

STATENS NATURVÅRDSVERK
Meddelande 6/1984



METOD FÖR IMMISSIONS—
MÄTNING AV EXTERNT
INDUSTRIBULLER

Metod för immissionsmätning av externt industribuller

ISBN 91-7590-211-7

Ansvarig utgivare: Ingvar Bingman,
Naturvårdsverkets informationsenhet

Beställningsadress: Liber distribution, Förlagsorder,
162 89 Stockholm, telefon 08/739 91 30

Tryck: ab RH tryck & reklam, Tyresö 1984

Innehåll

| | sid |
|---|-----|
| FÖRORD | 5 |
| 1 INLEDNING | 7 |
| 2 OMFATTNING OCH TILLÄMPNING | 8 |
| 3 MÄTUTRUSTNING | 9 |
| Allmänt | 9 |
| Specifikationer | 9 |
| Kalibrering | 10 |
| 4 MÄTPUNKTER | 11 |
| Val av mätpunkt | 11 |
| Frifältsmätning (+0 dB-mätning) | 11 |
| +3 dB-mätning | 12 |
| +6 dB-mätning | 13 |
| 5 KRAV PÅ MÄTBETINGELSER | 14 |
| Allmänt | 14 |
| Mätbetingelser | 15 |
| 6 TIDSINTERVALL VID EKVIVALENTNIVÅMÄTNING | 17 |
| Inledning | 17 |
| Bestämning av drifttillstånd och drifttids- intervall | 17 |
| Mätning | 18 |
| 7 MÄTNING AV HÖGSTA LJUDNIVÅ (L_{Amax}) | 20 |
| 8 MÄTFÖRFARANDE | 21 |
| Mätning/registrering av meteorologiska para- metrar | 21 |
| Registrering av ljudnivå | 22 |
| Övrigt | 23 |

| | | |
|-------------------|--|----|
| 9 | BAKGRUNDSLJUDNIVÅ | 24 |
| | Inledning | 24 |
| | Vindbrus | 24 |
| | Övriga källor | 24 |
| 10 | IMPULSLJUD OCH HÖRBARA TONKOMPONENTER | 26 |
| | Impulsartat ljud | 26 |
| | Hörbara tonkomponenter | 26 |
| 11 | LITITERATUR | 27 |
| 12 | BÖCKER FRÅN NATURVÅRDSVERKET | 29 |
| APPENDICES | | |
| 1 | DEFINITIONER | 30 |
| 2 | SYMBOLLISTA | 33 |
| 3 | ENKLARE MÄTFÖRFARANDE | 35 |
| 4 | MÄTPUNKTER UTOMHUS | 37 |
| 5 | VAL AV MÄTTIDSINTERVALL | 55 |
| 6 | BESTÄMNING AV METEOROLOGISKA PARAMETRAR | 60 |
| 7 | UPPSKATTNING AV OSÄKERHET | 63 |
| 8 | KORRIGERING MED AVSEENDE PÅ BAKGRUNDSNIVÅ | 73 |
| 9 | OBJEKTIV METOD FÖR MÄTNING AV TONER | 77 |
| 10 | BESKRIVNING - PROTOKOLL - RAPPORTERING | 79 |

Förord

Sedan 1978 har naturvårdsverkets riktlinjer för externt industribuller tillämpats (RR 1978:5). Dessa har nytryckts 1983 i stort sett i oförändrad form. Vid tillämpningen har ofta framkommit önskemål om dels anvisningar för hur mätningar bör utföras, dels också om möjligheter att från i ett planeringsskede kända parametrar kunna göra beräkningar av förväntade nivåer. Problemet har varit detsamma även i andra nordiska länder. För flera år sedan startades därför på initiativ av NORDFORSK ett arbete på att i nordiskt samarbete utarbeta såväl mätmetod som beräkningsmodell. Som ett resultat av dessa arbeten har föreliggande mätmetod utarbetats. Liknande publikationer har getts ut i övriga nordiska länder. Mätmetoden är konstruerad för att täcka de vanligast förekommande fallen, och har anpassats så att mätningarna skall kunna ge vägledning som stöd för tillämpning av riktlinjerna. Metoden gör alltså inte anspråk på att vara fullständig, men under givna förutsättningar kan man räkna med god precision. Erfarenheter från tillämpningen bör så småningom kunna skapa ett underlag för korrigeringar och kompletteringar.

Solna i augusti 1984

Statens naturvårdsverk

1 Inledning

Bullermätningar företas dels för kontroll av att uppställda villkor följs, dels för att utreda den situation som råder vid en befintlig eller planerad anläggning.

Framtagandet av denna mätmetod har drivits som ett gemensamt nordiskt projekt genom NORDFORSKS regi.

Mätmetoden följer i stort den uppställning och det innehåll som anges i förslaget till ny standard DRAFT ISO 1996: "Acoustics - Description and Measurement of Environmental Noise. Part 1: Basic Quantities and Procedures". DRAFT ISO 1996 kommer att utges i minst tre delar. Föreliggande mätmetod innehåller mer information kring immissionsmätningar av externt industribuller än de ramar som anges i DRAFT ISO 1996. I förhållande till DRAFT ISO 1996 har mätmetoden en något annorlunda kapitelindelning med avsikt att anpassa mätmetoden till genomförande av mätningar.

2 Omfattning och tillämpning

Mätmetoden innehåller ej bedömningsgrunder eller tillämpningsanvisningar för externt industribuller. Respektive lands "Riktlinjer för externt industribuller" får gälla i detta avseende. För Sveriges del innebär detta att naturvårdsverkets Råd och Riktlinjer "Externt industribuller - allmänna råd" RR 1978:5, 2:a upplagan 1983, skall tillämpas. I Appendix 7 finns angivet hur osäkerhetsbedömning kan genomföras.

Mätmetoden behandlar mätning av externt industribuller med avseende på inverkan på parametrar, feltoleranser m m.

3 Mätutrustning

Allmänt

De instrument, även oktav- och tersfilterenheter, som används vid mätningarna eller vid analys av inspelade ljudnivåer bör alltid beskrivas i mätrapporten. Beskrivningen bör innehålla dels typ av instrument, kalibrering etc och dels en kort sammanfattning av samplingsproceduren. Dessutom skall instrumenten användas enligt de föreskrifter som anges av fabrikanten.

När instrument används för att registrera en A-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå för ett i tiden fluktuerande ljud, skall utvärderingen överensstämma med kravet på definitionen av A-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå enligt Appendix 1.

Specifikationer

Använda ljudnivåmätare skall uppfylla fordringarna i International Electrotechnical Commission IEC Standard; IEC-publikation 179, precisionsljudnivåmätare, eller IEC-651 (typ 1). Används ljudnivåmätare för att bestämma L_{Aeq} (se kapitel 8) bör den vara utrustad med den dynamiska karakteristiken "SLOW" (S).

Så länge som ingen internationell standard definierar krav och specifikation angående instrument för L_{Aeq} -mätning (delsystemen är dock normerade), kan i handeln tillgängliga instrument användas under förutsättning att:

- Frekvensvägningen hos mätinstrument skall uppfylla IEC-651 (typ 1)

- speciell hänsyn skall tas för att försäkra att det dynamiska området är tillräckligt stort för avsedd registrering och att brusnivån och överstyrningskapaciteten för instrumentet är rätt avpassad
- A-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå bestäms ur definitionen i Appendix 1 och kapitel 8

Mätutrustningar såsom statistisk fördelningsanalysator, nivåskrivare eller bandspelare kan användas om utvärderingen kan göras i överensstämmelse med givna karakteristika i IEC-publikation 179 eller i IEC-651 (typ 1) för ljudnivåmätare.

Mikrofonen skall vara försedd med vindskydd.

Använda oktav- eller tersfilterenheter skall uppfylla fordringarna enligt IEC R 225.

Vid mätning av högsta värden (L_{Amax}) av den A-vägda ljudtrycksnivån användes den dynamiska karakteristiken "FAST" eller F.

Om data lagras på band som ett väsentligt steg i mätproceduren, skall de ytterligare toleranser som orsakas genom processen att lagra och återspela ljudet beaktas när resultaten av mätningen presenteras.

Kalibrering

All utrustning skall kalibreras och formen för kalibrering skall vara i överensstämmelse med tillverkarnas instruktioner.

I fält bör användaren utföra en kalibrering av ljudnivåmätaren vid åtminstone en frekvens före och efter varje mättillfälle. Kalibratören bör kontrolleras minst en gång per år.

4 Mätpunkter

Val av mätpunkt

Vid mätning, t ex kontroll av utförda åtgärder, skall mätningarna utföras och redovisas i överensstämmelse med de mätbetingelser som beskrivs i kapitel 5. I redovisningen bör klart framgå vilka mätpunkter som uppfyller mätbetingelserna vid aktuell mättdag. (Respektive land avgör minsta antalet mätpunkter).

Vid de fall där bullerproblemen bedöms som ringa kan ett mindre omfattande mätförfarande användas. Mätförfarandet kan utföras enligt Appendix 3. Osäkerheten i mätvärdet blir dock större än om de specificerade mätbetingelserna enligt kapitel 5 uppfylls.

Mätningarna utförs med en mikrofonhöjd på 1,2-2,0 m över markytan. Mätpunkternas läge i förhållande till ljudkälla och ljudreflekterande ytor medför att uppmätt ljudnivå antingen kan vara frifältsvärde (+0 dB-mätning) eller ett värde påverkat av reflex från exempelvis fasad (+3 dB-mätning eller +6 dB-mätning) (se Appendix 4). Mätpunkternas läge skall anges i mätprotokoll (se Appendix 10).

Frifältsmätning (+0 dB-mätning)

Som frifältsmätning (+0 dB-mätning) betraktas mätning där resultatet inte påverkas av reflexer eller mätning där reflexer från hus m m kan passera på sidan om mätpunkten enligt enkelt strålreflektionsförfarande. Till denna typ räknas även mätning där reflekterat ljud från en fasad eller annan reflekterande yta minskat tillräckligt jämfört med direkt ljud. Mätpunktens avstånd till fasad eller annan reflekterande yta skall vara

minst lika långt som avståndet till industrin. Den reflekterande ytan betraktas i detta sammanhang som oändligt stor och industrin betraktas som punktkälla (se Appendix 4). Avstånden är i förhållande till ljudkällans akustiska centrum. Vid mindre fasader, exempelvis villafasad 48 m², kan man betrakta mätpunkten som frifältsmätning om avståndet till fasaden är större än 60 m.

+3 dB-mätning

Som +3 dB-mätning betraktas mätning där förutom direkt ljud även reflekterat ljud träffar mätpunkten. Mätvärdet påverkade av +3 dB-reflektion får före jämförelse med riktvärde/tabellvärde minskas med 3 dBA. +3 dB-mätområdet beskrivs nedan och i Appendix 4 redovisas dessa mätområden i figurer.

För att A-viktade värden skall få reduceras med 3 dBA skall avståndet vara minst 2 m till reflekterande fasad och ljudets dominerande frekvensband relativt brett, minst 250 Hz. Vid oktavbandsmätningar krävs ett avstånd större än $340/f_C$ (m), där f_C är centerfrekvens i Hz, dock minst 0,5 m.

Största avståndet mellan reflekterande yta och mätpunkt skall vara en tiondel av avståndet mellan ytan och industrin. Avståndet får dock ej överskrida 10 m eller ytans utsträckning i sidled. Detta gäller även oktavbandsmätningar. Ytans utsträckning i sidled skall vara minst 8 m och mätpunkten skall placeras minst 2 m från ytans (fasadens) kant.

Vid snett infall av ljudet mot den reflekterande ytan får mätning ej ske utanför ett visst område på den sida där ljudet infaller, se det skuggade området i figur 4.4 i Appendix 4). Vinkeln mellan infallande "våg" och normalen mot ytan bör ej vara större än 30°.

Mätning i symmetripunkter, exempelvis på fasad, bör undvikas. Om mätpunkten dock är i en symmetripunkt bör man sakta röra mikrofonen runt symmetripunkten för att undvika mätproblem. +3 dB-mätningar bör ej utföras vid förekomst av dominerande tonkomponenter och/eller extremt låga frekvenser.

I intervallet 10-60 m har vi en påverkan av reflex från fasad. Denna är av storleken 0-3 dBA. Man kan dock vanligtvis inte ha någon absolut kontroll av storleken och någon reducering av mätvärdet kan ej göras. Mätningen hänförs således till frifältsmätning. Mätpunkter vid fasaden där uppmätt ljudnivå ej påverkas av reflex skall givetvis ej korrigeras enligt ovanstående (exempelvis mätpunkter placerade vid sidan om reflekterande föremål).

+6 dB-mätning

Som +6 dB-mätning betraktas mätning tätt intill fasad där förhöjningen av ljudnivån i förhållande till frifält är 6 dB.

För att A-viktade värden skall få reduceras med 6 dBA skall avståndet från fasad eller platta till mikrofonens mittpunkt vara max 0,015 m. Vid oktavbandsmätning skall avståndet vara mindre än $17/f_c(m)$.

Fasaden (ytan) skall vara plan och totalt ljudreflekterande (hård). Är inte ytan jämn bör en platta, 40x50 cm, användas vid vilken mikrofonen fästes. Mikrofonen bör dock ej placeras i symmetripunkt. Fasaden (ytan) skall ha en minsta storlek på 4x8 m². Mikrofonen skall placeras minst 1 m från hörn. Vinkeln mellan normalen och infallande "våg" skall vara mindre än 60°. Mätvärden påverkade av +6 dB-reflektion får före jämförelse med riktvärde/tabellvärde minskas med 6 dBA.

5 Krav på mätbetingelser

Allmänt

Det är viktigt att tillämpliga detaljer hos mätinstrumenten med tillbehör (exempelvis oktavfilter), mätproceduren och omständigheterna som råder under mätningarna är noga protokollförda och dokumenterade (se även Appendix 10). Hänvisning till tillämplig standard skall också anges.

Under mätningarna bör det kontrolleras att signalernas väg genom mätuppställningen är stabila samt fria från förvrängning och elektrisk störning.

Om möjligt skall mätsignalen inspelas på band för kontroll och dokumentation. Man måste emellertid vara medveten om att även hos högklassiga studiobandspelare kan det dynamiska området vara begränsat i förhållande till instrumentangivelserna i kapitel 3.

Vid det flesta fältmätningar är det önskvärt att registrera början av överstyrning eller distorsion i mät-systemet. Flertalet av mätinstrumenten för mätning av ljudnivå (IEC-179 eller IEC -51, typ 1) är utrustade med överstyrningsindikation. Saknas detta kan annan lämplig indikering för överstyrning användas såsom minnesoscilloskop och hörlurar. Vid användande av obehövade automatiska mätapparater är en analog bandinspelning av ljudet av speciellt värde för dokumentation, t ex för att identifiera ljudkällor. Obehövade automatiska mätapparater bör dock endast användas i undantagsfall.

Vid de fall, där det är önskvärt med mer information än vad en registrering med A-filter ger, kan oktav- eller tersbandsmätningar utföras. Detta kan exempelvis vara av intresse vid omräkning av resultaten från närmätningar (korta avstånd, se kapitel 5 och Appendix 8) till en immissionspunkt eller vid bedömning av åtgärder samt även för eventuell omräkning till inomhusnivåer. Vid oktav- och tersbandsmätningar kan filterenhet som är direkt monterbar på ljudnivåmätare användas.

Mätbetingelser

Mätningarna skall i första hand utföras vid medvind men kan även utföras vid vindstilla.

- Mätningarna skall utföras vid en medvindriktning (för ett 10-minuters intervall) från industrin mot mätplatsen (medvind)
- Medelvindriktningen (för ett 10-minuters intervall) skall vara inom en sektor $\pm 45^\circ$ i förhållande till linjen källa-mottagare
- Medelvindhastigheten bör vara mindre än 5 m/s, mätt på 10 m höjd
- Mätningar vid medelvindhastigheter 2-5 m/s bör utföras vid små temperaturgradienter (-0,05 till 0,05 °C/m uppmätt med temperaturgivare placerade på 0,5 och 10,0 m)
- Vid medelvindhastigheter mindre än 2 m/s, mätt på 10 m höjd eller vindstilla bör mätningarna utföras vid små positiva temperaturgradienter ($\geq 0,00$ men högst 0,05 °C/m uppmätt med temperaturgivare placerade på 0,5 och 10,0 m).

Vad avser bestämning av meteorologiska parametrar, se kapitel 8, Mätning/registrering av meteorologiska parametrar.

Mätning enligt ovan specificerade meteorologiska betingelser kan utföras vid samtliga avstånd som normalt förekommer i externt industribullersammanhang. Vindhastighetens inverkan på vindbruset, se kapitel 9.

Vid kort avstånd källa-mät punkt, mindre än 25 m, behöver kravet på meteorologiska betingelser (vindriktning, vindhastighet, temperaturgradient) ej uppfyllas, se dock kapitel 9, Vindbrus.

För avstånd källa-mät punkt på 25-200 m kan en bestämning av de meteorologiska parametrarna utföras på 2 m höjd över mark, se vidare kapitel 8, Mätning/registrering av meteorologiska parametrar.

6 Tidsintervall vid ekvivalentnivåmätning

Inledning

Mätningen skall utföras så att ekvivalentnivån L_{Aeq} för referenstidsintervallet (T_R) kan bestämmas. T_R är uppdelat i ett antal mättidsintervall (T_S). Om verksamhet förekommer endast under en del av referenstiden, verksamhetstidsintervall (T_V), bör L_{Aeq} bestämmas även för T_V . Definition av olika tidsintervall anges i Appendix 1.

Om verksamheten har ett antal beskrivbara drifttillstånd bör detta faktum utnyttjas så att L_{Aeq} bestäms för varje sådant tillstånd. Fördelen med detta är att L_{Aeq} för T_R respektive T_V kan bestämmas med driftstatistik som grund och att dessutom varje drifttillstånds L_{Aeq} blir observerad och registrerad. Vidare blir, under förutsättning att driftstatistiken är känd med relativt god noggrannhet, bestämningen av L_{Aeq} för T_R respektive T_V därigenom mindre osäker.

Bestämning av drifttillstånd och drifttidsintervall

En noggrann studie av källan (industrin) - som innebär en bestämning av industrins driftförhållanden, variation i ljudnivå, dominant källor etc - bör alltid föregå en mätning. En sådan studie bör således bli en information om industrins och olika delverksamheters drifttidsintervall.

Variationer inom tillståndet kan vara cykliska med en viss period eller slumpmässiga. Uppgifter om arten av variationer och om dessa är snabba eller långsamma skall utnyttjas vid uppläggning av mätningen.

Mätning för definierade drifttillstånd baseras på drifttidsintervall (T_D). Exakt tidsschema för de olika tillståndens (delverksamheternas) respektive T_D bestäms så att val av mättidsintervall kan göras.

För bestämning (omräkning) av L_{Aeq} för T_D , T_R respektive T_V behövs statistik över olika tillståndens förekomst inom de olika tidsintervallen.

Bestämning av de olika drifttillståndens ekvivalentnivå, L_{AeqD} , sker genom mätförfarandet enligt nedan.

Mätning

Den tid som mätning sker, för bestämning av L_{Aeq} , kallas mättidsintervall (T_S). Mätningarna skall leda till en bestämning av L_{Aeq} för T_R .

Mättiden T_S för en konstant källa bör vara 10 minuter.

Vid de fall där det är svårt att bestämma representativa 10-minuters perioder (T_S) eller då det är lämpligare väljs mättiden lika med T_D eller T_R .

För samma driftförhållande vid drifttidsintervall längre än eller lika med tre timmar skall minst tre 10-minutersmätningar utföras. Oberoende av driftsförhållandena under T_R skall dock alltid minst 5 mätningar för dag och 3 mätningar för kväll respektive natt utföras om verksamhet pågår under denna tid.

För att få statistiskt oberoende L_{Aeq} -observationer görs pauser och 10-minutersmätningar upprepas med minst en timmes mellanrum för ett visst drifttillstånd.

Mätningar för att öka noggrannheten för ett drifttillstånd bör utföras med minst ett dygns mellanrum. Antal mätningar för uppskattning av osäkerhet, se Appendix 7.

Mätningarna kan utföras som dosmätningar eller direkt uppskattning från ljudnivåmätare, se kapitel 8.

Mätningarna utförs under de meteorologiska betingelser som anges i kapitel 5.

Den ljudnivå som erhålles för det specifika antalet 10-minutersintervall enligt ovan utgör den ekvivalenta ljudnivån för det mätta drifttillståndet (L_{AeqD}). Omräkning till L_{Aeq} för T_R eller T_V kan göras enligt Appendix 5.

Om dosmätning har skett för hela T_R eller T_V utgör denna den ekvivalenta ljudnivån för T_R respektive T_V .

Hur omräkning av L_{Aeq} eller mätning i komplicerade driftsituationer sker framgår av Appendix 5.

7 Mätning av högsta ljudnivå L_{Amax}

När det gäller fastställande av högsta ljudnivå behöver detta endast ske när misstanke föreligger om att vissa delkällor under korta perioder (nattetid) kan förorsaka höga ljudnivåer. Den studie av industrins drifttillstånd som alltid bör göras enligt kapitel 6 jämte observationer på mätplatsen beträffande dominanta ljudkällor bör ge underlag för att fastställa behovet av att registrera maximala ljudnivåer (L_{Amax}). Hur mätning av L_{Amax} skall göras anges i kapitel 8, Registrering av ljudnivå. Antal mätningar framgår av Appendix 7.

8 Mätförfarande

Vid mätningarna mäts dels meteorologiska parametrar och dels ljudnivå.

Mätning/registrering av meteorologiska parametrar

Väsentligt är att de meteorologiska parametrarna bestäms under samma tid och förhållanden som ljudnivåmätningarna utförs.

Vindhastighet och vindhastighetsgradient

Vindhastigheten bestäms på en representativ plats mellan källan (industrin) och immissionspunkten eller vid immissionspunkten. Vindhastigheten registreras som ett medelvärde under 10 minuter på 10 m höjd.

Om man ej kan bestämma vindhastigheten på 10 m höjd kan vindhastigheten på 2 m höjd utnyttjas för en översiktlig uppskattning av hastigheten på 10 m enligt Appendix 6.

Vindriktning

Vindriktningen mäts på representativ plats mellan immissionspunkt och källan (industrin) eller vid immissionspunkten.

Vindriktningen mäts på valfri höjd mellan 1,5 och 10 m som ett medelvärde under 10 minuter (inom mättidsintervallet för ljudnivåmätning).

Temperaturgradient

Temperaturgradientmätningar görs med minst två temperaturgivare placerade inom höjdintervallet 0,5 m och 10 m. Ju mindre avstånd som väljs mellan temperaturgivarna desto större noggrannhet måste krävas av mätutrustningen. (De under mätbetingelserna i kapitel 5, Mätbetingelser, angivna intervallen för temperaturgradienter hänför sig till temperaturgivare placerade på 0,5 m och 10 m höjd).

Luftabsorption

För bestämmande av luftabsorption mäts lufttemperatur, relativ luftfuktighet och lufttryck. För avstånd under 1000 m behöver lufttrycket ej mätas. Parametrarna avläses 1 gång per timme, såsom momentana avläsningar på 1,5 m höjd. (Se även Appendix 6.)

Registrering av ljudnivå

Varje driftförhållande (drifttidsintervall) skall redovisas enligt kapitel 6. De olika drifttidsintervallen enligt kapitel 6 avser för respektive källa ett tidsintervall med relativt konstant ljudnivå under drifttillståndet. Om det visar sig att L_{Aeq} varierar mer än 5 dB mellan de olika mätningarna ($T_S = 10$ min) för ett drifttillstånd bör en ny indelning väljas för driftförhållandet/drifttillståndet.

Mättiden (T_S) kan vara 10 minuter eller hela drifttidsintervallet eller referenstidsintervallet enligt kapitel 6.

Vid mätningen används integrerande ljudnivåmätare, statistisk fördelningsanalysator eller annan utrustning som kan ange den ekvivalenta ljudnivån. Det bör klart framgå i protokollet vilka instrument som har använts.

Liten variation i ljudnivå under samplingsintervall

Om ljudnivån, mätt med den dynamiska karakteristiken SLOW(S), varierar mindre än $\pm 2,5$ dBA inom mättiden, kan L_{Aeq} bestämmas tillfredsställande genom avläsning av visarutslagets medelvärde. Mätarens utslag observeras under 10 minuter på varje plats så att ett representativt värde på ljudnivån kan erhållas. Minst 5 st väl avlästa observationer i dBA med 2 minuters mellanrum utförs och en medelnivå av observationerna anges. (Detta motsvarar en 10 minuters mätning).

L_{Amax}

L_{Amax} skall anges i dBA med tidsdämpning "FAST", F. 5 st mätningar med minst 2 minuters mellanrum utförs och ett medelvärde av registreringarna anges.

Övrigt

Vid mätningarna bör observeras hur trafiken på närliggande vägar, närliggande industrier och andra ljudkällor påverkar ljudnivån, se kapitel 9. Där så är möjligt bör jämförande mätningar göras då den aktuella anläggningen ej är i drift. Då mätningar sker med bullerdosimeter eller registrerande apparatur bör apparaten stå under sådan uppsikt att eventuell inverkan av andra källor kan uppskattas. Eventuellt kan inspelning göras på band för efterföljande kontroll.

9 Bakgrundsljudnivå

Inledning

Vid mätningarna bör ljudnivån från andra källor, bakgrundsljudnivån, understiga ljudnivån från aktuell källa (industrin) med 10 dB.

Önskvärt är att mäta ljudnivån från en industri vid de tider då bakgrundsljudets inverkan på mätresultatet är litet. (Detta är dock beroende på driftsförhållandena enligt kapitel 6). Denna situation förekommer oftast på natten då exempelvis trafiken generellt är mindre och vindhastigheten (vindbrus, se nedan) är lägre än på dagen.

Man bör inte använda mätresultat om skillnaden i ljudnivå mellan uppmätt ljudnivå och bakgrundsljudnivån är mindre än 3 dB.

Enligt Appendix 8 kan korrigerings av ljudnivån i förhållande till bakgrundsljudnivån utföras.

Vindbrus

Vindhastigheten orsakar ett vindbrus i själva mikrofonen samt i vegetationen. Vid mätning av ljudnivåer under ca 40 dBA bör vindhastigheten i mikrofonhöjd ej överstiga 2 m/s.

Övriga källor

Betydelsen av övriga källor bör uppskattas för att få en total bedömning av industrins ljudnivå i förhållande till ljudnivån från övriga källor i ett område. Övriga källor kan vara andra industrier, flyg- och vägtrafik etc.

Det ideala förhållandet vid bestämning av bakgrundsljudnivån är då aktuell källa (industrin) kan stängas av så att en representativ mätning kan utföras.

Då källan (industrin) ej kan stängas av, kan bakgrundsljudets inverkan uppskattas enligt Appendix 8.

Vid enstaka passager av exempelvis fordon kan mätaren stängas av eller avläsning ej noteras för att undvika bakgrundsljudets påverkan.

I vissa fall, exempelvis vägtrafikbuller, kan även bakgrundsljudnivån beräknas.

I de fall då bakgrundsnivån vid mätpunkten ej ligger 10 dBA under nivån från anläggningen och bakgrundsnivån ej kan fastställas kan mätningar utföras på reducerat avstånd till anläggningen och omräknas till den punkt kontrollen avser, se Appendix 8.

10 Impulsljud och hörbara tonkomponenter

Impulsartat ljud

Ljudet är impulsartat om det ofta innehåller tydligt hörbara impulser eller klart urskiljbara nivåändringar. Den som utför mätningarna avgör på platsen om ljudet innehåller ofta återkommande impulser.

Hörbara tonkomponenter

Förekomst av hörbara tonkomponenter avgörs på följande sätt:

- a) Vanligtvis bedöms förekomsten av hörbara tonkomponenter subjektivt på platsen av den som utför mätningarna.
- b) Råder tveksamhet om hörbara tonkomponenter förekommer kan en objektiv mätning exempelvis enligt Appendix 9 genomföras. Korrektion för hörbara toner bestäms sedan utgående från resultat från en sådan mätning. Korrektionens storlek anges i bedömningskriterierna (naturvårdsverkets RR 1978:5, 2:a upplagan, 1983).

På grund av interferensfenomen kan ljudtrycksnivån hos en ton variera mycket vid relativt små ändringar av mätpunkten. Därför bör, både vid subjektiv bedömning och mätning av toner, mätpunkten väljas där tonen bedöms som starkast.

11 Litteratur

Statens naturvårdsverk: "Riktlinjer för externt industribuller", SNV RR 1978:5, 2:a upplagan 1983.

P Eriksson, S Lindblad: "Systemvillkor för skattning av industribuller". Lunds Tekniska Högskola, institutionen för byggnadsakustik, Rapport TVBA-3001, december 1979.

P Eriksson, S Lindblad: "On Estimation of Environmental Industrial Noise". Lund Institute of Technology, Department of Building Acoustics, Report TVBA-3006, April 1981.

IEC-publikation 179: "Precision Sound Level Meters".

IEC-publikation 651: "Sound Level Meters".

ISO 1996: "Acoustics - Description and Measurement of Environmental Noise". Layout for ISO/DIS 1996/1, ISO TC43, December 1979. Part 2: "Lund Use Planning", ISO/TC43 - SCI - N415, March 1980.

J Jacobsen: "Vindmålning i förbindelse med udendørs støjmålning". Redogørelse Nr 3 fra Miljøstyrelsens Reference-laboratorium for Støjmålinger, Lydteknisk laboratorium, Lyngby 1981.

J Jacobsen, B Andersen: "Noise Immission from industry. Measurement and Prediction of Environmental Noise from Industrial Plants". Lydteknisk Institut, Report 105, Lyngby 1983b.

J Kragh, B Andersen, J Jacobsen: "Environmental Noise from Industrial Plants. General Prediction Method". Lydteknisk Laboratorium, Report 32, Lyngby 1982.

C Larsson, S Israelsson: "Beskrivning och krav på meteorologiska parametrar vid ljudnivåmätningar". Statens naturvårdsverk, SNV PM 1388, Stockholm 1980.

S Å Storeheier: "Lydutbredelse udendørs. Hyt plasseret lydkilde over porøs mark". ELAB Rapport STF 44, A79017, Trondheim 1979.

S Å Storeheier, K H Liasjø: "Målning og bregning av ekstern industristøj". ELAB Rapport STF 44, A82091, Trondheim 1982.

S-I Thomasson: "Inverkan av reflexion från ändlig fasad". Lunds Tekniska Högskola, institutionen för byggnadsakustik. Rapport TVBA-3002, Lund 1979.

12 Böcker från naturvårdsverket

Böckerna kan köpas genom bokhandeln eller rekvireras från Liber distribution, Förlagsorder, 162 89 STOCKHOLM, tel 08-739 91 30. En fullständig förteckning över verkets böcker kan rekvireras från Naturvårdsverket, Informationsenheten, Box 1302, 171 25 SOLNA, tel 08-98 18 00.

Ett urval av naturvårdsverkets böcker:

(cirka-priser inklusive moms december 1983)

Råd och riktlinjer

- 1978:5 Externt industribuller - allmänna råd, 2:a upplagan, 1983. 25:-
- 1979:1 Beräkningsmodell för vägtrafikbuller
Del I: Beräkningsmodell. 35:-
Del II: Bakgrundsmaterial. 30:-
- 1981:2 Buller från skjutbanor - allmänna råd. 25:-
- 1983:3 Prövning enligt miljöskyddslagen - allmänna råd. 60:-

Meddelanden

- 2/1980 Bullersanering.Handledning. 50:-
- 1/1982 Flygbuller. 40:-
- 8/1983 Buller från motorsportbanor - Beräkningsmodell. 30:-.

Rapporter

Skönare stad - Naturvårdsverkets årsbok 1983. 55:-

Tidigare utgivna böcker

- 1975:5 Buller från byggplatser. 30:-
- 1975:6 Riktlinjer för buller från motorsport- och bilprovsningsbanor. 25:-

Definitioner

Ljudtrycket (p) utgör de tryckvariationer i luften som överlagras atmosfärstrycket och påverkar örats trumhinna. Normalt avses ljudtryckets effektivvärde, uttryckt i enheten pascal (Pa), ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

En människa med normal hörsel kan uppfatta tryckvariationer från ca $20 \mu\text{Pa}$ till 20 Pa . (Normalt lufttryck = $100\,000 \text{ Pa}$).

Frekvens (f) är antal svängningar per sekund. Anges i enheten hertz (Hz).

Ljudnivå (L_A) är en med frekvensfilter A-vägd ljudtrycksnivå. Den A-vägda nivån har visat sig vara väl korrelerad till bullrets störande verkan, varför den kommit att användas i omgivningshygieniska sammanhang. Anges i dBA.

Ljudtrycksnivån (L_p): Härmed avses den nivå i decibel som definieras enligt

$$L_p = 20 \log p/p_0 \text{ dB}$$

där $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ är ett referenstryck som approximativt utgör hörtröskel vid frekvensen 1000 Hz och p är ljudtrycket i Pa.

Förekommande uppfattbara ljud antas ligga i området $0,00002\text{-}20 \text{ Pa}$, vilket uttryckt i ljudtrycksnivå motsvarar $0\text{-}120 \text{ dB}$ relativt $20 \mu\text{Pa}$. Att använda en logaritmisk storhet som mått på bullerstyrkan motiveras dels av det stora dynamiska området för mänsklig ljudförnimmelse, dels av att det subjektiva hörselintrycket utgör en logaritmisk funktion av ljudtrycket.

Den ekvivalenta ljudnivån (L_{Aeq}) används för att karaktärisera en i tiden varierande ljudnivå och är en form av medelnivå som under en given tidsperiod innebär lika stor akustisk energi.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

L_{Aeq} = den ekvivalenta ljudnivån i dBA
 $t_2 - t_1$ = en specificerad mätperiods längd
 $p_A(t)$ = Momentana A-vägda ljudtrycket
 p_0 = referensljudtrycket 20 Pa

Normalt bestäms den ekvivalenta ljudnivån med direkt integrerande instrument.

Momentannivån ($L_A(t)$) uttryckt i dBA: Ljudnivån i ett visst ögonblick mätt med en integrationstid svarande mot läge "FAST", F.

Högsta ljudnivå (L_{Amax}) uttryckt i dBA: den högsta förekommande ljudnivån mätt i läge "FAST", F.

Positiv temperaturgradient: temperaturen tilltar med ökad höjd.

Negativ temperaturgradient: temperaturen avtar med ökad höjd.

Neutral skiktning: temperaturen avtar med 0,01 °C/m.

Stabil skiktning: temperaturen tilltar med höjden eller avtar med mindre än 0,01 °C/m.

Drifftidsintervall (T_D): Tidsintervall under vilket ett specificerat drifttillstånd råder.

Mättidsintervall (T_S): Tidsintervall under vilken direkt mätning sker. Mätningen kan vara en kontinuerlig dosmätning eller en mätning i upprepade 10-minuters intervall, se kapitel 6.

Referenstidsintervall (T_R): Tidsintervall för vilken den ekvivalenta ljudnivån anges för den aktuella industrin för hela dag-, kväll- och nattperioder (se även T_V) eller för den tid som utgör bedömningsgrund.

Verksamhetsintervall (T_V): Tidsintervall för vilken den ekvivalenta ljudnivån anges för den tid viss verksamhet pågår vid den aktuella industrin.

Symbollista

| | |
|----------------|--|
| L_{Aeq} | Ekvivalent ljudnivå |
| $L_{Aeq,D}$ | Ekvivalent ljudnivå för drifttidsintervallet |
| $L_{Aeq,S}$ | Ekvivalent ljudnivå för mättidsintervallet 10 min |
| $L_{Aeq,R}$ | Ekvivalent ljudnivå för referenstidsintervallet |
| $L_{Aeq,i}$ | Ekvivalent ljudnivå från mätning nummer i |
| $L_{Aeq,V}$ | Ekvivalent ljudnivå för verksamhetstiden T_V |
| L_{Amax} | Maximal ljudnivå |
| T_n | Mättid vid korttidsmätning vid $T_S < 10$ min |
| T_{SD} | Total mättid för ett drifttidsintervall |
| n | Antal mätningar vid $T_S < 10$ min |
| S | Mättiden vid beräkning av ekvivalent ljudnivå |
| K | Ljudkälla (industri) |
| K_1 | Ljudkällans lodräta projektionspunkt i markplanet |
| K_2 | K_1 :s projektionspunkt i markplanet i normalplanet från fasaden genom M |
| M | Mätpunkt (immissionsvärde) |
| F | Reflekterande yta (fasad) |
| R | Avstånd: Källa - mätpunkt |
| R' | Avstånd: Källa - fasad (till speglingspunkten) |
| a | Avstånd $M - K^2$ |
| b | Avstånd $F - M$ (vinkelrät) |
| e | Avstånd från speglingspunkten till fasadens kant |
| h | Fasadens höjd |
| l | Fasadens bredd |
| c | Ljudhastigheten, ca 340 m/s |
| f_c | Centrumfrekvens |
| θ | Infallande vågs vinkel mot normalen |
| δ | Osäkerhet |
| $\hat{\delta}$ | Uppskattad osäkerhet |
| σ | Standardavvikelse |
| $\hat{\sigma}$ | Uppskattning av standardavvikelsen |

| | |
|------------------|---|
| d | En faktor som beror på antal mätningar och mätstrategin |
| $\hat{\sigma}_k$ | Standardavvikelse från ljudkällans fluktuation |
| $\hat{\sigma}_m$ | Standardavvikelse från meteorologiskt betingade fluktuationer |
| N | Antal mätningar vid beräkning av osäkerhet |

Enklare mätförfarande

I detta mätförfarande behöver ej kravet på meteorologiska betingelser uppfyllas för samtliga mätpunkter och situationer. Mätförfarandet bör för de mätningar som utförs i tillämpliga delar följa kapitel 6. Om det vid den studie av driftsförhållandena, enligt kapitel 6, som alltid bör föregå en mätning, framgår att någon av följande punkter a-c gäller, kan ett mindre omfattande mätförfarande tillämpas enligt:

- a) Endast enstaka dominerande källor förekommer som förväntas överskrida riktvärdet.
 - De enstaka källorna karteras med närmätningar (oktavbandsmätningar bör utföras) och resultaten omräknas till immissionspunkten. Detta mätförfarande kan exempelvis tillämpas vid en kontroll av enstaka bullerreducerande åtgärder.

- b) Buller från verksamheten dominerar endast i enstaka riktning från industrin. I övriga riktningar bedöms mätningar obehövligen (nationensvis anges: riktvärdet överskrids ej eller det finns inte eller planeras inte för aktiviteter som kan bli störda (bostäder, fritidsområden etc)).
 - Ljudnivån mäts i den aktuella riktningen enligt mätbetingelserna i kapitel 5. Mätpunkter inläggs i övriga riktningar och meteorologin beskrivs för mättillfället (enligt Appendix 10). (Kan således mätas utan att samtliga punkter uppfyller kravet på mätbetingelser enligt kapitel 5.)

- c) Ljudnivån från verksamheten bedöms ej överskrida riktvärdet i kringliggande områden eller att det inte finns eller planeras för aktiviteter som kan bli störda.
- Mätning i representativa punkter i olika riktning kring industrin. Meteorologin beskrivs för mättillfället (enligt Appendix 10).

Mätpunkter utomhus

Val av mätpunkter generellt

De förhållanden, som sett från administrativ synpunkt bör läggas till grund för val av mätpunkter, behandlas i avsnitt 4.3 i naturvårdsverkets RR 1978:5, 2:a upplagan 1983.

Mätningar bör göras i de punkter kring en verksamhet där det är mest troligt att riktlinjernas gränsvärden kommer att överskridas. Det är mätteknikerns uppgift att finna dessa platser.

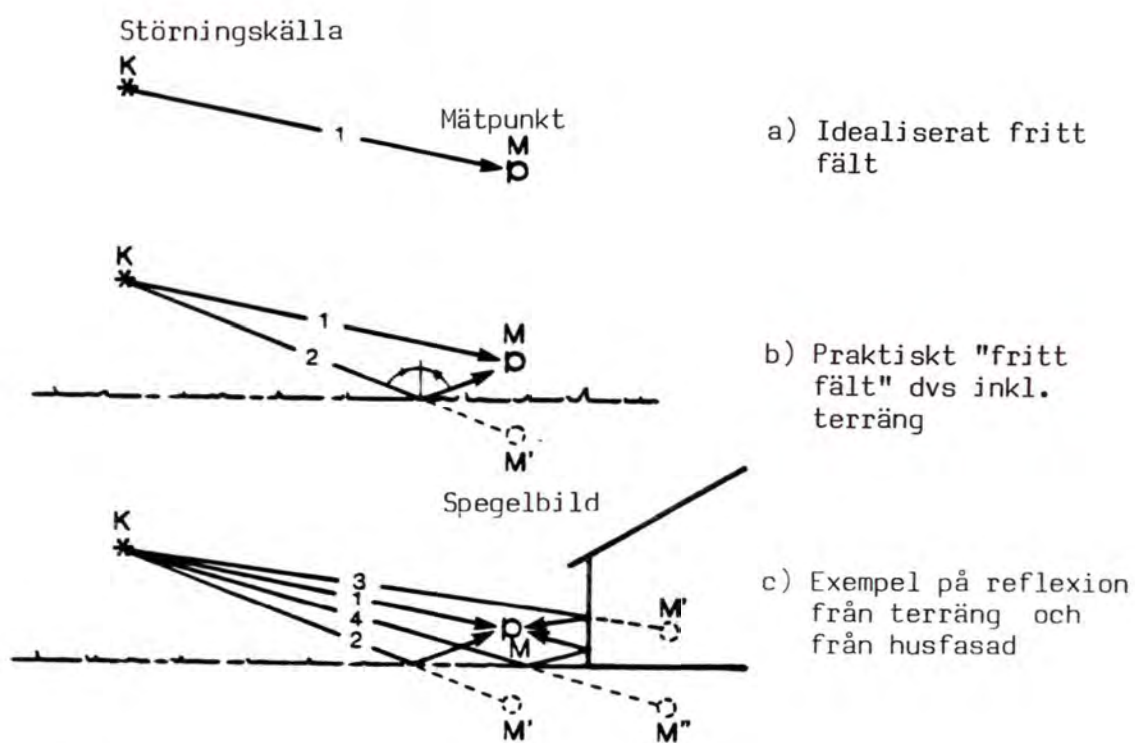
Den A-vägda ljudnivån stiger med ökande höjd över marken hos mätpunkten. Detta är särskilt uttalat när det förekommer skärmning längs ljudets fortplantningsväg från källa till mätpunkt.

Mätningar bör i allmänhet utföras 1,5 m över marknivån. Vid kontrollmätningar mäts givetvis de på höjder som finns specificerade i villkor eller bestämmelser. När det är fråga om klagomål bör minst en mätpunkt väljas vid den klagandes bostad. Detta kan vid flervåningshus innebära val av mätpunkter på högre höjd över marken än 1,5 m.

I det följande ges några anvisningar om hur man bör placera mätpunkter i förhållande till ljudreflekterande ytor för att få väldefinierade mätresultat.

Bidrag från reflektioner generellt

Ljudtrycket i mätpunkten byggs upp av summan av ljudtrycket i de ljudvågor som når mätpunkten på olika vägar. Detta åskådliggörs i figurerna 4.1 och 4.2.



Figur 4.1 Illustration av transmissionsvägar. Lodrätt snitt.

- 1: Direkt
- 2: Via reflexion från terräng
- 3: Via reflexion från byggnadsfasad
- 4: Via reflexion från terräng och byggnadsfasad

I figur 4.1 visas

- a) en teoretisk situation, fritt fält. Det finns då bara en utbredningsväg - direkt från källan till mätpunkten.

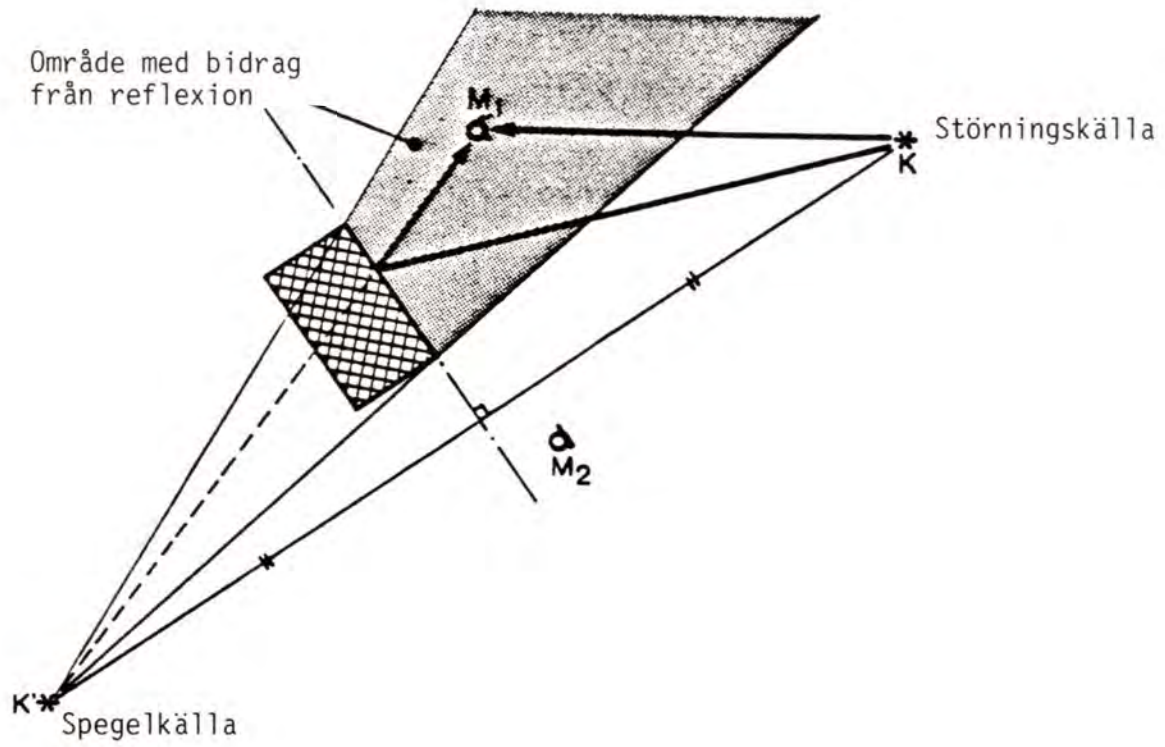
Vidare visas

- b) det som i dessa mätanvisningar kallas "fritt fält". Till mätpunkten kommer - förutom det direkt transmittierade ljudet - ett reflektionsbidrag från markytan. Denna andra transmissionsväg karaktäriseras av att vinkeln mellan normalen till markytan och den reflekterade och den infallande ljudstrålen är lika stora. Bidrag från reflektioner kan betraktas som bidrag från tänkta ljudkällor placerade i den verkliga ljudkällans "spegelbild" i de reflekterande ytorna. På motsvarande sätt kan man betrakta spegelbilden av mätplatsen som en tänkt mätplats, dit reflekterat ljud når.

I figur 4.1 visas slutligen också

- c) de transmissionsvägar, 3 och 4, som därutöver finns mellan källa och mätpunkt när det finns en lodrät ljudreflekterande yta, t ex en byggnadsfasad, nära mätpunkten.

Gränsvärdena i naturvårdsverkets RR 1978:5, 2:a upplagan 1983, är satta under den förutsättningen att till direktljudet endast adderar sig bidrag från reflektioner i markytan och eventuellt i ytor på byggnader och liknande på industriområdet (de sistnämnda är för överskådlighetens skull inte medtagna i figur 4.1).



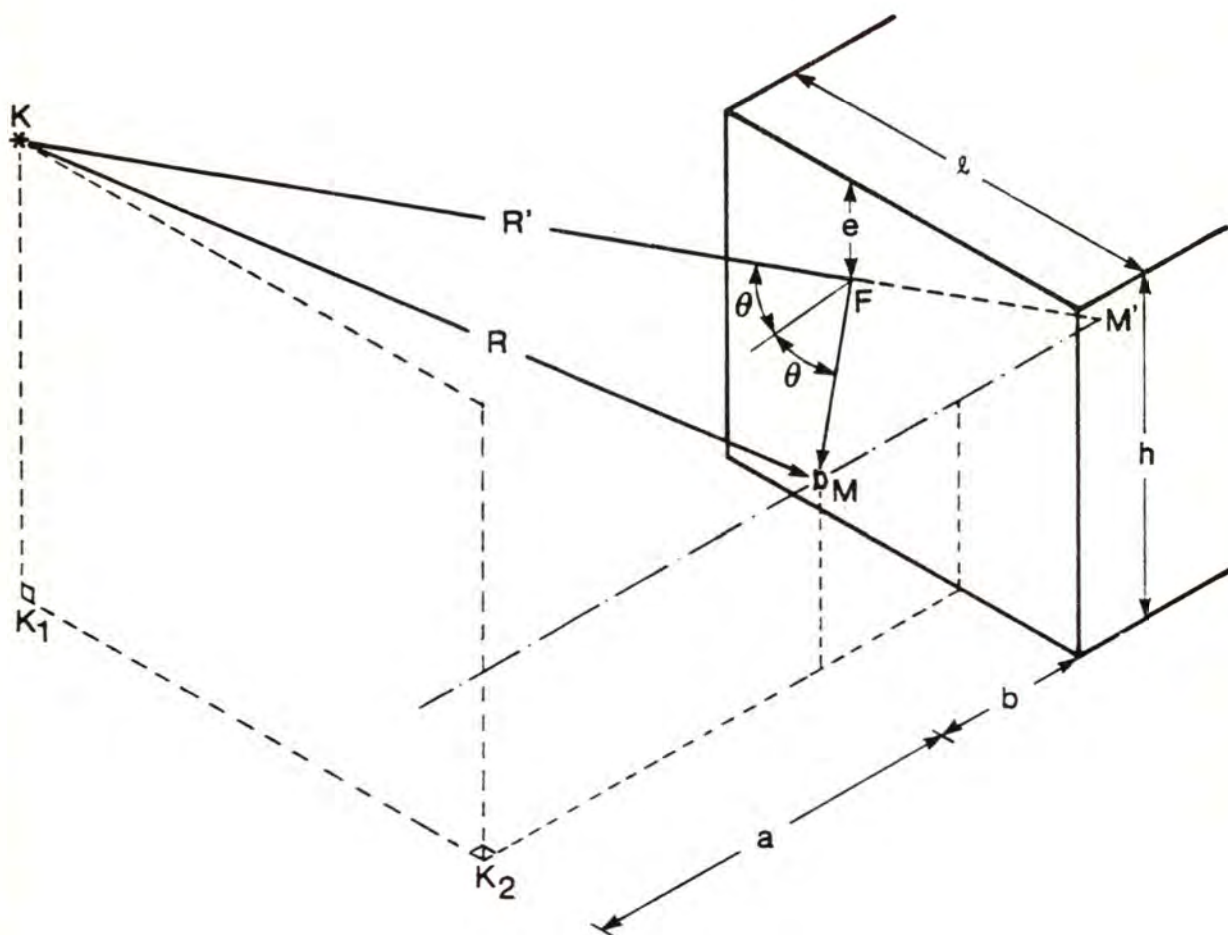
Figur 4.2 Illustration av reflexion från byggnadsfasad.
Ett plan.

Ljudenergi som transmitteras till mätpunkten via reflektioner i byggnadsfasader och dylikt nära mätpunkten skall betraktas som ovidkommande ljud i samband med mätning av bullret från källan. Mätning av externt buller från industri bör därför såvitt möjligt utföras som frifältsmätningar. Då detta inte låter sig göra skall mätningarna utföras under sådana betingelser, att det är möjligt att korrigera för ovidkommande reflektionsbidrag. I vissa fall är en sådan korrektion inte möjlig att göra, t ex vid mätning i ett gårdsrum till vilket en verksamhet utstrålar buller, jfr sid 47.

Inflytandet av reflektionsbidrag är vanskligt att värdera eftersom det rör sig om samverkan av många faktorer: bullrets frekvensfördelning, bandbredd och infallsvinkel, inverkan av och avståndet till reflekterande ytor m m. Rekommendationerna i det följande är uppställda med syfte att säkerställa att bidrag från reflektioner inte skall ge ett fel i mätvärdet som överstiger 1 dB. Rekommendationerna är uppställda dels i form av krav härledda från "teoretiska" analyser av idealiserade situationer, dels i form av praktiska tumregler.

Det skiljs i det följande på mätning i vad som kan betraktas som "fritt fält", i "+3 dB-området", i "+6 dB-området" och mätning vid "komplexa reflektionsförhållanden".

I figur 4.2 visas exempel på möjliga mätplatser. I mätposition M förekommer bidrag från reflektion från byggnadsfasad. Det område framför byggnaden dit reflekterat ljud från fasaden når visas i figuren. Mät punkt M_2 är placerad i närhet av byggnaden på ett sådant sätt att det inte till mätpunkten M_2 kommer något från fasaden



Figur 4.3 Illustration av de geometriska karakteristika som ingår i värderingen av bidrag från reflexion från byggnadsfasader m

reflekterat ljud. Illustrationen förenklas av att ljudets våglängd har förutsatts vara kort. Man bortser från verkan av diffraktion vid fasadens kanter.

Vid en generell behandling av problemställningen måste man använda den komplicerade konfigurationen i figur 4.3. I övrigt hänvisas till artiklar av Lindblad, 1977 och 1981, Thomasson 1979 och Rindel 1981. I figuren är bullerkällan betecknad med K och mätpunkten med M . Den reflekterande byggnadsfasaden har höjden h och längden l . Avståndet från M till fasaden är b , mätt vinkelrätt mot fasaden.

Bullerkällan K 's projektion på den horisontella markytan kallas K_1 och denna punkts projektion på ett lodrätt plan genom M vinkelrätt mot fasaden kallas K_2 . Vinkelräta avstånd från K_2 till fasaden är $a + b$.

M 's spegelbild i fasaden kallas M' . Avståndet från K till M kallas R och avståndet från K till M' kallas R' .

Linjen från K till M' skär fasadens plan i punkten F . Det minsta avståndet från punkten F till fasadens avgränsning kallas e . e kan vara såväl ett lodrät som ett horisontellt avstånd.

Vinkeln mellan de reflekterade ljudvågornas riktning (KM') och normalen till fasaden kallas θ .

I figuren har förutsatts att bullerkällan är punktformig. Detta kan antas vara fallet om mätpunktens avstånd R från bullerkällans akustiska centrum är större än bullerkällans största utsträckning (Kragh et al 1982). Är bullerkällorna inom en verksamhet fördelade över ett större område görs en uppdelning i

delområden. Avståndet från varje delområdes akustiska centrum till mätpunkten skall vara större än delområdets största utsträckning. Varje delområde representeras av en punktkälla. Värderingen av reflektionernas inflytande baseras på det delområde som ger de strängaste kraven på mätpunktens placering som beskrivs i det följande.

De krav som är uppställda nedan är baserade på analyser av en idealiserad situation, nämligen en oändligt stor fullständigt ljudreflekterande yta i ett i övrigt fritt fält. Det kan därför behövas modifikationer när det i det verkliga fallet är fråga om fasader med ändlig utsträckning och när det förekommer en mer eller mindre ljudabsorberande markyta mellan bullerkällan och mätpunkten. Markytans inverkan förefaller vanligen vara av mindre betydelse (Thomasson 1979). De krav som ställs på dimensionerna av reflekterande ytor grundar sig på kvalificerade uppskattningar stödda av teoretiska överväganden snarare än verifierade kunskaper. Motsvarande gäller för fasadens jämnhet och ljudreflekterande egenskaper. Därför är t ex angivelsen av en typisk fasaddimension på $4 \times 8 \text{ m}^2$ och $3 \times 6 \text{ m}^2$ är i detta sammanhang att betrakta som varande av samma storleksordning.

Mätning i fritt fält

Resultat av frifältsmätningar kan jämföras med riktvärden i naturvårdsverkets RR 1978:5, 2:a upplagan, 1983, utan korrektion för reflexbidrag.

Som resultat av mätningar i fritt fält kan anses resultat som erhållits i mätpunkter vilka inte nås av något från vertikala ytor reflekterat ljud. En sådan mätpunkt är t ex M_2 i figur 4.2.

I mätpunkter som nås av reflekterat ljud, t ex M_1 i figur 4.2, erfordras att bidraget från spegelkällan är så litet att det inte ökar ljudtrycksnivån från det direkttransmitterade ljudet med mer än 1 dB. Spegelkällans bidrag skall då vara ca 6 dB mindre än det direkttransmitterade ljudet, jfr figur 10.1. Eftersom det förutsätts att ljudtrycksnivån avtar med 6 dB för varje avståndsfördubbling skall därför

$$R' > 2 R \quad (4.1)$$

för att mätvärdet skall kunna betraktas som ett frifältsvärde. R' är avståndet från bullerkällan K till spegelkällan M' och R är avståndet från bullerkällan K till mätpunkten M , figur 4.3. Kravet $R' > 2 R$ är oberoende av frekvensen.

När den reflekterande ytan inte är mycket stor är det inte alltid nödvändigt att kräva ett $R' > 2 R$. Man kan utan vidare bortse från inverkan av fasader på villor och liknande (av storleksordningen $4 \times 8 \text{ m}^2$) när avståndet MF i figur 4.3 är större än 50 m.

" +3 dB-mätning "

Innan resultatet av " +3 dB-mätningar " jämförs med riktvärden i naturvårdsverkets RR:1978:5, 2:a upplagan, 1983, skall 3 dB dras av från mätresultatet.

I ett visst område framför, men inte alltför nära, en reflekterande fasad kan bidraget från det direkttransmitterade ljudet och det reflekterade antas vara lika stora, nämligen när avstånden R och R' är nästan lika, figur 4.3. Summan av dessa bidrag är då 3 dB högre än från det direkttransmitterade ljudet enbart (jfr sid 12).

För att felet vid de gjorda antagandena skall vara mindre än 1 dB fordras att

$$b < 0.1a \quad (4.2)$$

Om M är mycket nära fasaden kan man inte addera bidragen från direkttransmitterad och reflekterad ljudenergi som anges på sid 12. Då måste man nämligen ta hänsyn till ljudvågornas inbördes fasförhållande. Det krävs ett visst avstånd från fasaden för att man skall kunna bortse från denna effekt. Korrelationen mellan tryckvariationerna i direkttransmitterad och reflekterad ljudvåg skall vara låg. Det nödvändiga avståndet är beroende av bullrets frekvens och bandbredd samt av infallsvinkeln θ . Vid mätning i hela oktavband krävs för att felet skall bli 1 dB att

$$b > \frac{c}{\cos \theta} \quad (\text{m}); \quad = \frac{340}{f_c} \quad (\text{m}) \quad (4.3)$$

där λ är ljudets våglängd vid oktavbandets mittfrekvens f_c (Hz).

Man måste försäkra sig om att fasaden är stor nog för att villkoren (4.2-4.3) är uppfyllda. Som riktlinje kan användas att mätpunkten skall vara placerad inom det triangelformade område som visas i figur 4.4. Fasaden skall vara minst av storleksordningen $4 \times 8 \text{ m}^2$.

I figur 4.4 är längden av triangelns baslinje bestämd av att avståndet till fasadens begränsningar skall vara minst $1/\cos \theta$ (m).

Det reflekterade ljudfältets riktning bestäms som riktningen av det ljud som reflekteras från fasadens mittpunkt. Områdets utsträckning begränsas till avståndet r från fasadens mittpunkt i det reflekterade ljudets riktning.

Avståndet r beror av fasadens minsta utsträckning, infallsvinkeln och av ljudets våglängd:

$$r = \frac{(l \cdot \cos \theta)^2}{2} \quad (4.4a)$$

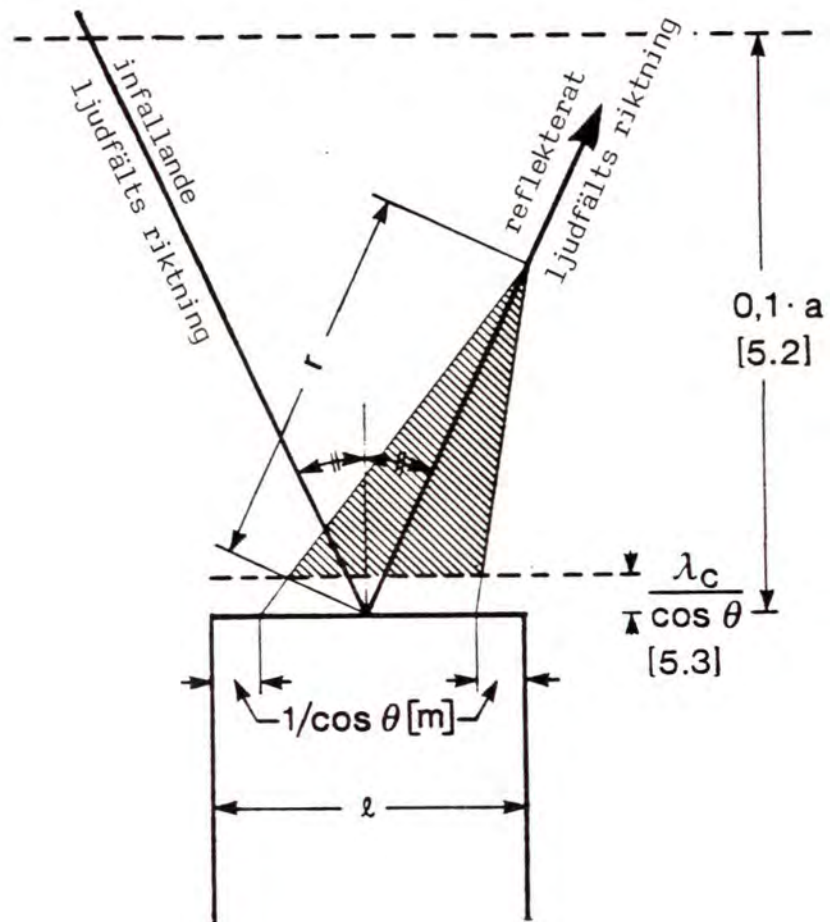
eller

$$4 = \frac{(2 \cdot h \cdot \cos \theta)^2}{2 \cdot \lambda} \quad (4.4b)$$

(4.4 b) används när $l < 2 \cdot h$ är fasadens längd och h dess höjd. θ är vinkeln mellan det infallande ljudets riktning och fasadens normal i punkten F i figur 4.3. λ är ljudets våglängd. r bestäms av våglängden i de lägsta frekvenser som dominerar mätvärdet, r är störst för $\theta = 0^\circ$ och avtar med ökande värde på θ , särskilt snabbt vid värden på θ över 45° .

Bullret får inte vara dominerat av tonkomponenter. I så fall måste mätningarna utföras som frifältsmätningar eller eventuellt +6 dB-mätning.

Villkoren (4.2-4.3) är också illustrerade i figur 4.4.



Figur 4.4 Planskiss med illustration (skuggat) av område för placering av mätpunkt vid "+3 dB-mätning".

Om man ställer kravet

$$1,5 \text{ m} < b < 0,1 \text{ a} \quad (4.5)$$

så täcker det in de flesta i praktiken förekommande fall av "+3 dB-mätning". Kravet är baserat på (4.2-4.3), eftersom det har förutsatts

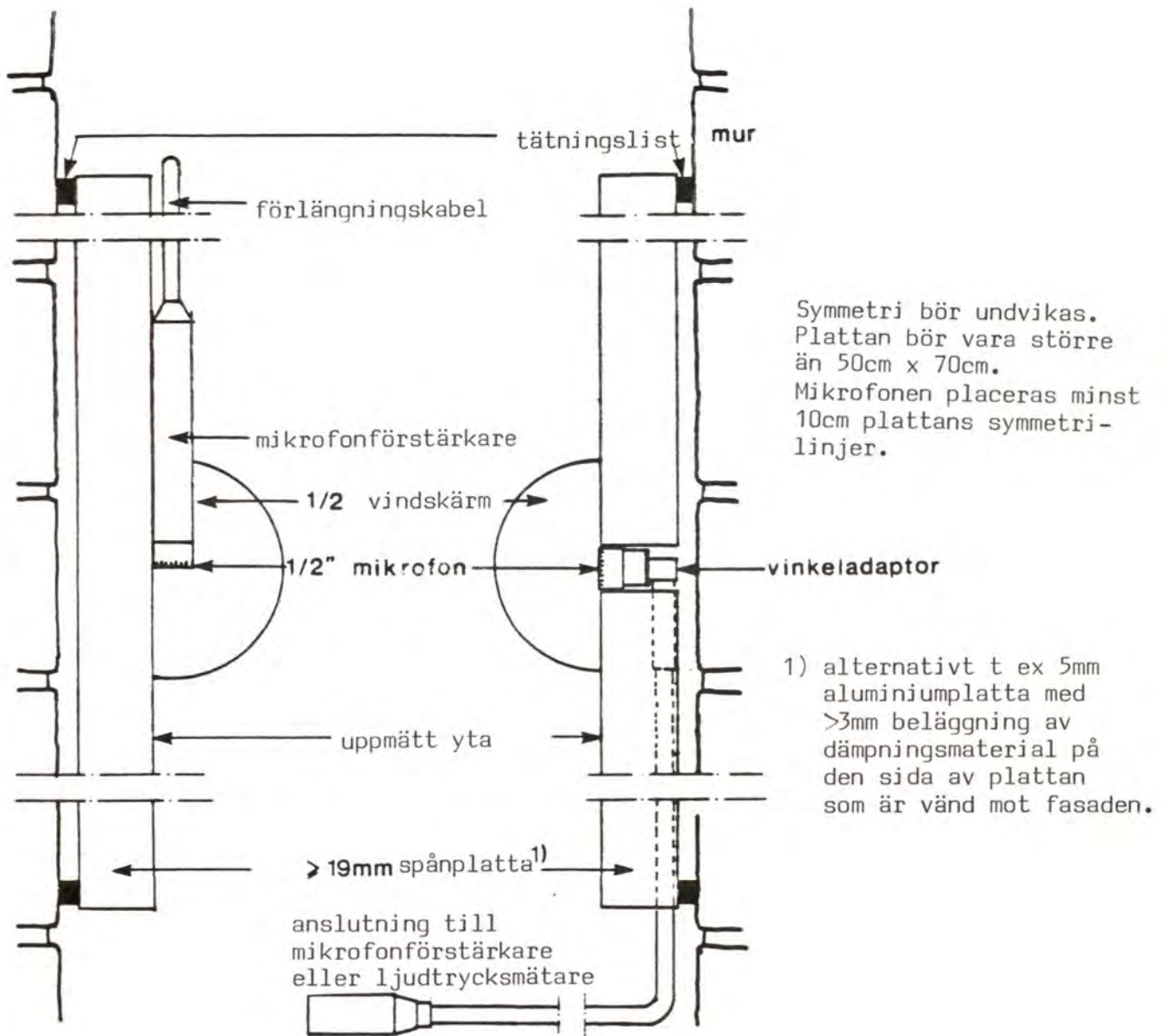
- . att L_{Aeq} bestäms av vitt brus i ett helt oktavband eller bredare omkring $f_c > 250 \text{ Hz}$
- . att $\theta < 30^\circ$
- . att fasaddimensionerna är av storleksordningen $4 \times 8 \text{ m}^2$ eller större
- . att mätpunkten förläggs inom det område som är skuggat i figur 4.4
($1/\cos \theta \approx 1 \text{ m}$, $c/\cos \theta \approx 1,5 \text{ m}$, $r \approx 15 \text{ m}$)

Bullret är ofta mera bredbandigt och/eller högfrekvent än vad som förutsatts i kapitel 5. I så fall skall kravet $b > 1,5 \text{ m}$ kunna ändras så att ett mindre avstånd skall anses tillräckligt.

"+6 dB-mätning"

Innan resultat av "+6 dB-mätningar" jämförs med riktvärden enligt naturvårdsverkets RR 1978:5, 2:a upplagan 1983, skall 6 dB dras av från mätresultatet.

I vissa fall kan det vara lämpligt att mäta mycket nära en reflekterande yta. Här är tryckvariationerna i den direkt transmitterade ljudvågen och den reflekterade mycket starkt korrelerade till varandra. Därvid



Figur 4.5 Exempel på mikrofonmontering vid mätning i "+6 dB-området".

uppträder i stort sett en fördubbling av ljudtrycket. Detta gör att ljudtrycksnivån höjs med 6 dB i förhållande till ljudtrycksnivån i fritt fält. Förutsättningen för att detta skall ske med en avvikelse på högst 1 dB är att

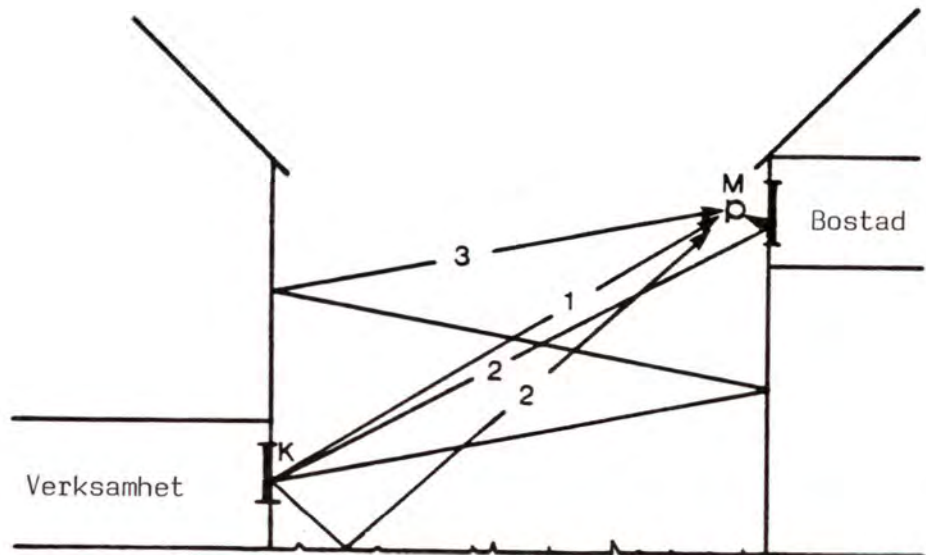
$$b < \frac{0.07 \cdot \lambda}{\cos \theta} \quad (4.6)$$

λ är våglängden i m vid den högsta frekvens som har betydelse för mätresultatet. θ är ljudets infallsvinkel, figur 4.3. Härtill kommer att fasaden skall vara plan och totalt ljudreflekterande inom de frekvenser som har betydelse. Dessa krav är kritiska vid höga frekvenser, där våglängden λ är liten.

Fasaden skall minst vara av storleksordningen $4 \times 8 \text{ m}^2$ och mikrofonen skall ha ett minsta avstånd e från fasadens begränsningslinjer för att diffraktion vid kanterna inte skall påverka mätresultatet på ett oacceptabelt sätt. Här är de lägsta frekvenserna kritiska.

Två förslag till mikrofonplacering visas i figur 4.5. Plattan säkerställer att fasaden kan betraktas som plan och totalt ljudreflekterande även vid höga frekvenser.

Mikrofonen kan i och för sig monteras på andra sätt under förutsättning att bl a kravet på avståndet b är uppfyllt. Används tryckmikrofon är systemets frekvenskaraktäristik lineär vid frekvenser som är en oktav högre eller mer i förhållande till vad som motsvaras av en våglängd $= b$ om man använder frifältsmikrofon.



Figur 4.6 Illustration av upprepade reflexioner i gårdsrum. Olika transmissionsvägar

- 1: Direkttljud
- 2: Via en reflexion
- 3: Via två reflexioner
- :
- etc.

I praktiken är kravet

$$b < 0,01 \text{ m} \quad (4.7)$$

oftast tillräckligt även vid mätning av extremt buller från olika verksamheter.

(4.7) är grundat på (4.6) genom att man förutsatt

- . att L_{Aeq} bestäms av buller i frekvensområdet under 2 kHz
- . att fasadens avvikelser från en plan yta är ≤ 25 mm inom en cirkel, med mätpunkten som centrum, som har radien 1 m

Komplexa reflektionsförhållanden

Ibland är reflektionsförhållandena mera komplexa än vad som har förutsatts i tidigare avsnitt. Ett exempel på detta är den situation man har då en verksamhet är placerad vid en bakgård med bostäder i de byggnader som avgränsar gårdsrummet.

Det buller som verksamheten förorsakar reflekteras upprepade gånger mellan fasaderna innan det når mätpunkten, vilket visas i figur 4.6. L_{Aeq} förhöjs härigenom i förhållande till en situation med "fritt fält". Det går inte på något enkelt sätt att avgöra hur stor förhöjningen blir.

I sådana situationer förordas mätning enligt riktlinjerna för "+6 dB-mätning" i kapitel 4., +6 dB blir här hänförligt till den "sista" reflektionen för varje transmissionsväg med mer än en reflektion.

Det framgår omedelbart av figur 4.6 att det inte går att entydigt definiera avståndet a (jfr figur 4.3). Detta är bakgrunden till att "+3 dB-mätning" som anges på sid 45 inte kan användas. Det finns möjligheter att liksom vid mätning i slutna rum mäta i flera mätpunkter och ta medelvärdet av resultaten. Detta medelvärde representerar mätning i "+3 dB-området". Tillvägagångssättet är formellt alltför komplicerat för praktisk användning.

Genom att utföra en "+6 dB-mätning" och dra av 6 dB från mätresultatet fås ett mått på den ljudenergi som når byggnadens fasad (den "infällande ljudenergin", som på grund av de upprepade reflektionerna kommer att vara större än den infällande ljudenergin i fritt fält).

Skall bullret på vistelseplatser utomhus på gården värderas bör L_{Aeq} erhållas genom att dra bort 3 dB från resultatet av "+6 dB-mätningen".

Mot detta sätt att förfara kan invändas att verksamheten "straffas" för att vara inrymd i ett gårdsrum i förhållande till motsvarande verksamhet placerad på ett ställe där upprepade reflektioner inte förekommer. En korrektion till ett värde i "fritt fält" är emellertid inte möjlig att göra med rimlig noggrannhet och sett från de boendes sida är det mindre intressant om ett eventuellt störande buller kommer direkt från verksamheten och via en reflektion från markytan på gården eller genom upprepade reflektioner i markyta och fasader.

Motsvarande förhållanden finns i punkter inne i bebyggda områden, där komplicerade reflektionsförhållanden gör bestämningen av ett värde i "fritt fält" vansklig.

Val av mättidsintervall

Inledning

De intervall under vilka direkt mätning av L_{Aeq} sker genom integration eller i vissa fall genom observation av visarinstrument kallas mättidsintervall, T_G . Valet av T_G beror på det variationsmönster ljudkällorna och överföringen i atmosfären ger upphov till. Som en allmän regel väljs T_G så lång att snabba variationer utjämnas.

Mättiden, T_G , vid bestämmande av ekvivalent ljudnivå från en konstant källa bör vara 10 minuter.

För samma driftförhållande, vid drifttidsintervall längre än eller lika med tre timmar, skall minst tre samlingar utföras. Oberoende av driftförhållandena under referenstidsintervallet skall dock alltid minst 5 samlingar för dag, 3 samlingar för kväll respektive natt utföras.

Vid de fall där det kan vara svårt att bestämma representativa 10-minutersperioder (mätningar) eller då det är fördelaktigt kan samlingstiden vara lika med drifttidsintervallet eller referenstidsintervallet (se nedan).

För att få statistiskt oberoende L_{Aeq} -observationer görs pauser och 10-minutersmätningar upprepas med minst en timmes mellanrum för ett visst drifttillstånd. För att öka noggrannheten kan samling för ett drifttillstånd utföras med minst ett dygns mellanrum. Rörande val av antal sampel se även Appendix 7 "Uppskattning av osäkerhet".

Då valet av T_S beror på hur ljudnivån varierar vid industrin och/eller källan ges några exempel nedan.

a) Drifttillstånd med slumpvisa variationer

I. Långa drifttidsintervall, T_D . Relativt snabba variationer hos källan.

Om $T_D > 10$ minuter görs varje T_S lämpligen 10 min långt långt. Man får då en bra utjämnning av snabba atmosfäriska variationer.

II. Korta T_D . Snabba variationer hos källan.

Om drifttillståndet förekommer med $T_D < 10$ minuter kan man ta fram en 10-minutersmätning genom att stoppa integreringen och fortsätta då tillståndet återkommer osv. Man fortsätter tills integrationstiden är 10 minuter.

Alternativt registreras ett L_{Aeq} -värde ($L_{Aeq,n}$) för varje kortidsintervall T_n och mätvärdet $L_{Aeq,S}$ beräknas enligt

$$L_{Aeq,S} = \log \frac{1}{T_S} \sum_{n=1}^n T_n \cdot 10^{(L_{Aeq,n})/10}$$

$$T_S = \sum_{n=1}^n T_n = 10 \text{ min}$$

Denna metod kan vara att föredra om uppehållen är så långa att man önskar mäta på andra tillstånd under tiden.

Vid mycket kortvariga, upprepade tillstånd (>30 s) behöver inte T_S uppgå till 10 minuter, förutsatt att tidsluckan mellan konsekutiva mättillfällen är minst 2 minuter. Man mäter då i stället minst 5 ggr. Medelvärdet får sedan anses motsvara en sampling under 10 minuter.

Ett alternativt mätförfarande är att göra flera korta oberoende mätningar som sammanvägs enligt ovan.

b) Cykliska drifttillstånd

I. Lång cykeltid.

Om cykeltiden är längre än 10 minuter mäts över exakt en cykelperiod.

II. Kort cykeltid

Om cykeltiden är kortare än 10 minuter mäts över ett antal hela cykler mer än eller lika med tre så att T_S blir minst 10 minuter.

Referenstidsintervall-verksamhetsintervall

Verksamhetens (industrins) ekvivalenta ljudnivå bestäms för referenstidsintervallen (T_R), vilka kan vara hela dag-, kväll- och nattperioder (kl 07.00-18.00, 18.00-22.00, 22.00-07.00) utgående från delverksamhe-

ternas drifttidsintervall. (Naturligtvis kan anges: Om den totala drifttiden under ett visst referenstidsintervall endast utgör del av respektive period skall den ekvivalenta ljudnivån även anges för verklig drifttid, verksamhetstidsintervall, T_V . Dessutom skall ekvivalent ljudnivå även anges för varje drifttidsintervall, T_D).

Mättiden kan för vissa fall enligt ovan sammanfalla med drifttidsintervallet eller referenstidsintervallet.

Omräkning av L_{Aeq} för T_D , T_R och T_V

A. Ekvivalent ljudnivå för drifttidsintervall

Från driftstudierna skattas totala drifttidsintervallet T_D för ett visst drifttillstånd. Ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,D}$, beräknas för ett visst drifttillstånd ur:

$$L_{Aeq,D} = 10 \log \frac{1}{T_{SD}} \sum_S T_S 10^{(L_{Aeq,S})/10}$$

$$T_{SD} = \sum_{S=10} T_S$$

B. Ekvivalent ljudnivå för referenstidsintervallen

Vi kan nu bestämma ekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,R}$, för referenstidsintervallen med hjälp av de olika drifttillstånden under detta T_R :

$$L_{Aeq,R} = 10 \log \frac{1}{T_R} \sum_D T_D 10^{(L_{Aeq,D})/10}$$

C. Ekvivalent ljudnivå för verksamhetsintervall

Om verksamhetstiden, T_V , är mindre än referenstiden, T_R , bestämmer man även ekvivalent ljudnivå,

$L_{Aeq,V}$ för T_V

d v s

$$L_{Aeq,V} = L_{Aeq,R} + 10 \log \frac{T_R}{T_V}$$

Bestämning av meteorologiska parametrar

Väsentligt är att de meteorologiska parametrarna bestäms under samma tid och förhållanden som ljudnivåmätningarna utförs.

I naturvårdsverkets PM 1388 "Beskrivning och krav på meteorologiska parametrar vid ljudnivåmätningar" redogörs för hur man praktiskt kan bestämma meteorologiska parametrar, vilka instrument som används, meteorologin bakom mätkriterierna etc.

Vindhastighet och vindhastighetsgradient

Vindhastigheten bestäms på en representativ plats mellan källan (industrin) och immissionspunkten eller vid immissionspunkten. Vid val av plats bör man ge akt på att vinden drar över en så enhetlig markyta som möjligt. Vindhastigheten registreras som ett medelvärde under 10 minuter på 10 m höjd. För bestämmande av vindhastighetsgradienten bör även vindhastigheten mätas på höjden 0,5 m eller mätas med den anemometer på 1,5 m som används för uppskattning av vindbrus i mikrofon.

Om man ej kan bestämma vindhastigheten på 10 m höjd kan vindhastigheten på 2 m höjd utnyttjas för en översiktlig uppskattning av hastigheten på 10 m enligt nedan. Vindhastigheten 2-5 m/s på 10 m motsvarar på höjden 2 m följande vindhastigheter.

A. Marktyp: enstaka träd, häckar, fåtal byggnader:
Vindhastighet 1-3 m/s

B. Marktyp: högt gräs, sädesfält:
Vindhastighet 1,5-3,5 m/s.

C. Marktyp: naturlig snöyta:

Vindhastighet 1,5-4 m/s.

E. Marktyp: jämn asfaltyta, betongyta:

Vindhastighet 1,5-4 m/s.

Dessa värden gäller för flack landskapstyp och neutral skiktning (negativ temperaturgradient på 0,01 °C/m).

Vid val av marktyp skall markytan betraktas åt det håll det blåser ifrån och upp till ett avstånd av 15 gånger mäthöjden för vindhastighet. Om olika marktyper förekommer skall den skrovligaste väljas.

Värdena kan översiktligt användas till dess mer utförligt underlag föreligger. Det är friktionen mot markytan som ger lägre vindhastighet vid markytan och därmed bestämmer vindprofilen. Ett foto kan lämpligen tas över mätplatsen som underlag för en senare bedömning av marktypen och vindhastigheten (se även SNV PM 1388 samt Appendix 10).

Vindhastigheten för kontroll av vindbruset i mikrofonen (se kapitel 9) mäts i mikrofonhöjd.

Vindriktning

Vindriktningen mäts på representativ plats mellan immissionspunkt och källan (industrin) eller vid immissionspunkten. Vid val av plats bör man ge akt på att vinden drar över en så enhetlig markyta som möjligt.

Vindriktningen mäts på valfri höjd mellan 1,5 och 10 m som ett medelvärde under 10 minuter (inom mättidsintervallet).

Temperaturgradient

Temperaturgradientmätningar mäts med minst två temperaturgivare placerade inom höjdintervallet 0,5 och 10 m. Ju mindre avstånd som väljs mellan temperaturgivarna desto större noggrannhet måste krävas av mätningen. Normalt räcker det med två registreringar vid 0,5 respektive 10 m för att avgöra tendens i temperaturgradient. Mättiden är 10 minuter. Bestämningarna har störst säkerhet för ljudutbredningsavstånd mindre än 200 m.

Kan man ej mättekniskt bestämma temperaturgradienten kan SNV PM 1388 ligga till grund för en bedömning av vilken gradient som råder.

Luftabsorption

Vid de fall där det är av intresse att bestämma luftabsorptionen bestäms lufttemperatur, relativ luftfuktighet och lufttryck. För avstånd under 1000 m behöver lufttrycket ej mätas. Parametrarna avläses en gång per timme, såsom momentan avläsning på 1,5 m höjd. (Höjden är meteorologisk standard). Luftabsorptionen tilltar med ökande avstånd och frekvens. För avstånd upp till 150 m är den av liten betydelse för frekvenser på 1000 Hz och lägre.

Uppskattning av osäkerhet

Inledning

Alla mätningar är behäftade med vissa fel. Det är därför viktigt att förutom mätresultatet, d v s skattad energiekvivalent medelnivå, även en uppskattning av resultatets osäkerhet presenteras. Till grund för tillämpning av riktlinjen ligger mätresultatet och uppskattad osäkerhet. Avsikten med detta kapitel är att ange en metod för bestämning av uppskattad osäkerhet. Uppskattningarna kan tillämpas dels på mätningar i dBA och dels på mätningar i oktavband.

Osäkerheten, δ , är det tal i dB sådant att intervallet (konfidensintervall) mätresultat $\pm\delta$ med 90 % sannolikhet innehåller det sökta värdet.

En exakt bestämning av δ är ej möjlig, men ett försök till uppskattning, $\hat{\delta}$, kan göras. Uppskattad osäkerhet $\hat{\delta}$, bestäms av

$$\hat{\delta} = d \cdot \hat{\sigma} \quad (7.1)$$

där $\hat{\sigma}$ är en skattning av standardavvikelsen, σ , i en mätserie. Faktorn d beror på antalet mätningar (hur bra skattningen $\hat{\sigma}$ är) och mätstrategin (antalet frihetsgrader, beting, fördelning) och är vid mätning på ett drifttillstånd 1,7. Standardavvikelsen σ genereras främst av fluktuationer hos källan och meteorologin. Med standardavvikelser givna i dB fås

$$\sigma = \sqrt{\sigma_k^2 + \sigma_{in}^2} \quad (7.2)$$

där σ_k är standardavvikelse från ljudkällans fluktuation och σ_m standardavvikelse från meteorologiskt betingade fluktuationer.

I de följande avsnitten anges för olika mätsituationer och förutsättningar metoder att finna $\hat{\delta}$, en uppskattning av osäkerheten δ . Det förutsätts att mätningar görs under de mätbetingelse som anges i kapitel 5 och att mättiden, T_S , följs enligt anvisningarna i kapitel 6, d v s $T_S = 10$ minuter i regel.

Beräkning av standardavvikelse enligt nedan och naturligtvis även medelvärde kan med fördel utföras med hjälp av de standardprogram som finns på de flesta räknedosor för tekniska beräkningar.

En mätning vid ett drifttillstånd

Faktorn d antar här värdet 1,7. Skattningen av standardavvikelsen ges av

$$\hat{\delta} = \sqrt{\hat{\delta}_k^2 + \hat{\delta}_m^2} \quad (7.3)$$

där $\hat{\delta}_k$ är en skattning av ljudkällans fluktuation och $\hat{\delta}_m$ en skattning av meteorologiska betingade fluktuationer. Ur diagram 7.1 fås $\hat{\delta}_m$ för olika avstånd, r , källa - mätpunkt.

Återstår så att finna $\hat{\delta}_k$. I det fall att $\hat{\delta}_k$ kan anges konservativt i förväg, på erfarenhetsmässiga grunder eller på grund av detaljkunskap om drifttillståndet i fråga, får sådan skattning användas under förutsättning att en motivering för den konservativa skattningen lämnas.

I det fall att σ_k är fullständigt okänd görs minst 3 oberoende mätningar, mättid 10 minuter, på lämpligt kort avstånd från källan. (Avståndet bör vara kort för att ge $\sigma_m \approx 0$ och skall vara lämpligt så att ljudets sammansättning, d v s bidrag från olika källor, ej väsentligt förändrats). Oberoende mätningar erhålls i regel genom att mätningar utförs med en tidslucka på minst ett dygn. Under förutsättning att källans fluktuationer är snabba, relativt 1 timme, accepteras dock mätningar med tidslucka ner till 1 timme. Ljudkällans standardavvikelse skattas enligt

$$\hat{\sigma}_k = s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^N L_{Aeq,i}^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N L_{Aeq,i} \right)^2 \right]} \quad (7.4)$$

där N är antalet mätningar och $L_{Aeq,i}$ ekvivalent ljudnivå från mätning nummer i .

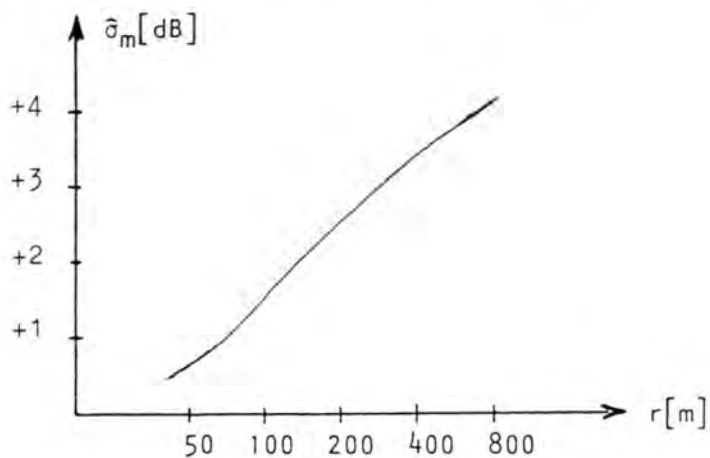


Diagram 7.1. Skattning av meteorologiskt betingad standardavvikelse som funktion av avståndet r , källa - mät punkt.

Exempel: Mätavstånd $r = 200$ m

Detta ger $\hat{\sigma}_m = 2.5$ dB

Genom tre mätningar har $\hat{\sigma}_k$ bestämts till 2 dB

Detta ger en osäkerhet på:

$$\hat{\sigma} = d \cdot \hat{\sigma} = d \cdot \sqrt{\hat{\sigma}_k^2 + \hat{\sigma}_m^2} = 1.7 \sqrt{4 + 6.25} = 5 \text{ dB}$$

Flera mätningar vid ett drifttillstånd

Genom mätningar vid flera oberoende tillfällen kan noggrannheten ökas, d v s osäkerheten minskas. Oberoende mätningar erhålles om mätningarna utförs med en tidslucka på minst ett dygn.

De oberoende mätningarnas energiriktiga medelvärde fås enligt

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{(L_{Aeq,i})/10} \right] \quad (7.5)$$

Där $L_{Aeq,i}$ är ekvivalent ljudnivå från mätning nummer i och N antalet mätningar. Standardavvikelsen $\hat{\sigma}$ uppskattas med hjälp av formel (7.4).

A. Uppskattad osäkerhet $\hat{\sigma}$ fås ur formel (7.1). I det fallet antalet mätningar är i förväg bestämt och ej påverkas av resultatet ges d av

$$d = \frac{t_N}{\sqrt{N}} \quad (7.6)$$

där t_N är utvalda värden från Student's t-fördelning motsvarande 90 % konfidensintervall som ges i tabell 7.1. Vid enkelsidig testning, dvs om man vill veta om ett värde antingen överskrids eller underskrids motsvarar siffrorna 95 % sannolikhet.

Tabell 7.1

| N | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 ≤ N ≤ 9 | 10 ≤ N ≤ 16 | N ≥ 17 |
|------------------------|-----|-----|-----|------|------|------------------------|------------------------|------------------------|
| t_N | 6.3 | 2.9 | 2.4 | 2.1 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 |
| $\frac{t_N}{\sqrt{N}}$ | 4.5 | 1.7 | 1.2 | 0.94 | 0.82 | $\frac{1.9}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.8}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.7}{\sqrt{N}}$ |

Faktorn t_N och $\frac{t_N}{\sqrt{N}}$ för $N \geq 2$.

Som framgår av tabellen minskar osäkerheten först om fyra eller fler oberoende mätningar görs i förhållande till osäkerheten vid färre mätningar där fluktuationerna hos källan bestämts med minst 3 mätningar på kort avstånd.

B. I de fall antalet mätningar ej är i förväg bestämt, dvs antal mätningar ökas från 2 till 3 etc, beroende på resultat, se sid 70.

Sammanvägning av mätningar från olika drifttillstånd

Vid beräkning av ekvivalent ljudnivå för referenstidsintervall, $L_{Aeq,R}$, med hjälp av ekvivalent ljudnivå för de förekommande drifttillstånden, $L_{Aeq,D}$, och driftstatistik gäller i enlighet med kapitel 6:

$$L_{Aeq,R} = 10 \log \left[\frac{1}{T_R} \sum_D T_{DV} \cdot 10^{(L_{Aeq,D})/10} \right] \quad (7.7)$$

där T_R är referenstidsintervall och T_{DV} verksamhetstiden för drifttillståndet i fråga. (Gäller sammanvägningen verksamhetstidsintervall ersätts T_R med T_V genomgående).

Här ges två möjligheter att uppskatta osäkerheten. En enkel grov och konservativ skattning för normalfallen, metod A. En mer förfinad skattning, metod B, redovisas på sid 71.

Metod A. Enkel grov och konservativ uppskattning

Använd den största osäkerheten från drifttillstånden i fråga om skattning av det sammanvägda resultatets osäkerhet.

Med högsta ljudnivå, L_{Amax} , avses att ge en uppfattning om kortvariga höga ljudnivåer som kan vara störande utan att de ger något väsentligt bidrag till ekvivalentnivån. När högsta ljudnivå skall användas för bedömning är det inte den högsta ljudnivå som överhuvudtaget förekommer som avses utan en statistisk beskrivning av de kortvariga höga nivåerna. Vad som avses med högsta ljudnivå skall alltså i varje enskilt fall definieras i statistiska termer.

Definitionen på högsta ljudnivå kan vara den högsta ljudnivå som förekommer

- under en viss observerad tid, t ex 10 minuter, en timme, ett dygn

- eller genomsnittsvärdet av ett visst antal högsta nivåer under en observationstid, t ex de fem (10, 50) högsta observerade värdena under fem minuter, en timme, etc
- eller genomsnittet av de högsta nivåer som noteras vid en viss företeelse (arbetsmoment, driftscykel etc, 5, 10, 50 observationer).

Högsta ljudnivå, L_{Amax} , anges vanligen som ett värde för en viss verksamhet (arbetsmoment, drifttillstånd etc) men kan också anges för en industri som helhet.

Att här uppskatta osäkerheten är ytterst vanskligt. Vid fem mätningar med minst två minuters mellanrum företas ingen uppskattning av osäkerheten.

Utförs däremot mätningarna så att ett antal oberoende grupper om vardera fem mätningar erhålles, bildas först medelvärde för varje grupp k enligt:

$$L_k = \frac{1}{5} \sum_{n=1}^5 L_{k,n} \quad (7.8)$$

där L_k är medelvärde för grupp k och $L_{k,n}$ ett enskilt L_{Amax} värde i grupp k . För att oberoende grupper av mätningar skall erhållas krävs en tidslucka mellan grupperna på minst ett dygn. De olika gruppernas medelvärden vägs samman till ett totalt medelvärde, en skattning av L_{Amax} , enligt:

$$L = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K L_k \quad (7.9)$$

där K är antalet grupper.

Standardavvikelsen skattas enligt

$$\hat{\sigma} = s = \sqrt{\frac{1}{K-1} \left[\sum_{k=1}^K L_k^2 - \frac{1}{K} \left(\sum_{k=1}^K L_k \right)^2 \right]} \quad (7.10)$$

Under förutsättning att antalet grupper är i förväg bestämt skattas osäkerheten enligt:

$$\hat{\delta} = \frac{t_K}{\sqrt{K}} \cdot \hat{\sigma} \quad (7.11)$$

där t_K är lika med t_N i tabell 7.1.

Flera mätningar vid ett drittillstånd

I det fall att antalet mätningar ökas från två till tre och slutligen till fem beroende på resultatet ges d av:

$$d = \frac{t'_N}{\sqrt{N}} \quad (7.12)$$

där t'_N , som är utvalda värden ur Student's t -fördelning som svarar mot 90 % konfidensintervall, erhålls ur tabell 7.2.

Tabell 7.2 Faktorn t'_N och $\frac{t'_N}{\sqrt{N}}$ för $N = 2, 3$ och 5 .

| N | 2 | 3 | 5 |
|-------------------------|-----|-----|-----|
| t'_N | 12 | 6 | 3.5 |
| $\frac{t'_N}{\sqrt{N}}$ | 8.5 | 3.5 | 1.6 |

Sammanvägning av mätningar från olika drifttillstånd

Metod B. Förfinad uppskattning - energiekvivalent (e)

Antalet mätningar förutsätts här vara i förväg bestämt. Beräkna först $s_{k,e}$ för varje drifttillstånd k enligt:

$$s_{k,e}^2 = \frac{1}{N_k - 1} \left[\sum_{i=1}^{N_k} (10^{(L_{i,k})/10})^2 - \frac{1}{N_k} \left(\sum_{i=1}^{N_k} 10^{(L_{i,k})/10} \right)^2 \right] \quad (7.13)$$

där $L_{i,k}$ är ekvivalent ljudnivå från i :te av totalt N_k mätningar på drifttillstånd k .

Om för något eller några drifttillstånd endast en mätning gjorts uppskattas $s_{k,e}$ för detta (dessa) tillstånd enligt:

$$s_{k,e} = 10^{(L_k + \hat{\sigma})/10} - 10^{(L_k)/10} \quad (7.14)$$

där L_k är uppmätt energiekvivalent ljudnivå och $\hat{\sigma}$ skattad standardavvikelse för mätningen i fråga.

Standardavvikelsen, energiekvivalent, för det sammanvägda resultatet, s_e , uppskattas ur:

$$s_e^2 = \sum_{k=1}^K \left(\frac{T_{DV,k}}{T_R} \right)^2 \frac{1}{N_k} s_{k,e}^2 \quad (7.15)$$

där $T_{DV,k}$ är verksamhetstiden för drifttillståndet k av totalt K stycken.

Uppskattad osäkerhet, energiekvivalent, ges av

$$\hat{\delta}_e = t_{N'} \cdot s_e \quad (7.16)$$

där $t_{N'}$, fås ur tabell 7.1 och N' antingen enkelt och konservativt ur

$$N' = \min_{1 \leq k \leq K} (N_k) \quad (7.17)$$

eller ur

$$N' = \frac{1}{T_R \cdot 10^{(L_{Aeq,R})/10}} \cdot \sum_{k=1}^K N_k \cdot T_{DV,k} \cdot 10^{(L_k)/10} \quad (7.18)$$

Uppskattad osäkerhet, $\hat{\delta}$, i dB fås enligt

$$\hat{\delta} = 10 \log(10^{(L_{Aeq,R})/10} + \hat{\delta}_e) - L_{Aeq,R} \quad (7.19)$$

Korrigerig med avseende på bakgrundsnivå

Då bakgrundsljudet kan bestämmas (exempelvis avstängning av industrin) kan metoderna som anges i punkt 1 och 2 användas för att beräkna industrins bidrag. Då bakgrundsljudet ej kan bestämmas kan närmätningar utföras och omräkning till aktuell immissionspunkt företas enligt punkt 3.

1. Ekvivalent ljudnivå L_{Aeq}

Vid bestämning av ekvivalent ljudnivå från källan (verksamheten), $L_{Aeq,K}$, i mottagarpunkten behandlas detta i princip enligt nedan tre angivna fall.

Följande ljudnivåer har bestämts:

$L_{Aeq,M}$ = Uppmätt ekvivalent ljudnivå i immissionspunkten från källan inklusive bakgrundsljudet

$L_{Aeq,B}$ = Uppmätt eller beräknad ekvivalent ljudnivå för bakgrundskällan

Ekvivalent ljudnivå för verksamheten, $L_{Aeq,K}$ bestäms enligt:

$$1) L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} > 10 \text{ dBA:}$$

$$L_{Aeq,K} = L_{Aeq,M}$$

Felet som uppstår genom antagande att $L_{Aeq,K} = L_{Aeq,M}$ är mindre än 0,5 dB

$$2) 3 \text{ dBA} \leq L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} < 10 \text{ dBA:}$$

$$L_{Aeq,K} = 10 \log \left[10^{(L_{Aeq,M})/10} - 10^{(L_{Aeq,B})/10} \right]$$

Diagrammet enligt nedan kan även användas för att bestämma $L_{Aeq,K}$

$$3) L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} < 3 \text{ dBA: Ny mätning}$$

$L_{Aeq,K}$ kan inte bestämmas med tillräcklig noggrannhet. Mätningen

bör företas vid annan tidpunkt. $L_{Aeq,K}$ kan även bestämmas utgående från mer avancerade mätningar eller beräkningar, bl a baserad på närmätningar enligt punkt 3.

Beräknings exempel

$$L_{Aeq,K} = ?$$

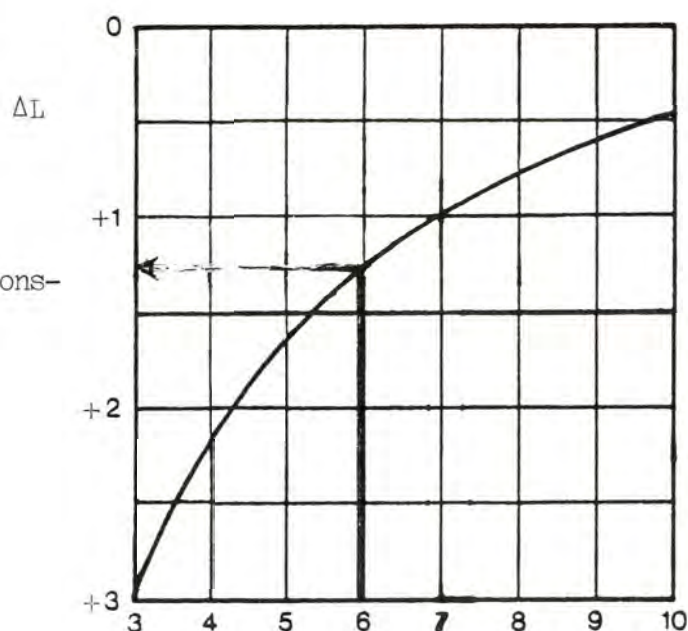
$$L_{Aeq,M} = 46 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,B} = 40 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,K} = 10 \log (10^{4,6} - 10^{4,0}) = 44,7 \approx 45 \text{ dBA}$$

Ekvivalent ljudnivå från källan är således 45 dBA.

I nedanstående diagram är ingångsvärdet skillnaden mellan uppmätt total ljudnivå ($L_{Aeq,M}$) och bakgrundsljudnivån ($L_{Aeq,B}$). Ur diagrammet erhålles L vilket skall dras ifrån totalt uppmätt ljudnivå ($L_{Aeq,M}$) för att erhålla ekvivalent ljudnivå för verksamheten ($L_{Aeq,K}$).



Figur 1.
Beräkning av korrektionsfaktor ΔL

Skillnad mellan totalnivå och bakgrundsnivå: $L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B}$ eller
 $L_{Amax,M} - L_{A,B}$

Beräkningsexempel som ovan

$$L_{Aeq,M} - L_{Aeq,B} = 6 \text{ dBA}$$

$$\text{Detta ger } \Delta L = 1,3 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,K} = 46 - 1,3 = 44,7 \text{ dvs ca } 45 \text{ dBA}$$

Ovanstående exempel avser förhållanden då källan/verksamhetens ljudnivå ($L_{Aeq,K}$) är högre än bakgrundsnivån ($L_{Aeq,B}$). Vid omvänt förhållande bör annan mätpunkt väljas.

2. Högsta ljudnivå, L_{Amax}

Korrektion av mätning av högsta ljudnivå, L_{Amax} för den A-vägda ljudtrycksnivån sker på i princip samma sätt som för ekvivalent ljudnivå.

En sådan korrektion är med säkert underlag endast möjlig att genomföra då bakgrundsljudet ej fluktuerar. Om bakgrundsljudet fluktuerar kan man ofta genomföra mätningen av L_{Amax} vid en tidpunkt då bakgrundsljudets inverkan på uppmätt L_{Amax} är ringa.

Följande ljudnivåer är bestämda:

$L_{Amax,M}$ = maximal ljudnivå i mottagarpunkten

$L_{A,B}$ = A-vägd ljudtrycksnivå för bakgrundsljudet under den tidpunkt när $L_{Amax,M}$ bestäms

$L_{Amax,K}$ för källan (verksamheten) bestäms enligt:

$$L_{Amax,K} = 10 \log \left[10^{(L_{Amax,K})/10} - 10^{(L_{A,B})/10} \right]$$

$L_{Amax,K}$ bestäms på likartat sätt som $L_{Aeq,K}$ enligt punkt 1 för förhållandet mellan $L_{Amax,M}$ och $L_{A,B}$. Diagrammet, figur 1 sid 8(2) kan även användas.

Då bakgrundsljudet är stationärt kan uttrycket eller diagrammet användas direkt. Vid fluktuerande bakgrundsljud är det problem att bestämma $L_{A,B}$ under den tid $L_{Amax,M}$ förekommer. En sådan bestämning kan även baseras på iakttagelser under mätningen.

Eventuellt kan även mätningar eller iakttagelser i kringliggande områden användas.

3. Beräkning av ljudnivå

Vid högt bakgrundsljud eller då bakgrundsljudet ej kan bestämmas kan närmätningar utföras av källan (industrin) och en omräkning till aktuell immissionspunkt företas. Vid mätningarna skall källan kunna betraktas som punktkälla (se Appendix 4) och mätningarna kan utföras för korta avstånd enligt kapitel 5. Som underlag vid beräkning av ljudnivån bör även oktavbandsmätningar ha utförts.

En metod för beräkning av externt industribuller håller på att tas fram genom det nordiska samarbetet. Även framtagandet av olika referensmätsystem pågår vilka bl a kommer att kunna användas vid högt bakgrundsljud.

Objektiv metod för mätning av toner

Frekvensanalys

Frekvensanalys kan utföras med antingen digital eller analog frekvensanalysutrustning avsedd för smalbandsanalys.

Analys med digital utrustning

Vid användning av digital frekvensanalysutrustning är det som regel lämpligt att använda följande bandbredder:

| | | |
|-----------------|---------|----------|
| Frekvensområde | 0-2 kHz | 2-20 kHz |
| Analysbandbredd | ca 7 Hz | ca 70 Hz |

Analys med analog utrustning

Vid användning av analog frekvensanalysutrustning är det som regel lämpligt att först göra en orienterande analys med följande bandbredder:

| | | | |
|-----------------|----------|-----------|------------|
| Frekvensområde | 20-63 Hz | 63-200 Hz | 0,2-20 kHz |
| Analysbandbredd | 23% | 10% | 3% |

Vid analys med konstant absolut bandbredd:

| | | | |
|-----------------|-----------|-------------|----------|
| Frekvensområde | 20-500 Hz | 500-2000 Hz | 2-20 kHz |
| Analysbandbredd | 10 Hz | 30 Hz | 100 Hz |

Efter denna orienterande analys utförs - om så anses lämpligt och när de angivna bandbredderna inte ger tillräcklig upplösning för att de diskreta tonerna skall kunna urskiljas mot bakgrunden - en detaljanalys med en bandbredd på 1% (under 200 Hz eventuellt 3% omkring den/de aktuella tonen/tonerna).

Bestämning av ljudtrycksnivån för toner och
övrigt buller

Resultatet av frekvensanalysen är ett frekvensspektrum. Av detta frekvensspektrum skall ljudtrycksnivån hos tonerna bestämmas. Vidare skall ljudtrycksnivån hos det övriga bullret inom ett så kallat kritiskt band innehållande den/de kraftigaste tonen/tonerna bestämmas. Den kritiska bandbredden definieras i detta sammanhang som frekvensband med följande bandbredder.

| | | |
|---------------------------|-----------|---------------------|
| Mittfrekvens $f_{c,krit}$ | 20-500 Hz | Över 500 Hz |
| Bandbredd, kritiskt band | 100 Hz | 20% av $f_{c,krit}$ |

Det kritiska bandet, inom vilket det övriga bullret skall bestämmas, placeras normalt symmetriskt kring tonens frekvens.

Förekommer det flera - i frekvens närliggande - toner placeras det kritiska bandet så att så många toner som möjligt omfattas.

Ljudtrycksnivå för tonerna

Ljudtrycksnivån hos en ton avläses i frekvensspektrum. Om det förekommer flera toner inom ett och samma band skall den summerade ljudtrycksnivån för samtliga toner inom bandet avläses.

Om ljudtrycksnivån för en ton varierar (om det är fråga om en sk amplitudmodulerad ton), anses ljudtrycksnivån för tonen vara den som oftast förekommer. Man skall mäta med en integrationstid som är kortare än fluktuationernas periodtid.

Ljudtrycksnivån för övrigt buller

Med utgångspunkt från frekvensspektrum skall också ljudtrycksnivån av det övriga bullret inom det kritiska bandet utan tonen bestämmas. Ljudtrycksnivån för det övriga bullret är normalt beroende av frekvensen.

Medelvärdet av ljudtrycksnivån inom det aktuella kritiska bandet erhålls genom visuell avläsning av frekvensspektrum. Man bortser därvid från de maximalvärden som beror på förekomsten av toner.

Det avlästa värdet utgör ljudtrycksnivån inom det frekvensband som motsvarar den vid analysen använda bandbredden. Ljudtrycksnivån, $L_{p,krit,band}$, för bullret i det aktuella kritiska bandet bestäms med hjälp av följande uttryck:

$$L_{p,krit,band} = L_{p,medel} + 10 \log \frac{\text{kritisk bandbredd}}{\text{analysbandbredd}}$$

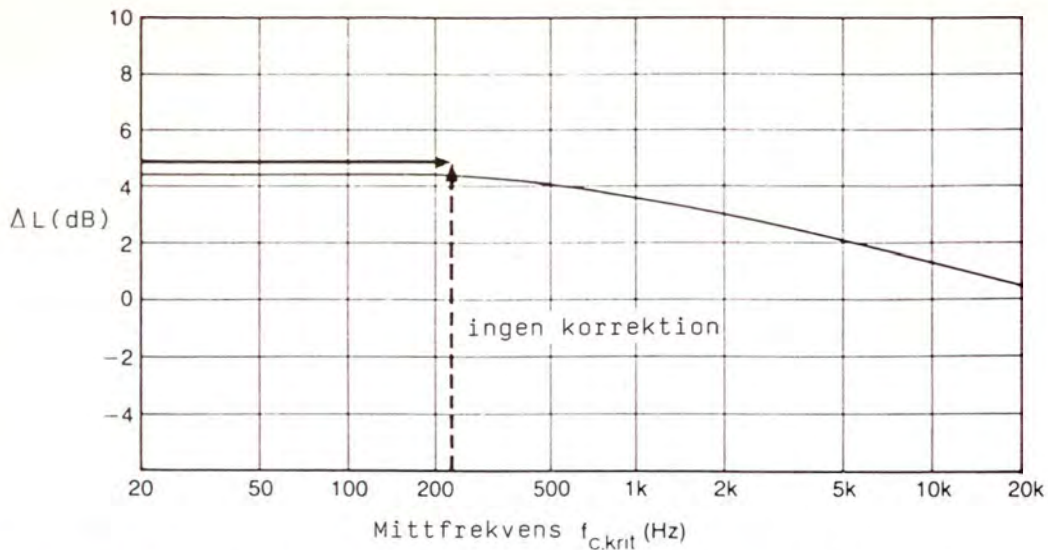
Kriterium för att bestämma tillägg

Med utgångspunkt från ljudtrycksnivåerna för toner och övrigt buller bestäms en differens, ΔL , definierad som

$$\Delta L = L_{p,ton} - L_{p,krit,band}$$

$L_{p,ton}$ och $L_{p,krit,band}$ är ljudtrycksnivåerna för tonen respektive övrigt buller i det aktuella kritiska bandet med mittfrekvens f_c . ΔL är ett mått på tonens styrka i förhållande till övrigt buller.

I figur 9.1 uppsöker man den punkt som motsvarar frekvensen f_c och differensen ΔL . Om denna punkt ligger på eller över kriteriekurvan i figuren skall rena toner anses förekomma, ligger den under kurvan skall mätresultatet inte korrigeras.



Figur 9.1 Kriteriekurva för korrektion för toninnehållet i buller

Exempel

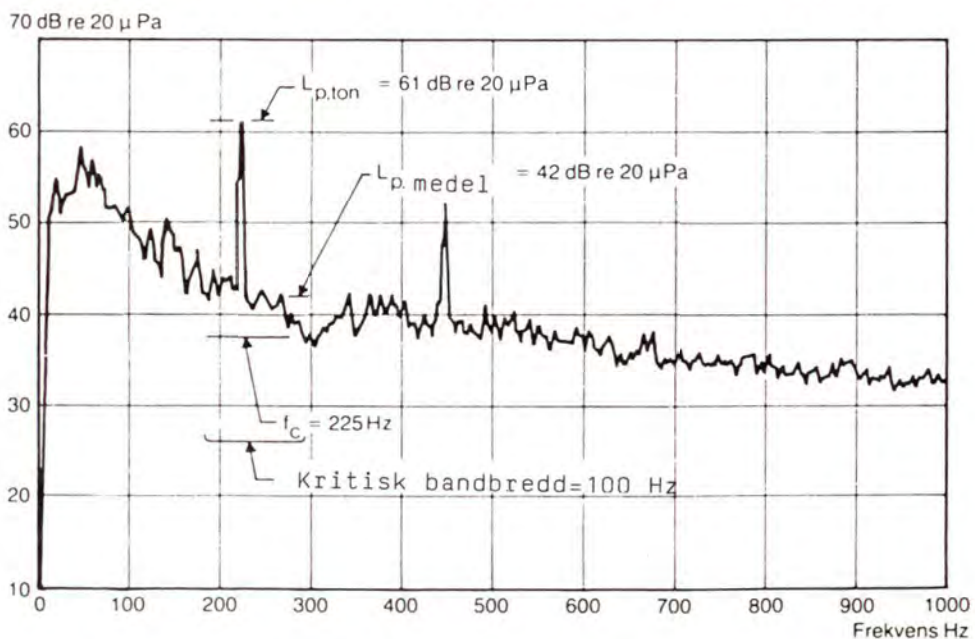
Figur 9.2 visar resultatet av en frekvensanalys av ett buller. Av figuren framgår att

$$L_{p,ton} = 61 \text{ dB} \quad L_{p,medel} = 42 \text{ dB}$$

Av detta beräknas

$$L_{p,krit,band} = 42 + 10 \log \frac{100}{3,6} = 56,4 \text{ dB}$$

ΔL är alltså 4,6 dB och motsvarande punkt i figur 9.1 faller alltså något över kriteriekurvan. Mätresultatet skall alltså korrigeras för förekomst av rena toner.



Figur 9.2 Exempel på tillvägagångssättet vid objektiv mätning av toninnehåll i buller. Bandbredd 3,6 Hz, integrationstid 51 s, antal spektra 128.

Beskrivning - Protokoll - Rapportering

Beskrivning

Ur beskrivningen av objektet bör framgå:

Driftsförhållande

- Verksamhetens namn, kontaktpersoner, adress och telefonnummer.
- Verksamhetens läge, olika delkällors placering och höjd över mark, lokalisering av skärmar etc. Redovisas på kartor.
- Verksamhetsperioder i hela dags-, kvälls- eller nattperioder eller delar därav.
- Delverksamheters drifttid samt tid på dygnet.
- Förväntade källor med höga momentana ljudnivåer (L_{Amax}) och hörbara toner.
- Har klagomål förekommit bör detta anges.

Områdesbeskrivning, redovisas på karta

- Närliggande områdestyper; bostäder, fritidsområden, skolor etc.
- Närmsta bostäder och bostadsområden samt planerade och förväntade sådana.

- Markbeskrivning; topografi (höjder, dalgångar etc), markyta, skog, naturliga skärmar etc i olika riktningar kring industrin.
- Förhärskande vindriktning.

Bakgrundsstörning

- Kringliggande källor som påverkar ljudnivån i de olika områdeskategorierna.
- Beräkning av exempelvis vägtrafikbuller.
- Förväntad bakgrundsstörning i mätpunkten.

Mätprotokoll

Mätplats

- Beskrivning av mätpunkten (karta, foto e dyl) i förhållande till verksamheten (avstånd, norrpil etc). Angiv om mätningen är +0 dB-mätning (frifältsmätning) + 3 dB-mätning eller + 6 dB-mätning. Avstånd till reflekterande föremål bör anges.
- Markytans beskaffenhet (snötäcke, sädesfält, plöjd åker, häckar, enstaka träd etc) vid och kring mätplatsen.

Meteorologi

- Mäthöjder för meteorologiska parametrar samt mättider (ange om tiden avser normalt看 eller sommartid).

- Vindhastighet, vindhastighetsgradient.
- Medelvindriktning.
- Temperaturgradient.
- Lufttemperatur, lufttryck och relativ luftfuktighet.
- Vid bedömning av gradientförhållande enligt SNV PM 1388 ange: molnförekomst, solhöjder, rökplymers utseende, lufttemperatur samt tid på dygnet.

Mätning

- L_{Aeq} under mättidsintervallen, T_S , för olika drifttidsintervall, T_D .
- L_{Aeq} för olika drifttidsintervall.
- Ange cykliska drifttillstånd.
- L_{Amax} för olika drifttillstånd.
- Bakgrundsljudnivåer och typ av källa.
- Ljudets karaktär under drifttillståndet toner, impulsartat ljud, dominerande frekvens.
- Mätinstrument; typ enligt IEC Standard, fabrikat, kalibreringsprocedur.
- Mikrofonhöjder samt vindhastighet i mikrofonhöjd.

Rapportering

L_{Aeq} för olika: drifttidsintervall
verksamhetstidsintervall
referenstidsintervall (dag, kväll
eller natt)

L_{Amax} för aktuella källor (tid på dygnet).

Bakgrundsljudnivåer för aktuella tidsintervall.

Osäkerhet i mätresultatet, medelnivå + osäkerhet
anges.

