

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

Praktisk anvendelse af Nord2000 til støjberegninger

Orientering nr. 39

Birger Plovsing/ilk

10. november 2008

Oplysninger og praktiske brugertips

Indhold

1. Indledning.....	2
2. Trafikoplysninger	2
2.1 Støj fra veje	2
2.2 Støj fra jernbaner	3
3. Lydudbredelsesoplysninger	3
3.1 Terrænoverflader	3
3.2 Terrængeometri	5
3.3 Antal refleksioner	5
4. Meteorologioplysninger	6
5. Referencer	7

1. Indledning

Miljøstyrelsen har i 2007 udsendt en ny vejledning om støj fra veje [1] og et tillæg [3] til togstøjsvejledningen fra 1997 [2], som indfører en helt ny beregningsmetode, Nord2000, samt en ny støjindikator L_{den} , som angiver årsmiddelværdien af støjniveauet.

Nord2000 er en nordisk beregningsmetode, som kan beregne lydets udbredelse under forskellige vejrforhold, hvilket gør det muligt at bestemme årsmiddelværdien af støjniveauet, som beskrevet i støjbekendtgørelse nr. 717 fra 2006 [4] samt i [1] og [3]. Som udgangspunkt fastlægges årsmiddelværdien af støjniveauet ved beregning af støjen i ni forskellige vejrklasser. Forudsætninger om hyppigheden af de forskellige vejrtyper, der indgår som parameter i beregningen, er specificeret i støjbekendtgørelsen. Ved støjberegning for store områder kan regnetiden blive meget lang, og i mange situationer kan en enklere fremgangsmåde, som resulterer i hurtigere beregninger, give en acceptabel nøjagtighed. I en ændringsbekendtgørelse nr. 647 fra 2007 [5] er der givet de tilsvarende specifikationer for fire vejrklasser, som er tilstrækkeligt til brug for strategisk støj kortlægning. Det fremgår også af [5], at man ved strategisk støj kortlægning og overordnet planlægning i tætte byområder, hvor der er overvejende reflekterende terræn og mange vertikale reflekterende flader, kan nøjes med én vejrklasse. Anvisninger på, hvordan strategisk støj kortlægning udføres, findes i Vejledning nr. 4 fra 2006 [6].

Vejledning i brug af beregningsmetoden for veje kan findes i publikationen User's Guide Nord2000 Road [7], mens der ikke er lavet en tilsvarende brugsanvisning for støj fra jernbaner.

I praksis har det vist sig, at der hersker nogen usikkerhed om anvendelsen af den ny beregningsmetode til beregning af årsmiddelværdi. Dette gælder specielt det antal meteorologiske klasser, der bør anvendes i beregningerne, men også på andre punkter har brugerne af metoden været usikre på det korrekte valg af beregningsforudsætninger. Formålet med denne orientering er at præcisere en række forudsætninger for beregningerne for at sikre en ensartet og korrekt brug af metode og inputdata.

Af metodologiske grunde er det valgt at inddele emnerne i denne orientering i afsnit om trafikoplysninger, lydudbredelse og meteorologiske forhold.

2. Trafikoplysninger

2.1 Støj fra veje

Som udgangspunkt baseres beregningerne med Nord2000 på trafikoplysninger for hver enkelt vognbane fordelt på de tre køretøjskategorier, som findes i Nord2000-kildemodellen (lette køretøjer, tunge toakslede køretøjer og tunge flerakslede køretøjer). Trafikoplysninger omfatter endvidere fordeling på døgnperioderne dag, aften og nat og den gennemsnitlige fart for hver kategori. Herudover må suppleres med oplysninger om vejens overflade (type, alder, osv.).

Disse oplysninger indhentes normalt fra vejmyndighederne. Hvis oplysningerne er mere eller mindre ufuldstændige, kan supplerende oplysninger fastlægges som beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4 [6] eller User's Guide Nord2000 Road [7]. Det er planlagt at lave en publikation på dansk udgivet af Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen. Denne publikation skal fastlægge dansk praksis i situationer, hvor der stadig er "løse ender". Dette kan eksempelvis være, hvilken alder for en støjreducerende vejbelægning der bør regnes med i planlægning og støjhandlingsplaner.

2.2 Støj fra jernbaner

Kildemodellen for tog giver ikke mulighed for at tage hensyn til helt så mange parametre, som det er tilfældet for veje. I beregningerne tages kun hensyn til toglængden fordelt på togtyper og tidspunkt på døgnet samt farten. Andre oplysninger som f.eks. skinnernes vedligeholdelsestilstand kan for tiden ikke anvendes i beregningerne.

Det er anført i Tillæg til vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1 1997 [3], at beregningerne baseres på trafikoplysninger, som det er beskrevet i afsnit 5.2 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2006 [6]. Her anføres bl.a. principperne for opdeling i delstrækninger og for fastlæggelse af den vægtede gennemsnitsfart, der skal bruges i beregningerne.

For en beregning af de aktuelle støjforhold, kan de nødvendige oplysninger om trafikmængder, togtyper og toglængder samt køreplanhastigheder tilvejebringes ved kontakt til Banedanmark. De maksimale strækningshastigheder, der er anført i bilag 1 i Vejledning nr. 1/1997, er ikke i alle tilfælde længere aktuelle, og de opdaterede værdier kan findes på Banedanmarks hjemmeside www.bane.dk.

Til brug for planlægning og udlægning af støjkonsekvensområder bør støjberegningen foretages for en fremtidig trafiksituation, sædvanligvis en planlægningshorisont på mindst 10 år, og de nødvendige beregningsforudsætninger skal i denne forbindelse fastlægges ved kontakt til Trafikstyrelsen.

3. Lydudbredelsesoplysninger

3.1 Terrænoverflader

Terrænoverfladers akustiske egenskaber defineres i Nord2000 ved en parameter, som beskriver den enkelte flades porøsitet, og en anden parameter, som er overfladens ujævnhed ud over de variationer i terrænets højde, som beskrives ved de topografiske oplysninger.

Parameteren, som beskriver porøsiteten, er den specifikke strømningsmodstand. Jo højere strømningsmodstanden er, desto hårdere er overfladen rent akustisk, mens porøsiteten omvendt falder med stigende strømningsmodstand. I tidligere beregningsmetoder skelnede man kun

mellem en ”hård” og ”blød” overflade, og med den samme sprogbrug kan man sige, at jo lavere strømningsmodstanden er, jo ”blødere” er overfladen.

Tabel 1 viser de 8 overfladetyper kaldet A-H, som anvendes i Nord2000, hvor A er den ”blødeste” og H den ”hårdeste”. I praksis kan det dog være svært uden særlige undersøgelser at skelne mellem mere end to-tre overfladetyper, da det ikke visuelt er let at afgøre, hvor ”blød” en overflade er. Overfladens porøsitet kan dog om nødvendigt måles ved hjælp af en Nordtestmetode [8]. Ved strategisk støj kortlægning er det tilstrækkeligt blot at skelne mellem en ”hård” og en ”blød” overflade, hvor ”hårde” flader er asfalt, beton og vand, mens de ”bløde” flader er græsflader, jordflader, skovbund og lignende. Klasse D anbefales anvendt for ”bløde” flader og klasse ”G” for hårde flader.

Impedans klasse	Repræsentativ strømningsmodstand σ (kPasm ⁻²)	Beskrivelse
A	12,5	Meget blød (sne eller mos)
B	31,5	Blød skovbund
C	80	Løs ikke-komprimeret jord (græstørv, græs, løs jord)
D	200	Normal ikke-komprimeret jord (skovbund, græsmark)
E	500	Komprimeret mark og grus (komprimeret græsplæne, parkanlæg)
F	2000	Komprimeret tæt jord (grusvej, parkeringsplads, ISO 10844)
G	20000	Hårde overflader (normal asfalt, beton)
H	200000	Meget hårde og tætte overflader (tæt asfalt, beton, vand)

Tabel 1
Klassifikation af terrænoverfladetyper.

Parameteren, som beskriver terrænets ujævnhed, er rms-værdien af overfladens afvigelser fra plant terræn (kaldes på engelsk for roughness, hvilket ikke må forveksles med den roughness length, som bestemmer vindprofilen). Tabel 2 viser de 4 ujævnhedsklasser, som anbefales anvendt i Nord2000-metoden. Metoden til at beregne virkningen af terrænets ujævnhed er medtaget, fordi principperne for at medtage denne virkning var til rådighed i faglitteraturen. Nøjagtigheden af metoden har ikke været undersøgt på praktiske tilfælde og kendes derfor ikke.

Det anbefales derfor indtil videre altid at anvende klasse N (ujævnhedsparameter $\sigma_r = 0$), med mindre det i særlige tilfælde kan dokumenteres ved hjælp af målinger eller på anden vis, at beregningsnøjagtigheden forbedres ved at anvende en værdi af σ_r større end 0.

Ujævnhedsklasse	Repræsentativ σ_r	Højdevariationer
N: Nil (ingen)	0	$\pm 0,25$ m
S: Small (lille)	0,25 m	$\pm 0,5$ m
M: Medium	0,5 m	± 1 m
L: Large (stor)	1 m	± 2 m

Tabel 2
 Klassifikation af terrænujævnhedstyper.

3.2 Terrængeometri

Ved praktisk udførelse af beregninger med Nord2000 anvendes ofte software, som fastlægger terrænets geometri fra kilde til modtager på basis af topografiske data. For at reducere beregningstiden forenkles terrænsnittet normalt i beregningsprogrammet efter principper, der i begrænset omfang påvirker beregningsresultatet.

Brugeren af beregningsprogrammet bør derfor som udgangspunkt ikke selv forsøge at forenkle terrænoplysningerne, men bør overlade dette til programmet, da den korrekte forenkling vil afhænge af den aktuelle geometri. Af praktiske grunde kan det dog blive nødvendigt at indføre nogle forenklinger dels for at lette arbejdet for brugeren af beregningsprogrammet, når de geometriske oplysninger skal lægges ind i programmet, dels for at nedsætte den tid programmet bruger til at håndtere meget detaljerede oplysninger. Indføres forenklinger skal det nøje overvejes, om de har en væsentlig indflydelse på beregningsresultatet, og i tvivlstilfælde bør betydningen undersøges. Selv ændringer i terrænets højde på ned til 0,2 m kan i kort afstand fra kilden have en betydning for beregningsresultatet. Dette stemmer med en anvisning i [4], som siger, at ”Højden af afskærmning tæt ved vej eller jernbane skal så vidt muligt fastsættes med en nøjagtighed på 0,25 m”.

3.3 Antal refleksioner

Ved beregning af støj i tætte byområder med mange refleksioner er det vigtigt, at refleksionsantallet er tilstrækkeligt stort (kaldes ”number of reflections” i SoundPLAN). Refleksionsantallet er her defineret som den maksimale orden af refleksionerne, som medtages (1. ordens refleksioner er refleksioner, som reflekteres via 1 reflektor mellem kilde og modtager, 2. ordens refleksioner reflekteres via 2 reflektorer, osv.).

Ifølge [7] bør man ideelt medtage mindst 5. ordens refleksioner. For at begrænse beregningstiden anbefales det dog i [6] kun at medtage op til 3. ordens refleksioner i forbindelse med strategisk støj kortlægning. Mindre refleksionsantal bør kun anvendes i forbindelse med overslagsberegninger. Hvis der kun medtages op til 2. ordens refleksioner er der en risiko for at undervurdere støjniveauerne med op til 2-3 dB, mens en begrænsning til 1. ordens refleksioner vil øge denne værdi til af størrelsesorden 5 dB.

4. Meteorologioplysninger

Beregning af årsmiddelværdi af støjen baseres på et antal meteorologiske klasser og på statistik, som angiver, hvor ofte i løbet af et år at virkningen af lydudbredelsen på støjniveauet falder inden for hver meteo-klasse.

Det er påvist, at ”ideelt” kan vejret i Danmark i løbet af et år fordeles på 9 meteo-klasser. Statistik for de 9 meteo-klasser samt middeltemperatur og middelværdi af relativ luftfugtighed i hver klasse er angivet i bekendtgørelse nr. 717 fra 2006 [4]. Ved nøjagtige beregninger og i tilfælde, hvor beregningstiden ikke er et større problem, bør statistikken for de 9 klasser anvendes.

I forbindelse med strategisk støj kortlægning har det vist sig beregningstidsmæssigt problematisk at anvende 9 meteo-klasser. I bekendtgørelse nr. 647 fra 2007 [5] tillades det derfor i forbindelse med støj kortlægning at reducere antallet af meteo-klasser til 4, og endda til én meteo-klasse for tætte byområder. Tætte byområder er i [5] defineret som områder med bygninger i mere end to etager, andel af befæstet (reflekterende) areal over 80 % og bebyggelsesprocent over 80 %.

Begrundelsen for at tillade brug af en meteo-klasse i tæt byområde er, at støjen i denne type område hovedsageligt bestemmes af trafikken i gaden ud for boligens facade. Herved kommer det væsentlige støjbidrag direkte fra køretøjerne, fra refleksion i den modsatte facade eller fra gentagne refleksioner i gaderummet. Da udbredelsesafstandene herved vil være korte, og da lydudbredelsen vil foregå over akustisk hårdt terræn, vil de meteorologiske forholds indflydelse være begrænset. I sidegader uden trafik med stor afstand til de trafikerede gader vil dette ikke være opfyldt. Til gengæld vil bygningerne påvirke de meteorologiske forhold i en sådan grad, at anvendelsen af 4 meteo-klasser og meteo-statistik for åbent land alligevel ikke giver mening. Beregningsnøjagtigheden i sidegader vil være reduceret, hvad enten der anvendes 1 eller 4 meteo-klasser.

Det er en betingelse for at anvende en meteo-klasse for tæt byområde, at støjen på facaden primært bestemmes af trafikken i gaden ud for boligens facade. Hvis støjen bestemmes af en vej, som er beliggende uden for byområdet, bør der anvendes 4 meteo-klasser.

Støj fra jernbaner bør normalt beregnes med anvendelse af 4 meteo-klasser.

I tvivlstilfælde bør 4 meteo-klasser anvendes, idet beregningsresultatet opnået med 4 meteo-klasser vil svare til resultatet opnået med 1 meteo-klasse i situationer, hvor de meteorologiske forhold er af lille betydning. Omvendt kan anvendelse af 1 meteo-klasse i situationer, hvor de meteorologiske forhold er af stor betydning, give resultater som afviger betydelig fra resultatet opnået med 4 meteo-klasser.

5. Referencer

- [1] *Støj fra veje*
Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2007.
- [2] *Støj og vibrationer fra jernbaner*
Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 1 1997.
- [3] *Tillæg til vejledning nr. 1/1997: Støj og vibrationer fra jernbaner*
Tillæg til vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 1 1997.
- [4] *Bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner*
Bekendtgørelsen nr. 717 af 13. juni 2006.
- [5] *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner*, Bekendtgørelse nr. 647 af 18. juni 2007.
- [6] *Støjkortlægning og støjhandlingsplaner*
Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2006.
- [7] *User's Guide Nord2000 Road*, Report AV 1171/06, 2006.
- [8] Nordtest NT ACOU 104: *Ground surfaces: Determination of the acoustic impedance*, 1999.