

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og forslag til bestemmelse af genetillæggets størrelse

Orientering nr. 32

Torben Holm Pedersen/JK/lm

2001-04-06

- **NY METODE KAN MÅLE IMPULSSTØJ**
- **EN IMPULS ER DEN BRATTE BEGYNDELSE AF EN LYD**
- **METODEN KAN BRUGES TIL STØTTE FOR SUBJEKTIV VURDERING OG TIL DOKUMENTATION I RAPPORTER**
- **MÅLINGER KAN UDFØRES MED ALMINDELIGT Udstyr (DIGITALT ELLER ANALOGT)**

Indhold

Indledning	2
Definition af impulslyd	3
Om målemetoden	3
NORDTEST metode?	4
Om brug af metoden ved støjmålinger	4
1. Introduktion	5
2. Definitioner	5
3. Målinger	7
4. Beregnet tydelighed P	9
5. Tillæg til L_{Aeq}	9
6. Ubestemthed	10
7. Dokumentation	10
8. Eksempler	11
9. Referencer	12

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger
c/o DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik – Bygning 356 – Akademivej – 2800 Kgs. Lyngby
Tlf.: 45 93 12 11 – Fax: 45 93 19 90 – www.delta.dk/reflab

Indledning

Støj med tydeligt hørbare impulser opfattes som mere generende end tilsvarende støj uden impulser. For at kompensere for den ekstra gene gives et tillæg til de målte støjniveauer (L_{Aeq} -værdier). Det fremgår af Afsnit 9.8.2 i Miljøstyrelsens vejledning om ekstern støj fra virksomheder nr. 5/1984 [1], at tillægget gives på grundlag af en subjektiv vurdering. Da der hverken er givet en definition af impulsbegrebet (kun 5 eksempler på kilder, som giver impulser) eller angivelser af, hvor tydeligt impulserne skal høres, eller hvor hyppigt de skal forekomme, før tillægget gives, er der betydelig usikkerhed om administrationen af impulstillægget.

Denne usikkerhed fremgik af den 7. sammenlignende støjmåling [2], hvori der indgik en række støjeksempler, som deltagerne skulle aflytte, og derpå afgøre, om der efter deres opfattelse skulle gives impulstillæg. Resultaterne viste for de fleste støjeksempler betydelig spredning mellem laboratoriernes vurdering. I omkring halvdelen af eksemplerne valgte halvdelen af laboratorierne at give tillæg, mens den anden halvdel ikke fandt grundlag for et impulstillæg. Havde der været tale om konkrete støjsager, ville det i disse tilfælde være helt tilfældigt, om der blev givet impulstillæg eller ej. Denne situation er uholdbar.

Miljøstyrelsen iværksatte derfor et projekt, som ud fra en litteraturgennemgang og en fastlæggelse af det psykoakustiske grundlag skulle udarbejde en objektiv målemetode, som var i overensstemmelse med gennemsnittet af subjektive vurderinger, og som var til at bruge for de godkendte laboratorier med almindeligt måleudstyr.

For en nærmere beskrivelse af baggrund, arbejdsmetode, forsøgsresultater m.m. henvises til rapporten [3], som findes på Internettet. Her kan man i Afsnit 15 (Bilag: Lydeksempler), høre eksempler på de lyde, der blev brugt ved lytteforsøgene, som var basis for udarbejdelsen af metoden. Arbejdet er desuden omtalt i en kort artikel på engelsk [4] og i mere populær form i en projektartikel [5].

Det vurderes, at en væsentlig grund til, at det er lykkedes at nå frem til en målemetode, er, at der ved lytteforsøgene blev skelnet mellem den ”objektive” konstatering af impulsernes tydelighed og den subjektive vurdering af, hvor generende impulserne opleves. Tydeligheden er en objektiv parameter i den forstand, at den ikke involverer følelser og holdninger. Den kan måles med et lyttepanel eller ved en passende akustisk analyse. Tydeligheden er derfor et attraktivt mellemresultat for fastsættelsen af et tillæg for den ekstra gene, som impulserne giver anledning til.

Når man skal benytte et menneske som måleinstrument til ”objektive” målinger, er det vigtigt, at de størrelser, der skal vurderes, er klart defineret. Derfor var det nødvendigt at starte med en definition af impulsbegrebet. Da forsøgspersonerne, som både var eksperter og ”almindelige” mennesker, gav ensartede svar ved lytteforsøgene, konkluderes det, at den benyttede definition kan fungere i praksis, og den gengives derfor her:

Definition af impulslyd

Impulslyd defineres som følger:

Impulslyd er den bratte begyndelse af lyde med kortere eller længere varighed. Når den pludselige ansats skiller sig klart ud fra det generelle støjbillede - dvs. den mere jævne del af støjen, herunder baggrundsstøjen - karakteriseres impulslyden som tydeligt hørbar.

Impulslyde er karakteristiske ved, at:

- de starter brat,
- de kan have højere maksimalniveauer end jævn støj uden at bidrage væsentligt til L_{Aeq} ,
- de bemærkes mere end anden støj (uden impulser eller toner),
- de gør støjen karakteristisk, hvilket kan betyde, at støjkilden lettere identificeres.

Dette kan konkluderes i følgende korte definition:

En impuls er den bratte begyndelse af en lyd

Det skal understreges, at det altså ikke er lyden som helhed, der karakteriseres som en impuls, men kun dens evt. bratte begyndelse. Tilsvarende gives tillægget ud fra en vurdering/måling af den bratte begyndelse. Impulslyd karakteriseres således alene ved lydets karakter og tydelighed og ikke ved støjkildens art.

Med den ovenfor anførte definition som udgangspunkt for lytteforsøgene kunne målemetodens fysiske mål for impulsernes tydelighed forklare 73% af variansen i resultaterne. Dette er en høj andel af forklaret varians i sådanne forsøg.

Om målemetoden

Som det er tilfældet med den objektive metode for hørbare toner i støj (se Orientering fra Referencelaboratoriet nr. 31), benytter målemetoden for impulser sig også af en opdeling, hvor der først udføres en fysisk måling af impulsernes tydelighed, som dernæst omregnes til en værdi for genetillæggets størrelse.

Grunden til denne opdeling er, at støjkildens art (f.eks. industri, anlægsvirksomhed, våben ...) har betydning, når genevirkningen vurderes. Samme støjniveau (eller tydelighed hos ”modtageren”, immissionspunktet) fra forskellige typer af støjklender giver ikke nødvendigvis anledning til samme gene. Det kan derfor være relevant med forskellige tillæg for forskellige kategorier af støjklender.

Det kan måske undre, at antallet af impulser ikke er en parameter i målemetoden. Forklaringen er, at der ikke i litteraturen er fundet belæg for dette, og at lytteforsøgene absolut ingen sammenhæng viste med antallet af impulser, hverken med tydelighed eller med laboratoriemålt gene.

NORDTEST metode?

Ideelt set skal målemetoden give samme resultater, når forskellige laboratorier bruger metoden (med forskellige måleteknikker og måske også med forskellige fortolkninger) på den samme støj, metoden skal være robust. Metoden blev præcist formuleret i et NORDTEST projekt, hvorefter den blev afprøvet med en række støjeksempler af et laboratorium i hvert af de fire nordiske lande. Ved denne afprøvning var den gennemsnitlige standardafvigelse 0,5 dB på impulstillægget K_I , hvilket må siges at være acceptabelt. Metoden udsendes til høring som forslag til NORDTEST metode. Afprøvningen af metoden er beskrevet i [6]. Den beskrivelse af målemetoden, som findes i denne orientering er en dansk udgave af NORDTEST metodeforslaget.

Om brug af metoden ved støjmålinger

For både impulser og toner gælder, at tydeligheden afhænger af støjilden, dens driftstilstand, afstanden og udbredelsesvejen mellem kilde og modtager samt baggrundsstøjniveauet. Måling og vurdering af tydeligheden skal derfor ske i immissionspunkterne under forhold med lav baggrundsstøj. Det vil i praksis sige i perioder, hvor baggrundsstøjklender, som kan lokaliseres ved lytning (identificerbare baggrundstøjklender), ikke bidrager til baggrundsstøjen.

Når der forekommer impulser i forbindelse med støjsager, anbefales det at karakterisere impulserne ved tydeligheden P og evt. også at angive størrelsen K_I (se målemetoden) som et supplement og støtte til den subjektive vurdering. Dette vil kunne medvirke til ensartet sagsbehandling og desuden give et værdifuldt erfaringsgrundlag. Referencelaboratoriet er meget interesseret i at høre om praktiske erfaringer med metoden.

Miljøstyrelsens vejledninger om ekstern støj nr. 5 og 6 fra 1984 giver hverken mulighed for et graderet impulstillæg K_I eller for korrektion af L_{Aeq} på halvtimes basis, som det foreslås i målemetoden.

Indtil den foreslåede metode er gennemprøvet i praksis og evt. kommer til at indgå i en revideret vejledning fra Miljøstyrelsen, anbefales det at overveje at give 5 dB-tillægget, når $K_I > 3$ dB, og når impulserne er karakteristiske for driften.

Det skal præciseres, at Miljøstyrelsen ikke har taget stilling til brug af målemetoden, herunder specielt den del af metoden, der vedrører impulstillægget K_I .

Forslag til NORDTEST metode

Objektiv målemetode for tydelighed af impulser i støj og forslag til tildeling af impulstillæg

1. Introduktion

Denne metode giver et objektivi mål for tydeligheden af impulser i støjen i et immissionspunkt. Hensigten er at bestemme tydeligheden af impulser i overensstemmelse med gennemsnitlige subjektive vurderinger. Med udgangspunkt i tydeligheden P bestemmes et gradueret impulstillæg K_I til det målte L_{Aeq} , som skal kompensere for den ekstra gene, som impulserne giver anledning til.

Tillægget til L_{Aeq} for impulser afhænger af, hvor tydeligt impulserne høres gemmen den kontinuerede del af støjen, herunder baggrundsstøjen.

2. Definitioner

Lydtrykniveauer, L_{pAF} , i definitionerne er A-vægtede lydtrykniveauer med tidsvægtning F .

2.1 Impuls

En impuls er den bratte begyndelse af en lyd.

Note: Det er altså ikke lyden som helhed, der karakteriseres som en impuls, men kun dens evt. bratte begyndelse. ”Brat” har basis i en lyttmæssig vurdering, som kommer til udtryk i måletekniske termer i denne metode.

Karakteren og tydeligheden af en impuls i immissionspunktet afhænger af karakteren af den udsendte lyd, afstanden og udbredelsesvejen mellem kilde og modtager samt baggrundsstøjen. Impulslyd karakteriseres ud fra lydets ansats uafhængigt af støjkindens art.

2.2 Ansats

I denne metode defineres ansatsen af en lyd som den del af den positive hældning af tidshistorien for L_{pAF} , hvor gradienten overstiger 10 dB/s, se Figur 1.

Ansatsens startpunkt er det punkt, hvor gradienten først overstiger 10 dB/s. Ansatsens endepunkt er det første punkt efter startpunktet, hvor gradienten aftager til mindre end 10 dB/s. Der ses bort fra uregelmæssigheder (på ansatsen) kortere end 50 ms.

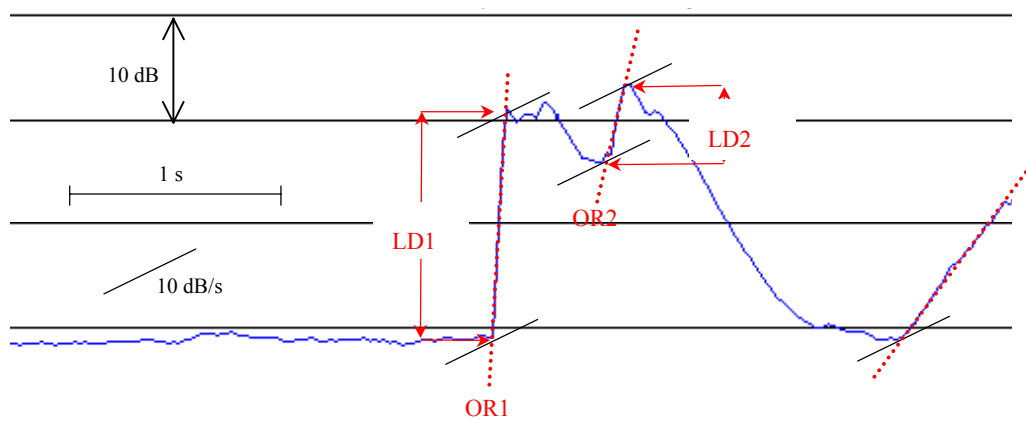
2.3 Niveaudifferens

Niveaudifferensen af en impuls er forskellen i dB mellem L_{pAF} ved ansatsens endepunkt L_e og startpunktet L_s .

2.4 Stejlhed

Stejlheden er hældningen i dB/s af den rette linie, som giver den bedste tilnærmelse til ansatsen.

Note: For passager - af f.eks. biler, tog eller fly - skal stejlheden bestemmes ud fra niveauområdet fra $L_e - (L_e - L_s)/2$ til L_e .



Figur 1

Tidshistorien (niveauregistrering) af det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F. Figuren illustrerer ansatsen (OR: onset rate) og niveaudifferensen (LD: level difference) for de to tydeligste impulser. Gradienter på 10 dB/s er indikeret med korte liniestykker.

2.5 Tydelighed P

Tydeligheden P (eng.: prominence) er et objektivi målt for, hvor tydeligt impulser i gennemsnit opfattes på baggrund af den mere jævne del af støjen, herunder baggrundsstøjen. P er ubenævnt og har i praksis en størrelse på mellem 0 og ca. 15.

2.6 Tillæg K_I

K_I er et tillæg, som gives til det målte L_{Aeq} for at få et mere korrekt udtryk for genen af støj med impulser. Tillægget er graderet efter impulsernes tydelighed og har enheden dB. Efter nærværende forslag gives tillægget på $\frac{1}{2}$ -times basis.

3. Målinger

Målinger skal udføres på grundlag af L_{pAF} , det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F. Det elektriske baggrundsstøjniveau i måleopstillingen skal være mindst 10 dB lavere end det akustiske baggrundsstøjniveau. Specielt skal det sikres, at målesystemet ikke overstyres under målingerne.

Målingerne kan udføres med enten digitale eller analoge metoder eller en kombination af disse.

3.1 Digital registrering og signalbehandling

Det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F skal samples med tidsintervaller i området 10 ms til 25 ms. Målinger udført på basis af korttids L_{eq} -værdier (f.eks. 10 ms) skal tilnærmes (f.eks. ved beregning) til tidsvægtning F, før aflæsningerne foretages.

Note: Målinger baseret på en serie korttids L_{eq} -værdier kan konverteres til en serie L_{pAF} -værdier ved hjælp af følgende formel:

$$L_{pAF,n} = 10 \cdot \log \left[\left(\left(\frac{\tau}{\Delta t} - 1 \right) \cdot 10^{\frac{L_{pAF,n-1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,n}}{10}} \right) / \left(\frac{\tau}{\Delta t} \right) \right]$$

$L_{Aeq,n}$ Korttids L_{Aeq} -værdi nr. n

$L_{pAF,n}$ Det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F til tidspunktet for L_{Aeq} -værdi nr. n

τ Tidsvægtningens tidskonstanten. For F: $\tau = 125$ ms

Δt Tiden mellem L_{Aeq} -værdierne (og integrationstiden for disse)

log titalslogaritmen

Ud fra en serie af lydtrykniveauer med tidsvægtning F, $L_{pAF,n}$, defineres ansatsens startpunkt s og endepunkt e ud fra følgende procedure 1) til 4). De brugte symboler er defineret efter proceduren.

1) Startpunktet s er det første punkt, hvorefter hældningen overstiger 10 dB/s:

$$L_{s+1} - L_s > \frac{10}{f} \left[\frac{\text{dB/s}}{1/s} \right]$$

2) Endepunktet e er det første punkt efter startpunktet, hvorefter hældningen er mindre end 10 dB/s:

$$L_{e+1} - L_e < \frac{10}{f} \left[\frac{\text{dB/s}}{1/s} \right]$$

- 3) Et nyt startpunkt opstår, når betingelse 1) atter opfyldes.
- 4) Hvis et nyt startpunkt s_1 opstår inden for en periode på 50 ms efter endepunktet e , skal endepunktet e og startpunktet s_1 negligeres, hvis følgende betingelser er opfyldt:

$$(L_{e1} - L_e) / (t_{e1} - t_e) > 10 \text{ dB/s} \text{ og } (L_{s1} - L_s) / (t_{s1} - t_s) > 10 \text{ dB/s}$$

e_1 er endepunktet efter det nye startpunkt s_1 . Hvis punkt e negligeres, overtager punkt e_1 navnet e .

$s+1$ betegner punktet en sample efter punkt s . L_s er niveauet af punkt s , og t_s er tidspunktet for samplingen s . L_e er niveauet af punkt e , og t_e er tidspunktet for samplingen osv. f er sampling-frekvensen i Hz.

For hver ansats bestemmes niveaudifferensen som $L_e - L_s$. Stejlheden findes ud fra ”mindste kvadraters metode” (lineær regression) af punkterne fra s til e (incl.).

Noter:

- 1) For passager af køretøjer, fly ... skal stejlheden bestemmes over niveauområdet fra $L_e - (L_e - L_s)/2$ til L_e .
- 2) I nogle målesystemer kan stejlheden bestemmes ud fra de F-vægtede samples som $-60/T$, hvor T er ”efterklangstiden” målt direkte på lydets ansats. Andre systemer kræver, at sampleværdierne endevendes (baglæns sampling), før en sådan måling (nu på bagflanken) kan udføres.

3.2 Analog registrering

Ved analog registrering skal man sikre sig, at den vertikale hastighed (niveauændringen) bestemmes af tidsvægtningen og ikke begrænses af skrivesystemet. Ved registrering i sand tid kræves en skrivehastighed på mindst 1000 dB/s.

Ved visuel aflæsning af stejlheden ud fra en niveauregistrering skal den horisontale hastighed (tiden) være tilstrækkelig til at sikre tilfredsstillende nøjagtighed af gradienten af ansatsen. En hældning på omkring 45° anbefales.

Ved tilnærmelse af ansatsen til en ret linie indikerer uregelmæssigheder kortere end 50 ms på den generelt voksende kurve ikke starten på en ny ansats.

4. Beregnet tydelighed P

I perioder på hver en halv time udvælges et antal impulser med de tilsyneladende største stejkheder og niveaudifferenser. Hvis støjens varighed er mindre end en halv time, udvælges impulser fra hele perioden. For hver af de udvalgte impulser beregnes tydeligheden, P, af:

$$P = 3 \cdot \log(\text{stejlhed}/[\text{dB/s}]) + 2 \cdot \log(\text{niveaudifferens}/[\text{dB}]) \quad (1)$$

hvor niveaudifferensen i dB og stejkheden i dB/s er defineret i Afsnit 2.3 og 2.4. Impulsen med den højeste værdi af P i den pågældende halve time giver det endelige resultat for denne halve time.

Note: Den generelle form af udtrykket (1): $P = k_1 \cdot \log(\text{onset rate}) + k_2 \cdot \log(\text{level difference})$. Konstanterne k_1 og k_2 er bestemt ud fra resultater af lytteforsøg. Desuden er det taget i betragtning, at forholdet mellem P for meget pludselige og kraftige impulser og P for langsomme niveauændringer skal være stort. P er designet til at give en maksimal værdi på ca. 15. Med konstanterne, som de er givet i (1), forklarer den beregnede tydelighed 73% af variansen af resultaterne i de lytteforsøg, der ligger til grund for metoden.

5. Tillæg til L_{Aeq}

For lyde med stejkheder over 10 dB/s, bestemmes impulstillægget K_I ud fra den beregnede tydelighed P som:

$$K_I = 1,8 \cdot (P - 5), \text{ for } P > 5, \quad K_I = 0 \text{ for } P \leq 5 \quad (2)$$

Det foreslås, at tillægget gives til $L_{Aeq,30\text{min}}$ på basis af hændelsen med den højeste værdi af P inden for 30-minutters perioden.

Noter:

- 1) Støjbelastningen $L_{Ar,T}$ i referencetidsrummet over T i relation til impulsindholdet i støjen bestemmes af:

$$L_{Ar,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_N \Delta t_N 10^{\frac{L_{Aeq,N} + K_{I,N}}{10}} \right)$$

T er længden af referencetidsrummet [s]

Δt_N er længden af måletidsrummene [1800 s]

$L_{Aeq,N}$ er det ækvivalente lydtrykkniveau i måletidsrummene Δt_N

$K_{I,N}$ er tillægget til $L_{Aeq,N}$

- 2) Den generelle form af (2) er: $K_1 = k_3 \cdot (P - k_4)$, for $P > k_4$, $K_1 = 0$ for $P \leq k_4$. Konstanterne k_3 fastlægger sammenhængen mellem K_1 og P , og k_4 definerer den nedre grænse for, hvornår der gives tillæg til L_{Aeq} . Værdierne af konstanterne k_3 og k_4 er fastsat, så de giver overensstemmelse med den ekstra gene for impulsstøj, som i litteraturen er rapporteret for forskellige støjklender. Genevirkningen af støj afhænger af støjens niveau og karakteristika og af støjklendens art og den sammenhæng, den høres i, sociale faktorer m.m. Da tillægget K_1 skal kompensere for den ekstra gene, som impulserne giver anledning til, kan det overvejes at operere med værdier af k_3 og k_4 , som afhænger af støjklendens art og det absolutte støjniveau. Dette vil dog komplicere metoden.
- 3) Tidsrummet på en halv time for korrektion af L_{Aeq} er fastsat som en foreløbig værdi ud fra betragtninger om rimelighed og administrerbarhed. Der ligger ikke systematiske undersøgelser af genevirkningen bag fastsættelsen af dette tidsrum, og det bør overvejes nøjere, når viden om den relevante periode foreligger.
- 4) Miljøstyrelsens nugældende vejledninger om ekstern støj, nr. 5 og 6 fra 1984, giver hverken mulighed for et graderet tillæg eller for korrektion af L_{Aeq} på $\frac{1}{2}$ -times basis. Indtil metoden her er bedre gennemprøvet og evt. kommer til at indgå i en revideret vejledning, kan den kun bruges til støtte for de subjektive vurderinger. Det anbefales at give 5 dB-tillægget, når $K_1 > 3$, og når impulserne er karakteristiske for driften.

6. Ubestemthed

Selv om måleresultaterne angives som lydtrykniveauer, er metoden ikke følsom over for den absolutte kalibrering af måleudstyret.

Støjklendens driftsbetingelser vurderes at være mere kritiske i denne sammenhæng end for målinger til bestemmelse af L_{Aeq} over længere perioder.

Ved en afprøvning af metoden [6], hvor 4 laboratorier målte på 16 forskellige lydeksempler med 4 forskellige sæt måleudstyr, var standardafvigelsen 0,3 på den beregnede tydelighed P og 0,6 dB på tillægget K_1 .

7. Dokumentation

Følgende oplysninger skal gives som dokumentation for målingerne:

- At målingerne er udført i henhold til denne orientering
- Fabrikat og type af analyseudstyret
- Samplinghastigheden for L_{pAF}
- Proceduren, som er brugt til bestemmelse af niveaudifferens og støjhed
- De driftsbetingelser, som giver anledning til impulserne, og tidspunktet for målingerne
- De målte værdier af niveaudifferenser og støjheder
- De beregnede værdier af tydeligheden P , tillægget K_1
- Et skøn over ubestemthederne på P og K_1

8. Eksempler

Eksempler på måleresultater fra referencerne [3] og [6] er givet i Tabel 1.

Støjkilde	L_{AFmax} [dB]	Niveau- differens [dB]	Støjhed [dB]	Tydelig- hed [dB]	Tillæg K_I [dB]
Virksomhedsstøj med baggrundsstøj $L_{PA,F} = 40$ dB					
Dækskift, pneumatisk hjulnøgle, L	48	7	38	6,4	2,6
Dækskift, pneumatisk hjulnøgle, H	67	17	76	8,1	5,5
Trykket tages af lufttank, L	48	9	65	7,3	4,1
Trykket tages af lufttank, H	67	27	140	9,3	7,8
Hamren på metal, L	54	15	194	9,2	7,6
Hamren på metal, H	75	35	222	10,1	9,2
Økse i træ, L	52	13	125	8,5	6,4
Økse i træ, H	72	17	353	10,1	9,2
Transportmidler					
Dørsæk og startende biler	67	9	130	8,3	5,9
Bilpassage, afstand 7,5 m, 50 km/h	77	11	4	4,0	0,0
Bilpassage, afstand 7,5 m, 110 km/h	84	14	14	5,8	1,4
Harriet Fighter, højde 31 m, 900 km/h	126	64	91	9,5	8,1
Andet					
Kirkeklokker	87	18	73	8,1	5,5

Tabel 1

Eksempler på tydeligheden P og tillægget K_I for forskellige støjkilder. Andre resultater vil vise sig for de samme kilder under andre kombinationer af afstand, udbredelsesvej og baggrundsstøj. L og H indikerer L_{Aeq} -værdier på henholdsvis 40 dB og 60 dB fra støjkilderne.

9. Referencer

- [1] Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984
Ekstern støj fra virksomheder
København, november 1984
- [2] Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger
7. sammenlignende støjmåling
Redegørelse no. 9, 1990
- [3] *Impulsstøj - Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og for tildeling af impulstillæg*
Torben Holm Pedersen
Arbejdsrapport nr. 1, Miljøstyrelsen 2001
<http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-375-3/html/>, hør lyden i Afsnit 15.
- [4] *Audibility of impulsive sounds in environmental noise*
Torben Holm Pedersen
Inter-Noise 2000 CD-ROM
Denne kan også ses på DELTA's hjemmeside www.delta.dk, søg efter "impulsive".
- [5] *Ny metode kan måle impulsstøj*
Torben Holm Pedersen
Ny viden fra Miljøstyrelsen, nr. 2 april 2001
Denne kan også ses på Miljøstyrelsens hjemmeside www.mst.dk, se under projektresultater.
- [6] *Round Robin Test of an objective method for the determination of the prominence of impulsive sounds and for the impulse adjustment of L_{Aeq}*
Håkan Andersson, SP og Torben Holm Pedersen, DELTA
SP Rapport 2000:30, Acoustics, Borås 2000