

# **Vejledning fra Miljøstyrelsen**

Nr. 5 1985

## **Beregning af støj fra jernbaner**

**Miljøstyrelsen**

**Vejledning fra Miljøstyrelsen  
Nr. 5 1985**

# **Beregning af støj fra jernbaner**

**Fælles nordisk beregningsmetode**

**Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen**

# Indholdsfortegnelse

|                                                              | Side |
|--------------------------------------------------------------|------|
| 2. Introduktion .....                                        | 3    |
| 2. Forudsætninger og begrænsninger .....                     | 4    |
| 3. Metodens opbygning, $L_{Aeq,24h}$ .....                   | 5    |
| 4. Basisværdien, $L_{Aeq,basis}$ .....                       | 5    |
| 5. Korrektion for togtypen, $\Delta L_{type}$ .....          | 5    |
| 6. Korrektion for farten, $\Delta L_{fart}$ .....            | 6    |
| 7. Korrektion ved delstrækning, $\Delta L_{delstr.}$ .....   | 7    |
| 8. Korrektion for terræn, $\Delta L_{terræn}$ .....          | 8    |
| 9. Korrektion for skærmning, $\Delta L_{skærm}$ .....        | 9    |
| 10. Diverse korrektioner, $\Delta L_{div.}$ .....            | 10   |
| 11. Summation af bidrag til $L_{Aeq,24h}$ .....              | 11   |
| 12. Eksempel og beregningsskema .....                        | 11   |
| 13. Metodens opbygning, $L_{pAmax}$ .....                    | 18   |
| 14. Basisværdien, $L_{pAmax,basis}$ .....                    | 18   |
| 15. Korrektion for togtypen, $\Delta \hat{L}_{type}$ .....   | 20   |
| 16. Korrektion for farten, $\Delta \hat{L}_{fart}$ .....     | 21   |
| 17. Korrektion for terræn, $\Delta \hat{L}_{terræn}$ .....   | 21   |
| 18. Korrektion for skærmning, $\Delta \hat{L}_{skærm}$ ..... | 22   |
| 19. Diverse korrektioner, $\Delta \hat{L}_{div.}$ .....      | 23   |
| 20. Eksempel og beregningsskema .....                        | 23   |
| 21. Referencer .....                                         | 31   |
| Appendix 1: Formeludtryk til beregning af jernbanestøj ...   | 31   |
| Registreringsblad .....                                      | 36   |

# 1. Introduktion

Ved hjælp af denne beregningsmetode kan det A-vægtede lydtrykniveau af den udendørs støj fra jernbanetrafik bestemmes.<sup>1)</sup> Som beregningsresultat fås enten det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau på døgsbasis,  $L_{Aeq,24h}$  eller maksimalværdien  $L_{pAmax}$  af det A-vægtede lydtrykniveau ved en togpassage.

Beregningsmetoden er oprindeligt udarbejdet som en fælles nordisk metode, ref. [1]. Den her foreliggende version er en omarbejdet version af ref. [1]. Ved omarbejdningen er anvisningerne på bestemmelse af  $L_{Aeq,24h}$  og  $L_{pAmax}$  givet i hver sin selvstændige del. Dette er gjort for at lette brugeren i situationer, hvor kun den ene størrelse skal bestemmes. Flere af korrektionerne er identiske for de to beregningsstørrelser. De to dele er dermed stedvist næsten identiske. De dele af ref. [1], som er medtaget i nærværende beregningsmetode er identiske med ref. [1] med undtagelse af typekorrektionerne i afsnit 5 og 15.

Beregningsmetoden er et alternativ til de relativt omfattende målinger, som normalt er nødvendige for at bestemme støjniveauet med rimelig nøjagtighed. Den er tænkt som hjælpemiddel ved planlægning af områder langs banestrækninger i forbindelse med fastlæggelse af bl.a.

- arealanvendelse
- bygningsplacering og -anvendelse
- bygningsudformning og ved
- afhjælpning af støjproblemer

Metoden kan også bruges ved vurdering af de støjmæssige virkninger af ændringer af trafikken.

Lydteknisk Institut har omarbejdet ref. [1] til nærværende beregningsmetode. I forbindelse med det nordiske projektgruppearbejde, hvis foreløbige resultat er denne beregningsmetode, udarbejdede Lydteknisk Institut endvidere et supplement, ref. [2], der indeholder anvisninger på beregning af støjen fra stationsområder, rangerterræner og godsterminaler.

De formeludtryk, som er angivet i appendix 1, stammer fra ref. [3]. Der er ikke helt overensstemmelse mellem resultater af beregninger udført ved brug af hhv. nomogrammerne fra ref. [1] og beregningsudtrykkene. Afvigelser på op til 1 dB kan optræde, især i forbindelse med beregning af skærmmorrektionen. Det anbefales at anse resultater af beregninger efter formeludtrykkene for korrekte og resultater aflæst i nomogrammer for tilnærmelser.

---

1) ref. [1] omtaler ganske kort støj overført via terræn og bygningsfundamenter, og støjens frekvenssammensætning nær spor til brug for beregning af støjen inden-dørs.

## 2. Forudsætninger og begrænsninger

Beregningsmetoden forudsætter bl.a.

- Langskinnesor. Ved sammenlaskede spor korrigeres som angivet i afsnit 10 og 19.
- Almindeligt godt vedligeholdte spor og rullende materiel. Dårlig vedligeholdelsestilstand af skinner eller hjul kan for eksempel øge det A-vægtede lydtrykniveau med 5 dB eller mere.
- De såkaldte kurveskrig, bremsesøj og støj fra advarselssignaler er ikke medtaget i beregningsmetoden. Specielt kan kraftige signaler fra lokomotiver forventes at være betydningsfulde både for støjniveauet og for menneskers reaktion på støjen, hvor de bruges regelmæssigt på samme sted.
- Den støj, som udstråles fra vogne og lokomotiver er stort set uændret i forhold til situationen i 1982.
- Støj fra hjælpedstyr, f.eks. køle- og varmeanlæg, samt støj fra skramlen af gods osv. er ikke medtaget.
- Beregningsresultaterne svarer til de støjniveauer, man kan måle, når støjen udbreder sig i svag medvind og/eller ved svag positiv temperaturgradient. Især nær ved porøse terrænoverflader og bag skærme varierer støjniveauerne meget, afhængigt af vejrforholdene.
- Terrænoverfladen forudsættes at være uden sne og ikke frossen.
- Den beregnede værdi af  $L_{pAmax}$  er tilstræbt at svare til den værdi, man ville måle med tidsvægtning SLOW (S).

I situationer uden skærmning har vejret i almindelighed kun ringe indflydelse på støjniveauet mindre end ca. 25 m fra sporet. Ved større afstande vil almindeligt forekommende variationer i vejrforholdene kunne bevirke forandringer på 10 dB eller mere af det A-vægtede lydtrykniveau. For bl.a. at undgå disse store usikkerheder, gælder beregningerne for medvindsforskel. Eventuelle kontrolmålinger må udføres under tilsvarende forhold.

Kontrolmålinger bør i øvrigt udføres sådan, at man opnår at bestemme gennemsnitsværdier for et antal togpassager. Forskellige tog af samme type kan give anledning til væsentligt forskellige støjniveauer. Dette gælder især for korte tog. Man bør i almindelighed bestemme den aritmetiske middelværdi af  $L_{pAmax}$  ved forbikørsel og energimiddelværdien af  $L_{Aeq}$ -måleresultater.

Støjen fra hjul/skinnekontakten dominerer ofte over støjen fra andre delkilder. Datagrundlaget er da relativt pålideligt. Datagrundlaget om støjen fra nogle typer af lokomotiver er mindre omfattende. De angivne korrektioner for togtypen i afsnit 5 og 15 er baseret på middelværdier af danske måleresultater, ref. [4].

Metoden vil i de fleste enkle beregningssituationer have en nøjagtighed på  $\pm 2$  dB for  $L_{Aeq,24h}$  og  $\pm 5$  dB for  $L_{pAmax}$ .

### 3. Metodens opbygning, $L_{Aeq,24h}$

Ved beregning af  $L_{Aeq,24h}$  fastsættes først en basisværdi, som er gyldig i en bestemt, enkel situation.

Basisværdien korrigeres derpå for beregningssituationens afvigelser (f.eks. terrænforhold) fra denne enkle situation.

Beregningen udføres ved hjælp af udtrykket [3.1]:

$$L_{Aeq,24h} = L_{Aeq,basis} + \Delta L_{type} + \Delta L_{fart} + \Delta L_{delstr.} + \Delta L_{terræn} + \Delta L_{skærm} + \Delta L_{div.} \quad [3.1]$$

$L_{Aeq,basis}$  er basisværdien [dB re 20  $\mu$ Pa]

$\Delta L$ -værdierne er korrektioner [dB] for

|                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| togtypen                   | $\Delta L_{type}$    |
| togenes fart               | $\Delta L_{fart}$    |
| delstrækningens længde     | $\Delta L_{delstr.}$ |
| terrænoverfladens virkning | $\Delta L_{terræn}$  |
| skærmes virkning           | $\Delta L_{skærm}$   |
| forskellige andre faktorer | $\Delta L_{div.}$    |

Forekommer der på en strækning flere forskellige togtyper eller tog med forskellig fart, beregnes bidragene for hver type eller fart separat, og bidragene lægges sammen, jfr. afsnit 11.

### 4. Basisværdien, $L_{Aeq, basis}$

Basisværdien bestemmes ved hjælp af figur 1. Som indgangsparametre anvendes den samlede toglængde i meter pr. døgn for den pågældende togtypen, se også Miljøstyrelsens vejledning: »Støj og vibrationer fra jernbaner«, og afstanden af til spormidten målt vinkelret på sporet.

Ved fastsættelse af afstanden a forudsættes støjkilden at være placeret midt på sporet, 0.5 m over skinneoverkanten. Da støjkilden og beregningspunktet ofte er i forskellig højde, er a ofte lidt større end den vandrette afstand fra spormidte til beregningspunkt.

Ved kurver og hvor terrænforholdene varierer i sporets længderetning opdeles banen i delstrækninger. Afstanden a fastlægges som vist i figur 3.

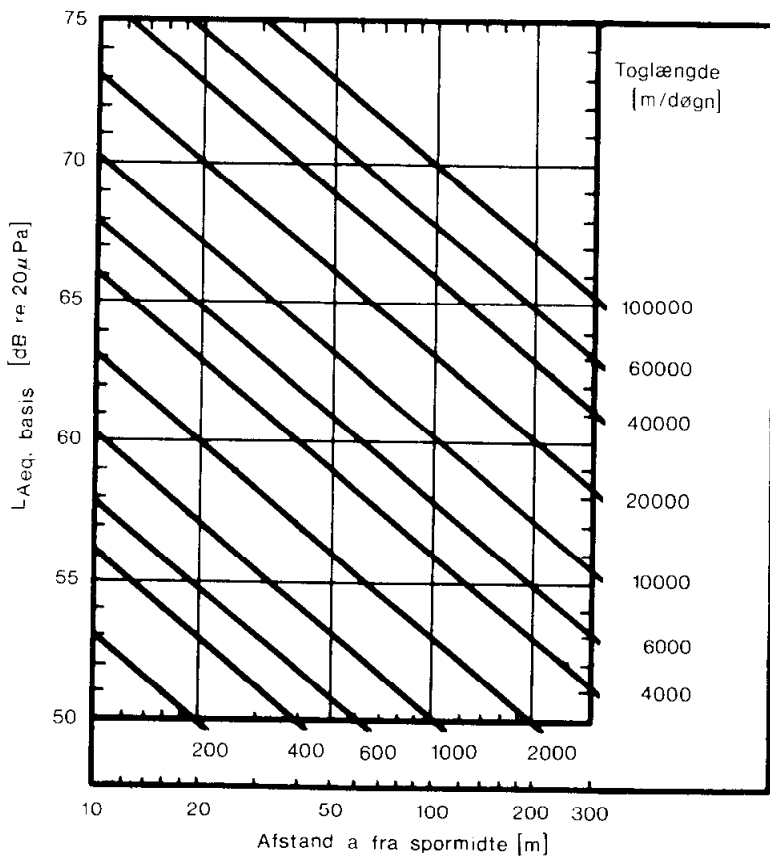
### 5. Korrektion for togtypen, $\Delta L_{type}$

Korrektionen  $\Delta L_{type}$  fastlægges ved hjælp af tabel 1.

Tabel 1.

Korrektionen  $\Delta L_{type}$  for forskellige togtyper, til brug ved  $L_{Aeq}$ -beregninger.

| Togtype                                                                        | $\Delta L_{type}$ [dB] |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Person- og godstog med MX-, MY- MA-, ME- og MA- lokomotiv samt motorvogne (MO) | -1                     |
| MR- og Y-tog                                                                   | -9                     |
| S-tog                                                                          | -5                     |

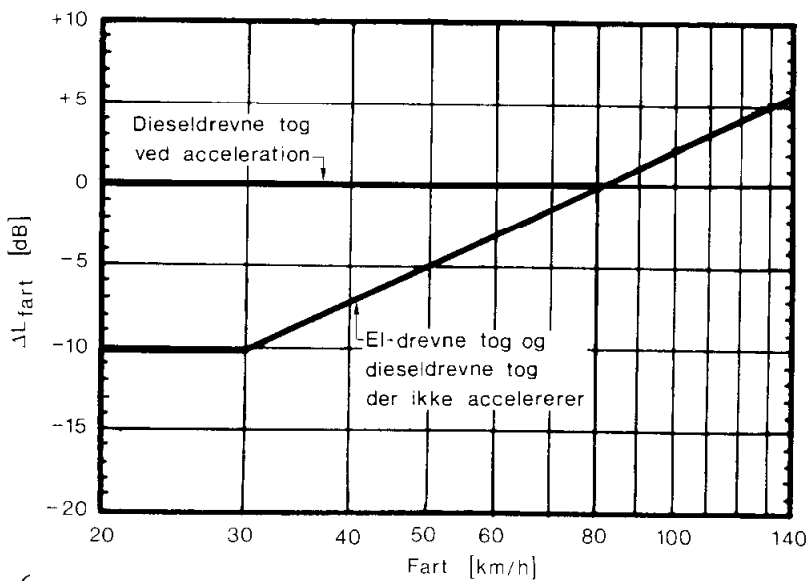


Figur 1.  
Basisværdien,  $L_{Aeq,basis}$ , i afhængighed af toglængde og afstand fra spormidte.

Basisværdien er  $L_{Aeq,24h}$  ved en uendelig lang, retlinet banestrækning med langskinnespor på plant, hårdt terræn, trafikeret af tog med fart 80 km/h.

## 6. Korrektion for farten, $\Delta L_{fart}$

Korrektionen  $\Delta L_{fart}$  for togenes fart fastlægges ved hjælp af figur 2.



Figur 2.  
Korrektionen  $\Delta L_{fart}$  som funktion af togenes fart.

## 7. Korrektion ved delstrækning, $\Delta L_{\text{delstr.}}$

Ofte bidrager trafikken på nogle dele af en banestrækning mere til  $L_{\text{Aeq},24\text{h}}$  end trafikken på andre dele af strækningen. Dette sker for eksempel, når terrænforholdene varierer langs strækningen.

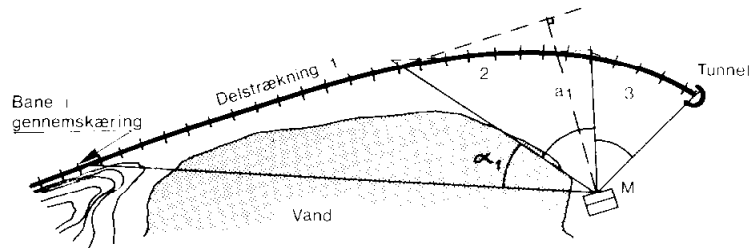
Før beregningen må banestrækningen opdeles i retlinede delstrækninger. Disse vælges, sådan at banens retning, terrænforhold, vegetation mv. kun varierer lidt langs hver delstrækning. Dette er illustreret i figur 3.

Bidragene til  $L_{\text{Aeq},24\text{h}}$  beregnes for hver delstrækning og summeres, jfr. afsnit 11.

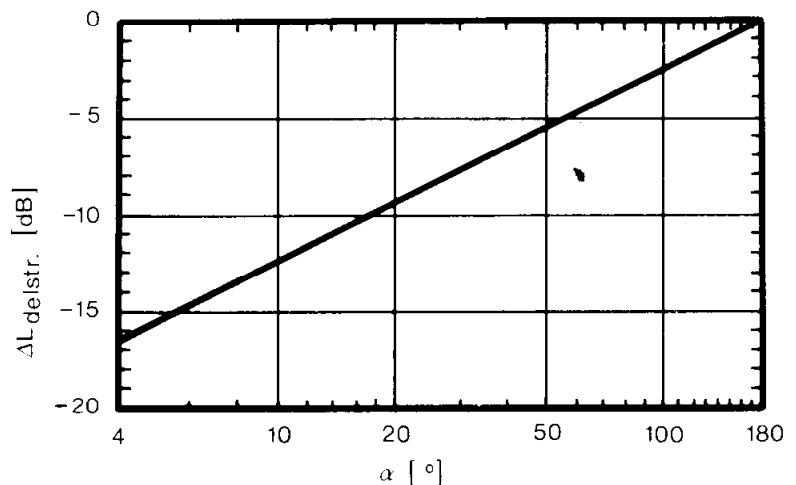
For hver delstrækning bestemmes den vinkel  $\alpha$ , hvorunder delstrækningen ses fra beregningspunktet M, for eksempel vinklen  $\alpha_1$  for delstrækning nr. 1 i figur 3. Vinklen  $\alpha$  ligger i det plan, der bestemmes af delstrækningen og punktet M. Korrektionen  $\Delta L_{\text{delstr.}}$  bestemmes ved hjælp af figur 4.

Afstanden a fra spormidte til beregningspunkt M bestemmes for hver delstrækning, for eksempel  $a_1$  for delstrækning nr. 1 i figur 3.

Figur 3.  
Illustration af opdeling i  
retlinede delstrækninger  
nr. 1, 2 og 3.



Figur 4.  
Korrektionen  $\Delta L_{\text{delstr.}}$  som  
funktion af vinklen  $\alpha$ .

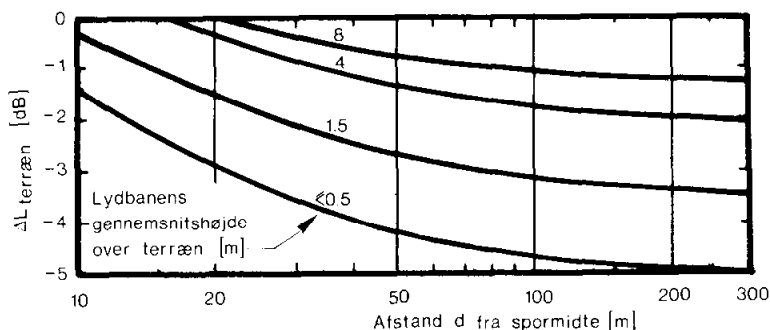




## 8. Korrektion for terræn, $\Delta L_{\text{terræn}}$

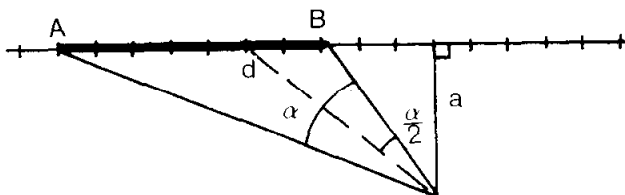
Hvis terrænoverfladen er hård, dvs. den består af beton, asfalt, vand eller lignende, er korrektionen  $\Delta L_{\text{terræn}}$  lig med 0 dB.

Er terrænoverfladen porøs, dvs. agerjord, græsbevoksning eller lignende, bestemmes korrektionen  $\Delta L_{\text{terræn}}$  ved hjælp af figur 5. Afstanden  $d$  fastlægges som vist i figur 6. Lydbanens højde bestemmes som vist i figur 7.

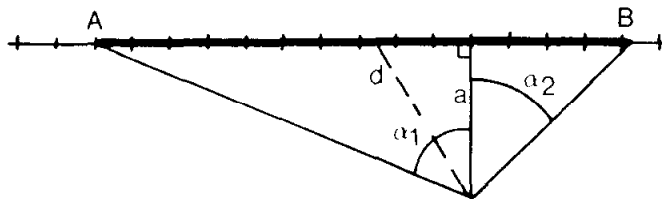


Figur 5.  
Korrektion  $\Delta L_{\text{terræn}}$  som funktion af lydbanens gennemsnitshøjde og afstanden  $d$  fra spormidten, jfr. fig. 6.

Fastlæggelsen af afstanden  $d$  er vist i figur 6. Figur 6a viser et tilfælde, hvor en delstrækning ligger på den ene side af en linie gennem beregningspunktet vinkelret på sporet. Figur 6b viser et tilfælde, hvor delstrækningen ligger på begge sider af denne linie. I specieltilfældet en uendelig lang delstrækning bliver  $d = a / \cos 45^\circ \approx 1.4 \cdot a$ .



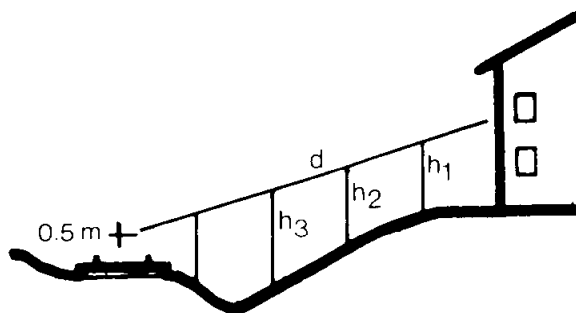
Figur 6a.  
Afstanden  $d$  til brug ved bestemmelse af  $\Delta L_{\text{terræn}}$  for delstrækningen A-B måles langs vinkelhalveringslinien for vinklen  $\alpha$ .



Figur 6b.  
Afstanden  $d$  til brug ved bestemmelse af  $\Delta L_{\text{terræn}}$  for delstrækningen A-B måles langs vinkelhalveringslinien for den største af vinklerne  $\alpha_1$  og  $\alpha_2$ .

Fastlæggelsen af lydbanens gennemsnitlige højde over terræn er illustreret i figur 7. Et lodret snit lægges gennem beregningspunktet langs vinkelhalveringslinien, som er vist i den relevante del af figur 6. Højderne  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ , . . . , 0,5 m (kildehøjden) fastlægges i et antal jævnt fordelte punkter, og gennemsnitsværdien beregnes. Ved plant terræn bruges middelværdien af støjildens og beregningspunktets højde over terrænet. Ved stærkt kuperet terræn er en finere inddeling nødvendig, i visse tilfælde med intervaller på nogle få meter.

Figur 7.  
Illustration af data til brug ved bestemmelsen af lydbanens gennemsnitlige højde. Lodret snit langs  $d$ , se figur 6.



Hvis der forekommer skærmning, justeres terræncorrekturen som angivet i afsnit 9.

## 9. Korrektion for skærmning, $\Delta L_{\text{skærm}}$

Skærmning kan for eksempel forekomme, når banen forløber i afgravning eller gennemskæring, ved egentlige støjskærme og bag bygninger.

Ved bestemmelse af skærmvirkning fastlægges først omvejen  $e$  ved hjælp af udtrykket [9.1], se også figur 8. Dernæst bestemmes korrektionen  $\Delta L_{\text{skærm}}$  ved hjælp af figur 9.

$$e = ON + NM - OM \quad [9.1]$$

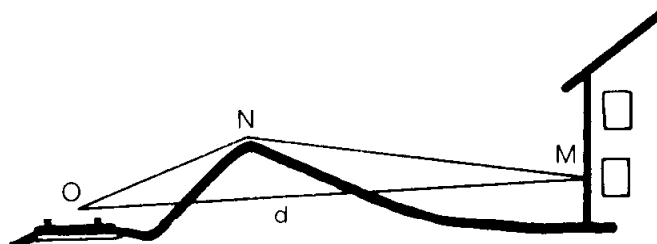
OM er afstanden langs vinkelhalveringslinien,  $d$ , som blev benyttet ved beregning af  $\Delta L_{\text{terræn}}$

O er støjilden, 0,5 m over skinneoverkant, midt i sporet

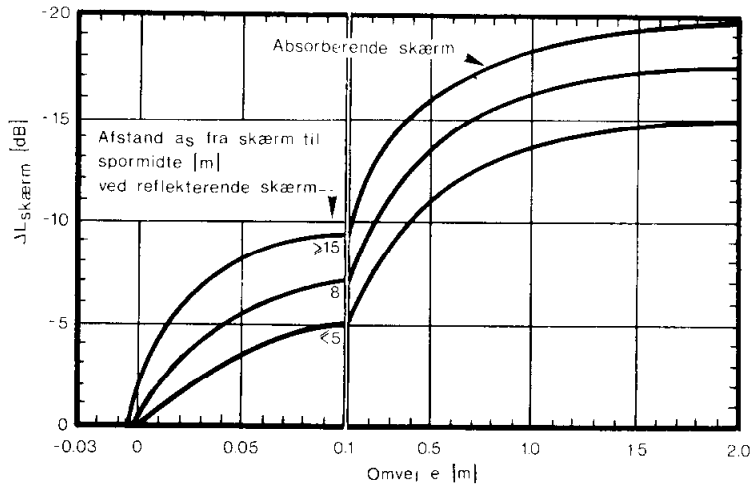
M er beregningspunktet

N er toppen af skærmen

Figur 8.  
Lodret snit langs vinkelhalveringslinien vist i figur 6.



Korrektionen  $\Delta L_{\text{skærm}}$  for en skærm, som er reflekterende på den side, der vender mod banen, afhænger af den vinkelrette afstand  $a_s$  fra spormidte til skærm som vist i figur 9. Er denne skærmsflade i stedet lydabsorberende, benyttes kurven svarende til afstanden større end eller lig med 15 m i alle tilfælde. Dette gælder for eksempel altid, når banen forløber i afgravning med skrå sider og ved jordvolde med skrå sider.



Figur 9.  
Korrektionen  $\Delta L_{\text{skærm}}$  som funktion af omvejen  $e$  langs vinkelhalveringslinien vist i figur 6 med den vinkelrette afstand  $a_s$  mellem spormidte og skærm som parameter.

Når skærmmkorrektionen,  $\Delta L_{\text{skærm}}$ , er  $-4$  dB eller større, medregnes hele terrænkorrektionen,  $\Delta L_{\text{terræn}}$ .

Når skærmmkorrektionen,  $\Delta L_{\text{skærm}}$ , er mindre end  $-4$  dB, men større end eller lig med  $-10$  dB, medregnes den halve værdi af terrænkorrektionen,  $\Delta L_{\text{terræn}}$ .

Når skærmmkorrektionen,  $\Delta L_{\text{skærm}}$ , er mindre end  $-10$  dB, sættes terrænkorrektionen,  $\Delta L_{\text{terræn}}$ , lig med  $0$  dB.

## 10. Diverse korrektioner, $\Delta L_{\text{div}}$ .

Ved banestrækninger med sammenlaskede skinner øges  $L_{\text{Acq},24h}$ , fordi der udsendes mere støj end ved langskinnespør. Ved beregningen korrigeres bidraget fra den pågældende delstrækning med  $+3$  dB.

Ved banestrækninger på stålbro uden skærveballast forøges støjudsendelsen ligeledes. Ved beregningen korrigeres bidraget fra en delstrækning svarende til bro længden med  $+6$  dB.

Forekommer begge disse situationer samtidigt, medregnes kun den af korrektionerne, som giver den største værdi af  $L_{\text{Acq},24h}$ .

Foran bygninger øges  $L_{\text{Acq},24h}$  på grund af bidrag fra reflekteret lydenergi. Ved beregningen korrigeres med  $+3$  dB, når beregningspunktet ligger fra  $0.5$  m til  $10-15$  m fra bygningsfacader.

$\Delta L_{\text{bane}}$

$\Delta L_{\text{byg}}$

## 11. Summation af bidrag til $L_{Aeq,24h}$

Når det ved beregningerne har været nødvendigt at bestemme bidrag fra forskellige togtyper eller tog med forskellig fart, samt når det har været nødvendigt at opdele i delstrækninger, må de fastlagte bidrag summeres.

Summen af to bidrag bestemmes på følgende måde: Først bestemmes forskellen mellem bidragene. I tabel 2 findes derpå et tillæg i dB, som lægges til det største af de to bidrag. Derved er summen bestemt.

På samme måde kan et tredje bidrag lægges til summen af de to første, osv.

Tabel 2.  
Tillæg til brug ved summation af bidrag til  $L_{Aeq,24h}$ .

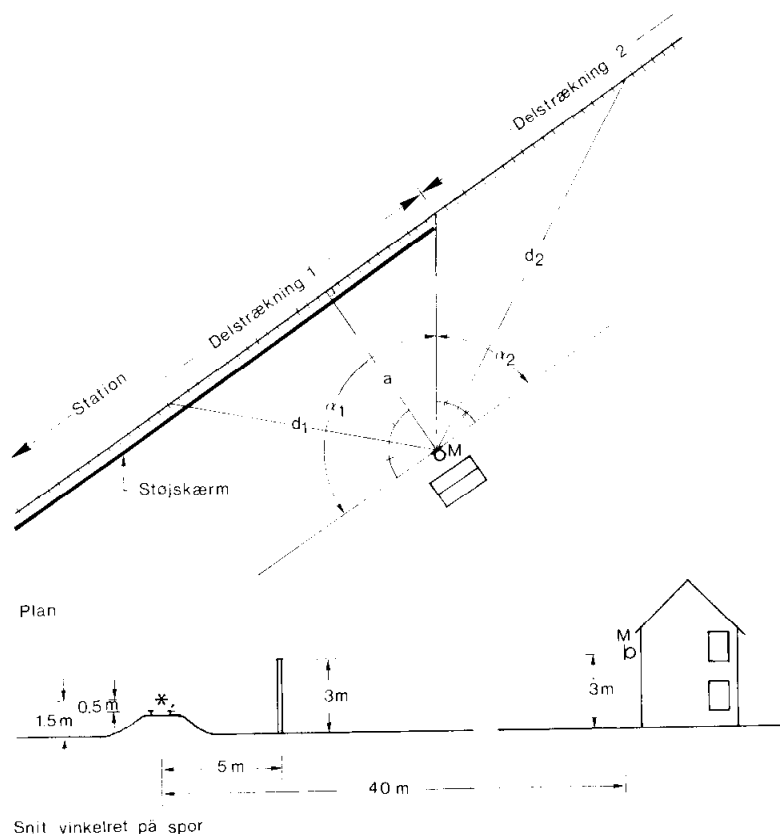
|                                    |     |     |     |     |
|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Forskel mellem bidrag [dB]         | 0-1 | 2-3 | 4-9 | > 9 |
| Tillæg til det største bidrag [dB] | 3   | 2   | 1   | 0   |

## 12. Eksempel og beregningsskema

I det følgende er givet et eksempel på en beregning af  $L_{Aeq,24h}$ . Et ikke udfyldt beregningsskema findes side 17.

På planen i figur 10 er vist en banestrækning, som forløber retlinet på et plant, græsbevokset terræn. Langs en del af strækningen findes en 3 m høj skærm, 5 m fra spormidten. Sporet er et langskin-

Figur 10.  
Plan og snit. Eksempel,  
 $L_{Aeq,24h}$ .



nespor med skinneoverkant 1 m over terræn. Støjkildens højde over det porøse terræn er derfor 1.5 m. Støjniveauet  $L_{Aeq,24h}$  skal beregnes i et punkt 3 m over terræn ved en husfacade 40 m fra spormidten. Der findes ingen andre væsentlige skærmende eller reflekterende flader i nærheden.

Banestrækningen ligger nær ved en station. De tog, som er standset ved stationen, accelererer, når de passerer bygningen.

De tog, som skal standse på stationen, decelererer, når de passerer bygningen.

Trafikken er fordelt på togtyper som angivet i tabel 3. MR-togene standser ved stationen. De øvrige tog er gennemgående. I beregningsskemaerne, tabel 4 og 5, er oplysningerne fra tabel 3 indført, idet MR-togene er opdelt i hhv. accelererende og decelererende tog.

Banestrækningen opdeles i delstrækningerne 1: skærmet og 2: uskærmet. Disse ses fra beregningspunkterne under vinklerne hhv.  $\alpha_1 = 120^\circ$  og  $\alpha_2 = 60^\circ$ . Bidragene fra hver delstrækning beregnes separat i hhv. tabel 4 og 5. Afstanden  $a$  er 40 m i begge tabeller. Afstanden,  $d$ , for delstrækning 1 bestemmes som vist i figur 6b til  $d_1 = a/\cos 45^\circ = 57$  m. For delstrækning 2 bliver  $d_2 = a/\cos 60^\circ = 80$  m.

For delstrækning 1 bestemmes omvejen  $e$ , se figur 8, i et snit langs halveringslinien for den rette vinkel (langs afstanden  $d_1$ ):  $e = 0.14$  m.

Lydbanens gennemsnitlige højde er for begge delstrækninger  $(1.5 + 3.0)/2 = 2.3$  m.

| Togtype                                                | Fart<br>[km/h] | Toglængde<br>[m/døgn] |
|--------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|
| B Gennemgående persontog<br>med MY- eller MZ-lokomotiv | 120            | 1200                  |
| C Lokaltog, MR, accelererende                          | 60             | 495                   |
| C Lokaltog, MR, decelererende                          | 60             | 495                   |
| E Godstog                                              | 80             | 4000                  |
| F Hurtige godstog                                      | 100            | 800                   |

Tabel 3.  
Trafikdata. Eksempel  $L_{Aeq,24h}$

Basisværdien,  $L_{Aeq,basis}$ , bestemmes for hver togtype ved hjælp af figur 1 og indføres i tabel 4 (og 5).

Typekorrektionen  $\Delta L_{type}$  aflæses i tabel 1 og indføres i tabel 4 (og 5).

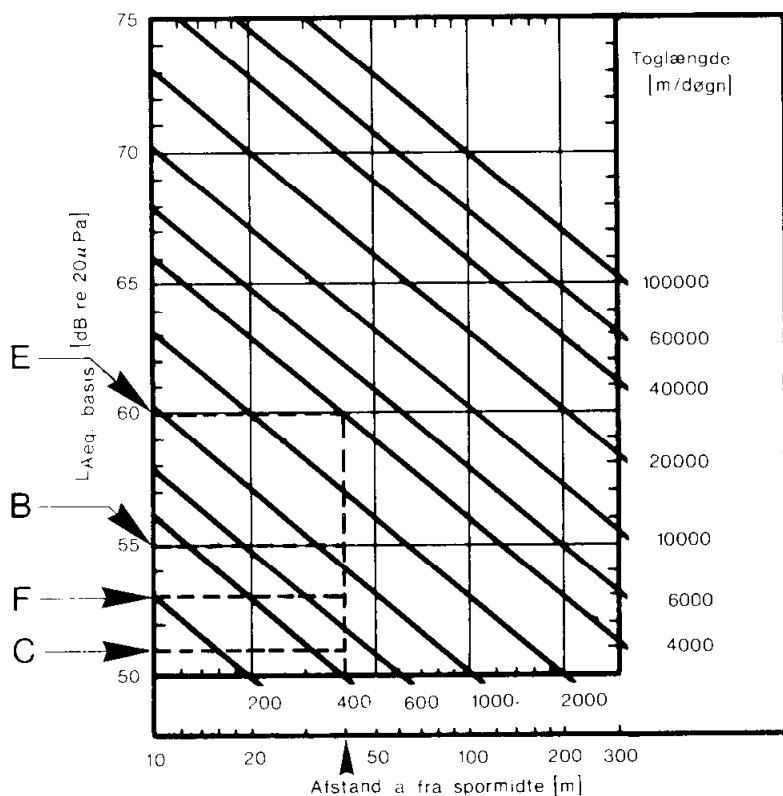
Fartkorrektionen  $\Delta L_{fart}$  bestemmes for hver togtype ved hjælp af figur 2 og indføres i tabellerne.

Korrektionen  $\Delta L_{bane}$  er nul, fordi sporet er langskinspor uden skiftespor.

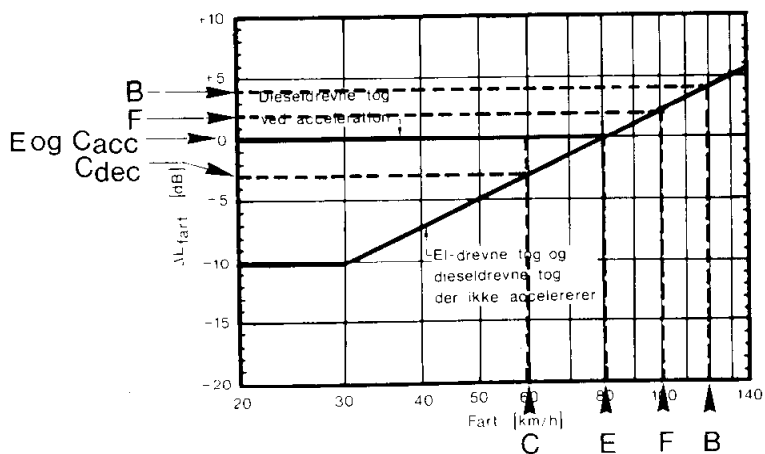
Summen  $L_{Aeq,basis} + \Delta L_{fart} + \Delta L_{bane}$  bestemmes for hver togtype i tabellerne. Disse summer adderes ved brug af tabel 2.

Korrektionerne  $\Delta L_{delstr.}$  for udstrækningen af delstrækning 1 og 2 bestemmes ved hjælp af figur 4 og indføres i tabellerne.

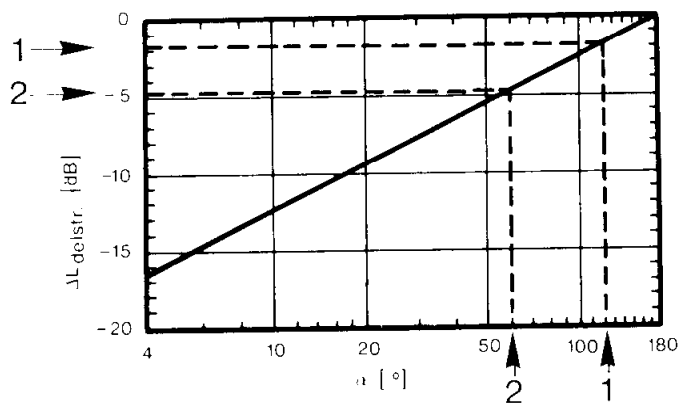
Figur 1.  
Basisværdien,  $L_{Aeq,basis}$ , i  
afhængighed af toglængde og  
afstand fra spormidte.



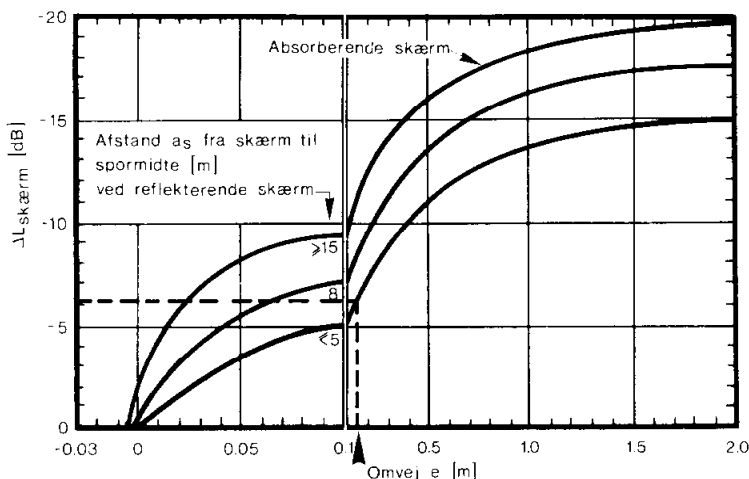
Figur 2.  
Korrektionen  $\Delta L_{fart}$  som  
funktion af togenes fart.



Figur 4.  
Korrektionen  $\Delta L_{delstr.}$  som  
funktion af vinklen  $\alpha$ .

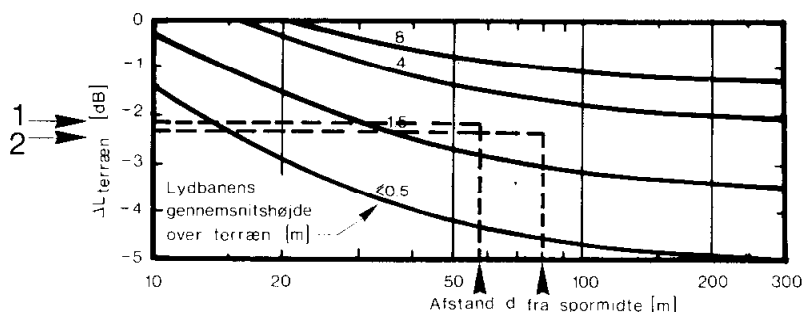


Skærmkorrektionen  $\Delta L_{\text{skærm}}$  er nul for delstrækning 2. For delstrækning 1 bestemmes  $\Delta L_{\text{skærm}} \approx -6$  dB ved hjælp af figur 9 for en reflekterende skærm, idet afstanden fra spormidte til skærm er  $a_s = 5$  m.



Figur 9.  
Korrektionen  $\Delta L_{\text{skærm}}$  som funktion af omvejen  $e$  langs vinkelhalveringslinien vist i figur 6 med den vinkelrette afstand mellem spormidte og skærm som parameter.

Terræncorrektionen  $\Delta L_{\text{terræn}}$  bestemmes ved hjælp af figur 5. For delstrækning 1 medregnes  $\Delta L_{\text{terræn}}$  kun med den halve værdi i tabel 4, fordi skærmkorrektionen er mellem -5 dB og -10 dB, jfr. afsnit 9. For delstrækning 2 medregnes den fulde værdi, idet der ikke forekommer skærmning.



Figur 5.  
Korrektion  $\Delta L_{\text{terræn}}$  som funktion af lydbanens gennemsnitshøjde og afstanden  $d$  fra spormidten.

Delstrækningernes bidrag er bestemt i hver tabel og de to bidrag er summeret i tabel 5. Fritfeltets-værdien af  $L_{\text{Aeq},24h}$  er 57 dB re 20  $\mu\text{Pa}$ . Ønsker man at sammenligne beregningsresultatet med resultatet af en måling af støjen i punktet M, må beregningsresultatet for sammenligningen korrigeres for virkningen af refleksion fra bygningfacaden. Korrektionen  $\Delta L_{\text{bygn}}$  er 3 dB. Derved bliver den værdi af  $L_{\text{Aeq},24h}$ , der skal sammenlignes med måleresultatet, 60 dB re 20  $\mu\text{Pa}$ .

| STED               | BEREGN. PKT NR. | HØJDE o.t. | DELSTRÆKN | DATO  | SIGN | SIDE |
|--------------------|-----------------|------------|-----------|-------|------|------|
| Eksempel $L_{Aeq}$ | M               | 3 [m]      | NR. 1     | 7/584 | JK   | 26   |

| TOGTYPE / FART     | B    | $C_{acc}$ | $C_{dec}$ | E    | F   |
|--------------------|------|-----------|-----------|------|-----|
| TOGLÆNGDE [m/dogn] | 1200 | 495       | 495       | 4000 | 800 |
| FART [km/h]        | 120  | 60        | 60        | 80   | 100 |
| ACC. DIESEL ja/nej | NEJ  | JÅ        | NEJ       | NEJ  | NEJ |

|                                                                    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| DELSTRÆKNING NR. 1                                                 |    |    |    |    |    |
| AFSTANDE [m] $a = 40$ $d = 57$ $a_s = 5$ $e = 0.14$                |    |    |    |    |    |
| LYDBANE GNS. HØJDE [m] $h = 2.3$ DELSTR. VINKEL [°] $\alpha = 120$ |    |    |    |    |    |
| $L_{Aeq, basis}$<br>[dB re $20\mu Pa$ ]                            | 55 | 51 | 51 | 60 | 53 |
| $\Delta L_{type}$ [dB]                                             | -1 | -9 | -9 | -1 | -1 |
| $\Delta L_{fart}$ [dB]                                             | +4 | 0  | -3 | 0  | +2 |
| $\Delta L_{bane}$ [dB]                                             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| SUM PR. TOGTYPE                                                    | 58 | 42 | 39 | 59 | 54 |
| SUM AF BIDRAG [dB re $20\mu Pa$ ]                                  |    |    |    |    | 62 |
| $\Delta L_{delstr.}$ [dB]                                          |    |    |    |    | -2 |
| $\Delta L_{skærm}$ [dB]                                            |    |    |    |    | -6 |
| $\Delta L_{terræn}$ [dB]                                           |    |    |    |    | -1 |
| BIDRAG FRA DELSTRÆKNING [dB re $20\mu Pa$ ]                        |    |    |    |    | 53 |

|                                                    |  |  |  |     |
|----------------------------------------------------|--|--|--|-----|
| DELSTRÆKNING NR.                                   |  |  |  | SUM |
| BIDRAG [dB re $20\mu Pa$ ]                         |  |  |  |     |
| ANDRE KORREKTIONER                                 |  |  |  |     |
| $L_{Aeq, 24h}$ ("Fritfelt")                        |  |  |  | →   |
| KORREKTION FOR REFLEKSION, $\Delta L_{bygn.}$ [dB] |  |  |  |     |
| RESULTERENDE $L_{Aeq, 24h}$ [dB re $20\mu Pa$ ]    |  |  |  |     |

Tabel 4. Beregningsskema med beregning af bidraget fra delstrækning 1 til  $L_{Aeq, 24h}$ .



|                        |              |              |                 |      |           |
|------------------------|--------------|--------------|-----------------|------|-----------|
| STED BEREGN. PKT NR.   | HØJDE o.t.   | DELSTRÆKN    | DATO            | SIGN | SIDE      |
| <i>Eksempel LAeq M</i> | <i>3 [m]</i> | NR. <i>2</i> | <i>7/584 JK</i> |      | <i>27</i> |

|                    |                    |  |  |  |  |
|--------------------|--------------------|--|--|--|--|
| TOGTYPE / FART     |                    |  |  |  |  |
| TOGLÆNGDE [m/døgn] | <i>som tabel 4</i> |  |  |  |  |
| FART [km/h]        |                    |  |  |  |  |
| ACC. DIESEL ja/nej |                    |  |  |  |  |

|                                           |             |                    |                    |        |         |
|-------------------------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------|---------|
| DELSTRÆKNING NR. 2                        |             |                    |                    |        |         |
| AFSTANDE [m]                              | a = 40      | d = 80             | a <sub>S</sub> = — | e = —  |         |
| LYDBANE GNS. HØJDE [m]                    | h = 2.3     | DELSTR. VINKEL [°] |                    | α = 60 |         |
| L <sub>Aeq, basis</sub><br>[dB re 20 μPa] | som tabel 4 |                    |                    |        |         |
| ΔL <sub>type</sub> [dB]                   |             |                    |                    |        |         |
| ΔL <sub>fart</sub> [dB]                   |             |                    |                    |        |         |
| ΔL <sub>bane</sub> [dB]                   |             |                    |                    |        |         |
| SUM PR. TOGTYPE                           |             |                    |                    |        |         |
| SUM AF BIDRAG [dB re 20 μPa]              |             |                    |                    |        | ↓<br>62 |
| ΔL <sub>delstr.</sub> [dB]                |             |                    |                    |        | -4.5    |
| ΔL <sub>skærm</sub> [dB]                  |             |                    |                    |        | 0       |
| ΔL <sub>terræn</sub> [dB]                 |             |                    |                    |        | -2.5    |
| BIDRAG FRA DELSTRÆKNING [dB re 20 μPa]    |             |                    |                    |        | 55      |

|                                         |           |           |  |             |
|-----------------------------------------|-----------|-----------|--|-------------|
| DELSTRÆKNING NR.                        | <i>1</i>  | <i>2</i>  |  |             |
| BIDRAG [dB re 20 μPa]                   | <i>53</i> | <i>55</i> |  | SUM         |
| ANDRE KORREKTIONER                      | <i>—</i>  | <i>—</i>  |  |             |
| LAeq, 24h ("Fritfelt")                  | <i>53</i> | <i>55</i> |  | <i>→ 57</i> |
| KORREKTION FOR REFLEKSION, ΔLbygn. [dB] |           |           |  | <i>+ 3</i>  |
| RESULTERENDE LAeq, 24h [dB re 20 μPa]   |           |           |  | <i>60</i>   |

Tabel 5. Beregningskema med beregning af bidraget fra delstrækning 2 til  $L_{Aeq,24h}$  samt summation af bidragene fra delstrækning 1 og 2.

|      |                  |                   |                  |      |      |      |
|------|------------------|-------------------|------------------|------|------|------|
| STED | BEREGN. PKT. NR. | HØJDE o.t.<br>[m] | DELSTRÆKN<br>NR. | DATO | SIGN | SIDE |
|------|------------------|-------------------|------------------|------|------|------|

|                    |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|
| TOGTYPE / FART     |  |  |  |  |  |
| TOGLÆNGDE [m/dogn] |  |  |  |  |  |
| FART [km/h]        |  |  |  |  |  |
| ACC. DIESEL ja/nej |  |  |  |  |  |

|                                           |     |                        |                  |     |   |
|-------------------------------------------|-----|------------------------|------------------|-----|---|
| DELSTRÆKNING NR.                          |     |                        |                  |     |   |
| AFSTANDE [m]                              | a = | d =                    | a <sub>S</sub> = | e = |   |
| LYDBANE GNS. HØJDE [m]                    | h = | DELSTR. VINKEL [°] α = |                  |     |   |
| L <sub>Aeq, basis</sub><br>[dB re 20 μPa] |     |                        |                  |     |   |
| ΔL <sub>type</sub> [dB]                   |     |                        |                  |     |   |
| ΔL <sub>fart</sub> [dB]                   |     |                        |                  |     |   |
| ΔL <sub>bane</sub> [dB]                   |     |                        |                  |     |   |
| SUM PR. TOGTYPE                           |     |                        |                  |     |   |
| SUM AF BIDRAG [dB re 20 μPa]              |     |                        |                  |     | ↓ |
| ΔL <sub>delstr.</sub> [dB]                |     |                        |                  |     |   |
| ΔL <sub>skærm</sub> [dB]                  |     |                        |                  |     |   |
| ΔL <sub>terræn</sub> [dB]                 |     |                        |                  |     |   |
| BIDRAG FRA DELSTRÆKNING [dB re 20 μPa]    |     |                        |                  |     |   |

|                                                     |  |  |  |   |     |
|-----------------------------------------------------|--|--|--|---|-----|
| DELSTRÆKNING NR.                                    |  |  |  |   | SUM |
| BIDRAG [dB re 20 μPa]                               |  |  |  |   |     |
| ANDRE KORREKTIONER                                  |  |  |  |   |     |
| L <sub>Aeq, 24h</sub> ("Fritfelt")                  |  |  |  | → |     |
| KORREKTION FOR REFLEKSION, ΔL <sub>bygn.</sub> [dB] |  |  |  |   |     |
| RESULTERENDE L <sub>Aeq, 24h</sub> [dB re 20 μPa]   |  |  |  |   |     |

### 13. Metodens opbygning, $L_{pAmax}$

Ved beregning af  $L_{pAmax}$  fastsættes først en basisværdi, som er gyldig i en bestemt, enkel situation.

Basisværdien korrigeres derpå for beregningssituationens afvigelser (f.eks. terrænforhold) fra denne enkle situation.

Beregningen udføres ved hjælp af udtrykket [13.1]:

$$L_{pAmax} = L_{pAmax,basis} + \Delta\hat{L}_{type} + \Delta\hat{L}_{fart} + \Delta\hat{L}_{terræn} + \Delta\hat{L}_{skærm} + \Delta\hat{L}_{div.} \quad [13.1]$$

$L_{pAmax,basis}$  er basisværdien [dB re 20  $\mu$ Pa]

$\Delta\hat{L}$ -værdierne er korrektioner [dB] for

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| togtypen                   | $\Delta\hat{L}_{type}$   |
| togenes fart               | $\Delta\hat{L}_{fart}$   |
| terrænoverfladens virkning | $\Delta\hat{L}_{terræn}$ |
| skærmes virkning           | $\Delta\hat{L}_{skærm}$  |
| forskellige andre faktorer | $\Delta\hat{L}_{div.}$   |

Forekommer der på en strækning flere forskellige togtyper eller tog med forskellig fart, beregnes  $L_{pAmax}$  for hver type eller fart separat, og den største værdi vælges som beregningsresultat. Dette valg kan ofte foretages tidligt i beregningen, se afsnit 14.

### 14. Basisværdien, $L_{pAmax}$

Basisværdien bestemmes ved hjælp af figur 11. Som indgangsparametre anvendes toglængden i meter, se også Miljøstyrelsens vejledning »Støj og vibrationer fra jernbaner«, og afstanden a eller b til spormidten.

Toglængden sættes normalt lig med længden af det længste tog, som regelmæssigt anvendes på banestrækningen. Hvis denne type tog kører væsentligt langsommere end andre tog på strækningen, bestemmes basisværdien for flere togtyper.  $L_{pAmax}$  bestemmes af den togtype, der giver den højeste værdi, efter at basisværdien er korrigeret for togtype og fart.

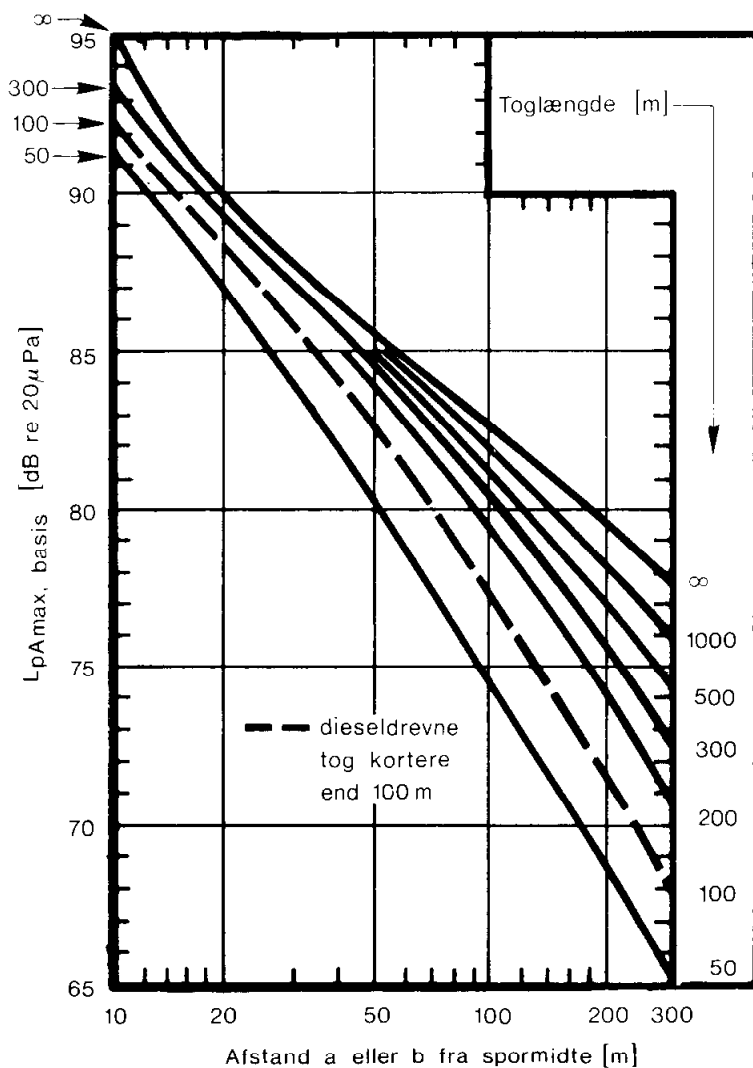
Basisværdien for dieseldrevne tog kan ikke blive mindre end svarende til den punkterede kurve i figur 11, selv om toglængden er mindre end 100 m.

Basisværdien er  $L_{pAmax}$  ved passage med 80 km/h på en banestrækning med langskinnespor på plant, hårdt terræn.

Hvis terrænforholdene ikke varierer langs banen, anvendes den vinkelrette afstand a fra beretningspunktet M til spormidten.

I tilfælde, hvor terrænforholdene varierer langs banen, kan det være nødvendigt at gennemføre flere beregninger af  $L_{pAmax}$  og vælge den største resulterende værdi som beregningsresultat. Dette er illustreret i figur 12.

Figur 11.  
Basisværdien,  $L_{pAmax,basis}$ , i  
afhængighed af toglængde og  
afstand fra spormidte.



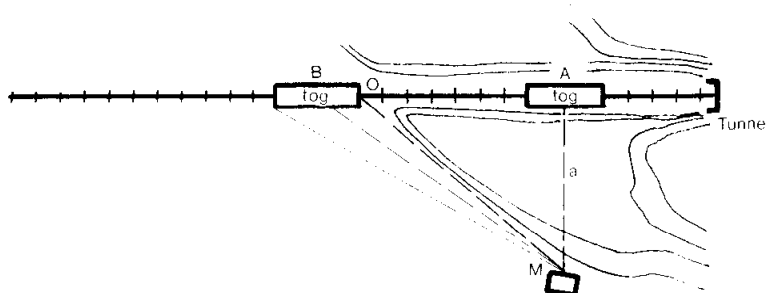
I figur 12 a er vist en banestrækning i et kuperet terræn. Når toget befinder sig i positionen A, er beregningspunktet skærmet. Når toget befinder sig i position B, har det netop passeret overgangen (O) mellem to delstrækninger. Mens toget passerer delstrækningen til venstre for punktet O, er skærmningen ubetydelig. I dette eksempel må der gennemføres to beregninger af  $L_{pAmax}$ .

For situationen, hvor toget befinder sig i position A, bruges afstanden  $a$  som indgangsparameter i figur 11. Der korrigeres for togetype, fart, terræn, skærm osv.

For situationen, hvor toget befinder sig i position B, anvendes beregningsafstanden  $b$  som vist i figur 12 b. Den fundne basisværdi korrigeres for togetype, fart, terræn osv.

Den højeste af de fundne værdier af  $L_{pAmax}$  er det endelige beregningsresultat for beregningspunkt M. I mere komplicerede situationer kan det måske være nødvendigt at gennemføre beregninger for mere end to placeringer af toget.

Ved fastsættelse af afstanden  $a$  eller  $b$  forudsættes støjilden at være placeret midt på sporet, 0.5 m over skinneoverkanten. Da støjilden og beregningspunktet ofte er i forskellig højde, er afstanden ofte lidt større end den vandrette afstand fra spormidte til beregningspunkt.



Figur 12a.  
Bane i kuperet terræn. Det er uklart, om  $L_{pAmax}$  forekommer når toget passerer position A i gennemskæringen eller position B, hvorfra støjen udbreder sig uskærmet til beregningspunktet M.

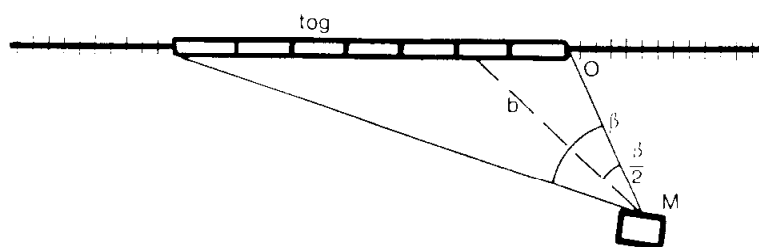


Fig 12b.  
Detalje af figur 12a med toget i position B. Beregningsafstanden  $b$  fastlægges som afstanden fra punktet M til spormidten, målt langs halveringslinien for den vinkel,  $\beta$ , hvorunder toget ses fra punkt M.

## 15. Korrektion for togtypen, $\Delta \hat{L}_{type}$

Korrektionen  $\Delta \hat{L}_{type}$  fastlægges ved hjælp af tabel 6.

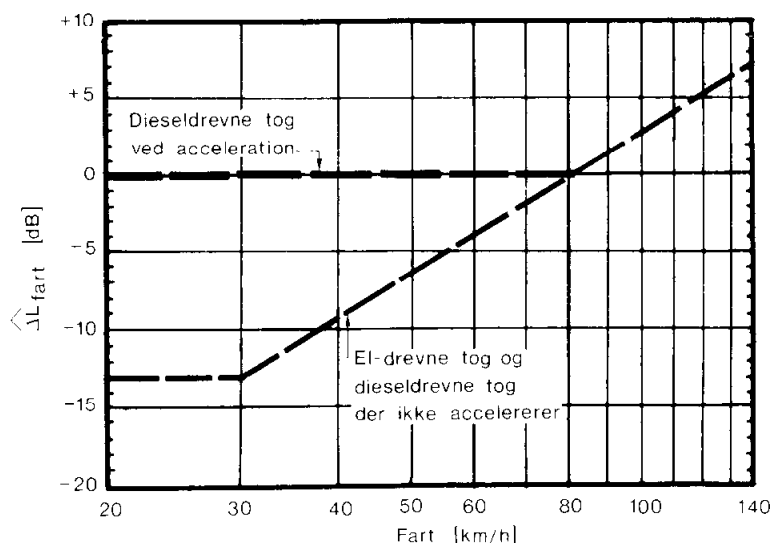
| Togtype                                                                        | $\Delta \hat{L}_{type}$ [dB] |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Person- og godstog med MX-, MY- MZ-, ME- og MA- lokomotiv samt motorvogne (MO) | +1                           |
| MR- og Y-tog                                                                   | -9                           |
| S-tog                                                                          | -2                           |

Tabel 6.  
Korrektionen  $\hat{L}_{type}$  for forskellige togtyper, til brug ved beregning af  $L_{pAmax}$ .

## 16. Korrektion for farten, $\Delta \hat{L}_{\text{fart}}$

Korrektionen  $\Delta \hat{L}_{\text{fart}}$  for togenes fart fastlægges ved hjælp af figur 13.

Figur 13.  
Korrektionen  $\Delta \hat{L}_{\text{fart}}$  som  
funktion af togenes fart.

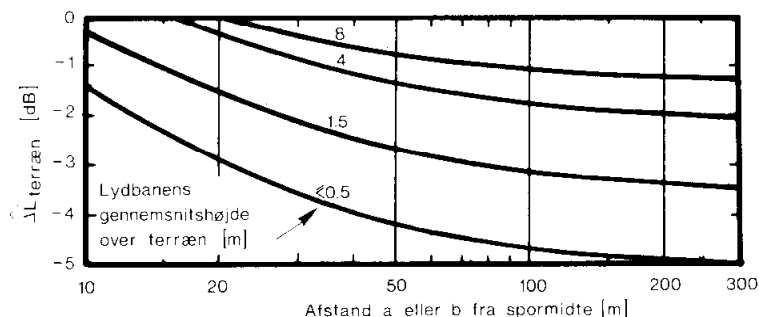


## 17. Korrektion for terræn, $\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$

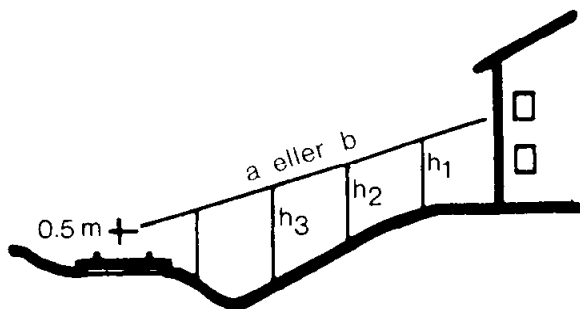
Hvis terrænoverfladen er hård, dvs. den består af beton, asfalt, vand eller lignende, er korrektionen  $\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$  lig med 0 dB.

Er terrænoverfladen porøs, dvs. agerjord, græsbevoksning eller lignende, bestemmes korrektionen  $\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$  ved hjælp af figur 14. Afstanden a eller b fastlægges som beskrevet i afsnit 14. Lydbanens højde bestemmes som vist i figur 15. Det kan som nævnt være nødvendigt at beregne for mere end én placering af toget.

Figur 14.  
Korrektion  $\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$  som  
funktion af lydbanens gen-  
snitshøjde og afstanden a  
eller b fra spormidten, jfr.  
fig. 12.



Fastlæggelsen af lydbanens gennemsnitlige højde over terræn er illustreret i figur 15. Et lodret snit lægges gennem beregningspunktet langs afstanden a eller b, som er vist i figur 12. Højderne  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ , ..., 0,5 m (kildehøjden) fastlægges i et antal jævnt fordelte punkter, og gennemsnitsværdien beregnes. Ved plant terræn bruges middelværdien af støjældens og beregningspunktets højde over terrænet. Ved stærkt kuperet terræn er en finere inddeling nødvendig, i visse tilfælde med intervaller på nogle få meter.



Figur 15.  
Illustration af data til brug  
ved bestemmelsen af lyd-  
banens gennemsnitlige højde.  
Lodret snit langs a eller b, se  
figur 12.

Hvis der forekommer skærmning, justeres terrænkorrektionen som angivet i afsnit 18.

## 18. Korrektion for skærmning, $\Delta \hat{L}_{\text{skærm}}$

Skærmning kan for eksempel forekomme, når banen forløber i afgravning eller gennemskæring, ved egentlige støjskærme og bag bygninger.

Ved bestemmelse af skærmvirkning fastlægges først omvejen  $\hat{e}$  ved hjælp af udtrykket [18.1], se også figur 16. Dernæst bestemmes korrektionen  $\Delta \hat{L}_{\text{skærm}}$  ved hjælp af figur 17.

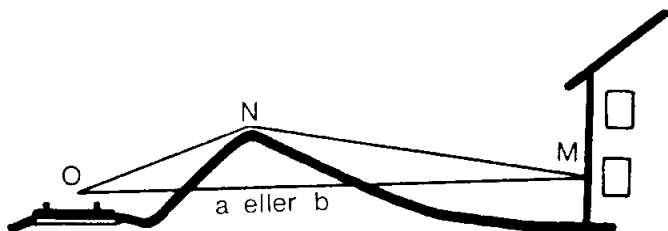
$$\hat{e} = ON + NM - OM \quad [18.1]$$

OM er den afstand, a eller b, som blev benyttet ved beregning af  $\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$ , jfr. figur 12.

O er støjilden, 0.5 m over skinneoverkant, midt i sporet

M er beregningspunktet

N er toppen af skærmen

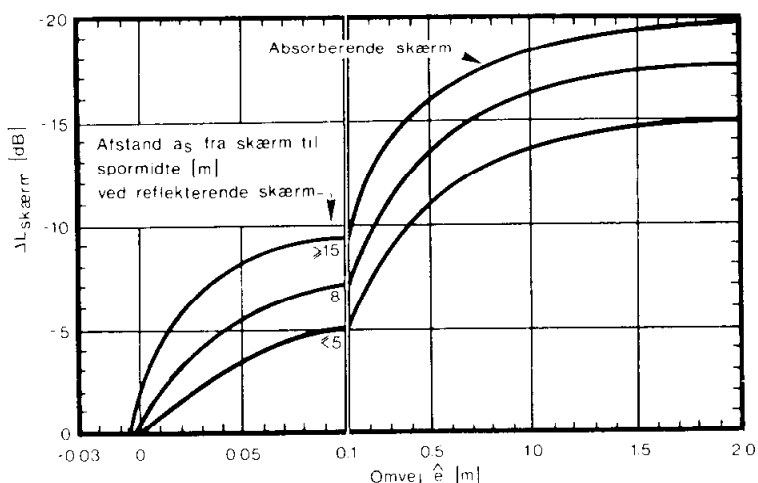


Figur 16.  
Lodret snit langs a eller b,  
som vist i figur 12.

Korrektionen  $\Delta \hat{L}_{\text{skærm}}$  for en skærm, som er reflekterende på den side, der vender mod banen, afhænger af den vinkelrette afstand  $a_s$  fra spormidte til skærm som vist i figur 17. Er denne skærmflade i stedet lydabsorberende, benyttes kurven i figuren svarende til afstanden større end eller lig med 15 m i alle tilfælde. Dette gælder for eksempel altid, når banen forløber i afgravning med skrå sider og ved jordvolde med skrå sider.

Figur 17.

Korrektionen  $\Delta\hat{L}_{\text{skærm}}$  som funktion af omvejen  $\hat{e}$  langs a eller b vist i figur 12 med den vinkelrette afstand  $a_s$  mellem spormidte og skærm som parameter.



Når skærmmkorrektionen,  $\Delta\hat{L}_{\text{skærm}}$ , er -4 dB eller større, medregnes hele terræncorrektionen,  $\Delta\hat{L}_{\text{terræn}}$ .

Når skærmmkorrektionen,  $\Delta\hat{L}_{\text{skærm}}$ , er mindre end -4 dB, men større end eller lig med -10 dB, medregnes den halve værdi af terræncorrektionen,  $\Delta\hat{L}_{\text{terræn}}$ .

Når skærmmkorrektionen,  $\Delta\hat{L}_{\text{skærm}}$ , er mindre end -10 dB, sættes terræncorrektionen,  $\Delta\hat{L}_{\text{terræn}}$ , lig med 0 dB.

## 19. Diverse korrektioner, $\Delta\hat{L}_{\text{div}}$ .

Ved banestrækninger med sammenlaskede skinner øges  $L_{\text{pAmax}}$  fordi der udsendes mere støj end ved langskinnespor. Ved beregningen korrigeres med +3 dB.

Tilsvarende korrigeres med +6 dB ved banestrækninger med skiftespor.

Ved banestrækninger på stålbro uden skærveballast korrigeres med +6 dB.

De nævnte korrektioner må indgå i vurderingen (se også afsnit 14) af hvilken placering af toget, der giver anledning til  $L_{\text{pAmax}}$ . Forekommer flere af de nævnte situationer samtidigt, medregnes kun den ene af korrektionerne, som giver den største værdi af  $L_{\text{pAmax}}$ .

Foran bygninger øges  $L_{\text{pAmax}}$  på grund af bidrag fra reflekteret lydenergi. Ved beregningen korrigeres med +3 dB, når beregningspunktet ligger fra 0.5 m til 10-15 m fra bygningsfacader.

## 20. Eksempel og beregningsskema

I det følgende er givet et eksempel på beregning af  $L_{\text{pAmax}}$ . Et ikke udfyldt beregningsskema findes side 30.

På planen i figur 18 er vist en banestrækning, som forløber retlinet på et plant, græsbevokset terræn. Langs en del af strækningen



findes en 3 m høj skræm, 5 m fra spormidten. Sporet er et langskinspor med skinneoverkant 1 m over terræn. Støjniveauet  $L_{pAmax}$  skal beregnes i et punkt 3 m over terræn ved en husfacade 40 m fra spormidten. Der findes ingen andre væsentlige skærmende eller reflekterende flader i nærheden.

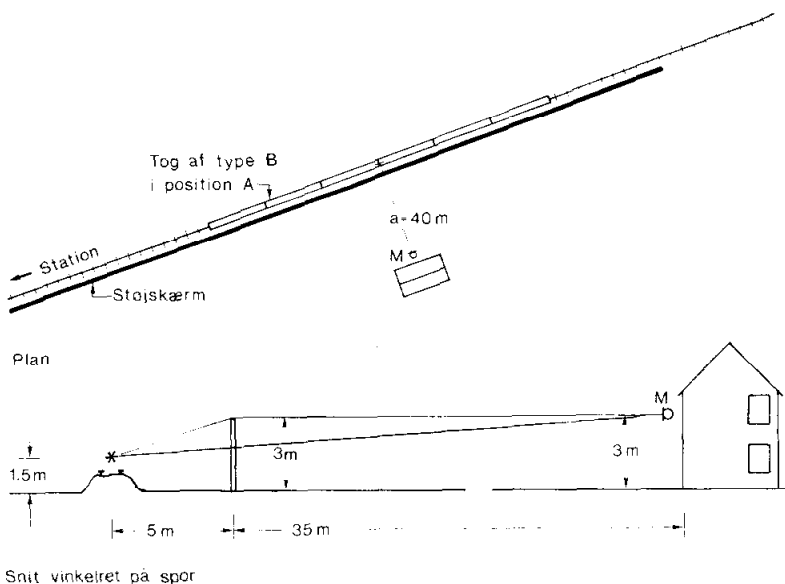
Trafikken antages at være den samme som i eksemplet i afsnit 12. Fart og gennemsnitlig toglængde fremgår af tabel 7.

| Togtype                                                | Fart<br>[km/h] | Toglængde<br>[m] |
|--------------------------------------------------------|----------------|------------------|
| B Gennemgående persontog<br>med MY- eller MZ-lokomotiv | 120            | 150              |
| C Lokaltog, MR                                         | 60             | 140              |
| E Godstog                                              | 80             | 500              |
| F Hurtige godstog                                      | 100            | 200              |

Tabel 7.  
Trafikdata. Eksempel  $L_{pAmax}$ .

Det er umiddelbart klart, at  $L_{pAmax}$  forekommer, når enten et gennemgående persontog eller et godstog passerer. Lokaltogene giver lavere støjniveauer. Det er derimod ikke umiddelbart klart, om de 500 m lange godstog ved 80 km/t giver et højere  $L_{pAmax}$  end 200 m godstog ved 100 km/t eller 150 m lange persontog ved 120 km/t. Data fra tabel 7 om trafikken er indført i beregningsskemaet i tabel 8.

I første omgang betragtes alene situationen, hvor toget befinder sig netop ud for beregningspunktet, i positionen A i figur 18. Basisværdierne bestemmes ved hjælp af figur 11 for  $a = 40$  m. Disse er indført i tabel 8.



Figur 18.  
Plan og snit. Eksempel  
 $L_{pAmax}$ .

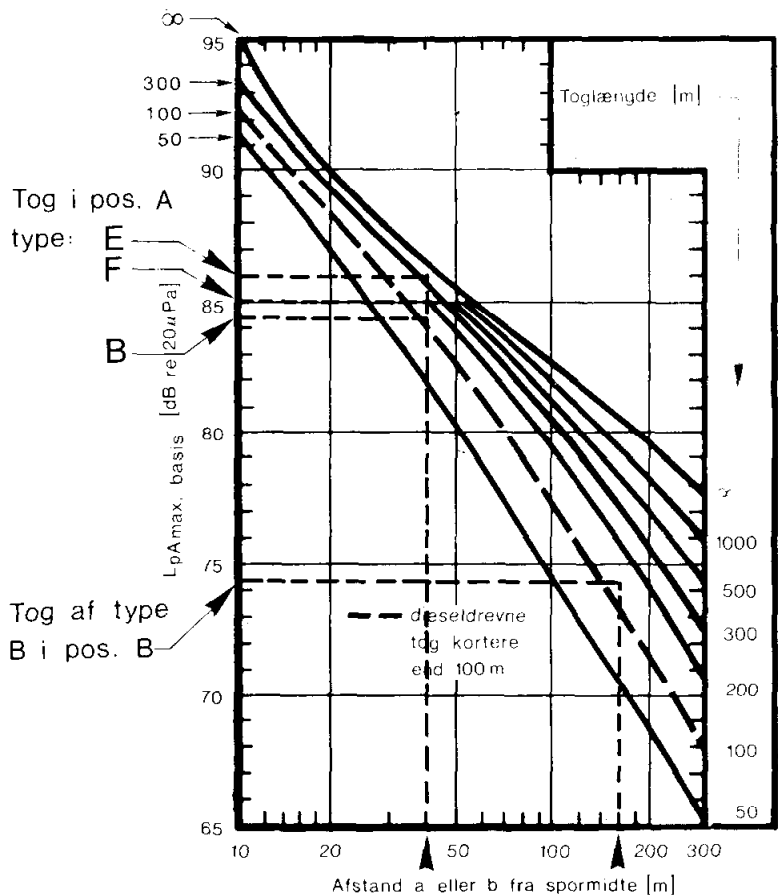
Korrektionen  $\Delta\hat{L}_{type}$  tages fra tabel 6, korrektionen  $\Delta\hat{L}_{fart}$  for farten fra figur 13, mens korrektionen  $\Delta\hat{L}_{bane}$  er nul for langskinnespor uden skiftespor.

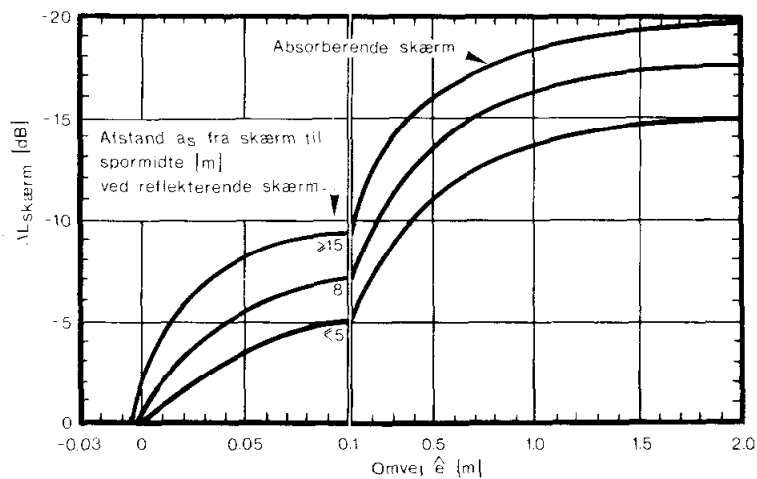
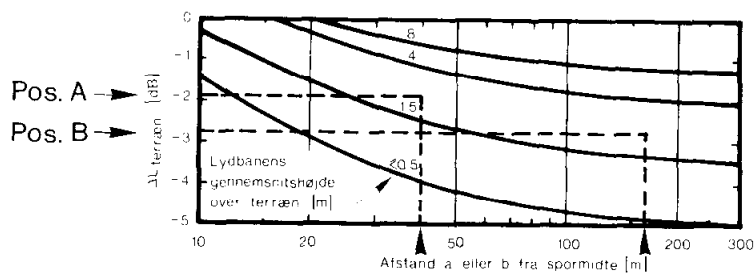
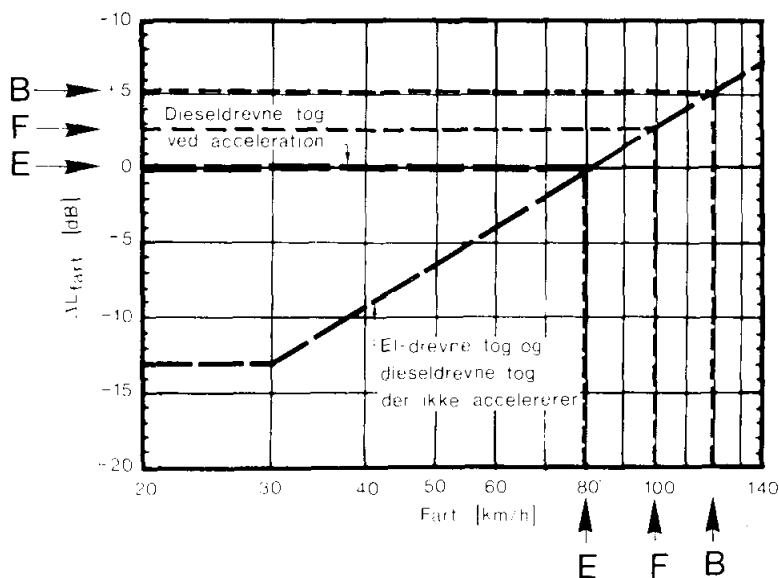
Summerne af basisværdi og korrektionerne for togtype og fart i tabel 8 viser, at persontogene (type B) giver anledning til  $L_{pAmax}$ . I det følgende betragtes alene støjen fra et af disse tog.

Først bestemmes  $L_{pAmax}$  ved togets passage af position A. For at terræncorrektionen kan bestemmes, må lydbanens gennemsnitlige højde fastlægges. I dette tilfælde er gennemsnitshøjden  $(1.5 + 3)/2 \cong 2.3$  m). Terræncorrektionen  $\Delta\hat{L}_{terræn}$  bestemmes ved hjælp af figur 14 til -2 dB. Skærncorrektionen bestemmes ved hjælp af figur 17. Omvejen  $\hat{e}$  bestemmes ud fra geometrien i snittet i figur 18:  $\hat{e} = 0.19$  m. Afstanden fra spormidte til den reflekterende skærm er  $a_s = 5$  m. Figur 17 giver da  $\Delta\hat{L}_{skærm} = -7$  dB. Terræncorrektionen skal derfor kun medregnes med sin halve værdi jfr. afsnit 18.

Korrigeres der endelig for tilstedeværelsen af bygningsfacaden med  $\Delta\hat{L}_{bygn} = 3$  dB, fås den værdi af  $L_{pAmax}$ , man må forvente at kunne måle i punkt M:  $L_{pAmax} = 86$  dB re 20  $\mu$ Pa.

Figur 11.  
Basisværdien,  $L_{pAmax, basis}$





|                        |            |          |           |      |
|------------------------|------------|----------|-----------|------|
| STED BEREGN. PKT NR.   | HØJDE o.t. | TOG POS. | DATO SIGN | SIDE |
| Eksempel $L_{pAmax}$ M | 3 [m]      | A        | 11/584 JK | 43   |

|                |     |     |     |  |  |
|----------------|-----|-----|-----|--|--|
| TOGTYPE / FART | B   | E   | F   |  |  |
| TOGLÆNGDE [m]  | 150 | 500 | 200 |  |  |
| FART [km/h]    | 120 | 80  | 100 |  |  |

AFSTANDE [m] a = 40 b = -  $a_s = 5$   $\hat{e} = 0.19$

LYDBANE GNS. HØJDE [m] h = 2.3

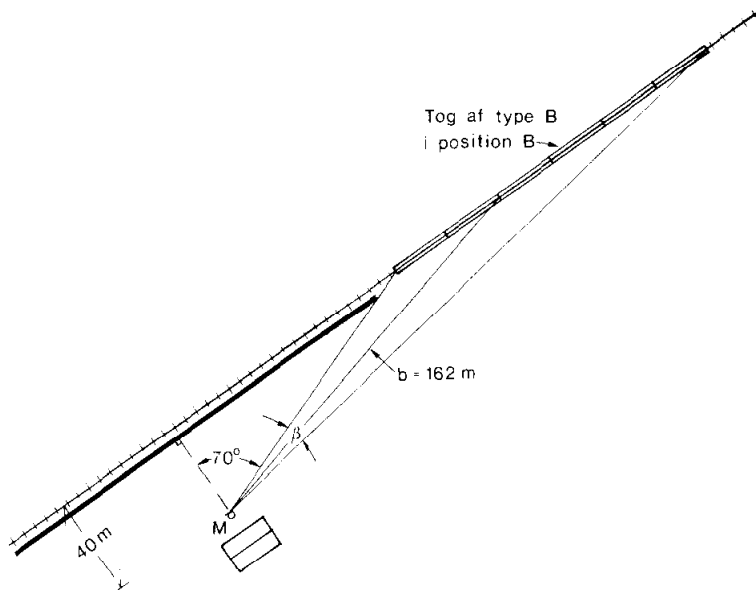
|                                              |                    |    |    |  |           |
|----------------------------------------------|--------------------|----|----|--|-----------|
| $L_{pAmax}$ , basis<br>[dB re $20\mu Pa$ ]   | 84.5               | 86 | 85 |  |           |
| $\hat{\Delta L}_{type}$ [dB]                 | +1                 | +1 | +1 |  |           |
| $\hat{\Delta L}_{fart}$ [dB]                 | +5                 | 0  | +3 |  |           |
| $\hat{\Delta L}_{bane}$ [dB]                 | 0                  | 0  | 0  |  |           |
| SUM PR. TOGTYPE                              | 90.5               | 87 | 89 |  |           |
| STØRSTE VÆRDI [dB re $20\mu Pa$ ]            |                    |    |    |  | 90.5      |
| $\hat{\Delta L}_{skærm}$ [dB]                |                    |    |    |  | -7        |
| $\hat{\Delta L}_{terræn}$ [dB]               | $-2 dB \times 0.5$ |    |    |  | -1        |
| $\hat{\Delta L}_{diverse}$ [dB]              | bygning            |    |    |  | +3        |
| SLUTRESULTAT $L_{pAmax}$ [dB re $20\mu Pa$ ] |                    |    |    |  | <u>86</u> |

BEMÆRKNINGER

Det må kontrolleres, om  $L_{pAmax}$  bliver større med toget i en uskærmet position.

Tabel 8. Beregningsskema med beregning af  $L_{pAmax}$  for tog i position A.

For at sikre, at støjniveauet ikke overskrider denne beregnede værdi, når toget har passeret skærmen, gennemføres en beregning med toget i position B, se figur 19. På grundlag af geometrien kan afstanden  $b$  bestemmes til 162 m. I figur 11 aflæses basisværdien, som overføres til tabel 9. I tabel 9 er derefter korrigeret for togtype, fart og bane som i tabel 8. Terrænkorrektionen bestemmes ved hjælp af figur 14, idet  $b = 162$  m og lydbanens gennemsnitlige højde ligesom ved position A er 2.3 m. Skærmningen er nul. Det ses, at  $L_{pAmax}$  er 5 dB lavere end når toget er i position A.



Figur 19.  
Plan, som viser et tog af type B i position B.

|          |                 |            |     |      |        |      |      |
|----------|-----------------|------------|-----|------|--------|------|------|
| STED     | BEREGN. PKT NR. | HØJDE o.t. | TOG | POS. | DATO   | SIGN | SIDE |
| Eksempel | $L_{pAmax}$     | M 3 [m]    | B   |      | 11/584 | JK   | 45   |

|                |     |  |  |  |  |
|----------------|-----|--|--|--|--|
| TOGTYPE / FART | B   |  |  |  |  |
| TOGLÆNGDE [m]  | 150 |  |  |  |  |
| FART [km/h]    | 120 |  |  |  |  |

AFSTANDE [m]  $a = -$   $b = 162$   $a_s = -$   $\hat{e} = -$

LYDBANE GNS. HØJDE [m]  $h = 2.3$

|                                              |      |  |  |  |      |
|----------------------------------------------|------|--|--|--|------|
| $L_{pAmax}$ , basis [dB re 20 $\mu$ Pa]      | 74.5 |  |  |  |      |
| $\hat{\Delta}L_{type}$ [dB]                  | +1   |  |  |  |      |
| $\hat{\Delta}L_{fart}$ [dB]                  | +5   |  |  |  |      |
| $\hat{\Delta}L_{bane}$ [dB]                  | 0    |  |  |  |      |
| SUM PR. TOGTYPE                              | 80.5 |  |  |  |      |
| STØRSTE VÆRDI [dB re 20 $\mu$ Pa]            |      |  |  |  | 80.5 |
| $\hat{\Delta}L_{skærm}$ [dB]                 |      |  |  |  | 0    |
| $\hat{\Delta}L_{terræn}$ [dB]                |      |  |  |  | -2.5 |
| $\hat{\Delta}L_{diverse}$ [dB]               |      |  |  |  | +3   |
| SLUTRESULTAT $L_{pAmax}$ [dB re 20 $\mu$ Pa] |      |  |  |  | 81   |

#### BEMÆRKNINGER

Denne værdi er mindre end værdien i tabel 8.

Tabel 9. Beregningsskema med beregning af  $L_{pAmax}$  for tog af type B i position B.

|      |                 |                   |     |      |      |      |      |
|------|-----------------|-------------------|-----|------|------|------|------|
| STED | BEREGN. PKT NR. | HØJDE o.t.<br>[m] | TOG | POS. | DATO | SIGN | SIDE |
|------|-----------------|-------------------|-----|------|------|------|------|

|                |  |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|--|
| TOGTYPE / FART |  |  |  |  |  |
| TOGLÆNGDE [m]  |  |  |  |  |  |
| FART [km/h]    |  |  |  |  |  |

|                                                     |     |     |                  |             |
|-----------------------------------------------------|-----|-----|------------------|-------------|
| AFSTANDE [m]                                        | a = | b = | a <sub>g</sub> = | $\hat{e}$ = |
| LYDBANE GNS. HØJDE [m] h =                          |     |     |                  |             |
| L <sub>pAmax</sub> , basis<br>[dB re 20 $\mu$ Pa]   |     |     |                  |             |
| $\hat{\Delta}L_{type}$ [dB]                         |     |     |                  |             |
| $\hat{\Delta}L_{fart}$ [dB]                         |     |     |                  |             |
| $\hat{\Delta}L_{bane}$ [dB]                         |     |     |                  |             |
| SUM PR. TOGTYPE                                     |     |     |                  |             |
| STØRSTE VÆRDI [dB re 20 $\mu$ Pa]                   |     |     |                  | ↓           |
| $\hat{\Delta}L_{skærm}$ [dB]                        |     |     |                  |             |
| $\hat{\Delta}L_{terræn}$ [dB]                       |     |     |                  |             |
| $\hat{\Delta}L_{diverse}$ [dB]                      |     |     |                  |             |
| SLUTRESULTAT L <sub>pAmax</sub> [dB re 20 $\mu$ Pa] |     |     |                  |             |

|              |
|--------------|
| BEMÆRKNINGER |
|--------------|

## 21. Referencer

- [1] M. Ringheim:  
»Støj fra skinnegående trafik. En enkel felles-nordisk beregningsmetode utarbeidet for Nordisk Ministerråds støygruppe, NBG«, Kilde rapport 67, 2. utgave, Voss, Desember 1983.
- [2] J. Jakobsen og J. Kragh:  
»Beregningsanvisninger for støj fra rangering«, Lydteknisk Institut rapport LI 922/83, Lyngby 1983.
- [3] T. Lahti:  
»Outdoor noise measurements compared with predictions by Nordic models«, Technical Research Centre of Finland, manuscript 6. february 1984, Esbo 1984.  
Ligning (11) i denne reference er rettet i nærværende beregningsmetode i overensstemmelse med brev af 13. februar 1984 fra M. Ringheim til T. Lahti.
- [4] J. Jakobsen og J. Kragh:  
»Vejledning om støj fra jernbaner. Beregningsmetode. Korrektion for togtype«. Teknisk Notat LI 631/84, Lydteknisk Institut, Lyngby 1984.

## Appendix 1:

| Formeludtryk til beregning af jernbanestøj | Side |
|--------------------------------------------|------|
| A.1.1. Generelt .....                      | 31   |
| A.1.2. $L_{Aeq,24h}$ .....                 | 31   |
| A.1.3. $L_{pAmax}$ .....                   | 33   |
| A.1.4. Symbolliste .....                   | 34   |

### A.1.1. Generelt

For at undgå aflæsningsunøjagtigheder ved brug af nomogrammer kan beregninger udføres ved brug af de formeludtryk, der findes i dette appendix. Ikke alle formeludtrykkene fra ref. [3] giver fuldstændig overensstemmelse med nomogrammerne (fra ref. [1]). Det anbefales at anse resultater af beregninger efter formeludtrykkene for korrekte. I tilfælde, hvor der skal foretages mange beregninger, vil det være fordelagtigt at udarbejde et EDB-program på grundlag af formeludtrykkene.

I dette appendix angives formeludtrykkene til beregning af basisværdier og korrektioner for  $L_{Aeq}$  og  $L_{pAmax}$  på grundlag af trafikale oplysninger og topografiske data. Der angives også formeludtryk til beregning af de indgående højder og afstande, men det vil i mange tilfælde være fordelagtigt at fastlægge disse størrelser på grundlag af kortskitser og længdesnit, før støjberegningerne foretages.

### A.1.2. $L_{Aeq,24h}$

(A1-1)

$$L_{Aeq,basis} = 50 \text{ dB} + 10 \log (L/100) - 10 \log (a/10)$$

hvor L er den totale toglængde pr. døgn, og a er afstanden – målt



vinkelret på sporet – mellem et punkt 0.5 m over spormidte (O) og beregningspunktet (M).

$$a = \sqrt{a_v^2 + (h_M - h_O)^2} \quad (\text{A1-2})$$

hvor  $a_v$  er den vandrette afstand – målt vinkelret på sporet – mellem O og M, og  $h_M$  og  $h_O$  er højderne af M og O over en vandret referenceplan.

$$\Delta L_{\text{fart}} = 23.5 \log (v/80) \quad (\text{A1-3})$$

hvor  $v$  er togets fart [km/h].  $v$  regnes aldrig mindre end 30 km/h, og for accelererende dieseltog aldrig mindre end 80 km/h.

$$\Delta L_{\text{delstr.}} = 10 \log (\alpha/180) \quad (\text{A1-4})$$

hvor  $\alpha$  er vinklen (i grader), hvorunder den pågældende delstrækning ses fra M.

$$\Delta L_{\text{terræn}} = -12 \log \frac{d}{1+d/10} + 3 \log h + 7,76 \text{ dB} \quad (\text{A1-5})$$

hvor  $h$  er den gennemsnitlige lydbanehøjde [m] over terrænoverfladen, og  $d$  [m] er den skrå afstand til den pågældende delstrækning målt langs halveringslinien til vinklen  $\alpha$ . Hvis normalen til sporet fra M deler vinklen  $\alpha$  måles  $d$  langs halveringslinien for den største af delvinklerne.  $\Delta L_{\text{terræn}}$  skal altid være nul eller negativ.

$$h = \frac{1}{N} (0,5 + h_{N-1} + \dots + h_2 + h_1), \text{ og} \quad (\text{A1-6})$$

$$d = a/\cos \delta \quad (\text{A1-7})$$

Når  $\alpha$  strækker sig på begge sider af normalen til sporet gennem M, og den største del af synsvinklen er  $\alpha_1$ , fås

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot \alpha_1 \quad (\text{A1-7a})$$

Når hele synsvinklen ligger på samme side af normalen til sporet gennem M, og vinklen mellem normalen og en linie gennem M og enden af delstrækningen nærmest M er  $\alpha_2$  fås:

$$\delta = \alpha_2 + \frac{1}{2} \cdot \alpha \quad (\text{A1-7b})$$

$$\Delta L_{\text{skærm}} = -10 \log a_s \quad (\text{A1-8})$$

$$-10 \log \left\{ \left[ e + \frac{1}{4(a_s+1)} \right] \frac{1}{1+e/3} \right\} - 7,54 \text{ dB}$$

hvor  $a_s$  er den vandrette afstand mellem spormidte og skærm målt vinkelret på sporet; dog er  $a_s$  begrænset til  $5 \text{ m} \leq a_s \leq 15 \text{ m}$ . Hvis den side af skærmen, som vender imod sporet, er absorberende, sættes  $a_s$  altid = 15 m.

$e$  er omvejen over skærmtoppen målt i den lodrette plan, hvori  $d$  bestemmes (se A1-7).

$$e = |ON| + |NM| - |OM| \quad (\text{A1-9})$$

$$e = \sqrt{\left( \frac{a_s \cdot a_v}{a \cdot \cos \delta} \right)^2 + (h_N - h_O)^2} + \sqrt{\left( \frac{(a_v - a_s) \cdot a_v}{a \cdot \cos \delta} \right)^2 + (h_N - h_M)^2} - d \quad (\text{A1-10})$$

hvor  $d$  og  $\delta$  er defineret i ligningerne (A1-7) – (A1-7b), og  $h_M$ ,  $h_N$

og  $h_O$  er højderne af punkterne M, N og O over en vandret referenceplan. I ligning (A-10) benyttes den faktiske, ubegrænsede størrelse af  $a_s$ .

Hvis den effektive skræmhøjde er negativ, dvs. at punktet N ligger under linien MO, ændres fortegnet på  $e$ :

$$(A1-9a) \quad e = |OM| - |ON| - |NM|$$

Efter beregning af  $\Delta L_{\text{skærm}}$  skal  $\Delta L_{\text{terræn}}$  modificeres således:

$$(A1-11a) \quad \text{Når } \Delta L_{\text{skærm}} < -10 \text{ dB sættes } \Delta L_{\text{terræn}} \text{ til nul.}$$

$$(A1-11b) \quad \text{Når } \Delta L_{\text{skærm}} \text{ er i intervallet } -10 \text{ dB} \leq \Delta L_{\text{skærm}} < -4 \text{ dB} \\ \text{sættes } \Delta L_{\text{terræn}} \text{ til halvdelen af det i ligning (A1-5) fundne.}$$

$$(A1-11c) \quad \text{Når } \Delta L_{\text{skærm}} \geq -4 \text{ dB medregnes den fulde værdi af } \Delta L_{\text{terræn}}.$$

Når bidrag til  $L_{\text{Aeq}}$  fra flere togtyper på samme delstrækning skal adderes, eller når bidrag fra flere delstrækninger skal adderes, benyttes udtrykket:

$$(A1-12) \quad L_{\text{Aeq, resulterende}} = 10 \log \left( 10^{L_{\text{Aeq},1}/10} + 10^{L_{\text{Aeq},2}/10} + \text{osv.} \right)$$

hvor  $L_{\text{Aeq},1}$ ,  $L_{\text{Aeq},2}$  osv. er de enkelte bidrag.

### A.1.3. $L_{\text{pAmax}}$

$$(A1-13) \quad L_{\text{pAmax,basis}} = 10 \log (10^{A/10} + 10^{B/10}),$$

$$(A1-13a) \quad A = 92 \text{ dB} - 10 \log (b/10) + 10 \log \left( \frac{\frac{\ell}{\text{arc tg } 2b}}{\text{arc tg } 5} \right)$$

$$(A1-13b) \quad B = \left( 44 - \frac{100}{\sqrt{\ell}} \right) \left( \frac{3}{\sqrt{\beta}} \right) + 50 \text{ dB} - 20 \log (b/10),$$

hvor  $\ell$  er længden af det længste, jævnlige forekommende tog.  $\ell$  er aldrig mindre end 100 m for dieseltrukne tog.  $b$  er afstanden fra beregningspunktet M til toget målt langs halveringslinien til den vinkel  $\beta$ , hvorunder toget ses fra M. Når midten af toget befinder sig på normalen til sporet gennem M, er

$$(A1-14a) \quad b = a$$

Når vinklen mellem normalen til sporet gennem M og en linie gennem M og den nærmeste ende af toget er  $\alpha_3$ , bestemmes  $b$  af

$$(A1-14b) \quad b = \frac{a}{\cos (\alpha_3 + \beta/2)}$$

idet vinklen, hvorunder toget ses fra M er  $\beta$ , og  $\alpha_3$  regnes negativ, når  $\beta$  omslutter normalen.

$$(A1-15) \quad \Delta \hat{L}_{\text{fart}} = 30.5 \log (v/80)$$

hvor  $v$  er farten af toget [km/h].  $v$  regnes aldrig mindre end 30 km/h, og for accelererende dieseltog aldrig mindre end 80 km/h.

$\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$  og  $\Delta \hat{L}_{\text{skærm}}$  beregnes efter formlerne (A1-5) henholdsvis (A1-8). I stedet for den skrå afstand  $d$  (A1-7) benyttes afstanden  $b$  (A1-14a-b).

Således fås:

$$\Delta \hat{L}_{\text{terræn}} = -12 \log \left( \frac{b}{1+b/10} \right) + 3 \log h + 7,76 \text{ dB} \quad (\text{A1-16})$$

$$\Delta \hat{L}_{\text{skærm}} = -10 \log a_s \quad (\text{A1-17})$$

$$-10 \log \left\{ \left[ \hat{e} + \frac{1}{4(a_s+1)} \right] \frac{1}{1+\hat{e}/3} \right\} - 7,54 \text{ dB}$$

hvor h er den gennemsnitlige lydbanehøjde over terrænet langs den linie, hvor b måles.  $a_s$  er den vinkelrette, vandrette afstand mellem spormidte og skærm.  $a_s$  er begrænset, så  $5 \text{ m} \leq a_s \leq 15 \text{ m}$ . Såfremt den side af skærmen, som vender mod sporet, er absorberende, sættes  $a_s = 15 \text{ m}$ .  $\hat{e}$  er omvejen over skærm-toppen målt i den lodrette plan, hvori b måles:

(A1-18)

$$\hat{e} = \sqrt{\left( \frac{a_s \cdot a_v}{a \cdot \cos(\alpha_3 + \beta/2)} \right)^2 + (h_N - h_O)^2} + \sqrt{\left( \frac{(a_v - a_s) \cdot a_v}{a \cdot \cos(\alpha_3 + \beta/2)} \right)^2 + (h_N - h_M)^2} - b$$

I formel (A1-18) indregnes den faktiske, ubegrænsede værdi af  $a_s$ .

Hvis den effektive skærmhøjde er negativ, dvs. at punktet N ligger under linien MO, ændres fortegnet på  $\hat{e}$ .

Efter beregning af  $\Delta \hat{L}_{\text{skærm}}$  skal  $\Delta \hat{L}_{\text{terræn}}$  modificeres som angivet i udtrykkene (A1-11a til c).

#### A.1.4. Symbolliste

|                                                                                             |               |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|
| Bidrag til $L_{pAmax,basis}$                                                                | [dB re 20μPa] | A:              |
| Position af tog                                                                             | [-]           |                 |
| Bidrag til $L_{pAmax,basis}$                                                                | [dB re 20μPa] | B:              |
| Position af tog                                                                             | [-]           |                 |
| Total forbipasserende toglængde pr. døgn                                                    | [m]           | L:              |
| Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau over et døgn                                        | [dB re 20μPa] | $L_{Aeq,24h}$ : |
| Det maksimale A-vægtede lydtrykniveau (tids-vægtning:S) som optræder flere gange på et døgn | [dB re 20μPa] | $L_{pAmax}$ :   |
| Beregningspunkt                                                                             | [-]           | M:              |
| Punkt på skærmtop                                                                           | [-]           | N:              |
| Kildepunkt, beliggende 0,5 m over spormidte                                                 | [-]           | O:              |
| Overgang mellem delstrækninger                                                              | [-]           |                 |
| Afstand mellem beregningspunkt og spormidte, målt vinkelret på spor                         | [m]           | a:              |
| Den vandrette, vinkelrette afstand mellem spormidte og skærm                                | [m]           | $a_s$ :         |
| Den vandrette projektion af a                                                               | [m]           | $a_v$ :         |

|                    |                                                                                                                         |        |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| b:                 | Afstand fra beregningspunkt til den placering af toget, som giver den højeste værdi af $L_{pAmax}$                      | [m]    |
| d:                 | »Skrå afstand« fra beregningspunkt til spormidte. d benyttes ved beregning af $\Delta L_{terræn}$ og $\Delta L_{skærm}$ | [m]    |
| e:                 | Omvej over skærmtop. e bruges til beregning af $\Delta L_{skærm}$                                                       | [m]    |
| ê:                 | Omvej over skærmtop. ê bruges til beregning af $\Delta \hat{L}_{skærm}$                                                 | [m]    |
| h:                 | Gennemsnitlig lydbanehøjde over terræn                                                                                  | [m]    |
| $h_1$ :            | Højde af beregningspunkt over terræn                                                                                    | [m]    |
| $h_2, h_3$ :       | Højde af lydbanen over terræn, målt i ækvivalente punkter mellem M og O                                                 | [m]    |
| $h_O$ :            | Højde af støjilden over en vandret referenceplan                                                                        | [m]    |
| $h_M$ :            | Højde af beregningspunkt over en vandret referenceplan                                                                  | [m]    |
| $h_N$ :            | Højde af skærmtop over en vandret referenceplan                                                                         | [m]    |
| l:                 | Længden af det længste, jævnlige forekommende tog                                                                       | [m]    |
| v:                 | Togets fart                                                                                                             | [km/h] |
| $\alpha$ :         | Den vinkel, hvorunder en delstrækning ses fra M*)                                                                       | [°]    |
| $\alpha_1$ :       | Den største del af vinklen $\alpha$ , når $\alpha$ udstrækker sig på begge sider af normalen til sporet gennem M *)     | [°]    |
| $\alpha_2$ :       | Vinkel fra normalen til sporet gennem M til en linie gennem M og den nærmeste ende af en delstrækning *)                | [°]    |
| $\alpha_3$ :       | Vinkel fra normalen til sporet gennem M til en linie gennem M og den nærmeste ende af toget*)                           | [°]    |
| $\beta$ :          | Den vinkel, hvorunder et tog ses fra M *)                                                                               | [°]    |
| $\delta$ :         | Vinklen mellem de linjer, langs hvilke afstandene a og d måles *)                                                       | [°]    |
| $\Delta L$ :       | Korrektioner til $L_{Aeq,24h}$                                                                                          | [dB]   |
| $\Delta \hat{L}$ : | Korrektioner til $L_{pAmax}$                                                                                            | [dB]   |

\*) Vinklerne måles i den – i almindelighed skrå – plan, hvori punktet M og linierne a, b og d befinder sig.

## Registreringsblad

**Udgiver:** Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

**Serietitel, nr.:** Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 5 1985

**Udgivelsesår:** 1985

**Titel:** Beregning af støj fra jernbaner

**Undertitel:** Fælles nordisk beregningsmetode

**Engelsk titel:** Prediction of noise from railways

**Forfatter(e) og/eller udførende institution(er):**  
Miljøstyrelsen

**Resumé:**

Vejledningen omfatter den danske udgave af en fælles nordisk beregningsmetode for støj fra jernbaner bestemt som henholdsvis

$L_{\text{aeq},24\text{h}}$  og  $L_{\text{pAmax}}$

**Standardiserede emneord (efter MDS-liste):**  
jernbanetrafik, støj, lydniveau, model

**Frie emneord:**  
beregningsmetode

**ISBN:** 87-503-5867-7

**ISSN:** 0108-6375

**Pris (inkl. 22% moms):** 35,- kr.

**Format:** A5

**Sideantal:** 36 s.

**Md./år for redaktionens afslutning:** oktober 1985

**Oplag:** 5.000

**Andre oplysninger:**

**Tryk:** JJ trykteknik a-s, København

Trykt på miljøpapir

# Beregning af støj fra jernbaner

Vejledningen omfatter den danske udgave af en fælles nordisk beregningsmetode for støj fra jernbaner bestemt som henholdsvis  $L_{\text{aeq},24\text{h}}$  og  $L_{\text{pAmax}}$ .

**Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 01-57 83 10

**Pris kr. 35,-** (inkl. 22% moms)

ISSN nr. 0108-6375

ISBN nr. 87-503-5867-7