

Beräkning av vägtrafikbuller med CNOSSOS-EU, Nord2000 och Nord96 En underlagsrapport

Andreas Gustafson, Gärdhagen Akustik AB

Anders Genell, VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut

2022-04-13

Förord

Denna rapport är ett underlag till arbetet inom projektet Kunskapscentrum om buller. Projektet har letts av VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut på uppdrag av Boverket, Naturvårdsverket, Trafikverket och Transportstyrelsen.

Göteborg 13 april 2022

Andreas Gustafson, Gärdhagen Akustik AB

Introduktion

Från och med 1 januari 2019 ska EU:s medlemsländer använda beräkningsmetoden CNOSSOS-EU vid strategisk kartläggning, bullerkartläggning i enlighet med EU:s omgivningsbullerdirektiv [1]. Den svenska strategiska kartläggningen har tidigare utförts med Nord96 (SNV rapport 4623), som är primär inhemsk metod för beräkning av vägtrafikbuller.

Det pågår också diskussioner om att ersätta befintliga inhemska beräkningsmetoder för väg- och spårbuller med en ny gemensam metod för båda trafikslagen, föreslagna kandidater är CNOSSOS-EU och Nord2000. En inhemsk metod ska ha god noggrannhet i normalt komplexa beräkningssituationer och behöver kunna simulera det referensväderfall som de svenska riktvärdena avser. Det bör också gå att beräkna ett årsmedelvärde med god noggrannhet eftersom det i framtiden kan bli aktuellt att gå över till att ange inhemska riktvärden i L_{den} och L_{night} .

CNOSSOS-EU kräver mer detaljerade och delvis annorlunda indata än Nord96, medan skillnaderna mellan CNOSSOS-EU och Nord2000 i det avseendet är små. Den högre detaljeringsgraden ökar möjligheterna att bygga upp verklighetstroga modeller och erhålla realistiska resultat. Samtidigt behöver fler val göras under modelleringsarbetet, vilket innebär en ökad risk för att olika beräkningsutförare räknar fram olika resultat om det saknas tydliga anvisningar.

Avsikten med det arbete som redovisas här har varit att identifiera hur metodernas behov av indata skiljer sig åt, diskutera och ge förslag på hur data bör väljas vid i första hand strategisk bullerkartläggning¹, samt att belysa i vilken utsträckning metoderna kan förväntas ge olika beräkningsresultat. Därtill är förhoppningen att underlagsrapporten, främst den andra delen, också ska kunna användas som underlag vid myndigheternas beslut om val av framtida inhemsk beräkningsmetod, samt belysa behov av vidareutveckling av den valda metoden.

Del 1 – Nya indata till beräkning med kartläggningsprogram

I denna del presenteras vilka nya indata och parametrar som erfordras när beräkningar utförs med CNOSSOS-EU istället för som tidigare Nord96. Parallellt görs även jämförelser med Nord2000. Rapporten ger förslag på hur underlag och parametrar bör väljas, och identifierar behov av att ta fram kompletterande indata.

Del 2 – Skillnader i resultat, beräkningstekniska aspekter, samt slutsatser och rekommendationer

Förhållandet mellan beräkningsmetod, ljudmått och riktvärden diskuteras. I ett avsnitt om osäkerheter undersöks teoretiska avvägningar och approximationer i

¹ För specifika anvisningar vid strategisk kartläggning se [2].

utbredningsmodellerna, och tidigare genomförda valideringar med uppskattade osäkerheter går igenom.

Ett stort antal beräkningar med specifikt svenska källdata har gjorts med CNOSSOS-EU, Nord96 och Nord2000. Resultat från fullskaliga modeller samt några kompletterande enkla typfall jämförs och diskuteras med avsikt att belysa vilka skillnader man kan förvänta sig mellan metoderna, och baserat på det även kommentera noggrannhet för några olika fall.

Uppmätta beräkningsbördor redovisas och behov av datorkraft kommenteras. Arbetsbörda för den som utför beräkningarna diskuteras.

För- och nackdelar med att använda CNOSSOS-EU och Nord2000 för inhemska bullerberäkningar diskuteras.

Rapporten avslutas med slutsatser och rekommendationer.

Del 1 – Indata

Sammanfattning del 1

Den uppdelning av tunga fordon i två separata kategorier som ingår i Nord2000 och CNOSSOS-EU framkallar behov av schabloner och nya produkter för trafikdata. Tvåhjulringar kan hanteras separat istället för att som hittills ingå i kategorin lätta fordon. Relativt Nord96 innehåller CNOSSOS-EU och Nord2000 också flera nya emissionskorrektioner, möjlighet till ett mer detaljerat underlag för markdämpning, och de kan i olika grad ta hänsyn till vädrets påverkan på ljudutbredningen.

Rapporten innehåller en sammanställning över de nya indata och inparametrar som tillkommit i CNOSSOS-EU och Nord2000 jämfört med Nord96, ger förslag på hur underlag och parametrar bör väljas, och identifierar behov av att vidareutveckla eller ta fram kompletterande indata.

Specifika anvisningar för strategisk kartläggning med CNOSSOS-EU ges dock inte i denna rapport utan i [2].

Innehållsförteckning

Förord	2
Introduktion	3
Sammanfattning del 1	5
Innehållsförteckning	6
Översiktlig jämförelse av metodernas indata	8
1 Emission	12
1.1 Fordonskategorier	12
1.1.1 Kategorier i källmodellerna	12
1.1.2 Trafikräkningar	13
1.1.3 Fördelning mellan fordonskategori 1–3	18
1.1.3.1 Fördelning baserad på schabloner	19
1.1.3.2 Fördelning baserad på trafikuppgifter i NVDB	21
1.1.3.3 Hastighet per kategori	22
1.1.4 Bestämma ÅDT med andra metoder än traditionell trafikmätning	23
1.1.5 Alternativa metoder	23
1.2 Separat emission däck/vägbana respektive motor	24
1.3 Svenska emissionsdata	24
1.3.1 Svenska emissionskorrektioner för ursprungsversionen av CNOSSOS-EU	25
1.3.2 Svenska emissionskorrektioner för den reviderade versionen av CNOSSOS-EU	25
1.3.3 Svenska emissionskorrektioner för Nord2000	27
1.4 Referensvägtyta	29
1.5 Korrektioner för andra vägytor än referensvägtytan	29
1.6 Parameter för vägytans temperatur	31
1.7 Parameter för andel av året med våt vägyta	35
1.8 Parameter för vägytans ålder	37
1.9 Parameter för andel lätta fordon med dubbdäck	38
1.10 Emissionskorrektion vid korsning/rondell och andra icke jämna trafikflöden	41
1.11 Korrektion för stigning	44
2 Markdämpning	44
2.1 Markabsorption	44
2.1.1 Dataunderlag	46
2.1.1.1 Visuellt inspektion	46
2.1.1.2 Schabloner	46

2.1.1.3	Fastighetskartan	47
2.1.1.4	Nationella Marktäckedata	49
2.2	Markens ytråhet	50
3	Meteorologi.....	51
3.1	Refraktion	51
3.2	Luftabsorption.....	55
3.3	Turbulens	57
	Referenser	59
	Appendix 1.....	62
	Härledning av beräkning fördelning fordonskategori 2 och 3.....	62
3.3.1	Kategori 3 antas ha 4 axlar (2 axelpar).....	62
3.3.2	Kategori 3 antas ha 5 axlar (2,5 axelpar).....	62
3.3.3	Kategori 3 antas ha 6 axlar (3 axelpar).....	63
3.3.4	Kategori 3 antas ha 7 axlar (3,5 axelpar).....	63

Översiktlig jämförelse av metodernas indata

Vad gäller vägtrafikbuller förblir stora delar av det praktiska arbetet vid en kartläggning enligt förordning 2004:675 oförändrat efter övergången till CNOSSOS-EU, men det finns en del nyheter. I jämförelse med när kartläggning utförs med Nord96 är vissa inparametrar annorlunda och några nya har tillkommit. Vid motsvarande jämförelse med Nord2000 är skillnaderna få eftersom CNOSSOS-EU och Nord2000 i stort sett har samma inparametrar.

Strategisk och inhemsk kartläggning har dock olika behov av noggrannhet, och delvis olika behov av indata. Vid strategisk kartläggning efterfrågas verkliga årsmedelvärden av dag-kväll-natt-vägda ekvivalentnivåer. Inhemska utredningar baseras istället på dygnsekvivalent nivå samt maximalnivå, beräknade med årsmedeldygnstrafik för ett specifikt referensväder. En annan skillnad är att strategisk kartläggning har ett relativt lågt krav på noggrannhet i enskilda punkter, det räcker att resultatet i medeltal är tillräckligt korrekt. Vid inhemska beräkningar behövs i de flesta fall god noggrannhet i samtliga beräknade punkter.

I Tabell 1 redovisas en översikt över hur indata och varierbara parametrar skiljer mellan modellerna. Efterföljande text innehåller en mer utförlig redogörelse för respektive punkt.

Några av de underlag som behövs för att kunna göra en god kartläggning saknas eller har behov av att förbättras. Dessa identifieras och diskuteras i texten, se Tabell 2 för en sammanställning.

Indata/parameter	Nord96	CNOSSOS-EU	Nord2000
1 Emission			
1.1 Fordonskategorier	Två kategorier: lätta och tunga fordon	Totalt fem kategorier varav tre som täcker in kategorierna i Nord96: lätta, medeltunga och tunga fordon. Därutöver en kategori med tvåhjuliga motorfordon (moped och motorcyklar) samt en odefinierad kategori för eventuella framtida behov.	Totalt fem kategorier varav tre täcker in kategorierna i Nord96: lätta, medeltunga och tunga fordon. Därutöver en kategori med andra tunga fordon som anläggningsmaskiner och lantbruksmaskiner, samt en kategori med tvåhjuliga motorfordon (moped och motorcyklar).
1.2 Separata emissionsdata däck-/vägbanebuller och framdrivningsbuller	Nej	Ja. Förenklad modell i avseendet att allt buller emitteras från samma höjd över vägytan.	Ja. Mer realistisk källmodell än CNOSSOS-EU i och med att bullret emitteras från flera höjder över vägytan.
1.3 Svenska emissionsdata	Ja, från början av 1990-talet.	Ja, genom korrekationer baserade på SP Rapport 2015:72 (SPR2015:72)	Ja, genom korrekationer baserade på SPR2015:72
1.4 Referensvägtyta	SMA 16 är referensvägtyta	Referensyta är medelvärde av DAC 11 och SMA 11, 2–7 år gammal. (Korrekationer för svenska förhållanden, baserade på SPR2015:72, gäller dock inte referensytan, utan ett mindre antal vanliga vägytor.)	Referensvägtyta är ett medelvärde av DAC 11 och SMA 11, 2–7 år gammal
1.5 Korrektion för annan vägtyta än referensytan	Entalskorrekationer för olika vägytor.	Korrektioner anges per oktavband. Svenska korrekationer finns för ett mindre antal vanliga vägytor. CNOSSOS-EU anger korrekationer för ytterligare några olika vägytor som dock inte är typiska för svenska vägar, och det är inte verifierat om de stämmer för svenska förhållanden.	Korrektioner anges i första hand frekvensoberoende, men kan även anges per tersband ² . Modell finns för att beräkna korrektion för DAC och SMA med stenstorlek 8–16 mm. Metod finns för att beräkna korrektionens årsmedelvärde, baserat på hur temperatur och förekomst av våt vägtyta varierar över dygn och år.
1.6 Parameter för vägytans temperatur	Nej	Ja	Ja. Se kommentar under punkt 1.5.
1.7 Parameter för andel av året med våt vägtyta	Nej	Nej	Ja. Se kommentar under punkt 1.5.
1.8 Parameter för vägytans ålder	Vägytekorrekationer redovisas separat för nylagd respektive äldre vägtyta för ett antal olika vägbeläggningar.	Nej, men vägytekorrektionerna ska representera medelvärden över den tekniska livslängden	Ja

² Emissionskoefficienterna för däck/vägbana korrigeras per tersband.

Indata/parameter	Nord96	CNOSSOS-EU	Nord2000
1.9 Parameter för andel lätta fordon med dubbdäck	Nej	Ja	Ja
1.10 Korrektion vid korsning/rondell, respektive godtyckliga (icke-jämna) trafikflöden	Korrektion för rondell eller korsning med/utan trafikljus kan göras i enlighet med rekommendationer i Nord2000. Kan inte hantera godtyckliga icke-jämna flöden.	Modell finns som simulerar trafikflöde vid trafikljus och rondeller. Kan inte hantera godtyckliga icke-jämna flöden.	Finns rekommendationer för korrigering av emissionen vid korsningar och rondeller. Har parameter för justering av acceleration, och kan därmed hantera godtyckliga icke-jämna flöden.
1.11 Korrektion för stigning	Ja	Ja	Ja
2 Markdämpning			
2.1 Markabsorption	Anges med en dimensionlös konstant som kan anta värdena 0 (hård mark) eller 1 (mjuk mark).	Anges med en dimensionlös konstant som kan anta värdena 0 (hårda ytor), 0,3 (komprimerad tät mark, t ex grusväg), 0,7 (komprimerad mark) eller 1 (mjuk mark).	Anges med markens flödesmotstånd som delas in i åtta klasser, från A (mycket mjuk mark, snö eller mossliknande) till H (mycket hård och tät mark, t ex tät asfalt, betong, vatten).
2.2 Parameter för markens ytråhet?	Nej	Nej	Ja
3 Meteorologi			
3.1 Refraktion	Motsvarar en lätt gynnsam ljudutbredning. Ej varierbar refraktion.	Varierbar mix mellan två fall: neutral ljudutbredning respektive ett ej varierbart fall med gynnsam ljudutbredning.	Fullt stöd för alla okomplicerade ³ fall av refraktion.
3.2 Luftabsorption	Stöds ej	Stöds, baseras på luftfuktighet, lufttryck och temperatur	Stöds, baseras på luftfuktighet, lufttryck och temperatur
3.3 Turbulens	Omnämns ej i metoden. Finns sannolikt ändå med i empiriska justeringar.	Hänsyn tas genom fasta empiriska korrekationer som användaren ej kan variera	Stöds

Tabell 1. Översikt indata

³ Okomplicerade väderbetingelser i betydelsen att ljudhastigheten antingen ökar eller minskar monotont med höjden, utan signifikanta hopp hos ljudhastighetsgradienten [16].

Beskrivning	se vidare
1 Undersök alternativa metoder för att uppskatta trafikflöde på vägar som saknar uppmätt ÅDT.	sid 13, 23
2 Undersök hur stor osäkerhet det blir om ÅDT hämtas från modellen SAMPERS eller motsvarande.	sid 23
3 Vidareutveckla Trafikverkets redovisning av trafikmätningar så att den motsvarar fordonskategorier i CNOSSOS-EU och Nord2000.	sid 15, 16
4 Om CNOSSOS-EU eller Nord2000 ska användas för inhemska beräkningar behöver L_{max} kunna beräknas. CNOSSOS-EU saknar idag metod. Nord2000 har metod men den är inte implementerad i programvara.	sid 16
5 Angående föregående punkt: För att kunna beräkna L_{max} från tvåhjulringar behöver emissionsdata tas fram.	sid 16
6 Kvalitetssäkra schabloner för trafikens fördelning över fordonskategori 1–3, samt fördelning över dygn.	sid 19
7 Ta fram rekommendationer om hur schablonerna i förra punkten kan väljas med hjälp av produkten Vägslag i NVDB.	sid 19
8 Ta fram korrekationer för fler svenska vägbeläggningar till CNOSSOS-EU än de som redovisas i denna rapport.	sid 29
9 Undersök hur man rent praktiskt skulle kunna koppla uppgift om beläggning i PMSV3 till korrektion i en bullerberäkning.	sid 30
10 Om Nord2000 ska användas för inhemska beräkningar av årsmedelvärden (som L_{den} och L_{night}) finns ett behov av att ta fram schabloner och anvisningar för korrektion för våt vägyta.	sid 37
11 Genomför praktisk studie som undersöker om data från NVDB kan användas i stor skala för att identifiera korsningar med trafikljus och cirkulationsplatser.	sid 44
12 Undersök om det går att utveckla metoden att bestämma markabsorption genom visuell inspektion av ortofoton så att den även kan användas för tillförlitlig identifiering av markens skaper till CNOSSOS-EU och Nord2000.	sid 46
13 Verifiera översättningen av Fastighetskartans markslag till markimpedansklasserna i Nord2000 respektive markabsorptionsklasserna i CNOSSOS-EU. Översättningen behöver samtidigt utökas så att den omfattar samtliga markslag i Fastighetskartan.	sid 47
14 Vidareutveckla Naturvårdsverkets produkt Nationella Marktäckedata så att den fungerar att använda ihop med bullerkartläggningsprogram.	sid 49
15 Validera modellen för markens ytråhet i Nord2000 och ta fram rekommendationer för hur klasserna bör väljas.	sid 50
16 Ta fram p_r -värden (parameter för CNOSSOS-EU som anger procentuell förekomst av gynn-sam ljudutbredning) som baseras på verklig väderstatistik för ett lämpligt antal regioner, samt undersök om det går att ge särskilda rekommendationer för tät stadsbebyggelse.	sid 51, se även del 2 avsnitt 5.1.9.2

Tabell 2. Identifierade behov av vidareutveckling.

1 Emission

1.1 Fordonskategorier

1.1.1 Kategorier i källmodellerna

Källmodellen i Nord96 har två fordonskategorier, lätta och tunga (>3,5 ton), medan både CNOSSOS-EU och Nord2000 delar in fordon i fem huvudkategorier, se Tabell 3 och Tabell 4.

Category	Name	Description	Vehicle category in EC Whole Vehicle Type Approval ⁽¹⁾
1	Light motor vehicles	Passenger cars, delivery vans ≤ 3,5 tons, SUVs ⁽²⁾ , MPVs ⁽³⁾ including trailers and caravans	M1 and N1
2	Medium heavy vehicles	Medium heavy vehicles, delivery vans > 3,5 tons, buses, motorhomes, etc. with two axles and twin tyre mounting on rear axle	M2, M3 and N2, N3
3	Heavy vehicles	Heavy duty vehicles, touring cars, buses, with three or more axles	M2 and N2 with trailer, M3 and N3
4	Powered two-wheelers	4a Two-, Three- and Four-wheel Mopeds	L1, L2, L6
		4b Motorcycles with and without sidecars, Tri-cycles and Quadricycles	L3, L4, L5, L7
5	Open category	To be defined according to future needs	N/A

⁽¹⁾ Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council of 5 September 2007 establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles (OJ L 263, 9.10.2007, p. 1).

⁽²⁾ Sport Utility Vehicles.

⁽³⁾ Multi-Purpose Vehicles.

Tabell 3. Definition av fordonskategorier enligt CNOSSOS-EU. Från [11]. M och N avser motorfordon med minst fyra hjul, där kategori M används för transport av passagerare och N för transport av gods. M2: 3501–5000 kg, M3: >5000 kg. N2: 3501–12000 kg. N3: >12000 kg.

Kategori 1, 2 och 3 i både CNOSSOS-EU och Nord2000 omfattar lätta, medel-tunga respektive tunga fordon, där kategori 1 motsvarar de lätta fordonen i Nord96, och 2 och 3 tillsammans motsvarar tunga fordon i Nord96.

Kategori fyra i CNOSSOS-EU, mopeder och motorcyklar, motsvaras av kategori fem i Nord2000.

Nord96 saknar metod för hantering av mopeder och motorcyklar. I praktiken har de ingått i kategorin lätta fordon eftersom de sorteras så i de trafikräkningar som används som indata.

Den femte kategorin i CNOSSOS-EU är i dagsläget en tom kategori som finns med för eventuella framtida nya typer av fordon. Nord2000 har även en särskild kategori med andra tunga fordon, såsom anläggningsmaskiner och

lantbruksmaskiner, som normalt utgör en låg andel i förhållande till övrig trafik och därför bör kunna försummas i större kartläggningar.

Main category	No.	Subcategories: Example of vehicle types	Notes	Vehicle length [m]
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)
	1b	Vans, SUV, pickup trucks, RV, car+trailer or car+caravan ¹⁾ , MPV's with 8-9 seats	2-4 axles ¹⁾ , max 2 wheels per axle	
	1c	Electric vehicles, hybrid vehicles driven in electric mode ²⁾	Driven in combustion engine mode ²⁾	
Medium heavy vehicles	2a	Buses	2 axles (6 wheels)	7.7-12.5
	2b	Light trucks and heavy vans	2 axles (6 wheels) ³⁾	5.6-7.6
	2c	Medium heavy trucks	2 axles (6 wheels) ³⁾	7.7-12.5
	2d	Trolley buses	2 axles	
	2e	Vehicles designed for extra low noise driving	2 axles ⁵⁾	
Heavy vehicles	3a	Buses	3-4 axles	12.5-15.9
	3b	Heavy trucks ⁴⁾	3 axles	
	3c	Heavy trucks ⁴⁾	4-5 axles	>16
	3d	Heavy trucks ⁴⁾	≥6 axles	
	3e	Trolley buses	3-4 axles	12.5-15.9
	3f	Vehicles designed for extra low noise driving	3-4 axles ⁵⁾	
Other heavy vehicles	4a	Construction trucks (partly off-road use) ⁴⁾		
	4b	Agr. tractors, machines, dumper trucks, tanks		Mostly 7.7-12.5
Two-wheelers	5a	Mopeds, scooters	Includes also 3-wheel motorcycles	
	5b	Motorcycles		

¹⁾ 3-4 axles on car & trailer or car & caravan

²⁾ Hybrid vehicles driven in combustion engine mode: Classify as either 1a or 1b.

³⁾ Also 4-wheel trucks, if it is evident that they are >3.5 tons.

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

⁵⁾ 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.

Tabell 4. Definition av fordonskategorier i Nord2000, från [16].

1.1.2 Trafikräkningar

Trafikverket utför trafikräkningar och sammanställer trafikflödesstatistik för statliga vägar. Mätningarna görs med några olika typer av utrustningar. Det är vanligt att samma typ av utrustning används även vid kommunala trafikräkningar, men redovisningen kan skilja sig från Trafikverkets. För många kommunala vägar saknas uppgifter om trafikmängd helt, och bara ett fåtal kommuner har uppgift om ÅDT för samtliga gator [8][9]. Här finns ett behov av metoder för att uppskatta trafikflöden på vägar utan trafikräkningar, antingen med schabloner för olika vägtyper, med andra trafikräkningsmetoder eller med modellering av trafikflöden. Viss vägledning ges på sid 23.

De allra flesta av Trafikverkets mätningar görs med luftslangar i kombination med en analysator av märket Metor. Endast ett mycket litet antal mätavsnitt görs med annan teknik, bl a Motorway Control System som används på några vägnivåer som är så starkt trafikerade att slangmätningar inte är möjliga, exempelvis Essingeleden.

Slangmätningarna registrerar antalet axlar samt axelavstånd. Fordonspassagera sorteras efter fordonsklasserna i Tabell 5, som dock inte är identiska med de i fordonslagen 2001:559.

Fordonsklass	Beteckning	
1	MC	Motorcykel
2	P20	Personbil utan släp
3	P21	Personbil med 1-axligt släp
4	P22	Personbil med 2-axligt släp
5	L20	2-axlig lastbil utan släp
6	L30	3-axlig lastbil utan släp
7	L21	2-axlig lastbil med 1-axligt släp
8	L31	3-axlig lastbil med 1-axligt släp
9	L22	2-axlig lastbil med 2-axligt släp
10	L32	3-axlig lastbil med 2-axligt släp
11	L23	2-axlig lastbil med 3-axligt släp
12	L33	3-axlig lastbil med 3-axligt släp
13	L24	2-axlig lastbil med 4-axligt släp
14	L34	3-axlig lastbil med 4-axligt släp
15	XXX	Okänt fordon

Tabell 5. Fordonsklasser vid slangmätning med Metor. Beteckningar enligt Figur 1. Från [31].

Fordonsgrupp MC	
Fordonsklass MC	Tillåtet axelavstånd
	80 cm < B < 180 cm
Fordonsgrupp P	
Fordonsklass P20	Tillåtet axelavstånd
   	180 cm < C < 330 cm
Fordonsklass P21	180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm
   	
Fordonsklass P22	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm
   	
Fordonsgrupp L	
Fordonsklass L20	Tillåtet axelavstånd
 	330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
Fordonsklass L21	180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
   	
Fordonsklass L22	
   	
Fordonsklass L23	Tillåtet axelavstånd
  	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
Fordonsklass L24	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
  	
Fordonsklass L30	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
 	
Fordonsklass L31	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
 	
Fordonsklass L32	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
 	
Fordonsklass L33	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
 	
Fordonsklass L34	80 cm < B < 180 cm 180 cm < C < 330 cm 330 cm < D < 600 cm 600 cm < E < 1050 cm
 	
Fordonsklass XXX	Fordon med 2 - 14 axlar som ej kan koderas till känd fordons- typ men där alla axelavstånd ligger inom intervallet min axelavstånd - max axelavstånd.

Figur 1. Definition av fordonsklasser vid trafikräkning med mätsystemet Metor, från [31]. Trafikverket arbetar för närvarande med att uppdatera definitionerna till dagens fordonsflotta.

I samband med inläsningen till Tindra aggregeras antalet klasser till de sex som redovisas i Tabell 6 varpå årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) skattas från mätresultatet. Även information om timtrafik sparas, varför fördelningen över dag (06–18), kväll (18–22) och natt (22–06) bör kunna göras tillgänglig med en begränsad utvecklingsinsats [33]. När resultatet av skattningen publiceras i Nationella Vägdata-basen (NVDB) har informationen reducerats ytterligare till ÅDT för samtliga fordon, ÅDT för lastbilar samt ÅDT för axelpar.

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 6. Fordonsklasser som lagras i Tindra från trafikräkningar. Från [31].

Mer utförlig trafikflödesstatistik kan hittas i Klickbara kartan (TIKK⁴), såsom trafikens variation över dygn respektive år, samt för vissa sträckor information om antal motorcyklar under sommarhalvåret.

Här finns ett behov av en dataprodukt som stämmer med fordonsindelningen i CNOSSOS-EU och Nord2000, och som är tillgänglig på ett lämpligt dataformat, som NVDB eller motsvarande. Utvecklingsinsatsens omfattning kan behöva vägas mot hur behovet ser ut vid beräkning av buller.

Sannolikt behövs mer information än vad som finns i Tindra för att ta fram en produkt som helt täcker behovet av underlag. En anledning är att tvåhjulningar antagligen kommer behöva identifieras, åtminstone vid inhemsk bullerberäkning av maximalnivå med CNOSSOS-EU eller Nord2000. I samband med det kommer även representativa källdata (ljudeffektnivåer) behöva tas fram för tvåhjulningar till CNOSSOS-EU eller Nord2000 om någon av dessa ska användas som inhemsk svensk metod.

CNOSSOS-EU saknar en metod för att beräkna $L_{\max}$ (förslag till metod diskuteras i [32]). Nord2000 har en metod för att beräkna $L_{\max}$, men i dagsläget är den inte implementerad i programvara.

Vad gäller tvåhjulningar har i dagsläget mer än hälften⁵ av de statliga vägarna uppgift om sommarhalvårsdygnstrafik (1 april–30 september) för fordonsklass 1 (definition enligt Tabell 5 och Figur 1). I TIKK benämns detta som motorcykelflöden

⁴ <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>

⁵ Fram t o m år 2017 finns trafikflödesuppgifter för 64% av det statliga vägnätet.

eftersom motorcyklar antas utgöra den stora merparten, men även mopeder samt fordon med korta axelavstånd ingår i skattningarna, och eventuellt även cyklar.

Trafikverkets mätning av mc-flöden betraktas tills vidare som ett pilotprojekt. Vissa begränsningar som inverkar på noggrannheten finns i den klassificering som sker vid trafikräkningar, och skattningarnas kvalitet är oklar [34]. Noggrannheten i sig bör inte utgöra ett avgörande hinder för att uppgifterna ska kunna användas som underlag till bullerberäkningar, men för sådan användning behöver redovisningen kompletteras med att motorcyklar särskiljs från mopeder, och till strategisk kartläggning erfordras även uppgift om trafikens fördelning över dygnet samt en skattning av årsmedeldygnstrafiken.

Mot bakgrund av ovanstående, samt att andelen av ÅDT som utgörs av motorcyklar och mopeder normalt kan försummas vid beräkning av ekvivalentnivå vid storskaliga bullerkartläggningar, förefaller det som ett rimligt avsteg att åtminstone inledningsvis inte särskilja tvåhjulingar från lätta (fyrhjuliga) fordon vid strategisk kartläggning med CNOSSOS-EU. Ska beräkningar göras helt i enlighet med CNOSSOS-EU behöver dock underlaget kompletteras med en redovisning av motorcyklar och mopeder.

Om tvåhjulingar inte särskiljs från lätta fordon återstår fordonskategorierna 1–3, d v s lätta, medeltunga och tunga fordon, för beräkning med CNOSSOS-EU. Det samma gäller även för beräkning med Nord2000 förutsatt att fordonskategorin med särskilda tunga fordon normalt inte tas med (Nord2000 fordonskategori 4). En förenklad sammanställning redovisas i Tabell 7 (för definitioner se Tabell 3 och Tabell 4).

Vehicle category no.	Short description	Maximum gross weight [kg]	Vehicle length [m]
1	Light	3,500	< 5.5
2	Medium	3,500 - 12,000	5.6 – 12.5
3	Heavy	> 12,000	> 12.5

Tabell 7. Förenklad sammanställning över fordonskategori 1–3 (för definitioner se Tabell 3 och Tabell 4). Kategori 2 har två axlar och 4–6 hjul, medan kategori 3 har tre eller fler axlar. Maximum gross weight (maximal bruttovikt) är detsamma som totalvikt. Notera att Trafikverket i Sverige använder mätutrustning som registrerar axelavstånd och inte fordonslängd. Från Nord2000 Road [16].

En jämförelse av fordonsklasserna i Tindra med fordonskategori 1–3 i Nord2000 och CNOSSOS-EU ger att:

- personbilar utan respektive med släp (förkortas PU respektive PS) sorterar i fordonskategori 1 (så länge tvåhjulingar inte särskiljs från lätta fordon),
- lastbilar utan släp, lätt (LUL) har två axlar och sorterar i fordonskategori 2, samt att
- lastbilar med släp, lätt, respektive lastbilar med och utan släp, tung (LSL, LUT respektive LST) har mer än tre axlar och sorterar i fordonskategori 3.

Sammanfattningsvis bedöms tills vidare de sex fordonsklasserna i Tindra utgöra ett tillräckligt underlag för strategisk bullerkartläggning i enlighet med omgivningsbullerdirektivet, och att fordonskategori 1–3 i CNOSSOS-EU kan identifieras med de sex fordonsklasserna i Tindra enligt Tabell 8.

Fordonskategori i CNOSSOS-EU	Fordonsklass i Tindra
1	PU, PS
2	LUL
3	LSL, LUT, LST

Tabell 8. Identifiering av fordonskategori 1–3 i CNOSSOS-EU med hjälp av fordonsklasserna i Tindra vid strategisk bullerkartläggning.

1.1.3 Fördelning mellan fordonskategori 1–3

Nuvarande redovisning av trafikmängd i NVDB som antal lätta och tunga fordon är just det som erfordras när beräkningar utförs med Nord96, men för att fungera som indata till CNOSSOS-EU och Nord2000 erfordras kompletterande information om hur antalet tunga fordon från trafikräkningarna är fördelade mellan kategori 2 och 3 (medeltunga och tunga fordon). Fördelningen varierar mellan olika typer av vägar, och även över dygnet vilket har betydelse vid beräkning av L_{den} och L_{night} .

En praktisk aspekt är att fördelningen behöver kunna baseras på uppgifter som kan användas i storskaliga kartläggningar. Nedan redovisas två olika metoder som utgår från de data som finns tillgängliga idag (utan att nya dataprodukter tas fram). Det är dels en metod där fördelningen baseras på schabloner som väljs efter vägtyp, och dels en metod som baseras på trafikuppgifter i NVDB eller motsvarande trafikräkningsdata.

En tredje möjlighet vore att ta fram ett nytt sätt att redovisa trafikdata, med trafikfördelning dag/kväll/natt, och som svarar mot fordonsindelningen i CNOSSOS-EU och Nord2000, eller åtminstone för fordonskategori 1–3. Trafikverket bör kunna ta fram en sådan dataprodukt för statliga vägar enligt vad som beskrivs ovan och göra den tillgänglig i NVDB eller motsvarande. För vägar där trafikflöden redovisas på detta sätt skulle de två andra metoderna inte användas.

1.1.3.1 Fördelning baserad på schabloner

I samband med projektet Nord2000 Road (2005, [16]) publicerades schablonfördelningar som är avsedda att använda tillsammans med uppgift om total trafikmängd, se Tabell 9–Tabell 10. En kombination av de två tabellerna redovisas i Tabell 11. I jämförelse med översiktlig svensk statistik i Tabell 13 anger schablonerna från Nord2000 Road i vissa fall högre andel tung trafik. Trafikens sammansättning kan ha förändrats sedan schablonerna togs fram. Möjligen är de avsiktligt konservativa för att beräknade nivåer inte ska riskera att bli för låga. I vilket fall kan de behöva kontrolleras och vid behov uppdateras.

En annan brist ligger i beskrivningarna av trafikfallen. Genom att de inte är tillräckligt tydliga och heltäckande finns en risk att de angivna hastighetsbegränsningarna blir det enda som styr valet av trafikfall. Några exempel:

- En stadsväg med en betydande andel tung genomfartstrafik som närmast bör sorteras som trafikfall D kan misstolkas som trafikfall E ifall hastighetsbegränsningen är 50 km/h.
- Smågator som bör sortera under trafikfall F kan ha hastighetsbegränsningen 50 km/h, och därmed identifieras som trafikfall E.
- Det saknas beskrivningar för flera trafikfall, t ex vägar utanför städer med hastighetsbegränsningen 70 km/h.

Sammanfattningsvis finns här finns ett behov av tydligare indelningar och beskrivningar som täcker in samtliga vanliga trafikfall. Tills vidare rekommenderas att trafikfall C omfattar 70–90 km/h, trafikfall D 50–70 km/h och trafikfall F 30–50 km/h. Enbart hastighetsbegränsning utgör dock inte ett tillräckligt underlag för identifiering.

För fall då uppgift om antal lätta och tunga fordon finns tillgänglig, men inte fördelningen mellan fordonskategori 2 och 3, togs en alternativ schablon för fördelning av tung trafik mellan kategori 2 och 3 fram under Harmonoiseprojektet, se Tabell 12. Där det inte är möjligt att identifiera vägtyp kan fördelningen 40% kategori 2 och 60% kategori 3 användas.

Dataprodukten Vägslag (NVDB) bör tillsammans med uppgift om tillåten hastighet fungera tillräckligt väl för att identifiera de olika vägtyperna i schablontabellerna.

En rekommendation om hur vägtyperna i Tabell 9–Tabell 12 bör länkas till motsvarande i Vägslag skulle förenkla och kvalitetssäkra kartläggningsarbetet, åtminstone för statliga vägar och möjligen även för kommunala vägar.

Traffic case	Description	Composition (%)		
		Cat 1	Cat 2	Cat 3
A	Motorway 100–130 km/h	85	5	10
B	Urban motorway	85	5	10
C	Main road 80–90 km/h	85	10	5
D	Urban road 60–70 km/h	90	5	5
E	Urban road 50 km/h or feeder road in residential area	95	5	0
F	Residential road 30–40 km/h	100	0	0

Tabell 9. Fördelning av ÅDT mellan fordonskategori 1–3 på olika typer av vägar. Från User's guide Nord2000 Road [16].

Traffic case	Description	Composition (%)								
		Cat 1			Cat 2			Cat 3		
		day	eve.	night	day	eve.	night	day	eve.	night
A	Motorway 100–130 km/h	80	10	10	75	10	15	70	10	20
B	Urban motorway	80	10	10	75	10	15	70	10	20
C	Main road 80–90 km/h	80	10	10	85	5	10	80	5	15
D	Urban road 60–70 km/h	80	10	10	85	5	10	75	10	15
E	Urban road 50 km/h or feeder road in residential area	80	10	10	85	5	10	75	10	15
F	Residential road 30–40 km/h	80	10	10	85	5	10	75	10	15

Tabell 10. Trafikfördelning över dag, kväll och natt per fordonskategori, på olika typer av vägar. Från User's guide Nord2000 Road [16].

Traffic case	Description	Composition (%)								
		Cat 1			Cat 2			Cat 3		
		day	eve.	night	day	eve.	night	day	eve.	night
A	Motorway 100–130 km/h	68	8,5	8,5	3,75	0,5	0,75	7	1	2
B	Urban motorway	68	8,5	8,5	3,75	0,5	0,75	7	1	2
C	Main road 80–90 km/h	68	8,5	8,5	8,5	0,5	1	4	0,25	0,75
D	Urban road 60–70 km/h	72	9	9	4,25	0,25	0,5	3,75	0,5	0,75
E	Urban road 50 km/h or feeder road in residential area	76	9,5	9,5	4,25	0,25	0,5	0	0	0
F	Residential road 30–40 km/h	80	10	10	0	0	0	0	0	0

Tabell 11. Kombination av Tabell 9 och Tabell 10. Fördelning av ÅDT över dag, kväll och natt för fordonskategori 1–3 på olika typer av vägar.

Type of road	Default proportion	
	Cat. 2	Cat. 3
Major road with high proportion of heavy transit traffic (e.g. E-type motorways)	10 %	90 %
Urban streets (excluding streets carrying a substantial through traffic)	90 %	10 %
All other roads (roads and streets not identified as belonging to the types above)	40 %	60 %

Tabell 12. Standardfördelning mellan fordonskategori 2 och 3. Fördelningen 40/60% mellan kategori 2 och 3 kan användas när det inte är möjligt att identifiera vägtyp. Från Harmonoise [35].

Vägtyp	Personbil		Lastbil + buss		Lastbil med släp		Medelvärde	
	Andel fordon	Axlar/ fordon	Andel fordon	Axlar/ fordon	Andel fordon	Axlar/ fordon	Axlar/ fordon	Fordon/ axelpar
E ¹⁾	0,86	2	0,06	2,2	0,08	5,5	2,3	0,87
R Pv ²⁾	0,92	2	0,04	2,2	0,04	5,5	2,15	0,93
SoT ³⁾	0,95	2	0,025	2,2	0,025	5,5	2,1	0,95
Tätort	0,93	2	0,04	2,2	0,03	5,5	2,1	0,95

1) Europavägar

2) Riksvägar och primära länsvägar.

3) Sekundära och tertiära länsvägar.

Tabell 13. Genomsnittliga lastbilsandelar och omräkningsfaktorer mellan axelpar och fordonstyper enligt Trafikverkets trafikmätningssystem [45].

1.1.3.2 Fördelning baserad på trafikuppgifter i NVDB

Som ett alternativ till schablonerna ovan kan fördelningen mellan fordonskategori 2 och 3 skattas enligt nedan. Skattningen baseras på trafikmängdsuppgifterna *ÅDT total*, *ÅDT lastbilar* och *ÅDT axelpar*, som är tillgängliga i NVDB för statliga vägar, och som bör kunna göras tillgängliga även för andra vägar där trafikräkningar gjorts med samma mätutrustning som på de statliga. För beräkning av L_{den} och L_{night} behövs kompletterande information om dygnsfördelning som kan hämtas från Tabell 10.

Om varje kategori antas ha ett visst antal axlar kan uppgiften om antalet axelpar användas för att skatta fördelningen av antalet tunga fordon mellan kategori 2 och 3. Nedanstående beräkningsgång förutsätter att kategori 1 och 2 har ett axelpar, och att kategori 3 ansätts till att ha 4, 5, 6 eller 7 axlar (d v s 2, 2,5, 3, eller 3,5 axelpar). Se Appendix 1 för en härledning.

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 14.

<i>Antal axlar kategori 3</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
4	1	2	-1
5	1/3	5	-2
6	1/2	3	-1
7	1/5	7	-2

Tabell 14. Koefficienter för skattning av fördelning av tunga fordon mellan kategori 2 och 3 enligt beräkningsgång ovan.

Antalet axlar hos kategori 3 väljes utifrån vägtyp. Generellt har den tunga trafiken utanför städerna i medeltal fler axlar än i städerna. Tills vidare rekommenderas att kategori 3 ansätts ha 6 axlar på E-vägar och motsvarande större vägar utanför städer, samt utpräglade genomfartsleder i städer med en hög andel långträdare, medan övrig kategori 3-trafik i städer och tätorter ansätts ha 4 axlar.

1.1.3.3 Hastighet per kategori

För att erhålla god överensstämmelse med verkliga ljudnivåer behöver beräkningarna göras för representativa hastigheter per fordonskategori. Sådana representativa hastigheter kan fastställas utifrån trafikmätningar, alternativt genom att använda skyltad hastighet kombinerat med de lagliga begränsningar som gäller för vissa fordonstyper. Vid inhemska beräkningar av framtida bullersituationer används den senare varianten [36]. Som en jämförelse anger danska anvisningar att verklig hastighet ska användas [50]. Verklig hastighet behöver dock inte vara det samma som uppmätt hastighet, som i strikt mening bara gäller i den position och tidpunkt som mätningen skedde, och inte per automatik kan antas vara representativ för andra delar av vägen eller andra tidpunkter. Mot bakgrund av ovanstående rekommenderas tills vidare att varianten med skyltad hastighet används som indata vid strategiska och andra större bullerkartläggningar.

Maximalt tillåten hastighet för tunga bussar (fordonsklass M2 och M3) är 90 km/h om passagerarna inte har bälte, respektive 100 km/h om passagerarna har bälte. Maxhastigheten för tunga lastbilar (N2 och N3) är 80 km/h, med undantag för motortrafikled och motorväg där maxhastigheten är 90 km/h [37].

För att möjliggöra en praktisk hantering vid bullerberäkningar behöver hastighetsrestriktionerna översättas till fordonskategorierna i CNOSSOS-EU och Nord2000. När bättre underlag saknas rekommenderas följande hastigheter, som baseras på antagandet att lastbilarna är betydligt fler till antalet än bussarna:

- Hastighet kategori 1 = skyltad hastighet.
- Hastighet kategori 2 och 3 = skyltad hastighet men inte högre än 80 km/h, dock 90 km/h för motorväg och motortrafikled.

1.1.4 Bestämma ÅDT med andra metoder än traditionell trafikmätning

När ÅDT bestäms med traditionell trafikmätning erhålls god noggrannhet och resultatet blir ett underlag som fungerar bra till olika typer av utredningar. Ett problem är att det är relativt kostsamt och tidskrävande att underhålla trafikräkningar. Vid större kartläggningar hanteras i dagsläget vägar som helt saknar trafikunderlag genom att de antingen utesluts ur beräkningarna alternativt tilldelas en och samma ÅDT oavsett vägtyp. Främst den första metoden, men även den andra, kan orsaka betydande fel hos beräknade ljudnivåer, och det finns bättre alternativ.

För vägar som saknar uppmätt ÅDT kan i relativt stor utsträckning uppgifter hämtas från de trafikflödessimuleringar som utförts av Trafikverket med modellen SAMPERS, avsedda att användas som underlag till luftföroreningsberäkningar med SIMAIR. Se avsnitt 9.1 i [38] för en introduktion till metoden. Det är dock oklart vilka osäkerheter som metoden medför när den används som indata för bullerberäkningar, varför en undersökning om detta rekommenderas.

En alternativ metod är att identifiera ett antal olika typer av exempelgator där trafikmätningar görs, och sedan extrapolera uppmätta trafikmängder till andra gator av samma typ [39].

När bättre data inte kan tas fram för mindre gator (motsvarande trafikfall E och i viss mån F i [16]) kan schablondata användas, ett exempel redovisas i Tabell 15. Schablondata är inte lämpligt att använda för större gator.

Road type	traffic ⁶		
	day	evening	night
Dead-end roads	175	50	25
Service roads (mainly used by residents living there)	350	100	50
Collecting roads (collecting traffic from service roads and leading it to & from main roads)	700	200	100
Small main roads	1,400	400	200

Tabell 15. Schablontrafikflöden för mindre vägar, motsvarande trafikfall E och F. Från [39].

För mindre gator kan det också fungera att göra en skattning av trafikmängd utifrån det antal hushåll som vägarna ombesörjer. Ett exempel på en vanligt förekommande skattning är: $\text{ÅDT} = 5 \cdot \text{antal hushåll}$.

1.1.5 Alternativa metoder

Här ges några exempel på alternativa metoder, en etablerad och två i tidiga utvecklingsfaser:

- Trafikflödessimulering i GIS-programvara (likt den Trafikverket utför i SAMPERS).

⁶ Number of vehicles for the given period of time (not hourly data).

- Bildanalys av högupplösta satellitfoton. Forskningsstudier har demonstrerat att tekniken kan användas för trafikräkning, om än med lägre noggrannhet än traditionella mätmetoder [40].
- Insamling av data från uppkopplade fordon [41][42]. Teknik på frammarsch som ännu är i en relativt tidig utvecklingsfas. Har potential att på sikt kunna komplettera eller till och med ersätta nuvarande trafikräkningsmetoder. Det kommer dock dröja innan tillräckligt många bilar är uppkopplade för tillförlitliga trafikflödesräkningar.

1.2 Separat emission däck/vägbana respektive motor

Till skillnad från i Nord96 separerar källmodellerna i CNOSSOS-EU och Nord2000 däck-/vägbanebuller från motorbuller. Detta är en välkommen nyhet som innebär förbättrade möjligheter att exempelvis studera effekten av olika vägbeläggningar.

På samma sätt som i Nord96 representeras ett fordon i CNOSSOS-EU med en källa som emitterar både däck-/vägbanebuller och motorbuller. I Nord96 placeras källan 0,5 m över vägytan och i CNOSSOS-EU är höjden istället 0,05 m. Den lägre höjden hos CNOSSOS-EU jämfört med Nord96 bör bättre återspegla trafiksituationer då en stor del av bullret utgörs av däckbuller, och möjligen även förbättra precisionen för låga skärmars effekt på personbilar. Det kan dock samtidigt innebära att skärmeffekter överskattas i situationer då högre placerade källor, såsom motorljud från tunga fordon, utgör en större del av emissionen. Det senare förekommer exempelvis inne i tätorter där de mest omfattande bullerstörningarna uppträder, bl a längs bussgator där busstrafiken står för en stor andel av bullerstörningarna.

I Nord2000 fördelas emissionen istället över tre, eller ibland fyra, bullerkällor på höjderna 0,01 m, 0,3 m, 0,75 m eller 3,5 m. Merparten av däck-/vägbanebullret emitteras från den lägsta bullerkällan medan motorljud huvudsakligen emitteras från de högre källorna. Att emissionen utgår från flera realistiska höjder bör bli en förbättring precisionen vid beräkning av skärmeffekt. Fler källor innebär samtidigt längre beräkningstider.

1.3 Svenska emissionsdata

De ursprungliga emissionsdata som ingår i de tre beräkningsmetoderna skiljer en del sinsemellan [7][10][14]. Källmodellen i Nord96 gäller för en svensk fordonsflotta som kör på vägar med SMA 16 vägyta, och baseras på mätdata som börjar bli gamla vid det här laget. För Nord2000 togs visserligen nya svenska emissionsdata fram i samband med uppdateringen som kallas Nord2000 Road och som publicerades 2006, men en senare utredning har kommit fram till att emissionerna behöver korrigeras för att representera dagens förhållanden [5]. Vad gäller CNOSSOS-EU indikerade inledande tester i Sverige och Finland att emissionsmodellen skulle komma att behöva relativt stora justeringar för att fungera i nordliga länder [29][30].

Uppdaterade svenska korrekationer för Nord2000 och CNOSSOS-EU (fordonskategorier 1–3) mättes sedan upp under 2015, resultatet redovisas i [5]. De nya mätningarna bekräftade att det var en stor skillnad mellan uppmätta ljudnivåer respektive nivåer beräknade med den ursprungliga utgåvan av CNOSSOS-EU [10]. Även hastighetsberoendet stämde dåligt.

En holländsk studie utförd av RIVM⁷ bekräftade att CNOSSOS-EU:s ursprungliga emissionsdata är felaktiga och behöver korrigeras [6]. Därefter tillsatte EU en arbetsgrupp som fick i uppgift att hitta felaktigheter i CNOSSOS-EU och föreslå åtgärder. Europeiska kommissionen publicerade slutligen korrigeringar 2020-12-21 [15].

1.3.1 Svenska emissionskorrekationer för ursprungsversionen av CNOSSOS-EU

De svenska korrekationer som mättes upp 2015 till CNOSSOS-EU är angivna som vägytekorrekationer för SMA 16, men omfattar även korrekationer för framdrivningsbuller hos en svensk fordonsflotta. Korrektionerna är endast giltiga under förutsättning att de används tillsammans med de koefficienter för rullnings- och framdrivningsbuller som redovisas i den ursprungliga JRC-rapporten för metoden [10] (samma koefficienter redovisas även i direktiv 2015/996 [11]). Korrektionerna redovisas i Tabell 16.

Fordonskategori, m	α_m 63 Hz	α_m 125 Hz	α_m 250 Hz	α_m 500 Hz	α_m 1 kHz	α_m 2 kHz	α_m 4 kHz	α_m 8 kHz	β_m
1	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,2
2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	10,4
3	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	8,1

Tabell 16. CNOSSOS-EU version 2015 vägytekorrekationer svarande mot svenska fordon på svenska vägar med SMA 16 vägyta, från [5]. Gäller endast tillsammans med de emissionsdata som redovisas i [10] och [11].

1.3.2 Svenska emissionskorrekationer för den reviderade versionen av CNOSSOS-EU

Efter det att korrigeringarna för CNOSSOS-EU hade publicerats uppdaterades korrektionerna för svenska fordon så att de kan användas tillsammans med de reviderade koefficienterna för rullnings- och framdrivningsbuller [12]. De uppdaterade svenska emissionskorrektionerna redovisas i Tabell 17. *Korrektionerna i Tabell 17 kan bara användas tillsammans med koefficienterna för rullnings- och framdrivningsbuller i den reviderade versionen av CNOSSOS-EU från 2020 [15], vilka finns återgivna i Tabell 18.*

⁷ National Institute for Public Health and the Environment.

Vägyta	Fordonskategori, m	α_{63}	α_{125}	α_{250}	α_{500}	α_{1000}	α_{2000}	α_{4000}	α_{8000}	β
SMA 8 (ABS 8)	1	11,6	2,3	-0,0	1,3	0,1	-0,8	-1,8	-0,9	5,1
	2	-0,3	-0,2	6,0	2,3	1,0	0,3	-1,3	-0,5	11,9
	3	8,3	-0,6	1,5	0,3	-0,7	-1,1	-4,4	-2,1	14,7
	4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA 11 (ABS 11)	1	11,6	2,7	0,7	2,1	0,9	-0,1	-1,2	-0,5	5,1
	2	-0,3	-0,2	6,0	2,3	1,0	0,3	-1,3	-0,5	11,9
	3	8,3	-0,6	1,5	0,3	-0,7	-1,1	-4,4	-2,1	14,7
	4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA 16 (ABS 16)	1	11,7	3,4	1,9	3,3	2,1	1,2	-0,3	0,8	5,1
	2	-0,3	-0,2	6,0	2,3	1,0	0,3	-1,3	-0,5	11,9
	3	8,3	-0,6	1,5	0,3	-0,7	-1,1	-4,4	-2,1	14,7
	4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DAC 8 (ABT 8)	1	11,5	2,0	-0,2	0,7	-0,5	-1,3	-2,2	-1,2	5,0
	2	-0,3	-0,2	6,0	2,3	1,0	0,3	-1,3	-0,5	11,9
	3	8,3	-0,6	1,5	0,3	-0,7	-1,1	-4,4	-2,1	14,7
	4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DAC 11 (ABT 11)	1	11,6	2,4	0,1	1,4	0,3	-0,6	-1,6	-0,8	5,1
	2	-0,3	-0,2	6,0	2,3	1,0	0,3	-1,3	-0,5	11,9
	3	8,3	-0,6	1,5	0,3	-0,7	-1,1	-4,4	-2,1	14,7
	4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DAC 16 (ABT 16)	1	11,7	3,1	1,3	2,7	1,5	0,6	-0,7	-0,0	5,1
	2	-0,3	-0,2	6,0	2,3	1,0	0,3	-1,3	-0,5	11,9
	3	8,3	-0,6	1,5	0,3	-0,7	-1,1	-4,4	-2,1	14,7
	4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabell 17. Vägytekorrektioner svarande mot svenska fordon på svenska vägar, från [12]. Används endast tillsammans med koefficienterna för rullnings- och framdrivningsbuller i den reviderade versionen av CNOSSOS-EU från 2020 [15], vilka återges i Tabell 18.

Category	Coefficient	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	A_R	83,1	89,2	87,7	93,1	100,1	96,7	86,8	76,2
	B_R	30,0	41,5	38,9	25,7	32,5	37,2	39,0	40,0
	A_P	97,9	92,5	90,7	87,2	84,7	88,0	84,4	77,1
	B_P	-1,3	7,2	7,7	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
2	A_R	88,7	93,2	95,7	100,9	101,7	95,1	87,8	83,6
	B_R	30,0	35,8	32,6	23,8	30,1	36,2	38,3	40,1
	A_P	105,5	100,2	100,5	98,7	101,0	97,8	91,2	85,0
	B_P	-1,9	4,7	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
3	A_R	91,7	96,2	98,2	104,9	105,1	98,5	91,1	85,6
	B_R	30,0	33,5	31,3	25,4	31,8	37,1	38,6	40,6
	A_P	108,8	104,2	103,5	102,9	102,6	98,5	93,8	87,5
	B_P	0,0	3,0	4,6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
4a	A_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A_P	93,0	93,0	93,5	95,3	97,2	100,4	95,8	90,9
	B_P	4,2	7,4	9,8	11,6	15,7	18,9	20,3	20,6
4b	A_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A_P	99,9	101,9	96,7	94,4	95,2	94,7	92,1	88,6
	B_P	3,2	5,9	11,9	11,6	11,5	12,6	11,1	12,0
5	A_R								
	B_R								
	A_P								
	B_P								

Tabell 18. Koefficienter för rullnings- och framdrivningsbuller enligt CNOSSOS-EU reviderad 2020, från [15].

1.3.3 Svenska emissionskorrektioner för Nord2000

Slutsatsen från de svenska mätningarna som gjordes 2015 var att emissionsdata för Nord2000 behövde justeras. De nya korrektionerna för spektrumanpassning till svenska vägbeläggningar redovisas i Tabell 19. Därtill var uppmätt framdrivningsbuller lägre än vad som beräknas med 2006 års emissionskoefficienter, varför en frekvensoberoende korrektion på -3 dB föreslås⁸ ska adderas till a_P för fordonskategori 1–3, se Tabell 20.

250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	6,3k	8k	10k
+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-2	-3	-4	-5	-4	-3	-2	+1

Tabell 19. Uppdaterade korrektioner från 2015, i dB för tersbanden 250 Hz – 10 kHz (spektrumanpassningstermer för svenska vägbeläggningar), som adderas till de danska emissionskoefficienterna för rullningsljud, a_R , i tabell A.1 i [14].

⁸ På sid 53–54 i [5] redovisas en jämförelse mellan uppmätt och beräknad ljudexponeringsnivå, där de beräknade värdena inkluderar korrektionerna som anges i Tabell 19 och Tabell 20. Vissa avvikelser kvarstår även inklusive de nya korrektionerna, men det statistiska underlaget bedömdes inte som tillräckligt för att göra större förändringar eller olika justeringar för olika kategorier; för det krävs mer indata och bättre statistiskt underlag [13].

25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	6,3k	8k	10k	
-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	

Tabell 20. Uppdaterade korrekitioner från 2015, i dB för tersbanden 25 Hz – 10 kHz, som föreslås ska adderas till de danska emissionskoefficienterna för framdrivningsbuller, a_P , i tabell A.1 i [14].

De uppdaterade korrektionerna för Nord2000 ersätter de äldre svenska korrektionerna som redovisas i emissionsrapporten från 2006 (tabell A.2 i [14]), och ska alltså adderas till de danska emissionskoefficienterna i tabell A.1 i samma rapport. Resultande emissionskoefficienter för fordonskategori 1–3, inklusive de svenska korrektionerna från 2015, redovisas i Tabell 21.

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	86,8	2	76,5	33	94	0	79,5	33	94,7	0
31	69,9	33	88,6	2	76,5	33	94,7	0	79,5	33	94,3	0
40	69,9	33	88,5	0	76,5	33	95,5	0	79,5	33	95,2	0
50	74,9	30	89,5	0	78,5	30	95,5	0	81,5	30	100,3	0
63	74,9	30	93,6	2	79,5	30	98,5	0	82,5	30	104,9	0
80	74,9	30	91,2	2	79,5	30	98,4	0	82,5	30	102,4	0
100	79,3	41	89	4	82,5	41	94	0	85,5	41	98	0
125	82,5	41,2	84,4	2	84,3	41,2	93,5	0	87,3	41,2	98	0
160	81,3	42,3	83,1	2	84,3	42,3	92,2	0	87,3	42,3	98,3	0
200	80,9	41,8	83,1	6	84,3	41,8	96,6	0	87,3	41,8	98,3	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	8,5	92,2	35,5	100	8,5
400	81,5	31,7	82,6	8,2	93	31,7	95,3	8,5	96,0	31,7	99	8,5
500	88	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	41,4	93	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	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	66,5	9,5	78,3	41	76,5	8,5	81,3	41	77,3	8,5

Tabell 21. Ljudeffektnivåkoefficienter för Nord2000 kategori 1–3 (referensvägtya DAC 11/SMA 11).

I Tabell 21 redovisas a_R för kategori 3 endast för fallet med fyra axlar. För andra axelantal kan a_R beräknas som

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

1.4 Referensvägyta

Källmodellen i Nord96 gäller för torr vägyta av tät, slät asfaltbetong med maximal stenstorlek 12–16 mm, SMA 16 [7], och temperaturen 15 °C [5].

Både CNOSSOS-EU och Nord2000 har som referens en virtuell vägyta som är ett medelvärde av DAC 11 och SMA 11, mellan 2–7 år gammal. För övrigt förutsätts att vägytan är torr och att temperaturen är 20 °C.

De senaste emissionsmätningarna i Sverige genomfördes 2015 och redovisas i SPR2015:72 som anger korrekationer för att anpassa CNOSSOS-EU och Nord2000 till svenska förhållanden. Korrektionerna baseras på mätningar gjorda vid vägar med SMA 16.

För Nord2000 anger SPR2015:72 separata emissionskorrekationer för däck/vägbana och motor, och efter att de har applicerats är referensvägytan fortsatt ett medelvärde av DAC 11 och SMA 11.

De svenska korrektionerna för CNOSSOS-EU anges i SPR2015:72 inte som uppdaterade emissionskorrekationer, utan som en vägytekorrektion för SMA 16. Som nämns ovan i avsnitt 1.3.1 stämmer vägytekorrektionen enbart när den används tillsammans med de emissionskoefficienter som ursprungligen publicerades för metoden [10].

I samband med revideringen av CNOSSOS-EU 2020 [15] publicerades uppdaterade emissionsdata, och nya svenska vägytekorrekationer som ska användas tillsammans med de reviderade emissionerna togs fram under början 2021, se avsnitt 1.3.2.

1.5 Korrektioner för andra vägytor än referensvägytan

Vägar med andra beläggningar än referensvägytan hanteras av alla tre metoderna genom att lägga till korrekationer till den emission som gäller för referensvägytan. Nord96 anger entalskorrektioner för 17 olika vägbeläggningar vid olika hastighetsintervall.

I CNOSSOS-EU anges korrekationer för vägyta per oktavband, korrekationer för 14 olika vägbeläggningar redovisas i revideringsdokumentet [15] (samma vägbeläggningar som i ursprungsversionen [11], men med korrigerade värden). De redovisade beläggningarna är dock inte typiska för svenska vägar. Medlemsstaterna har möjlighet att ange egna korrekationer för inhemska vägytor. Korrektionen kan vara hastighetsberoende.

När ljudeffektnivå som funktion av hastighet jämfördes mellan Nord2000 och ursprungsversionen av CNOSSOS-EU, hade CNOSSOS-EU ett tydligt avvikande hastighetsberoende och generellt lägre ljudeffektnivå än Nord2000, se Figur 2,

trots samma vägbeläggning, referensytan DAC 11/SMA 11. Man kunde miss-tänka att inte heller korrektionerna för de andra vägytor som redovisades skulle ge korrekta resultat, åtminstone inte för svenska förhållanden. I samband med revideringen av CNOSSOS-EU uppdaterades även korrektionerna för vägytorna, men det är inte undersökt huruvida de stämmer för svenska förhållanden.

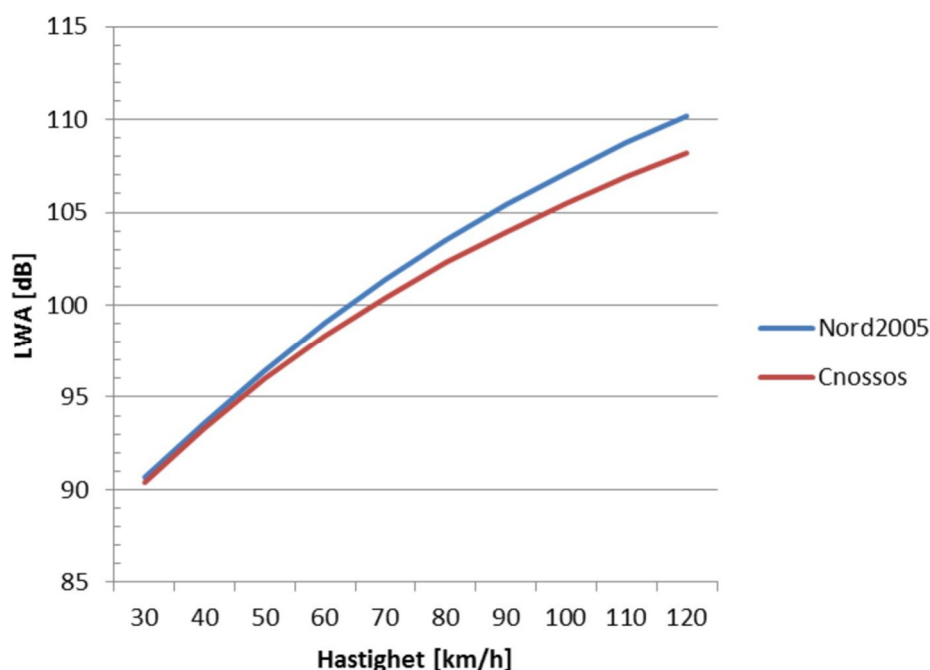
Oavsett vilket finns det ett behov av korrektioner för andra svenska vägbeläggningar än SMA 16. För strategisk bullerkartläggning kan dock behovet begränsas till ett mindre antal vägbeläggningar som har särskilt stora avvikelser mot SMA 16 (som är den rekommenderade utgångspunkten vid strategisk kartläggning [2]), eftersom direktivet tillåter att varje enskild emissionsparameter kan avvika upp till 2 dB (1σ) [11]. Det kan exempelvis gälla vägar med gatsten (särskilt högbullrande), DAC 8 eller annan särskilt tyst asfalt.

Ett arbete med att översätta befintliga CPX-data för olika vägbeläggningar som VTI förfogar över har genomförts, vilket har legat till grund för de vägytekorrektioner som redovisas i Tabell 17. Här kvarstår dock ett behov av att komplettera med ytterligare vägbeläggningar, åtminstone sådana som avviker mer än 2 dB från SMA 16.

För stenstorlekar mellan de som redovisas i Tabell 17 kan en lösning vara att använda korrektionsmodellen för DAC och SMA från Nord2000, se ekvation (2) nedan. En beskrivning hur dessa kan användas tillsammans med CNOSSOS-EU redovisas i [2].

Nya korrektioner kan också fastställas med kompletterande förbifartsprov.

För statliga vägar finns uppgift om aktuell beläggning i Trafikverkets verktyg PMSV3. För rationell hantering behöver data i PMSV3 kunna kopplas till respektive väglänkar i NVDB.



Figur 2. A-vägd ljudeffektnivå som funktion av hastigheten för Nord2000 (Nord2005 i figuren) samt för CNOSSOS-EU (Cnossos i figuren). Fordon kategori 1. Från [5].

Nord2000 har en frekvens- och hastighetsberoende korrektion ΔL_{Road} för vägytans egenskaper som appliceras på samtliga fordonskategorier⁹. Korrektionen är 0 dB för referensvägytan och kan anta såväl positiva som negativa värden. För DAC och SMA med stenstorlekar 8–16 mm kan korrektionen beräknas som

$$\Delta L_{\text{Road}} = RS + 0,25(CS - 11) \text{ dB} \quad (2)$$

där RS (road surface) är $-0,3$ dB för DAC-vägyta och $+0,3$ dB för SMA-vägyta, och CS är maximal stenstorlek (chip size) i millimeter [14]. Uppmätta korrektioner för några olika typer av vägytor redovisas i [16].

Korrektionerna gäller för torr vägbana vid referenstemperaturen 20°C .

Eftersom Nord2000 skiljer på däck-/vägbanebuller och framdrivningsbuller finns även möjligheten att emissionskoefficienterna per tersband för de förra används till att korrigera för olika vägytor. En förutsättning är att motorljudet inte påverkas av vägytan, vilket kan vara fallet för dränasfalt som absorberar en del buller.

1.6 Parameter för vägytans temperatur

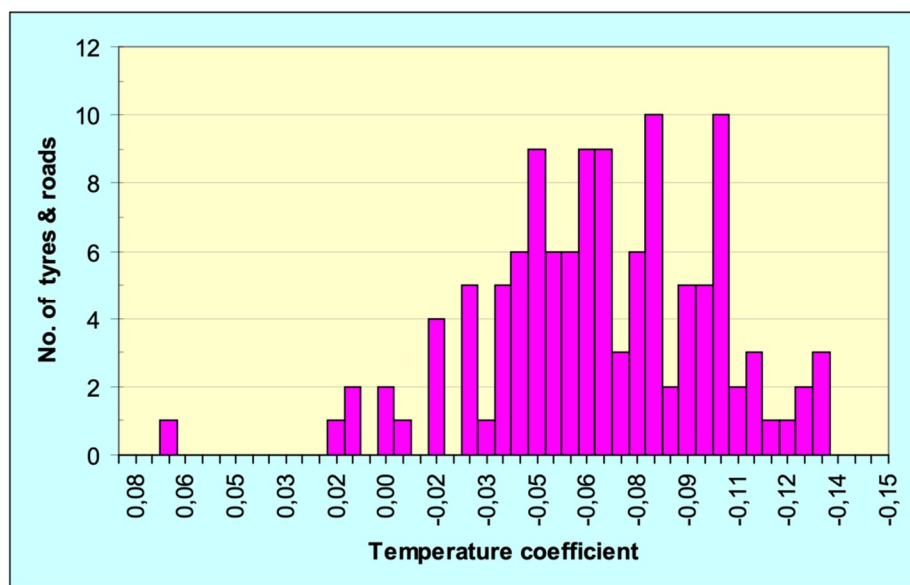
Korrektioner för vägyta brukar anges för en referenstemperatur på 20°C . Referensvillkoren för Nord96 anger dock 15°C . Generellt ökar däck-

⁹ Praxis är att korrigera samtliga fordonskategorier. I [3] anges dock att korrektionen endast avser kategori 1.

vägyteemissionen med sjunkande temperatur, varför korrektionen bör justeras för verklig temperatur.

Temperaturkoefficienten varierar mellan olika vägytor och däck. Dessutom finns ett visst frekvensberoende och förmodligen även ett hastighetsberoende, vilka båda normalt bortses från [43][44].

Ett exempel på fördelning av temperaturkoefficienter redovisas i Figur 3.



Figur 3. Statistisk fördelning av temperaturkoefficienter uppmätta i en Tysk-Holländsk studie, baserad på lufttemperatur. Från [43].

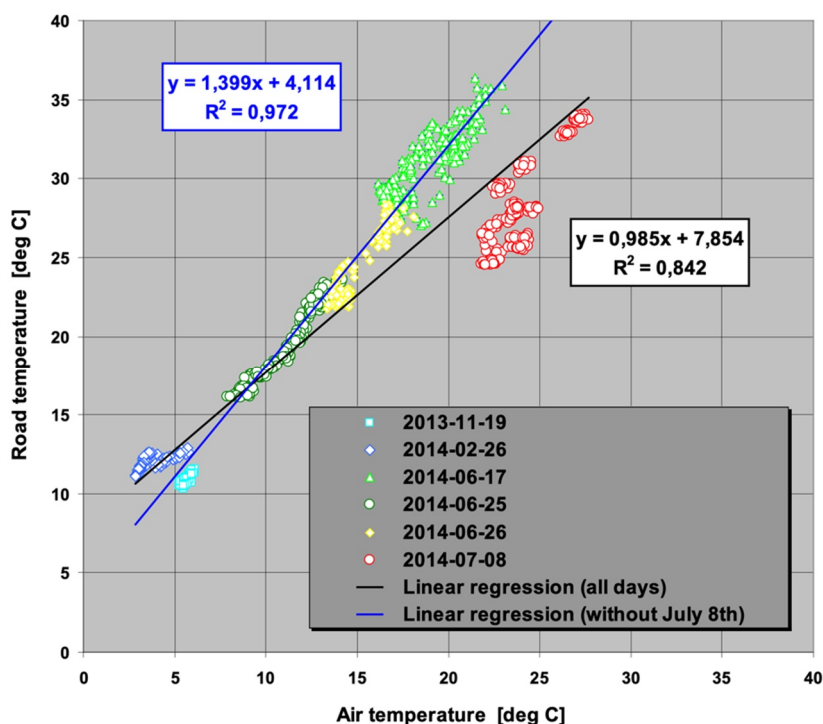
Notera att när temperaturberoendet beskrivs som i ekvation (3) nedan, vilket är vanligt förekommande, får koefficienten omvänt tecken jämfört med redovisningen i Figur 3 (om koefficienten är >0 ökar bullret med sjunkande temperatur).

Eftersom det är däckets som emitterar däck-vägbanebullret är det egentligen däckets temperatur som är mest intressant, men av praktiska skäl mäts istället vägytans eller luftens temperatur. Vägytans temperatur följer lufttemperaturen relativt väl, och båda används som inparameter för temperaturkoefficienten i litteraturen.

En undersökning utförd av danska Delta kom fram till att lufttemperaturen kan antas vara ca 70% av vägytans temperatur, med en spridning på ca 5 °C som beror på molnighet m m [17]. Temperaturkoefficientens siffervärde blir följaktligen något olika beroende på vilken temperatur som är inparameter.

Både CNOSSOS-EU och Nord2000 använder lufttemperatur som inparameter.

I Figur 4 redovisas exempel på förhållande mellan vägytans temperatur och lufttemperaturen.



Figur 4. Exempel på förhållande mellan lufttemperatur och vägytans temperatur. Om de röda punkterna i diagrammet, som avser ett specialfall då vägytan hade kylts ned av ett regn, inkluderas erhålls den något flackare regressionslinjen. Från [43].

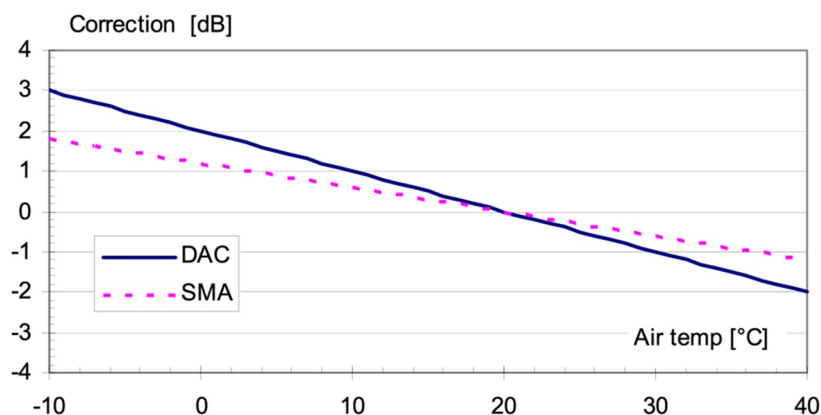
Rapporten för Nord96 anger ingen metod för hur emissionen ska korrigeras för temperatur, men det saknar betydelse eftersom de svenska riktvärdena för vägtrafikbuller i dagsläget förutsätter att temperaturen är 15 °C (se del 2 avsnitt 1). Nedanstående diskussion om underlag för årsmedelvärden gäller alltså i dagsläget inte för inhemska beräkningar.

CNOSOS-EU föreskriver att vägemissionen ska korrigeras för temperatur ifall lufttemperaturens årsmedelvärde avviker från vägytekorrektionens referenstemperatur. Korrektionen beräknas enligt

$$\Delta L_{W,temp,m}(\tau) = K_m(\tau_{ref} - \tau) \quad (3)$$

där τ_{ref} och τ är referens- respektive aktuell lufttemperatur, och m avser fordonskategori 1, 2 eller 3. Följande generella koefficienter ska användas: för lätta fordon (kategori 1), $K_{m=1} = 0,08$ dB/°C, och för tunga fordon (kategori 2 och 3), $K_{m=2} = K_{m=3} = 0,04$ dB/°C. Korrektionen ska användas på samtliga oktavband från 63 Hz till 8 kHz.

Källrapporten för Nord2000 Road anger 0,1 dB/°C för DAC respektive 0,06 dB/°C SMA, se Figur 5.



Figur 5. Nord2000 Road, korrektion $\Delta L_{\text{surface}}$ för lufttemperatur. Från [16].

Temperaturen varierar över dygn och år, och med den temperaturkorrektionen och fordonens bulleremission. Eftersom ekvivalentnivå inte är ett aritmetiskt medelvärde är det egentligen inte helt korrekt att basera temperaturkorrektionen på årsmedeltemperaturen. Likväl föreskriver CNOSSOS-EU att det är årsmedeltemperaturen som ska användas som indata. En förklaring till att det fungerar tillräckligt bra att använda årsmedeltemperaturen är att korrektionen är så liten i förhållande till den totala bulleremissionen, vilket gör att skillnaden mellan aritmetiskt medelvärde och energimedelvärde blir liten.

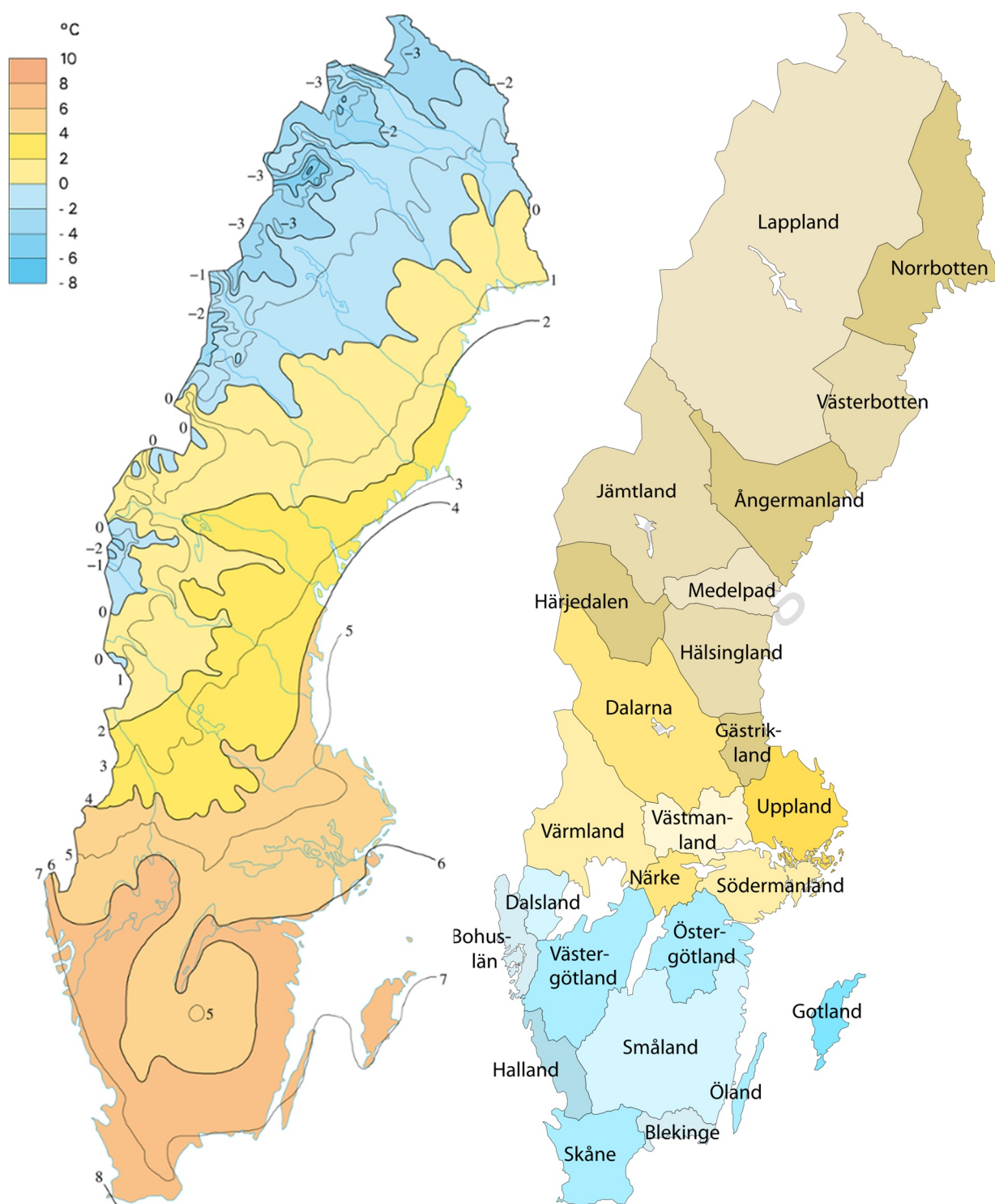
Stöd för detta fås genom en jämförelse med en dansk studie, som undersöker korrektionens storlek uttryckt i både L_{Aeq24h} och L_{den} , och inkluderar temperaturvariationerna över dygn och år, samt trafikens variationer [17].

Årsmedeltemperaturen i Sverige varierar från 8 °C längst i söder till –3 °C i norr, se Figur 6. Används endast en temperatur för hela Sverige kommer avvikelserna bli relativt stora på vissa platser. Väljer vi t ex att 3 °C ska gälla för hela Sverige, är det fem grader lägre än verklig temperatur i syd respektive sex grader för högt i norr. Fem grader för lågt innebär ca 0,4 dB för hög emission, och sex grader för högt är på samma sätt ca 0,5 dB för lågt.

Vid kommunala och andra kartläggningar med begränsad geografisk omfattning rekommenderas att använda platsspecifika årsmedeltemperaturer. Om temperaturen hämtas från annan statistik än Figur 6 bör den vara medelvärdet för en tioårsperiod eller mer.

För kartläggningar som omfattar större områden föreslås följande förenklade fördelning av temperaturer som begränsar avvikelserna till ca ± 2 °C:

- Värmland, Västmanland, Gästrikland samt alla landskap söder därom använder temperaturen 6 °C,
- Lappland använder temperaturen –1 °C, och
- övriga landskap använder temperaturen 2 °C.

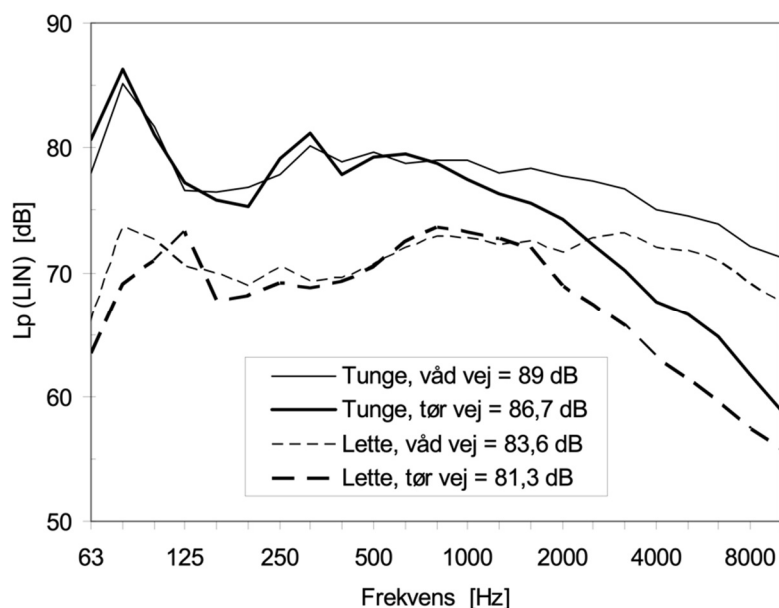


Figur 6. Till vänster, årsmedeltemperaturer för normalperioden 1961–1990 (från smhi.se). Till höger, Sveriges landskap (från wikipedia.se).

1.7 Parameter för andel av året med våt vägyta

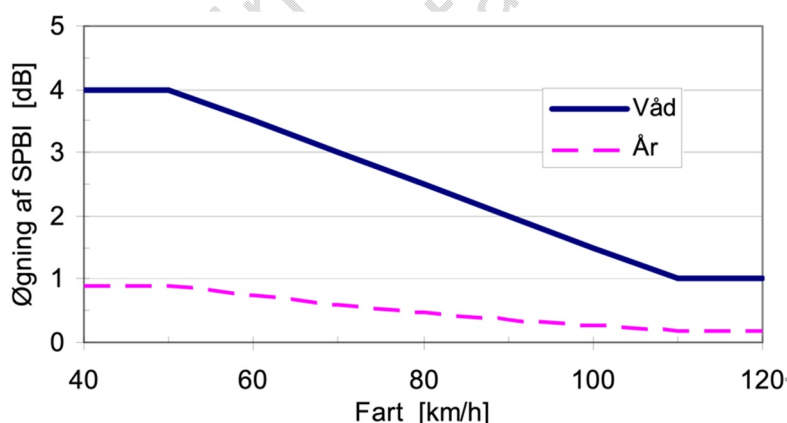
En våt vägbana kan medföra att bulleremissionen ökar flera dB jämfört med när vägbanan är torr. Hur stor påverkan blir beror på faktorer som vattenmängd, typ

av vägyta, bil- och däcktyp, och hastighet. Effekten är främst ett högfrekvent fenomen, ett exempel visas Figur 7.



Figur 7. Exempel på bullerspektrum från lätta och tunga fordon på en motorväg med tät asfaltbetong (ABT), fartgräns 110 km/h. Från [17].

Det går att hitta uppgifter om emissionsökningar från 0 upp till hela 15 dB. Enligt den modell som presenteras i [17] är nivåökningen för täta vägbeläggningar med måttligt grov yta (≤ 16 mm) försumbar för lastbilar, medan den för personbilar är 3–4 dB i låg fart respektive 1–2 dB i hög fart. Nivåökningen kan däremot försummas för beläggningar med öppen ytstruktur eller med stenstorlek som är större än 16 mm.



Figur 8. Ökning av L_{Aeq} från trafik på våt asfaltbetong i förhållande till torr asfaltbetong, samt ökning av årsmedelvärden jämfört med beräkningsmetodernas utgångsvärde, från [17]. Ökningen av årsmedelvärden baseras på skattningen att vägytan är våt 15% av tiden under året.

En modell för att korrigera för våt vattenyta ingår i Nord2000, men inte i Nord96 eller CNOSSOS-EU. Användarhandledningen till Nord2000 anger att

korrektionen gäller för lätta men inte tunga fordon, och att den endast är avsedd för situationer med en tydlig vattenfilm på vägytan [16], det är inte tillräckligt att ytan ser våt ut. Ingen närmare definition av vad som räknas som en vattenfilm redovisas i användarhandledningen, men referens [17] anger att våt vägbana svarar mot att den är belagd med en vattenfilm som är $>0,05$ mm tjock.

För att ta hänsyn till våt vägyta vid en beräkning med Nord2000 anges hur stor andel av året som vägytan är våt. Eftersom det inte finns en direkt koppling mellan nederbörd och våt vägyta är det inte heller uppenbart vilket underlag som behövs. I Danmark har man löst frågan genom att ta fram schablonpåslag för olika vägbeläggningar som gäller för hela landet [18][50].

De svenska riktvärdena är i dagsläget relaterade till torr vägyta (se del 2 avsnitt 1). Så länge det kvarstår finns inget egentligt behov av att ta fram motsvarande svenska schabloner och anvisningar om hur lokala korrektioner kan göras. Om det skulle bli aktuellt att ta hänsyn till våt vägyta vid svenska Nord2000-beräkningar rekommenderas att svenska schabloner och anvisningar tas fram, och till dess att ett sådant underlag finns framme kan vägytan antas vara våt 15% av tiden, vilket är i nivå med de danska schablonerna.

1.8 Parameter för vägytans ålder

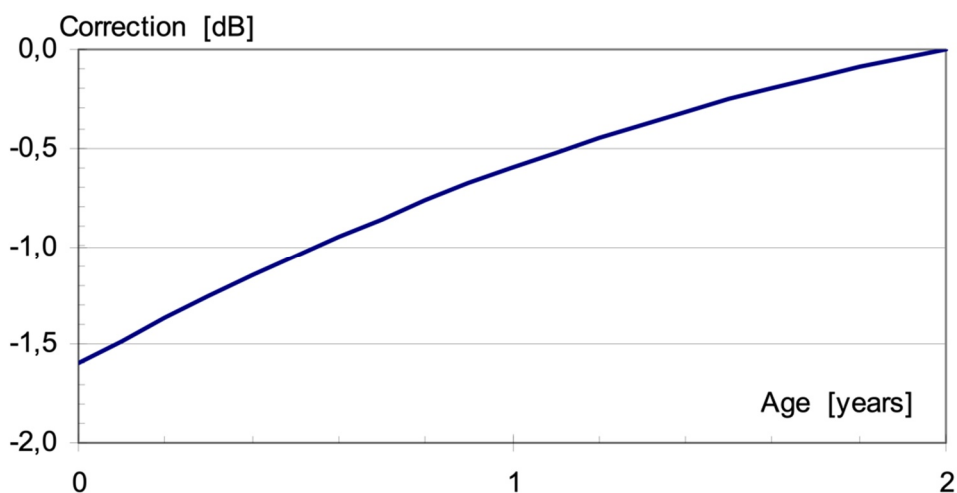
En vägbeläggning bullrar mer när den åldras, vilket alla tre beräkningsmodellerna beaktar, men på olika sätt.

I Nord96 redovisas separata vägytekorrektioner för nylagd respektive äldre vägyta för ett antal olika vägbeläggningar [7].

CNOSSOS-EU erbjuder ingen möjlighet att variera vägytans ålder genom att justera en parameter. Istället ska vägytekorrektonerna härledas så att de representerar medelvärden av de akustiska egenskaperna räknat över den tekniska livslängden, förutsatt ett gott underhåll. Referens är en 2–7 år gammal vägyta.

Nord2000 inkluderar en frekvensoberoende ekvation som korigerar emissionen hos täta vägbeläggningar (DAC och SMA) efter vägytans ålder. Förändringen antas ske under de första två åren, se Figur 9. Vid en beräkning med Nord2000 ska vägytans ålder anges, med två år som standardvärde. Referens är en vägyta som är minst två år gammal men inte i slutet av sin tekniska livslängd.

Nord2000 har även en modell för åldrande hos porösa vägytor, där försämringen förutsätts ske över de första 7 åren, förutsatt att inga dubbdäck tillåts, se Figur 10.



Figur 9. Ålderskorrektur för DAC- och SMA-vägytor. Korrektionen är 0 dB för vägytor äldre än 2 år. Från [16].



Figur 10. Ålderskorrektur för porösa vägytor, angiven som procent av vägytans ursprungliga dB-värde. Gäller för vägar där dubbdäck inte tillåts. Från [16].

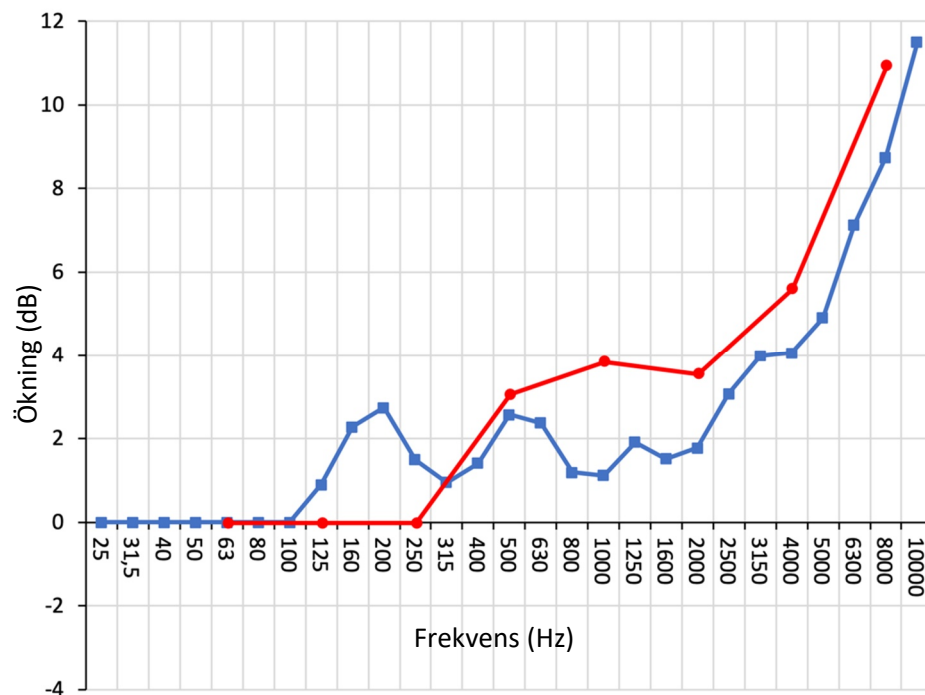
1.9 Parameter för andel lätta fordon med dubbdäck

I Sverige är det tillåtet att ha dubbdäck 1 oktober – 15 april. Under perioden 1 december – 1 mars ska alla fordon ha vinterdäck eller likvärdig utrustning om det är vinterväglag. Vinterdäck kan vara dubbade eller dubbfria.

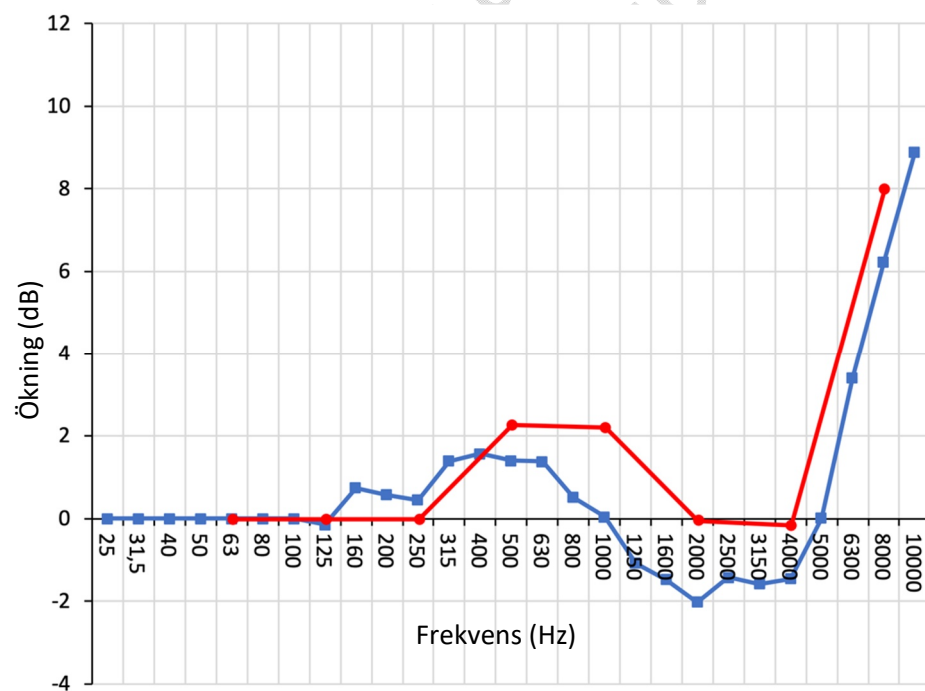
Generellt sett avger dubbdäck mer buller än odubbade däck, i första hand vid högre frekvenser. (Friktionsdäck är däremot generellt tystare än vanliga sommar-däck, vilket delvis kan kompensera för de bullrigare dubbdäcken.)

Nord96 omfattar ingen metod som tar hänsyn till dubbdäck (de svenska riktvärdena avser emission från dubbfria däck, se del 2 avsnitt 1). Det gör däremot både CNOSSOS-EU och Nord2000, som använder samma modell men inte exakt

samma korrekitioner, se Figur 11 och Figur 12. Korrektion görs enbart för lätta fordon (kategori 1).



Figur 11. Korrekitioner för dubbdäck vid 50 km/h och lägre hastigheter. Röd linje: CNOSSOS-EU, korrekitioner per oktavband. Blå linje: Nord2000 Road, korrekitioner per tersband.



Figur 12. Korrekitioner för dubbdäck vid 90 km/h och högre hastigheter. Röd linje: CNOSSOS-EU, korrekitioner per oktavband. Blå linje: Nord2000 Road, korrekitioner per tersband.

Som indata till en beräkning med CNOSSOS-EU används andelen av samtliga lätta fordon som använder dubbade vinterdäck, $Q_{stud, ratio}$, samt antal månader per år som dubbdäck används, T_s . Den årsgenomsnittliga andelen lätta fordon som använder dubbdäck, p_s , är då

$$p_s = Q_{stud, ratio} \times \frac{T_s}{12} \quad (4)$$

Slutligen beräknas korrektionen som

$$\Delta L_{studdedtyres, i, m=1} = 10 \times \lg \left[(1 - p_s) + p_s 10^{\frac{\Delta_{stud, i, m=1}}{10}} \right] \quad (5)$$

Vid beräkning med Nord2000 används som indata istället den årsgenomsnittliga andelen p_s , vilken först får bestämmas med ekvation (4).

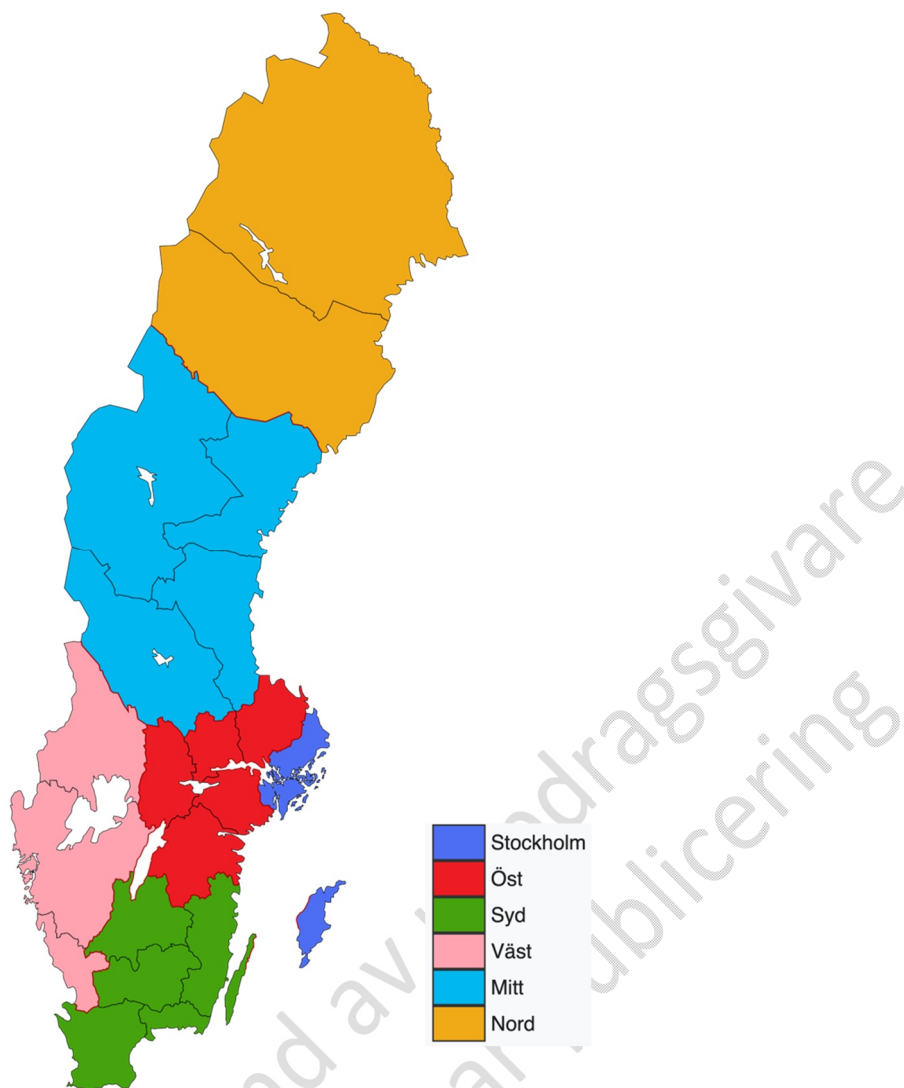
Om bättre underlag saknas kan T_s ansättas till fem månader, och andel lätta fordon med dubbdäck kan hämtas från Tabell 22.

<i>Trafikverksregion</i>	<i>Andel lätta fordon med dubbdäck</i>
Syd	46%
Väst	63%
Öst	70%
Stockholm (dock ej Gotland ¹⁰)	46%
Mitt	92%
Norr	95%

Tabell 22. Uppmätt andel personbilar med dubbdäck, år 2019. Från [19].

Relativt CNOSSOS-EU:s kvalitetskrav om ± 2 dB kan korrektionen för dubbdäck negligeras. Det är dock inte kostnadsdrivande att inkludera den i beräkningen.

¹⁰ Gotland bedöms ha en högre andel lätta fordon med dubbdäck än vad som gäller för region Stockholm [20], och om bättre underlag saknas kan andel lätta fordon med dubbdäck ansättas till 85%.



Figur 13. Trafikverkets sex regioner. Från wikipedia.se.

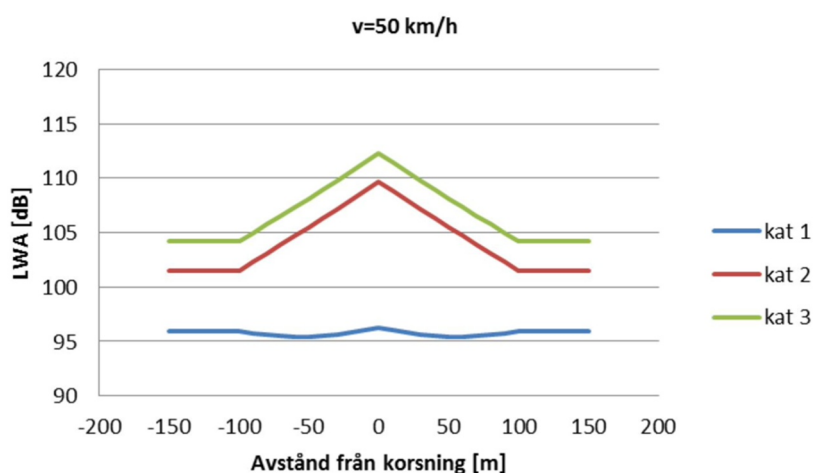
1.10 Emissionskorrektion vid korsning/rondell och andra icke jämna trafikflöden

Källmodellerna i de tre metoderna förutsätter ett jämnt trafikflöde utan accelerationer och retardationer. Sådana hastighetsändringar förekommer dock exempelvis vid korsningar och rondeller, där fordon saktar in när de närmar sig och accelererar när de lämnar. Däck/vägbanebullret minskar när fordonen saktar ned medan motorbullret ökar vid acceleration.

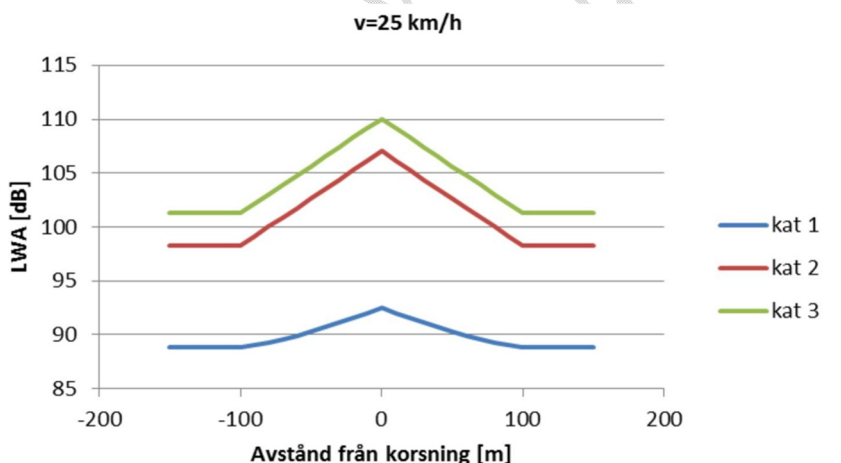
Särskilda metoder för att korrigera ljudemissionen vid just korsningar och rondeller finns i både CNOSSOS-EU och Nord2000. Detta saknas i Nord96, men det går till viss del att tillämpa korrektionerna från Nord2000. Därutöver är Nord2000 ensamt om att kunna variera fordonens acceleration, och därmed kunna simulera godtyckliga trafikflöden.

Modellen i CNOSSOS-EU gör frekvensoberoende korrigeringar av både däck/vägyte- och motorbullrets ljudeffektnivåer inom 100 m avstånd från korsningar med trafikljus och rondeller. Korrektionernas storlek varierar linjärt med avståndet till korsningen/rondellen.

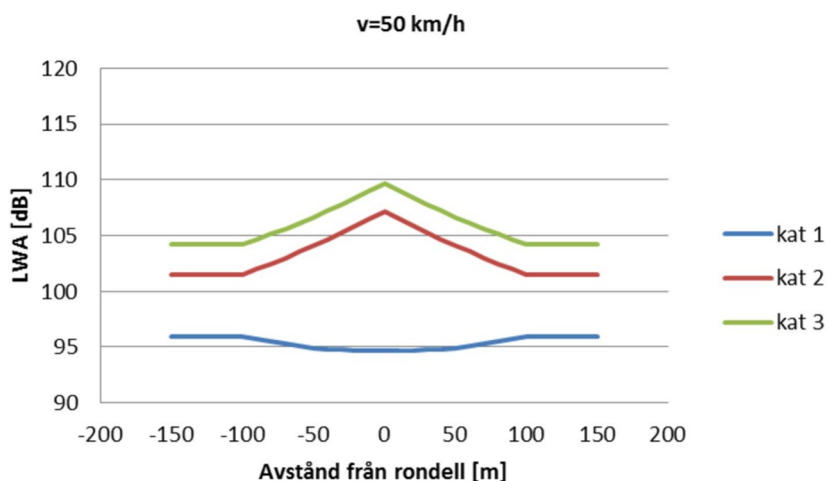
Figur 14–Figur 17 visar effekten av korrektionerna vid 50 km/h respektive 25 km/h. Effekten är något mindre vid rondeller än vid trafikljus. Lastbilars ljudeffekt ökar tydligt vid båda hastigheterna. Personbilskorrektionen är generellt mindre, med större påverkan vid den lägre hastigheten.



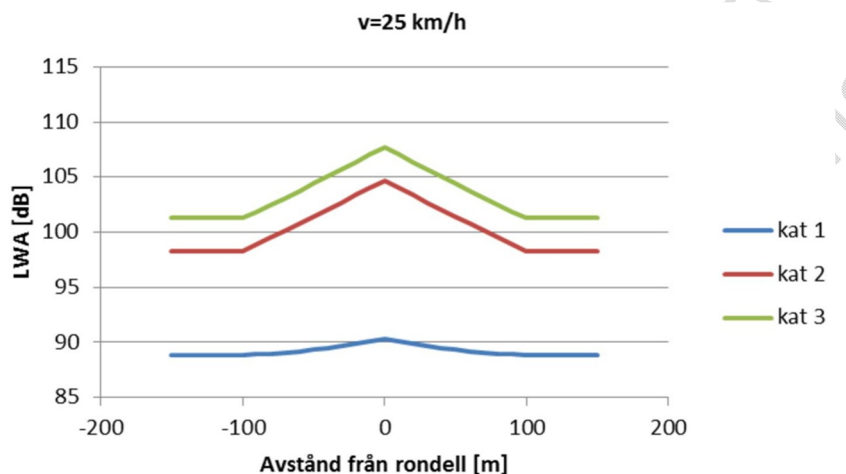
Figur 14. A-vägd ljudeffektnivå enligt CNOSSOS-EU för fordonskategori 1, 2 respektive 3 vid en korsning med trafikljus. Hastighet = 50 km/h. Från [5].



Figur 15. A-vägd ljudeffektnivå enligt CNOSSOS-EU för fordonskategori 1, 2 respektive 3 vid en korsning med trafikljus. Hastighet = 25 km/h. Från [5].



Figur 16. A-vägd ljudeffektnivå enligt CNOSSOS-EU för fordonskategori 1, 2 respektive 3 vid en rondell. Hastighet = 50 km/h. Från [5].



Figur 17. A-vägd ljudeffektnivå enligt CNOSSOS-EU för fordonskategori 1, 2 respektive 3 vid en rondell. Hastighet = 25 km/h. Från [5].

I Nord2000 går det att applicera realistiska accelerationsdata individuellt per fordonskategori vid trafiksituationer som avviker från ett statiskt trafikflöde. För korsningar och rondeller finns också en förenklad metod enligt nedan, avsedd för ingenjörsmässiga beräkningar. Korrektionerna gäller för en väg med hastighetsbegränsningen 50 km/h, och appliceras ± 100 m från korsningen/rondellen:

- Lätta fordon: använd hastigheten 30 km/h.
- Tunga fordon vid lågt trafikflöde – rondeller alternativt korsningar utan trafikljus: använd hastigheten 30 km/h.
- Tunga fordon vid tät trafik – rondeller alternativt korsningar med trafikljus: använd hastigheten 50 km/h, alternativt 30 km/h i kombination med $0,5 \text{ m/s}^2$ acceleration (accelerationen kan bytas ut mot +3 dB motorbuller).

Trafikverket förvaltar över GIS-information för statliga och kommunala vägar som eventuellt går att använda för identifikation, exempelvis *Cirkulationsplats* och *Korsning* i NVDB. Rent praktiskt kan dock hanteringen av korrektionerna innebära en besvärlig utmaning vid större bullerkartläggningar där kartunderlagets stora omfattning inte tillåter att editering utförs för hand. Om så är fallet föreligger en inte obetydlig risk för att användandet av korrektionerna snarare ökar beräknade ljudnivåers onoggrannhet än tvärtom.

Även i den ursprungliga rapporten för beräkningsmetoden CNOSSOS-EU från 2012 framlades denna slutsats tillsammans med förslaget att korrektionen kan försummas vid strategisk bullerkartläggning [10]. Förslaget saknas dock i den slutliga direktivtexten där det istället står: *"Before and after crossings with traffic lights and roundabouts a correction shall be applied for the effect of acceleration and deceleration as described below."* [11]

Som rekommendation föreslås att korrektion för rondeller och trafikljus kan försummas vid strategisk kartläggning till dess att mer erfarenhet om användningen har byggts upp. Här finns ett behov av en praktisk studie som undersöker om data från NVDB enligt ovan kan användas i stor skala för att identifiera korsningar med trafikljus och cirkulationsplatser.

1.11 Korrektion för stigning

Alla tre beräkningsmetoderna korregerar för att emissionen ökar vid stigning, även om korrektionerna inte är helt identiska.

Inga särskilda indata behövs eftersom uppgiften om vägarnas stigning hämtas från den höjdsättning av vägobjekten som ändå behöver göras.

2 Markdämpning

2.1 Markabsorption

Eftersom markeffekten¹¹ inte sällan har stor betydelse för beräkningsresultatet blir det viktigt att använda ett representativt underlag, varav markens ljudabsorberande egenskaper är en framträdande parameter. I viss mån varierar också markabsorptionen över året, vilket kan behöva tas hänsyn till om ett årsmedelvärde ska beräknas. Ett exempel är snötäcke som kan ha betydelse för årsmedelvärden i delar av landet, och som då behöver en relevant och samtidigt rationell hantering.

Markabsorptionen behandlas på olika sätt de tre modellerna, och de indata som erfordras är inte heller desamma.

¹¹ Effekt av samverkan mellan direkt och markreflekterat ljud. Indata av betydelse är terrängprofil, markens ljudabsorption och ytråhet, men även refraktion.

I Nord96 anges om marken är akustiskt mjuk eller hård med en dimensionslös parameter som antingen sätts till 0 (akustiskt hård mark) eller 1 (akustiskt mjuk mark). Modellen kan inte hantera värden däremellan. Exakt var gränsen går mellan vad som ska räknas som mjuk respektive hård mark är inte definierat.

Ett helt annat upplägg finns i Nord2000 där markens akustiska egenskaper specificeras med dess flödesmotstånd. Flödesmotståndet kan mätas upp på plats eller väljas från åtta impedansklasser A–H enligt Tabell 23, där A representerar mycket mjuk mark och H mycket hård och tät mark.

Impedance class	Representative flow resistivity σ [kPas/m ²]	Description
A	12.5	Very soft (snow or moss-like)
B	31.5	Soft forest floor (short, dense heather-like or thick moss)
C	80	Uncompacted, loose ground (turf, grass, loose soil)
D	200	Normal uncompacted ground (forest floors, pasture field)
E	500	Compacted field and gravel (compacted lawns, park area)
F	2,000	Compacted dense ground (gravel road, parking lot, ISO 10844 asphalt)
G	20,000	Hard surface (most normal asphalt)
H	200,000	Very hard and dense surface (dense asphalt, concrete, water)

Tabell 23. Klassificering av marktyp i Nord2000. Från [16].

CNOSSOS-EU specificerar markens akustiska absorption med en dimensionslös parameter, G, som kan anta de fyra värdena 0 (hård mark), 0,3 (komprimerad tät mark), 0,7 (komprimerad mark) och 1 (mjuk mark). Det finns en tydlig definition av hur värdena ska väljas genom att de har länkats till de markimpedansklasser som används i Nord2000 och Harmonoise, se Tabell 24.

Description	Type	(kPa · s/m ²)	G value
Very soft (snow or moss-like)	A	12,5	1
Soft forest floor (short, dense heather-like or thick moss)	B	31,5	1
Uncompacted, loose ground (turf, grass, loose soil)	C	80	1
Normal uncompacted ground (forest floors, pasture field)	D	200	1
Compacted field and gravel (compacted lawns, park area)	E	500	0,7
Compacted dense ground (gravel road, car park)	F	2 000	0,3
Hard surfaces (most normal asphalt, concrete)	G	20 000	0
Very hard and dense surfaces (dense asphalt, concrete, water)	H	200 000	0

Tabell 24. Värderna på G för olika typer av mark i CNOSSOS-EU. Från [11].

2.1.1 Dataunderlag

Om bättre underlag saknas kan mjuk mark sättas till G=1 respektive impedansklass D, hård mark till G=0 respektive impedansklass G, och vatten till G=0 och impedansklass H; vägar antas då vara hård mark och banvallar mjuk mark.

Baserat på undersökningar i del 2 avsnitt 5.1 rekommenderas för strategisk kartläggning dessutom att sjöar i Norrland ges markabsorption G=0,3 som en första ordningens approximation av effekten att snötäcke inkluderas i årsmedelvärdet.

2.1.1.1 Visuell inspektion

Med visuell inspektion avses en manuell bedömning baserad på ortofoton av vad som är hård respektive mjuk mark. Det har hittills fungerat väl med nuvarande inhemska beräkningsmetoder, men metoden är inte tillräcklig för att bestämma markens egenskaper till CNOSSOS-EU och Nord2000, varför det finns ett behov av att undersöka om det går att utveckla metoden så att den kan användas för tillförlitlig identifiering av markalternativen i Tabell 23 och Tabell 24.

2.1.1.2 Schabloner

De svenska kartläggningsanvisningarna från 2010 anger en schablonhantering av markabsorption som kan användas vid strategisk kartläggning [21]:

Hela stadskärnan (svarar ungefär mot att exploateringsstalet $e > 1$) utom dedicerade parkområden har hård mark. För övriga tätortsområden förutsätts, om bättre information saknas, 2 m på ömse sidor om vägen vara hård och resterande mark mjuk.

Undersökningar i del 2 avsnitt 5.1 pekar dock på att schablonen med mjuk mark inte är tillräcklig för tätortsområden utanför stadskärna, varför rekommendationen att ansätta mjuk mark förslås utgå och ersättas med följande tillägg: ”För resterande mark sätts $G=0,7$. Mark utanför tätort sätts till mjuk.”

2.1.1.3 Fastighetskartan

En vanlig metod för rationell hantering av markimpedans i bullerberäkningar är att använda Fastighetskartans ytskikt för markdata (vektor). Ytskikten är indelade efter typ av markslag, såsom vatten, åker, industriområde etc. Beräkningsutföraren översätter själv Fastighetskartans markslag till den mest troliga markabsorptionen [8][9].

Detta har främst avsett underlag till beräkningar med Nord96 och Naturvårdsverkets beräkningsmetoder för spår- och industribuller från 1996 respektive 1982. Metoderna har det gemensamt att de endast använder två värden för att modellera markabsorptionen, mjuk ($= 1$) eller hård ($= 0$), vilket gör att översättningen från markklasser blir relativt enkel.

Erfarenhet finns även av att översätta markslagen till impedansklasserna i Nord2000. Ett sådant exempel redovisas i Trafikverkets beräkningsmanual för Ostlänken, där förslag på impedansklasser redovisas för de vanligast förekommande markslagen, se Tabell 25. Översättningen är endast baserad på bedömningar, inga verifierade mätningar av markimpedansen har utförts. För de angivna värdena för Slutet bebyggelse förefaller det som att översättningen från Fastighetskartans markslag till markabsorption är felaktig och behöver korrigeras. Slutet bebyggelse, som enligt Fastighetskartans indelning är ”sammanhängande kvartersbebyggelse med flera våningar”, är ett vanligt inslag i stadskärnor, och även om innergårdar kan ha gräsmattor är markabsorptionen på gatusidan vanligen hård.

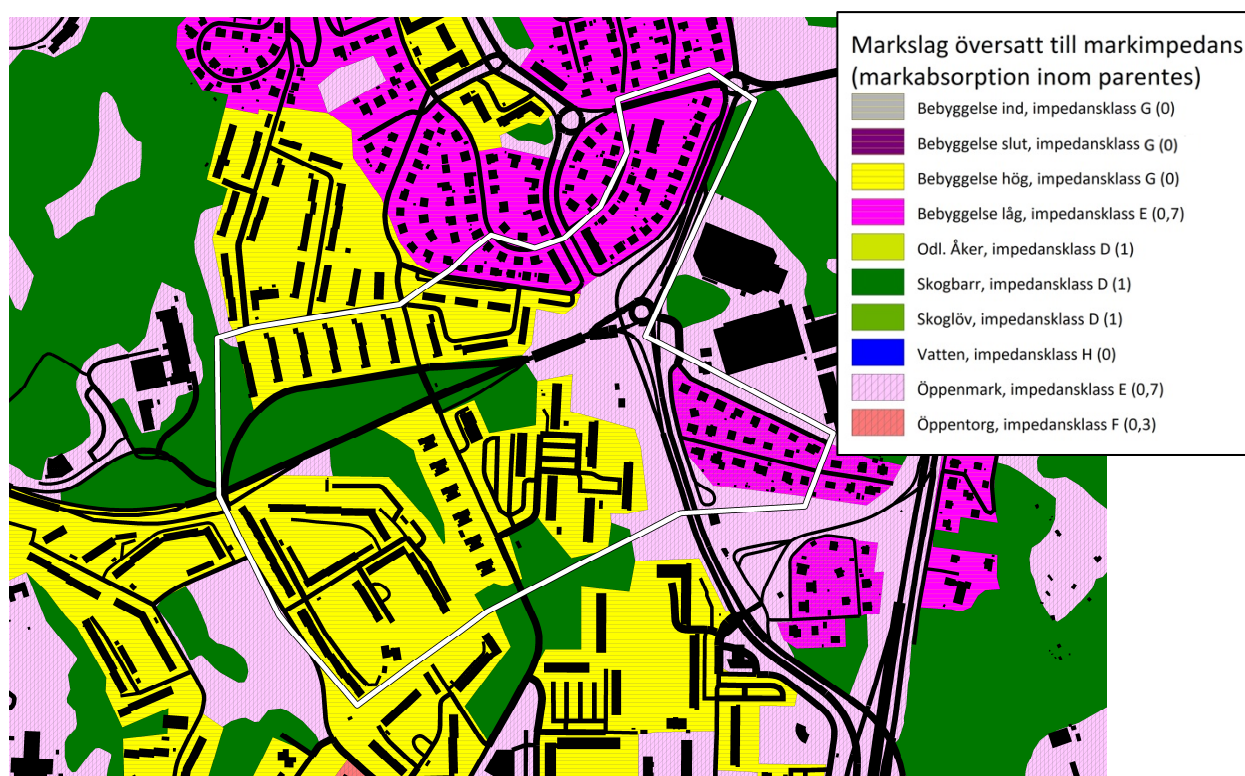
Tabellen i Trafikverkets beräkningsmanual är inte komplett. Tabell 25 nedan har kompletterats med värden på G (till CNOSSOS-EU) baserat på bedömningar och jämförelser med uppmätta värden för Nationella Marktäckedata för de markslag som sedan tidigare saknade en bedömning.

Ett exempel på markimpedans/-absorption definierad med den här metoden redovisas i Figur 18.

Här finns ett behov av att med mätningar verifiera översättningen från markslag till markimpedansklasserna i Nord2000 respektive markabsorptionsklasserna i CNOSSOS-EU. Översättningen behöver omfatta samtliga markslag i Fastighetskartan.

Skikt-namn	Kod detaljtyp	Namn	Nord2000 impedans-klass, förslag enligt [25]	Värde på G enligt Tabell 24
MY	VATTEN	Vatten (sjöar och större vatten-drag)	H	0
MY	BEBYGG	Bebyggelse, ospecificerad		0,7
MY	BEBLÅG	Låg bebyggelse	E	0,7
MY	BEBHÖG	Hög bebyggelse	G	0
MY	BEBSLUT	Sluten bebyggelse	E G	0,7 0
MY	BEBIND	Industriområde	G	0
MY	ODLÅKER	Åker	D	1
MY	ODLFRUKT	Fruktodling/fröplantage	D	1
MY	ODLEJÅK	Ej brukad åker		0,7
MY	ÖPMARK	Annan öppen mark	E	0,7
MY	ÖPKFJÄLL	Kalfjäll		0
MY	ÖPGLAC	Glaciär		1
MY	SKOGBARR	Barr- och blandskog	D	1
MY	SKOGLÖV	Lövskog	D	1
MY	SKOGFBJ	Fjällbjörkskog		1
MY	MRKO	Ej karterat område		1
MY	MKKÖVR	Övrig mark, oklassificerad		1
MY	ÖPTORG	Torg	F	0,3
MY	OSPEC	Ospecificerad yta, ofta kod på felaktig yta		0,7
MS	SANK	Sankmark		0,7
MS	SANKSVÅ	Sankmark, svårframkomlig		0,7
MS	SANKBLE	Sankmark blekvåt		0,7

Tabell 25. Markdata i Fastighetskartan vektor: typer av markslag i ytsikten MY (heltäckande markdata) och MS (sankmark) [24]. Förslag på Nord2000 impedansklass hämtad från Trafikverkets PM Beräkningsmanual för projekt Ostlänken [25]. Motsvarande värde på G hämtat från Tabell 24. De värden för Sluten bebyggelse som föreslås i [25] behöver korrigeras till impedansklass G respektive G=0. Där förslag på impedansklass saknas i [25] har tabellen kompletterats med värden på G (markerade med fetstil) som baserats på bedömningar och jämförelser med Nationella Marktäckedata.



Figur 18. Exempel från området Hösbo i Göteborg där identifiering av markimpedans och markabsorption med hjälp av Fastighetskartans markslag.

2.1.1.4 Nationella Marktäckedata

Naturvårdsverket tillhandahåller dataprodukten Nationella Marktäckedata (NMD), som redovisar markanvändning och vegetation enligt EU:s klassificeringssystem för CORINE Land Cover [23]. Upplösningen är rutor om 10x10 m och data på filformatet GeoTIFF kan laddas ned fritt från Naturvårdsverkets hemsida.

Det finns en översättningstabell mellan markklasserna i en föregångare till NMD, GSD-Marktäckedata, och de åtta impedansklasserna A–H i Nord2000, och därmed även till motsvarande värden på G för CNOSSOS-EU, som togs fram i ett forskningsprojekt [22].

Fördelar med produkten är att kopplingen till markimpedans har verifierats med mätningar för ett stort antal markklasser, att den är fritt tillgänglig och att den täcker hela Sverige.

Filformatet innebär en nackdel. För att kunna användas av beräkningsprogrammen behöver informationen i de ursprungliga GeoTIFF-filerna omvandlas från bitmap till vektorbaserade yto objekt med attribut, som exempelvis görs tillgängliga som SHP-filer. Upplösningen 10 m kan också vara för grov i vissa situationer.

Här finns det ett behov av att Naturvårdsverket tar fram en kompletterande produkt som fungerar att använda ihop med bullerkartläggningssystem.

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 26. Markklasser från GSD-Marktäckedata och motsvarande Nord2000 impedansklasser A–H. Från [22].

2.2 Markens ytråhet

Nord2000 har som ensam modell en parameter för markens ytråhet. Avsikten är att beskriva fluktuationer hos terränghöjden som inte hanteras med den segmentering av terrängprofilen som ingår i Nord2000. Ytråheten är rms-värdet av markhöjdsfluktuationerna inom varje segment. Den bör representeras av en av de fyra klasserna i Tabell 27.

Inkluderandet av ytråhet vid beräkningar med Nord2000 har 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.

Här finns ett behov av att genomföra valideringar av modellen och ta fram rekommendationer för hur klasserna bör väljas.

Roughness class	Description	Ground roughness [m]	Range of heights [m]
<i>N</i>	Nil	0	± 0.25
<i>S</i>	Small	0.25	± 0.5
<i>M</i>	Medium	0.5	± 1
<i>L</i>	Large	1	± 2

Tabell 27. Klassificering av markens ytråhet enligt Nord2000 [16].

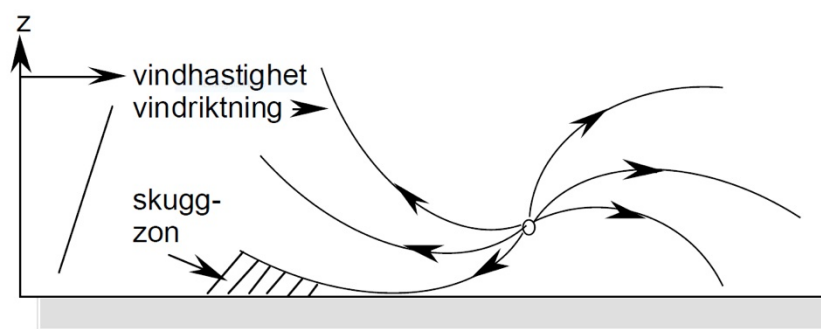
3 Meteorologi

3.1 Refraktion

Vädret påverkar ljudutbredningen genom refraction (se Figur 19), atmosfärisk absorption och turbulens. Vid refraction påverkar¹² vertikala vind- och temperaturgradienter den s k ljudhastighetsprofilen, vilket i sin tur orsakar att ljudbanorna kröks uppåt eller nedåt. Förutom en fokuserande effekt vid nedåtkrökning och vice versa, påverkas skärmning som får minskad effekt vid nedåtkrökning och tvärtom vid uppåtkrökning, och markdämpning.

I frånvaro av refraction blir ljudbanorna raka, vilket kallas neutral eller homogen ljudutbredning. När ljudbanorna kröks nedåt sägs ljudutbredningen vara gynnsam, eftersom den kan orsaka förhöjda nivåer relativt det neutrala fallet. Analogt kallas ljudutbredning med uppåtböjda ljudbanor för ogynnsam då ljudnivåerna kan bli lägre än vid neutral ljudutbredning. Hur kraftig effekten är varierar med väderförutsättningarna i kombination med platsspecifika förutsättningar som markabsorption, skärmning, m m. I den här undersökningen, liksom i beräkningsmetoderna CNOSSOS-EU och Nord2000, förutsätts att ljudhastighetsgradienten inte beror av placering i horisontalled utan bara av höjden över marken. Vidare förutsätts att ljudhastigheten antingen ökar eller minskar monotont med höjden, utan signifikanta hopp. I verkligheten påverkas ljudhastighetsprofilen av tex skog, bebyggelse och sjöar, och den kan ha olika komplicerade höjdvariationer.

¹² Ljudhastigheten ökar med temperaturen och vindhastigheten adderas till ljudhastigheten.



Figur 19. Exempel på refraction när vindhastigheten ökar med höjden över marken: ljudbanor kröks nedåt vid medvind och uppåt vid motvind. Från [28].

I Harmonoise-projektet undersöktes en metod för att inkludera refractionens påverkan på L_{den} som sedan tidigare var etablerad vid beräkning av luftföroreningar. Först identifieras kombinationer av temperatur- och vindgradients som ger upphov till unika ljudhastighetsprofiler och därmed även unika ljudutbredningsförhållanden, s k utbredningsklasser. Varje utbredningsklass procentuella förekomst under ett år fastställs med hjälp av väderstatistik. Ljudspridningen beräknas för var och en av utbredningsklasserna, varpå årsmedelvärdet bestäms som medelvärdet av resultaten för samtliga utbredningsklasser, viktade efter hur ofta varje klass förekommer under ett år. Totalt 25 olika utbredningsklasser, från mycket ogynnsamma till mycket gynnsamma, identifierades som viktiga att inkludera för att begränsa onoggrannheten för långtidsmedelvärdesbildade ljudnivåer till högst 2 dB vid 1000 m avstånd mellan källa och mottagare [46].

Senare forskning har föreslagit att det vid större bullerkartläggningar är möjligt att minska antalet klasser och därmed använda mindre beräkningskraft. IMAGINE-projektet drog slutsatsen att fem klasser skulle räcka för strategisk bullerkartläggning [47], och forskning i Danmark har visat att antalet klasser antingen behöver vara nio, fyra eller en vid Nord2000-beräkningar, beroende på tillämpning [48].

Refractionen har normalt liten eller försumbar påverkan i oskärmade lägen med korta avstånd mellan källa och mottagare. Men på längre avstånd och i skärmade lägen kan effekten av gynnsam ljudutbredning öka ljudnivåerna betydligt relativt situationer med neutral eller ogynnsam ljudutbredning, och på samma sätt kan ogynnsam ljudutbredning medföra en avsevärd minskning av ljudnivåerna.

I och med att ekvivalentnivån är ett energimedelvärde kommer gynnsamma ljudutbredningssituationer bli framträdande i ett årsmedelvärde, medan tillfällena med ogynnsam ljudutbredning har mindre eller t o m försumbar betydelse. En annan faktor är att gynnsam ljudutbredning normalt både är kraftigast och vanligast under kvällar och nätter, och eftersom ljudnivåer på kvällar och nätter straffas med 5 respektive 10 dB i L_{den} kommer just dessa meteorologiska situationer viktas än högre. I Sverige saknar dock dessa faktorer betydelse eftersom inhemska bedömningar görs med L_{Aeq24h} för en specifik vädersituation (se del 2 avsnitt 1), i jämförelse med L_{den} som avser ett medelvärde av alla variationer över ett år.

De tre beräkningsmetodernas möjligheter att inkludera den meteorologi som påverkar refraktionen varierar. Beräkningar enligt Nord96 motsvarar en fix ljudhastighetsgradient, och metoden saknar stöd för varierande meteorologi [7]. Nuvarande svenska riktvärden är för övrigt baserade på att beräkning av ljudnivå utförs med Nord96 för specifika referensförhållanden, se del 2 avsnitt 1.1.

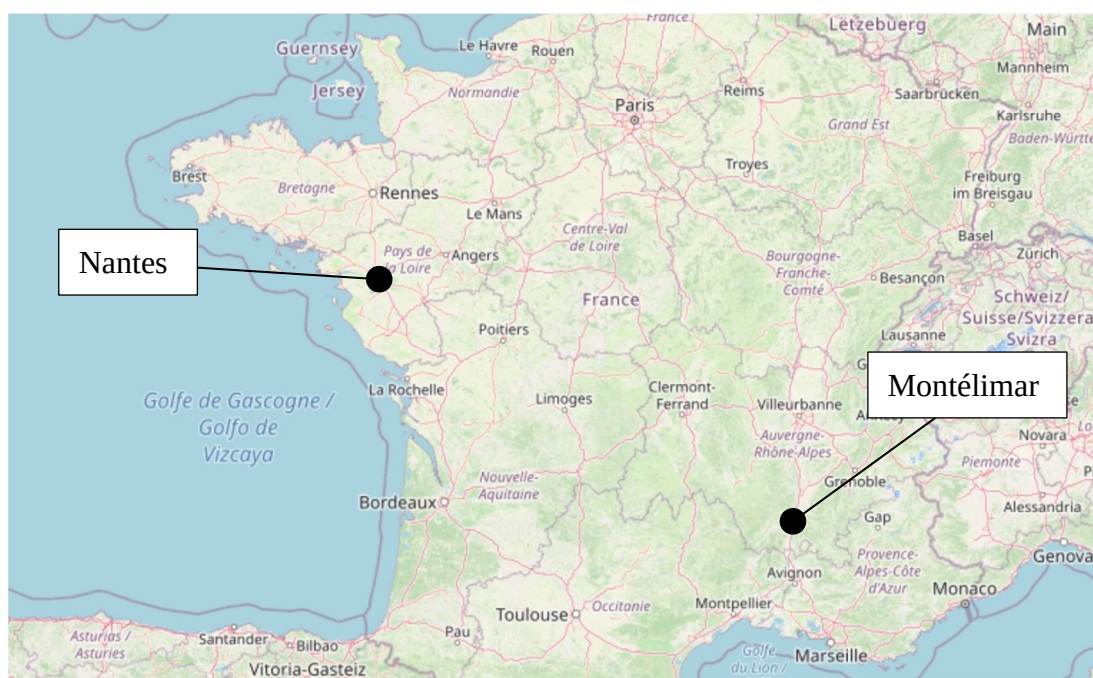
CNOSSOS-EU väger in refraktionen genom att göra två beräkningar, en för ett neutralt ljudutbredningsfall och en beräkning för ett fall med en fix, gynnsam ljudutbredning. Ljudhastighetsgradienten för den gynnsamma ljudutbredningen är förutbestämd i beräkningsmetoden, och därmed även ljudstrålarnas krökningsradier. Det går alltså inte att ändra någon parameter för att t ex studera en meteorologisk situation som ger upphov till kraftigare gradienter och därigenom mer gynnsam ljudutbredning.

Meteorologisk statistik beaktas genom att beräkna ett viktat energimedelvärde av dessa två resultat. Viktningsfaktorn p_f anger procentuell förekomst av gynnsam ljudutbredning under ett år, medan resten av året representeras av neutral ljudutbredning.

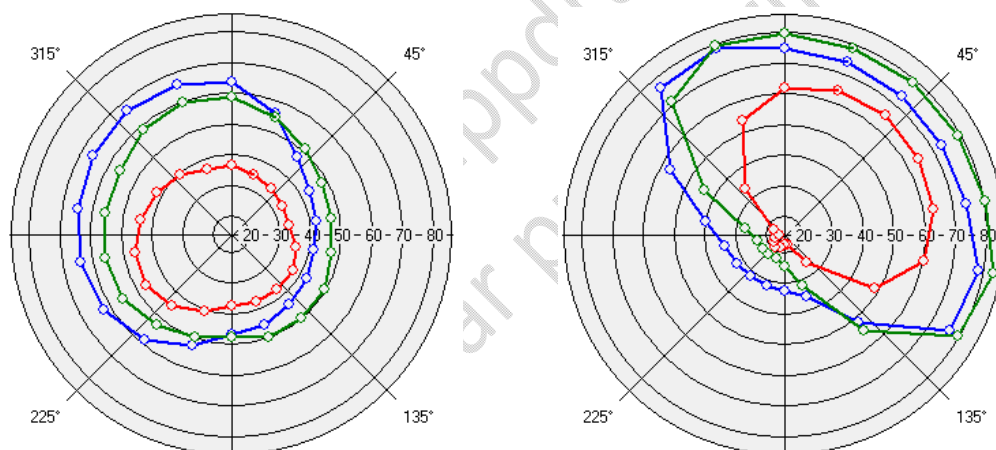
p_f kan bestämmas utifrån meteorologiska observationer. Det finns ingen beskrivning specifikt för CNOSSOS-EU om hur detta ska göras, men en anvisning kan exempelvis hittas i rapporten för besläktade beräkningsmetoden NMPB – 1996 [49]. I den reviderade versionen som CNOSSOS-EU bygger på, NMPB 2008 [51], har dock definitionen för gynnsam ljudutbredning ändrats, vilket kan behöva beaktas när p_f ska tas fram i syfte att användas med CNOSSOS-EU.

Till strategiska kartläggningar bör p_f kunna ansättas till schablonvärden om bättre data saknas. I arbetet med CNOSSOS-EU har p_f -värdena 50/75/100% omnämnts som schablonvärden för dag/kväll/natt¹³, att gälla i samtliga väderstreck [47]. De leder normalt till något konservativa ljudnivåer relativt om mer utförlig väderstatistik används, se del 2 avsnitt 5.1 av denna rapport. I Figur 21 redovisas exempel på sådan väderstatistik för två franska städer med olika väderförhållanden, Nantes som ligger nära västkusten, och Montélimar som är beläget väster om franska Alperna, se Figur 20.

¹³ Värdena $p_f=50/75/100\%$ härleddes ursprungligen för NMPB – 1996. Eftersom definitionen för gynnsam ljudutbredning reviderades till NMPB 2008 kan även värdena behöva revideras. I NMPB 2008 nämns att värdena $p_f=67/82/94\%$ (16—18, 18—22, 22—06) kan användas i städer om bättre data saknas.



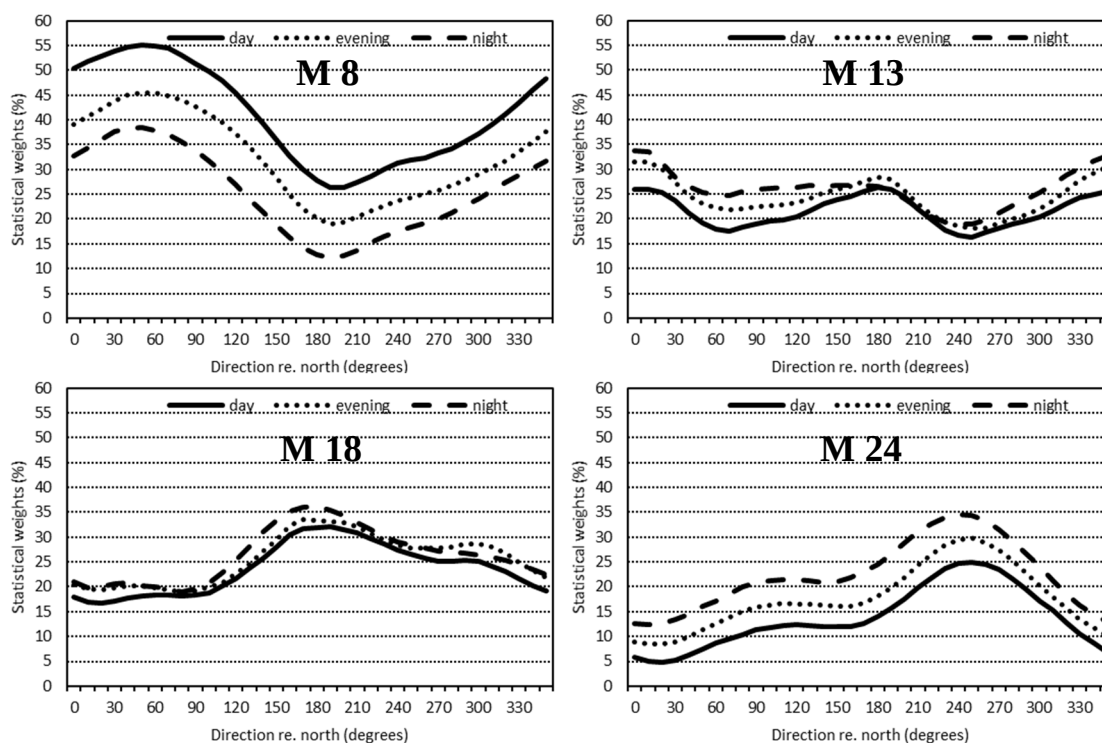
Figur 20. Franska städerna Nantes och Montélimar. (Karta från openstreetmap.org.)



Figur 21. Väderstatistik för franska städerna Nantes (t v) och Montélimar (t h). Plottarna visar sannolikheten i procent för gynnsam ljudutbredning i olika väderstreck för mottagare-källa, p_f , för dag 06–18 (röd), kväll 18–22 (blå) och natt 22–06 (grön) [52].

Nord2000 kan beräkna ljudnivåer för olika okomplicerade väderförhållanden och på så sätt ta hänsyn till varierande refraktion. Mycket starka eller varierande vindgradienter eller skiktade atmosfäriska förhållanden kan dock inte hanteras. Årsmedelvärden som exempelvis L_{den} beräknas genom att kombinera resultat som beräknats för olika väderförhållanden [16].

I Danmark, där Nord2000 är officiell inhemsk beräkningsmetod, publiceras officiell väderstatistik för bullerberäkningar. Vanligen används väderstatistik med nio eller fyra utbredningsklasser, och vissa beräkningar rekommenderas att utföras med neutrala väderförhållanden [50].



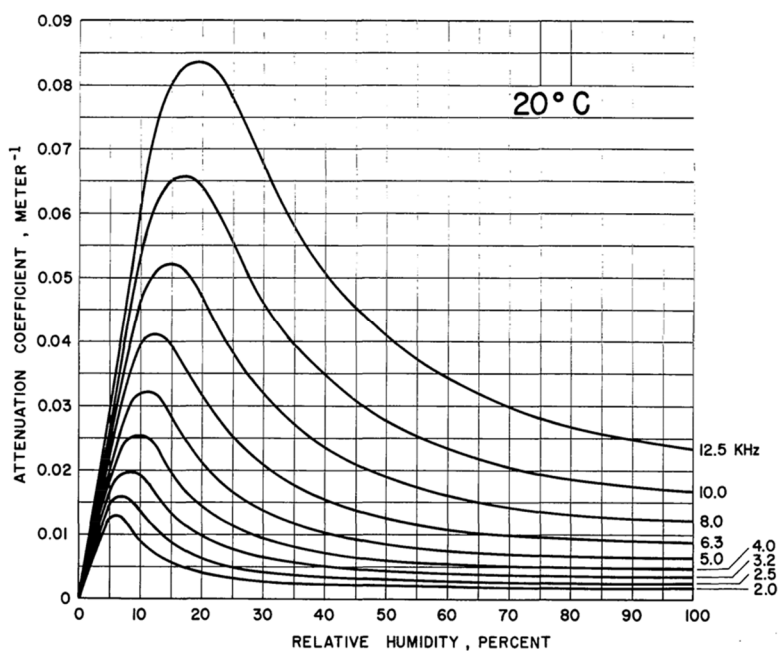
Figur 22. Exempel på procentuell förekomst under ett normalår av olika ljudutbredningsförhållanden, redovisade per väderstreck, här representerat av de statistiska vikterna i det danska datasetet med fyra utbredningsklasser [50]. Utbredningsklass M 8 motsvarar ogynnsam ljudutbredning, M 13 neutral ljudutbredning, M 18 måttligt gynnsam ljudutbredning och M 24 motsvarar mycket gynnsam ljudutbredning.

SoundPLAN har implementerat två principiellt olika möjligheter att ange meteorologiska indata till Nord2000. Dels går det att ange förekomst av olika utbredningsklasser enligt ovan (baserat på väderstatistik), alternativt kan parametrar för vindhastighet, temperaturgradient och turbulens anges för enskilda meteorologiska situationer.

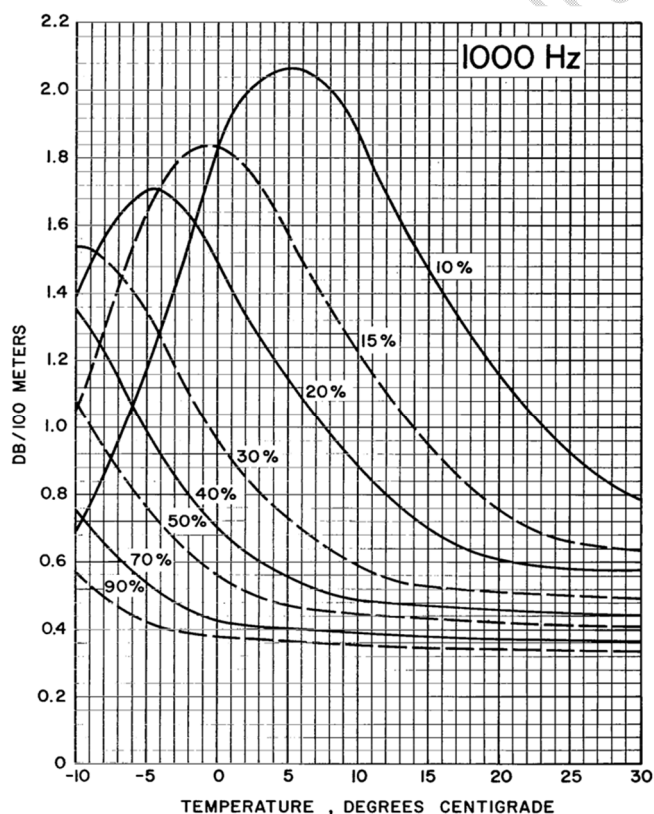
3.2 Luftabsorption

Tillskottsdämpningen från luftabsorptionen, även kallad atmosfärisk absorption, ökar linjärt med avståndet. På korta avstånd är den försumbart låg, men på långa avstånd kan den vara en betydande faktor, särskilt vid högre frekvenser. De indata som erfordras är relativ luftfuktighet, temperatur och atmosfärstryck, men beroendet av atmosfärstrycket är svagt. Exempel på hur luftabsorptionen varierar med temperatur och relativ luftfuktighet visas i Figur 23 och Figur 24.

Både CNOSSOS-EU och Nord2000 beräknar den atmosfäriska absorptionen i enlighet med ISO 9613–1, som predikterar absorptionen vid diskreta frekvenser. Nord2000 tar också hänsyn till att ljudet är bredbandigt, vilket ger något lägre absorption (och därmed högre ljudnivå).



Figur 23. Luftabsorptionens variation med relativa luftfuktigheten vid 20°C [26].

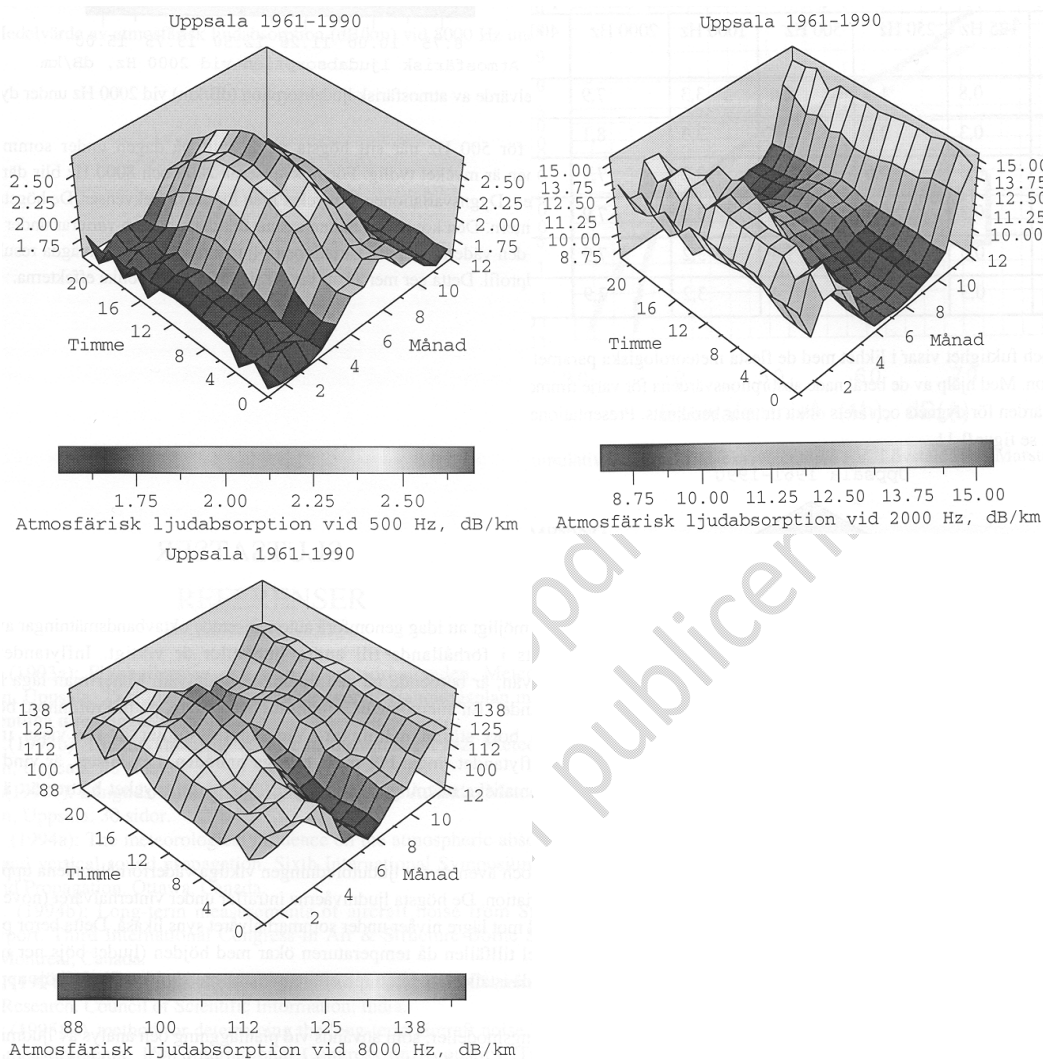


Figur 24. Luftabsorptionens variation med temperatur vid 1 kHz [26].

Dagar med hög luftabsorption (lägre ljudnivå) kommer inte få lika stort genomslag i ekvivalentnivån som de med låg luftabsorption. Vid ljudspridningsberäk-

ningar används därför ofta schablonvärdena 15 °C, 70% relativ luftfuktighet och 1013 hPa för att representera ett årsmedelvärde. Under dessa förhållanden är luftabsorptionen låg och beräknade ljudnivåer snarare konservativt höga än för låga.

Absorptionen kan variera betydligt mellan olika årstider, och varierar också mellan olika platser. Ett exempel från Uppsala visas i Figur 25.



Figur 25. Luftabsorptionens variation över dygn och årstider vid 500 Hz, 2 kHz och 8 kHz, beräknat utifrån väderobservationer i Uppsala [27].

Som indata till strategiska kartläggningar bör det vara tillräckligt att ansätta de ovan nämnda schablonvärdena.

3.3 Turbulens

De vind- och temperaturgradienter som används för att beskriva refraktionen är medelvärden över tid, vanligtvis minst 10 minuter. Korttidsvariationer hos temperatur och vindhastighet, som förekommer inom sekunder eller några minuter, brukar kallas atmosfärisk turbulens. Turbulensen begränsar hur låg ljudnivån kan bli

bakom ett skärmande objekt respektive i de sk skuggzoner som kan uppstå vid ogynnsam ljudutbredning. En annan effekt är att turbulensen minskar djupet hos de interferensminimum som uppstår vid vissa ljudfrekvenser som en följd av markreflex.

Nord96 omnämner inte turbulens, men effekten ingår sannolikt i viss utsträckning i de empiriska modeller som metoden omfattar.

CNOSSOS-EU inkluderar en empirisk schablonkorrektur för turbulens som påverkar markeffekten vid gynnsam ljudutbredning genom att ändra käll- och mottagarhöjderna. Användaren kan inte ändra inställningarna.

Nord2000 inkluderar en metod där turbulens sprider ljud till skärmars skuggzon och begränsar insättningsdämpningen. Användaren ges möjlighet att påverka turbulensen genom att ändra *turbulensstyrkan* för vind (C_v^2) respektive temperatur (C_T^2). I praktiken används så gott som alltid $C_v^2 = 0.12 \text{ m}^{4/3}\text{s}^{-2}$ respektive $C_T^2 = 0,008 \text{ Ks}^{-2}$, vilka är de värden som rekommenderas om bättre information saknas. Orealistiska interferensminimum, som i verkligheten förhindras av bl a turbulens, undviks i Nord2000 genom att reducera koherensen mellan direkt och markreflekterat ljud. Eventuella skuggzoner vid ogynnsam ljudutbredning hanteras med en approximativ metod.

Referenser

- [1] Europaparlamentet och rådets direktiv 2002/49/EG av den 25 juni 2002 om bedömning och hantering av omgivningsbuller.
- [2] A. Gustafson, M. Ögren, A. Genell, *Kompletterande anvisningar för strategisk kartläggning av buller från väg- och spårtrafik med CNOSSOS-EU*, Gärdhagen Akustik AB, 2021.
- [3] H. G. Jonasson, *Jämförelse mellan Nord2000 Road och 1996-års modell*, SP Rapport 2009:18, 2009.
- [4] B. Plovsing, *Forskelle mellem støjniveauer beregnet med de eksisterende metoder for vej- og jernbanestøj og med Nord2000*, AV 1578/03, DELTA, 2003.
- [5] K. Larsson, H. G. Jonasson, *Uppdaterade beräkningsmodeller för vägtrafikbuller*, SP Rapport 2015:72, 2015.
- [6] B. Peeters, G. v. Blokland, *Correcting the CNOSSOS-EU road noise emission values*, Euro-noise 2018.
- [7] *Vägtrafikbuller – Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996*. Rapport 4653. Naturvårdsverkets förlag, 1996.
- [8] Personlig kommunikation med Crispin Dicksson, Tyréns, december 2019.
- [9] Personlig kommunikation med Johan Jönsson, Ramboll Sverige, december 2019.
- [10] S. Kefalopoulos et al, *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*, Report EUR 25379 EN, JRC Reference Reports, 2012.
- [11] *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*.
- [12] K. Larsson, *Swedish input data for road traffic noise in CNOSSOS-EU*, Proceedings of BNAM 2021, Baltic Nordic Acoustics Meeting, Oslo, 3–5 maj 2021.
- [13] Personlig kommunikation med Krister Larsson, RISE, december 2020.
- [14] H. G. Jonasson, *Acoustic Source Modelling of Nordic Road Vehicles*, SP Rapport 2006:12, 2006.
- [15] *Kommissionens delegerade direktiv (EU) .../... av den 21.12.2020 om ändring, för anpassning till den vetenskapliga och tekniska utvecklingen, av bilaga II till Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/40/EG i fråga om gemensamma bedömningsmetoder för buller*, C(2020) 9101 final, Bryssel, 2020-12-21.
- [16] J. Kragh et al., *User's Guide Nord2000 Road*, AV 1171/06, DELTA, 2006.
- [17] B. Plovsing, *Årsmiddelværdi af støj udsendt af vejtrafik*, AV 1670/02, DELTA, reviderat 2004.
- [18] J. Kragh, *Vejbelaegning i Nord2000 - Vordan vi tager vejbelaegningen med i beregninger af trafikstøj*, Bakgrundsnotat, dokument 08/14637-3, Vejdirektoratet 2013
- [19] J. Skoog, *Undersökning av däcktyp i Sverige – vintern 2019 (januari–mars)*, Publikation 2019:146, Trafikverket, 2019.
- [20] *Åtgärdsprogram för minskning av skadliga partiklar (PM10) i Visby*, Rapport 2019-09-23, Ärendenr MBNV 2019-2745 (MHN 2015/434), Miljö- och Byggnämnden, Region Gotland.
- [21] H. G. Jonasson, A. Gustafson, *Anvisningar för kartläggning av buller enligt 2002/49/EG*, SP Rapport 2010:77, 2010-12-16.
- [22] M. Sohlman, H. G. Jonasson, A. Gustafson, *Using satellite data for the determination of the acoustic impedance of ground*, SP, Metria, 2004.
- [23] *Nationella marktäckedata – ett nationellt system för information om landskapet och dess förändringar*. Naturvårdsverket, version 1.1, 2017.

- [24] *Produktbeskrivning: GSD-Fastighetskartan vektor*. Dokumentversion 7.4, Lantmäteriet, 2017-12-19.
- [25] M. Höjer et al, *PM Beräkningsmanual för buller i projekt Ostlänken. Beräkning buller med Nord2000*. Filnamn OLP0-04-025-00000-0_0-0103, Trafikverket, 2019-04-17.
- [26] C. M. Harris, *Absorption of sound in air versus humidity and temperature*, NASA 1967.
- [27] C. Larsson, *Vädrets inverkan på ljudutbredning – slutrapport*. Institutionen för geovetenskaper, Meteorologi. Uppsala Universitet. 1999.
- [28] M. Kleiner, *Audioteknik och akustik*, kompendium, Chalmers tekniska högskola, 2000.
- [29] M. Ögren, J. Bengtsson Ryberg, *Bullerberäkningar med Cnossos-EU i Sverige*, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Arbets- och miljömedicin, 2015.
- [30] J. Kokkonen, O. Kontkanen, P. Maijala, *CNOSSOS-EU Noise Model Implementation in Finland*, BNAM 2016.
- [31] M. Varedian, *Metodbeskrivning – Undersökningen av ÅDT*, Trafikverket, 2015.
- [32] M. Ögren, A. Genell, A. Gustafson, *Beräkning av maximal bullernivå med CNOSSOS-EU*, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Arbets- och miljömedicin, 2021.
- [33] Personlig kommunikation med Maria Varedian, Trafikverket, september 2020.
- [34] O. Eriksson, G. Sörensen, *Motorcykelflöden sommarhalvåret 2006–2017. Teknisk rapport, version 1.0*. VTI PM 2018-09-06, Diarienummer 2017/0665-9.1.
- [35] U. Sandberg, *Vehicle Categories for Description of Noise Sources*, Deliverable D08, Harmonoise, Work package 1.1, Document id HAR11TR-030108-VTI04, 2003-08-20.
- [36] *Bullerprognoser – Vilka trafikprognoser ska användas som underlag för bullerberäkningar, reviderad 2018*, publikationsnummer 2018:056, Trafikverket.
- [37] www.transportstyrelsen.se.
- [38] S. Andersson et al, *Metod- och kvalitetsbeskrivning för geografiskt fördelade emissioner till luft (submission 2019)*, SMED Rapport Nr 9 2019.
- [39] *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure – Version 2*, European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), 2007-08-13.
- [40] *Estimating traffic in urban areas from very-high resolution aerial images*, Jarle Hamar Reksten, Arnt-Børre Salberg, Norwegian Computing Center, Oslo.
- [41] Artikel om Connected car på Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Connected_car.
- [42] Information på Göteborgs stads hemsida om projektet NordicWay 2. Sök efter nordicway 2 på goteborg.se.
- [43] U. Sandberg, *Temperature influence on measurements of noise properties of road surfaces and possible normalization to a reference temperature*, Deliverable D2.2, ROSANNE, 2015-06-25, version 2.0
- [44] E. Bühlmann et al, *Speed dependency of temperature effects on road traffic noise*, Internoise 2015.
- [45] VGU-guide, *Vägars och Gatans utformning – Stödjande kunskap*, Trafikverket publikation 2016:083.
- [46] Work Package 2 Reference Model. *Description of the Reference model*. Deliverable 16 of the Harmonoise project, HAR29TR-041118-TNO10.doc. 22 December 2004.
- [47] D. Van Maercke, *CNOSSOS-EU – Task 2: Propagation software modules. User's and programmer's guide*, CSTB 2014.

- [48] B. Plovsing, *Noise mapping by use of Nord2000 – Reduction of number of meteo-classes from nine to four*, Working Report No. 18 2007, DELTA Danish Electronics Light & Acoustics.
- [49] Y. Gabillet et al., *Road Traffic Noise – New French calculation method including meteorological effects, experimental version, NMPB – 1996*.
- [50] J. Kragh et al., *Håndbog Nord2000 – Beregning af vejstøj i Danmark*, Rapport 434 – 2013, Vejdirektoratet.
- [51] G. Dutilleux et al., *Road noise prediction, 2 - Noise propagation computation method including meteorological effects (NMPB 2008)*, Sétra 2009.
- [52] Plottar från SoundPLANs bibliotek, version 8.1.

Appendix 1

Härledning av beräkning fördelning fordonskategori 2 och 3

NVDB redovisar trafikmängd som *ÅDT total*, *ÅDT axelpar* och *ÅDT lastbilar* från vilket *ÅDT axelpar lastbilar* enkelt kan bestämmas. De båda sistnämnda uppgifterna kan användas för att skatta fördelning mellan fordonskategori 2 och 3.

Förutsättningar för härledningen är att fordonen i kategori 2 antas ha ett axelpar, och att fordonen i kategori 3 ansätts till att ha 4, 5, 6 eller 7 axlar.

Variabler:

A = ÅDT axelpar lastbilar

B = ÅDT lastbilar

x = ÅDT fordon kategori 2

y = ÅDT fordon kategori 3

y fås enkelt som:

$$B = x + y \Rightarrow y = B - x$$

Fortsättningsvis sökes värdena på koefficienterna a , b och c :

$$x = a (bB + cA)$$

3.3.1 Kategori 3 antas ha 4 axlar (2 axelpar)

$$A = x + 2y = x + 2(B - x) = 2B - x \Rightarrow x = 2B - A$$

$$a = 1, b = 2, c = -1$$

3.3.2 Kategori 3 antas ha 5 axlar (2,5 axelpar)

$$A = x + 2,5y = x + 2,5(B - x) = \frac{5}{2}B - \frac{3}{2}x \Rightarrow \frac{3}{2}x = \frac{5}{2}B - A$$

$$\Rightarrow x = \frac{2}{3} \left(\frac{5}{2}B - A \right)$$

$$\Rightarrow x = \frac{5}{3}B - \frac{2}{3}A \Rightarrow x = \frac{1}{3}(5B - 2A)$$

$$a = 1/3, b = 5, c = -2$$

3.3.3 Kategori 3 antas ha 6 axlar (3 axelpar)

$$A = x + 3y = x + 3(B - x) = 3B - 2x \Rightarrow 2x = 3B - A \Rightarrow x = \frac{1}{2}(3B - A)$$

$$a = 1/2, b = 3, c = -1$$

3.3.4 Kategori 3 antas ha 7 axlar (3,5 axelpar)

$$A = x + 3,5y = x + 3,5(B - x) = 3,5B - 2,5x \Rightarrow 2,5x = 3,5B - A$$

$$\Rightarrow x = \frac{3,5}{2,5}B - \frac{1}{2,5}A \Rightarrow x = \frac{1}{5}(7B - 2A)$$

$$a = 1/5, b = 7, c = -2$$