

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

MÅLING ELLER BEREGNING AF EKSTERN STØJ

Orientering nr. 24

Jørgen Jakobsen/JK/CS/lm

1994-05-17

**Hvorfor er der forskel på resultaterne fra
måling og beregning af den samme støj?**

Er det altid mest nøjagtigt at beregne støjen?

Der findes efterhånden anerkendte beregningsmetoder for de fleste former for ekstern støj, og de vinder stigende udbredelse. Således bliver det stadigt mere almindeligt, at støjen fra virksomheder fastlægges ved beregning i stedet for ved at måle den, fordi der ved beregning opnås et tydeligere billede af, hvor støjen kommer fra. Kortlægning af trafikstøj (vej-, jernbane- og lufttrafik) foretages stort set udelukkende ved beregning, og i den kommende vejledning fra Miljøstyrelsen om støj fra skydebaner indføres den fælles nordiske beregningsmetode for skudstøj som et alternativ til måling.

Det diskuteres ofte, om beregningsresultater er "lige så gode" som måleresultater. De fleste mennesker har lettere ved at tro på noget, de har aflæst på et måleapparat, end på noget, der kommer ud af en computer. Især i klagesager anses måleresultater tit for at være mere troværdige end beregningsresultater. Omvendt er det i mange tilfælde vanskeligt ved målinger at sikre, at drifts- og målebetingelser er korrekte, og man vil i konkrete tilfælde måske gennemføre målingerne under mindre egnede forhold og efterfølgende prøve at vurdere, hvilken indflydelse det har haft på de opnåede resultater.

I denne udgave af "Orientering" diskuteres forholdet mellem måling og beregning lidt mere grundlæggende, og de enkelte beregningsmetoder beskrives i sammenhæng med de tilhørende målemetoder.

1. MÅLEBETINGELSER

Det gælder generelt ved måling af ekstern støj, at måleresultatet i meget høj grad påvirkes af målebetingelserne. Ud over at driftsforholdene (på vejen eller på virksomheden) skal være, som det er foreskrevet i den konkrete måleanvisning, skal også lydudbredelsesforholdene være i orden. Det valgte målepunkt skal være repræsentativt for det pågældende område; det skal være det mest støjbelastede punkt, så både lydudstrålingen fra støjilden og forhold som skærmning og refleksioner under udbredelsen skal vurderes i forbindelse med valget. Refleksionsforholdene ved målepunktet skal med sikkerhed kunne betragtes som enten **frit felt** eller **+6 dB** (i nødsfald +3 dB).

Som det vigtigste skal målingen udføres under **vejrforhold**, som er i overensstemmelse med kravene i den pågældende måleanvisning. Der skal generelt være medvind fra støjilden, og det må ikke være klart vejr om dagen. Hvis ikke kravene til vejret er opfyldt under målingen, bliver resultatet forkert; lydtrykniveauet bliver for lavt. Jo længere, der er mellem støjkilde og målepunkt, og jo lavere støjilden er, desto større indflydelse har vejrforholdene. I et konkret tilfælde er det fundet, at støjen fra en udstrakt virksomhed med høje kilder i et målepunkt i ca. 700 m afstand var 20 dB lavere under modvindsforhold end i medvind. Hvis en støjkilde er skærmet, må kildehøjden betragtes som **meget lav**, og det er da særligt vigtigt at måle under de rette vejrforhold.

Baggrundsstøjen under målingen påvirker måleresultatet. Hvis baggrundsstøjen ligger mindre end 10 dB under totalstøjen, er påvirkningen væsentlig, og det er nødvendigt at korrigere for den. Er afstanden ned til baggrundsstøjen mindre end 3 dB, kan der ikke korrigeres tilstrækkeligt nøjagtigt. I sådanne tilfælde kan man, med mindre målingen gentages på et tidspunkt med lavere baggrundsstøj, korrigere måleresultatet med -3 dB og betragte det som en øvre grænse for virksomhedsstøjen.

2. MÅLEUBESTEMTHED

Alle måleresultater er behæftet med ubestemthed, som har mange forskellige årsager. For de fleste eksterne støjmålinger er de vigtigste årsager til ubestemtheden:

- usikkerhed om støjildens driftstilstand og
- usikkerhed om vejrforholdenes indflydelse på måleresultatet

Andre kilder til ubestemthed kan være usikkerhed om, hvorvidt vejrforholdene var i orden, og om lydudbredelsesforholdene var repræsentative. Desuden kan der være usikkerhed i relation til korrektion for høj og varierende baggrundsstøj.

Måleubestemtheden nedbringes ved at foretage flere uafhængige målinger (under **korrekte** drifts- og målebetingelser!) og beregne middelværdien af måleresultaterne. Hvis der udføres uendeligt mange målinger, får man den **sande** værdi af støjen. I de allerfleste tilfælde måles stø-

jen kun én gang, og man må så vurdere ubestemtheden, dvs. hvor langt man forventer, at resultatet kan ligge fra den sande værdi.

3. BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER

Ved beregning af støjen er der ikke på tilsvarende måde ubestemthed på resultatet. Et beregningsresultat afhænger derimod af de **forudsætninger**, der er gjort ved beregningen. Der kan være tale enten om parametrene for beregningen (fx længde af lydens transmissionsvej, højde af en skærm) eller om de forudsætninger, som er bygget ind i beregningsmodellen. Mens det i de fleste tilfælde er enkelt at fastlægge de egentlige beregningsparametre, kan det undertiden være vanskeligt at afgøre, om den foreliggende situation falder inden for beregningsmodellens gyldighedsområde.

I almindelighed må man "tillemppe" den virkelige situation på en måde, så den svarer til den situation, beregningsmodellen er udviklet til. Generelt er modellerne beregnet for plant terræn med fri lydudbredelse og måske en enkelt veldefineret skærm. Hvis de skal bruges på et stærkt kuperet område, må man definere de betydende bakkedrag som skærme, og der bliver så problemer med at finde en relevant terrænoverflade. Andre problemer optræder, når man vil beregne, hvordan støjen udbreder sig igennem et tætbygget industriområde, hvor bygningerne giver anledning til både skærmning og refleksioner.

Beregningsmodellerne er udviklet og "kalibreret", så beregningsresultatet netop bliver det sande måleresultat, når den virkelige situation svarer til modellens. I tilfælde, hvor man har måttet tillemppe beregningsparametrene for at få den foreliggende situation til bedst muligt at svare til beregningsmodellen, kan der opstå afvigelser. Disse afvigelser kan blive små ved kvalificeret fastlæggelse af beregningsparametrene, men det er ikke muligt at give konkrete retningslinier.

Denne slags forventede afvigelser fra det sande resultat kan betegnes som beregningsubestemthed. Størrelsen af den afhænger af, i hvor høj grad den konkrete situation svarer til modellen, og ubestemtheden må sædvanligvis skønnes eller fastlægges ud fra en følsomhedsanalyse, hvor man varierer de parametre, man er usikker på, og bemærker, hvilken indflydelse det får på resultatet.

Beregningsubestemtheden for bidraget fra hver støjkilde lægges sammen med ubestemtheden på kildestyrken af støjkilden ved brug af det tilnærmede udtryk:

$$\delta_{\text{res}} = \sqrt{\delta_{\text{ber}}^2 + \delta_{\text{kilde}}^2}$$

hvor: δ_{res} er den samlede ubestemthed på støjildens bidrag [dB],
 δ_{ber} er beregningsubestemtheden [dB], og
 δ_{kilde} er ubestemtheden på kildestyrken [dB].

Som udgangspunkt er de kildestyrker, der benyttes som indgangsparametre, behæftet med en ubestemthed på mellem 3 dB og 5 dB.

Note: Ubestemtheden på et beregningspunkt, der er summen af bidragene fra mange kilder, fastlægges i mange tilfælde på grundlag af skøn. Skønnet støtter sig på en vurdering af ubestemtheden på de dominerende bidrag.

Ubestemtheden kan beregnes ud fra en vægtet ophobning af ubestemtheden på de enkelte bidrag ved brug af udtrykket:

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{\sqrt{\sum (\sigma_i \cdot 10^{L_i/10})^2}}{\sum 10^{L_i/10}}$$

Her er σ_i standardafvigelsen, som svarer til den resulterende ubestemthed på støjbidraget fra støjkilde nr. i, og L_i er støjbidraget [H. Sperling: "Uncertainty of calculating environmental noise". Proceedings NAM '94, DTI Århus 1994]. Det kan i almindelighed antages, at $\delta_i = 1,7 \cdot \sigma_i$.

Andre afvigelser kan skyldes, at der er benyttet forkerte beregningsforudsætninger; fx fejlagtigt bestemt kildestyrke eller trafiktal, eller at beregningsmodellens udtrykkelige forbehold ikke er respekteret. Dette er ikke ubestemthed, men fejl.

4. MÅLING ELLER BEREGNING?

I nogle tilfælde er det indlysende, hvornår det er mest fordelagtigt at beregne ekstern støj frem for at måle den. Det er således tilfældet i planlægningssituationer, hvor en virksomhed endnu ikke er etableret eller en vej ikke anlagt. Her kan der ud fra projektet, evt. suppleret med **dokumenterede** forudsætninger om fx kildestyrke, foretages en beregning af støjkonsekvenserne af det foreliggende projekt. Beregningen kan i nogle tilfælde indikere uacceptable forhold, som det på projektstadiet kan være enkelt at udbedre. Tilsvarende vil beregninger i almindelighed være at foretrække, hvis støjen skal kendes i mange punkter omkring en virksomhed eller et trafik anlæg, fx ved tegning af støjkonturer.

Generelt giver støjkonturer et godt overblik over støjforholdene, som er meget benyttet i forbindelse med fx trafikstøj. Ved tolkning af støjkonturer skal man være opmærksom på, hvor mange beregningspunkter, der er benyttet som grundlag for støjkonturerne, og i hvor høj grad kurverne er bestemt ved interpolation. Hvis der er benyttet forholdsvis få beregningspunkter, kan kurverne alene benyttes som illustration af de overordnede forhold, mens aflæsning af støjniveauet i enkelte punkter vil være fejlbehæftet.

I enkle tilfælde, fx hvor der er lille afstand mellem støjkilde og målepunkt, vil det klart være lettere at måle end at beregne støjen. Hvis støjniveauet skal bestemmes indendørs, skal det normalt også ske ved målinger. Kun den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj indeholder

korrektion for lydtransmission igennem facaden. Korrektionen er overslagsmæssig og baseret på en række forudsætninger, som ikke altid kan påregnes opfyldt.

I tilfælde, hvor lydudbredelsesforholdene afviger væsentligt fra dem, som beregningsmetoden er udviklet til, kan det også være fordelagtigt at måle støjen. I sådanne komplicerede tilfælde, hvor det antages, at beregningsmetoden ikke er tilstrækkeligt nøjagtig, er det nødvendigt at udføre flere gentagne målinger (under korrekte drifts- og målebetingelser, herunder især vejrforhold!), for at ubestemtheden på måleresultatet kan gøres mindre end den imødesete beregnings-ubestemthed.

5. STØJ FRA VIRKSOMHEDER

Måling af ekstern støj fra virksomheder udføres efter metoderne i Miljøstyrelsens vejledninger nr. 5 og 6 fra 1984, med mindre der i konkrete vilkår er anført andre målemetoder (fx den gamle støjvejledning nr. 3/1974). I tidens løb er støjvejledningerne suppleret med detaljerede oplysninger i Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 3/1985 (om indendørs støjmåling), nr. 5/1986 (om infralyd og lavfrekvent støj), nr. 7/1988 (om meteorologiske målinger), nr. 12/1990 (om kontrol og kalibrering af måleudstyr), nr. 13/1991 (om toneanalyse) og nr. 16/1991 (om måleubestemthed).

Lydteknisk Institut lavede i 1990 en undersøgelse for Miljøstyrelsen for at belyse, om den meteorologiske ramme i vejledning nr. 6/1984 kunne udvides, uden at måleubestemtheden øgedes uacceptabelt. Resultaterne er offentliggjort i rapporten ["Ny meteorologisk ramme for måling af støj fra virksomheder", Rapport nr. 148, 1991], som indeholder et forslag til revideret meteorologisk ramme og tilhørende anvisninger om fastlæggelse af måleubestemtheden. Efter rapportens anvisninger kan der måles inden for et noget bredere interval af vejrforhold end anført i vejledning nr. 6/1984. Måleubestemtheden er større i lille afstand (ikke mindre end $\sigma_m = 1,5$ dB uanset afstanden) og mindre i stor afstand, end det er anført i vejledningen.

Det skal her pointeres, at forslaget til ny meteorologisk ramme **ikke** er officielt indført af Miljøstyrelsen. Når forslaget nævnes her, skyldes det, at de undersøgelser, som det er bygget på, repræsenterer den for tiden nyeste viden om lydudbredelse.

Beregning af ekstern støj fra virksomheder udføres efter Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 "Beregning af støj fra virksomheder". Supplerende oplysninger kan findes i Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 15/1991 (Beregning af impulsstøj) og nr. 18/1992 (Rapportering af støjberegninger) samt i Nordtest-målemetoden NT ACOU 080 Industrial plants: Noise Emission 1991.

Beregningsmetoden er udviklet til plant terræn, hvor der kan være en tynd skærm. Korrektionerne er bestemt ud fra et stort antal måleresultater, og metoden er verificeret ved flere undersøgelser. I tilfælde med komplicerede lydudbredelsesforhold kan det ikke udelukkes, at beregningsresultatet kan afvige fra middelværdien af mange måleresultater.

Beregningsmetoden har sin store fordel frem for målinger i tilfælde, hvor der efterfølgende skal tages stilling til, hvordan støjen kan nedbringes. Beregningsmetoden giver direkte bidraget fra hver enkelt støjkilde i 1/1-oktavbånd, hvilket er et godt grundlag for at projekttere støjdæmpende foranstaltninger. Andre situationer, hvor beregningsmetoden er at foretrække frem for målinger, er, hvor beregningspunktet ligger i stor afstand fra støjklenderne, eller hvor der er beregningspunkter hele vejen rundt om en virksomhed.

Beregningsmetoden kan ikke give svar på, om der er tydeligt hørbare toner eller impulser i støjen fra en virksomhed; dette må i almindelighed afgøres ved at lytte til støjen (eller udføre en støjmåling) i det pågældende punkt under gode vejrforhold. Herved kan også baggrundsstøjen i beregningspunkterne beskrives.

Ved valget imellem måling og beregning af støjen fra en virksomhed skal man være opmærksom på, at der i kontrolvilkåret i den konkrete afgørelse kan være foreskrevet en bestemt fremgangsmåde. Hvis der står, at der skal udføres måling efter metoden i vejledning nr. 6/1984, nytter det ikke at beregne støjen. Det kan dog i de fleste tilfælde lade sig gøre at få tilsynsmyndigheden til at ændre kontrolvilkåret i en afgørelse, så man i de enkelte tilfælde selv kan vælge at måle eller at beregne.

6. VEJTRAFIKSTØJ

Måling af vejtrafikstøj udføres efter metoden, som blev publiceret af Miljøstyrelsen og Vejdata-laboratoriet i 1982: "Måling af vejtrafikstøj", og som er en fælles nordisk målemetode (Nordtest ACOU 039: "Road Traffic Noise"). Under målingen skal der passere mindst 500 køretøjer; vejbanen skal være tør, og vejen og det omgivende terræn skal være is- og snefrit, ligesom der ikke må være ekstraordinært meget vand.

Normalt skal man måle i mindst ét døgn for at bestemme ækvivalentniveauet på døgnbasis, men man kan nøjes med at måle i kortere tid, hvis man samtidigt tæller bilerne, opdelt i lette og tunge, og måler deres gennemsnitsfart (fx radar eller passagetid aflæst på stopur). Måleresultatet skal korrigeres, så det svarer til den gennemsnitlige trafik. Hvis der fx har kørt flere biler forbi pr. minut under målingen, end der gør i gennemsnit over døgnet, har man målt et for højt niveau, og det skal der korrigeres for. Man beregner støjniveauet efter den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj, både for trafikken i måletidsrummet og for den gennemsnitlige trafik. Forskellen er den korrektion, man skal bruge.

Under målingen skal vinden have en hastighed på 2-5 m/s og en retning, så der er positiv vindkomponent fra vejen til målepunktet. Hvis afstanden er større end 100 m skal der desuden være tæt skydække. Mikrofonen skal i almindelighed placeres 4 m over terræn, med mindre man er interesseret i at undersøge lokale virkninger af skærmning tæt ved bygninger.

Beregning af vejtrafikstøj udføres efter den fælles nordiske beregningsmetode, som senest er revideret i 1989, og som er publiceret af Vejdata-laboratoriet som rapport 93 i 1991. Revisionen

har bl.a. medført, at virkningen af skærme i mange tilfælde bliver mindre end efter den tidligere metode (det beregnede lydtrykniveau bliver højere). Desuden indeholder den reviderede metode en mere nøjagtig beregning af støjen i gade- og gårdrum. Beregningsmetoden er udviklet for plant terræn, som kan beskrives ved et "refleksionsplan", og under neutralt vejr, dvs. lineær lydudbredelse. Beregningspunktet er mindst 2 m over terrænet.

I de fleste tilfælde vil det være mest naturligt at beregne vejtrafikstøjen frem for at måle den. Målinger vil oftest være et dyrt og tidskrævende alternativ til beregninger, fordi der under målingen skal sikres en passende repræsentativ trafikstrøm, samtidigt med at både vejbanen og vejret er i orden. Ved sammenligning mellem resultaterne af beregninger og målinger er det et problem, at målinger skal udføres i medvind, mens beregningsmetoden gælder i neutralt vejr eller meget svag medvind. Derfor vil man - selv ved identiske omstændigheder - få et højere resultat af en måling end af en beregning. Yderligere forskelle kan opstå ved, at målinger skal udføres i mindst 4 m højde og antages for gyldige også i lavere højder.

7. JERNBANESTØJ

Måling af støj fra jernbaner udføres i princippet på samme måde som virksomhedsstøj. Støj fra andet end forbiørende tog (fx rangering eller støj fra lokomotiver o.l., som holder i længere tid) betragtes af miljømyndighederne på samme måde som ekstern virksomhedsstøj, mens støj fra jernbanestrækninger og fra sædvanlige stationsophold vurderes efter anvisningerne i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1985. Her er der anført vejledende støjgrænser både for ækvivalentniveauet og for maksimalniveauet. Under målingen skal der passere mindst 20 tog af hver type, som kører på den pågældende strækning, med mindre helt specielle forhold gør det umuligt. Maksimalværdien bestemmes som den aritmetiske middelværdi af de 5 højeste værdier (for den mest støjende togtype), mens samtlige resultater af L_{Aeq} (pr. passage) benyttes ved beregning af $L_{Aeq, 24h}$. Der skal være gået mindst ét år, siden skinnerne senest blev slebet.

Beregning af jernbanestøj udføres efter den fælles nordiske beregningsmetode, som er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1985. Metoden er en enkel nomogrambaseret beregningsmetode, som bygger på den samme lydudbredelsesmodel som den generelle beregningsmetode for ekstern støj fra virksomheder, dvs. plant terræn og lydudbredelse i medvind. I metoden indgår korrektioner for de togtyper, som fandtes i 1985; der er ikke publiceret tilsvarende korrektioner for de nye togtyper som EA og IC3.

Metoden indeholder kun korrektion for en enkelt skærm. Hvis lydudbredelsen er mere kompliceret, må der beregnes for den mest betydende skærm. Der tages ikke højde for kurveskrig, bremsestøj, støj fra advarselssignaler eller hjælpeudstyr. I de fleste enkle situationer vil der være en overensstemmelse inden for ca. 2 dB mellem måle- og beregningsresultater.

Når støjforholdene langs en jernbane undersøges i forbindelse med lokalplanlægning, eller når støjkonsekvenserne af anlæg eller omlægning af en jernbanestrækning undersøges, vil man i reglen vælge at beregne støjen. Når der ved en bebyggelse er truffet foranstaltninger imod togstøj-

jen, vil lydudbredelsen ofte være (blevet) så kompleks, at beregningsmetodens forenklinger gør den uanvendelig, og så er det nødvendigt at måle støjen.

8. FLYSTØJ

Støj i forbindelse med beflyvning af lufthavne, flyvepladser og militære flyvestationer adskiller sig fra virksomhedsstøj og støj fra overfladetrafik ved, at støjklenderne en væsentlig del af tiden befinder sig i luften, hvor afskærmning ikke er mulig, og hvor terrændæmpningen ingen virkning har.

Måling af støj fra fly anvendes hovedsageligt:

- a) Ved støjovervågning af områder i og omkring lufthavne. Målemetoderne afhænger af, hvilke støjrestriktioner myndighederne ønsker at kontrollere, og udarbejdes stedspecifikt af specialister på området.
- b) Ved undersøgelse af støjforholdene i boligområder i forbindelse med klagesagsbehandling eller som grundlag for fx støjisolering. Lydteknisk Institut har udarbejdet to Nordtest målemetoder, der beskriver henholdsvis måling af støjimmission i boligområder [NT ACOU 075 Air Traffic: Noise immission, residential areas, 1989] og måling af boligers flystøjisolation [NT ACOU 074 Air Traffic: Noise reduction of dwellings, 1989]. Hvis flyet er mere end 45° over vandret plan, er der ingen krav til vejret. Hvis flyet er lavere end 45°, skal der være vind på 2-5 m/s inden for $\pm 45^\circ$ i forhold til retningen fra flyet til mikrofonen på det tidspunkt, hvor støjen er kraftigst. Der skal måles på mindst 5 passager af hver type fly af interesse.

Desuden måles støjen fra enkelte fly i forbindelse med støjcertificering og ved fastlæggelse af støjdata for fly.

Beregning af flystøj anvendes helt overvejende som grundlag for planlægning og miljøsagsbehandling, fordi en måling af støjbelastningen i middel over de 3 mest trafikerede måneder i tilstrækkeligt mange punkter oftest er et urealistisk stort arbejde. Desuden baseres planlægning i almindelighed på en fremtidig trafiksituation, hvilket ikke kan måles.

Støjproblemer omkring lufthavne, flyvepladser og flyvestationer kan undgås, hvis man gennem planlægning af arealanvendelsen kan sikre, at støjfølsom anvendelse af støjbelastede arealer forhindres. Planlægning baseret på beregninger kræver:

- En vurderingsmetode. I Danmark anvendes DENL-metoden (Day Evening Night Level), som blev taget i brug i 1975 og er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning om støj fra flyvepladser [Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2/1988: "Flyvepladser og lufthavne"]. En ny flystøjvejledning, som indeholder 5 dB skærpede krav til fritids- og skoleflyvning, er under udarbejdelse.

- En beregningsmetode. I Danmark anvendes bl.a. den af Lydteknisk Institut udviklede beregningsmetode, der foreskriver, hvorledes man under beregning i henhold til DENL-metoden skal tage hensyn til fysiske forhold (bl.a. terrændæmpning, flyvehastighed, retningsvirkningen af den udstrålede støj og reverseringsstøj) indflydelse på støjbelastningen. På fælles nordisk basis blev der i 1993 udarbejdet minimumskrav til beregningsmetoder, hvis resultater ønskes accepteret af miljømyndighederne.
- Et beregningsprogram, som er en forskrift, der kan styre beregningerne i overensstemmelse med den valgte vurderings- og beregningsmetode. Eksempler på beregningsprogrammer, der med sikkerhed opfylder minimumskravene, er DANSIM (Danish Airport Noise Simulation Method) og INM (Integrated Noise Model).

Målinger har vist, at man med en god beregningsmetode opnår resultater, der typisk afviger mindre end 2 dB fra den målte flystøjbelastning.

9. SKUDSTØJ

Ved måling af skudstøj benyttes (endnu) metoden i Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1979. Vejledningen er under revision, og i den kommende vejledning stilles der betydeligt strengere krav til vejrforholdene (omtrent som den meteorologiske ramme i vejledning nr. 6/1984), ligesom der gives oplysninger om den forventede ubestemthed på måleresultater. Ved 3 gentagne målinger under "godkendte" vejrforhold forventes der en ubestemthed på ± 5 dB; ved at gennemføre 3 gentagne målinger kan den aktuelle ubestemthed beregnes efter anvisningerne i vejledning nr. 6/1984.

Skudstøj beregnes ved brug af den fælles nordiske metode, som blev publiceret på norsk og engelsk i 1984 (Kilde rapport 73 hhv. 73a), og som er beskrevet i den kommende vejledning om beregning og måling af støj fra skydebaner. Beregningsmetoden er en enkel metode, som er baseret på brug af nomogrammer, og som går ud fra den samme lydudbredelsesmodel som den generelle beregningsmetode for støj fra virksomheder (dvs. plant terræn og medvind). Metoden tillader kun, at der korrigeres for én skærm. Der er generelt forudsat, at beregningspunktet er 2 m over terræn, og at der benyttes stående skydning med tilsvarende våbenhøjde over terræn. I en mere detaljeret udgave af metoden, der kun findes som PC-program, kan der regnes for andre højder af beregningspunkt og skytte.

Beregningsmetoden indeholder en overslagsmetode til korrektion for den dæmpende virkning af skydehuse og en metode til forsigtigt skøn af styrken af reflekteret lyd. Beregningsmetoden medtager **ikke** støjbidraget fra projektiler med overlydshastighed, som i nogle områder omkring en skiveskydningsbane kan være kraftigere end mundingsknaldet. Som grundlag for beregningsmetoden benyttes **udgangsniveauet** for hver relevant kombination af våben og ammunition.

Når den nye vejledning om støj fra skydebaner kommer, vil det formentlig blive almindeligt, at støjen fra skydebaner beregnes. Allerede nu benyttes beregningsmetoden mere og mere, både

ved behandling af klagesager og ansøgninger om miljøgodkendelse. Det er antagelig **nødvendigt** at måle skudstøj i punkter, hvor det betydende støjbidrag stammer fra projektiler med overlydshastighed eller fra reflekteret lyd. Måling af skudstøj kan også være fordelagtig i tilfælde, hvor lydudbredelsen er kompliceret. Når måling skal benyttes som alternativ til beregning af skudstøj, antages det, at det er nødvendigt at måle mindst 3 gange under korrekte vejrforhold, for at ubestemtheden kan blive acceptabelt lille.

10. VINDMØLLER

Støj fra vindmøller bestemmes efter metoden i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 304 af 14. maj 1991. Her er beskrevet en metode til måling af møllens lydeffektniveau ("kildestyrke") og en metode til beregning af støjen i omgivelserne. I Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 22/1994 er der omtalt nogle måletekniske detaljer.

Beregningen giver det A-vægtede lydtrykniveau i beregningspunktet, der forudsættes at ligge 1½ m over plant terræn. I almindelighed skal der foretages en supplerende undersøgelse, hvor støjen i beregningspunktet måles for at afklare, om der findes tydeligt hørbare toner. Herunder skal vindretningen være fra møllen imod punktet ($\pm 45^\circ$), og den skal have en styrke, så tonen er tydeligst (hyppigt 6-8 m/s i 10 m højde). Der foretages bortset herfra ikke egentlige målinger af støjen fra vindmøller, fx hos nærmeste nabo; sagsbehandling baseres på beregningsresultatet. Det skyldes, at det er meget vanskeligt ved sædvanlige støjmålinger at opnå tilstrækkeligt stor forskel mellem støjen fra en vindmølle og baggrundsstøjen til, at møllestøjen kan bestemmes nøjagtigt.

11. STØJ FRA MOTORSportsBANER

Støj fra motorsportsbaner behandles efter vejledning nr. 7/1984. Deri står der, at godkendelser bør gives på grundlag af orienterende målinger eller beregninger, som sandsynliggør, at vilkårene kan overholdes. Beregningerne kan foretages efter en enkel beregningsmetode i vejledningen. Efter etablering af banen skal det kontrolleres, om vilkårene er overholdt. Det sker ved måling i overensstemmelse med vejledning nr. 6/1984.

Det kan være meget svært at få det rigtige vejr til støjmåling samtidigt med den rigtige drift af banen. Derfor er det siden vejledning nr. 7 blev udgivet i 1984 blevet mere og mere almindeligt at basere afgørelser på beregnede støjniveauer. Beregningerne udføres efter vejledning nr. 3/1993. Data om kildestyrken af forskellige typer køretøjer kan fås hos Miljøstyrelsen. Når beregningen er udført af et godkendt laboratorium, er resultatet tilstrækkeligt som grundlag for miljøgodkendelse og afgørelse af klagesager.

Der bør kun træffes afgørelser på grundlag af overslagsberegninger efter den forenklede metode i vejledning nr. 7/1984, når der er mere end 10 dB mellem det beregnede støjniveau og støjgrænsen.

12. BEREGNINGSPROGRAMMER

Flere af de omtalte beregningsmetoder findes som programmer til PC. Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 19/1992 indeholder en liste over de relevante programmer og leverandører.