kan beläggningen antas vara ABS 16.

Vägytekorrektioner som relaterar till någon annan vägytereferens, t ex vägytekorrektioner för Nord96, behöver justeras innan de kan användas med Nord2000, se avsnitt B2.7.

Se Bilaga 2 avsnitt B2.8–B2.11 för andra vägyteparametrar.

¹⁷ I danska utredningar med Nord2000 används ofta årsmedelvärden av vägytekorrektioner. De inkluderar dock effekten av att temperatur och förekomst av våt vägbanan varierar över året, och kan därför inte användas i svenska utredningar som avser referensväder enligt avsnitt 2.

4.5 Hastighet

4.5.1 Skyltad hastighet

Skyltad hastighet i kombination med högsta tillåten hastighet för fordonskategori 2 och 3 kan användas för att beräkna både dygnsekvivalent och maximal ljudnivå. I vissa situationer kan dock hänsyn behöva tas till verklig hastighet, se avsnitt 4.5.2.

Högsta tillåten hastighet för tunga bussar är 90 km/h om passagerarna inte har bälte, respektive 100 km/h om passagerarna har bälte. För tunga lastbilar är högsta tillåten hastighet 80 km/h, med undantag för motortrafikled och motorväg där högsta tillåtna hastighet för tunga lastbilar utan släp är 90 km/h [12]. Om lastbilarna är betydligt fler till antalet än bussarna kan följande hastighetsuppgifter användas:

- hastighet kategori 1 = skyltad hastighet,
- hastighet kategori 2 = skyltad hastighet men inte högre än 80 km/h, med undantag för motorväg och motortrafikled där högsta hastighet begränsas till 90 km/h, samt
- hastighet kategori 3 = skyltad hastighet men inte högre än 80 km/h.

4.5.2 Verklig hastighet

Där verklig hastighet stadigvarande avviker signifikant¹⁸ från skyltad hastighet, exempelvis där en hastighetssänkande åtgärd har införts, kan annan väldokumenterad hastighetsuppgift behöva användas. Avses ett prognostiserat trafikfall bör det finnas belägg för att denna hastighetsuppgift kommer stämma även i framtiden.

Vid beräkning av dygnsekvivalent nivå för ostörda trafikflöden är det ofta tillräckligt att använda medelhastigheten för att ta hänsyn till normalfördelade hastighetsvariationer [23].

För överbelastade trafikflöden och trafikstockningar kan dock beräkning med medelhastighet medföra en underskattning av den dygnsekvivalenta nivån eftersom det då tillkommer mer motorbuller från främst de tunga fordonens acceleration. För tät stadstrafik och andra start/stopp-situationer kan därför framdrivningsljudet hos medeltunga och tunga fordon (kategori 2 och 3) behöva korrigeras; här rekommenderas en korrigering med +3 dB vilket svarar mot en acceleration på 0,5 m/s² [3][13][23]. Notera att sådana korrigeringar bara är relevanta att göra om överbelastningen omfattar en väsentlig del av dygnstrafiken.

I vissa fall kan annan hastighet än medelhastigheten behöva användas för att beräkna maximalnivå korrekt¹⁹.

4.6 Korsningar och rondeller

När fordon närmar sig korsningar och rondeller kommer de sakta ned vilket minskar rullbullret, och när de lämnar accelererar de vilket ökar motorbullret (främst för tunga fordon). Effekternas storlek kan dock variera med plats, tid, trafikförhållanden, körsätt hos individuella fordon m m, varför osäkerheten i en modellering för ett specifikt trafikflöde kan bli stor.

¹⁸ Hastighetens påverkan på emissionen kan exempelvis prövas i beräkningsprogram eller typfallsprogramvaran N2kR-TC. Grov tumregel: ca 1 dB för 10 % ändring i hastighet.

¹⁹ Exempelvis om medelhastigheten påverkas av långsam trängseltrafik dagtid, då maximalnivå nattetid kan behöva beräknas med annan hastighetsuppgift som bättre representerar nattförhållande.

Tills vidare rekommenderas därför att korrektion för korsningar och rondeller begränsas till följande upplägg som endast gäller för vägar med hastighetsbegränsningen 50 km/h [23], och där skyltad hastighet används som indata till beräkningen²⁰:

- Lätta fordon: använd hastigheten 30 km/h i rondeller. Använd dock 50 km/h i särskilt stora rondeller där verklig hastighet kan förväntas vara 50 km/h.
- Tunga fordon i stadstrafik: använd 30 km/h i och i närheten (± 100 m) av rondeller och korsningar utan trafikljus, förutsatt att trafikflödet är så lågt att fordonen normalt inte behöver stanna till. Använd 50 km/h om det finns trafikljus eller om trafiken i normalfallet är så tät att fordonen ofta behöver stanna.

5 Spårtrafik

Källmodellen i Nord2000 har ett liknande upplägg som den i Nord96 spår, även om den inte använder exakt samma källhöjder, använder tersband istället för oktavband, samt placerar källorna över närmsta räl istället för över spårmitt²¹ [4]. Den stora skillnaden relativt Nord96 utgörs av den förbättrade utbredningsmodellen.

5.1 Svenska emissionsdata

Uppdaterade emissionsdata för beräkning av spårbuller med Nord2000 redovisas i Tabell 21. Indata baseras på över 700 uppmätta tågpassager fördelade över nio mätplatser där Trafikverket är banhållare. Indata redovisas för X11 (X11–X14), X2, X31, X40, X50 (X50–X54 & X55), X60 (X60–X62), X74, ER1, Y31 (Y31/Y32), lokdragna persontåg, godsvagnar med gjutjärnsblock, samt godsvagnar med kompositblock eller skivbroms. Data i Tabell 21 ersätter tidigare publicerade Nord2000-indata för dessa tågtyper [32].

Till skillnad från tidigare mätkampanjer mättes denna gång rälhuvudets ytråhet på samtliga mätplatser. En mätplats valdes ut som referens och emissionsdata för övriga mätplatser normerades till dennas ytråhet²².

Därutöver finns även emissionsdata för göteborgska spårvagnar (M29, M31 och M32) [33] samt för norska och danska tåg.

5.2 Trafikmängd, hastighet

Nord2000 erfordrar samma trafikflödes- och hastighetsuppgifter som Nord96 spår. Se [34] för vidare information om underlag gällande Trafikverkets banor.

Den hastighetsuppgift per tågtyp som används vid beräkning bestäms normalt som den lägsta av tågtypens respektive banans största tillåtna hastighet (STH). Hastighetsuppgiften kan behöva bearbetas vid stationer, se bilaga B3.2.

5.3 Korrektioner för växlar m m

Tills vidare tillämpas korrigeringar för växlar etc med samma metod som i Nord96 spår. Om bättre underlag saknas kan ljudeffektnivån per meter tåg justeras enligt schablonerna i Tabell 8.

Korrektionerna tillämpas på samtliga frekvensband.

²⁰ I princip är det möjligt att använda verkliga hastigheter och accelerationer som indata, men underlag saknas liksom kvalitetssäkrade mätmetoder för att ta fram underlag.

²¹ Placeringen över närmsta räl rekommenderas om mjukvaran låter användaren välja placering.

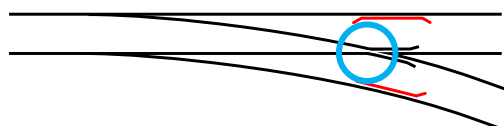
²² Normeringen beskrivs i [32]. Ytråheter finns redovisade i [36].

De angivna schablonerna för broar har särskilt stor osäkerhet. I fall där ljudbidrag från en bro har stor betydelse kan en lösning vara att bestämma en relevant brokorrektion genom mätning på plats.

Schablonkorrektion för växlar och spårkorsningar läggs normalt symmetriskt kring växelkrysset, se Figur 2.

Fall	Korrektion	Tillämpas på spårlängd
Räl med skarv	+3 dB	kontinuerligt
Växlar och spårkorsningar ²³	+6 dB	10 m per växel eller korsning
Bro utan ballast	+6 dB	brons längd
Bro med ballast	+3 dB	brons längd

Tabell 8. Spårkorrektioner, frekvensoberoende schablonvärden enligt [4].



Figur 2. Växelkryss (inringat).

5.4 Korrektion för ytråhet hos räl och hjul

Det går inte att använda uppgifter om ytråhet hos hjul och räl som direkta indata i Nord2000:s källmodell för spårbuller, istället hänvisas till frekvensoberoende korrigeringar enligt den princip som redovisas i Nord96 spår [15]. Angiven korrektion ska då motsvara den totala effekten av ytråhet på både räl och hjul.

Nord96 anger olika schablonvärden för ytråhet, se avsnitt 4.2.3 *Korrektion för spårunderhåll*, ΔL_c i [15]. $\Delta L_c=0$ dB avser spår med ballast och helsvetsad räl på betong- eller träslipers och typiska underhållsförhållanden. För grövre räl- och/eller hjulyta korrigeras emissionen med +1 till +3 dB, och för mycket ojämn räl och/eller ojämna hjul används korrektion +4 till +6 dB. Nord96 anger att även negativa korrektioner (-1 dB till -3 dB) kan användas för särskilt väl underhållna spår, och om räl och hjul alltid har mycket jämnt löpande ytor kan större negativa värden användas (-4 dB till -6 dB).

Enligt nuvarande kunskapsläge blir korrektionen i verkligheten betydligt mindre för godståg med bromsblock av gjutjärn eftersom de har mycket ojämnare hjulytor än andra tåg, vilket gör att emissionens beroende av rälens ytråhet blir litet, se [32].

Vid beräkning med Nord2000 hanteras ytråhet hos hjul och räl med entalskorrektioner på motsvarande sätt som i Nord96 spår, dock med skillnaden att ingen korrektion ska göras för godståg med bromsblock av gjutjärn. $\Delta L_c=0$ dB avser samma förhållanden som anges i Nord96. Användning av schablonvärden ger sämre noggrannhet än då ΔL_c bestäms med mätning enligt nedan.

5.4.1 Mätning av korrektion för ytråhet hos räl

En förenklad mätmetod för att fastställa en entalskorrektion baserat på mätning av rälens ytråhet presenteras i [36]. Rälens ytråhet (och därmed även ljudeffekten) kan variera längs rälen och vara olika på upp- och nedspår, varför mätningar kan behöva göras på flera platser. Det är normalt inte

²³ Med spårkorsningar avses platser där två spår korsar varandra, alltså inte järnvägsövergångar där bilväg eller motsvarande korsar spår.

tillräckligt att uppskatta korrektionen med mätning vid ett enskilt tillfälle eftersom yråheten kan variera över tid.

Användning av negativa korrektioner bör baseras på väldokumenterade och tillförlitliga mätningar av yråhetskorraktion som utförts över tillräckligt lång tidsrymd. För att tillämpa negativa korrektioner i beräkningar som avser en prognos är det nödvändigt att sörja för att korrektionerna kommer förbli relevanta i den framtid som avses, exempelvis genom reglering i en fastställd underhållsplan.

5.5 Maximalnivå

Svenska myndigheter som anger riktvärden för maximalnivå från trafik använder delvis olika definitioner¹⁵. Maximalnivå från spårtrafik beräknas som en medelmaximalnivå med den itererande metod²⁴ som beskrivs i den ursprungliga rapporten för spårkällmodellen [4]. Det finns även en alternativ metod²⁵ som tagits fram för användning i Danmark [37], men den är inte tillfyllest för svenska utredningsbehov och bör inte användas.

Beräknade maximalnivåer korrigeras så att de avser tidsvägning F genom att använda den metod för omräkning från medelmax till L_{AFmax} som beskrivs av ekvation 5.5²⁶ i [4].

6 Ljudutstrålning från tunnelöppning

Nord2000 har en modell för att beräkna hur ljudet från trafik inuti en tunnel strålar ut från tunnelöppningen som normalt bör användas. Utöver trafikdata anges absorptionskoefficient för väggar och tak samt tunnelns dimensioner [3][4]. Om bättre absorptionsdata saknas kan schabloner enligt Tabell 9 användas. Finns ingen information om utförandet bör alternativ 1. *Slät betong* användas.

Utförande	Absorptionskoefficient, α			
	≤ 125 Hz	160–400 Hz	500–1250 Hz	≥ 1600 Hz
1. Slät betong, ballastfritt spår (reflekterande) eller tät asfalt	0,08	0,08	0,08	0,08
2. Grov betong, ballastfritt spår (reflekterande) eller tät asfalt	0,08	0,11	0,14	0,14
3. Betongytor, spår på ballast (makadam) eller fungerande dränasfalt	0,1	0,2	0,3	0,3
4. Ljudabsorberande åtgärd	0,15	0,5	0,8	0,65

Tabell 9. Schablonvärden på absorptionskoefficienter.

Modellen fungerar för både spår- och vägtrafik. Den hanterar dock inte den tunnelknall som kan uppstå då tåg kör in eller ut ur en tunnel med mycket hög hastighet, se exempelvis [38].

²⁴ Metoden omnämns i SoundPLAN som ”more sophisticated method”.

²⁵ I SoundPLAN omnämnd som ”simplified method”.

²⁶ $L_{pFmax} = L_{pmax} + 3 - 2 \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{10} \right)$ där L_{pmax} är medelmax och d är avståndet mellan tåg och mottagare.

7 Redovisning av underlag och beräkningsparametrar

En presentation av beräknade ljudnivåer bör alltid åtföljas av en redovisning av de beräkningsparametrar som har betydelse för resultatet samt en notering om använd programvara med versionsnummer och eventuellt uppdateringsdatum. Ange även version av tillämpad användarhandledning.

En transparent redovisning av använt underlag bör också ingå men textens omfattning kommer behöva anpassas efter vad som är rimligt i varje enskilt fall. Modellen²⁷ som beräkningen görs i kan vara mycket komplex varför åtminstone delar av en sådan redovisning oftast behöver vara översiktlig.

Nedan ges exempel på uppgifter som bör ingå. Det kan även finnas andra upplysningar som är relevanta att ta med. Målet är att någon annan ska kunna upprepa beräkningarna och få samma resultat.

Redovisa eventuella undantag²⁸ från rekommendationerna i denna handledning och motivera varför de görs.

- Referensförutsättningar för väder och trafikdata. Normalt görs beräkningarna helt i enlighet med avsnitt 2, och då erfordras inte en fullständig redovisning av dessa parametrar utan det är tillräckligt med en hänvisning till avsnittet.
- De parametrar som styr beräkningsprogrammets avsökningsalgoritm (sökradie, maximalt antal reflektioner, maximalt reflektionsavstånd från källa respektive mottagare, tillåten tolerans, eller motsvarande).
- Parametrar för generering av beräkningspunkter för bullerkonturer (avstånd mellan beräkningspunkter, höjd över terrängen, inställningar för interpolering av resultat i beräkningspunkter, etc).
- Trafikmängd per fordonskategori för väg- och spårtrafik, vilket år de avser och underlagets källa. Det bör framgå om schabloner enligt avsnitt 4.2.2–4.2.3 eller annan schablon har använts, och i så fall i vilken utsträckning och varför inte uppmätta data använts.
- Hastighetsuppgifter för väg- och spårtrafik. Det bör framgå om korrektion gjorts för start/stopsituationer (avsnitt 4.5.2), för korsning/rondell (avsnitt 4.6) eller för tågstation.
- Korrektion för vägyta (avsnitt 4.4).
- Korrektion för växlar m m (avsnitt 5.3).
- Eventuell korrektion för ytråhet hos räl och hjul (avsnitt 5.4). Bifoga en förklaring till varför korrektionen har gjorts, hur använt värde på korrektionen har fastställts, samt eventuella andra relevanta förutsättningar.
- Underlag och bearbetning som använts för att bestämma markimpedans (avsnitt 3.1).
- Underlag som använts för att ta fram en terrängmodell, samt eventuell bearbetning genom exempelvis filtrering.
- Använt kartunderlag etc för modellering av trafikobjekt, byggnader, bullerskydd, etc.
- Använt underlag för att beräkna ljudnivå inomhus.

8 Revisionshistorik

2024-05-08: Version 1.0

²⁷ Uppbyggd tredimensionell modell med terräng och markegenskaper, byggnadsobjekt, trafikobjekt innehållande trafikdata och korrektioner, bullerskyddsobjekt, beräkningspunkter, med mera.

²⁸ Ett exempel på ett sådant undantag är att använda en trafiksituation som inte motsvarar ett årsmedeldygn.

9 Referenser

- [1] A. Gustafson, A. Genell, M. Öberg, *Status Nord2000 – Inventering av Nord2000 relativt svenska behov*, Kunskapscentrum om buller, 2022.
- [2] J. Kragh, B. Andersen, J. Jakobsen, *Environmental noise from Industrial Plants. General prediction method*, Report no 32, Danish Acoustical Laboratory, 1982.
- [3] J. Kragh et al, *User's Guide Nord2000 Road*, AV 1171/06, DELTA, 2006.
- [4] H. G. Jonasson, S. Å. Storeheier, *Nord 2000. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise*. Version 1.0. SP Rapport 2001:11, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 2001-12-21.
- [5] H. G. Jonasson, S. Storeheier, *Revision of NT ACOU 104 for the measurement of the acoustic impedance of ground*, Nordic Innovation Centre (NICE), project number 04146, 2006.
- [6] A. Gustafson, A. Genell, *Porösa vägbeläggningar – Hantering i Nord2000*, Kunskapscentrum om buller, 2024.
- [7] U. Sandberg, J. Ejsmont, *Tyre/Road Noise Reference Book*, ISBN 9163126109, INFORMEX, Harg, SE-59040, Kisa, Sweden, 2002.
- [8] U. Sandberg, *Vehicle Categories for Description of Noise Sources*, Deliverable D08, Harmonoise, Work package 1.1, Document id HAR11TR-030108-VTI04, 2003-08-20.
- [9] A. Gustafson, A. Genell, *Beräkning av vägtrafikbuller med CNOSSOS-EU, Nord2000 och Nord96 – En underlagsrapport, del 1 och 2*. Rapport för Kunskapscentrum om buller, Gärdhagen Akustik AB, 2022.
- [10] *Produktbeskrivning: GSD-Fastighetskartan vektor*. Dokumentversion 7.4, Lantmäteriet, 2017-12-19.
- [11] Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader, Svensk författningssamling 2015:216.
- [12] www.transportstyrelsen.se.
- [13] G. Watts et al, *Harmonoise WP 3 Statistics and accuracy*, Technical Report HAR34TR-040730-DGMR10, 2004.
- [14] *Vägtrafikbuller – Nordisk beräkningsmodell*, reviderad 1996. Rapport 4653. Naturvårdsverkets förlag, 1996.
- [15] *Buller från spårburen trafik – Nordisk beräkningsmodell*. Rapport 4935. Naturvårdsverkets förlag, 1998.
- [16] Korrespondens mellan Jørgen Kragh och SoundPLAN Nord ApS, Danmark, februari 2022.
- [17] K. Larsson and H. G. Jonasson, *Uppdaterade beräkningsmodeller för vägtrafikbuller*, SP Rapport 2015:72, 2015.
- [18] M. A. Pallas et al. *Noise emission of electric and hybrid electric vehicles: deliverable FOREVER (n° Forever WP2_D2-1-V4)*, [Research Report], IFSTTAR – Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, 2015.
- [19] K. Larsson, M. Holmes, *Nyttoberäkningar av minskat buller från elbusstrafik i Göteborg*. SP Rapport 2016:89, 2016.
- [20] Mätunderlag från en lastbilstillverkare, 2023.
- [21] A. Genell, A. Gustafson, *Korrekationer för vägbeläggningar – Uppdaterade korrekationer för olika svenska vägbeläggningar för användning i Nord2000*. Kunskapscentrum om buller, 2024.
- [22] M. Ögren, A. Genell, A. Gustafson, *Beräkning av maximal bullernivå med CNOSSOS-EU*, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Arbets- och miljömedicin, 2021.
- [23] H. G. Jonasson, *Acoustic Source Modelling of Nordic Road Vehicles*, SP Rapport 2006:12, 2006.
- [24] Nationella marktäckedata – ett nationellt system för information om landskapet och dess förändringar. Naturvårdsverket, version 1.1, 2017.
- [25] M. Sohlman, H. G. Jonasson, A. Gustafson, *Using satellite data for the determination of the acoustic impedance of ground*, SP, Metria, 2004.
- [26] M. Varedian, *Metodbeskrivning – Undersökningen av ÅDT*, Trafikverket, 2015.
- [27] B. Plovsing, *Årsmiddelvärde af støj udsendt af vejtrafik*, AV 1670/02, DELTA, reviderat 2004.

- [28] Personlig kommunikation med Ulf Sandberg, VTI, januari 2023.
- [29] U. Sandberg, P. Mioduszewski, T. Vieira, *Acoustic lifecycle study of the double-layer porous asphalt on E4 in Huskvarna, Sweden*, Internoise 2018.
- [30] A. Gustafson, A. Genell, *Nord2000 – Underlag till markimpedans. Inventering av underlag för markimpedansklasser*, Kunskapscentrum om buller, 2023.
- [31] *Commission Directive (EU) 2015/996 of 19 May 2015 establishing common noise assessment methods according to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council*.
- [32] M. Ögren, A. Genell, T. Jerson, P. Torstensson, A. Gustafson, *Svenska indata för beräkning av buller från spårburen trafik med hjälp av Nord 2000*, version 1.21, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Arbets- och miljömedicin, Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum (VMC), 2023.
- [33] T. Jerson, M. Ögren, *Spårvagnar ASEA/ASJ M28, Hägglund M29, ASEA M31 och Anzaldobreda M32. Indata till beräkningsmodellerna NMT96 och Nord 2000*. WSP, 2012.
- [34] S. Grudemo et al, *Bullerprognoser – Vilka trafikprognoser ska användas som underlag för bullerberäkningar? – revidering 2021*. Trafikverket publikationsnummer 2021:255.
- [35] *Togstøj ved stationer*, Orientering nr. 50 – 2. udgave, Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålinger, juni 2015. Går att hämta från referencelaboratoriet.dk.
- [36] M. Ögren, *Beräkning av spårkorrektin från ytråhet på rälen för bullerberäkningar*, version 1.3, Kunskapscentrum om Buller, 2024.
- [37] B. Plovsing, *Revision af kildemodell ved anvendelse af Nord2000 til beregning af maksimalværdi fra jernbaner*, RL 14/17, Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støymålinger, 27 december 2016.
- [38] M. Sima, *Mikrotryckvågor ("tunnelknall") i 91 m² dubbelspårstunlar med STH 250 km/h och ballasterade spår. Underlag för svenska höghastighetslinjer*, rapport 2021:019, Trafikverket, 2020.
- [39] B. Plovsing, *Proposal for Nordtest Method: Nord2000 – Prediction of Outdoor Sound Propagation*, AV 1106/07, DELTA, revised 2014.
- [40] B. Plovsing, E. Thyséll, *Test Cases for Road Traffic Noise – Nord2000. Version December 2018*, RL 18/18, Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støymålinger, Oktober 2019.
- [41] B. Plovsing, *Nord2000. Comprehensive outdoor sound propagation model. Part 1: Propagation in an atmosphere without significant refraction*. AV 1849/00, DELTA, revised 2006.
- [42] Personlig kommunikation med Jørgen Kragh, Vejdirektoratet, och John Klinkby, SoundPLAN Nord ApS, Danmark, maj 2023.
- [43] G. Taraldsen, H. Olsen, *N2kR-TC*, typfallsprogramvara, senaste version 1.3 (oktober 2020). SINTEF. Går att ladda ned från sintef.no/n2kr.
- [44] Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4.
- [45] *Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg*. Riktlinje TDOK 2014:1021, version 3.0, Trafikverket, 2020.
- [46] *Riktvärden för buller från väg- och spårtrafik vid befintliga bostäder*, Vägledning, Naturvårdsverket oktober 2016, reviderad juni 2017.
- [47] A. Gustafson, A. Genell, *Maximalnivå vägtrafik – Mätning av maximalnivåns spridning för underlag till bullerberäkningar*, Kunskapscentrum om buller, 2023.

Bilagor

Bilaga 1. Markytans egenskaper

B1.1. Impedansklass för porös vägbeläggning

Nord2000 rekommenderar egentligen att impedansen för porösa vägytor bör bestämmas med mätningar i varje enskilt fall. En komplikation är att impedansmodellen i Nord2000 (Delany & Bazley) inte kan modellera porösa vägytor korrekt även om strömningsmotståndet är känt.

Förutsatt att dränasfaltens absorberande funktion kommer upprätthållas över tid kan impedansklass *F* användas för vägytan, en bakgrund ges i [6]. Är så inte fallet rekommenderas en mer konservativ hållning med tanke på att bullerutredningar normalt ska gälla över en längre tid, och då kan istället impedansklass *G* användas.

B1.2. Nationella Marktäckedata

Naturvårdsverket tillhandahåller dataprodukten Nationella Marktäckedata (NMD) som redovisar markanvändning och vegetation enligt EU:s klassificeringssystem för CORINE Land Cover [24] för hela Sverige. Upplösningen är rutor om 10x10 m och data på filformatet GeoTIFF kan laddas ned fritt från Naturvårdsverkets hemsida.

En översättningstabell mellan markklasserna i en föregångare till NMD, GSD-Marktäckedata, och de åtta impedansklasserna A–H i Nord2000 togs fram i ett forskningsprojekt [25] då en översättning från markklass till markimpedans togs fram baserat på fältmätningar av akustisk impedans. Indelningen av markklasserna i nuvarande produkt är dock inte helt identisk med den i GSD-Marktäckedata. Den levereras numera också på ett annat filformat vilket i sig utgör ett hinder. För att kunna användas i ett beräkningsprogram behöver informationen i GeoTIFF-filerna i dagsläget omvandlas från bitmap till vektorbaserade ytojekt med attribut, och exempelvis sparas som SHP-filer. Upplösningen 10 m kan också ibland vara för låg, exempelvis vid utredningar i stadsmiljö. Även andra problem finns som behöver hanteras, särskilt i bebyggd miljö [30].

Gridcode	GLC-Class	Impedance class
	1. Laid out areas	
	1.1 Urban areas	
1	1.1.1 Dense urban areas	G (20000)
2-5	1.1.2 Sparse urban areas	D (200)
	1.2 Industry, trading units, public service and military installations and transport units	
6	1.2.1 Industry, trading units, public service and military installations	G (20000)
7	1.2.2 Road and railway networks with surrounding areas	E (500)
8	1.2.3 Harbour areas	G (20000)
9	1.2.4 Airports	D (200)
10-13	1.3 Mining areas, waste dumps and building sites	F (2000)
	1.4 Laid out, non-cultivated, overgrown areas	E (500)
14	1.4.1 Urban green areas	E (500)
15-20	1.4.2 Sport and recreational areas	E (500)
30-32	2. Land dedicated to agriculture	D (200)
	3. Forests and semi-natural ground	
	3.1 Forests	
	3.1.1 Deciduous forests	
40	3.1.1.1 Deciduous forest, not on bog or on visible rock	B (31,5)
41	3.1.1.2 Deciduous forests on bog	B (31,5)
42	3.1.1.3 Deciduous forest on visible rock	E (500)
	3.1.2 Pine forest	
43-45,56	3.1.2.1 Pine forest not on lichen ground	C (80)
46	3.1.2.2 Pine forest on bog	C (80)
47	3.1.2.3 Pine forest on visible rock	E (500)
	3.1.3 Mixed forest	
48	3.1.3.1 Mixed forest, not on bog or visible rock	C (80)
49	3.1.3.2 Mixed forest on bog	C (80)
50	3.1.3.3 Mixed forest on visible rock	E (500)
	3.2 Bush- and/or herblike vegetation types	
51,63,64	3.2.1 Naturally grass-covered ground	D (200)
52	3.2.2 Moorland (except grass covered land))	D (200)
53-55	3.2.4 Transition stage forest/bush	C (80)
	3.3. Open ground with no or sparse vegetation	
58	3.3.1 Beaches, sand dunes and sand planes	D (200)
59	3.3.2 Visible rock and boulders	F (2000)
60	3.3.3 Areas with sparse vegetation	E (500)
61	3.3.4 Fire fields	C (80)
62	3.3.5 Glaciers and permanent snowfields	B (31,5)
	4. Open wetlands	
	4.1 Fresh water wetlands	
70	4.1.1 Limnogene wetlands	F (2000)
	4.1.2 Moorland	E (500)
71	4.1.2.1 Wet moor	F (2000)
72	4.1.2.2 Other moor	E (500)
73	4.1.2.3 Peat bog	E (500)
74	4.2 Salt affected wetlands	F (2000)
80-86	5. Water	G (20000)
99	SMD-class missing	E (500)

Tabell 10. Markklasser från GSD-Marktäckedata och motsvarande Nord2000 impedansklasser A–H. Från [25].

B1.3. Markens ytråhet

I Nord2000:s hantering av markeffekt ingår en metod för att dela upp terrängprofilen i mindre segment (se Figur 3) där varje segment förutsätts vara helt slätt. Utbredningsberäkningar görs för vart och ett av segmenten innan resultaten slutligen vägs samman.



Figur 3. Exempel på segmenterad terräng: a) praktisk taget platt terräng, b) dalformad terräng, c) kulleformad terräng. S = source, R = receiver.

En parameter för markens ytråhet (ground roughness) hanterar de ojämnheter hos terränghöjden som återstår efter Nord2000:s segmentering av terrängprofilen. Ytråheten är rms-värdet av verkliga terrängens höjdavvikelser relativt respektive segment. Den bör presenteras av en av de fyra klasserna i Tabell 11.

Inkluderandet av ytråheten vid beräkningar med Nord2000 har dock inte validerats, varför rekommendationen tills vidare är att alltid använda klass N, såvida det inte finns belägg för att noggrannheten förbättras med klass S, M eller L.

Ytråhetsklass	Beskrivning	Ytråhet (m)	Höjdomfång (m)
N	Noll	0	±0,25
S	Liten	0,25	±0,5
M	Medium	0,5	±1
L	Stor	1	±2

Tabell 11. Klassificering av markens ytråhet enligt Nord2000 [3].

Bilaga 2. Vägtrafik

B2.1. Fordonskategorier

Nord2000 delar in fordon i fem huvudkategorier, se Tabell 12. Kategori 1, 2 och 3 omfattar lätta, medeltunga respektive tunga fordon, kategori 4 andra tunga fordon såsom anläggningsmaskiner och lantbruksmaskiner, och kategori 5 innehåller mopeder och motorcyklar

Main category	No.	Subcategories: Example of vehicle types	Notes	Vehicle length [m]	UNECE vehicle categories
Light vehicles	1a	Cars (incl. MPV's up to 7 seats)	2 axles, max. 4 wheels	0–5,5 m (car with trailer or caravan not included)	M1, N1
	1b	Vans, SUV, pickup trucks, RV, car+trailer or car+caravan ²⁹ , MPV's with 8-9 seats	2–4 axles ²⁹ , max 2 wheels per axle		
	1c	Electric vehicles, hybrid vehicles driven in electric mode ³⁰	Driven in combustion engine mode ³⁰		
Medium heavy vehicles	2a	Buses	2 axles (6 wheels)	7,7–12,5	M2, M3 N2, N3
	2b	Light trucks and heavy vans	2 axles (6 wheels) ³¹	5,6–7,6	
	2c	Medium heavy trucks	2 axles (6 wheels) ³¹	7,7–12,5	
	2d	Trolley buses	2 axles		
	2e	Vehicles designed for extra low noise driving	2 axles ³²		
Heavy vehicles	3a	Buses	3–4 axles	12,5–15,9	M2 and N2 with trailer, M3 and N3
	3b	Heavy trucks ³³	3 axles	>16	
	3c	Heavy trucks ³³	4–5 axles		
	3d	Heavy trucks ³³	≥6 axles		
	3e	Trolley buses	3–4 axles	12,5–15,9	
	3f	Vehicles designed for extra low noise driving	3–4 axles ³²		
Other heavy vehicles	4a	Construction trucks (partly off-road use)		Mostly 7,7–12,5	
	4b	Agr. tractors, machines, dumper trucks, tanks			
Two-wheelers	5a	Mopeds, scooters	Includes also 3-wheel motorcycles		L1, L2, L3, L4, L5
	5b	Motorcycles			

Tabell 12. Fordonskategorier som tillämpas vid insamling av data i Nord2000 [3]. Kategori 2 avser fordon utan släp. UNECE fordonskategorier enligt [31].

B2.2. Översättning av fordonsklasser i Tindra till kategorier i Nord2000

Vid Trafikverkets trafikräkningar delas fordonen in i sex klasser enligt Tabell 13. En jämförelse ger att fordonskategori 1–3 i Nord2000 kan identifieras med klasserna i Tindra³⁴ enligt Tabell 14.

²⁹ 3–4 axles on car & trailer or car & caravan

³⁰ Hybrid vehicles driven in combustion engine mode: Classify as either 1a or 1b.

³¹ Also 4-wheel trucks, if it is evident that they are >3,5 tons.

³² For example, some delivery trucks are designed for extra low noise (meeting more stringent standards than the current EU limiting levels) combined with a driving mode called “Whisper mode” making it possible to drive in a residential area with much lower noise emission than for a conventional delivery truck. Trucks and buses especially designed in accordance with these ideas are counted in this category.

³³ If high exhaust: identify this in the test report. Categorize as 3b', 3c', 3d', or 4a'.

³⁴ ”I stort sett all hantering av data i Trafikverkets trafikstatistiska system görs i datasystemet Tindra. Systemet är uppbyggt kring ett stort antal ärenden (program) som bland annat hanterar inmatning av uppgifter, kontroller, uttag av granskningslistor, inläsning av filer samt olika typer av skattningar.” Från [26].

Använd förkortning	Benämning	Kommentar
PU	Personbilar utan släp	Här ingår även MC
PS	Personbilar med släp	
LUL	Lastbilar utan släp, lätt	Tvåaxliga lastbilar utan släp, även dessa tunga lastbilar enligt fordonsregistret
LUT	Lastbilar utan släp, tung	Treaxliga lastbilar utan släp
LSL	Lastbilar med släp, lätt	
LST	Lastbilar med släp, tung	

Tabell 13. Fordonsklasser som lagras i Tindra från trafikräkningar [26].

Fordonskategori i Nord2000	Fordonsklass i Tindra
1	PU, PS
2	LUL
3	LSL, LUT, LST

Tabell 14. Identifiering av fordonskategori 1–3 i Nord2000 med hjälp av fordonsklasserna i Tindra.

B2.3. Skattning med stöd av ÅDT total, ÅDT lastbilar, ÅDT axelpar
 Ifall trafikavgifter enligt avsnitt 4.2.1 inte är tillgängliga kan trafikens fördelning mellan kategori 1, 2 och 3 skattas med stöd av trafikmängdsuppgifterna ÅDT total, ÅDT lastbilar och ÅDT axelpar som finns i Trafikverkets dataprodukt Trafik, i Vägtrafikflödeskartan samt i NVDB (Nationell vägdatabas). Dygnsfördelning kan därefter skattas enligt avsnitt 4.2.3.

Antalet axlar hos kategori 3 behöver ges ett ingångsvärde. Om bättre underlag saknas kan kategori 3 antas ha 6 axlar på E-vägar och motsvarande större vägar utanför städer samt genomfartsleder i städer som kan antas ha en särskilt hög andel långtradare, medan övrig kategori 3-trafik kan antas ha 4 axlar.

Beräkningsgången är:

1. $\text{ÅDT kategori 1} = \text{ÅDT total} - \text{ÅDT lastbilar}$
2. $\text{ÅDT axelpar lastbilar} = \text{ÅDT axelpar} - \text{ÅDT kategori 1}$
3. $\text{ÅDT kategori 2} = a \cdot (b \cdot \text{ÅDT lastbilar} + c \cdot \text{ÅDT axelpar lastbilar})$
Om < 0 sätts $\text{ÅDT kategori 2} = 0$
4. $\text{ÅDT kategori 3} = \text{ÅDT lastbilar} - \text{ÅDT kategori 2}$

Koefficienterna a , b och c väljs enligt Tabell 15. En härledning finns i [9] del 1.

Antal axlar kategori 3	a	b	c
4	1	2	-1
6	1/2	3	-1

Tabell 15. Koefficienter för skattning av fördelning av tunga fordon mellan kategori 2 och 3 enligt beräkningsgång ovan.

B2.4. Svenska emissionsdata (fordon med förbränningsmotor)

Svenska emissionsparametrar för fordonskategori 1–3 med förbränningsmotor redovisas i Tabell 16. Värdena i tabellen inkluderar³⁵ uppdaterade anpassningstermer för svenska förhållanden från 2015 [17]. Koefficienter för acceleration/retardation redovisas i Tabell 17.

f (Hz)	Kategori 1				Kategori 2				Kategori 3, fyra axlar			
	a _R (dB)	b _R (dB)	a _P (dB)	b _P (dB)	a _R (dB)	b _R (dB)	a _P (dB)	b _P (dB)	a _R (dB)	b _R (dB)	a _P (dB)	b _P (dB)
25	69,9	33,0	86,8	2,0	76,5	33,0	94,0	0,0	79,5	33,0	94,7	0,0
31	69,9	33,0	88,6	2,0	76,5	33,0	94,7	0,0	79,5	33,0	94,3	0,0
40	69,9	33,0	88,5	0,0	76,5	33,0	95,5	0,0	79,5	33,0	95,2	0,0
50	74,9	30,0	89,5	0,0	78,5	30,0	95,5	0,0	81,5	30,0	100,3	0,0
63	74,9	30,0	93,6	2,0	79,5	30,0	98,5	0,0	82,5	30,0	104,9	0,0
80	74,9	30,0	91,2	2,0	79,5	30,0	98,4	0,0	82,5	30,0	102,4	0,0
100	79,3	41,0	89,0	4,0	82,5	41,0	94,0	0,0	85,5	41,0	98,0	0,0
125	82,5	41,2	84,4	2,0	84,3	41,2	93,5	0,0	87,3	41,2	98,0	0,0
160	81,3	42,3	83,1	2,0	84,3	42,3	92,2	0,0	87,3	42,3	98,3	0,0
200	80,9	41,8	83,1	6,0	84,3	41,8	96,6	0,0	87,3	41,8	98,3	0,0
250	79,9	38,6	84,2	8,2	88,4	38,6	97,7	8,5	91,4	38,6	99,5	8,5
315	79,8	35,5	83,5	8,2	89,2	35,5	98,0	8,5	92,2	35,5	100,0	8,5
400	81,5	31,7	82,6	8,2	93,0	31,7	95,3	8,5	96,0	31,7	99,0	8,5
500	88,0	25,9	77,6	8,2	95,1	25,9	91,2	8,5	98,1	25,9	98,4	8,5
630	89,7	26,5	77,7	8,2	97,5	26,5	89,4	8,5	100,5	26,5	96,4	8,5
800	91,8	32,5	75,8	8,2	97,8	32,5	90,4	12,5	100,8	32,5	92,1	8,5
1000	94,3	37,7	76,3	8,2	96,6	37,7	92,5	12,5	99,6	37,7	92,8	8,5
1250	93,5	41,4	79,4	8,2	94,0	41,4	93,0	12,5	97,0	41,4	92,3	8,5
1600	91,8	41,6	80,7	8,2	92,9	41,6	90,8	12,5	95,9	41,6	89,2	8,5
2000	88,4	42,3	80,4	9,5	89,5	42,3	90,4	12,5	92,5	42,3	90,2	8,5
2500	85,4	38,9	78,3	9,5	85,1	38,9	89,1	12,5	88,1	38,9	87,7	8,5
3150	81,6	39,5	78,8	9,5	82,1	39,5	87,1	12,5	85,1	39,5	85,8	8,5
4000	77,7	39,6	76,9	9,5	79,2	39,6	84,9	12,5	82,2	39,6	84,5	8,5
5000	75,7	39,8	74,9	9,5	76,3	39,8	82,6	12,5	79,3	39,8	82,9	8,5
6300	72,6	40,2	72,1	9,5	74,3	40,2	82,7	8,5	77,3	40,2	83,9	8,5
8000	70,0	40,8	70,1	9,5	75,3	40,8	79,6	8,5	78,3	40,8	80,8	8,5
10000	68,5	41,0	66,5	9,5	78,3	41,0	76,5	8,5	81,3	41,0	77,3	8,5

Tabell 16. Ljudeffektivkoefficienter för Nord2000 kategori 1–3 (referensvägta ABS 11/ABT 11, temperatur 20 °C). Avser fordon med förbränningsmotor.

För kategori 3 beror a_R av antalet axlar som

$$(a_R)_{\text{Kategori 3}} = (a_R)_{\text{Kategori 2}} + 10 \log_{10} \left(\frac{\text{antal axlar}}{2} \right) \quad (1)$$

³⁵ Värdena i tabellen är baserade på emissionskoefficienterna i tabell A.1 i källrapporten från 2006 [23], men anpassningstermerna för svenska, norska och finska förhållanden som redovisas i tabell A.2 i samma rapport är ersatta med uppdaterade anpassningstermer för svenska förhållanden enligt [17].

Fordonskategori	C
Kategori 1	4,4
Kategori 2	5,6
Kategori 3	5,6

Tabell 17. Koefficienter för acceleration/retardation (fordon med förbränningsmotor). Från [23].

B2.5. Approximativa svenska emissionsdata för elfordon

I dagsläget finns det inga officiella svenska emissionsdata för elfordon. Här redovisas approximativa emissionsdata där framdrivningsbullret från elfordon har skattats och kombinerats med de officiella rullbullerkoefficienterna för fordon med fossildrift. Se respektive avsnitt för bakgrundsinformation.

Notera att de redovisade framdrivningsbulleremissionerna har baserats på endast ett eller två elfordon per fordonskategori och att resultaten egentligen bara är giltiga för dessa. Om dessa emissionsdata används för att representera ett generellt trafikflöde med elfordon är det sannolikt att systematiska fel kommer att introduceras. Andra exempel på möjliga felkällor är att rullbullret i medeltal kan vara högre för elfordon än fossilbilar (högre fordonsvikt och högre vridmoment vid hjulen erfordrar kraftigare däck), samt att emissionsdata inte omfattar det lagstadgade varningsljud³⁶ som elbilar måste avge vid låga hastigheter (i EU <20 km/h).

Sammanfattningsvis utgör de i Tabell 18 redovisade emissionskoefficienterna därför inte ett tillräckligt underlag för att representera fordonskategori 1–3 med eldrift generellt, men de kan ändå komma till nytta i särskilda undersökningar av indikerande karaktär.

Fordonskategori 1 med eldrift

För fordonskategori 1 har emissionerna från elfordon approximeras med stöd av resultat från EU-projektet FOREVER [18] som undersökte hur framdrivningsbullret skilde mellan elfordon och fordon med förbränningsmotorer. Underlaget i undersökningen var begränsat till två elfordon. De uppmätta skillnaderna används för att ta fram korrektionstermer för framdrivningsbullret. I Tabell 18 redovisas koefficienterna från Tabell 16 efter addition av dessa korrektioner. FOREVER-korrektionerna anges per oktavband 63 Hz – 4 kHz, och för att kunna användas tillsammans med Nord2000 har de interpolerats samt extrapolerats till tersband 25 Hz – 10 kHz. Projektet publicerade inga koefficienter för acceleration/retardation för elbilar.

Fordonskategori 2 med eldrift

I ett svenskt forskningsprojekt som undersökte effekten av olika motoralternativ för bussar mättes framdrivningsbuller från en buss med hybriddrift (el/diesel) i fordonskategori 2 [19]. De resulterande koefficienterna för framdrivningsbullret redovisas i Tabell 18 tillsammans med de svenska rullbullerkoefficienterna för fordonskategori 2 i Tabell 16. Koefficienten för acceleration/retardation uppmättes till $C = 1,2$.

Fordonskategori 3 med eldrift

De i Tabell 18 angivna emissionerna för ellastbilar i fordonskategori 3 utgår från koefficienterna för fordonskategori 3 i Tabell 16. Den hastighetsoberoende koefficienten för framdrivningsbullret (a_P) men inte hastighetsberoendet (b_P) har korrigerats för att gälla eldrift. Korrektionen har skattats utifrån skillnaden mellan uppmätt ljudeffektnivå hos en lastbil med fossildrift och en snarlik lastbil med eldrift vid i övrigt identiska förhållanden [20]. Koefficienterna för rullbuller (a_R , b_R) har inte korrigerats utan är desamma som i Tabell 16. Inga nya koefficienter för acceleration/retardation.

³⁶ Acoustic vehicle alerting system (AVAS)

f (Hz)	Kategori 1 (elfordon)				Kategori 2 (elfordon)				Kategori 3 (elfordon), 4 axlar			
	a _R (dB)	b _R (dB)	a _P (dB)	b _P (dB)	a _R (dB)	b _R (dB)	a _P (dB)	b _P (dB)	a _R (dB)	b _R (dB)	a _P (dB)	b _P (dB)
25	69,9	33,0	81,8	2,0	76,5	33,0	92,3	25,3	79,5	33,0	83,7	0,0
31	69,9	33,0	83,6	2,0	76,5	33,0	90,0	21,0	79,5	33,0	83,3	0,0
40	69,9	33,0	83,5	0,0	76,5	33,0	94,9	36,7	79,5	33,0	84,2	0,0
50	74,9	30,0	84,5	0,0	78,5	30,0	83,9	28,0	81,5	30,0	84,9	0,0
63	74,9	30,0	88,6	2,0	79,5	30,0	80,9	8,9	82,5	30,0	85,6	0,0
80	74,9	30,0	87,4	2,0	79,5	30,0	82,9	23,7	82,5	30,0	86,3	0,0
100	79,3	41,0	86,2	4,0	82,5	41,0	79,4	18,9	85,5	41,0	87,0	0,0
125	82,5	41,2	82,7	2,0	84,3	41,2	73,2	14,5	87,3	41,2	87,0	0,0
160	81,3	42,3	80,5	2,0	84,3	42,3	66,2	3,9	87,3	42,3	87,3	0,0
200	80,9	41,8	79,7	6,0	84,3	41,8	74,2	9,7	87,3	41,8	87,3	0,0
250	79,9	38,6	80,0	8,2	88,4	38,6	73,4	15,1	91,4	38,6	91,5	8,5
315	79,8	35,5	75,7	8,2	89,2	35,5	80,2	22,2	92,2	35,5	92,0	8,5
400	81,5	31,7	71,1	8,2	93,0	31,7	91,1	34,4	96,0	31,7	91,0	8,5
500	88,0	25,9	62,6	8,2	95,1	25,9	87,5	27,8	98,1	25,9	90,4	8,5
630	89,7	26,5	62,7	8,2	97,5	26,5	91,9	30,6	100,5	26,5	88,4	8,5
800	91,8	32,5	60,8	8,2	97,8	32,5	97,1	41,6	100,8	32,5	84,1	8,5
1000	94,3	37,7	61,3	8,2	96,6	37,7	85,1	30,9	99,6	37,7	84,8	8,5
1250	93,5	41,4	64,4	8,2	94,0	41,4	86,1	30,9	97,0	41,4	84,3	8,5
1600	91,8	41,6	65,7	8,2	92,9	41,6	87,3	30,9	95,9	41,6	81,2	8,5
2000	88,4	42,3	65,4	9,5	89,5	42,3	87,8	30,9	92,5	42,3	82,2	8,5
2500	85,4	38,9	63,7	9,5	85,1	38,9	85,8	30,9	88,1	38,9	79,7	8,5
3150	81,6	39,5	64,6	9,5	82,1	39,5	71,4	11,9	85,1	39,5	77,8	8,5
4000	77,7	39,6	63,1	9,5	79,2	39,6	75,5	19,2	82,2	39,6	76,5	8,5
5000	75,7	39,8	61,1	9,5	76,3	39,8	71,7	14,8	79,3	39,8	74,9	8,5
6300	72,6	40,2	58,3	9,5	74,3	40,2	66,1	9,3	77,3	40,2	75,9	8,5
8000	70,0	40,8	56,3	9,5	75,3	40,8	73,2	18,3	78,3	40,8	72,8	8,5
10000	68,5	41,0	52,7	9,5	78,3	41,0	71,7	22,3	81,3	41,0	69,3	8,5

Tabell 18. Approximativa ljudeffektnivåkoefficienter för Nord2000 kategori 1–3 med elmotor (referensvägta ABS 11/ABT 11, temperatur 20 °C). För kategori 3 beror a_R av antalet axlar enligt ekvation (1).

B2.6. Maximalnivå

Beräkning av maximalnivå från vägtrafik baseras i normalfallet på ett antagande om att maximalnivåerna är statistiskt normalfördelade. I sällsynta fall är fördelningen en annan och kan eventuellt erfordra särskild hantering. Ett hypotetiskt exempel där trafiken inte är normalfördelad, och därmed eventuellt inte heller maximalnivåerna, är en gata där den tunga trafiken är begränsad till ett fåtal bussindivider som går fram och tillbaka hela tiden. Även i ett sådant fall kan dock det vanliga förfarandet fungera tillräckligt bra eftersom $L_{AFmax6e}$ sätter en undre gräns vid medelmaximalnivån, men det bör utredas i det enskilda fallet.

B2.7. Vägytekorrektioner

Tabell 19 och Tabell 20 innehåller α - och β -parametrar för att beräkna hastighets- och frekvensberoende vägytekorrektion för fordonskategori 1–3 enligt

$$\Delta L_{Road,i,j} = \alpha_{i,j} + \beta_{i,j} \cdot \log\left(\frac{v_j}{v_{ref}}\right), \quad (2)$$

där i representerar aktuellt tersband, j representerar aktuell fordonstyp, och $v_{ref} = 70$ km/h [21]. Vid hastigheter under 40 km/h sätts $v = 40$. Vid hastigheter över 90 km/h sätts $v = 90$. Korrektioner finns för vägytor av typen ABT, ABS och TSK (tunnskiktbeläggning).

α	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	4000	5000
ABS 8	-0,27	0,02	0,01	0,15	-0,12	-1,16	-0,60	-1,29	-1,46	-1,69	-1,35	-1,23	-1,21	-1,23	-1,21
ABS 11	0,43	-0,03	0,06	-0,03	0,34	0,14	0,16	-0,17	0,02	0,24	0,41	0,30	0,19	0,30	0,19
ABS 16	3,84	3,29	2,83	2,22	1,68	1,38	0,58	-0,46	-0,05	0,38	0,54	0,10	-0,01	0,10	-0,01
ABT 8	-0,44	-0,28	-0,49	-0,33	-0,77	-1,15	-1,06	-1,02	-1,34	-1,42	-1,28	-0,99	-0,85	-0,99	-0,85
ABT 11	-0,43	0,03	-0,06	0,03	-0,34	-0,14	-0,16	0,17	-0,02	-0,24	-0,41	-0,30	-0,19	-0,30	-0,19
ABT 16	1,49	1,36	0,33	0,50	0,38	1,52	0,98	0,78	1,36	1,30	1,58	1,62	1,34	1,62	1,34
TSK 11	-0,19	0,09	0,41	0,71	0,80	0,17	0,64	0,48	0,36	0,14	0,30	0,44	0,57	0,44	0,57
TSK 16	1,34	1,48	1,34	1,51	0,91	-0,14	-0,67	-1,71	-1,26	-1,18	-1,16	-1,79	-1,73	-1,79	-1,73
β															
ABS 8	5,24	5,88	5,16	2,43	-0,34	-0,08	-1,30	-2,09	-3,73	-2,67	-2,25	-2,58	-2,55	-2,58	-2,55
ABS 11	-3,74	-4,20	-1,21	-0,43	0,98	0,11	1,74	2,87	2,78	3,72	4,67	5,16	5,89	5,16	5,89
ABS 16	5,10	4,62	9,57	6,78	2,17	1,94	1,16	-2,57	-2,85	-0,77	-1,38	-2,76	-3,65	-2,76	-3,65
ABT 8	4,74	4,74	3,64	1,54	-0,61	-0,30	-0,62	-0,69	-2,54	-2,74	-3,31	-2,93	-2,29	-2,93	-2,29
ABT 11	3,74	4,20	1,21	0,43	-0,98	-0,11	-1,74	-2,87	-2,78	-3,72	-4,67	-5,16	-5,89	-5,16	-5,89
ABT 16	1,34	-1,43	3,87	4,26	4,30	2,52	1,80	-2,87	-2,81	-0,34	-0,63	-3,42	-4,07	-3,42	-4,07
TSK 11	2,12	1,90	2,17	0,58	-0,34	0,00	-1,09	-3,00	-4,55	-3,06	-2,61	-3,37	-4,36	-3,37	-4,36
TSK 16	4,21	4,53	8,58	8,20	3,51	2,82	1,46	-1,38	-1,39	-0,04	-0,78	-2,59	-3,25	-2,59	-3,25

Tabell 19. Fordonskategori 1 (lätta fordon). Koefficienter α och β i tersband från 315 Hz – 5 kHz.

α	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	4000	5000
ABS 8	-0,10	-0,09	-0,11	-0,15	-1,59	-1,14	-0,66	-1,81	-1,45	-1,80	-1,64	-1,37	-1,33	-1,37	-1,33
ABS 11	0,30	0,09	0,08	-0,11	-0,13	0,28	-0,15	-0,26	0,09	-0,01	0,13	0,25	0,21	0,25	0,21
ABS 16	4,13	3,52	2,79	1,65	0,51	1,77	-0,09	-0,15	0,85	-0,01	0,33	0,43	0,53	0,43	0,53
ABT 8	-0,34	-0,32	-0,22	0,00	-0,83	-1,46	-0,69	-1,44	-1,55	-1,53	-1,37	-1,39	-1,47	-1,39	-1,47
ABT 11	-0,30	-0,09	-0,08	0,11	0,13	-0,28	0,15	0,26	-0,09	0,01	-0,13	-0,25	-0,21	-0,25	-0,21
ABT 16	2,16	2,22	1,72	1,04	1,65	2,19	0,54	1,76	1,47	1,35	1,54	2,22	2,64	2,22	2,64
TSK 11	0,32	0,35	0,42	0,73	-0,24	-0,09	0,63	0,22	0,41	0,37	0,41	0,20	0,60	0,20	0,60
TSK 16	1,74	2,06	1,53	1,21	-0,50	0,14	-0,75	-1,32	-0,26	-1,70	-1,25	-1,37	-0,78	-1,37	-0,78
β															
ABS 8	3,36	2,67	2,63	2,61	-1,71	-1,09	0,63	-0,29	-0,27	-1,60	-1,87	-2,80	-5,12	-2,80	-5,12
ABS 11	-3,81	-1,36	0,18	0,39	-0,10	0,77	2,83	1,75	2,66	3,64	2,84	2,43	3,22	2,43	3,22
ABS 16	7,56	10,42	11,80	4,95	-1,09	2,50	0,31	-2,28	-1,11	-1,72	-2,06	-5,64	-5,09	-5,64	-5,09
ABT 8	3,31	2,91	2,12	3,49	1,21	-0,07	1,26	0,62	-0,65	-1,90	-2,18	-2,57	-4,28	-2,57	-4,28
ABT 11	3,81	1,36	-0,18	-0,39	0,10	-0,77	-2,83	-1,75	-2,66	-3,64	-2,84	-2,43	-3,22	-2,43	-3,22
ABT 16	4,26	2,34	2,52	1,58	6,11	4,40	-0,77	-2,71	-0,39	-2,22	-4,42	-9,20	-9,62	-9,20	-9,62
TSK 11	2,02	2,11	0,46	1,74	-2,61	-1,67	-0,51	-1,53	-1,58	-2,14	-2,18	-5,57	-4,92	-5,57	-4,92
TSK 16	4,96	6,48	6,54	6,23	0,22	2,38	1,04	-1,49	0,18	-0,37	-1,13	-4,90	-4,30	-4,90	-4,30

Tabell 20. Fordonskategori 2 och 3 (medeltunga och tunga fordon). Koefficienter α och β i tersband från 315 Hz – 5 kHz.

Översätta vägytekorrektioner från Nord96

Vägytekorrektioner som relaterar till någon annan vägytereferens än medelvärdet av ABS 11 / ABT 11 behöver justeras innan de kan användas med Nord2000. För ABT (DAC) och ABS (SMA) med största stenstorlek 8–16 mm kan en frekvensoberoende vägytekorrektion ΔL_{Road} beräknas som

$$\Delta L_{\text{Road}} = RS + 0,25(CS - 11) \text{ dB} \quad (3)$$

där RS (road surface) är $-0,15$ dB för ABT-vägyta och $+0,05$ dB för ABS-vägyta, och CS är maximal stenstorlek (chip size) i millimeter [21]. Ekvationen kan användas för att beräkna skillnaden mellan olika referensvägytor. Korrektioner angivna för Nord96, som har ABS 16 som referens, justeras enligt

$$\Delta L_{\text{Road,Nord2000}} = \Delta L_{\text{Road,Nord96}} + 1,30 \text{ dB} \quad (4)$$

där $+1,30$ dB är skillnaden mellan referensytorna för Nord96 och Nord2000 ($\Delta L_{\text{Road,REF,Nord96}} - \Delta L_{\text{Road,REF,Nord2000}}$) beräknad med ekvation (3). Om en korrektion för exempelvis gatsten anges till $+3$ dB för Nord96 blir därmed motsvarande korrektion för Nord2000 $+4,30$ dB.

Vägytekorrektioner för porösa vägytor

Vägytekorrektioner för porösa vägytor är mindre tillförlitliga än de för vanliga täta vägytor. Såväl trafiksituation, utförande som underhåll är viktiga för hur stor den verkliga bullerreduktionen blir och hur väl den består över tid. Användning av dubbdäck sliter hårt på beläggningarna och slitagepartiklar täpper igen porerna vilket leder till att bullerreduktionen försämras över tid. Dubbdäcken gör också att stenarna i beläggningen behöver vara större än vad som är optimalt ur bullersynpunkt. Svenska försök att lägga dränasfalt har ofta gett resultat med mindre bullerreduktion och med kortare livslängd än avsett, men det finns också lyckade exempel [6][21][29].

B2.8. Vägtemperatur

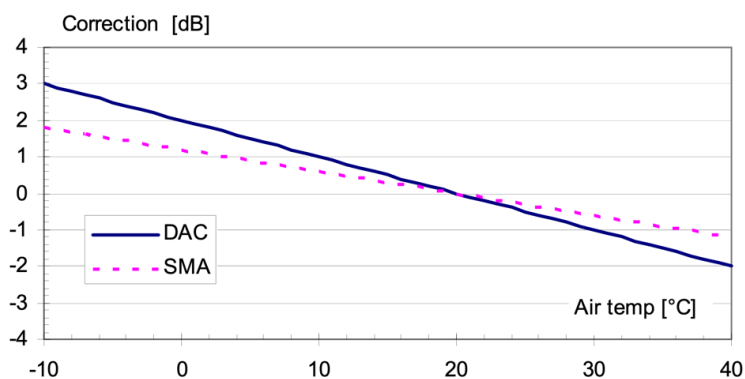
Generellt ökar däck-vägyteemissionen (rullbullret) med sjunkande temperatur. Eftersom det är däcket som emitterar däck-vägbanebullret är det egentligen däckets temperatur som är mest intressant, men av praktiska skäl mäts vägytans eller luftens temperatur.

Nord2000 använder lufttemperatur som inparameter. Korrektionen beräknas enligt

$$L_{\text{WR}}(t) = L_{\text{WR}}(t_{\text{ref}}) + K(t_{\text{ref}} - t) \quad (5)$$

Där L_{WR} är ljudeffektnivå orsakat av rullbuller, t är temperatur mätt i °C, t_{ref} är referenstemperaturen 20 °C, och K är temperaturkoefficienten. Källrapporten för Nord2000 Road anger att K är 0,1 dB/°C för ABT (DAC) och TSK (tunnskiktsbeläggning) och 0,06 dB/°C ABS (SMA). Angiven koefficient avser fordonskategori 1, och för fordonskategori 2 och 3 ska koefficienten delas med 2.

Notera att temperaturen 15 °C normalt ska användas i svenska utredningar, se avsnitt 2.



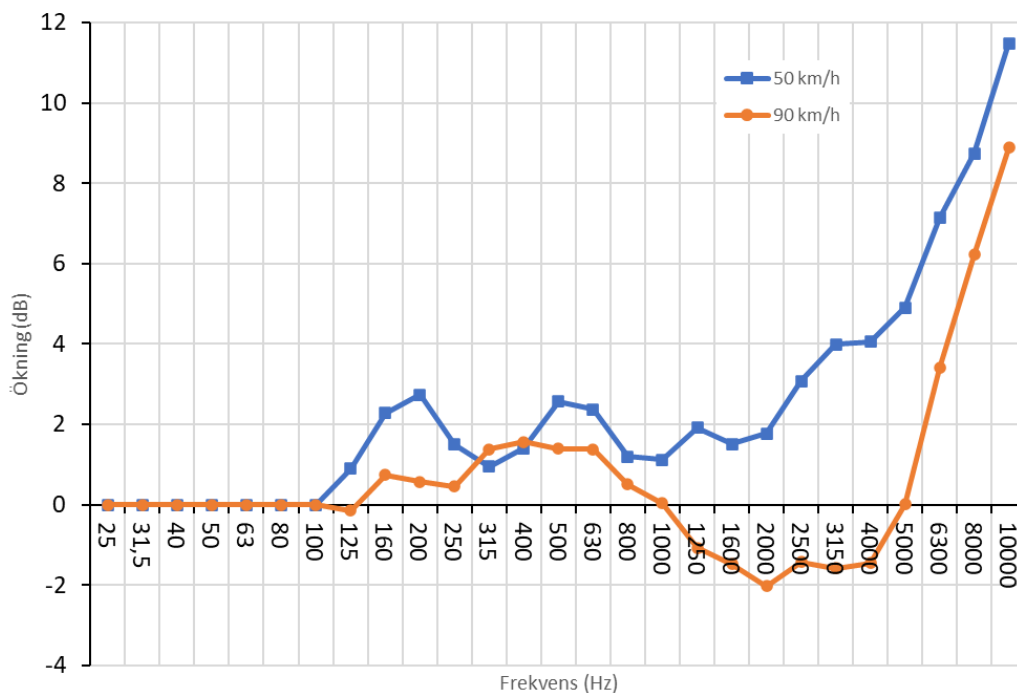
Figur 4. Nord2000 Road, korrektion $\Delta L_{surface}$ för lufttemperatur för ABT (DAC) och ABS (SMA) [3].

B2.9. Dubbdäck

Dubbdäck emitterar generellt mer buller än odubbade däck, i första hand vid högre frekvenser. Friktionsdäck kan däremot antas vara något tystare än vanliga sommardäck, vilket delvis kan kompensera för de bullrigare dubbdäcken.

Nord2000 inkluderar en metod för att ta hänsyn till dubbdäck [23]. Korrektion görs enbart för lätta fordon, kategori 1.

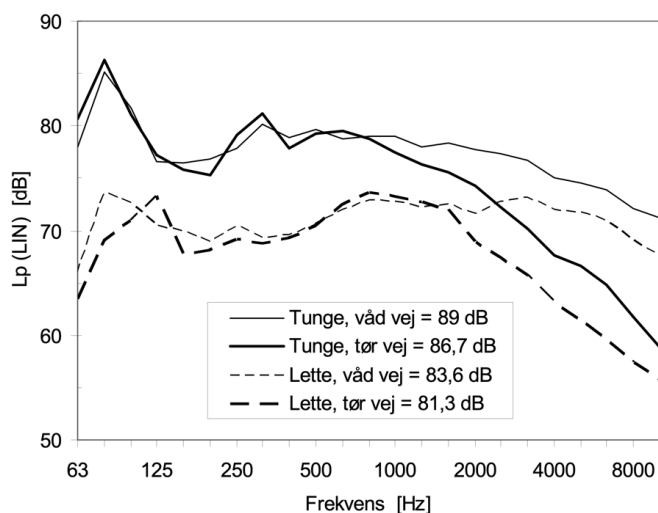
Korrektionen används dock normalt inte i svenska utredningar eftersom nuvarande referensfall avser emission från dubbfria däck, se avsnitt 2.



Figur 5. Exempel på korrektion för dubbdäck hos lätta fordon med Nord2000. De stora korrektionsvärdena vid höga frekvenser får i praktiken inte så stort genomslag på A-vägda ljudnivåer eftersom fordonsemissionen vid motsvarande frekvenser är förhållandevis låg.

B2.10. Våt vägyta

En våt vägbanan kan medföra att bulleremissionen ökar flera dB jämfört med när vägbanan är torr. Hur stor påverkan blir beror på faktorer som vattenmängd, typ av vägyta, bil- och däcktyp, och hastighet. Effekten är främst ett högfrekvent fenomen, ett exempel visas Figur 6.



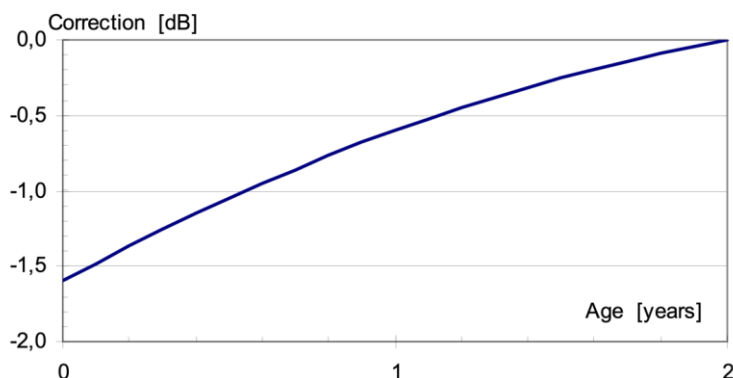
Figur 6. Exempel på bullerspektrum från lätta och tunga fordon på en motorväg med tät asfaltbetong (ABT), 110 km/h [7][27].

I Nord2000 ingår en modell för att korrigera för våt vattenyta. Korrektion görs enbart för lätta fordon, kategori 1, eftersom det inte fanns tillräckligt med data tillgängligt för att dra några säkra slutsatser för övriga fordonskategorier. Det svenska referensfallet relaterar dock till torr vägyta varför korrektionerna normalt inte ska användas (se avsnitt 2).

B2.11. Vägytans ålder

Täta vägbeläggningar

Nord2000 inkluderar en frekvensoberoende korrektion för vägytans ålder hos täta vägbeläggningar (ABS och ABT). Förändringen antas ske under de första två åren, se Figur 7. Vid en beräkning ska vägytans ålder anges, med två år som standardvärde (för andra vägbeläggningar än ABS och ABT sätts ålderskorrektionen till 0 dB genom att ange vägytans ålder till 2 år). Referens är en vägyta som är minst två år gammal men inte i slutet av sin tekniska livslängd.



Figur 7. Ålderskorrektion för ABS- och ABT-vägytor. Korrektionen är 0 dB för vägytor äldre än 2 år [3].

Porösa vägytor

I User's guide Nord2000 Road [3] anges att det tar 7 år för de ljuddämpande egenskaperna hos porösa vägytor (dränasfalt) att försvinna förutsatt att inga dubbdäck tillåts. Svenska erfarenheter är dock att den akustiska livslängden varierar från fall till fall, och att utfallet påverkas av såväl trafiksituation, utförande som underhåll [28]. Ofta har den akustiska livslängden blivit betydligt kortare än 7 år. Ett exempel där en svensk porös vägyta har fungerat bra redovisas i [6][21][29].

Bilaga 3. Spårtrafik

Emissionsdata för beräkning av spårbuller från Trafikverkets banor redovisas i Tabell 21. Samtliga tåg i Tabell 21 använder källhöjder enligt Tabell 22.

B3.1. Emissionsdata

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

Tabell 21. Indata för beräkning med Nord2000 för tåg i trafik på Trafikverkets banor. Källtermer a och b i tersband från 250Hz–10 kHz [32].

Källa	Höjd över RÖK	Frekvensområde
1	0,01 m	25 Hz – 10 kHz
2	0,35 m	25 Hz – 10 kHz
3	0,70 m	25 Hz – 10 kHz
4	–	–

Tabell 22. Källhöjder för samtliga tåg i Tabell 21 [32].

B3.2. Stationer

På de flesta genomfartsstationer kommer vissa tåg att stanna medan andra kör igenom. Tåg som stannar vid stationen bromsar in vid ankomst och accelererar vid avgång, och deras hastighet i stationens närhet kan vara signifikant lägre (i bullerhänseende) än de genomgående tågens. Om en tillräckligt stor andel av tågen stannar kan beräknade ekvivalentnivåer bli för höga om inte hänsyn tas till detta i beräkningen. Likaså kan beräknade maximalnivåer bli för höga ifall de mest bullrande tågtyperna stannar vid stationen men hänsyn inte tas till det.

En osäkerhet är att det utöver de ljudemissioner som predikteras av Nord2000:s källmodell kan tillkomma ljud som hör ihop med inbromsning och acceleration.

Enkelt applicerbara schabloner för svensk hantering saknas. Visst stöd för skattning bör kunna hämtas från tabell 2 i [35]. Ett möjligt underlag kan också vara de uppgifter om retardation och acceleration som används för att tidtabellägga tågen (beror av tågtyp).

Bilaga 4. Statistisk spridningsmodell

Ljudutbredning genom skog och bebyggelse kan även beräknas med en statistisk spridningsmodell (engelska: scattering zones) som ingår i Nord2000. Se [3] för en introduktion. En detaljerad genomgång finns exempelvis i [39] och i [41].

Erfarenheten av att använda modellen är begränsad liksom tillgång till rekommenderade ingångsvärden. Därtill är noggrannheten i enskilda beräkningspunkter låg varför modellen inte kan rekommenderas för vanliga utredningar i bebyggd miljö (exempelvis planärenden) utan får ses som ett kompletterande verktyg för särskilda tillämpningar.

Ifall modellen används för att undersöka effekten av skog är det nödvändigt att beakta att egenskaperna kan variera över tid. Exempelvis kan trädens egenskaper skifta över året och skogen kan komma att avverkas med jämna mellanrum.

Ett exempel på ingångsvärden för skog som hämtats från rapporten med testfall för vägtrafik redovisas i Tabell 23 [40]. Enligt uppgift valdes värdena så att skogen gav approximativt samma dämpning som motsvarande beräkning med ISO 9613–2 [42]. Verifiering mot verkliga fall saknas dock.

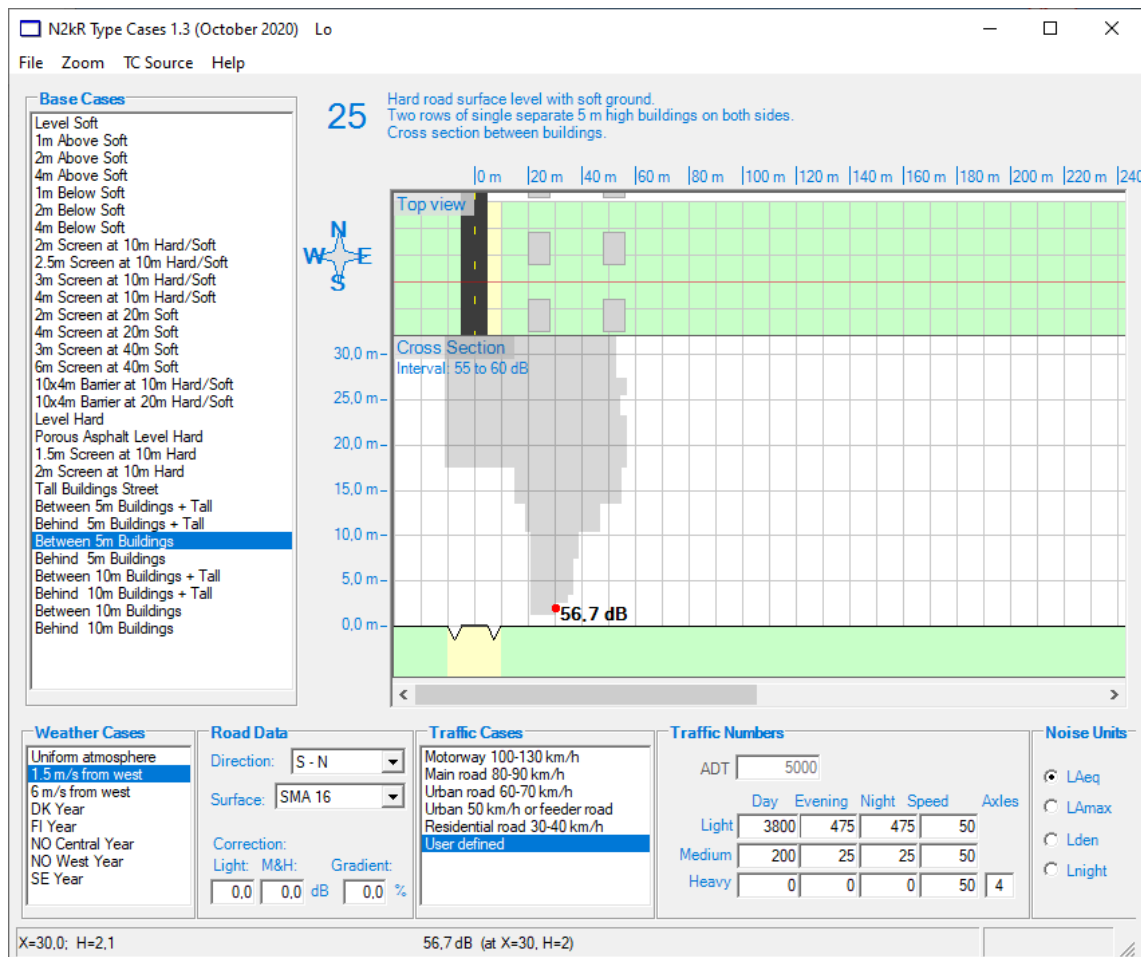
Parameter	Värde	Kommentar
nQ	0,075 m ⁻¹	För skog är nQ produkten av trädens medeldiameter (här 0,3 m) och trädtheten per m ² (här 0,25 m ⁻²).
H	10 m	Skogens medelhöjd över marken.
α	0,1	Absorptionskoefficient (medelvärde).
k _p	1,25	
a _{trunc}	0,15 m	Trädens medelradie.

Tabell 23. Exempel på ingångsvärden för skog.

Bilaga 5. Typfallsprogramvara

N2kR-TC³⁷ är ett Windowsprogram med typfall för buller från vägtrafik som beräknats med Nord2000 [43]. Samtliga typfall som redovisas i Nord96 väg finns med och några till [14]. Programmet är gratis och kan laddas ned från www.sintef.no/n2kr.

Det går att avläsa ljudnivå i en utvald punkt upp till 500 m från vägen och upp till 30 m ovanför marken. Samtliga fall avser 2D-situationer, vilket till exempel innebär att skärmarna är oändligt långa (ändliga skärmar kommer vara mindre effektiva).



Figur 8. Användargränssnitt hos typfallsprogrammet N2kR-TC.

Ljudnivå visas genom att klicka på en punkt i fönstret med den vertikala sektionen. Ett dubbelklick visar ett 5 dB-intervall. Beräkningspunktens avstånd (X) från vägmitt och dess höjd (H) ovanför marken visas längst ned.

Uppe till vänster finns en lista med de totalt 30 olika tvärsnitten³⁸ ("base cases"). I programfönstrets undre del väljs väderfall, vägens riktning relativt väderstreck, vägtyta, vägens stigning, övriga korrekationer för lätta respektive tunga fordon, trafikfall och -flöden, samt ljudmått.

³⁷ Förkortning för Nord2000 Road Type Cases.

³⁸ Av oklar anledning visas texten "Warning!" när tvärsnitt "Porous Asphalt Level Hard" väljs. Funktionen är tyvärr odokumenterad.

Vägytorna "SMA 16" (ABS 16) och "AC 12 d" (ABT 12) avser svenska förhållanden. Av de valbara väderfallen bör "1,5 m/s from west" användas tillsammans med att vägens riktning väljs till "S-N" eftersom det är det alternativ som ligger närmast referensvädret enligt avsnitt 2.

"LAeq" ger dygnsekvivalent ljudnivå. "LAmx" svarar mot LAFmax5%, det vill säga den maximalnivå som överskrids av 5 % av fordonen³⁹.

Notera att LAFmax5% är ett maximalnivåmått som används i Norge men som inte ska användas i Sverige. Maximalnivån som redovisas i N2kR-TC går alltså inte att jämföra direkt mot ett svenskt riktvärde för LAFmax6e (maximalnivån för den sjätte mest bullrande passagen, det vill säga den maximalnivå som överskrids högst fem gånger). Det går att räkna om från LAFmax5% till LAFmax6e med hjälp av excelbladet "Lmax5perc till Lmax6e.xlsx" som finns att hämta på Kunskapscentrum om bullers hemsida⁴⁰. Då byts samtidigt äldre standardavvikelserna från Nord96 ut mot nya enligt [47].

Exempel maximalnivå nattetid: För situationen i Figur 8 ger N2kR-TC att **LAmx = 71,3 dBA** (pröva gärna själv). Den bullrigaste fordonstypen är i detta fall medeltunga fordon, det vill säga **kategori 2**. Enligt trafikuppgifterna **passerar 25 medeltunga fordon nattetid**. När man matar in de tre uppgifterna i excelbladet får man att LAFmax6e = 66,5 dBA.

Mjuk mark (markerad grön färg) har modellerats med impedansklass D, och hård mark (gul färg) med impedansklass G. Vägytan har också modellerats med impedansklass G. Vägen är 10 m bred med en linjekälla i vägmitt med all trafik. Vägbank/skärning lutar 33 grader (motsvarar lutning 1:1,5). I fallet där vägen inte är på en vägbank eller går i skärning ligger vägytan 20 cm högre än marken. Emissionen har beräknats med koefficienter enligt tabell A.1, inklusive korrektioner enligt tabell A.2 i [23] för svenska, norska och finska vägar. Maximalnivåerna är baserade på samma standardavvikelser som i Nord96 [14]. Luftens absorption har beräknats för schablonen i avsnitt 2. Ingen korrektion har gjorts för vägytans temperatur⁴¹.

N2kR-TC togs fram under forskningsprojektet Nord2000 Road (2005–2006). Mjukvaran har uppdaterats sedan dess men enbart i syfte att upprätthålla kompatibilitet med Windows, och de ändringar av Nord2000 och emissionsdata som har gjorts efter 2007 finns inte med [43]. Ljudnivåer som beräknas med senaste uppdatering av Nord2000 och nyare emissionsdata kommer därför skilja något mot de som tas fram med N2kR-TC även om det beräknade fallet i övrigt är identiskt med det i N2kR-TC. Därutöver kan typfallen som ingår i N2kR-TC i princip aldrig stämma exakt med en verklig situation. Utgångspunkten bör därför vara att det inte är tillfyllest att använda N2kR-TC för att ta fram ett underlag till detaljplan, bygglov etc.

³⁹ Beräknas för den mest bullrande fordonstypen som förekommer i trafikflödet. Kategori 3 bullrar mer än kategori 2 som bullrar mer än kategori 1.

⁴⁰ kunskapscentrumbuller.se

⁴¹ Emissionen har beräknats med koefficienter enligt tabell A.1 i [23]. Vägytorna SMA 16 och AC 12 d som avser svenska förhållanden inkluderar korrektioner enligt tabell A.2 i [23].

Bilaga 6. Road traffic, notations on calculating $L_{\max, n^{\text{th}}}$ in Sweden (Appendix 6)

This section is written in English to facilitate for developers who are implementing calculation of maximum level from road traffic in software.

B6.1. Background: Swedish guidelines for maximum level from road and rail traffic
The intent of this section is to provide English-language readers with a quick overview.
Misinterpretations may occur, the text does not replace the original documents.

Several Swedish guidelines and regulations contain limits for maximum level from road and rail traffic. However, one should be aware that they do not use precisely the same definition, and hence calculation software needs to offer a certain amount of room for adaptation in the individual case.

Basically, they usually apply a statistical approach and express the limit as a maximum level that must not be exceeded more than five times during a specified period. In other words, the sixth highest maximum level, $L_{AF\max, 6^{\text{th}}}$, must fulfill the limit. Often but not always, there is an additional condition that the limit must not be exceeded by more than a certain number of dB (for example 10 dB). In general, the limits are valid for an annual average daily traffic volume (AADT), meaning that $L_{AF\max, 6^{\text{th}}}$ should represent a yearly average.

Below is a short summary of how L_{\max} limits are specified in some of these guidelines.

Swedish regulation on traffic noise outside new dwellings [11] specifies a limit of $L_{AF\max} = 70$ dBA for patios. The limit must not be exceeded by more than 10 dB, and not more than five times per hour during day and evening (06–22). The regulation furthermore specifies that the maximum level should be assessed for the noisiest vehicle type.

Another guideline is Boverket's⁴² building regulations [44] (i. e. for new buildings) that specifies a limit of $L_{AF\max} = 45$ dBA in bedrooms and living rooms. The limit must not be exceeded more than five times during the night (22–06) and not by more than 10 dB. As with the regulation on traffic noise above, maximum level should be assessed for the noisiest vehicle type.

Trafikverket⁴³ has a guideline that is valid for infrastructure within their area of responsibility (state roads and railroads). Separate limits are specified for two different cases: (1) *new construction and substantial remodeling*, and (2) *existing infrastructure* [45].

The former (1) states that $L_{AF\max} = 45$ dBA in bedrooms and living rooms must not be exceeded more than five times 22–06 and not by more than 5 dB (i. e. somewhat stricter than Boverket). Furthermore, $L_{AF\max} = 70$ dBA must not be exceeded more than five times per hour 06–22 at patios, and never be higher than 80 dBA.

The latter (2) states that $L_{AF\max} = 55$ dBA must not be exceeded more than five times per night (22-06) in bedrooms and living rooms. Here, no additional terms are included.

Naturvårdsverket⁴⁴ has a guideline with noise limits that is used for supervision of noise from road and rail traffic at already existing dwellings [46]. For houses built no later than 1997 $L_{AF\max} = 55$ dBA from rail traffic (not specified for road traffic) must not be exceeded more than five times in

⁴² The Swedish National Board of Housing, Building and Planning.

⁴³ The Swedish Transport Administration.

⁴⁴ Swedish Environmental Protection Agency.

bedrooms and living rooms during night 22–06 on an average day, which is in line with Trafikverket’s guideline for existing infrastructure. For patios $L_{AFmax} = 70$ dBA must not be exceeded more than five times per hour 06–22.

It is in general implied that the passages should occur regularly, but there is no official definition of what that means.

Maximum levels on patios should be evaluated for an hour representing mean traffic 06–22⁴⁵.

B6.2. Calculation of L_{max} for a normally distributed road traffic flow

Road traffic maximum level is calculated for single vehicle passages, assuming a traffic flow with normally distributed maximum levels from individual vehicles.

The A-weighted maximum level with time weighting F of the n :th highest level of N vehicles passing by during a specified time period is given by

$$L_{AFmax,nth} = L_{AFmax,amean} - \Phi^{-1}\left(\frac{n}{N}\right) \cdot s, \quad \Phi^{-1}\left(\frac{n}{N}\right) \leq 0 \quad (6a)$$

$$L_{AFmax,nth} = L_{AFmax,amean}, \quad \Phi^{-1}\left(\frac{n}{N}\right) > 0 \quad (6b)$$

where $L_{AFmax,amean}$ is the arithmetic mean value given by equation 2.13 in [23], s is the standard deviation of the maximum level (given per vehicle category) and Φ^{-1} is the probit⁴⁶ function.

In order to avoid uncertainties and discontinuities at very low traffic flows, it has been decided that the outcome of Φ^{-1} should be limited to values ≤ 0 [19], which can be achieved by restricting n/N to $\leq 0,5$.

The Nord2000 road source report describes how the minus value of the probit function ($-\Phi^{-1}$) as an alternative can be approximated by the polynomial P ,

$$P(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6 + a_7x^7, \quad x = \frac{100 \cdot n}{N} \quad (7)$$

using the coefficients in Tabell 24. Equation (6a) and (6b) would then become (note the opposite sign of P compared to Φ^{-1}):

$$L_{AFmax,nth} = L_{AFmax,amean} + P\left(\frac{100 \cdot n}{N}\right) \cdot s, \quad P\left(\frac{100 \cdot n}{N}\right) \geq 0 \quad (8a)$$

$$L_{AFmax,nth} = L_{AFmax,amean}, \quad P\left(\frac{100 \cdot n}{N}\right) < 0 \quad (8b)$$

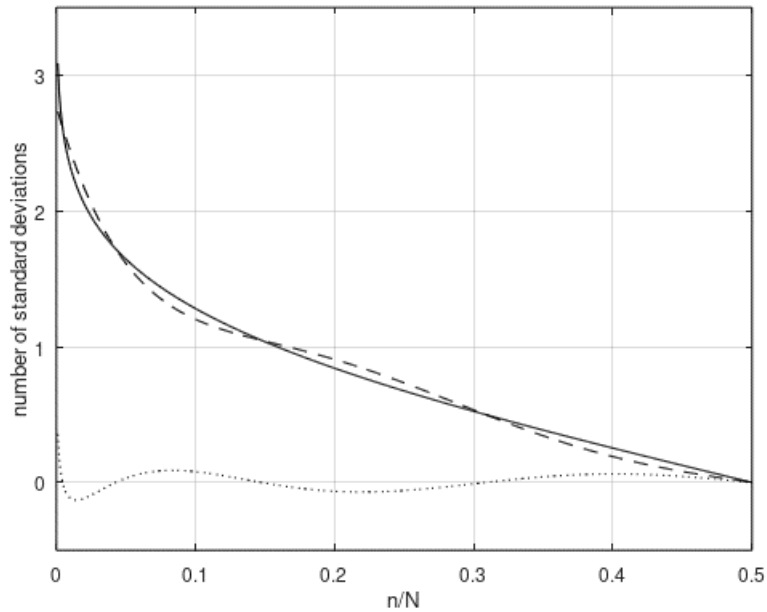
However, the approximation reduces accuracy and should be avoided if possible, see Figur 9.

⁴⁵ Previously, maximum levels at patios have been evaluated for the hour with the most traffic 06–22.

⁴⁶ The probit function is the inverse of the cumulative distribution function of the standard normal distribution. If the function is not included in the compiler in question, precalculated values in Tabell 25 can be used. Calculate arbitrary percentages as linear interpolation between the tabular values. For $x < 0,001$, use $x = 0,001$.

coefficient	value
a ₇	-0,0000000001130
a ₆	0,00000000395695
a ₅	-0,00000055493824
a ₄	0,00003978754303
a ₃	-0,00154675475318
a ₂	0,03207776088465
a ₁	-0,35743879311349
a ₀	2,76935096017743

Tabell 24. Coefficients in the polynomial P approximating the minus value of the probit function [23].



Figur 9. Solid line: the minus value of the probit function ($-\Phi^{-1}$). Dashed line: polynomial approximation P. Dotted line: difference between $-\Phi^{-1}$ and P.

In most cases standard deviation values according to equation (3)–(5) can be used [47]:

$$\sigma_{LAFmax,cat1} = 6,0e^{-0,47v/50}, \quad v = 30\text{--}130 \text{ km/h} \quad (9)$$

$$\sigma_{LAFmax,cat2} = 3,6e^{-0,25v/50}, \quad v = 30\text{--}110 \text{ km/h} \quad (10)$$

$$\sigma_{LAFmax,cat3} = 4,8e^{-0,4v/50}, \quad v = 30\text{--}110 \text{ km/h} \quad (11)$$

At speeds below 30 km/h, replace v in equation (9)–(11) with 30. At speeds above 130 km/h, replace v in equation (9) with 130. At speeds above 110 km/h, replace v in equation (10) and (11) with 110.

The standard deviations in equation (9)–(11) include contributions from technical differences between vehicles and from normal speed distributions. For other speed distributions, for example on roads with speed cameras, other standard deviations might need to be applied, see [47].

B6.3. Calculation of L_{max} from road traffic adapted to Swedish regulations
In the normal case, a software implementation of calculation of maximum level from road traffic should fulfill point 1–4 below. N corresponds to the number of vehicles in one of the three vehicle categories (1=light, 2=medium heavy, 3=heavy) during a specified period of a day (either per hour 6–22, or night 22–06)⁴⁷.

1. The periods currently used in Sweden for calculating L_{max} are

- night 22–06, and
- a mean hour 06–22.

The indata needed is normally the corresponding N for the noisiest vehicle category for those two time periods. However, it should as an alternative also be possible to use N for a vehicle category that is not the noisiest one.

2. Calculate L_{max} for the noisiest vehicle category (of the investigated traffic flow), meaning that

- if there are any category 3 vehicles during the calculated period ($N \neq 0$ for category 3 for that period), L_{max} is calculated for category 3
- if there are no category 3 vehicles during the calculated period ($N = 0$ for category 3 for that period), and there are any category 2 vehicles during the calculated period ($N \neq 0$ for category 2 for that period), L_{max} is calculated for category 2
- if there are no category 3 or category 2 vehicles during the calculated period ($N = 0$ for category 3 and $N = 0$ for category 2 for that period), and there are any category 1 vehicles during the calculated period ($N \neq 0$ for category 1 for that period), L_{max} is calculated for category 1.

However, as not all regulations stipulate that L_{max} should be evaluated for the noisiest vehicle type, it should also be possible for the user to calculate L_{max} for a vehicle category that is not the noisiest one, for example by editing the traffic data.

3. n should be an integer $1 \leq n \leq 6$,

meaning that it should only be possible to calculate $L_{max,n}^{th}$ using $n = 1, 2, 3, 4, 5$ or 6 .

4. In the calculation of Φ^{-1} and P , n/N should be restricted to $\leq 0,5$ (so that $\Phi^{-1} \leq 0$ and $P \geq 0$), equivalent to that if the number of vehicles in a category during the calculated period, N , is less than $2 \cdot n$, N should be replaced with $2 \cdot n$. That is

- $\Phi^{-1}(n/N)$ for $N \geq 2 \cdot n$,
- $\Phi^{-1}(1/2)$ for $N < 2 \cdot n$,
- $P(100 \cdot n/N)$ for $N \geq 2 \cdot n$, and
- $P(50)$ for $N < 2 \cdot n$.

⁴⁷ For example, using $ADT = 10\,000$, with 4 % of the traffic being category 3, and assuming that 12 % of the traffic occurs during night, N for category 3 during night will be 48 vehicles ($10000 * 0,04 * 0,12 = 48$).

