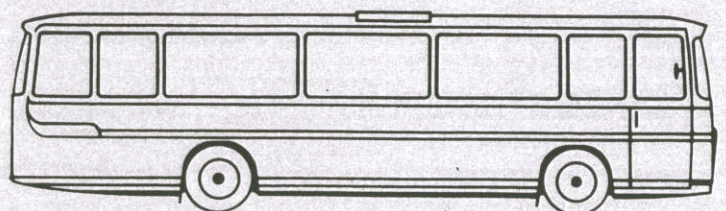
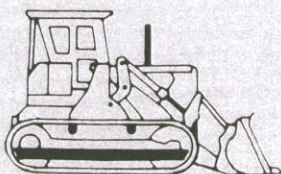
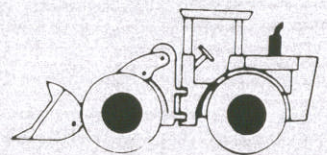
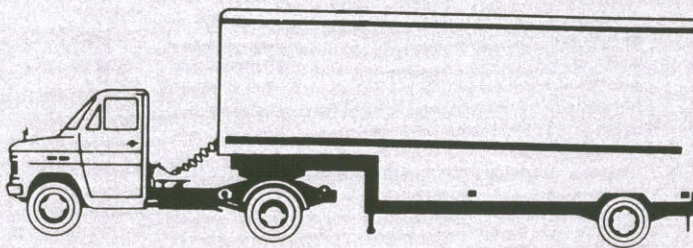
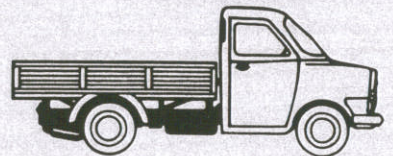
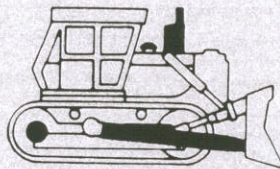
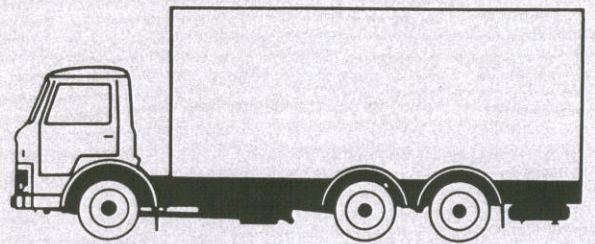
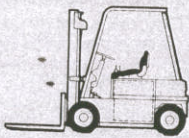




Lydteknisk
Institut

Del 3:

Kørsel og intern transport





Postadresser:

- ☒ Bygning 356
Akademivej
DK-2800 Lyngby
Telefon: 02 93 12 11
Telex: 37529 dth/dia dk
Giro: 6 07 91 48
☐ Gregersensvej 3
DK-2630 Tåstrup
Telefon: 02 99 77 55

TEKNISK RAPPORT

Rapport nr. LI 460/89	Dato November 1989 JJ/JK/bm
Rapporttitel STØJDATABOGEN Del 3 - Kørsel og intern transport	
Klient/Rekvirent Miljøstyrelsen Strandgade 29 1401 København K	Udført af 
Klientens/Rekvirentens ref. Finn Juel Andersen Kontrakt nr. 87-5046-6	Jørgen Jakobsen & Jørgen Kragh

Resumé

Støjdata bogens del 3 beskæftiger sig med støjen fra kørsel og intern transport på virksomheder. Mange virksomheder har problemer med støj fra kørsel på virksomhedens område. Støjen er fluktuerende og derfor vanskelig at fastlægge ved måling. Det er ofte lettere at beregne støjbelastningen fra kørsel på grundlag af en beskrivelse af driftsforhold mv.

Kapitel 1 beskriver nogle standardiserede målemetoder, som anvendes indenfor støjmærkningsordninger, ved standardtypegodkendelse mv. De fleste metoder vedrører kun det maksimale A-vægtede lydtrykniveau. Kapitel 2 omhandler målemetoder til brug for feltmåling af kildestyrken af køretøjer mv. til brug ved beregning af støjbelastningen fra kørsel.

I kapitel 3 sammenfattes et meget stort antal oplysninger om kildestyrke fra forskellige køretøjer, hjælpeaggregater mv., som benyttes til indgangsdata ved beregning af den eksterne støj fra kørsel. Sådanne typiske kildestyrker er i nogle tilfælde bedre egnede indgangsdata end kildestyrker bestemt ved målinger af et begrænset antal køretøjer. I tilfælde, hvor støjen væsentligst frembringes af de samme få køretøjer, er de specifikt målte kildestyrker imidlertid at foretrække.

Kapitel 4 beskriver hvorledes disse data bruges ved beregninger.

Kapitel 5 er en gennemgang af de muligheder, der foreligger for at nedbringe støjbelastningen fra kørsel og intern transport.

Distribution
☐ LI
☒ Fri
☐ Rekvirent

Antal sider

57



INDHOLD

	Side
0. INDLEDNING	3
1. STANDARDISEREDE MÅLEMETODER	4
1.1 Støj fra biler og traktorer	4
1.2 Støj fra entreprenørmaskiner (jordarbejdsmaskiner)	8
1.2.1 Stationær prøvning	8
1.2.2 Dynamisk prøvning	12
1.3 Støj fra gaffeltrucks	15
1.3.1 DIN 45635	15
1.3.2 Hollandsk metode	16
1.4 Resumé	18
2. METODER TIL FELTMÅLING	20
2.1 Stillestående køretøjer	20
2.2 Køretøjer i bevægelse	21
3. STØJDATA	23
3.1 Lastbiler og busser	24
3.2 Gaffeltrucks	26
3.3 Gummihjullæssere og andre entreprenørmaskiner	31
3.4 Personbiler, varevogne mv.	35
3.5 Hjelpeaggregater	36
3.6 Jernbanemateriel	39
4. KILDESTYRKE	41
4.1 Stillestående støjklilder	41
4.2 Bevægelige støjklilder	41
4.3 Korrektion for impulser og toner	44
5. STØJDÆMPNING	46
5.1 Dæmpning af motorstøj	46
5.2 Dæmpning af støj fra larvebånd	49
5.3 Dæmpning af støj fra hjelpeaggregater	50
5.4 Alternativer til støjdæmpning	51
6. REFERENCER	55



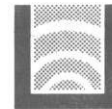
0. INDLEDNING

Støj fra intern kørsel på virksomheder udgør et betydeligt problem ved behandling af klager, ansøgninger om miljøgodkendelser og ved kontrol af vilkår. Ved ansøgning om miljøgodkendelse er det vanskeligt for virksomhederne at gøre rede for den forventede støjbelastning fra intern kørsel, og ofte undlades oplysninger herom. Klager over støj fra virksomheder skyldes ofte den interne kørsel, og for virksomheder som vognmandsforretninger, mejerier, handelsvirksomheder mv. er kørslen i reglen den dominerende støjkilde.

I en del tilfælde er støjen fra intern kørsel fejlagtigt ikke medtaget ved måling af støjen fra en virksomhed, men i stedet betragtet som en del af baggrundsstøjen. I enkelte tilfælde er der ved virksomheders forhandling med myndighederne om støjvilkår kun lagt vægt på støjen fra stationære installationer. Begge dele er i modstrid med anvisningerne i vejledning nr. 5/1984 "Ekstern støj fra virksomheder", hvor der ikke skelnes mellem støj fra stationære og fra bevægelige støjklilder.

Årsagerne til sådanne undladelser er ofte manglende kendskab til, hvordan støjen fra intern kørsel beskrives tilstrækkeligt entydigt, og en tro på, at køretøjer, som opfylder støjkravene i Justisministeriets detailforskrifter for køretøjer eller EF-kravene til støj fra entreprenørmaskiner, ikke vil kunne give anledning til støjgener.

I denne del af Støjdatabogen sammenfattes et antal oplysninger om støj fra forskellige køretøjer, og det beskrives, hvordan støjbelastningen fra kørsel kan beregnes. I sidste afsnit diskuteres forskellige muligheder for at nedbringe støjbelastningen fra kørsel.



1. STANDARDISEREDE MÅLEMETODER

Støjdata for bevægelige støjklender kan fremkomme på mange måder. De data, som giver det nøjagtigste resultat af den beregnede eksterne støj, er ofte kildestyrker, som er målt for de aktuelle støjklender under de aktuelle driftsforhold. Andre støjdata vil kunne give mere eller mindre afvigende resultater.

I dette afsnit beskrives en række standardiserede målemetoder for støj fra bevægelige klender. Målemetoderne anvendes ved registrering eller godkendelse af køretøjer (standard-/typegodkendelse), og ved EF-støjmærkning af entreprenørmaskiner, eller de bruges af leverandører, der giver oplysninger om støjen fra deres produkter. Formålet med beskrivelsen her er at gøre det lettere at vurdere brugbarheden af foreliggende støjdata. Der er især lagt vægt på at beskrive de forskellige målemetoders krav om driftsforhold under målingerne detaljeret, da disse forhold ofte har meget stor indflydelse på måleresultaterne.

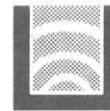
1.1 Støj fra biler og traktorer

Ved første registrering af biler (person-, vare- og lastbiler) og ved standardtypegodkendelse af traktorer kræves det bl.a., at den udsendte støj skal være lavere end en specificeret grænseværdi. Kravet er anført i "Detailforskrifter for køretøjer", som udarbejdes af Justitsministeriet og revideres årligt.

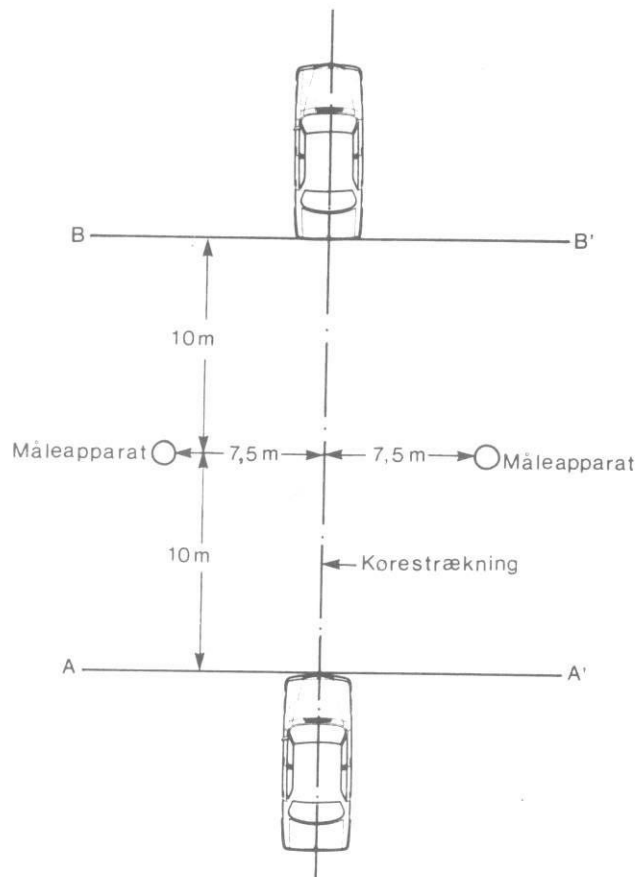
For de fleste biler udføres støjmålingen i forbindelse med en standardtypegodkendelse, som er fælles for hele EF-området.

I "Detailforskrifter for køretøjer 1988" [1] foreskrives en målemetode, som er identisk med EF-metoden i rådets direktiv [2], Dansk standard [3] og international standard [4].

Målemetoderne består i princippet i, at bilen kører forbi målemikrofonerne med en foreskrevet hastighed og maksimal acceleration, og det højeste A-vægtede lydtrykniveau (tidsvægtning F) aflæses.



Kørestrækningen og mikrofonpositionerne er angivet i Figur 1.1. Mikrofonerne skal være 1,2 m over terrænet og 7,5 m til hver side af kørestrækningens centerlinie. Målepladsen skal være plan og jævn, og have en belægning af beton, asfalt eller lignende.



Figur 1.1 Skitse af kørestrækning med angivelse af mikrofonpositioner

Bilen skal køre frem mod linien A-A' med en jævn fart, der fastlægges efter følgende regler:

- a) For biler uden gearkasse eller med manuelt betjent gearkasse er udgangsfarten den laveste af følgende:
 - farten ved $\frac{3}{4}$ af motoromdrejningstallet ved maksimal effektafgivelse,
 - farten ved $\frac{3}{4}$ af det af regulatoren begrænsede maksimale motoromdrejningstal, eller
 - 50 km/t



Ved målingen anvendes følgende gear:

- 2. gear ved biler med to, tre eller fire fremgear, og
- 3. gear ved biler med flere end fire fremgear

For biler med dobbeltreduktion (reduktionsgearkasse, 2-speed-bagtøj og lignende) anvendes det reduktionstrin, der giver den højeste fart i det foreskrevne gear.

- b) For biler med automatisk gearkasse er udgangsfarten den laveste af følgende:

- $\frac{3}{4}$ af bilens maksimale fart, eller
- 50 km/t

For biler med flere gearvælgerstillinger for fremkørsel skal stillingen "normal" for bykørsel anvendes.

- c) For traktorer er udgangsfarten $\frac{3}{4}$ af traktorens maksimale fart.

Når bilens forende passerer linien A-A' gives fuld gas, indtil bilens bagende passerer linien B-B'.

Der skal foretages mindst 2 målinger på hver side af bilen, og forskellen mellem 2 resultater må ikke overskride 2 dB. Som resultat af prøvningen anvendes det højeste opnåede resultat med et fradrag af 1 dB.

EF-metoden blev i 1981 ændret [5], hvorved den kom i overensstemmelse med den da netop reviderede internationale standard ISO 362.2 [6], som desuden i 1984 blev indført som dansk standard [7].

Det forventes, at Justitsministeriet omkring 1990 vil foreskrive denne metode anvendt ved første registrering af biler.

Det grundlæggende indhold i den ændrede metode afviger ikke fra det netop beskrevne, og såvel krav til omgivelser som til apparatur og måleenheder ($L_{pAmax,F}$) er uændrede. Derimod er bilernes drift under målingerne specificeret anderledes:



Bilen kører frem mod linien A-A' (jf. Figur 1.1) med en jævn fart, der er den laveste af:

- 50 km/t, og
- den fart, der svarer til et motoromdrejningstal, som er $\frac{3}{4}$ af det motoromdrejningstal, hvor motoren afgiver højest effekt

Hvis bilen har automatisk gearkasse uden vælger, foretages målinger ved forskellig fart:

- 30, 40 og 50 km/t eller $\frac{3}{4}$ af højeste landevejsfart hvis denne er lavere. De betingelser, der bevirker det højeste støjniveau, anvendes.

Målingerne foretages ved kørsel i følgende gear:

- Person- og varebiler med totalvægt på ikke over 3500 kg (type M₁ og N₁), og
 - med højest 4 fremgear afprøves i 2. gear
 - med mere end 4 fremgear afprøves i 2. og i 3. gear succesivt. Kun de gear, der er bestemt til normal landevejskørsel, betragtes herved. Som måleresultat anvendes den aritmetiske middelværdi af støjniveauerne målt under de to kørselsforhold.
- Andre typer af biler, som har et totalt antal fremgear på X (herunder de gear, der opnås med hjælpegearkasse eller differentiale med flere udvekslinger) afprøves succesivt i gear X/2 (eller nærmeste højere hele tal) og opefter. Kun den driftsform skal betragtes, hvor det højeste støjniveau er opnået.

For biler med automatisk gearkasse med vælger med X positioner til fremkørsel udføres målingen først med vælgeren i stilling X og kick-down frakoblet. Sker der automatisk nedgearing efter passage af linien A-A' skal målingen begyndes forfra med vælgeren i den højeste af stillingerne X-1 og X-2 som sikrer gennemførelse af afprøvning uden nedgearing. Hvis bilen har manuel hjælpegearkasse eller differentiale med flere udvekslinger anvendes den indstilling, som benyttes ved normal bykørsel. Indstillinger beregnet til langsom kørsel, parkering eller opbremsning må ikke anvendes ved afprøvningen.

De ændrede driftsbetingelser medfører bl.a. for lastbiler og busser med flere gear, at prøvningsresultaterne er ca. 3 dB højere, i enkelte tilfælde endda op til 5 dB højere, end ved den oprindelige metode.



1.2 Støj fra entreprenørmaskiner (jordarbejdsmaskiner)

Der er gennem flere år blevet arbejdet på at standardisere metoder til måling af støj fra entreprenørmaskiner.

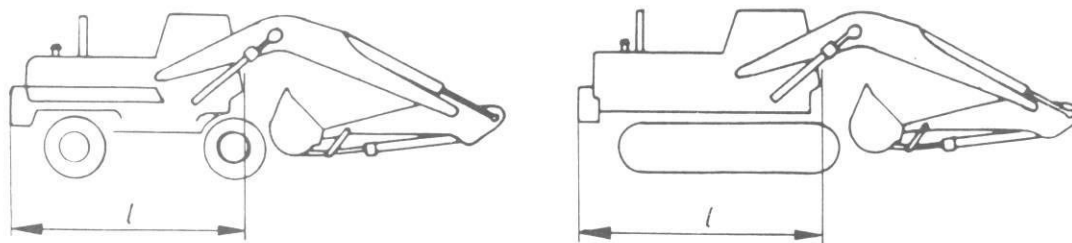
EF har indført en støjmærkningsordning, hvorefter entreprenørmaskiner (benævnt jordarbejdsmaskiner) bl.a. skal mærkes med det A-vægtede lydeffektniveau målt for stillestående maskiner.

Det er planlagt indenfor en årrække at ændre EF-støjmærkningsordningen, så der i stedet benyttes det A-vægtede lydeffektniveau målt under faktisk dynamisk drift (simulerede arbejdsbetingelser). Målemetoden hertil er imidlertid endnu ikke fastlagt. Der er for nylig af ISO udarbejdet en metode til måling af støj fra entreprenørmaskiner under dynamisk drift.

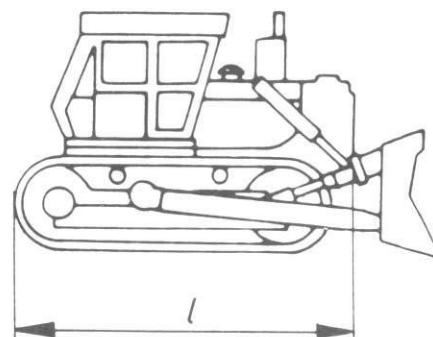
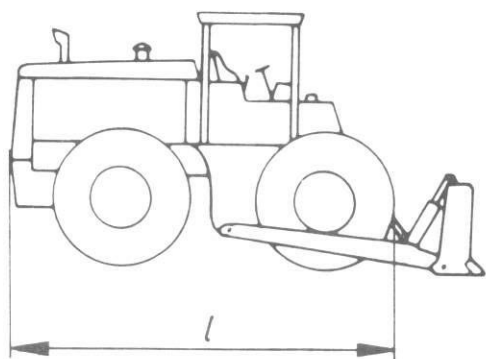
1.2.1 Stationær prøvning

Måling af støj fra entreprenørmaskiner med henblik på EF-støjmærkning udføres ved stationær prøvning efter en metode beskrevet i bilag til rådets direktiv [8]. Målemetoden er i det væsentligste identisk med den standardiserede metode i ISO 6393 [9].

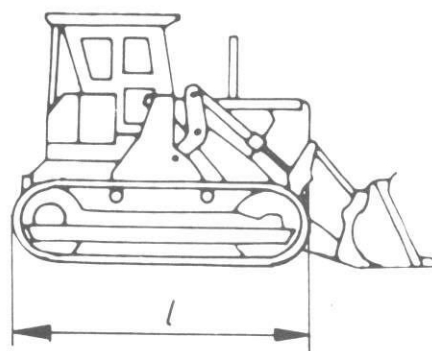
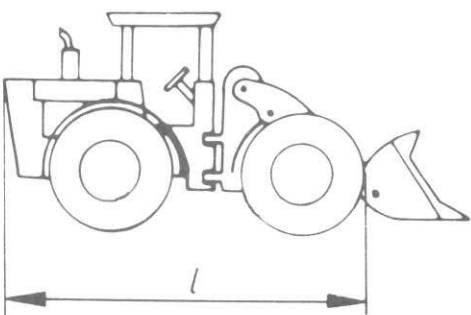
Målemetoden gælder for hydrauliske gravemaskiner (Figur 1.2) og wiregravemaskiner ("gravemaskiner med tove"); gummi-hjul- eller bæltedozere (Figur 1.3); gummi-hjul- eller bæltelæssere (Figur 1.4) samt rendegravere ("grave-læssemaskiner", Figur 1.5).



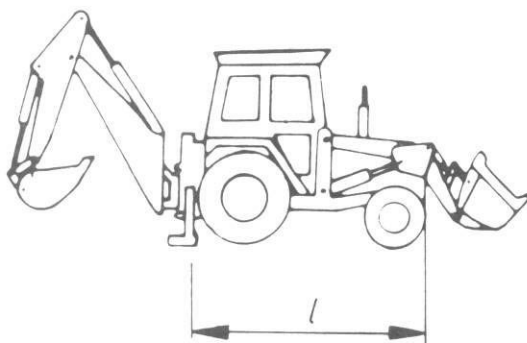
Figur 1.2 Gravemaskine. Maskinens basislængde er angivet med l



Figur 1.3 Gummihjul- og larvebåndsdozer



Figur 1.4 Gummihjul- og larvebåndslæsser



Figur 1.5 Rendeграver

Afprøvningen foretages med entreprenørmaskinen i stilstand uden aktivering af arbejds- og bevægelsesanordninger. Ved denne afprøvning skal motoren gå med en omdrejningshastighed, der mindst er lig den nominelle hastighed, hvortil svarer den nettoeffekt, der er defineret og fastsat i overensstemmelse med bilag 1 til Rådets direktiv 80/1269/EØF.



Såfremt maskinen er udstyret med flere motorer, skal disse køre samtidigt under afprøvningen, hvis dette også er tilfældet under sædvanlige arbejdsforhold.

Hvis entreprenørmaskinen er forsynet med en friskluft- eller køleventilator, skal denne køre under afprøvningen. Hvis ventilatoren kan køre ved flere hastigheder, foretages afprøvningen ved ventilatorens maksimale omdrejningshastighed.

Den nominelle omdrejningshastighed indstilles af fabrikanten. Arbejdsudstyr (skovl eller dozerudstyr) anbringes i en højde af 300 ± 50 mm over kørebanen.

På gravemaskiner og rendegravere skal arbejdsudstyr være i tilbagetrukket stilling.

Entreprenørmaskinen skal under målingen stå på en plan og vandret flade, som er akustisk reflekterende (beton eller ikke-porøs asfalt). Indenfor en afstand fra maskinen på 3 gange målefladens radius må der ikke findes reflekterende genstande.

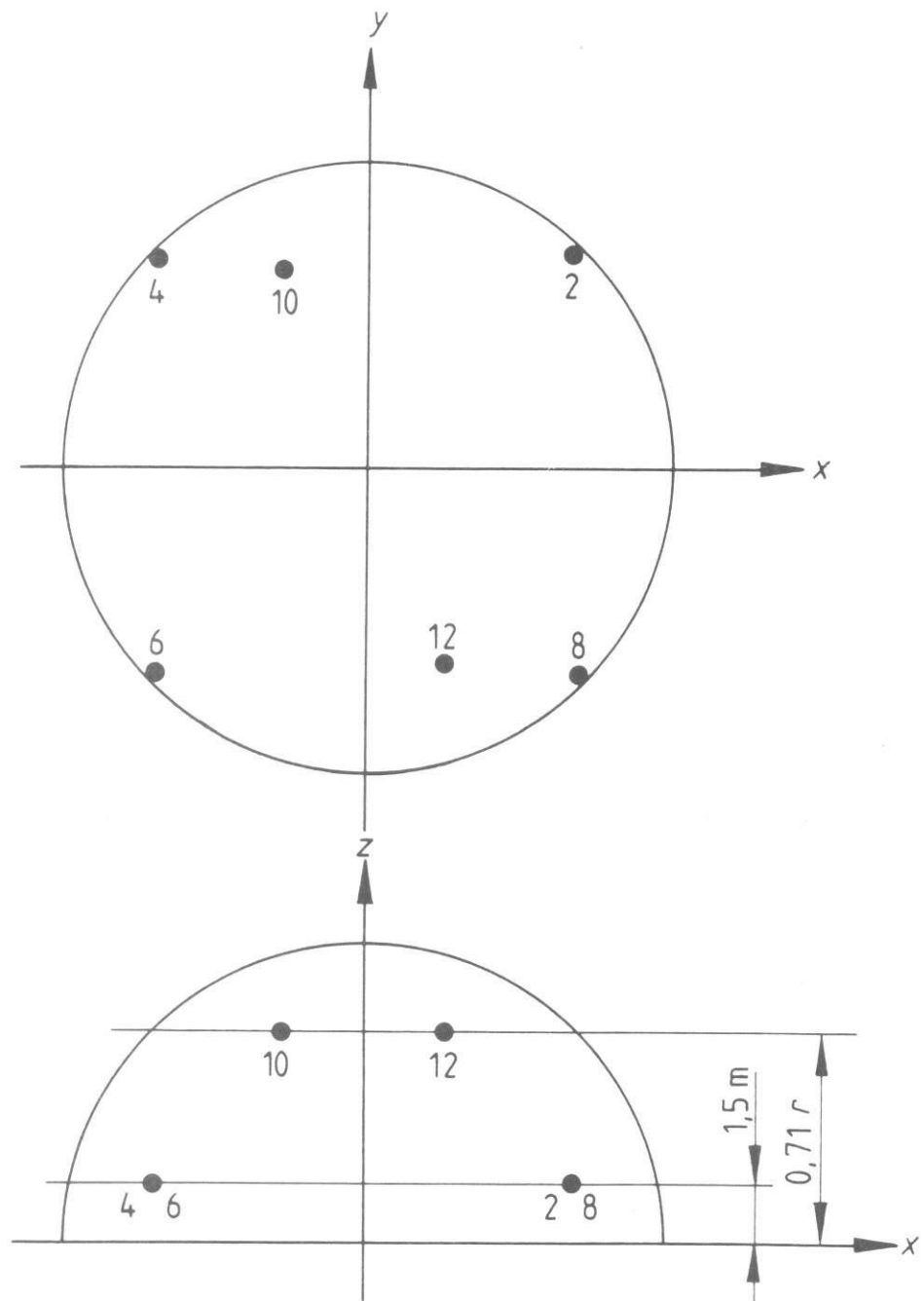
Støjen måles i 6 punkter, fordelt på en halvkugleflade som vist i Figur 1.6. Halvkuglefladen har centrum i projektionen på terrænet af maskinens geometriske midtpunkt og en radius på:

- 4 m, når den maskine, der afprøves, har en basislængde på 1,5 m eller derunder,
- 10 m, når den maskine, der afprøves, har en basislængde på over 1,5 m, men under eller lig med 4 m,
- 16 m, når den maskine, der afprøves, har en basislængde på over 4 m.

Basislængden ℓ er vist i Figur 1.2-1.5.

Maskinen skal have front i x-aksens positive retning.

De registrerede A-vægtede lydtrykniveauer korrigeres for baggrundsstøj, og energimiddelværdien $\overline{L_{pA}}$ beregnes.



Figur 1.6 Halvkugleformet måleflade, radius r . Entreprenerormaskinen er anbragt med midtpunktet over x - og y -aksernes skæringspunkt

Lydeffektniveauet L_{WA} er da:

$$L_{WA} = \overline{L_{pA}} + 10 \log S/S_0 \quad [\text{dB re } 20 \mu\text{Pa}]$$

hvor $S = 2 \pi r^2$, og $S_0 = 1 \text{ m}^2$



1.2.2 Dynamisk prøvning

Den netop udsendte ISO standard 6395 [10] specificerer måle- og driftsbetingelser for støjmåling under simulerede arbejdsbetingelser.

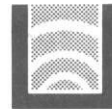
Standardens specifikationer af målebetingelser, måleflade, mikrofonplaceringer osv. er i det væsentligste identiske med specifikationerne i [9]. Der defineres tre alternative terrænoverflader, hvorpå maskinerne kører eller står under målingerne:

- 1) Akustisk reflekterende flade (beton, ikke-porøs asfalt)
- 2) fugtigt sand, eller
- 3) en overflade som består af fugtigt sand i hele maskinens bredde og herudover er reflekterende.

Overflade nr. 1) skal benyttes ved målinger på alle maskiner med gummihjul, på gravemaskiner og på stillestående larvebåndslæssere. Kombinations-overfladen, nr. 3), skal benyttes ved målinger på kørende larvebåndsdozere og -læssere. Sandoverfladen, nr. 2), er et alternativ, som kan benyttes ved målinger på såvel stillestående som kørende larvebåndsdozere og -læssere, såfremt omgivelseskorrektionen K er mindre end 3,5 dB.

Omgivelseskorrektionen K skal bestemmes, hvis der måles på en sandoverflade, samt hvis der er reflekterende genstande indenfor en afstand af $3 \times$ målefladens radius. Det gøres ved at opstille en standardiseret referencelydkilde med kendt A-vægtet lydeffektniveau $L_{WA,ref}$ på maskinens plads, og herefter gennemføre støjmålinger på samme måde og i de samme punkter som for maskinen. På grundlag heraf bestemmes referencestøjkildens tilsyneladende lydeffektniveau, $L_{WA,målt}$. Omgivelseskorrektionen er da: $K = L_{WA,målt} - L_{WA,ref}$. Til brug for bestemmelse af lydeffektniveau pr. 1/1 oktav bør omgivelseskorrektionen fastlægges på tilsvarende måde i de relevante 1/1 oktavbånd.

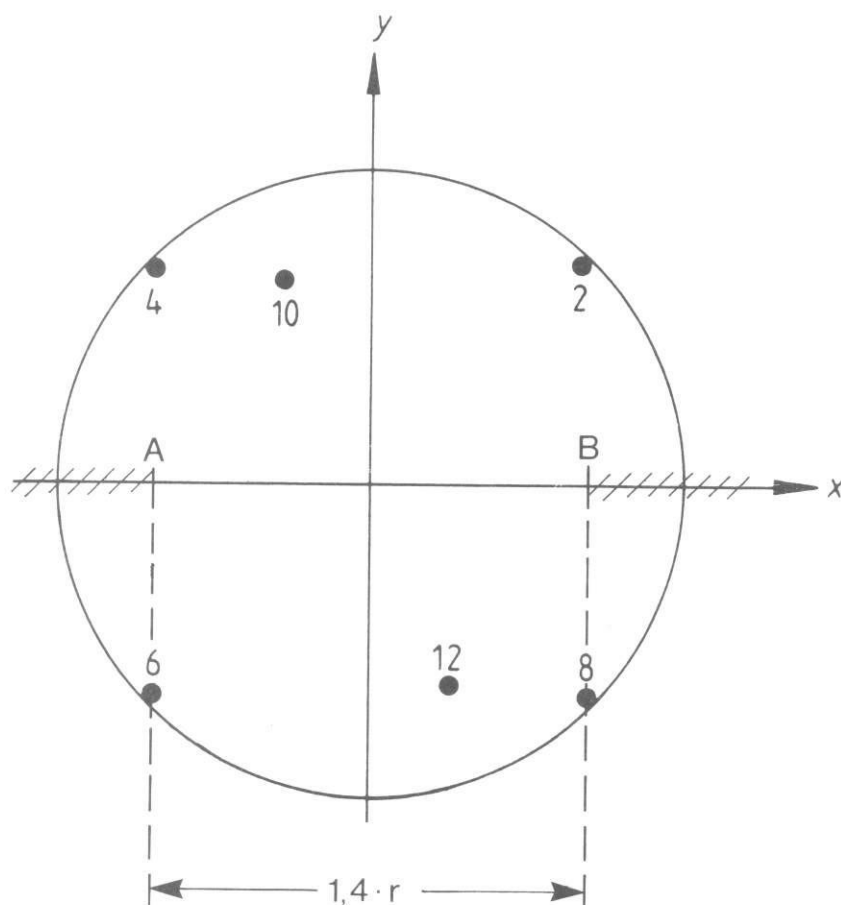
Standarden beskriver endvidere de detaljerede driftsbetingelser for gravemaskiner, dozere, læssere og rendegravere. I det følgende resumeres alene driftsbetingelserne for læssere og dozere.



Driftsbetingelser for gummi- og larvebåndslæssere

Støjen fra gummi- og larvebåndslæssere måles dels under kørsel frem og tilbage, og dels under stilstand, hvor skovlen løftes og sænkes.

Maskinen skal køre langs x-aksen, jf. Figur 1.7 med konstant fart tæt ved og under 8 km/t (for larvebåndslæssere dog 4 km/t) i det gear, som svarer til, at motoren herved kører ved højeste regulerede omdrejningstal. Under kørslen skal skovlen være i kørestilling og løftet 30 cm over terrænet. Maskinen starter udenfor målefladen, og skal have opnået jævn fart inden pkt. A er nået. Maskinen fortsætter med jævn fart ud af målefladen på



Figur 1.7 Måleflade, målepunkter og kørestrækning for dynamisk prøvning

den anden side af punkt B. Herefter standses maskinen, der skiftes til det tilsvarende bakgear, og der køres på tilsvaren-



de måde med jævn fart fra punkt B mod punkt A og ud af målefladen. Kørsel frem og tilbage betegnes som én kørselscyklus.

Det energiækvivalente lydtrykniveau, L_{Aeq} , måles ved integration over de tidsrum, hvor maskinens midtpunkt befinder sig mellem punkterne A og B.

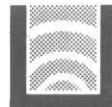
Maskinen anbringes derefter med midtpunktet over x- og y-aksernes skæringspunkt. Med motoren indstillet på det maksimale regulerede omdrejningstal hæves den tomme skovl fra kørestilling til 75% af maksimumhøjden og sænkes igen. Denne bevægelse udføres 3 gange, hvilket betegnes som én løftecyklus. Støjmålingerne udføres 3 gange for hver cyklus, og lydeffektniveauet, L_{WA} , beregnes dels for kørsel og dels for stillestående løft. Hele måleserien (med 3 målinger af hver cyklus i hvert målepunkt) gentages, indtil to resultater af lydeffektniveauet ikke afviger mere end 1 dB. Som måleresultater anvendes den aritmetiske middelværdi af de to højeste værdier, som afviger mindre end 1 dB fra hinanden.

Som samlet måleresultat beregnes det kombinerede energiækvivalente lydtrykniveau for en simuleret driftssituation bestående af 50% kørsel og 50% løfte/sænke skovlen. Dette måleresultat benyttes ved beregningen af læsserens lydeffektniveau.

Driftsbetingelser for larvebånds- og gummi-hjuldozere samt kompaktorer

Støjen fra dozere mv. måles alene under kørsel frem og tilbage. Målingerne udføres på tilsvarende måde som for læssere.

Farten under kørsel frem skal være tæt ved og under 8 km/t for dozere med gummi- eller stålhjul (kompaktorer), og 4 km/t for larvebåndsdozere. Ved baglæns kørsel vælges det gear, som svarer til frem-gæret, uanset hvilken fart der opnås. Ofte vil farten være højere. Både ved kørsel frem og tilbage skal motoren køre i det højeste regulerede omdrejningstal.



1.3 Støj fra gaffeltrucks

Der findes ikke internationalt anerkendte målemetoder for den udsendte støj fra gaffeltrucks. I Tyskland findes en standard (DIN 45635 del 36) [11] om måling af støj fra gaffeltrucks, og flere lande, herunder Sverige og Vesttyskland, har velspecificerede metoder for måling af støj på førerpladsen af gaffeltrucks. I det følgende resumeres dels den del af [11], som beskriver måling af ekstern støj, og dels en målemetode, som i en årrække har været anvendt i Holland til et stort antal målinger af støj fra trucks.

1.3.1 DIN 45635

I den tyske standard [11] specificeres målinger i 9 punkter 1 m fra en holdende gaffeltruck. Trucken skal stå på en hård, jævn overflade. Målepunkternes placering er angivet på Figur 1.8. Der måles under tre forskellige driftstilstande:

- tomgang, laveste omdrejningstal
- stillestående truck med 80% af det nominelle maksimale omdrejningstal (simuleret kørsel)
- løft af en last på mindst 70% af den nominelle maksimale kapacitet med maksimal løfthastighed. (Ved denne måling udelades det øverste målepunkt, nr. 9 jf. Figur 1.8)

Det er ikke anført specifikt, om der skal måles L_{Aeq} eller $L_{pA,max}$ i målepunkterne.

De 9 (8) måleresultater for hver driftssituation midles, og et resulterende energimiddellydtrykniveau L_m beregnes efter udtrykket:

$$L_m = 10 \log (0,40 \cdot 10^{0,1 \cdot L_1} + 0,50 \cdot 10^{0,1 \cdot L_2} + 0,10 \cdot 10^{0,1 \cdot L_3})$$

hvor L_1 er middellydtrykniveauet for tomgang
 L_2 er middellydtrykniveauet for simuleret kørsel og
 L_3 er middellydtrykniveauet for løft

L_m omregnes til lydeffektniveauet L_{WA} med udtrykket:

$$L_{WA} = L_m + 10 \log 4 (ab + ac + bc)$$

[illegible]

I en årrække fra 1982 blev der i Holland udført et stort antal målinger af støj fra forskellige entreprenørmaskiner, renovationsvogne og gaffeltrucks. Målingerne blev udført indenfor rammerne af den hollandske miljøtilskudsordning. For hver maskintype indenfor ordningen blev der udarbejdet en målemetode og specificeret driftsbetingelser. Målemetoderne svarer i mange henseender til ISO-metoden for prøvning af jordarbejdsmaskiner [10].



Støjen fra gaffeltrucks måles under to driftstilstande, kørsel og løft [12].

Ved kørselsmålingen starter trucken fra stilstand og accelererer maksimalt over en tilkørselsstrækning på 10 m og videre over målestrækningen på 8 m. Trucken er ubelastet. Målestrækningen falder sammen med x-aksen i Figur 1.7, og er symmetrisk om nulpunktet. Hvis trucken har manuelt betjent gear, vælges det højeste gear, i hvilket trucken indenfor tilkørselsstrækningen kan komme op på det maksimale omdrejningstal, dog uden at farten overskrider 13 km/t. Der måles L_{Aeq} i hvert af de 6 målepunkter i den tid, trucken er om at gennemkøre målestrækningen, hvilket typisk er ca. 3 sekunder.

Ved målingen under løft holder trucken stille med sit midtpunkt over koordinatsystemets nulpunkt. En byrde på 70% af den nominelle maksimale belastning løftes fra minimum til maksimum højde med størst mulig løftehastighed. Der måles L_{Aeq} over løftetiden i hvert af de 6 målepunkter.

For hver af de to driftstilstande beregnes lydeffektniveauet L_{WA} :

$$L_{WA} = \overline{L_{pA}} + 10 \log 2 \pi R^2,$$

hvor $\overline{L_{pA}}$ er energimiddelværdien af de 6 måleresultater på målefladen,

R er målefladens radius i m

Energimiddellydeffektniveauet for gaffeltrucken beregnes ved udtrykket:

$$L_{WA, mid} = 10 \log (0,7 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA, k}} + 0,3 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{WA, l}}),$$

hvor $L_{WA, k}$ er lydeffektniveauet under kørsel, og

$L_{WA, l}$ er lydeffektniveauet under løft

Denne middelværdi svarer til en drift med 70% kørsel og 30% løft.



1.4 Resumé

De beskrevne metoder kan inddeles i 4 typer af målinger:

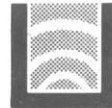
- måling af $L_{pA,max}$ ved forbikørsel
- måling af L_{pA} i 6 punkter på en halvkugleflade omkring et holdende køretøj
- måling af L_{pA} i 9 punkter på en "målebox" omkring et holdende køretøj
- måling af L_{Aeq} i 6 punkter på en halvkugle omkring et køretøj, der bevæger sig

I alle metoderne er det på forskellig måde specificeret, at køretøjerne skal udsende den maksimale støj (fuld gas, højeste regulerede omdrejningstal, maksimal løftehastighed osv.) I enkelte af metoderne foreskrives desuden en sammenvægtning af støjen målt under forskellige driftsbetingelser.

Nogle af metoderne omhandler alene måling af det A-vægtede lydtrykniveau, og giver således ikke kildestyrken (lydeffektniveau). Det er imidlertid enkelt at omregne fra lydtrykniveau til lydeffektniveau, når målebetingelserne (især måleafstand) er kendte. Derimod er der i ingen af metoderne foreskrevet måling af støjens frekvenssammensætning, fx lydtrykniveau pr. 1/1 oktav.

De oplysninger om kildestyrke, som stammer fra eller kan beregnes ud fra standardiserede målinger, kan af flere årsager ikke anvendes direkte til beregning af støjbelastningen fra intern kørsel på virksomheder.

- Målemetoderne giver forskellige resultater, dels fordi køretøjerne støjer forskelligt under kørsel og under stilstand, og dels fordi placeringen og antallet af målepunkter har indflydelse på resultatet. Der kan forventes forskelle på op imod 5 dB mellem resultater for det samme køretøj fundet ved forskellige målemetoder. Det er konstateret [13,14], at resultaterne af målinger ved stilstand efter de standardiserede målemetoder kan være både højere og lavere end de, der måles ved integration under en forbikørsel (se kapitel 2).



- De standardiserede målemetoder foreskriver måling af den maksimale støjudsendelse. I mange tilfælde er den typiske driftstilstand på virksomheder mindre støjende, fx. ved tomgang af ventende køretøjer eller ved rolig kørsel i en gård. Kildestyrken ved disse driftsformer er ind til 20 dB lavere end ved køretøjernes maksimale støjudsendelse.
- Målemetoderne foreskriver ikke måling af kildestyrken i 1/1 oktaver. Resultaterne kan derfor alene bruges til overslagsmæssig beregning ud fra den A-vægtede kildestyrke, eller i forbindelse med "generelle" frekvensspektre (fx fra kapitel 3).

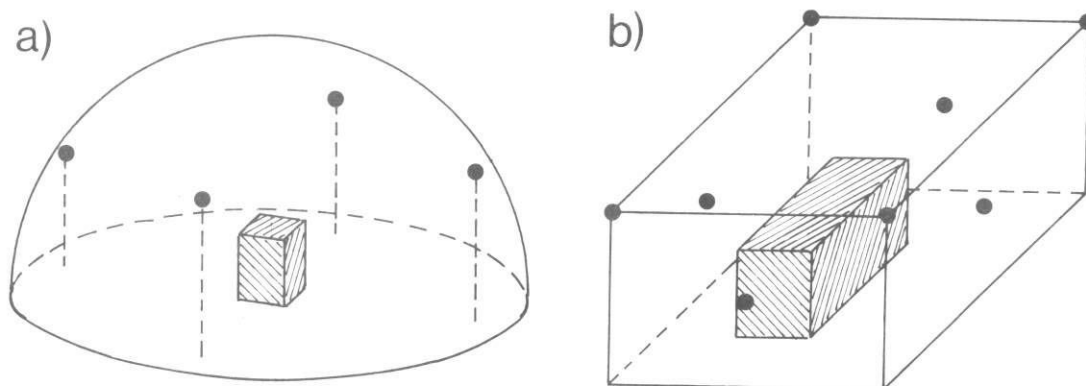
2. METODER TIL FELTMÅLING

Der findes en række målemetoder, som er udviklet specielt til brug i forbindelse med beregning af ekstern støj. Målemetoderne er beskrevet i Miljøstyrelsen vejledning om beregning af ekstern støj fra virksomheder [15], hvortil der henvises, og de vil kun blive omtalt summarisk her.

2.1 Stillestående køretøjer

Til måling af kildestyrken for køretøjer, der henstår i tomgang, for hjælpeudstyr (fx kølemaskiner) og for tilsvarende stillestående støjklender anvendes i første række "kuglemetoden". I princippet måles lydtrykniveauet i 4 punkter i stor afstand (fx 10 m) og forholdsvis stor højde (4-6 m), jf. Figur 2.1.a. Denne målemetode giver resultater med en god nøjagtighed, og giver desuden information om lydudstrålingens retningsafhængighed.

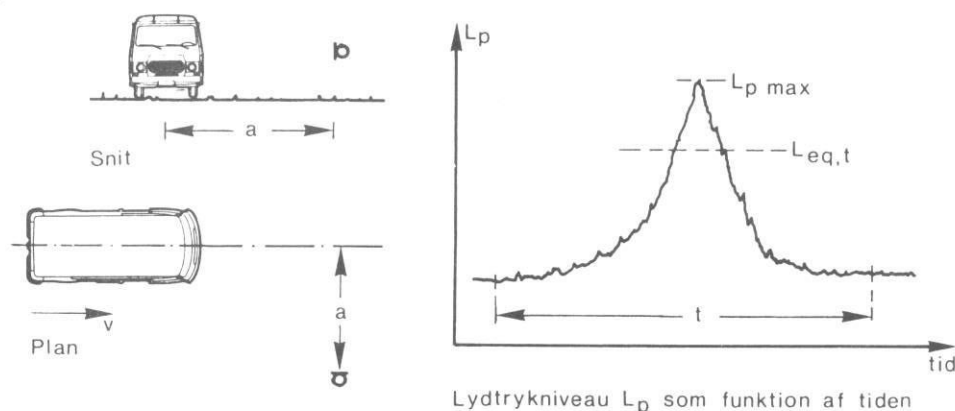
I tilfælde hvor det fx på grund af baggrundsstøj ikke er muligt at måle støjen i stor afstand, anvendes i stedet "kassemetoden". Denne metode foreskriver, at lydtrykniveauet måles i et større antal punkter i samme, korte afstand fra støjklenden, jf. Figur 2.1.b.



Figur 2.1 Illustration af målepunkternes placering ved måling af kildestyrke af stillestående køretøjer mv. a) Kuglemetoden og b) Kassemetoden

2.2 Køretøjer i bevægelse

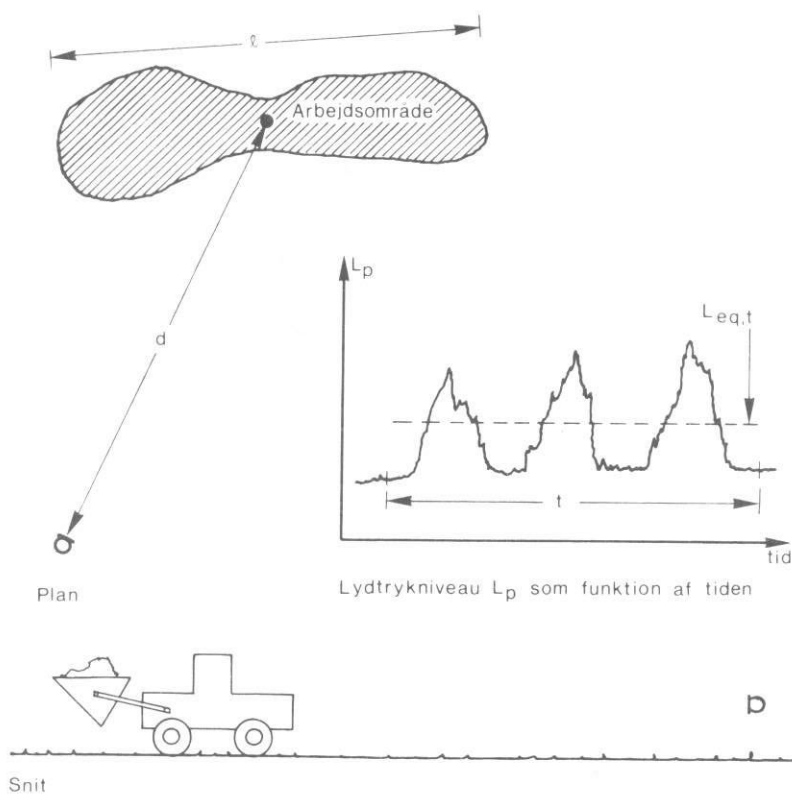
Kildestyrken for kørende biler, gummihjullæssere mv. bestemmes ved at måle L_{eq} under passagen af et punkt forholdsvis tæt ved kørevejen, jf. Figur 2.2. Afstanden a er sædvanligvis 5-10 m, og mikrofonhøjden 1,5-4 m. Under målingen skal køretøjet køre med den fart og acceleration, som er relevant for den konkrete anvendelse af resultaterne. Eventuelt må der gennemføres flere målinger ved forskellig fart og med fx jævn fart og forskellige grader af acceleration. Køretøjets fart under forbikørslen skal noteres, da den indgår i beregningen af kildestyrken. Metoden er nærmere beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning om beregning af ekstern støj [15], hvortil der henvises.



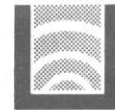
Figur 2.2 Måling af kildestyrken for et køretøj i bevægelse

I tilfælde, hvor man fx kun er interesseret i at måle den totale A-vægtede kildestyrke, kan man nøjes med at registrere det maksimale lydtrykniveau, $L_{pA,max}$, under forbikørslen. Den derved fastlagte kildestyrke er i det væsentligste i overensstemmelse med kildestyrken bestemt på grundlag af L_{Aeq} målt under forbikørslen. Metoden er sædvanligvis ikke fordelagtig at bruge til bestemmelse af kildestyrken i 1/1 oktavbånd, men bruges især, når oplysninger om $L_{pA,max}$ skal omregnes til den totale A-vægtede kildestyrke til brug for overslagsmæssige beregninger.

I tilfælde, hvor køretøjernes adfærd bedre kan beskrives som "kørsel og/eller arbejde indenfor et begrænset område" end ved kørsel ad bestemte ruter, kan en alternativ målemetode undertiden benyttes med fordel. Dette er fx tilfældet for larvebåndsdozere på kraftværkers kulpladser, kompaktorer på lossepladser, mv. L_{eq} over et antal arbejdsforløb måles i et (eller flere) punkter i en afstand fra området, som er større end områdets udstrækning, jf. Figur 2.3. Også denne metode er nærmere beskrevet i vejledningen [15].



Figur 2.3 Måling af kildestyrke af køretøjer som bevæger sig indenfor et område



3. STØJDATA

Dette kapitel indeholder sammenstillinger af et stort antal oplysninger om støj fra køretøjer. Oplysningerne hidrører fra producenter, fra den Nordiske støjdatabase og fra forskellige undersøgelser, herunder fra private firmaer. Oplysningerne er vurderet, omregnet under antagelse af ideelle forhold under målingerne og behandlet statistisk.

De angivne data er udtryk for typiske kildestyrker for de pågældende køretøjstyper. Kildestyrken for individuelle køretøjer kan afvige betydeligt (mere end 10 dB) fra den "typiske" værdi, og kørselsmåden har meget stor indflydelse på den aktuelle kildestyrke. Såvel ved brug af oplysningerne i dette kapitel som ved brug af andre støjdata er det derfor meget vigtigt at kontrollere, at den forudsatte køremåde er repræsentativ for den konkrete situation.

Især i tilfælde, hvor der forekommer et begrænset antal køretøjer og/eller meget ensartede kørselsforhold, er det væsentligt at sikre, at de anvendte støjdata er gældende for de foreliggende forhold. Hvis der derimod forekommer støjbidrag fra et stort antal forskellige køretøjer, eller hvis køretøjerne køres på forskellige måder, er driftsbeskrivelsen mindre kritisk. I sådanne tilfælde er brugen af typiske gennemsnitsstøjdata som de, der fremgår af dette kapitel, ofte et udmærket alternativ til de meget omfattende kildestyrkemålinger, som skulle udføres for at karakterisere støjen fra samtlige køretøjer og køremåder.

I dette kapitel er støjdataene inddelt efter køretøjstyper samt efter køremåder, hvor de foreliggende oplysninger har muliggjort dette. For lastbiler har det været muligt at skelne forholdsvis detaljeret mellem kildestyrker ved forskellige driftsformer, mens der for gaffeltrucks, gummihjullæssere og andre entreprenørmaskiner alene er skelnet mellem tomgang og maksimal motorydelse. I de fleste tilfælde er dette en tilstrækkelig detaljering.



3.1 Lastbiler og busser

Støjen fra sædvanlige, standardtypegodkendte lastbiler og busser er blevet undersøgt i flere projekter mv., hvoraf nogle er resumeret i [16]. På grundlag af dataene herfra, fra undersøgelsen [13] samt en række øvrige oplysninger [17,18] er den typiske støj fra lastbiler og busser mv. sammenfattet i Tabel 3.1. Ubestemtheden på tabellens værdier er omkring ± 5 dB.

Driftsforhold	L_{WA} , dB re 1 pW
Tomgang	91
Forceret tomgang, fx ved drift af hydraulik o.l.	96
Kørsel med svag acceleration, 10-20 km/t	101
Kørsel med svag acceleration, ca. 40 km/t	106
Kørsel med kraftig acceleration	108
Maksimal acceleration under ISO-måling	113

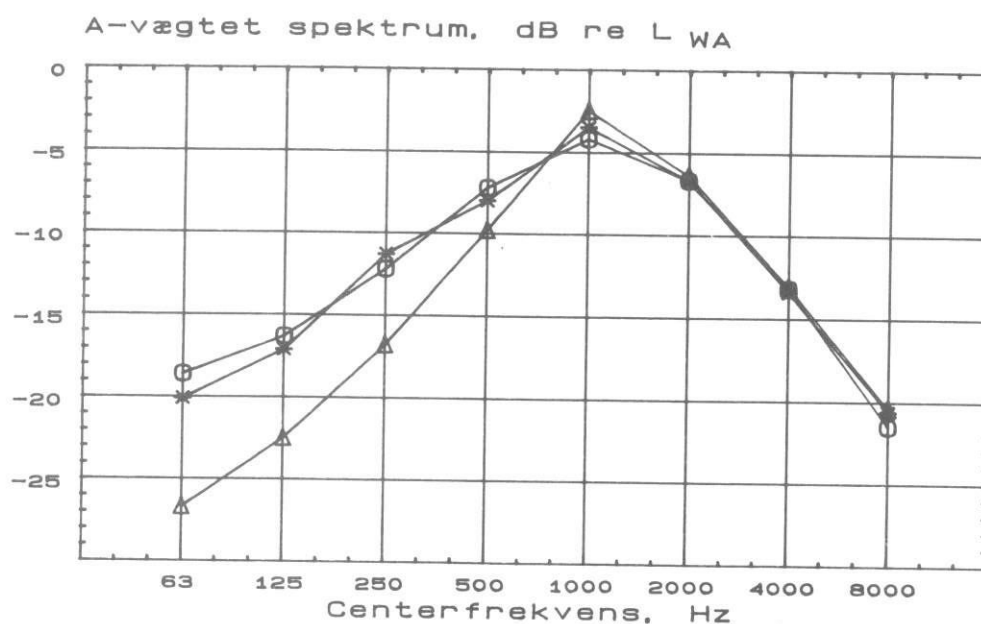
Tabel 3.1 Typiske kildestyrker, L_{WA} , af lastbiler og busser under forskellige driftsforhold

Ud fra de samme referencer er typiske spektre af støjen fra kørende og holdende køretøjer bestemt. De typiske spektre er vist i Figur 3.1 og på tabelform i Tabel 3.2.



Frekvens, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Tomgang	-19	-16	-12	-7	-4	-7	-13	-22
Kørsel, lastbiler	-20	-17	-11	-8	-4	-7	-13	-21
Kørsel, busser	-27	-23	-17	-10	-3	-6	-13	-20

Tabel 3.2 A-vægtede middelspektre for lastbiler og busser, dB relativt til L_{WA}



Figur 3.1 A-vægtede middelspektre for lastbiler og busser, dB relativt til L_{WA}

- tomgang
- * kørsel, lastbiler
- △ kørsel, busser

Det fremgik af det grundlæggende materiale, at kildestyrken af busser ikke er tydeligt lavere end kildestyrken af lastbiler. Når busser således ofte opfattes som mindre støjende end lastbiler, hænger det formentlig sammen med en mindre støjende køremåde. Spektrene er meget nær ens og udviser kun signifikante forskelle i de laveste 1/1 oktavbånd.



Kildehøjden for lastbiler kan sædvanligvis sættes til omkring 1,5 m. Ved beregning af støjskærmes virkning er det undertiden nødvendigt at regne med, at en del af støjudsendelsen sker fra højt placerede munding af udstødsrør. Der foreligger ikke resultater af undersøgelser af dette.

Eksempel

På en vognmandsforretning holder der lastbiler i tomgang og der foregår såvel rolig og jævn kørsel som kørsel med kraftig acceleration på området. Af Tabel 3.1 findes de tilsvarende kildestyrker til $L_{WA} = 91, 101$ og 108 dB re 1 pW. Ved at addere de relative spektre fra Tabel 3.2 findes for de tre driftsformer kildestyrkerne pr. 1/1 oktav:

Frekvens, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Tomgang	72	75	79	84	87	84	78	69
Jævn kørsel	81	84	90	93	97	94	88	80
Kraftig acceleration	88	91	97	100	104	101	95	87

Kildestyrker, A-vægtet lydeffektniveau, i dB re 1 pW.

3.2 Gaffeltrucks

En mængde støjdata for gaffeltrucks, hidrørende fra en hollandsk støjmærkningsordning, er sammenfattet i [16]. Et mindre antal resultater fra [13,17] er i udmærket overensstemmelse hermed.

Støjen fra gaffeltrucks'ene er i alle tilfælde målt ved maksimal motorbelastning under kørsel, løft eller kombineret kørsel og løft. Det er i [13] fundet, at støjen fra gaffeltrucks under løft ikke afviger væsentligt fra støjen under kørsel. Resultaterne er derfor repræsentative for de fleste situationer.

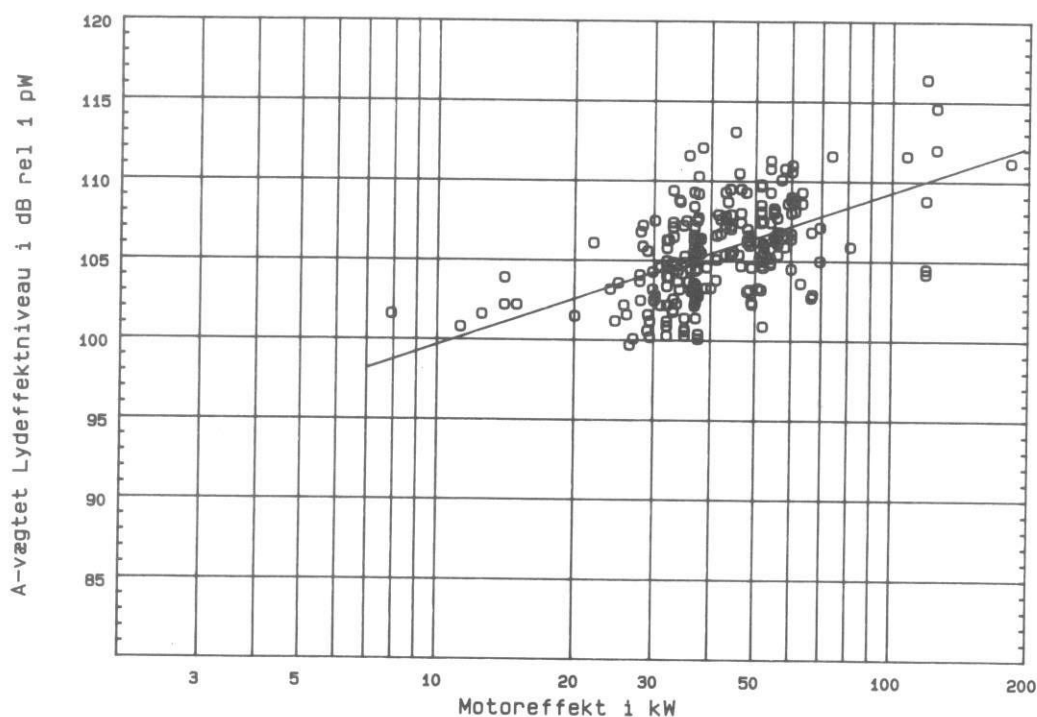


Tomgang

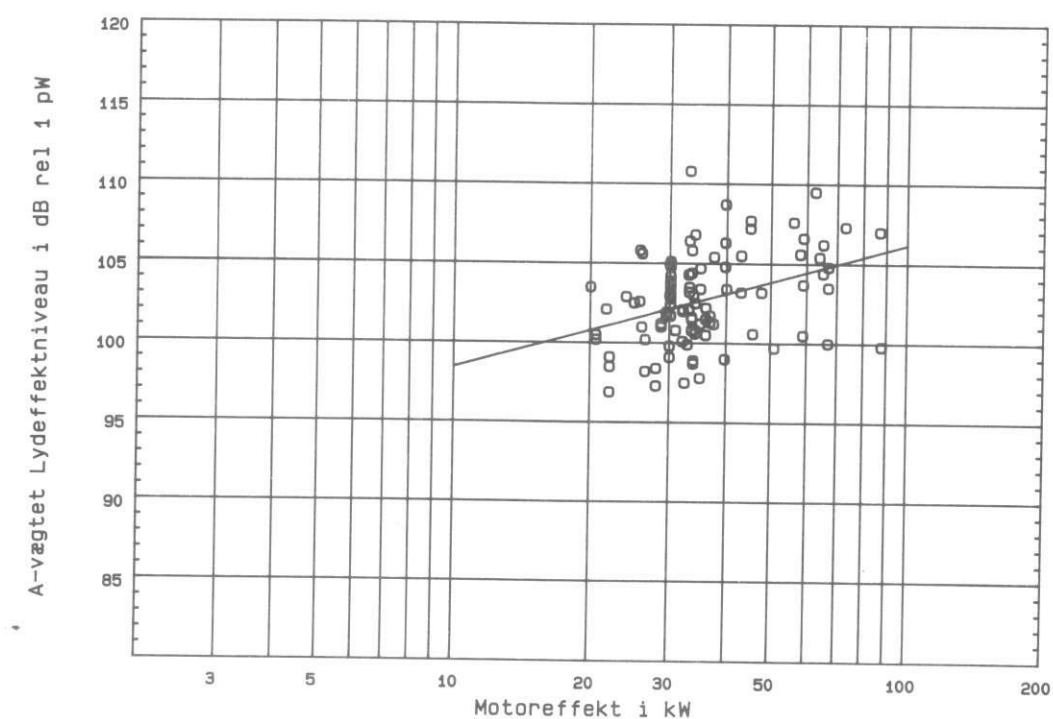
Støjen fra gaffeltrucks med forbrændingsmotor, som holder i tomgang, er omtalt i [13]. Kildestyrken under tomgang er typisk $L_{WA} = 88$ dB re 1 pW.

Kørsel og løft

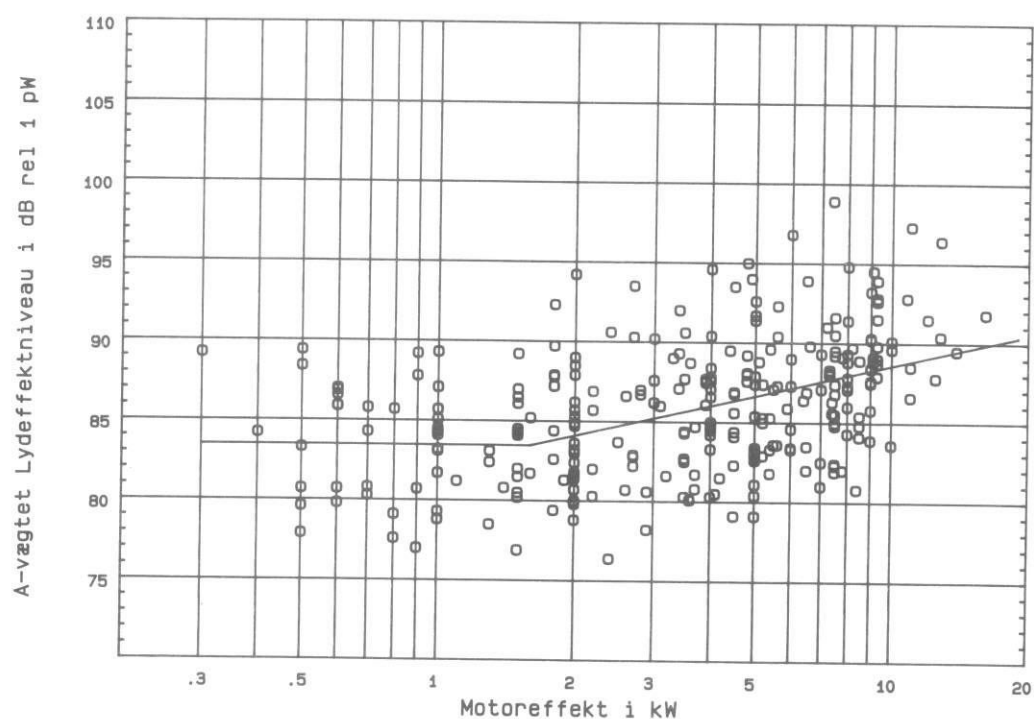
I Figur 3.2 vises sammenhængen mellem kildestyrken under kørsel/løft og driftsmotorens effekt for dieseltrucks, og i figurerne 3.3 og 3.4 ses de tilsvarende sammenhænge for gaffeltrucks med benzin/gasmotor hhv. eltrucks. Figurerne viser de enkelte måleresultater og den regressionslinje, som bedst beskriver resultaterne. Det ses, at der for alle tre typer af gaffeltrucks er en betydelig spredning af resultaterne omkring regressionslinjen, hvilket er et udtryk for den ubestemthed, der er knyttet til brugen af "generaliserede" støjdata.



Figur 3.2 A-vægtet lydeffektniveau L_{WA} som funktion af driftsmotorens effekt P for 233 gaffeltrucks med dieselmotor



Figur 3.3 A-vægtet lydeffektniveau L_{WA} som funktion af driftsmotorens effekt P for 97 gaffeltrucks med benzin- eller gasdreven motor



Figur 3.4 A-vægtet lydeffektniveau L_{WA} som funktion af køremotorens effekt P for 233 gaffeltrucks med elmotor



Ligningerne for regressionslinierne er:

- Dieseltrucks:

$$L_{WA} = 90 + 10 \log P/1 \text{ kW} \quad [\text{dB re 1 pW}] \quad (3.1)$$

- Benzin/gastrucks:

$$L_{WA} = 91 + 8 \log P/1 \text{ kW} \quad [\text{dB re 1 pW}] \quad (3.2)$$

- Eltrucks:

$$P \leq 1,6 \text{ kW: } L_{WA} = 83 \quad [\text{dB re 1 pW}] \quad (3.3)$$

$$P > 1,6 \text{ kW: } L_{WA} = 82 + 6 \log P/1 \text{ kW} \quad [\text{dB re 1 pW}] \quad (3.4)$$

Ubestemtheden på udtrykkene (3.1) og (3.2) er omkring ± 5 dB, og for eltrucks - udtryk (3.3) og (3.4) - er ubestemtheden ca. ± 7 dB.

Eksempel

Kildestyrken for en dieseltruck med køremotor på 50 kW beregnes til:

$$L_{WA} = 90 + 10 \log (50) = 106,99 \approx 107 \text{ dB re 1 pW}$$

For en tilsvarende benzin/gastruck er kildestyrken:

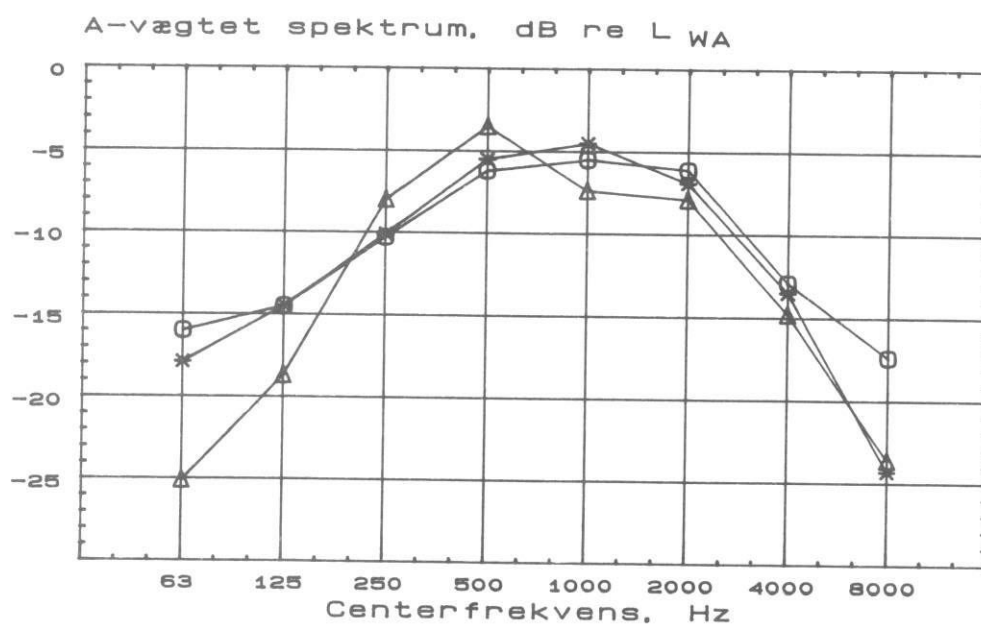
$$L_{WA} = 91 + 8 \log (50) = 104,59 \approx 106 \text{ dB re 1 pW}$$

På grundlag af oplysningerne i [13,17] er typiske spektre af støjen fra gaffeltrucks bestemt. De typiske spektre er vist i Figur 3.5 og på tabelform i Tabel 3.3.



Frekvens, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Tomgang	-16	-15	-10	-6	-6	-6	-13	-17
Kørsel, diesel-, benzin- eller gastrucks	-18	-15	-10	-6	-5	-7	-14	-24
Kørsel, eltrucks	-25	-19	-8	-4	-7	-8	-15	-24

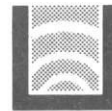
Tabel 3.3 A-vægtede middelspektre for gaffeltrucks,
dB relativt til L_{WA}



Figur 3.5 A-vægtede middelspektre for gaffeltrucks,
dB relativt til L_{WA}

- tomgang
- * kørsel, diesel-, benzin- eller gastrucks
- Δ kørsel, eltruck

I tilfælde, hvor effekten af en gaffeltrucks driftsmotor ikke er kendt, kan middelværdien af måleresultaterne i figurerne 3.2-3.4 anvendes som det bedste skøn af kildestyrken. Middelværdien er:

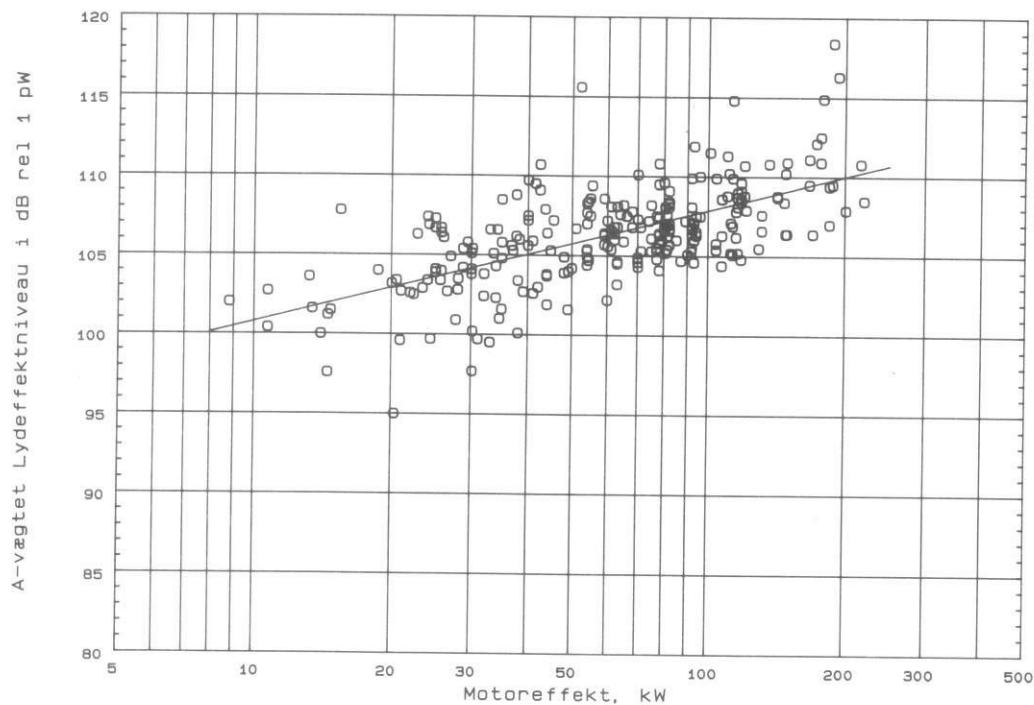


- Dieseltrucks: $L_{WA} \approx 106 \text{ dB re 1 pW}$
- Benzin/gastrucks: $L_{WA} \approx 103 \text{ dB re 1 pW}$
- Eltrucks: $L_{WA} \approx 86 \text{ dB re 1 pW}$

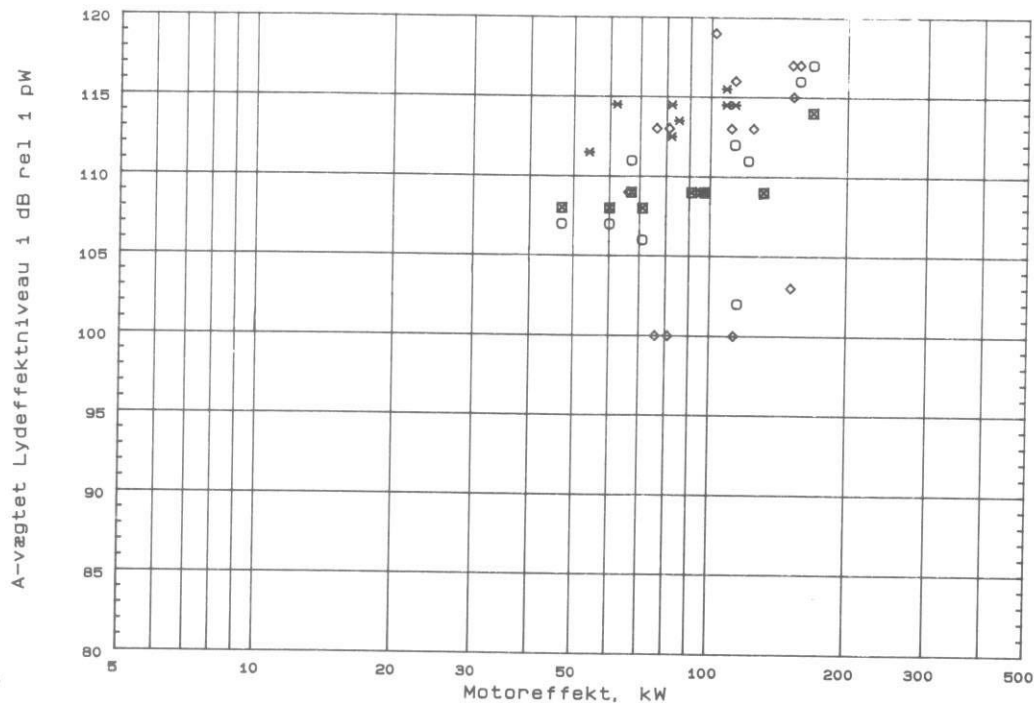
Kildehøjden for gaffeltrucks kan anslås til ca. 1 m.

3.3 Gummihjullæssere og andre entreprenørmaskiner

I [16] er sammenfattet en mængde støjdata for gummihjullæssere, dels hidrørende fra en hollandsk støjmærkningsordning og dels fra den nordiske støjdatabase. Støjen fra gummihjullæsserne er målt efter forskellige målemetoder, men repræsenterer drift med maksimal motorbelastning. Resultaterne er vist i Figur 3.6 og 3.7.



Figur 3.6 A-vægtet lydeffektniveau, L_{WA} , som funktion af motoreffekten for 248 gummihjullæssere. Data fra en støjmærkningsordning [16]



Figur 3.7 A-vægtet lydeffektniveau, L_{WA} , som funktion af motoreffekten for 34 gummihjullæssere. Data fra den nordiske støjdatabase [16]

Det ses af de to figurer, at der er en betydelig spredning mellem måleresultaterne. Resultaterne fra støjdatabase i Figur 3.7 er generelt højere end resultaterne fra støjmærkningsordningen, hvilket kan skyldes, at læsserne var ældre modeller, og at en del af læsserne var ibrugværende maskiner. Et mindre antal støjdata for gummihjullæssere er desuden fremskaffet fra [17,19]. Disse resultater afviger ikke fra resultaterne i Figur 3.7.

Oplysninger om støj fra dumpere, kompaktorer og larvebåndsdozere er fremskaffet fra [16,17,18,19,20]. Pånær støjdata om larvebåndsdozere ligger alle disse data forholdsvis samlet med det største antal i intervallet $105 \text{ dB} \leq L_{WA} \leq 115 \text{ dB}$. Oplysninger om støj fra traktorer er fremskaffet fra [17,21].

Støjen fra larvebåndsdozere under sædvanlig drift er udpræget intermitterende. Under forlæns og belastet kørsel (dozing) svarer støjen nogenlunde til en gummihjullæssers. Ved baglæns og ubelastet kørsel, som typisk foregår med væsentligt højere fart, bidrager larvebåndene tydeligt til den samlede støj, sam-



tidigt med at støjen fra såvel motor som transmission er kraftigere på grund af den højere fart.

Tomgangsstøjen fra et mindre antal gummihjullæssere og andre entreprenørmaskiner er beskrevet i [17,19]. Disse støjdata har en forholdsvis lille spredning.

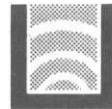
På grundlag af de nævnte støjdata er typiske kildestyrker anført i Tabel 3.4. Ubestemtheden er omkring ± 5 dB.

Driftsforhold	L_{WA} , dB re 1 pW
Gummihjullæssere, traktorer mv., tomgang	93
Traktorer, kørsel med svag acceleration, 10-20 km/t	103
Hjullæssere mv., drift med maksimal motorydelse	110
Larvebåndsdozere, drift med maksimal motorydelse, baglæns kørsel 25% af tiden	117

Tabel 3.4 Typiske kildestyrker, L_{WA} , af hjullæssere, dumpere, traktorer, kompaktorer og larvebåndsdozere

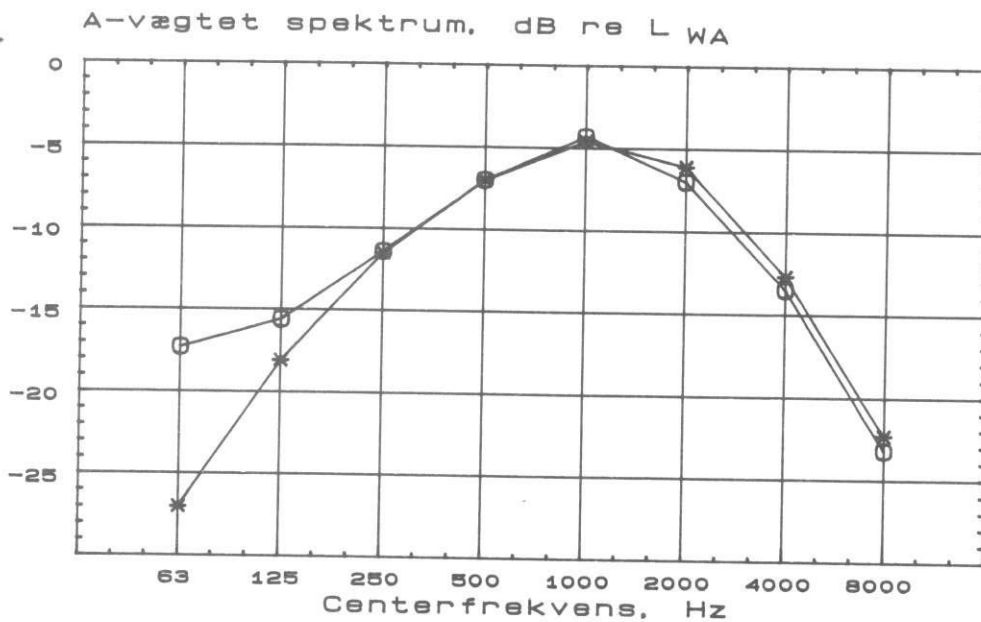
For et antal af støjdataene fra [17,18,20,21] var støjens spektrale sammensætning oplyst. På grundlag heraf er de typiske spektre for gummihjullæssere og andre entreprenørmaskiner bestemt. Spektret for tomgangsstøjen er næsten identisk med det tilsvarende spektrum for lastbiler (Tabel 3.3), og der var ikke i materialet grundlag for at skelne mellem støjen fra larvebåndsdozere og de andre typer af entreprenørmaskiner under drift.

Spektrene er angivet i Tabel 3.5 samt illustreret i Figur 3.8.



Frekvens, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Tomgang	-17	-16	-11	-7	-4	-7	-14	-23
Kørsel	-27	-18	-12	-7	-5	-6	-13	-22

Tabel 3.5 A-vægtede middelspektre af støjen fra gummi-hjullæssere, dumpere, traktorer, kompaktorer og larvebåndsdozere, dB relativt til L_{WA}



Figur 3.8 A-vægtede middelspektre af støjen fra gummi-hjullæssere, dumpere, traktorer, kompaktorer og larvebåndsdozere, dB relativt til L_{WA}

○ tomgang
* kørsel

Kildehøjden for entreprenørmaskiner kan sædvanligvis anslås til 1,5-2 m.



3.4 Personbiler, varevogne mv.

Oplysninger om støj fra personbiler ved langsom kørsel og under acceleration er fremskaffet fra [17,22,23]. Disse er suppleret med støjdata for parkeringsoperationer fra [18,24]. Endelig er et mindre antal støjdata for varevogne og minibusser under kraftig acceleration fremskaffet fra [13].

På grundlag af disse oplysninger er typiske kildestyrker for personbiler under forskellige driftsforhold sammenstillet i Tabel 3.6. Ubestemtheden er omkring ± 3 dB.

Driftsforhold	L_{WA} , dB re 1 pW
Kørsel med svag acceleration, 10-20 km/t	90
Kørsel med kraftig acceleration, 40-50 km/t	100
Maksimal acceleration, under ISO-måling	105
Parkeringsoperation ¹⁾	85

1) Kildestyrken for en parkeringsoperation er energimiddelværdien af en tilkørsel og en frakørsel. En parkeringsoperation varer typisk 30 sekunder.

Tabel 3.6 Kildestyrke, L_{WA} , af personbiler under forskellige driftsforhold

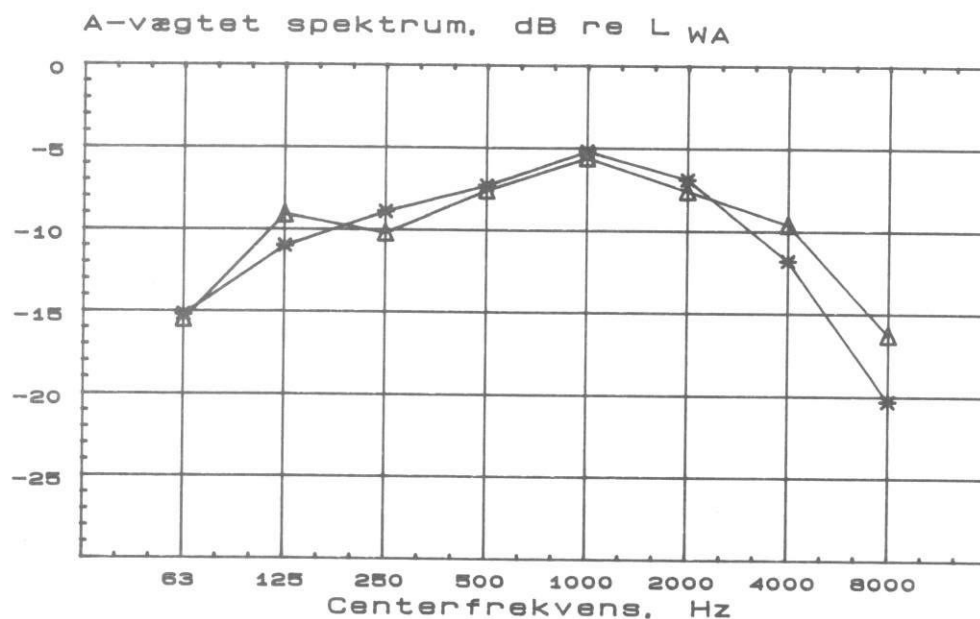
Oplysningerne om støj fra varevogne, minibusser mv. var ikke så fyldige, at der kunne opstilles typiske kildestyrker herfor i lighed med Tabel 3.6. Det kan antages, at varevogne og minibusser mv. i almindelighed er ca. **3 dB mere støjende** end det er anført for personbiler i Tabel 3.6.

Spektrene af støj fra personbiler er angivet i Tabel 3.7 og desuden vist i Figur 3.9. Kildehøjden for personbiler sættes sædvanligvis til ca. 0,5 m.



Frekvens, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Kørsel	-15	-11	-9	-7	-5	-7	-12	-20
Parkerings-operation	-16	-9	-10	-8	-6	-8	-10	-16

Tabel 3.7 A-vægtede middelspektre for personbiler, dB relativt til L_{WA}



Figur 3.9 A-vægtede middelspektre for personbiler, dB relativt til L_{WA}

* kørsel
Δ parkeringsoperation

3.5 Hjelpeaggregater

Der er indsamlet et forholdsvis begrænset antal støjdata for de to væsentligste typer af hjelpeaggregater, der optræder i forbindelse med ekstern støj fra transport på virksomheder.

Kølemaskiner kan være monteret på mindre køle- eller frostbiler, som anvendes til distribution, eller på lastvognstog til



fjerntransport. Der er så godt som udelukkende tale om udenlandske fabriksfremstillede maskiner, der monteres på specielle opbygninger. De fleste mindre kølemaskiner drives af lastvognens dieselmotor, som enten kan tilsluttes via hydraulik eller som trækker en generator der forsyner en elektromotor i kølemaskinen. Store kølemaskiner trækkes af en indbygget dieselmotor. Ofte kan kølemaskiner også energiforsynes fra nettet, hvorved støjen reduceres, mens kølevognen er henstillet. Mange støjproblemer med kølemaskiner hidrører netop fra henstillede kølevogne.

Lastvogne til transport af pulver eller granulat er udstyret med en **kompressor** eller **blæser**, som kan give anledning til betydelig ekstern støj. Transportkompressorer bruges ved på- og aflæsning af korn, mel, cement, kalk, sukker, plastgranulat, kulstøv, flyveaske, træflis, mm. Anlæg af denne type konstrueres ofte til de enkelte specielle formål, og de kan derfor have forskellige støjmæssige egenskaber. Transportkompressorer drives af lastvognens (eller traktorens) motor, enten direkte trukket eller via hydraulik.

Oplysninger om støj fra kølemaskiner er fremskaffet fra [17,18,25,26,27] og oplysninger om støj fra transportkompressorer fra [17,18,28]. På grund af det begrænsede antal støjdata og oplysningernes noget forskellige kvalitet har det ikke været muligt at etablere en klar sammenhæng mellem kildestyrken og anlæggenes ydeevne (fx motoreffekt).

I Tabel 3.8 nedenfor angives typiske kildestyrker for kølemaskiner og transportkompressorer. Ubestemtheden på angivelserne kan anslås til ± 5 dB.



Aggregat	L_{WA} , dB re 1 pW
Køleanlæg til distributionskølevogne. Køleeffekt ca. 1-2 kW (-20°C), eldrift	86
Køleanlæg til kølevogne og mindre frostvogne. Køleeffekt 2-4 kW (-20°C), eldrift	92
- do, dieselmotordrift	98
Køleanlæg til frysebiler. Køleeffekt 4-8 kW (-20°C), eldrift	93
- do, dieselmotordrift	101
Transportkompressor til blæsning af korn, sukker, mel mv. Trukket af lastbil i hurtig tomgang	108

Tabel 3.8 Kildestyrker, L_{WA} , af hjælpeaggregater

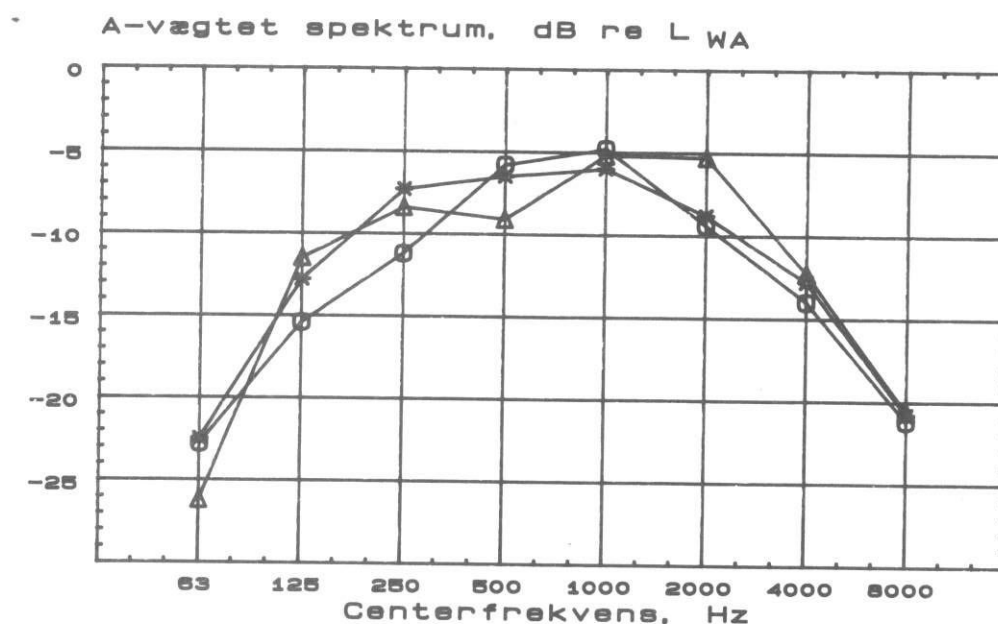
For et antal af støjdataene har der desuden kunnet fremskaffes oplysninger om støjens spektrale sammensætning. Typiske spektre er angivet i Tabel 3.9 og desuden illustreret i Figur 3.10.

Kildehøjden for kølemaskiner kan anslås til 3,0-3,5 m, og kildehøjden for transportkompressorer til ca. 1 m.



Frekvens, Hz	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Kølemaskine, el	-23	-15	-11	-6	-5	-9	-14	-21
Kølemaskine, diesel	-23	-13	-7	-7	-6	-9	-13	-21
Transportkompressor	-26	-12	-8	-9	-5	-5	-12	-21

Tabel 3.9 A-vægtede middelspektre for hjælpeaggregater, dB relativt til L_{WA}



Figur 3.10 A-vægtede middelspektre for hjælpeaggregater, dB relativt til L_{WA}

- O Kølemaskine, eldrift
- * Kølemaskine, dieselmotordrift
- Δ Transportkompressor

3.6 Jernbanemateriel

På nogle virksomheder foregår der kørsel med jernbanemateriel. Der kan være tale om virksomheder med eget godsspor, som lejlighedsvis får leveret eller afhentet gods, virksomheder med jævnlig kørsel eller rangering, eller egentlige rangerianlæg.



Især for de sidstnævnte virksomhedstypers vedkommende kan der forekomme betydende støjbidrag fra jernbanemateriellet. Støjbidragene hidrører dels fra de anvendte lokomotiver, dels fra jernbanevognene og fra sporene (fx kurveskrig). Hvor der anvendes stødrangering forekommer der desuden støj fra pufferstød og fra de anvendte bremseanordninger, hæmsko eller automatiske retardere.

I [28] er støjforholdene omkring rangering beskrevet. Rapporten indeholder også typiske kildestyrker for et antal af de støj-kilder, der forekommer på rangeranlæg. For at illustrere hvilken størrelse af kildestyrker, der kommer på tale, skal her nævnes:

Dieselstrækningslokomotiver: Tomgang $L_{WA} = 105$ dB re 1 pW
Kørsel $L_{WA} = 120$ dB re 1 pW

Små rangerlokomotiver: Tomgang $L_{WA} = 93$ dB re 1 pW
Kørsel $L_{WA} = 108$ dB re 1 pW



4. KILDESTYRKE

Ved beregning af den eksterne støj fra kørsel og transport mv. på virksomheder skal der ofte benyttes forskellige korrektioner til de anførte kildestyrker. Der skelnes her imellem støjkil-der, som bevæger sig, og støjkilder, der står stille eller be-tragtes som stillestående.

Stillestående støjkilder er køretøjer, der holder i tomgang, og henstillede køle-/frysevogne og pulver/granulattransportvogne, der holder og læsser af. Køretøjer, der kører rundt indenfor et afgrænset område, kan under visse betingelser betragtes som stillestående støjkilder i områdets støjmæssige tyngdepunkt, jf. Figur 2.3.

4.1 Stillestående støjkilder

Stillestående støjkilder er sædvanligvis kun i drift i en del af det betragtede referencetidsrum. (Referencetidsrummet er den periode, for hvilken L_{Aeq} skal bestemmes. Referencetidsrummet er 8 timer om dagen, 1 time i aftenperioden kl. 18-22 og ½ time i natperioden kl. 22-07).

Hvis støjkilden sammenlagt er i drift i tidsrummet t i løbet af referencetidsrummet T , bestemmes den varighedskorrigerede kildestyrke, L'_{WA} , som:

$$L'_{WA} = L_{WA} + 10 \log \frac{t}{T}$$

4.2 Bevægelige støjkilder

For bevægelige støjkilder fastlægges de køreveje, som støjkil-derne bevæger sig ad. Kørevejene opdeles i delstrækninger under hensyntagen til afstandsforhold mv. til det relevante bereg-ningspunkt.



Opdelingen af køreveje i delstrækninger foretages efter disse retningslinier:

- Lydudbredelsesforholdene (for eksempel skærmning, refleksion) skal være ensartede for hele delstrækningen
- Længden af delstrækningen skal være mindre end 1,5 gange afstanden fra beregningspunktet til delstrækningens midtpunkt
- Afstanden fra beregningspunktet til delstrækningens fjerneste punkt skal være mindre end dobbelt så stor som afstanden til dens nærmeste punkt

Hver delstrækning tildeles en ækvivalent punktkilde med en varighedskorrigeret kildestyrke, som i princippet beregnes som beskrevet i forrige afsnit: Som den samlede driftstid t_i regnes det tidsrum, hvor køretøjer af den pågældende type befinder sig på den pågældende delstrækning. Den ækvivalente punktkilde anbringes midt på delstrækningen.

Den varighedskorrigerede kildestyrke for en delstrækning er:

$$L'_W = L_W + 10 \log \frac{t}{T} = L_W + 10 \log N \frac{l}{v \cdot T}$$

- L'_W = kildestyrke af delstrækningen = varighedskorrigeret styrke af kilden [dB re 1 pW]
 t = den tid, kilden ialt kører på delstrækningen [sek.]
 T = referencetidsrummets længde [sek.]
 N = antal gennemkørsler i løbet af referencetidsrummet [-]
 l = længden af delstrækning [m]
 v = kildens (konstante) fart [m/s]

Hvis kildens fart varierer på en delstrækning, bruges gennemsnitsfarten.



Eksempel

En kørevej på en virksomhed inddeles i 3 delstrækninger på 10, 15 og 20 meters længde. Find den varighedskorrigerede kildestyrke for lastvogne, som kører med svag acceleration og fart 10 km/t på de tre delstrækninger. I løbet af de mest trafikerede 8 timer i dagperioden kører der 6 lastbiler på kørevejen.

For delstrækningen på 10 m findes:

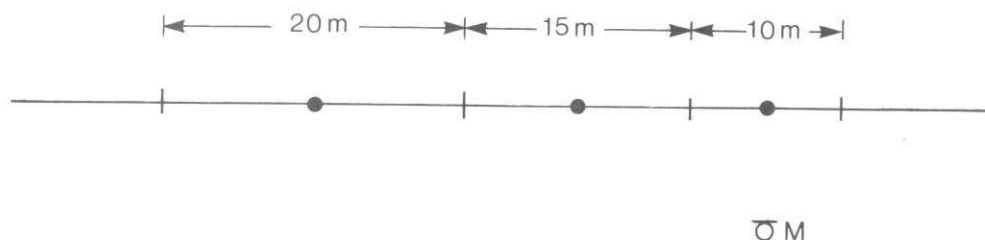
$$\begin{aligned} L'_{WA} &= 101 \text{ dB} + 10 \log 6 \cdot \frac{10 \text{ (m)}}{(10 \times 1000/3600) \text{ (m/s)} (8 \cdot 3600) \text{ (s)}} \\ &= 101 \text{ dB} + 10 \log 6 \cdot \frac{10}{2,78 \cdot 28.800} \\ &= 101 \text{ dB} + 10 \log (7,50 \times 10^{-4}) \\ &= 101 - 31,3 \text{ dB} = 69,75 \text{ dB} \approx 70 \text{ dB re 1 pW} \end{aligned}$$

For delstrækningen på 15 m findes tilsvarende:

$$L'_{WA} = 71,51 \text{ dB} \approx 72 \text{ dB re 1 pW}$$

og for delstrækningen på 20 m:

$$L'_{WA} = 72,76 \text{ dB} \approx 73 \text{ dB re 1 pW}$$



Skitse af kørevej opdelt i 3 delstrækninger. Desuden vist beregningspunkt M, 7,5 m fra midtpunktet af den korteste delstrækning.

Ved brug af den fælles nordiske beregningsmetode for virksomhedsstøj beregnes bidragene til $L_{Aeq,8timer}$ i punktet M fra de tre delstrækninger til: $L_{Aeq} = 44,7$; $40,5$ og $34,7$ dB re $20 \mu\text{Pa}$. Der er her forudsat en frekvenssammensætning af støjen som angivet i Tabel 3.2; at højden af kilde og modtagepunkt er 1,5 m over terræn samt at terrænet er plant og akustisk hårdt. Den samlede støjbelastning fra de tre delstrækninger er:

$$\begin{aligned} L_{Aeq,8timer} &= 10 \log (10^{4,47} + 10^{4,05} + 10^{3,47}) \\ &= 10 \log (43.683,49) = 46,4 \text{ dB} \approx 46 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa} \end{aligned}$$



Det ses, at for hver type af bevægelige støjklnder på en virksomhed fremkommer der et antal ækvivalente punktklnder, én for hver delstrækning.

I nogle tilfælde er det relevant at reducere antallet af ækvivalente punktklnder i en støjberegning, hvorved regnearbejdet bliver mindre. Til gengæld opnås ikke så detaljerede resultater.

Ækvivalente punktklnder, som hidrører fra forskellige køretøjstypers kørsel på samme delstrækning, kan umiddelbart slås sammen, hvis kildehøjderne er ens. Herefter beregnes der så kun for én ækvivalent punktkilde, hvis kildestyrke er energisummen af de varighedskorrigerede kildestyrker.

Ækvivalente punktklnder, som hidrører fra forskellige delstrækninger, kan slås sammen hvis den resulterende delstrækning overholder de betingelser, som gælder for opdeling af køreveje.

4.3 Korrektion for impulser og toner

Hvis den eksterne støj fra en virksomhed indeholder tydeligt hørbare impulser eller tydeligt hørbare toner, skal L_{Aeq} af støjen korrigeres med +5 dB, for at der opnås et gyldigt mål for støjbelastningen. Det kan ikke ved beregninger afgøres, hvorvidt støjen indeholder tydeligt hørbare impulser eller tydeligt hørbare toner. Dette må afklares i hvert enkelt tilfælde ved en måling eller en subjektiv vurdering. Ved forudberegning af støjen fra virksomheder, må man tillægge en "sikkerhedsmargen" på 5 dB, hvis beregningerne viser, at der forekommer betydelende bidrag fra støjklnder, som erfaringsmæssigt frembringer kraftige impulser eller tydelige toner.



I en række tilfælde forekommer der i forbindelse med kørsel og intern transport på virksomheder støj med kraftige impulser. Dette kan være tilfældet ved:

- Kørsel på ujævn belægning med løst gods eller med ubelastet gaffeltruck (klaprende gafler)
- Udendørs materialehåndtering

Ved P-pladser, servicestationer mv., hvor der hyppigt forekommer smækken med bildøre, kan det også komme på tale at give impulstillæg.

Tydelige toner kan bl.a. forekomme i støjen fra transportkompressor.



5. STØJDÆMPNING

Den støj, der optræder i forbindelse med kørsel og intern transport på virksomheder, hidrører fra mange forskellige støj-kilder. Der kan derfor ikke gives en enkel oversigt over de muligheder for støjdamning, der i de enkelte tilfælde er relevante eller mulige.

Mulighederne for støjdamning afhænger bl.a. af, om de betyden-de støjbidrag kommer fra:

- "fremmede", indregistrerede køretøjer (fx lastbiler fra vognmænd eller leverandører),
- virksomhedens egne indregistrerede køretøjer, eller
- køretøjer som udelukkende anvendes internt på virksomheden (fx gummihjullæssere, gaffeltrucks o.l.)

Ud over de muligheder, der foreligger for at støjdampe selve køretøjerne, kan transporten støjdampe på forskellige måder. Der kan opføres støjskærme omkring de benyttede køreveje og arbejdsområder; arbejdsområderne kan flyttes, så støjen herfra udsendes i mindre kritiske retninger; eller kørslen kan flyttes til eller fordeles på tidsrum med højere støjgrænser.

5.1 Dæmpning af motorstøj

Under de driftsforhold, som er mest almindelige ved kørsel og intern transport på virksomheder, udsendes den væsentligste del af støjen fra køretøjernes motorer. Motorstøjens mest betydende bidrag er normalt:

- støj fra motorblok og transmission
- udstødsstøj
- støj fra køleventilator

Støjen fra motorblok og transmisison er strukturlyd, som frem-bringes af stød og vekselkræfter inde i strukturen og udstråles fra overfladen. Strukturlydens styrke afhænger såvel af exci-



tationskræfterne som af strukturens evne til at udstråle lyd. Støjbidraget kan dæmpes effektivt ved indkapsling af motor (og evt. gearkasse). Ved indkapslingen aflukkes motorrummet helt tæt til alle sider, og til- og fraledning af køleluft sker via lydsluser. Indkapslinger udføres normalt oplukkelige af hensyn til service og reparation.

På de fleste busser og på mange last- og varevogne kan motorindkapsling udføres med standardkomponenter. I Vesttyskland findes en særlig kategori af støjsvage køretøjer, som fx har tilladelse til at køre i byområder på tidspunkter, hvor det ellers er forbudt. Disse køretøjer er udviklet ud fra standardtyper, og mange af de anvendte foranstaltninger vil umiddelbart kunne overføres herfra til andre køretøjer.

På flere typer af gummihjullæssere er der udført motorindkapsling [30], og et firma som Caterpillar leverer særligt støjdæmpede maskiner, hvor bl.a. motoren er indkapslet [31]. Principperne kan også anvendes på mindre køretøjer som fx gaffeltrucks [30].

Den fabriksmonterede udstødslyddæmper bevirker for alle typer af køretøjer en vis dæmpning af udstødsstøjen. Det er i de fleste tilfælde muligt at udskifte lyddæmperen til en specielt optimeret type, hvorved den lavfrekvente udstødsstøj typisk vil kunne reduceres med op mod 10 dB. Det er ikke enkelt at dimensionere eller optimere en udstødslyddæmper fordi en række forhold, herunder motorens virkemåde og konstruktion, resonanser i til- og afgangsrørene, pladsforhold mv., har indflydelse på lyddæmperens virkemåde og på mulighederne for dens udformning. Oftest må tilpasningen mellem motor, udstødssystem og lyddæmper foretages på et empirisk grundlag.

Køleluftblæseren giver på nogle køretøjer et væsentligt støjbidrag. Ofte skyldes støjen dårlige strømningsforhold omkring ventilator og indsugningsgitter, køleradiator mv. forårsaget af pladsproblemer. I tilfælde hvor der foretages indkapsling af motoren vil der i mange tilfælde også ændres på køleluftblæse-



rens placering eller type (ændret propeltype, fx). Herved kan strømningsforholdene forbedres, og der kan eventuelt desuden indføjes en lydsluse, som dæmper både ventilatorstøjen og motorstøjen. Motorindkapsling, udskiftning af udstødslyddæmper og af køleventilator bør i almindelighed udføres af fabrikanten eller af et specialfirma.

Det er konkluderet i mange udviklingsprojekter om støjsvage køretøjer, at det er muligt med velkendt teknologi at nedbringe støjen fra busser, lastbiler og terrængående lastbiler med omkring 10 dB. Når de støjdæpende foranstaltninger er korrekt udført, har de ikke negativ indvirkning på køretøjernes holdbarhed, driftssikkerhed eller service-venlighed. Merprisen for et støjdæmpet køretøj varierer fra 2-5% (for serieproducerede støjsvage køretøjer) til omkring 10% for specielt udførte støj-dæmpning.

Ved støj-dæmpning af store gummi-hjullæssere er der opnået 15-20 dB reduktion i forhold til tilsvarende, ældre standardtyper. Omkostningerne har været omkring 10% af indkøbsprisen [30]. Figur 5.1 viser en stor gummi-hjullæsser med kildestyrke ca. $L_{WA} = 104$ dB re 1 pW.

Det må forventes, at efterhånden som støjkravene til køretøjer og entreprenørmaskiner mm. i den umiddelbare fremtid skærpes, vil flere af de mulige støj-dæpende foranstaltninger blive anvendt allerede ved fremstillingen. Potentialet for støj-dæmpning bliver derefter mindre.

Det kan skønnes på grundlag af resultaterne fra flere projekter om støj-dæmpning af lastbiler mv., at den højest opnåelige reduktion af støjen svarer til en kildestyrke på omkring $L_{WA} = 102-107$ dB under maksimal acceleration ved en ISO-måling. Det er tilsvarende vurderet, jf. bl.a. Figur 3.8, at hjullæssere vil kunne støj-dæmpes ned til en kildestyrke på omkring $L_{WA} = 100$ dB, men lavere resultater er oplyst, bl.a. [30]. Der foreligger ikke mange erfaringer med støj-dæmpning af mindre maskiner som gaffeltrucks, små læssere mv. Det forventes imidlertid



Figur 5.1 Dæmpet gummihjullæsser, HMA Industriakustik [30]

at en reduktion på op mod 5 dB burde være opnåelig med forholdsvis enkle midler, svarende til en kildestyrke på $L_{WA} = 98-101$ dB.

5.2 Dæmpning af støj fra larvebånd

På larvebåndslæssere og -dozere er larvebåndspladerne en kraftig delstøjkilde.

Firmaet Enmaco har for larvebåndsmaskiner af fabrikat Caterpillar udarbejdet en støjdæmningsmetode, hvor de enkelte larvebåndsplader forsynes med et dæmpemateriale [31]. Det er oplyst, at den eksterne støj herved nedbringes med 5-7 dB afhængigt af driftsforholdene.



Der eksperimenteres for tiden med larvebånd og drivhjul af gummi eller kunststof. Disse reducerer den eksterne støj betydeligt i forhold til støjen fra sædvanlige stål-larvebånd. Metoden er imidlertid endnu ikke udviklet, så den kan anvendes på store maskiner.

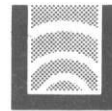
5.3 Dæmpning af støj fra hjælpeaggregater

De færreste hjælpeaggregater til lastbiler, fx kølemaskiner, transportkompressorer, anlæg til skraldkomprimering mv., er konstrueret med henblik på støjsvagthed. Ofte støjer sådanne anlæg kraftigt, og ved drift i natperioden eller tidligt om morgenen kan der opstå alvorlige støjgener.

I forbindelse med konstruktion eller montage af hjælpeaggregater kan de fleste kendte støjdæmningsmetoder udnyttes, herunder indkapsling, vibrationsisolering, lydsluger mv., og det forventes, at støjen vil kunne nedbringes med ihvertfald 10 dB. Ved støjdæmpning af bestående anlæg må der imødeses praktiske problemer, bl.a. pladsproblemer og problemer med tilstrækkelig kølelufttilgang, og det forventes ikke, at støjen kan dæmpes væsentligt mere end ca. 5 dB.

Køleaggregater, som kan drives både af en indbygget dieselmotor og af en elektromotor, støjer typisk ca. 7 dB mindre under eldrift end under dieseldrift. En støjdæmpning af denne størrelse kan derfor opnås ved opmarchbåse og pladser, hvor kølevogne står henstillet, ved at ændre dieseldrift til eldrift.

Til transport af pulver og granulater er der på mange virksomheder installeret stationære transportkompressorer, som støjer betydeligt mindre end de kompressorer, der er monteret på lastvogne. I tilfælde, hvor der er støjproblemer hidrørende fra køretøjsmonterede transportkompressorer, kan der opnås en væsentlig støjdæmpning ved at installere et stationært støjsvagt anlæg, som bruges i stedet for lastvognenes.

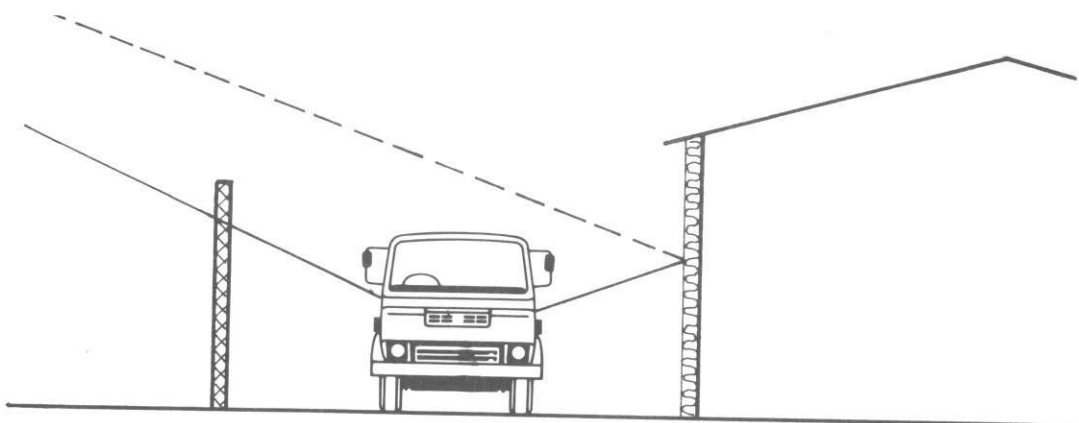


5.4 Alternativer til støjdæmpning

Støjen fra kørsel og intern transport på virksomheder kan nedbringes ved at støjdampe de enkelte køretøjer, som det er beskrevet i de foregående afsnit. I mange tilfælde findes der imidlertid andre fremgangsmåder, som kan være mere hensigtsmæssige.

Støjafskærmning

Således kan der opføres støjskærme langs en virksomheds køreveje, hvorved støjbelastningen af omgivelserne reduceres. Den dæpende virkning af støjskærme afhænger af skærmens højde og længde, afstandene kørevej - skærm og skærm - beregningspunkt, samt af hvorvidt der forekommer betydende reflekterede støjbidrag. Det er en forudsætning at skærmen er tæt og opbygget af et egnet og tilstrækkeligt tungt materiale (fladevægt over 10 kg/m^2). Virkningen af en støjskærm beregnes med den fælles nordiske beregningsmetode for ekstern støj fra virksomheder [15]. I gunstige tilfælde kan støjen reduceres med indtil omkring 15 dB, men i mange tilfælde er skærmvirkningen ikke over ca. 5 dB. Hvis støjen reflekteres fra bygningsfacader (eller fra støjskærmen), kan der opsættes en lydabsorberende beklædning, som dæmper refleksionen, jf. Figur 5.2.



Figur 5.2 Absorberende facadebeklædning til dæmpning af reflekteret støj



I nogle tilfælde kan køreruter, læsseområder mv. på en virksomhed lægges, så virksomhedens egne bygninger virker som støjskærme. Der kan herved opnås en betydelig reduktion af den eksterne støj for meget beskedne omkostninger.

Især ved virksomheder, hvor køretøjerne kun bevæger sig over et mindre område, kan der opnås gode resultater med støjafskærmning. Sådanne støjklender er fx henstillede kølevogne og lastbiler eller traktorer, der holder i kø eller kører på et begrænset område i forbindelse med aflæsning.

På mindre virksomheder, hvor der dagligt foregår et par timers kørsel udendørs med gaffeltruck, vil støjbidraget herfra ofte være bestemmende for støjbelastningen fra virksomheden. Dette støjbidrag kan reduceres betydeligt ved at opføre overdækkede læsseramper eller læsseområder i forbindelse med støjskærme. Herved kommer væsentlige dele af kørslen til at foregå inden-dørs.

Jævn belægning

Den impulsagtige støj, der opstår ved kørsel på en ujævn belægning, fx fra løsgods på fladvogne og tomme gafler på gaffeltrucks, kan minimeres ved omhyggelig vedligeholdelse af belægningen. Andre årsager til denne form for støj kan være bundlister eller andre former for niveauspring i porte eller på læsseramper.

Da denne form for støj ofte giver anledning til, at støjbelastningen af omgivelserne indeholder et impulstillæg på 5 dB, vil en effektiv dæmpning af impulserne medføre at støjbelastningen nedbringes med ihvertfald 5 dB.

Kørselsintensitet

I tilfælde, hvor der forekommer store problemer med støj fra kørsel i aften- og nattetimerne, kan det være en løsning helt at undlade kørsel i disse tidsrum og henlægge den til dagperio-



den. En mindre drastisk løsningsmulighed er at fordele kørslen jævnt. Støjbelastningen skal sædvanligvis bestemmes for den mest støjbelastede periode på:

- 8 timer i dagperioden (ofte kl. 07-18)
- 1 time i aftenperioden (ofte kl. 18-22), og
- ½ time i natperioden (ofte kl. 22-07)

Ved at tilrettelægge virksomhedens kørsel, så ikke al til- og frakørsel foregår inden for de samme 30 minutter om natten, kan støjbelastningen nedbringes. Det skal i denne forbindelse erindres, at der for natperioden almindeligvis gælder et supplerende støjkrav, hvor den maksimale værdi af lydtrykniveauet, L_{pAmax} , ikke må overskride grænseværdien for støjbelastning med mere end 15 dB. Som hovedregel bør kørsel, udendørs materialehåndtering mv. i natperioden undgås eller reduceres mest muligt.

Køremåde

Når køretøjer køres med høj motorbelastning (fx kraftig acceleration), støjer de op mod 5 dB mere end ved moderat kørsel, ofte uden at gennemsnitsfarten øges væsentligt.

Ved kørsel under begrænsede pladsforhold observeres det ofte, at der køres med højere motorbelastning end påkrævet. I disse tilfælde kan der opnås en reduktion af støjbelastningen (og iøvrigt også af luftforureningen) ved at instruere chaufførerne i at køre med moderat acceleration.

For at tilskynde til denne køremåde er der på enkelte virksomheder opsat en automatisk støjvagt, som tænder et rødt lys, når det maksimale lydtrykniveau overskrider en indstillet størrelse.

Ændring af transportprincip

En meget betydelig reduktion af støjen fra kørsel og intern transport på virksomheder kan opnås ved at ændre på transportprincipperne.



Ved at benytte selvkørende transportmaskiner som fx lastbiler, gaffeltrucks og hjullæssere opnås en meget stor fleksibilitet, men samtidigt stor støjudsendelse. Transport på lukkede transportbånd eller i rørsystemer kan udføres meget støjsvagt, men er ikke et generelt anvendeligt princip. I nogle tilfælde kan trucks eller biler med forbrændingsmotor udskiftes til eldrevne køretøjer, som typisk støjer 20 dB mindre. Sædvanligvis er kapaciteten imidlertid også lavere, så transporten foregår langsommere.



6. REFERENCER

- [1] "Detailforskrifter for køretøjer 1988". Justitsministeriet, Færdselssikkerhedsafdelingen. Bekendtgørelse fra Justitsministeriet, København 1988.
- [2] "Rådets direktiv af 6. februar 1970 om tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om tilladt støjniveau og udstødssystemer for motordrevne køretøjer". Direktiv 70/157/EØF.
- [3] "Måling af støj fra motorkøretøjer". Dansk Standard DS 2070, 1. udgave. Februar 1966.
- [4] "Measurement of Noise Emitted by Vehicles". International Standard Recommendation ISO R 362, 1964.
- [5] "Kommissionens direktiv af 13. april 1981 om tilpasning til den tekniske udvikling af Rådets direktiv 70/157/EØF om tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om tilladt støjniveau og udstødssystemer for motordrevne køretøjer". Direktiv 81/334/EØF.
- [6] "Acoustics - Measurement of Noise Emitted by Accelerating Road Vehicles - Engineering Method". International Standard ISO 362, 1981.
- [7] "Akustik. Måling af støj fra accelererende motorkøretøjer. Teknisk metode (klasse 2 metode)". Dansk Standard DS/ISO 362. Januar 1984.
- [8] "Rådets direktiv af 22. december 1986 om begrænsning af støjemissionen fra hydrauliske gravemaskiner, gravemaskiner med tove, dozere og læssere samt grave-læssmaskiner". Direktiv 86/662/EØF.
- [9] "Acoustics - Measurement of airborne noise emitted by earth-moving machinery - Method for determining compliance with limits for exterior noise - Stationary test conditions". International Standard ISO 6393-1985.
- [10] "Acoustics - Measurement of exterior noise emitted by earth-moving machinery - Dynamic test conditions". International Standard ISO 6395-1988.



- [11] "Geräuschmessung an Maschinen. Luftschallmessung, Hüllflächen-Verfahren. Sitz-Gabelstapler mit Antrieb durch Verbrennungsmotor". DIN 45 635 Teil 36, März 1981.
- [12] "Methode voor het bepalen van het geluidsvermogensniveau in dB(A) dat wordt uitgestraald door een heftruck". Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubekeer, AIT 83/18/1, Leidschendam, Oktober 1984.
- [13] Jakobsen, J.; Kragh, J.: "Måling og beregning af støj fra intern kørsel på virksomheder". Teknisk Rapport LI 171/89. Lydteknisk Institut, Lyngby 1989.
- [14] Pinnow, H.: "Lärmuntersuchungen an grossen Baumaschinen". Institut für Maschinenwesen im Baubetrieb. Universität Karlsruhe. UBA-rapport 80-105 03 401, Umweltbundesamt, Berlin 1980.
- [15] "Beregning af eksternt støj fra virksomheder. Fælles nordisk beregningsmetode". Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. XX/1989.
- [16] Jakobsen, J.; Kragh, J.: "Støj fra køretøjer. Baggrundsnotat om støjdata fra litteraturen". Teknisk Notat LI 211/89, Lydteknisk Institut, Lyngby 1989.
- [17] Støjdata fra rådgivende ingeniørfirma Johs. Jørgensen A/S, personlig kommunikation.
- [18] Støjdata indsamlet under behandling af sager og opgaver på Lydteknisk Institut.
- [19] Støjdata for dumpere, hjullæssere mm. fra Aalborg Portland, personlig kommunikation.
- [20] Støjdata for maskiner til kulhåndtering på kraftværker, dk-Teknik. Personlig kommunikation.
- [21] Støjdata for traktorer under langsom og jævn kørsel fra Jysk Teknologisk, Lydteknik. Personlig kommunikation.

- 
- [22] Andersen, B.; Jakobsen, J.; Kragh, J.: "Støj fra tunge køretøjer. Muligheder for begrænsning". Teknisk Rapport LI 26/87, Lydteknisk Institut, Lyngby 1987.
- [23] "Beregningsmodel for vejtrafikstøj". Vejdatalaboratoriet, Rapport 23, Herlev 1981.
- [24] "Schallschutz im Städtebau. Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen". Entwurf DIN 18005 Teil 1, April 1982.
- [25] Støjoplysninger fra Thermo King Danmark, Knud Hansen Køleanlæg A/S.
- [26] Støjoplysninger fra Paul Klinge Produktion A/S (Carrier).
- [27] Støjoplysninger fra Zepro Danmark A/S.
- [28] Støjoplysninger fra Poul Andersens Maskinfabrik A/S.
- [29] Jakobsen, J.; Kragh, J.: "Beregningsanvisninger for støj fra rangering". Teknisk Rapport LI 922/83, Lydteknisk Institut, Lyngby 1983.
- [30] Personlig kommunikation med HMA Industriakustik (tidl. Ikas, Lydteknisk afd.).
- [31] Personlig kommunikation med Enmaco (Caterpillar).