

NN31545.1190 ^{II} TA 1190

april 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

GELUIDHINDERASPECTEN VAN RUIMTELIJKE ORDENING

BUITENGEBIED EN LANDINRICHTING

P. Jorritsma

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onder-
zoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

ISBN 151 246-02

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. ENKELE BEGRIPPEN UIT DE GELUIDTHEORIE	2
2.1. Wat is geluid?	2
2.2. Longitudinaal en transversaal	2
2.3. Geluidsnelheid, golflengte en frequentie	3
2.4. Momentane geluiddruk, specifieke akoestische impedantie	4
2.5. Effectieve geluiddruk	5
2.6. Geluidintensiteit	7
2.7. Gehoordrempel, pijngrens, vergelijken van luidheden	7
2.8. Intensiteitsniveau	9
2.9. Geluiddrukkniveau	9
2.10. Sommeren van geluiddrukkniveaus	10
2.11. Luidheidsniveau	12
2.12. De dB (A)-eenheid	14
2.13. Zuivere tonen, samengestelde tonen, geruis	15
2.14. Geluidspectrum	15
2.15. Equivalent geluidniveau	16
3. BRONNEN, REKEN- EN MEETMETHODEN	18
3.1. Algemeen	18
3.2. Wegverkeer	18
3.2.1. Individuele voertuigen	18
3.2.2. Totale verkeersstromen	20
3.3. Railverkeer	24
3.4. Luchtverkeer	27
3.5. Industrierreinen	28

	Blz.
4. INVLOEDEN VAN GELUID OP DE OMGEVING EN DE HINDER DIE DAARVAN WORDT ONDERVONDEN	30
4.1. Algemeen	30
4.2. Fysiologische en psychologische effecten van lawaai op de mens	30
4.3. Effecten van lawaai op de fauna	34
4.4. Hinder	37
4.4.1. Algemeen	37
4.4.2. Hinder van wegverkeerslawaai	40
4.4.3. Hinder van industrielawaai	48
5. ONDERBOUWING EN BEPALING VAN GRENSSWAARDEN	52
5.1. Algemeen	52
5.2. Vaststelling van dosis-effectrelaties	53
5.3. Bepaling van streefwaarde en gevarengrens	54
5.4. Keuze van de grenswaarde	54
5.5. Betekenis van de grenswaarde in de praktijk	57
6. DE WET GELUIDHINDER	58
6.1. Voorgeschiedenis	58
6.2. Bestaande wetgeving	59
6.3. Samenvatting van de Wet Geluidhinder	60
6.3.1. Hoofdpijnen van de Wet	60
6.3.2. Bestrijding bij de bron	62
6.3.3. Geluidzones	65
6.3.3.1. Zones rond industrieterreinen	66
6.3.3.2. Zones langs wegen	68
6.3.3.3. Andere geluidzones	73
6.3.4. Stiltegebieden	75
6.3.5. Geluidhinderdiensten	76
6.3.6. Het indicatief meerjarenprogramma (IMP)	77
7. CONSEQUENTIES VAN DE WET GELUIDHINDER VOOR BUITENGEBIED EN LANDINRICHTING	78
7.1. Algemeen	78
7.2. Provincies	79
7.3. Gemeenten	84

	Blz.
7.4. Landinrichtingsplannen	85
7.5. Eventuele onderzoeksgebieden voor de landinrichting	87
8. MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN GELUIDHINDER	88
8.1. Algemeen	88
8.2. Maatregelen bij de bron	88
8.3. Maatregelen tussen bron en ontvanger	93
8.3.1. Algemene factoren bij geluidoverdracht	93
8.3.2. Maatregelen door middel van afscherming	96
8.3.3. Maatregelen door middel van beplanting	102
8.3.4. Maatregelen in de planologische en stedebouwkundige sfeer	108
8.3.5. Maatregelen in de verkeerstechnische en verkeerskundige sfeer	112
8.4. Maatregelen bij de ontvanger	117
9. LITERATUUR	120
9.1. Gebruikte literatuur	120
9.2. Overige literatuur	125
9.2.1. Bronnen-, reken- en meetmethoden	125
9.2.2. Invloed geluid op mens en fauna	126
9.2.3. Hinder	126
9.2.4. Onderbouwing en bepaling grenswaarden	128
9.2.5. Maatregelen	129

1. INLEIDING

In het kader van de nieuwe 'Wet Geluidhinder' is het voor de praktijk van de ruimtelijke ordening in het buitengebied en de landinrichting van belang te weten welke procedures, richtlijnen en consequenties zijn te voorzien voor streekplannen, bestemmingsplannen buitengebied en landinrichtingsplannen. Voorts dienen eventuele problemen die om onderzoek vragen tijdig te worden gesignaleerd.

Als praktikant van de HTS-Leeuwarden, afdeling Verkeerstechniek, heeft auteur gedurende een periode van 5 maanden aan dit vraagstuk gewerkt, op de afdeling Planologie en verkeer van het ICW.

Ten eerste is een vrij uitgebreide literatuurstudie verricht op grond waarvan een groot aantal aspecten van het geluid in deze nota worden belicht, onder andere reken- en meetmethoden voor diverse geluidbronnen, invloeden van diverse factoren op mensen en dieren, de hinder die ondervonden wordt van lawaai, de bepaling en onderbouwing van de grenswaarden genoemd in de Wet Geluidhinder.

De Wet Geluidhinder is bestudeerd en de belangrijkste elementen hieruit worden besproken. Tevens zijn gesprekken gevoerd met medewerkers van diverse beleids- en onderzoeksinstellingen op dit terrein. Uit deze gesprekken en de beschikbare literatuur ter zake worden, voor zover thans reeds mogelijk, conclusies getrokken omtrent de consequenties van invoering van de Wet Geluidhinder voor de ruimtelijke ordening en de landinrichting.

Tenslotte worden maatregelen besproken die getroffen kunnen worden ter bestrijding van geluidhinder.

Een uitgebreide literatuurlijst met betrekking tot a. gebruikte literatuur, b. overige bestaande literatuur, zal de nota afsluiten.

2. ENKELE BEGRIPPEN UIT DE GELUIDTHEORIE*

2.1. Wat is geluid?

Geluid is overal om ons heen. Het is welhaast ondenkbaar om ergens te zijn waar geen geluid heerst. Nu rijst eigenlijk direct de vraag, wat is geluid?

Geluid is dat wat wij waarnemen door middel van het gehoororgaan. Geluid wordt geproduceerd door één of meer geluidbronnen. In alle gevallen waarbij geluid wordt voortgebracht is de geluidbron in trilling; het trillen is oorzaak van het geluid.

Geluidtrillingen kunnen zich voortplanten in diverse media, zoals in vaste stoffen en gassen. In deze studie beperken wij ons tot de gassen en wel speciaal tot de lucht.

Door het trillen oefent de geluidbron druk uit op de lucht. Hierdoor wordt de lucht periodiek verdund en verdicht. De verdunningen en verdichtingen planten zich voort door de lucht, bereiken het gehoororgaan en brengen het trommelvlies in trilling en via diverse wegen wordt het door de hersenen geïnterpreteerd als geluid. Natuurkundig gesproken is geluid: 'een toestand van periodieke drukschommelingen om de (stationaire) atmosferische druk'.

2.2. Longitudinaal en transversaal

Geluidgolven zijn longitudinale golven, dat wil zeggen, dat de trillingsrichting van de medium deeltjes langs dezelfde lijn ligt als de voortplantingsrichting van de golf. In tegenstelling tot de longitudinale golf staat de transversale golf. Bij laatstgenoemde golf staat de trillingsrichting van de deeltjes loodrecht op de voortplantingsrichting van de golf.

Het transversale golfverschijnsel komt meer voor dan het longitudinale.

*Gegevens voor dit hoofdstuk zijn, tenzij anders vermeld, ontleend aan: KOSTEN (1965), OOSTING (1977), HTS-Leeuwarden (z.j.)

Een aantal voorbeelden van een transversale golf zijn: golf langs een gespannen touw, rimpeling van een wateroppervlak, licht. Enkele voorbeelden van longitudinale golven: geluid, het in de grond drijven van een heipaal.

2.3. G e l u i d s n e l h e i d , g o l f l e n g t e e n f r e q u e n t i e

Geluid plant zich met een bepaalde snelheid voort, deze hangt af van het medium waarin de geluidstrillingen zich bevinden. In lucht hangt de geluidssnelheid af van de luchttemperatuur. Met behulp van (1) kan de geluidssnelheid in lucht berekend worden.

$$c = 331,4 + 0,6 v \quad (1)$$

waarin: c = geluidssnelheid in m/s

v = temperatuur van de lucht in $^{\circ}\text{C}$

Bij een temperatuur van 15°C is de geluidssnelheid ongeveer 340 m/s.

De sterkte van het geluid wordt bepaald door de amplitude (dit is de maximale uitwijking van de luchtdeeltjes t.o.v. de evenwichtsstand). De toonhoogte wordt bepaald door de frequentie van het geluid (dit is het aantal trillingen per seconde).

De golflengte van het geluid (dit is de afstand tussen twee opeenvolgende maxima of minima in druk) volgt uit:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

waarin: λ = golflengte, in m

c = geluidssnelheid, in m/s

f = frequentie, in Hz

De formule is toepasbaar voor alle media waarin het geluid zich voortplant. Tabel 1 geeft de waarde van c in enkele veel voorkomende media.

Tabel 1. Voortplantingssnelheid van geluid
in diverse media

Medium	Voortplantingssnelheid in m/s
hout	ca. 4000
glas	ca. 5000
CO ₂ -gas 0°C	258
water	1435
droge lucht 0°C	331
ijzer	ca. 5000
H ₂ -gas 0°C	1260

2.4. Momentane geluiddruk, specifieke akoestische impedantie

Als het geluid zich voortplant door de lucht treden er verdichtingen en verdunningen op, dus verhogingen en verlagingen van de druk. Wanneer er geen geluidgolven zijn heerst de zogenaamde evenwichtsdruk of atmosferische druk. De afwijking, (de verhoging en verlaging) ten opzichte van de atmosferische druk op een zeker ogenblik wordt geluiddruk genoemd, of beter de momentane geluiddruk.

Voor een vlakke golf (gelijke momentane druk in platte vlakken loodrecht op de voortplantingsrichting) geldt:

$$p = \rho c v \quad (3)$$

waarin: p = geluiddruk in N/m^2 (= Pa = Pascal)

ρ = soortelijke massa van het medium in kg/m^3

c = geluidssnelheid in m/s

v = snelheid trillende luchtdeeltjes in m/s

In formule (3) wordt de term ρc ook wel de specifieke akoestische impedantie, z , genoemd.

De definitie hiervan luidt:

$$z = \frac{p}{v} = \rho c \quad (4)$$

waarin: z = specifieke akoestische impedantie

p = geluiddruk in N/m^2

v = snelheid trillende luchtdeeltjes in m/s

De specifieke akoestische impedantie is te interpreteren als een constante van het medium. Het beste kan men ρc vergelijken met de weerstand R uit de elektriciteitswet van Ohm:

$$V = I R \quad (5)$$

waarin: V = spanning in Volt

I = stroomsterkte in Ampère

R = de weerstand in Ohm

R is een constante van de draad waar de stroom door loopt, ρc is een constante van het medium waar de geluidtrillingen door lopen. Redenerend uit (3) en dan wel met als medium lucht: is p klein, dan is v ook klein, maar ρc blijft als constante van de lucht ongewijzigd.

2.5. Effectieve geluiddruk

Wanneer er bijvoorbeeld stoom wordt afgeblazen, tenminste als dit constant gebeurt, zal de mens dit als een geluid van gelijkblijvende sterkte waarnemen. De werkelijkheid is echter heel anders. Als de geluiddruk als functie van de tijd wordt gemeten wordt een zeer chaotisch patroon gevonden, namelijk een patroon van wisselende geluiddrukken (fig. 1).

Via het gehoor en de hersenen ervaart de mens deze geluiddrukken als een gemiddelde, zodat een geluid wordt ervaren van constante sterkte.

De gemiddelde geluiddruk, gemeten over een niet te kleine periode is nul, want p is even vaak positief als negatief. Om nu een voor berekeningen en beoordelingen bruikbare sterktemaat te introduceren is men er toe over gegaan de wortel uit het

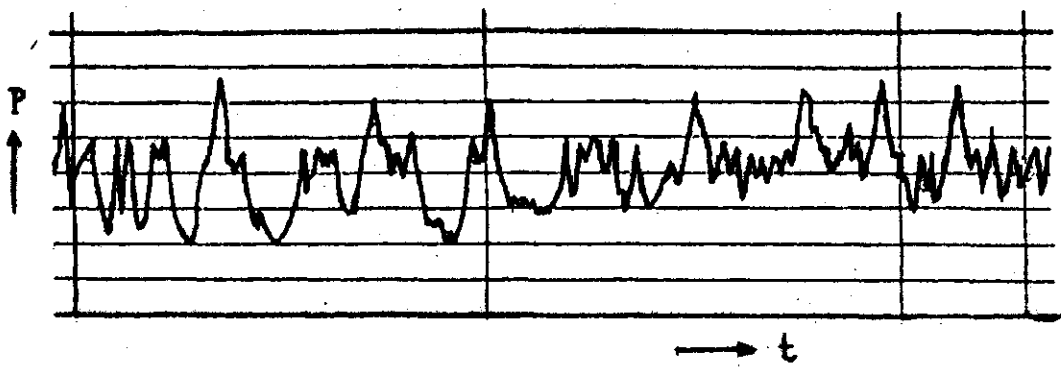


Fig. 1. Voorbeeld van de geluiddruk (p) als functie van de tijd (t)

gemiddelde kwadraat van de geluidsdrukken in een bepaald tijdinterval te nemen. Het getal dat hieruit voortvloeit noemt men de effectieve geluiddruk.

Per definitie:

$$P_e = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p^2 dt} = \sqrt{p^2} \quad (6)$$

waarin: P_e = effectieve geluiddruk in N/m^2
 $t_2 - t_1$ = de tijd waarover gemeten is in s
 p = geluiddruk in N/m^2

Dit is te vergelijken met de foutentheorie. De gemiddelde fout (algebraïsch genomen) is nul. Wanneer de fouten nu worden gekwadrateerd en gemiddeld, vormt de wortel daaruit, de middelbare fout. Deze is niet nul, en geschikt om de fouten in één getal uit te drukken.

Een andere formule voor de effectieve geluiddruk kan worden afgeleid uit (6), gegeven het sinusvormig verloop van de momentane geluiddruk:

$$P_e = \frac{1}{2} \hat{p} \sqrt{2} \quad (7)$$

waarin: P_e = effectieve geluiddruk in N/m^2
 \hat{p} = maximale waarde van de momentane geluiddruk

2.6. Geluidintensiteit

Een geluidbron levert energie in de vorm van golven (die energie met zich mee voeren). Des te meer energie de bron per tijdeenheid afgeeft, des te groter wordt zijn afgegeven akoestische vermogen.

De hoeveelheid energie die per tijdeenheid op een oppervlakte-eenheid loodrecht op de voorplantingsrichting valt, noemen wij de geluidintensiteit. De geluidintensiteit is te vergelijken met de verlichtingssterkte E , uit de fotometrie.

In formule is de geluidintensiteit:

$$I = \frac{P_e^2}{\rho c} \quad (8)$$

waarin: I = geluidintensiteit in W/m^2

P_e = effectieve geluiddruk in N/m^2

ρ = soortelijke massa van het medium in kg/m^3

c = geluidsnelheid in m/s

2.7. Gehoordrempel, pijngrens, vergelijken van luidheden

Niet alle trillingen die zich door de lucht voortplanten zijn waarneembaar voor het menselijk gehoor. Dit hangt namelijk af van de frequentie en de geluidintensiteit. Als men de intensiteit van een bepaalde toon geleidelijk laat afnemen, blijkt dat tenslotte geen geluid meer hoorbaar is terwijl de trillingsbron dan nog wel in beweging is. De geluidintensiteit moet dus een bepaalde waarde overschrijden om voor de mens waarneembaar te zijn. Deze waarde is de gehoordrempel. Boven een bepaalde geluidintensiteit wordt de geluiddruk pijnlijk voor het menselijk oor. Boven deze pijngrens zal na langere blootstelling zeker gehoorschade optreden. Fig. 2 toont de variabele niveaus van de pijngrens en de gehoordrempel als functie van de frequentie. Bij 1000 Hz is de gehoordrempel ca. $0,9 \times 10^{-12} W/m^2$ en de pijngrens $1 W/m^2$.

De tussenliggende veiligheidsgrens geeft de waarde aan waaronder de mens geen kans loopt op gehoorbeschadiging.

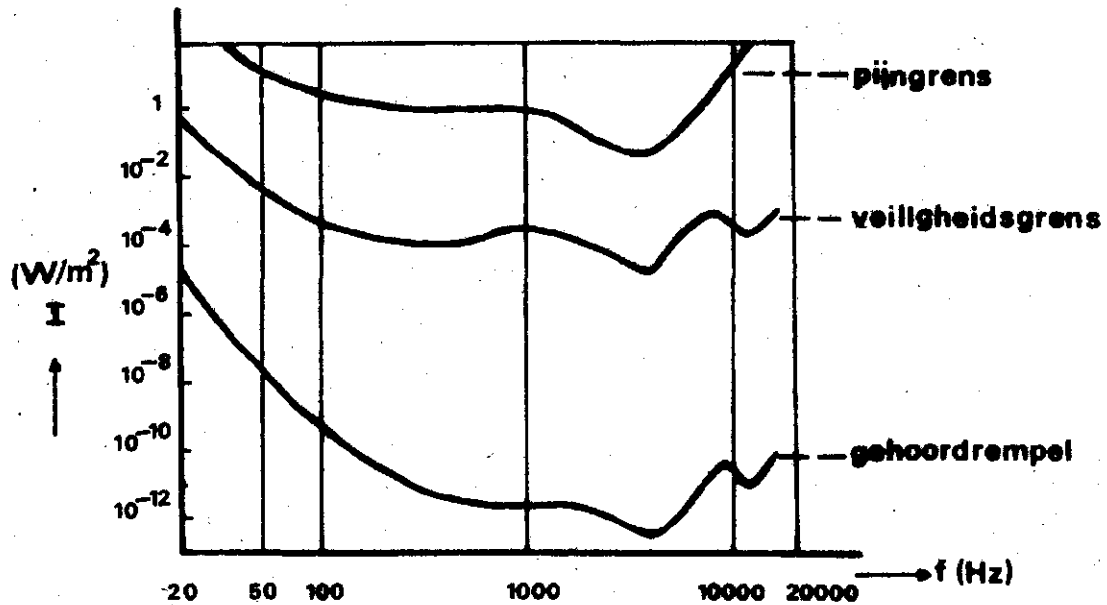


Fig. 2. Verloop van de pijngrens, de veiligheidsgrens en de gehoordrempel bij variabele frequentie

Belangrijk is te weten welk verband er bestaat tussen de geluidintensiteit van een toon en de luidheid waarmee de toon door de mens wordt waargenomen. Hiernaar is reeds in de 19e eeuw belevingsonderzoek verricht met als resultaat de algemene f y s i s c h - p s y c h i s c h e w e t v a n W e b e r - F e c h n e r. Deze luidt:

'de intensiteit van de menselijke gewaarwording neemt evenredig met de logaritme van de uitgeoefende prikkel toe'.

Voor geluid betekent dat:

'de door de mens ervaren luidheid neemt evenredig met de logaritme van de geluidintensiteit toe'. In simpeler bewoording gesteld 'het menselijk oor werkt logaritmisch'.

Zoals zal blijken uit de par. 2.11 en 2.12 vormt deze algemene wet slechts een grove benadering van de menselijke geluidgewartoring en heeft deze inmiddels diverse verfijningen ondergaan.

2.8. I n t e n s i t e i t s n i v e a u

Onder invloed van de wet van Weber-Fechner hebben fysici indertijd het begrip 'intensiteitsniveau' geïntroduceerd, dat diende voor een logaritmische transformatie van de geluidintensiteit.

Per definitie: Het intensiteitsniveau L_I van een geluid is het verschil tussen de logaritme van de geluidintensiteit I van dat geluid en de logaritme van een bepaalde standaardintensiteit I_0 .

In formule:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (9)$$

waarin: L_I = intensiteitsniveau in dB

I = geluidintensiteit in W/m^2

I_0 = standaard geluidintensiteit = $10^{-12} W/m^2$

Het is ook mogelijk het intensiteitsniveau in B (Bel) uit te drukken, maar meestal wordt de dB (decibel) gebruikt. Dit is een 10 maal zo kleine eenheid, vandaar dat in formule 9 een 10 voor de logaritme staat. Zo is dus een logaritmische schaal opgesteld die nog slechts een grove benadering vormt van de door de mens ervaren luidheid van geluid. I_0 is een internationaal gekozen grootte; deze is ongeveer gelijk aan de gehoordrempel voor een frequentie van 1000 Hz (zie 2.7). Dit betekent dat bij $f = 1000$ Hz op de gehoordrempel bij benadering geldt dat $L_I = 0$ dB.

2.9. G e l u i d d r u k n i v e a u

Een andere maatstaf om de luidheid in een logaritmische schaal te brengen is die van het geluiddrukkniveau. De formule hiervan luidt:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad \text{of} \quad L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (10)$$

waarin: L_p = geluiddrukniveau in dB

P_e = de effectieve geluiddruk in N/m^2

P_0 = constante vergelijkingsdruk = $2 \cdot 10^{-5} N/m^2$

P_0 is internationaal vastgesteld. Bij de gehoordrempel is $P_e = 2 \cdot 10^{-5} N/m^2$, dus $L_p = 0$ dB. Bij de pijngrens is $P_e = 200 N/m^2$ en $L_p = 140$ dB (zie tabel 2).

Tabel 2. Enige geluiden met het bijbehorende geluiddrukniveau

dB	Soort geluid
0	gehoordrempel
10	vallend blad
20	bladergeritsel
30	leeszaal, bibliotheek, stiltegebied
40	fluisteren op 1 m afstand
60	gespreksniveau
80	luide radio, bromfiets
100	drukkerij
120	popgroep, mitrailleur
130	startend straalvliegtuig op 50 m
140	pijngrens

Omdat de waarde van P_0 overeenkomt met de effectieve geluiddruk bij de referentiewaarde I_0 van het intensiteitsniveau is L_p gelijk aan L_I . Met L_p wordt echter meer gewerkt omdat in de praktijk meestal de effectieve geluiddruk P_e gemeten wordt en niet de geluidintensiteit.

2.10. Sommen van geluiddruk niveaus

Geluiddruk niveaus zijn niet zo maar bij elkaar op te tellen. Twee machines die elk 70 dB produceren, zorgen niet voor een totaal-

niveau van 140 dB. Men dient de kwadraten van de verschillende effectieve geluidsdrukken te sommeren tot het kwadraat van de gesommeerde effectieve geluidsdruk. Dit houdt verband met het logaritmisch gedrag van de decibel.

Het sommeren geschiedt als volgt:

$$L_{\text{totaal}} = 10 \log\left(\frac{P_{e1}^2 + P_{e2}^2 + \dots + P_{en}^2}{P_0^2}\right) =$$

$$= 10 \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}) \quad (11)$$

Uit formule (11) kan worden afgeleid dat twee bronnen van gelijke sterkte samen een geluidsdrukniveau geven dat 3 dB sterker is dan het oorspronkelijke niveau.

Verder blijkt dat twee machines die 60 respectievelijk 70 dB produceren, zorgen voor een totaal geluidsdrukniveau van 70,4 dB.

Fig. 3 toont een grafiek voor het sommeren van twee geluidsdrukniveaus.

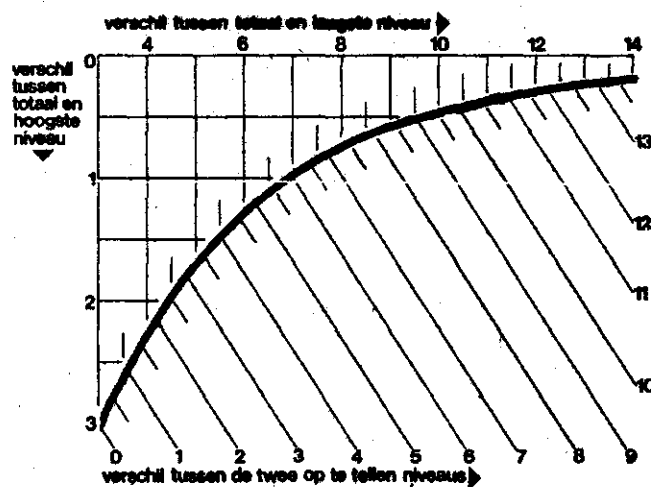


Fig. 3. Grafiek voor het 'sommeren' van twee geluidsdrukniveau's. Uit het verschil tussen beide niveau's (rechtsonder) volgen de verschillen tussen totaal en hoogste respectievelijk laagste niveau (links resp. boven)

2.11. L u i d h e i d s n i v e a u

Geluiden van verschillende frequenties bij gelijk intensiteitsniveau worden niet even luid gehoord door de mens. Een frequentie van 40 Hz is pas hoorbaar bij een geluidintensiteit van 10^{-7} W/m². Dit impliceert dat het intensiteitsniveau dan 50 dB is (zie (9)). Als de toon een frequentie van bijvoorbeeld 1000 Hz heeft, is deze duidelijk te horen. Het is daarom niet mogelijk voor het luidheidsniveau dezelfde schaal te kiezen als die van het intensiteitsniveau.

De mens blijkt vrij betrouwbare uitspraken te kunnen doen wat betreft de luidheid van een geluid. Dit heeft geleid tot invoering van het begrip l u i d h e i d s n i v e a u i n f o o n s van een geluid, gedefinieerd als het aantal decibels van een even luide toon van 1000 Hz. Wil men dus een proefpersoon het luidheidsniveau in foons laten meten van bijvoorbeeld een fabriekslawaai, dan geve men hem een toon van 1000 Hz van regelbare sterkte en vrage men hem deze toon even luid te maken als het fabriekslawaai in kwestie. Men leze vervolgens het aantal dB bij 1000 Hz, dat hij even luid oordeelt, af. Dit is het aantal foons van het fabriekslawaai. Erg eenvoudig is deze bepaling niet, doch uitvoerbaar is zij wel.

Het ligt voor de hand, dat men al spoedig heeft onderzocht hoe de mens op tonen van verschillende frequentie reageert, waarbij men fig. 4 heeft gevonden. Langs de verticale as staat het geluidsdruk-niveau L_p , horizontaal de frequentie. Een willekeurig punt in dit vlak stelt een zuivere toon voor met afleesbare frequentie en effectieve druk of drukniveau. Wij kunnen nu in dit vlak alle geluiden (punten) opzoeken, die de mens even luid oordeelt als een toon van 1000 Hz en 40 dB. Verbinden wij deze punten door een lijn, dan hebben wij een lijn van constant luidheidsniveau, te weten 40 foon, gevonden. Men noemt dit de isofoon van 40 foon. Dit heeft men gedaan voor vele niveaus, hetgeen tot de internationaal aanvaarde fig. 4 heeft geleid. Een toon van 20 Hz en 80 dB is blijkbaar even luid als een toon van 1000 Hz en 20 dB.

Tabel 3 toont voor enkele geluiden de bijbehorende frequenties, intensiteiten, intensiteitsniveaus en luidheidsniveaus.

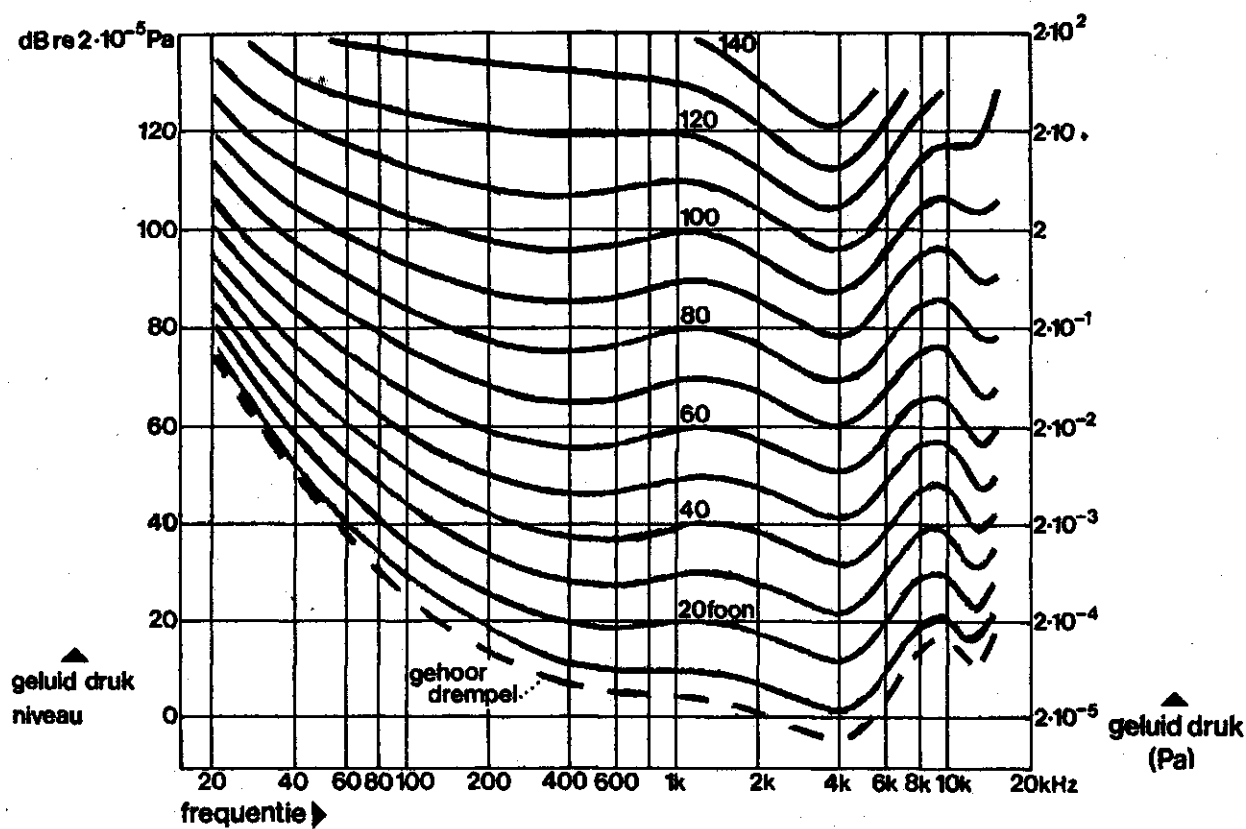


Fig. 4. Ligging van isofonen als functie van frequentie f en geluid-drukniveau L_p

Tabel 3. Overzicht van enkele luidheidsniveaus met bijbehorende frequentie, geluidintensiteit en intensiteitsniveau

Frequentie f (Hz)	Geluid-intensiteit I (W/m^2)	Intensiteits-niveau L_I (dB)	Luidheidsniveau P (foon)
1000	10^{-6}	60	60
100	10^{-6}	60	50
8000	10^{-6}	60	52
100	10^{-5}	70	60

De foon is dus een fysiologische maat voor de door de mens beoordeelde luidheid van geluid. Dit in tegenstelling tot de decibel welke

een fysische maat is voor de geluidsterkte.

2.12. De dB (A) - eenheid

In 2.11 is gezegd dat de foon een fysiologische of subjectieve maat is voor het luidheidsniveau. Het is mogelijk gebleken om deze subjectieve maat te relateren aan het intensiteitsniveau. Om dat te doen wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde gewogen niveaus. De luidheidscurven worden verdeeld in een aantal groepen, die van de lage, middelhoge en de hoge geluiddruk niveaus. Voor deze groepen heeft men een gemiddelde curve vastgesteld; de A-, B- en C-curve. Wij concentreren ons alleen op de A-curve, omdat de andere niet of nauwelijks worden toegepast.

Met deze A-curve, de A-weging, wordt een correctie toegepast op het geluiddruk niveau bij een bepaalde frequentie. Deze correctie hangt af van de gevoeligheid van het oor bij die frequentie..

De A-weging wordt toegepast, omdat deze een goede indruk geeft van de subjectieve beoordeling van de luidheid van het geluid door de mens. Meestal wordt de A-weging ingebouwd in meetinstrumenten als filter, zodat bepaalde frequenties meer of minder worden doorgelaten.

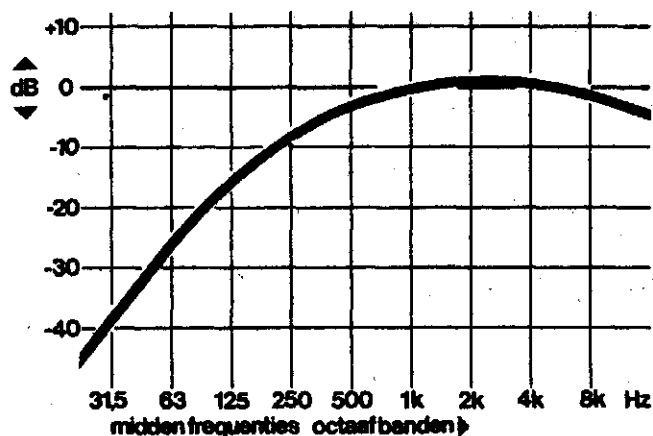


Fig. 5. Correctie op het intensiteitsniveau volgens de A-wegings-curve

Bij de meting van geluid in dB (A) wordt de invloed van de lage frequenties en in mindere mate die van de hogere frequenties op het intensiteitsniveau afgezwakt (zie fig. 5).

2.13. Z u i v e r e t o n e n , s a m e n g e s t e l d e t o n e n , g e r u i s

Bij geluid kunnen wij drie geluidsoorten onderscheiden, te weten:

1. Zuivere tonen

De beweging van de geluidbron is enkelvoudig harmonisch. Deze is voor te stellen als een sinusvormige functie van de tijd. Er ontstaat een zuivere toon welke één bepaalde frequentie heeft. Deze kan met behulp van een toongenerator worden geproduceerd.

2. Samengestelde tonen

De beweging van de geluidbron is nu gecompliceerder. Het is nu een combinatie van een aantal enkelvoudige harmonische trillingen, waarvan de frequenties veelvoudig zijn van de frequentie van de zuivere toon. Voorbeelden zijn een piano, viool of een ander muziekinstrument.

3. Geruis

De meeste geluiden in de praktijk zijn zo chaotisch dat men spreekt van geruis, gesis of gebrom. Hierin komen nagenoeg alle frequenties gelijktijdig voor, bijvoorbeeld stoom afblazen, verkeerslawai op enige afstand of een orkest.

2.14. G e l u i d s p e c t r u m

Het geluidsspectrum is de frequentiesamenstelling van een geluid, dat wil zeggen hoe sterk (met welke geluidsdrukkniveau) de lage tonen, de midden tonen en hoge tonen in het geluid vertegenwoordigd zijn. De analyse van het geluid, met name in verband met hinderpreventie, vindt plaats in octaafbanden, $\frac{1}{2}$ octaafbanden of in nog nauwere banden, dat wil zeggen dat alleen de geluiden binnen een bepaald fre-

quentiebereik worden geselecteerd door middel van filters en dat van die geluiden het geluiddruk- of intensiteitsniveau wordt bepaald. De 'afstand' of het interval tussen twee opeenvolgende a's of b's of c's op een muziekinstrument noemt men een octaaf. Natuurkundig blijkt, dat de frequentieverhouding tussen 2 opeenvolgende octaven 1:2 is. Volgens internationale normen heeft men een reeks voorkeur- of middenfrequenties vastgelegd, te weten:

63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz

De frequenties liggen dus op een onderlinge afstand van een octaaf.

Wanneer het geluid geanalyseerd wordt, worden de intensiteitsniveaus van de octaafbanden bepaald. Daar deze in dB bepaald worden, dient er weer een correctie te worden aangebracht via de A-weging (zie fig. 5).

Er wordt ook veel gewerkt met halve octaven (6 halve tonen ofwel een frequentieverhouding $1:\sqrt{2}$) en derden van octaven (4 halve tonen ofwel een frequentieverhouding $1:2^{1/3}$).

Een frequentieband met een middenfrequentie van 1000 Hz loopt van $1000/\sqrt{2}$ Hz tot $1000.\sqrt{2}$ Hz.

Verder wordt er ook nog wel met tertsbanden gewerkt. Men spreekt van tertsbanden als de middenfrequenties in die banden zich verhouden als 4:5. Een tertsband met een middenfrequentie van 1000 Hz loopt dus van $1000/\sqrt{1,25}$ Hz tot $1000.\sqrt{1,25}$ Hz.

2.15. E q u i v a l e n t g e l u i d n i v e a u

Voor de diverse bronnen zijn reken- en meetmethoden opgesteld om de geluidbelasting te berekenen. Bij de berekening van de geluidbelasting wordt vaak met het equivalente geluidniveau gerekend. Omdat het geluiddrukkniveau van de meeste bronnen niet continu is, bestaat behoefte aan een eenduidige maat voor de fluctuerende geluiddruk. Bij verkeerslawaaï speelt dit vooral een rol. Deze maat komt tot stand door integratie van de variërende geluiddruk over een bepaalde tijd.

Als definitie geldt:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_0^2} dt \right] \quad (12)$$

waarin: L_{eq} = equivalent geluidniveau in dB(A)

T = tijdsduur (integratietijd waarover L_{eq} bepaald wordt)

$P(t)$ = geluiddruk als functie van de tijd

P_0 = referentiewaarde van de geluiddruk ($2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$)

Het equivalente geluidniveau (L_{eq}) is dus op te vatten als een 'gemiddelde effectieve waarde'.

3. BRONNEN, REKEN- EN MEETMETHODEN

3.1. A l g e m e e n

In dit hoofdstuk worden voor de belangrijkste geluidbronnen uit onze omgeving de tot nu toe ontwikkelde operationele berekenings- en meetmethoden behandeld. Deze bronnen zijn het wegverkeer (3.2), railverkeer (3.3), luchtverkeer (3.4) en industrieterreinen (3.5). Van andere geluidbronnen (b.v. scheepvaarverkeer of stedelijk gebied) valt geen belangrijke invloed in het landelijk gebied te verwachten danwel is thans nog weinig bekend.

3.2. W e g v e r k e e r

3.2.1. Individuele voertuigen

Het ligt voor de hand, dat in eerste instantie onderzoek is verricht naar de geluidproduktie van individuele voertuigen.

In tegenstelling tot een continue stroomverkeer die als een lijnbron wordt voorgesteld, wordt een individueel voertuig beschouwd als een puntbron of monopool.

Een regressievergelijking voor het maximale geluidniveau van personenauto's als functie van de snelheid werd ontwikkeld door DE WINKEL (1972):

$$L_{7,5} = 63 + 0,16 v \quad (13)$$

waarin: $L_{7,5}$ = het maximale geluiddrukkniveau gemeten op 7,50 m van de passerende personenauto in dB (A)

v = snelheid van de auto in km/uur

De regressiecoëfficiënten zijn bepaald op basis van een steekproef van 69 auto's waarbij de snelheid varieerde van 50 tot 150 km per uur.

Analoog aan (13) is voor vrachtauto's als enkelvoudige bron eveneens door DE WINKEL (1972) een soortgelijke formule afgeleid.

Deze luidt:

$$L_{7,5} = 72 + 0,16 v \quad (14)$$

waarin: $L_{7,5}$ = het maximale geluiddrukkniveau gemeten op 7,5 m van de passerende auto in dB (A)

v = snelheid van de vrachtauto in km/uur

Deze formule is afgeleid uit metingen aan 25 vrachtauto's waarbij de snelheid varieerde van 50 tot 95 km/uur.

Door VAN DEN TOORN (1976) zijn voorts vergelijkingen afgeleid voor het verloop van het geluiddrukkniveau veroorzaakt door een passerend voertuig, als functie van voertuigsnelheid, tijd en afstand van waarnemingspunt tot de rijlijn van het voertuig. Hierbij wordt eveneens onderscheid gemaakt tussen personenauto's (beschouwd als monopool) en vrachtauto's (beschouwd als dipool; deze straalt maximaal in de richting van zijn lengte-as en minimaal in de richting loodrecht daarop).

Fig. 6 geeft een voorbeeld van geluidniveau-metingen en regressielijnen voor personenauto's en vrachtauto's (OOSTING, 1977).

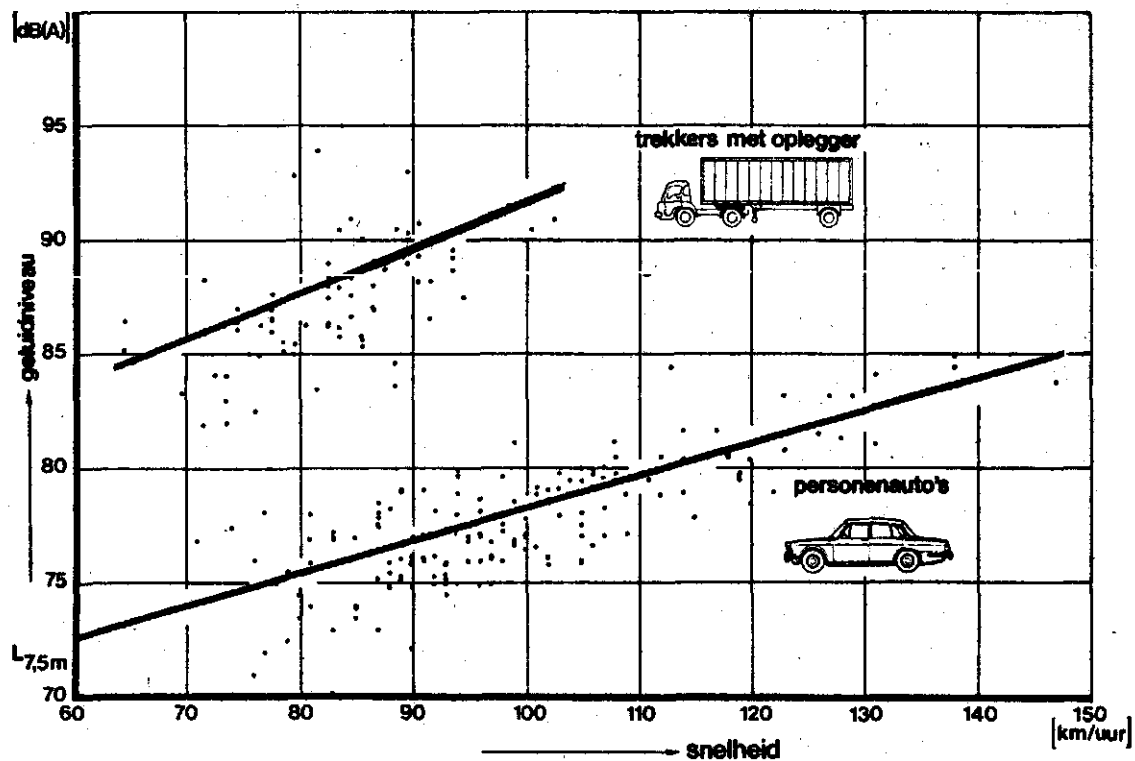


Fig. 6. Enkele voorbeelden van geluidniveaus, veroorzaakt door op een autoweg (asfalt wegdek) langrijdende auto's op het moment van langrijden, op 7,5 m afstand

3.2.2. Totale verkeersstromen

Eén van de belangrijkste en meest verspreide bronnen van geluidhinder is het wegverkeer. Ten behoeve van de toepassing van de Wet Geluidhinder is een methode ontwikkeld ter bepaling van L_{eq} op een waarnemingspunt op een bepaalde afstand van een recht wegvak (OOSTING, 1977).

De formule die bij deze methode gebruikt wordt is:

$$L_{eq} = L_{ew} + 10 \log\left(\frac{N}{v \cdot d}\right) + 10 \log\left(\frac{\phi}{2.180 \cdot 10^3}\right) - D \quad (15)$$

waarin (zie ook fig. 7):

L_{eq} = equivalent geluidniveau in dB

L_{ew} = equivalent vermogensniveau in dB van één voertuig met snelheid v km/uur

N = verkeersintensiteit in voertuigen/uur

v = gemiddelde snelheid van de voertuigen in km/uur

d = loodrechte afstand van waarnemer tot rijlijn in m

ϕ = hoek waaronder het weggedeelte wordt gezien vanuit het waarnemingspunt in graden (zie fig. 7)

D = de totale demping, omvattende luchtdemping, bodemdemping, demping begroeiing en reductie door afscherming in dB

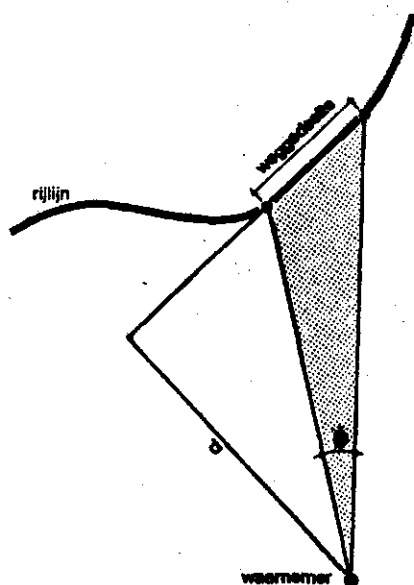


Fig. 7. Meetsituatie ter bepaling van L_{eq} in één punt met behulp van formule (15)

L_{ew} is afhankelijk van de gemiddelde snelheid volgens:

$$\left. \begin{aligned} L_{ew} &= C + 0,14 v && \text{als } v \geq 50 \text{ km/uur} \\ L_{ew} &= C + 7 && \text{als } v \leq 50 \text{ km/uur} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Hierin moet de constante C worden bepaald voor diverse groepen voertuigen en wegen met overeenkomstige eigenschappen. C is onder andere afhankelijk van de frequentie, voertuigtype en wegdekeigenschappen.

Voor de in de praktijk te hanteren waarden van C bij meting in de diverse frequentiebanden met onderscheid tussen personenauto's en vrachtauto's, zie tabel 4.

De meetmethode ter bepaling van het geluidniveau op een waarnemingspunt tengevolge van een totale verkeersstroom op een weg kan nu als volgt worden toegepast.

De weg wordt in diverse rechte gedeelten verdeeld. Voor ieder weggedeelte wordt L_{eq} berekend volgens (15).

De L_{eq} wordt voor ieder weggedeelte volgens de A-weging (zie 2.12) gecorrigeerd naar dB (A). Tenslotte worden de L_{eq} -waarden van alle afzonderlijke weggedeelten met behulp van (11) gesommeerd tot de totale L_{eq} -waarde van de weg. De verdeling van de weg in weggedeelten is afhankelijk van de eventueel wisselende verkeersparameters (N en v) en de ligging van de weggedeelten (d, ϕ en D) ten opzichte van het waarneempunt. Voor het opstellen van geluidkaarten, waarop zones c.q. lijnen van gelijk geluidniveau langs een weg worden getekend, moet deze methode worden herhaald voor een aantal waarnemingspunten op diverse afstanden van de weg. Hiervoor is een computerprogramma ontwikkeld.

Met betrekking tot de verkeersintensiteit op het betrokken wegvak worden de volgende situaties onderscheiden:

a. Weg met 5 of meer rijstroken.

Men gaat uit van een capaciteit van 65 000 mvt/etmaal.

b. Weg met 3 of 4 rijstroken

Hierbij wordt een prognose gemaakt voor 10 jaar na realisering.

Als deze lager uitvalt dan 20 000 mvt/etmaal wordt 20 000 mvt/etmaal toegepast. Als de prognose hoger uitvalt dan wordt er ge-

Tabel 4. Het equivalente bronvermogensniveau L_{ew} voor personenauto's en vrachtwagens. De gegeven waarden zijn afgeleid uit gegevens van VAN DER TOORN (1976). Ze gelden voor een droog wegdek van asfalt beton (bron: OOSTING, 1977)

Equivalent vermogensniveau L_{ew} in dB re 10^{-12} W bij $v \geq 50$ km/uur (in de vorm $C + 0,14 v$)					
Middenfrequentieband [Hz]		1 personenauto $\equiv 91 + 0,14 v$ [dB (A)]		1 vrachtwagen $\equiv 101 + 0,14 v$ [dB (A)]	
terts	octaaf	terts	octaaf	terts	octaaf
50		73 + 0,14 v		83 + 0,14 v	
63	63	63 + 0,14 v	74 + 0,14 v	81 + 0,14 v	86 + 0,14 v
80		57 + 0,14 v		80 + 0,14 v	
100		59 + 0,14 v		87 + 0,14 v	
125	125	63 + 0,14 v	65 + 0,14 v	86 + 0,14 v	91 + 0,14 v
160		57 + 0,14 v		85 + 0,14 v	
200		65 + 0,14 v		91 + 0,14 v	
250	250	65 + 0,14 v	71 + 0,14 v	95 + 0,14 v	100 + 0,14 v
315		68 + 0,14 v		97 + 0,14 v	
400		84 + 0,14 v		100 + 0,14 v	
500	500	76 + 0,14 v	85 + 0,14 v	95 + 0,14 v	101 + 0,14 v
630		72 + 0,14 v		90 + 0,14 v	
800		73 + 0,14 v		90 + 0,14 v	
1 000	1000	79 + 0,14 v	84 + 0,14 v	90 + 0,14 v	94 + 0,14 v
1 250		81 + 0,14 v		88 + 0,14 v	
1 600		82 + 0,14 v		87 + 0,14 v	
2 000	2000	82 + 0,14 v	87 + 0,14 v	89 + 0,14 v	92 + 0,14 v
2 500		82 + 0,14 v		84 + 0,14 v	
3 150		81 + 0,14 v		85 + 0,14 v	
4 000	4000	78 + 0,14 v	83 + 0,14 v	78 + 0,14 v	
6 300		69 + 0,14 v		78 + 0,14 v	
8 000	8000	69 + 0,14 v	73 + 0,14 v	76 + 0,14 v	81 + 0,14 v
10 000		64 + 0,14 v		73 + 0,14 v	

rekend met 35 000 mvt/etmaal.

c. Weg met 2 of minder rijstroken

Hierbij wordt een prognose gedaan voor 10 jaar na realisering van de weg.

Bij deze 3 gevallen wordt aangetekend dat een fout van 20% in de verkeersintensiteit slechts leidt tot een fout kleiner dan 1dB (A) in L_{eq} . Voor de andere verkeerskenmerken wordt zo mogelijk ook een

prognose gemaakt. Ontbreken de prognoses, dan kan worden uitgegaan van een uurintensiteit overdag van 6,6% van de etmaalintensiteit en 's nachts van 1% van de etmaalintensiteit, voorts van 15% vrachtverkeer en gemiddelde snelheden van 100 km/uur voor personenauto's en 80 km/uur voor vrachtwagens.

Alle bovengenoemde normen zijn ontleend aan resultaten van metingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat en de provinciale waterstaten. Tot zover de berekeningsmethode ontwikkeld door Oosting voor zoneringdoeleinden.

Als uit metingen een statistische verdeling van geluidrukniveaus van het verkeer bekend is, kan gebruik worden gemaakt van formule (17) ter bepaling van L_{eq} in een bestaande situatie (OOSTING, 1977):

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{100} \sum_{i=1}^n f_i \cdot 10^{L_i/10} \right] \quad (17)$$

waarin: L_{eq} = equivalent geluidrukniveau in dB (A)

f_i = percentage van de tijd dat het geluidrukniveau binnen de grenzen van de klasse i ligt

L_i = geluidrukniveau overeenkomend met het midden van de klasse i (dB (A))

i = rangnummer van de klasse

n = aantal klassen

Evenzo kan uiteraard uit metingen L_{eq} worden afgeleid volgens de algemene formule (zie 2.15):

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_o^2} dt \right] \quad (12)$$

De m e e t a p p a r a t u u r die gebruikt wordt is de volgende:

De meting wordt uitgevoerd met een geluidrukniveaumeter voorzien van een 'A-wegingsfilter', dat wil zeggen dat er een filtering wordt toegepast overeenkomstig de A-curve (zie fig. 5). De geluidrukniveaumeter is gekoppeld aan apparatuur voor integratie van het ontvangen geluidsignaal over de tijd. Er dient dus in de apparatuur een tijd-

meting te worden uitgevoerd met een afzonderlijke chronometer, waardoor de waarnemingstijd geregistreerd wordt. Meestal is de apparatuur in één toestel gecombineerd, zodat L_{eq} rechtstreeks kan worden afgelezen (OOSTING, 1975).

3.3. R a i l v e r k e e r

Door het MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE (1979) is een circulaire spoorweglawaai uitgegeven. De circulaire geeft voorlopige beleidsgrenswaarden voor spoorweglawaai ten aanzien van woonbestemmingen in nieuwe situaties (zie hfdst. Wet Geluidhinder).

In de circulaire is een methode gegeven voor berekening van de geluidbelasting langs spoorlijnen.

Hiermee is het mogelijk de geluidbelasting langs spoorlijnen te bepalen voor eenvoudige situaties, dat wil zeggen voor een rechte baan waarvan de bovenkant van de sporen zich op 1 m boven het maaiveld bevindt en die bereden wordt door het normale, met een constante snelheid rijdende, elektrisch aangedreven reizigersmaterieel van de NS en/of door goederentreinen waarvan de gemiddelde snelheid 75 km per uur is. De berekeningen gelden alleen voor waarnemingspunten op 5 m boven het maaiveld.

Bijzondere situaties zoals bijvoorbeeld het aanwezig zijn van wissels, remgeluid, bruggen of viaducten en natuurlijke afschermingen zijn buiten beschouwing gebleven.

De resultaten van deze rekenmethode zijn daarom uitsluitend bruikbaar voor een eerste globale afweging van planologische alternatieven.

In concrete detailsituaties zijn meer nauwkeurige berekeningen en/of metingen noodzakelijk. De technieken voor het berekenen van geluidbelastingen langs spoorbanen zijn gebaseerd op rekentechnieken die ontwikkeld zijn voor het berekenen van geluidbelastingen langs autosnelwegen (OOSTING, 1977).

In plaats van ieder motorvoertuig wordt bij reizigerstreinen ieder passerend draaistel en bij goederentreinen iedere passerende as als geluidbron beschouwd.

De rekenmethode verloopt als volgt:

a. Reizigerstreinen

In fig. 8 kan voor reizigerstreinen het L_{eq} over een periode van 1 uur worden afgelezen voor 1 passerend draaistel per uur.

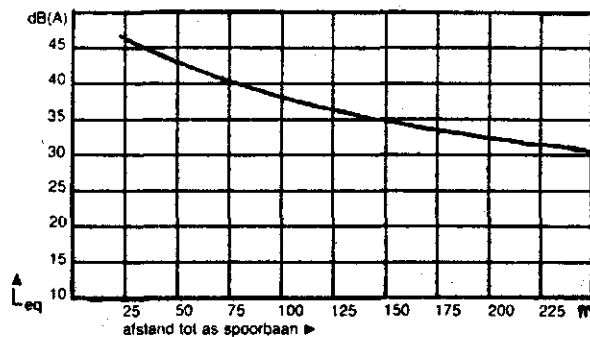


Fig. 8. L_{eq} draaist. voor elektrisch aangedreven reizigerstreinen over een periode van 1 uur bij 1 passerend draaistel per uur (Bron: MIN. v. VOMIL, 1979)

Het L_{eq} tengevolge van het verkeer met reizigerstreinen is hieruit te berekenen met behulp van de betrekking:

$$L_{eq \text{ reiz.}} = L_{eq \text{ draaist.}} + 10 \log N + 14 \log v - 29 \quad (18)$$

waarin: $L_{eq \text{ reiz.}}$: L_{eq} tengevolge van het verkeer met reizigerstreinen in de beschouwde periode (dag: 7-19 uur; avond: 19-23 uur; nacht: 23-7 uur) in dB (A)

$L_{eq \text{ draaist.}}$: L_{eq} over een periode van 1 uur voor 1 passerend draaistel per uur in dB (A) (zie fig. 8)

N : gemiddeld aantal passerende draaistellen per uur in de beschouwde periode

v : gemiddelde snelheid in km/uur van de treinen in de beschouwde periode ($v > 50$ km/uur)

Fig. 9 geeft de met behulp van betrekking (18) berekende equivalente geluidniveaus voor reizigerstreinen als functie van de afstand tot de as van de spoorbaan. Gegeven worden de L_{eq} 's voor een treinsnelheid van 100 km/uur bij respectievelijk 4, 16, 64 en 256 passerende draaistellen per uur.

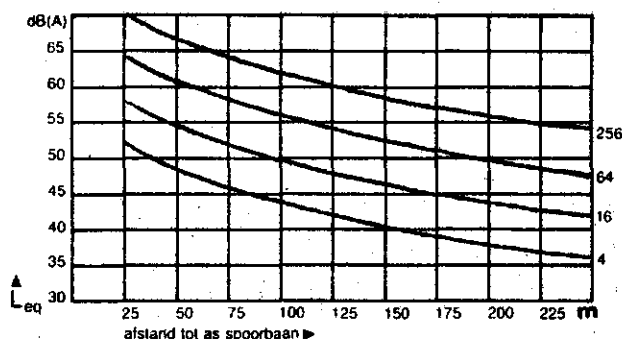


Fig. 9. L_{eq} voor elektrisch aangedreven reizigerstreinen bij 100 km/uur voor 4, 16, 64 en 256 passerende draaistellen per uur (Bron: MIN. v. VOMIL, 1979)

b. Goederentreinen

Fig. 10 geeft voor goederentreinen waarvan de gemiddelde snelheid 75 km per uur is, het L_{eq} over een periode van 1 uur voor 1 passerende as per uur. Het L_{eq} tengevolge van het verkeer met goederentreinen is hieruit te berekenen met behulp van de betrekking:

$$L_{eq \text{ goed.}} = L_{eq \text{ as}} + 10 \log N \quad (19)$$

waarin: $L_{eq \text{ goed.}}$: L_{eq} tengevolge van het verkeer met goederentreinen (gemiddelde snelheid 75 km per uur) in de beschouwde periode (dag 7-19 uur; avond: 19-23 uur; nacht: 23-7 uur) in dB (A)

$L_{eq \text{ as}}$: L_{eq} over een periode van 1 uur voor 1 passerende as per uur in dB (A) (zie fig. 10)

N : gemiddeld aantal passerende assen per uur in de beschouwde periode

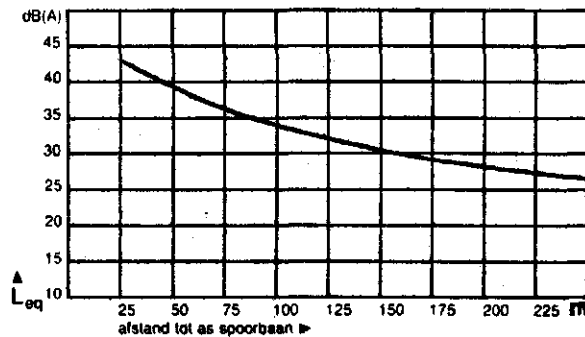


Fig. 10. L_{eq} as voor goederentreinen over een periode van 1 uur bij 1 passerende as per uur (Bron: MIN. v. VOMIL, 1979)

c. Equivalent geluidniveau totaal railverkeer

Uit het L_{eq} reiz. (eventueel voor verschillende treinsnelheden) en het L_{eq} goed. in een bepaalde periode is het L_{eq} tengevolge van het totale railverkeer in deze periode te berekenen uit:

$$L_{eq \text{ tot.}} = 10 \log \left[10^{\frac{L_{eq \text{ goed.}}}{10}} + \sum_{\text{div. snelh.}} 10^{\frac{L_{eq \text{ reiz.}}}{10}} \right] \quad (20)$$

waarin: $L_{eq \text{ tot.}}$: het totale equivalente geluidniveau als gevolg van het passeren van goederen- en reizigers-treinen in dB (A)

3.4. L u c h t v e r k e e r

De te berekenen lawaai-belasting door vliegtuigen wordt, in tegenstelling tot alle andere lawaai-belastingen, niet in de eenheid dB (A) uitgedrukt. De eenheid voor vliegtuiglawaai is de zogenaamde 'Kosten-eenheid' (KE).

De formule die hierbij gehanteerd wordt is:

$$B = 20 \log \left[\sum_{i=1}^I (n_i 10^{L_i/15}) \right] - 157 \quad (21)$$

waarin: B = geluidbelasting in KE, per jaar

n_i = correctiefactor voor de tijd van de dag waarop het vliegtuig passeert (zie tabel 5)

L_i = maximale geluiddrukkniveau tengevolge van een passerend vliegtuig in dB (A)

i = rangnummer passerend vliegtuig

I = het totaal aantal vliegtuigen dat in één jaar overvliegt

Tabel 5. Correctiefactoren voor de tijd van de dag waarop het vliegtuig overvliegt

Tijden in uur	Waarde van n
23- 6	10
6- 7 en 22-23	8
21-22	6
7- 8 en 20-21	4
19-20	3
18-19	2
8-18	1

3.5. I n d u s t r i e t e r r e i n e n

In tegenstelling tot de hiervoor behandelde geluidbronnen, die nog redelijkerwijs kunnen worden beschouwd als punt- of lijnbronnen, is het moeilijk, om hele industrieterreinen als één geluidbron te behandelen. Dit houdt verband met het feit dat zij in het algemeen grotere oppervlakten beslaan, diverse individuele geluidbronnen herbergen met verschillende karakteristieken (geluidniveaus, frequentiespectra, periode van het etmaal) en de complexe situering en afscherming van diverse gebouwen grote invloed hebben op de geluid-

belasting in specifieke richtingen.

Niettemin is besloten, industrieterreinen op gelijke wijze te behandelen als andere bronnen; hiertoe is als grootheid het geluidvermogensniveau L_W ingevoerd (TEN WOLDE EN GERRETSEN, 1978).

L_W is gedefinieerd als de bronsterkte van een fictieve monopool op de plaats van de echte bron, die in het volledig vrije veld dezelfde geluiddruk niveaus in de betreffende richting veroorzaakt als de werkelijke bron

$$L_W = L_W(\phi) = L_W \text{ totaal} + DI(\phi) \quad (22)$$

waarin: $L_W = L_W(\phi)$ = het richtingsafhankelijke geluidvermogensniveau van de fictieve bron in dB

$L_W \text{ totaal}$ = het totale vermogensniveau van de fictieve bron in dB

$DI(\phi)$ = de richtingsindex behorend bij de richting van bron naar waarnemingspunt

Om ingangsgegevens te verkrijgen voor een rekenschema waarmee de geluidbelasting op diverse afstanden rond een industrieterrein kan worden berekend is een nauwkeurige emissiemeetmethode nodig voor het schatten van de waarde van L_W van een industrieterrein. De diverse bestaande meetvoorschriften (o.a. International Organization for Standardization (ISO); Deutsches Institut für Normung e.v. (DIN); Verein Deutscher Ingenieure (VDI); Österreichisches Normeninstitut (Ö Norm); Oil Companies Materials Association (OCMA)) zijn hiervoor slechts in beperkte mate geschikt.

Door TEN WOLDE en GERRETSEN (1978) zijn zeven in aanmerking komende meetmethoden vergeleken. Enkele hiervan lijken voor nadere ontwikkeling en toepassing in aanmerking te komen; alle methoden dienen echter nog te worden getoetst aan praktische toepassingen. Vooralsnog is daarom geen standaardprocedure voor een meet- of rekenmethode ten aanzien van industrieterreinen beschikbaar.

4. INVLOEDEN VAN GELUID OP DE OMGEVING EN DE HINDER DIE DAARVAN WORDT ONDERVONDEN

4.1. A l g e m e e n

Met betrekking tot nadelig ervaren invloeden op de omgeving zijn volgens JURRIENS (1977) 3 soorten geluid te onderscheiden en wel:

1. O n n o d i g g e l u i d: geluid met een geluidniveau dat in een bepaalde situatie als niet passend wordt beschouwd, of anders gezegd, dat in zo'n situatie niet wordt verwacht. Er treedt een vorm van hinder op, fundamentele ontstemming of ergenis.
2. V e r s t o r e n d g e l u i d: geluid met een zodanig geluidniveau, dat verstoring van de uitgeoefende activiteiten van dat ogenblik optreedt (slaapverstoring, verminderde concentratie).
3. S c h a d e l i j k g e l u i d: geluid met een zodanig geluidniveau, dat schadelijke fysiologische effecten optreden, hetzij direct, hetzij indirect door overbelasting van vegetatieve regelsystemen. Geluid dus, dat schade betekent voor het optimaal lichamelijke functioneren.

4.2. F y s i o l o g i s c h e e n p s y c h o l o g i s c h e e f f e c t e n v a n l a w a a i o p d e m e n s

Het is algemeen bekend dat een te hoog geluidniveau storend werkt op de activiteiten van de mens en schadelijk is voor het lichaam. De mens wordt er dus psychisch en fysiologisch door beïnvloed. Er is nog weinig onderzoek verricht naar de fysiologische effecten van lawaai op de mens. Wel staat vast dat lawaai het motorisch en sympatisch zenuwstelsel danig kan beïnvloeden.

Fig. 11 illustreert het een en ander op suggestieve wijze.

Zo te zien veroorzaakt het lawaai allerlei nare dingen, waartegen een mens niet direct gewaagd is. Hoofdpijn, slaap- en spraakverstoring, verhoogde bloeddruk, hart- en vaatziekten en als uiterste geval gehoorschade. En dan zijn dit nog slechts de strikt fysiologische effecten. Nog vrijwel onbekend is, hoe deze indirect kunnen leiden tot andere, minder specifieke klachten of psychische effecten.

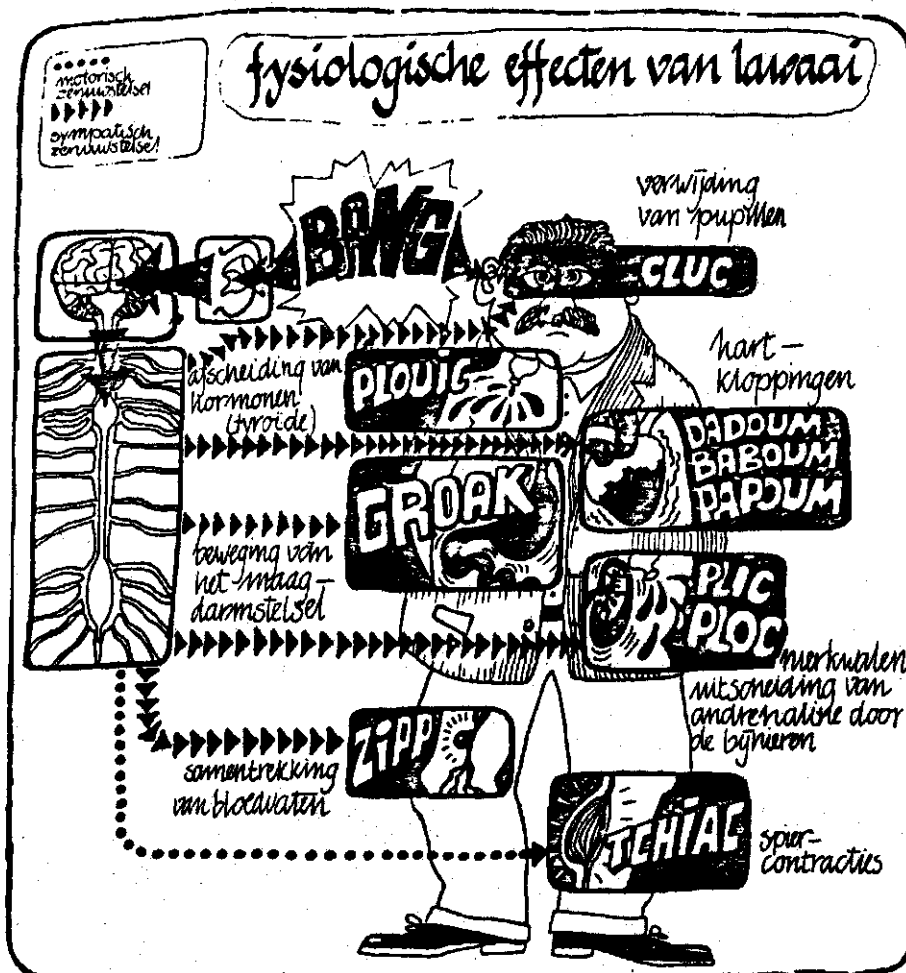


Fig. 11. Mogelijke fysiologische effecten van lawaai op de mens
(Bron: PARLEVLIET, 1979)

Behalve met fysiologische effecten is wel enige ervaring opgedaan met directe psychische effecten van lawaai op de mens. Lawaai blijkt te kunnen leiden tot:

- verminderde concentratie
- irritatie
- stresstoestand
- overgevoeligheid
- anti-sociaal gedrag
- opname in een psychiatrische inrichting

Een citaat uit het 'VOORLOPIG INDICATIEF MEERJAREN PROGRAMMA GELUID 1980-1984':

'Er zijn aanwijzingen dat een overmaat aan lawaai het aantal sociale conflicten, zowel op het werk als thuis vermeerderd. Naarmate men meer door het geluid wordt beïnvloed zal men sterker gaan reageren. Bij extreme reacties kan dit zelfs leiden tot het toebrengen van lichamelijk letsel'.

Diverse resultaten van empirisch onderzoek wijzen op verbanden tussen lawaai en medische klachten van mensen die daaraan bloot staan (KNIPSCHILD, 1976).

Fig. 12 geeft aan dat sinds 1968 bewoners van Zwanenburg/Halfweg

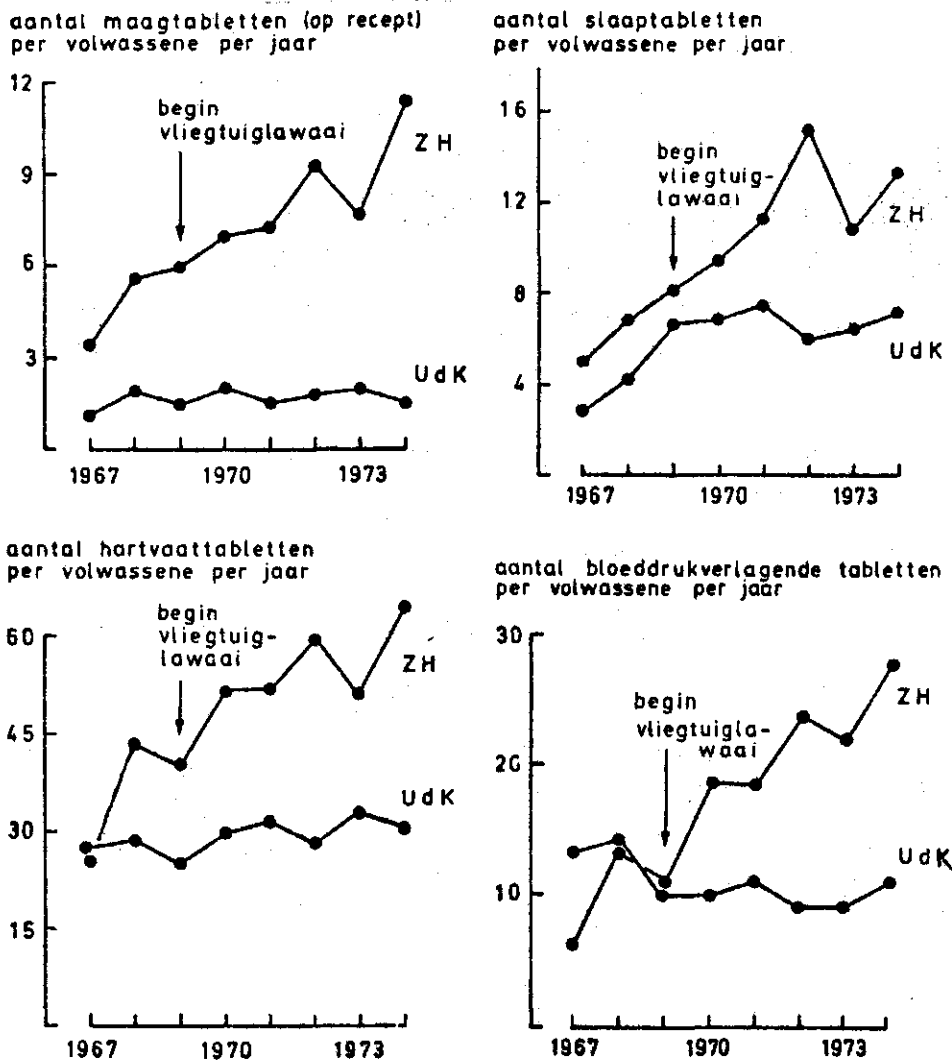


Fig. 12. Gemiddeld medicijngebruik per volwassene in Zwanenburg/Halfweg (ZH) met een vliegtuiglawaainiveau van 35-55 KE, en in Uithoorn/De Kwakel (UdK) met een lawaainiveau beneden 25 KE (Bron: KNIPSCHILD, 1976)

relatief meer maag-, slaap-, hart vaat- en bloeddrukverlagende tabletten zijn gaan gebruiken. Als gevolg van het in gebruik nemen van een nieuwe baan op de Luchthaven Schiphol is de lawaaielasting in deze dorpen tussen de 35 en 55 KE (Kosten-eenheden) komen te liggen. Ter vergelijking is het tablettengebruik weergegeven in Uithoorn/De Kwakel, waar de lawaaielasting beneden 25 KE is gebleven.

De fig. 13 en 14 suggereren enkele verbanden tussen medische klachten en vliegtuiglawaai in Kosten-eenheden.

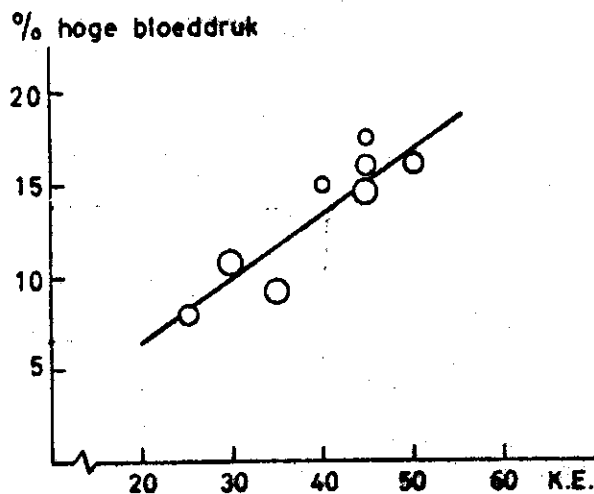


Fig. 13. Percentage deelnemers aan een bevolkingsonderzoek met hoge bloeddruk, gerelateerd aan de mate van vliegtuiglawaai (Bron: KNIPSCHILD, 1976)

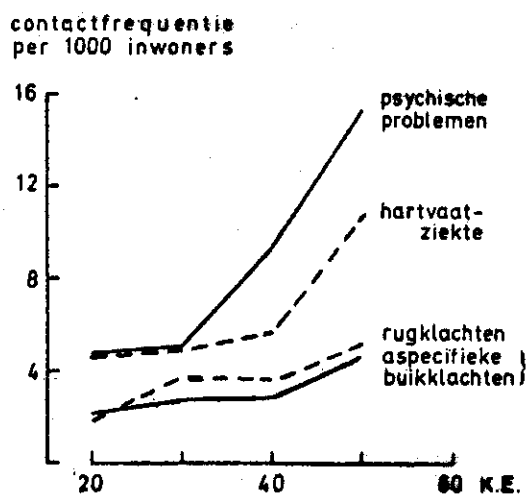


Fig. 14. Contactfrequentie met de huisarts, gerelateerd aan de mate van vliegtuiglawaai (Bron: KNIPSCHILD, 1976)

4.3. Effecten van lawaai op de fauna

Naar de effecten van lawaai op dieren is eveneens nog weinig onderzoek verricht. Een interessant onderzoek (VEEN, 1973) is verricht in het polderlandschap van Noord-Holland, te weten in de Schermer, Purmer, Wormer en Beemster. Hier is onderzocht in hoeverre de dichtheid van broedende weidevogels geringer is nabij een weg, dorp of spoorbaan. Het resultaat van dit onderzoek was, dat tot tenminste 1200 m vanuit een snelweg (> 7500 auto's per etmaal) verlagings van de broedvogeldichtheid werd waargenomen. De werkelijke afstand bedraagt waarschijnlijk 1600 à 1800 m (zie fig. 15). De ver-

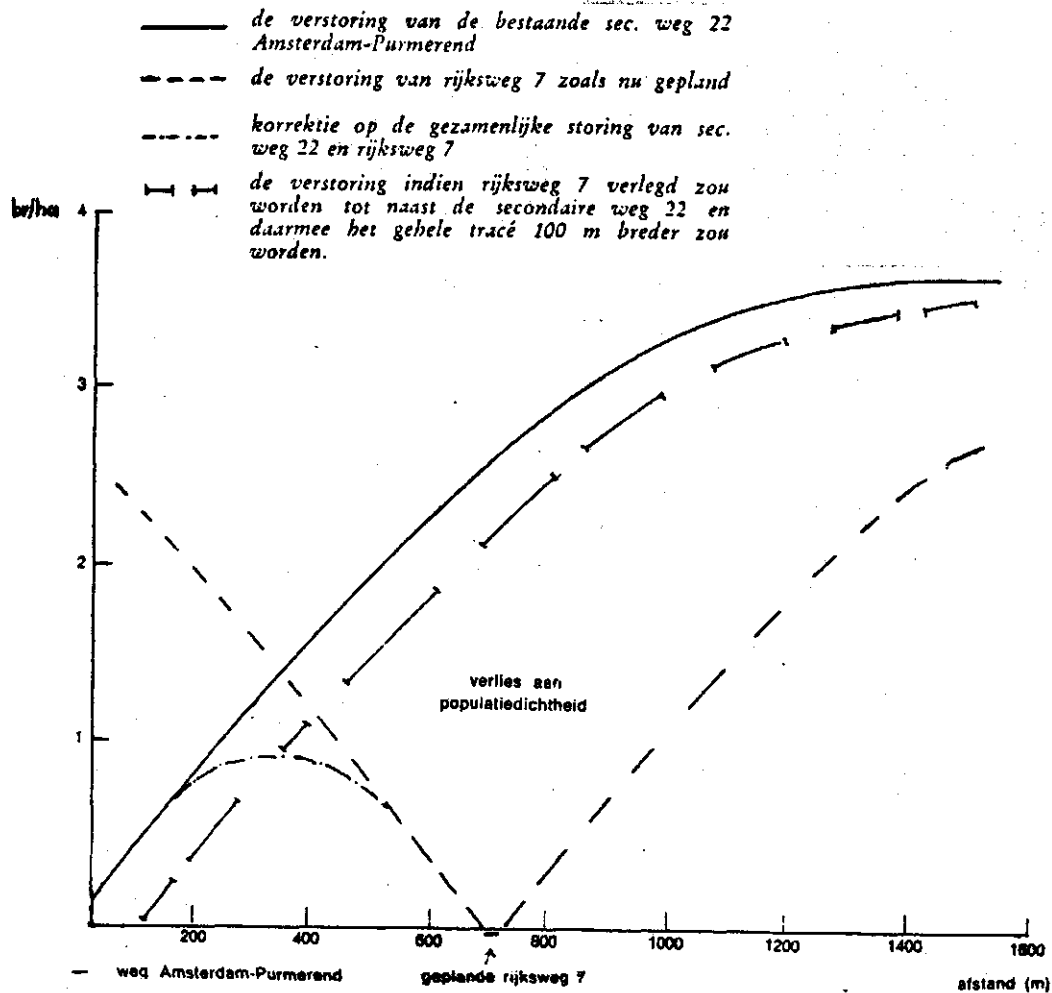


Fig. 15. Invloed op de broedvogeldichtheid van de bestaande S 22 (gemeten) en de geprojecteerde RW 7 (voorspeld) (Bron: VEEN, 1973)

storing vanuit een streekdorp bedraagt eveneens 1200 m. Een stille weg geeft een verstoring van 800 à 900 m. Een weg die vrijwel alleen door landbouwers gebruikt wordt brengt een verstoring van ca. 500 à 600 m teweeg.

De verstoring veroorzaakt door een spoorlijn zal tenminste 650 m bedragen. Deze waarden gelden als minimum verstoringsafstanden (zie fig. 16).

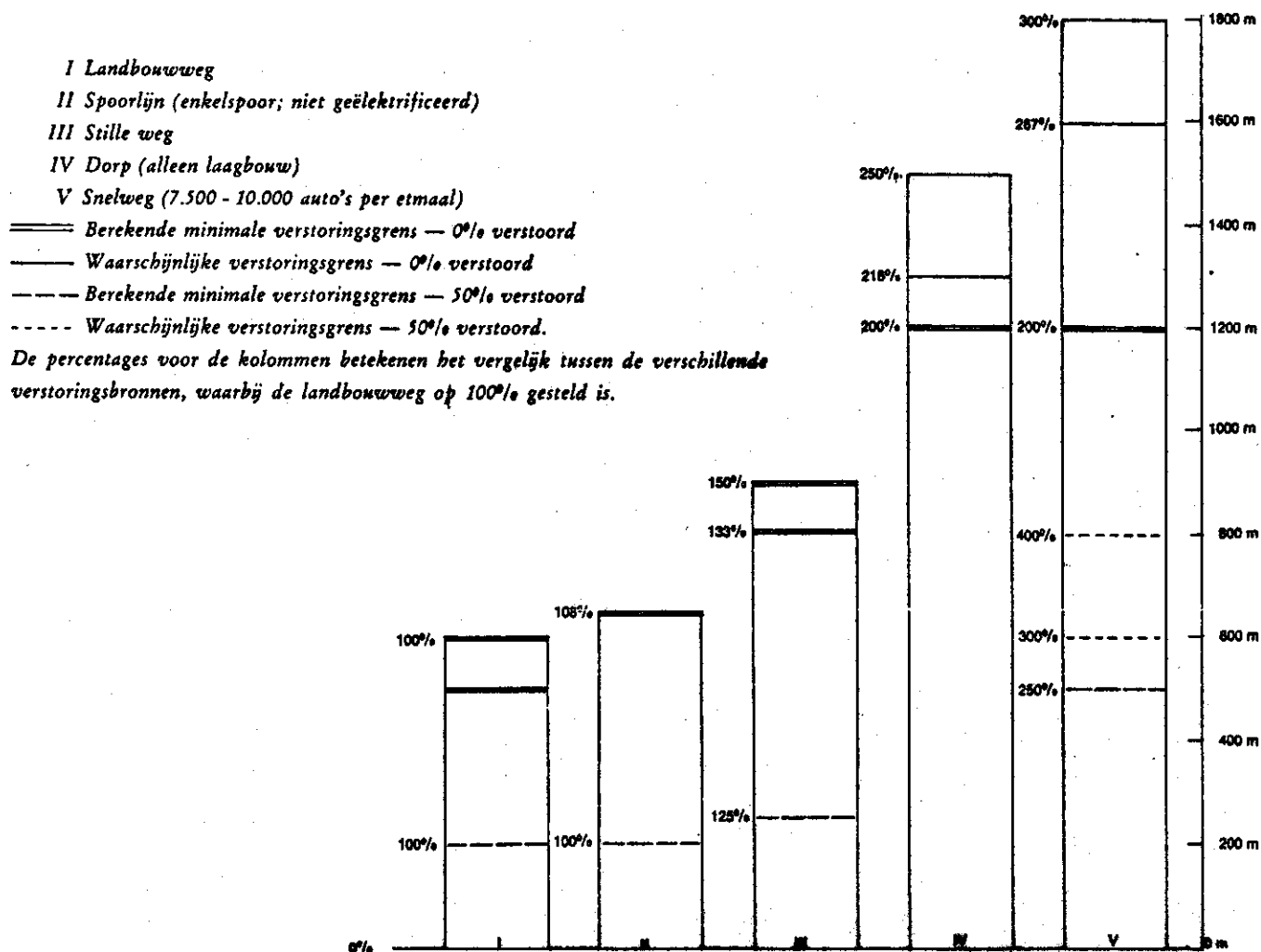


Fig. 16. Verstoringsgrenzen van weidevogeldichtheden langs diverse lijnvormige bronnen (Bron: VEEN, 1973)

In een literatuurstudie is door BOUTERSE (1973) per soort lawaai nagegaan wat voor invloed dit lawaai heeft op de fauna. Naar voren komt, dat onder de dieren, met name onder vogels, spoedig gewenning optreedt.

Gewenning betekent: het dier hervat zeer snel zijn oude activiteiten en negeert het lawaai. Het treedt op wanneer het dier zich niet bedreigd voelt.

Als de mens wordt gesignaleerd treedt er direct een verstoring op. Dus niet het lawaai blijkt de overheersende verstoringbron, maar de bewegende mens.

Belangrijk is de aard van het geluid en welke associatie het geluid bij het dier oproept.

Een extreem voorbeeld is het volgende. Het is bekend dat vogels soms vlak langs de startbaan van een vliegveld broeden. De oorzaak hiervan is alleen maar te gissen; of de vogels hebben geen hinder van het vliegtuiglawaai of deze vorm van hinder wordt verkozen boven andere hinder. Zodra er mensen op de startbaan verschijnen treedt er een verstoring op.

De gedragsverstoringen die optreden zijn te verdelen in twee groepen:

1. d e d i r e c t w a a r n e e m b a r e: signaleren geluid, oren spitsen, op de vlucht slaan, opvliegen of juist verstijven en roerloos blijven staan;
2. d e n i e t d i r e c t w a a r n e e m b a r e: beschadiging broedsel, uit elkaar geraken ouders en jongen of definitieve verjaging van de diersoort uit een gebied of verzwakking en uitsterven.

In de Verenigde Staten (MEMPHIS STATE UNIVERSITY, 1971) is ook onderzoek verricht naar de effecten van lawaai op de fauna. Hierbij wordt een indeling gemaakt per diersoort. Er worden vele experimenten besproken, genomen in laboratoria. De uitkomsten lopen parallel aan die genoemd in de publikatie van Bouterse.

BERENDSE (1980) vond resultaten analoog aan die van Veen. Ook hij onderzocht welke invloed het verkeer heeft op de dichtheid van

weidevogelpopulaties. Een nieuw element in het onderzoek van Berendse is de veronderstelling dat bepaalde broedvogelsoort gevoelig zijn voor trillingen in de bodem. De dichtheid van de weidevogelpopulaties werd onderzocht aan de hand van de factoren; geluidniveau, vochtigheid (nat of droog) en aanwezigheid van obstakels (bomen en boerderijen). Het is duidelijk dat deze factoren elkaar beïnvloeden, aldus Berendse. Fig. 17 geeft het verloop van geluidniveau en broedparen in relatie tot de afstand van de weg.

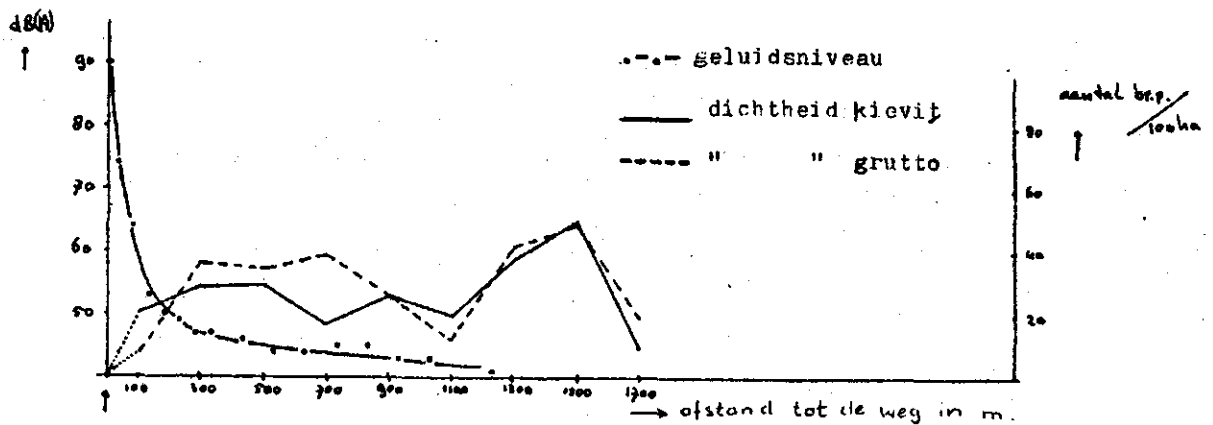


Fig. 17. Verloop van geluidniveau en broedvogelpopulatie-dichtheden in relatie tot de afstand van de weg (uit: BERENDSE, 1980)

4.4. H i n d e r

4.4.1. Algemeen

Volgens de 'Van Dale' is hinder: belemmering, overlast, onaangenaam gevoel. Het is duidelijk dat het begrip volgens deze omschrijvingen in verband kan worden gebracht met geluid, in het bijzonder gegeven de in 4.1 genoemde definities van onnodig geluid, verstoring geluid en schadelijk geluid.

Bij de waardering van verstoring door geluid en de daaruit voortvloeiende hinder speelt een groot aantal kenmerken van respectievelijk het geluid, de omgeving, de ontvanger en zijn activiteiten een

rol (TURPIJN-VAN DUINEN, 1975). Fig. 18 geeft hiervan een schematisch overzicht.

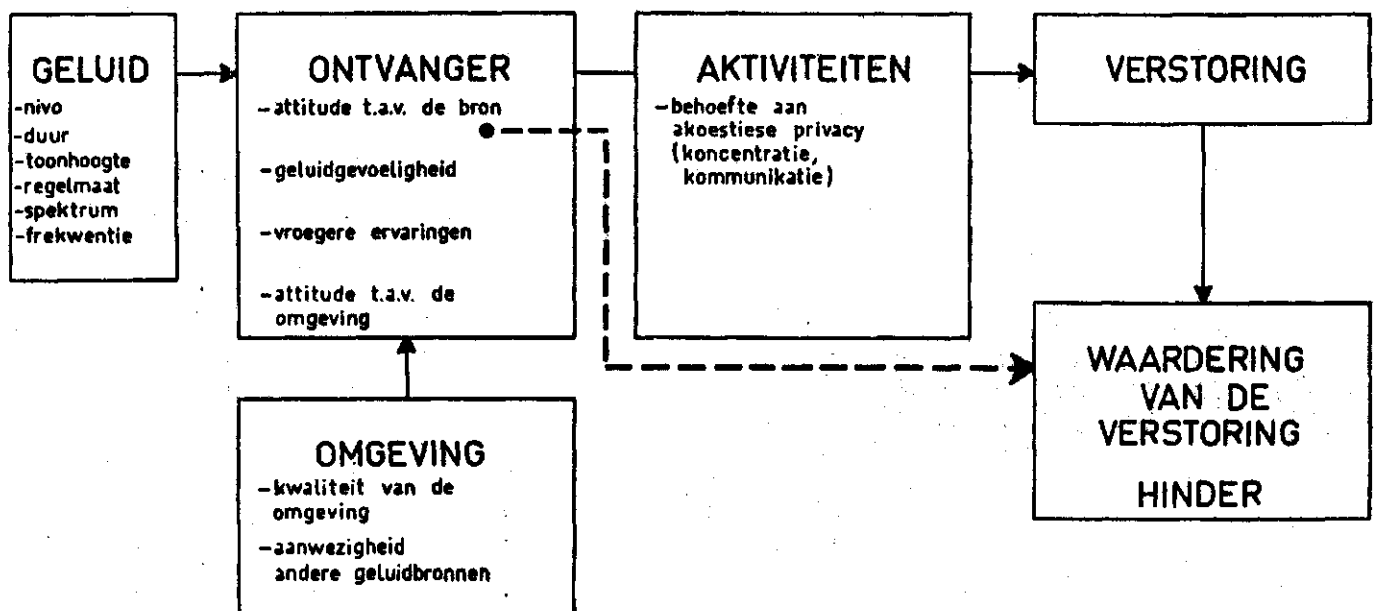


Fig. 18. Schematisch overzicht van factoren die een rol spelen bij geluidhinder

Geluidhinder wordt in dit verband wel verdeeld in twee soorten, te weten:

- a. specifieke hinder; het geluid wordt als directe belemmering ervaren bij activiteiten (slapen, spreken e.d.),
- b. niet-specifieke hinder; de kwaliteit van de omgeving wordt als aangetast ervaren. De hinder hangt met name af van de relatie tussen geluidbron en ontvanger.

In ieder geval is essentieel in het zich gehinderd voelen een onvrede met de situatie; men vindt het geluidbeeld niet passen bij de situatie (KLEINHOONTE VAN OS, 1975).

Kenmerkend voor hinder is voorts, dat de mate van hinder binnen een groep mensen sterk verdeeld is, enerzijds door de spreiding in het grote aantal beïnvloedende factoren (fig. 18), anderzijds als

gevolg van de subjectieve waardering van de verstoring. Bovendien is de verdeling van de hinder sterk verschillend voor de diverse soorten van bronnen. Tabel 6 geeft hiervan een indruk.

Tabel 6. Het percentage van de Nederlandse bevolking dat de betreffende bron hoort of daarvan hinder ondervindt
(uit: Voorlopig IMP Geluid 1980-1984)

	Het percentage van de Nederlandse bevolking dat (van) de betreffende bron		
	hoort	in enige mate hinder ondervindt	in ernstige mate hinder ondervindt
Wegverkeer	92	48	20
Woongeluiden	86	40	15
Luchtvaart	62	28	11
Industrie	17	8	3
Railverkeer	17	4	1
Kermissen, pretparken e.d.	11	2	0,5
Sportvelden, stadions, zwembaden e.d.	10	2	0
Discobars e.d.	4,8	2,2	0,5

Kon voor vogels al worden vastgesteld (zie 4.3) dat vaak gewenning optreedt, bij mensen speelt deze faktor zeer waarschijnlijk ook een rol. De bewust ervaren hinder van constante geluidbronnen (industrie, verkeer, e.d.) zal op den duur kunnen dalen. Gericht onderzoek hiernaar is niet gevonden.

Tenslotte lijkt aannemelijk, dat het jaargetijde en de weersgesteldheid van invloed zijn, evenals publiciteit en algemene opinievorming ten aanzien van bepaalde soorten geluid.

Het houden van enquêtes lijkt vooralsnog de enige manier om na te gaan hoe sterk de ondervonden hinder is. Uit de enquêtes kan bijvoorbeeld een hinderschaal worden afgeleid in afhankelijkheid van het geluidniveau.

Tevens kan een dosis-effectrelatiecurve worden opgesteld. In hoofdstuk 5 wordt hierop nader ingegaan.

In de volgende paragrafen wordt een aantal van dergelijke onderzoeken besproken met betrekking tot wegverkeerslawaai en industrielawaai.

4.4.2. Hinder van wegverkeerslawaai

In Engeland is onderzoek verricht door GRIFFITHS en LANGDON (1968) en door LANGDON en SCHOLES (1968).

Zij gaan ervan uit dat de voornaamste subjectieve reactie voortvloeit uit de ontevredenheid met de akoestische omgeving. Daartoe is een 7-punts ontevredenheidsschaal opgesteld, lopend tussen bepaald tevreden en bepaald ontevreden.

De gemiddelde ontevredenheidsscores, bepaald via ondervragingen, zijn gerelateerd aan verschillende statistische maten voor verkeerslawaai, te weten: L_{10} , L_{50} en L_{90} in dB (A). Dit zijn de geluidniveaus die gedurende 10%, 50% respectievelijk 90% van de tijd worden overschreden. Hieruit bleek, dat geen hoge correlaties met de gemeten ontevredenheidsscores konden worden aangetoond. GRIFFITHS en LANGDON (1968) hebben als hindermaat de zogenaamde Traffic-Noise-Index (TNI) ontworpen:

$$TNI = L_{90} + 4(L_{10} - L_{90}) - 30 \quad (23)$$

De TNI refereert aan lawaaipatronen over een periode van 24 uur. Er zijn 1091 mensen geënquêteerd met betrekking tot de ondervonden hinder, met het opmerkelijke resultaat, dat de correlatie tussen TNI en de mediane hinder van de totale groep is: $r = 0,88$, terwijl de correlatie tussen TNI en de individuele hinder is: $r = 0,29$.

Dit betekent, dat de hinder van individuele personen niet uit de TNI kan worden verklaard, maar een gemiddeld groepsgedrag daar blijkbaar sterker op reageert.

De TNI is getoetst in een aantal Nederlandse situaties door KLEINHOONTE VAN OS (1975). Hij concludeerde dat in een extreme situatie, bijvoorbeeld sterke toename van nachtverkeer bij gelijkblijvende dagintensiteit, de TNI niet zal voldoen. De hinderscore zal in

dit voorbeeld stijgen terwijl de TNI zal dalen (vgl. formule (23))
Deze situatie is getoetst nabij rijksweg 13 bij Delft. Wel moet worden vermeld dat dergelijke extreme gevallen natuurlijk zeer theoretisch zijn. In de praktijk blijkt de TNI redelijk te voldoen.

In een Frans onderzoek van BACELON (1967) is gewerkt met een hinderindex die voor elke ondervraagde werd verkregen door ongunstige reacties op 15 vragen op te tellen. Hiertoe is een lineaire 10-puntschaal geformeerd:

Index 0: geen enkele ongunstige reactie

Index 10: alle reacties ongunstig

De aan deze hinderindexen te relateren geluidniveaus zijn gemeten op drie plaatsen:

- a. voor de gevel van de woning
- b. binnenshuis met dichte ramen (10 à 15 dB lager dan a)
- c. binnenshuis met open ramen (10 à 5 dB lager dan a)

De resultaten van dit onderzoek waren:

- de mediane waarden (L_{50}) van de geluidniveaus lagen tussen 53 en 71 dB (A)
- bij een geluidniveau van 60 dB (A) is de hinderindex ca. 2,5
- bij een geluidniveau van 75 dB (A) is de hinderindex ca. 7,5
- bij verkeersintensiteiten groter dan 2000 mvt/uur is tussen de hinderindex en L_{50} een correlatie gevonden van $r = 0,61$

In een ander Frans onderzoek (AUBRÉE, AUZOU en RAPIN, 1973) is gewerkt met 23 hindervariabelen (opinions m.b.t. hinder bij diverse activiteiten) en 26 correctievariabelen (mede verklarende of achterliggende factoren).

Uit variantie-analyse bleek dat van de correctievariabelen er slechts 5 invloed hadden op bepaalde hindervariabelen. Deze correctievariabelen waren:

- geslacht en tijd overdag in de woning doorgebracht
- gebruik van slaapmiddelen
- tevredenheid met de woonwijk
- lawaai-expositie van vorige woning in vergelijking met die van de huidige
- expositie van de woning aan straatlawaai

Op basis van factoranalyse heeft men een hinderindex opgesteld, die de hinder in het algemeen aangeeft bij activiteiten overdag. De schaal loopt van 0 tot 10:

- 0 - geen enkele variabele gestoord
- 10 - alle variabelen maximaal gestoord

Er is geen correlatie gevonden tussen de lawaaivariabelen en de hinder bij het slapen.

Verder worden vermeld de verbanden tussen de hinderindex en het lawaai. L_{10} , L_{50} en L_{eq} geven dezelfde correlatiecoëfficiënt met de hinderindex, namelijk $r = 0,32$. Voor L_{50} leidt dit tot de volgende regressievergelijking:

$$\text{hinderindex} = 0,15 L_{50} - 5,55 \quad (24)$$

De formule geldt voor:

- expositie woongebouw aan straatlawaai is zwak
- het individu is tevreden met de wijk
- het individu is niet overtuigd van het nadelig effect van het lawaai op de gezondheid

Voor het geval, dat aan deze beperkingen niet wordt voldaan is ook een formule ontwikkeld, namelijk:

$$\text{hinderindex} = 0,05(L_{50} + 3,5 \text{ SQ} + 3,63 \text{ EXPO} + 7,04 \text{ S}) - 5,55 \quad (25)$$

waarin: SQ = tevredenheid met de wijk
EXPO = expositie van de gevel aan lawaai
S = opinie met betrekking tot de invloed op de gezondheid

De conclusies van de onderzoekers zijn, dat bij een geluidniveau van ca. 55 à 60 dB (A) weinig hinder ondervonden wordt. De correlatie tussen de hinderindex en de variabele die het geluid karakteriseert is zwak ($r = 0,32$).

Bij een L_{50} van 60 dB (A) is 11% van de ondervraagden zeer ontevreden en ziet 30% van de ondervraagden zich genoodzaakt de ramen te sluiten om geen gesprekstaking te ondervinden.

Bij een L_{50} van 70 dB (A) is 22% zeer ontevreden en voelt 75% zich genoodzaakt de ramen te sluiten.

In Oostenrijk heeft men ook getracht (BRUCKMAYER en LANG, 1967) de mate van storing door verkeerslawaaï te onderzoeken.

Er is een hinderschaal opgesteld lopend van 0 tot 4:

- 0 - niet gestoord
- 1 - nauwelijks gestoord
- 2 - gestoord
- 3 - sterk gestoord
- 4 - ondraaglijk gestoord

De enquête die gehouden is, is verricht onder 400 personen (265 in woningen, 100 in kantoren en 35 onderwijskrachten in scholen). De bevindingen van de enquête zijn gerelateerd aan lawaaimetingen op 40 plaatsen in het stadsgebied van Wenen.

De resultaten zijn weergegeven in de fig. 19 en 20.

Een Zweeds onderzoek van het NSIBR e.a. (1968) heeft zich gericht op het construeren van een 'dose and response curve' voor expositie aan verkeerslawaaï met L_{eq} -waarden tussen 50 en 70 dB (A).

De resultaten laten zien dat zowel fysiologische als psychologische factoren in beschouwing moeten worden genomen om de mate van hinder door verkeerslawaaï te voorspellen. Naar voren komt tevens dat de hinder in een meer attractief woongebied, zelfs bij hogere geluidbelastingen, veel minder is dan in een minder aantrekkelijk woongebied.

De hindermaat is opgebouwd uit 3 dimensies:

- voorkomen van hinder
- intensiteit van de hinder
- frequentie van de hinder

Gevonden werd, dat er een duidelijke correlatie bestaat tussen de frequentie van de hinder en de intensiteit van de hinder. Bij $L_{eq} = 50$ dB (A) blijkt ca. 10% van de ondervraagden ernstig te worden gehinderd; bij $L_{eq} = 60$ dB (A) is dit percentage 30% (zie ook fig. 19). Verder is gevonden dat de correlatie tussen de hinderindex en het verkeerslawaaï hoog is. De correlatiecoëfficiënten lopen van 0,81 tot 0,96 voor verschillende expositiecoëfficiënten. Ook wordt een hoge correlatie gevonden tussen dosis (L_{eq}) en effect (hinder-

index) in het interval $L_{eq} = 50$ tot 70 dB (A) (zie ook fig. 20). De woongebieden betrokken in het onderzoek waren gelegen bij auto-wegen met zwaar, intensief verkeer bij Stockholm en Gothenburg.

In München is een enquête verricht door RUCKER (1975), waaruit is gebleken dat L_{eq} een goede maat is voor de sterkte van het wegverkeersgeluid in verband met hinder. Bij een L_{eq} van ca. 52 dB (A) begint hinder op te treden (gemeten buiten voor de gevel van de woning).

Verdere uitkomsten worden in tabel 7 gegeven.

Onder sterk gehinderden worden die mensen verstaan die vermelden dat door het verkeerslawaaï:

- geen concentratie mogelijk was
- zij nerveus werden
- zij niet konden inslapen
- zij 's nachts dikwijls wakker werden

Tabel 7. Verband tussen L_{eq} en % sterk gehinderden in München (uit: RUCKER, 1975)

L_{eq}	Bij open venster	Bij gesloten venster
overdag		
60 dB (A)	20	3
70 dB (A)	63	21
75 dB (A)	73	23
's nachts		
55 dB (A)	7	3
65 dB (A)	53	13

In Nederland is een onderzoek verricht langs rijksweg 16 in Dordrecht (BITTER, KAPER en PINKSE, 1978).

Een onderdeel hiervan betrof een sociaal-psychologisch onderzoek. Hieruit probeerde men een dosis-effect relatie af te leiden. Er werd onderscheid gemaakt tussen 'specifieke' en 'niet-specifieke hinder' (zie 4.4.1).

Als maat voor de specifieke hinder werd een hinderscore gebruikt. Voor het vaststellen of meten van de niet-specifieke hinder heeft men nagegaan hoe de ondervraagden tegenover het lawaai in de omgeving stonden. Als factor bij de beoordeling van geluidwerende voorzieningen is tevens onderzocht in welke mate iemand het geluid wil aanvaarden of niet.

De hinderlijkheidsschaal die is opgesteld, luidt:

- A. helemaal niet hinderlijk
- B. niet hinderlijk
- C. net niet hinderlijk
- D. net hinderlijk
- E. hinderlijk
- F. erg hinderlijk

De resultaten van het onderzoek zijn:

1. Er is een sterke samenhang gevonden tussen de mate van niet-specifieke hinder en de geluidbelasting door verkeer.
2. Er blijkt een zeer sterke samenhang te bestaan tussen de frequentie van de gesprekstoring (specifieke hinder) en geluidbelasting door verkeer.
3. De mate van aanvaardbaarheid van een geluidbelasting wordt bepaald door de hinder die men ervan ondervindt.
4. Er is geen samenhang gevonden tussen geluidgevoeligheid en geluidbelasting.
5. Mensen die zichzelf als geluidgevoelig beoordelen, hebben meer hinder van verkeersgeluid dan mensen die zich weinig geluidvoelig noemen.

Het is duidelijk dat er in de hierboven besproken onderzoeken gemeten wordt met nogal verschillende hindermaten en hinderschalen. De geluidbelastingswaarden waarboven hinder optreedt verschillen dan ook sterk per onderzoek. In de fig. 19 en 20 worden de diverse buitenlandse onderzoeken met elkaar vergeleken (BITTER en JURRIENS, 1975). Uit fig. 19 blijkt dat bij een equivalent niveau van 60 dB (A) in het Oostenrijkse onderzoek ca. 87% van de ondervraagden zich gestoord voelt. Bij het Zweedse en Franse onderzoek ligt dit percentage aanmerkelijk lager; respectievelijk op 40 en 37%.

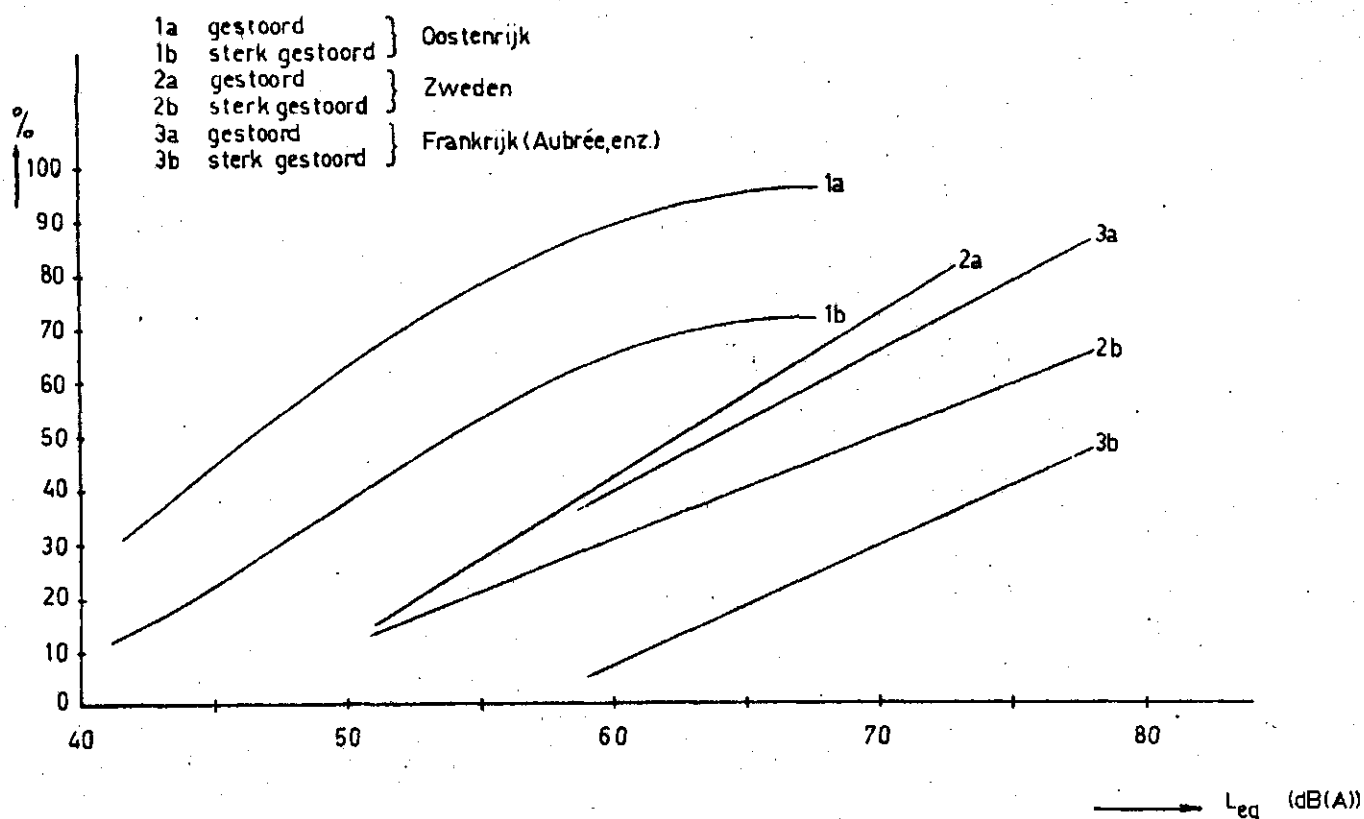


Fig. 19. Percentage gehinderden en sterk gehinderden als functie van L_{eq} in diverse onderzoeken (Uit: BITTER en JURRIENS, 1975)

Behalve de invloed van de verschillende hindermaten zal een groot aantal verklaringen voor deze verschillen zijn te vinden in specifieke omstandigheden van de meetsituaties (vgl. fig. 20).

Verschillen in dezelfde grootte-orde werden gevonden voor mensen die zich sterk gestoord voelen door het verkeerslawaai. In fig. 20 wordt het verband tussen de diverse hindervariabelen en het geluidniveau gegeven. De hinderschalen zijn zodanig op de y-as aangegeven, dat de schaalwaarden voor alle onderzoeken in gelijke intervallen zijn aangegeven. Op het eerste gezicht lijkt de grafiek erg rommelig. Men kan zich het beste concentreren op de schaalmiddens. Schaalmiddens 4 van het Engelse onderzoek ligt ongeveer bij 62 dB (A). Schaalmiddens 2 van het Oostenrijkse onderzoek ligt ca. bij 61 dB (A) en schaalmiddens 5 van het Zweedse onderzoek geeft ongeveer 60 dB (A) aan. Veel verschil in dit gebied treedt niet aan het licht. Daarenboven liggen de schaalmiddens van de Franse onderzoeken ook redelijk dicht bij elkaar. De resultaten van het Engelse onderzoek (lijn 1) en het Franse onderzoek (lijn 2) stemmen vrij

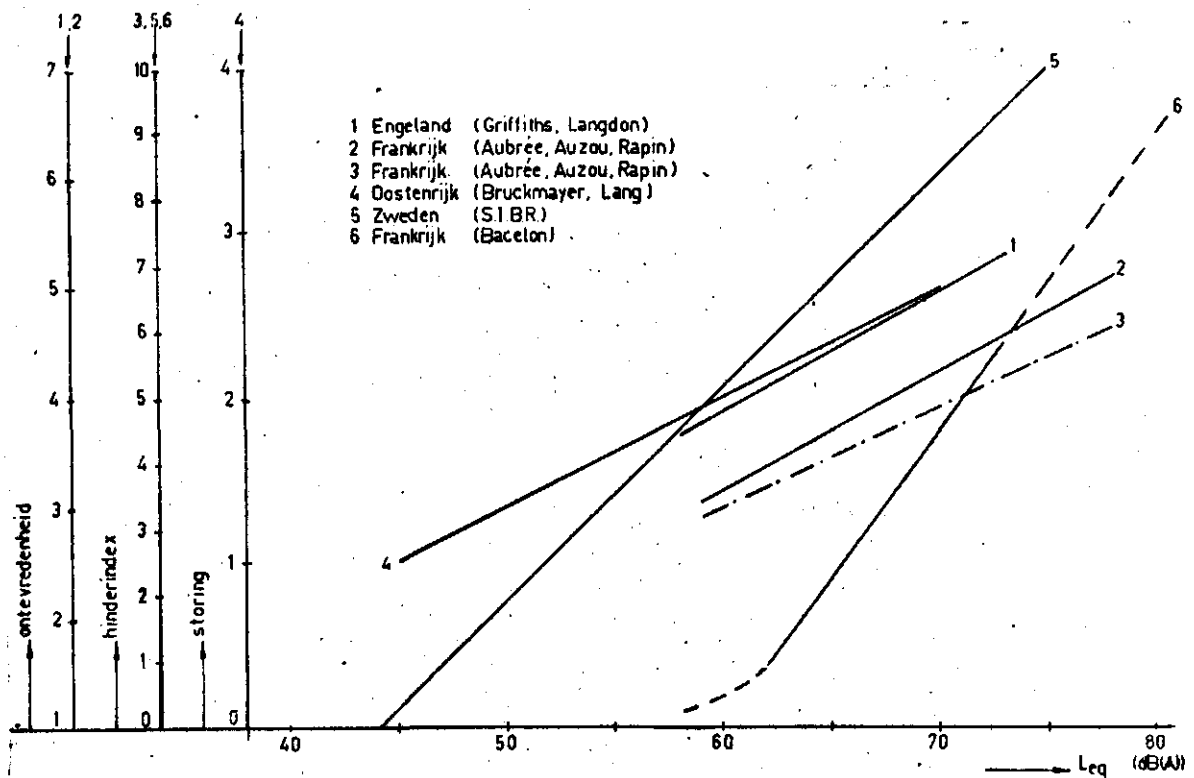


Fig. 20. Verband tussen hindervariabelen en L_{eq} in diverse onderzoeken (Uit: BITTER en JURRIENS, 1975)

aardig met elkaar overeen. Het Oostenrijkse onderzoek past hier ook vrij aardig in. De richtingen van de lijnen verschillen namelijk niet zo veel. Tenslotte moet worden bedacht dat sommige onderzoeken betrekking hebben op stedelijk verkeerslawaai en andere op autosnelweglawaai.

Fig. 21 ontleend aan MOREIRA en BRYAN (1972) laat een aantal curven zien voor de lawaaigevoelige en voor de gemiddelde mens. Op de verticale as is de lawaaibeoordeling aangegeven, lopend van rustig tot ondraaglijk. Op de horizontale as staat de geluidbelasting. Het zijn dit soort relaties die als onderbouwing kunnen dienen voor het bepalen van grenswaarden in de Wet Geluidhinder (zie hfdst. 5).

Samenvattend kunnen wij stellen dat de hinder die de mens ondervindt van wegverkeerslawaai afhangt van een groot aantal factoren en dat het nogal wat moeite kost de hinder te relateren aan de geluidbelasting. In ieder geval is duidelijk dat niet alleen kan worden

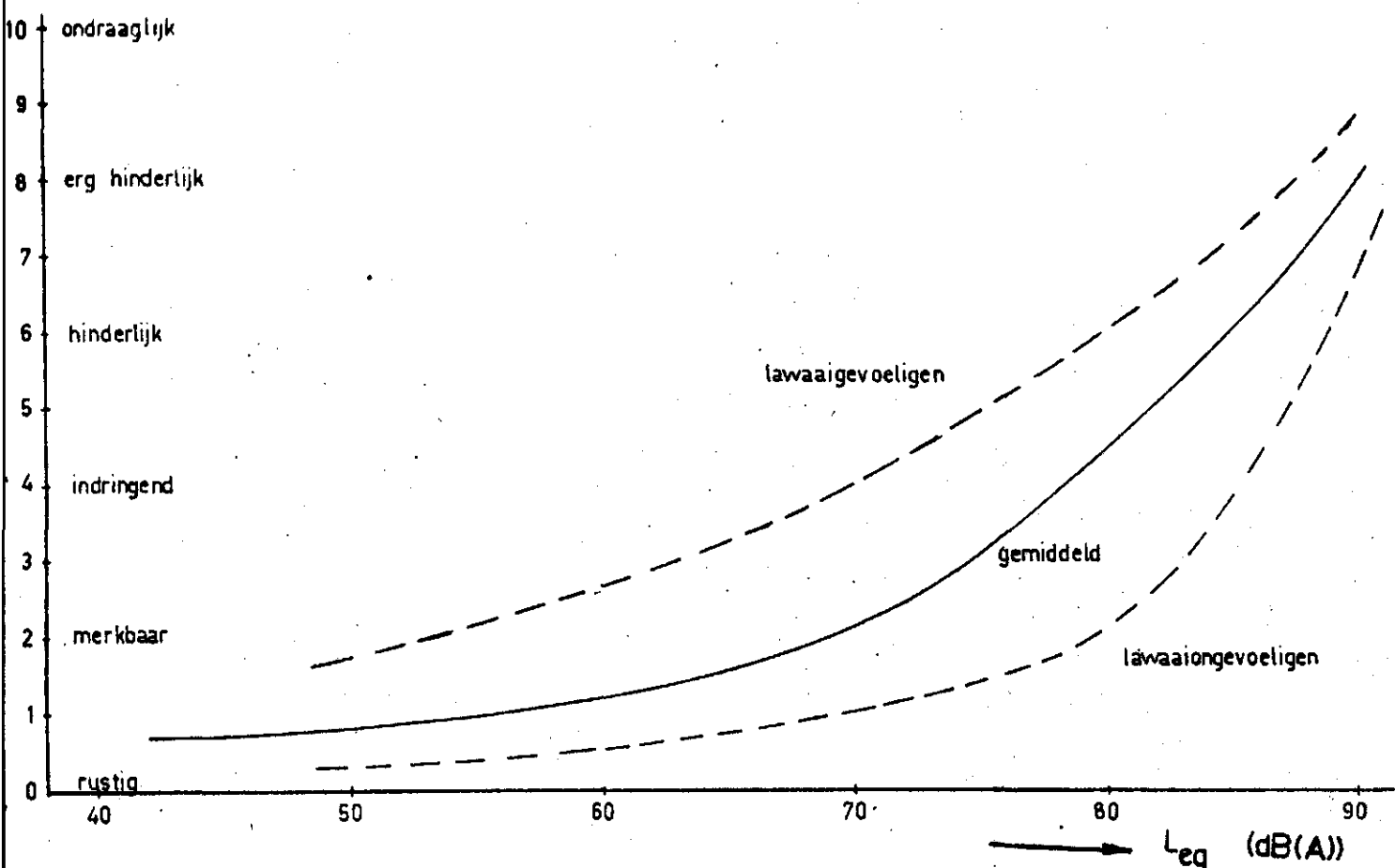


Fig. 21. Dosis-effectrelaties bij verschillende gevoeligheden

uitgegaan van de geluidbelasting. Psychologische en fysiologische factoren spelen een belangrijke rol. De ene mens is gevoeliger voor lawaai dan de andere. Juist met diegenen die gevoelig zijn voor lawaai dient rekening te worden gehouden.

4.4.3. Hinder van industrielawaai

Bij industriegeluid kan men verschillende soorten geluiden onderscheiden en wel (KLEINHOONTE VAN OS en GERRETSSEN, 1978):

- c o n t i n u g e l u i d: geluid met verwaarloosbaar kleine niveauvariatië binnen de waarnemingstijd,
- f l u c t u e r e n d g e l u i d: geluid waarvan het niveau voortdurend in belangrijke mate varieert gedurende de waarnemingstijd,
- i n t e r m i t t e r e n d g e l u i d: geluid waarvan het niveau meerdere keren tijdens de waarneming terugvalt tot het achtergrondgeluidniveau, terwijl de tijd waarover het niveau boven het achter-

- grondniveau ligt ca. 1 seconde of meer achtereen bedraagt,
- i m p u l s a c h t i g g e l u i d: geluid dat bestaat uit één of meer stoten geluidenergie, elk gedurende meer dan 1 seconde,
 - i m p u l s a c h t i g g e l u i d m e t e e n c o n t i n u k a r a k t e r: een opeenvolging van geluidstoten van vergelijkbaar niveau met tussenpozen kleiner dan 0,2 seconde,
 - g e l u i d e n m e t e e n h o o r b a r e t o o n o f d u i d e l i j k t o n a a l k a r a k t e r: geluiden waarbij een aanzienlijke hoeveelheid geluidenergie is geconcentreerd bij één of meer frequenties of smalle frequentiebanden (kleiner dan 1 tert).

Voor industrielawaai zijn nauwelijks dosis-effectcurven beschikbaar, dit in tegenstelling tot het wegverkeerslawaai. Dit komt (KLEINHOONTE VAN OS en STEENBRUGGE, 1977) doordat voor het samenstellen van de hindercurve grote aantallen mensen ondervraagd moeten worden. Het invloedsgebied van individuele industrievestigingen is van beperkte grootte. Bovendien kan hinder door industriegeluid per geval worden bestreden op basis van de Hinderwet; pas in de recentere periode toen grote industrieterreinen werden ingericht, ontstond behoefte aan een zoneringsstelsel, waarbij een meer universele benadering vereist was. Daarin zouden algemene dosis-effectcurven, voor zover die te vinden zijn, van dienst kunnen zijn.

In het buitenland zijn wel enige onderzoeken verricht naar de hinder veroorzaakt door industrie. Fig. 22 toont de relatie tussen de geluidbelasting en klachten volgens ELDRED (1974).

Uit de figuur blijkt dat er bij een criteriumoverschrijding van 5 dB al enige klachten ontstaan. Het criterium ligt volgens de grafiek bij 50 dB (A). Bij een overschrijding met ca. 10 dB tot 20 dB zullen de klachten veelvuldig zijn. Wanneer echter de overschrijding 25 tot 40 dB bedraagt moet men rekening houden met hevige actie van de gemeenschap.

Soortgelijke informatie wordt getoond in tabel 8. Hierin staan percentages Nederlanders die diverse industriebronnen horen of daarvan hinder ondervinden (VOORLOPIG INDICATIEF MEERJAREN PROGRAMMA GELUID, 1980-1984).

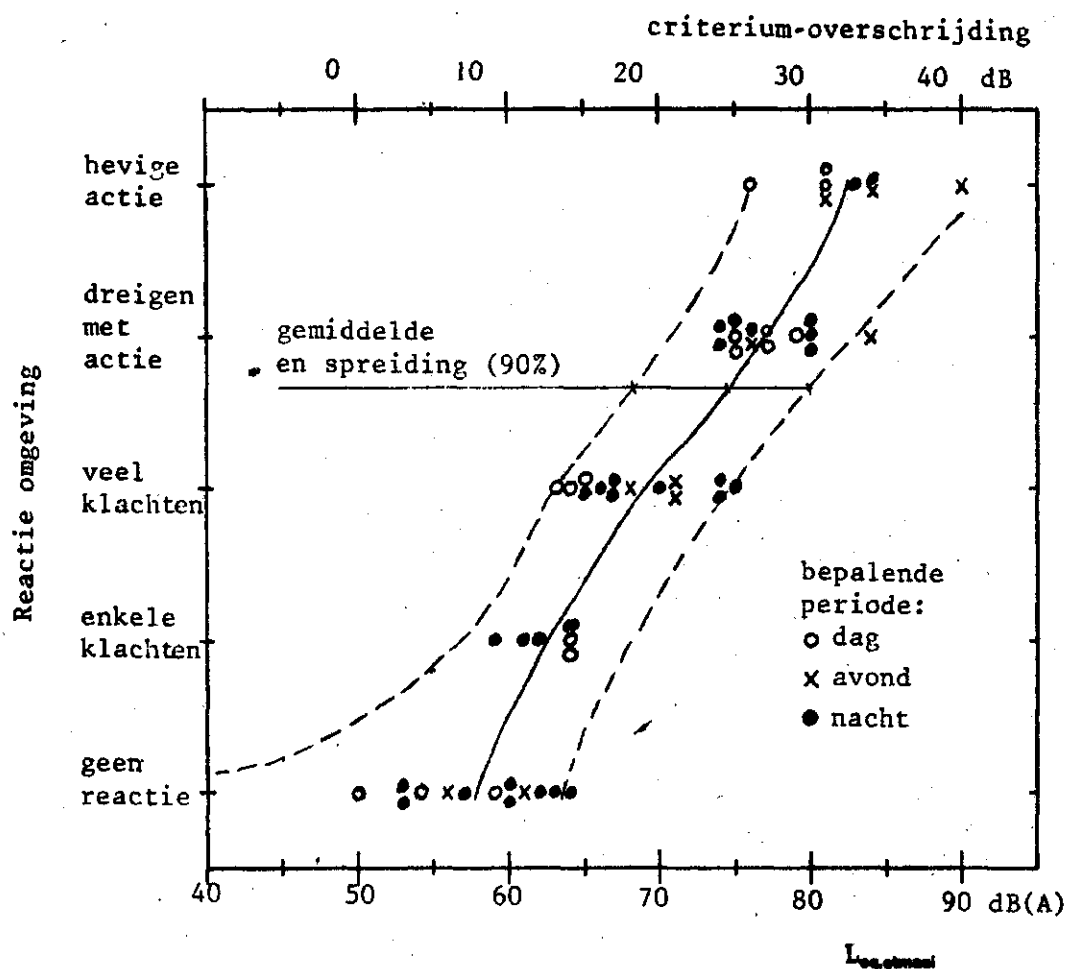


Fig. 22. Relatie tussen geluidbelasting (etmaalwaarde en criterium-overschrijding) en klachten volgens ELDRED (1974) voor voornamelijk industriële geluiden

Een onderzoek verricht door twee studenten (AKVELD en VAN HOUDT, 1980) van de Landbouwhogeschool (Vakgroep Luchtverontreiniging en Gezondheidsleer), naar industriëlawaai te Bergen op Zoom geeft aan dat 40% van de omwonenden ernstig werd gehinderd door een nabij gelegen industrieterrein. Dit percentage ligt vrij hoog. Het gemeten equivalente geluidniveau ('s nachts gemeten) was 52 dB (A), dit op 500 m afstand van het industrieterrein. Het hoge percentage is behalve door de geluidbelasting mogelijk te verklaren door de algemene negatieve houding van de bewoners ten opzichte van het industrieter-

rein. Dit laatste is te wijten aan een aantal ongelukken die de laatste jaren hebben plaatsgevonden (ontsnappen chemische gassen en produkten).

Tabel 8. Percentage Nederlanders dat de betreffende industriële bron hoort of daarvan hinder ondervindt
(Uit: Voorlopig IMP Geluid 1980-1984)

	Het percentage van de Nederlandse bevolking dat (van) de betreffende bron		
	hoort	in enige mate hinder ondervindt	in ernstige mate hinder ondervindt
Industrieterrein	17%	8%	3%
Fabriek of bedrijf	13	5	1,9
Bouw- en sloofterreinen + wegenbouw*	9	3	0,7
Terreinen voor laden en lossen	7	3	1,0

*O.a. heimachines, pneumatische hamers, bulldozers enz.

5. ONDERBOUWING EN BEPALING VAN GRENSWAARDEN

5.1. A l g e m e e n

Ter onderbouwing van de grenswaarden die in de Wet Geluidhinder (hfdst. 6) worden genoemd dient nog veel onderzoek te worden verricht naar de hinder die door de mens wordt ondervonden van geluid-niveaus van bepaalde bronnen. Dit blijkt vooral duidelijk uit het overzicht van de bestaande kennis hierover in hoofdstuk 4. In dit hoofdstuk wordt de ideale procedure behandeld voor de onderbouwing en bepaling van een grenswaarde voor een bepaald soort bron.

Een aantal begrippen zijn belangrijk voor dit hoofdstuk (OOSTING, 1977).

Criterion	: toets, beslissend kenmerk, beoordelingsmaatstaf.
Streefwaarde	: uit de dosis-effectrelatie op grond van gezondheidscriteria afgeleide aanbeveling of kwaliteitsdoelstelling om een gezond milieu te waarborgen (ondergrens).
Gevarengrens	: uit de dosis-effectrelatie op grond van gezondheidscriteria afgeleide maximaal toelaatbare geluidbelasting (bovengrens), waarboven ondukbare hinder of gevaar voor de gezondheid optreedt (algemeen basisbeschermingsniveau).
Grenswaarde	: de maximaal toegelaten waarde van de geluidbelasting tengevolge van een bepaalde geluidbron in een bepaalde situatie (beleidsnorm).
Dosis-effectrelatie:	kwantitatief verband tussen de blootstelling aan de betreffende vorm van lawaai en het risico en/of de grootte van het ongunstige effect hiervan op het lichamenlijk, geestelijk en sociaal welzijn van de mens.

Bij het vaststellen van de grenswaarden kunnen drie fasen worden onderscheiden, te weten:

- vaststellen van de dosis-effectrelaties
- bepaling van de streefwaarde en gevarengrens
- keuze van de grenswaarde

5.2. V a s t s t e l l i n g v a n d o s i s - e f f e c t r e l a t i e s

Dosis-effectrelaties kunnen worden vastgesteld door uitkomsten van hinderenquêtes te relateren aan metingen van bijbehorende geluidniveaus. Door herhaling van de enquêtes in diverse situaties, met verschillende geluidniveaus kunnen diverse punten van de dosis-effect-curve worden gevonden. De moeilijkheid hierbij is het vinden van identieke situaties wat betreft de overige factoren die de hinder mede bepalen (geen wezenlijke verschillen in type woning; de feitelijke bewoners van de huizen moeten onderling gelijk zijn in gevoeligheid, gedragspatroon enz.). Dit bleek reeds in hoofdstuk 4.

In fig. 23 is een voorbeeld van een schematische dosis-effectrelatie voor lawaai. Op de horizontale as wordt de lawaaidosis (b.v. L_{eq}) aangegeven, terwijl op de verticale as het effect van het lawaai (schade of hinder) wordt weergegeven. Het lijkt aannemelijk dat in veel gevallen een S-curve zal ontstaan. Om verschillende redenen lopen bij gelijke geluidbelasting de effecten per individu uiteen; bij eenzelfde dosis voelen sommigen zich meer, anderen zich minder gehinderd.

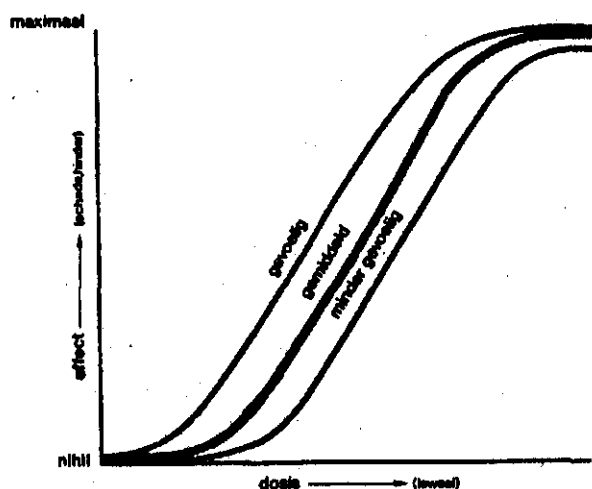


Fig. 23. Schematische dosis-effectrelaties voor lawaai
(Uit: OOSTING, 1977)

5.3. B e p a l i n g v a n s t r e e f w a a r d e e n g e v a r e n g r e n s

Bij de bepaling van een streefwaarde en een gevarengrens spelen de bovengenoemde verschillen in gevoeligheid tussen de diverse bevolkingsgroepen uiteraard een rol.

Het is zaak uit te gaan van de meer dan gemiddeld geluidvoelige groepen in de samenleving. Uit recent onderzoek is gebleken dat 20 à 30% van de bevolking extra geluidgevoelig is, 40 à 50% normaal gevoelig is, en ca. 30% ongevoelig is. De extra gevoelige groep is dus zeker niet onbelangrijk (OOSTING, 1977). Uit enquête-onderzoek is naar voren gekomen (zie ook hfdst. 4) dat bij een L_{eq} van 45 à 50 dB (A) geen belangrijke hinder te verwachten is in woonsituaties in stedelijke gebieden. Hoe de situatie op het platteland ligt is niet duidelijk. Het is vrijwel zeker dat in het algemeen het geluidniveau in de landelijke omgeving omstreeks 10 dB (A) lager ligt dan in stedelijke gebieden. Aan een equivalent geluidniveau van 45 dB (A) kan de kwalificatie 'goed' worden toegekend. Vastgesteld is dat boven de 75 dB (A) ondraaglijke c.q. schadelijke hinder ontstaat. Aan dit geluidniveau kan de kwalificatie 'slecht' worden toegekend (KLEINHOONTE VAN OS, 1975). Aan een geluidniveau dat de kwalificatie 'goed' of 'uitstekend' meekrijgt kan de streefwaarde gekoppeld worden. Een geluidniveau dat de kwalificatie 'slecht' meekrijgt kan als gevarengrens betiteld worden.

5.4. K e u z e v a n d e g r e n s w a a r d e

Het is wel duidelijk dat de grenswaarden gezocht moeten worden in het gebied tussen de streefwaarde en de gevarengrens. In fig. 24 wordt dit geïllustreerd.

In 5.3 kwam naar voren dat de te kiezen grenswaarden in het algemeen moeten liggen tussen de 45 en 75 dB (A), maar dat in het landelijk gebied deze nog lager kunnen liggen. De vraag is voorts of gewerkt moet worden met de dagsituatie of met afzonderlijke waarden voor dag-, avond- en nachtsituatie.

In West-Duitsland is een formule ontwikkeld (REINHOLD, 1975) voor het totale geluidniveau op een bepaalde plaats, als functie van

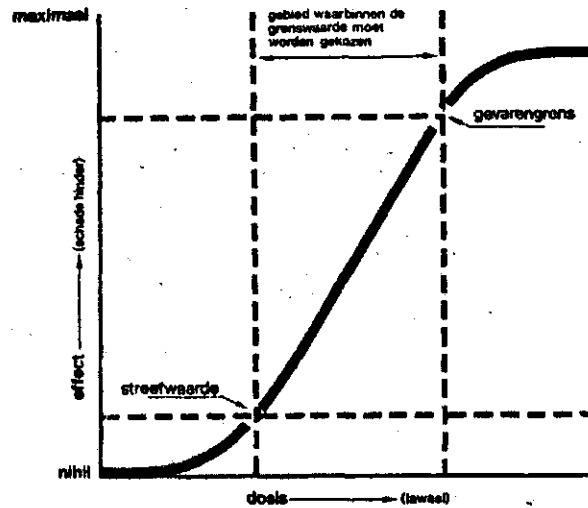


Fig. 24. Het bepalen van de grenswaarde (Uit: OOSTING, 1977)

de aparte dag-, avond- en nachtwwaarden:

$$L_{eq,etmaal} = 10 \log \frac{10^{0,1 L_{eq,dag} + 3 \times 10} + 10^{0,1 L_{eq,avond} + 10 \times 10} + 10^{0,1 L_{eq,nacht}}}{3} \quad (26)$$

waarin: $L_{eq,etmaal}$ = het equivalente geluidniveau gemeten over het gehele etmaal in dB (A)

$L_{eq,dag}$ = equivalent geluidniveau bepaald voor de dagperiode, lopend van 7 tot 19 uur, in dB (A)

$L_{eq,avond}$ = equivalent geluidniveau bepaald voor de avondperiode, lopend van 19 tot 23 uur, in dB (A)

$L_{eq,nacht}$ = equivalent geluidniveau bepaald voor de nachtperiode, lopend van 23 tot 7 uur, in dB (A)

De gedachte achter deze formule is de theorie dat extra stilte in nacht en avond een compensatie vormt voor extra lawaai overdag en omgekeerd. Als men de formule goed bekijkt is in te zien dat $L_{eq,etmaal}$ gelijk is aan $L_{eq,dag}$ als het verschil dag-avond ca. 5 dB en het verschil dag-nacht 10 dB bedraagt. De drie termen in de teller zijn dan nagenoeg gelijk.

Als het verschil tussen dag-avond of dag-nacht kleiner wordt, is het $L_{eq,etmaal}$ iets hoger dan $L_{eq,dag}$. Toetsing van deze formule in een aantal praktijksituaties leerde echter dat er nauwelijks sprake is van enig compenseren van wat meer geluid overdag door extra weinig geluid 's nachts en v.v.; de resulterende variaties in de waarde van het $L_{eq,etmaal}$ zijn betrekkelijk klein. De berekeningsmethode wordt echter hierdoor wel gecompliceerder (KLEINHOONTE VAN OS, 1975). Het in de Verenigde Staten ontwikkelde $L_{d,n}$, heeft dezelfde bezwaren. De formule voor het $L_{d,n}$ is:

$$L_{d,n} = 10 \log \left(\frac{15 \cdot 10^{0,1 L_d} + 90 \cdot 10^{0,1 L_n}}{24} \right) \quad (27)$$

waarin: $L_{d,n}$ = gemiddeld geluidniveau voor het etmaal

L_d = equivalent geluidniveau overdag over de periode van
7 uur tot 22 uur

L_n = equivalent geluidniveau 's nachts over de periode van
22 uur tot 7 uur

De 's nachts optredende geluidniveaus worden in deze formule met 10 dB (A) verhoogd.

Tot nu toe is in Nederland gewerkt met afzonderlijke waarden voor de dag-, avond- en nachtsituatie. De Interdepartementale Commissie Geluidhinder stelt voor dit voort te zetten. De equivalente etmaalwaarde wordt gedefinieerd als de hoogste van de 3 volgende waarden:

- het equivalent geluidniveau gedurende de dagperiode (7-19 uur)
- het equivalent geluidniveau gedurende de avondperiode (19-23 uur) vermeerderd met 5 dB (A)
- het equivalent geluidniveau gedurende de nachtperiode (23-7 uur) vermeerderd met 10 dB (A)

Is bijvoorbeeld het equivalent geluidniveau overdag 53 dB (A), 's avonds 49 dB (A) en 's nachts 45 dB (A), dan is de maatgevende etmaalwaarde $45 + 10 = 55$ dB (A).

5.5. B e t e k e n i s v a n d e g r e n s w a a r d e i n d e p r a k t i j k

Wanneer er wettelijk vastgestelde grenswaarden zijn, is het uiteraard de bedoeling dat deze niet worden overschreden. De vraag die hierbij direct rijst is: wat is een overschrijding?

KLEINHOONTE VAN OS (1975) omschrijft deze als volgt:

- a. een objectief, met vrijwel volledige zekerheid, vastgestelde overschrijding
- b. een met het oog op het betrokken effect wezenlijke overschrijding

Bij geluid speelt met name deel b van deze definitie een rol. Een overschrijding van 2 dB zal door niemand worden opgemerkt. Pas bij ongeveer 5 dB is er duidelijk sprake van een menselijk waarneembaar verschil. De zuivere meetnauwkeurigheid is dus beter dan de beoordelingsnauwkeurigheid.

Het is dus pas zinvol om van overschrijdingen te spreken wanneer rekening wordt gehouden met de meetnauwkeurigheid en de menselijke waarneembaarheid.

Indien men bij het vaststellen van een grenswaarde, op grond van relevante dosis-effectcurven, mede in acht nemend technische, economische en andere omstandigheden, geen rekening houdt met deze problematiek, legaliseert men slechtere situaties dan de bedoeling was (KLEINHOONTE VAN OS, 1975).

Wil men met deze problematiek rekening houden dan moet de grenswaarde verlaagd worden. Wanneer bijvoorbeeld 50 dB (A) nog net acceptabel wordt geacht, dient men de grenswaarde op 45 dB (A) te stellen.

Men dient zich er dus terdege van bewust te zijn waar men een grenswaarde legt, in verband met de geluidgevoelige groepen in de samenleving. Dit geldt eveneens voor de streefwaarde en gevarengrens.

6. DE WET GELUIDHINDER

6.1. Voorgeschiedenis

De laatste jaren is het geluidprobleem in ernst en omvang toegenomen, onder andere door de snelle toeneming van de intensiteit van het verkeer, van de verstedelijking, van de bouw van gehorige woningen en het algemene gebruik van zware machines en elektrische apparaten. Anderzijds is de menselijke hindergevoeligheid ongetwijfeld gegroeid.

De reeds bestaande wetgeving was voor de bestrijding van geluidhinder onvoldoende uitgerust. Daarom is besloten, een Wet te ontwerpen waarin het gehele probleem integraal en tot in details aangepakt zou worden,

In 1968 is aan de Gezondheidsraad (een adviesorgaan van de regering op het gebied van volksgezondheid en milieuhygiëne) gevraagd om advies uit te brengen over maatregelen, waarmee geluidhinder in het belang van de volksgezondheid bestreden kon worden.

In 1971 kwam hiervan een rapport uit. Dit rapport diende als basis voor het opstellen van het wetsontwerp geluidhinder. Het adviseerde met name reeds dat de bestrijding van de geluidhinder het beste kan worden aangepakt bij de bron zelf. Dit zou moeten geschieden aan de hand van het vaststellen van maximaal toelaatbare geluidniveaus. Geluidbelastende elementen zouden in het vervolg gescheiden moeten worden van geluidgevoelige elementen. Men zou er daarom goed aan doen in bestemmingsplannen geluidzones op te nemen. Verder werd geadviseerd over normen voor geluidisolatie van gebouwen en werden regels voorgesteld omtrent bouwplannen en bouwvergunningen.

Om, in afwachting van de totstandkoming van een nieuwe wet met betrekking tot geluidhinder, een doelmatige toepassing van reeds bestaande wettelijke regelingen zoveel mogelijk te bevorderen zond de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne in 1973 en 1974 circulaires aan gemeente- en provinciebesturen. Hierin staan aanbevelingen voor voorlopig te hanteren beleidsnormen ten aanzien van geluidhinder. Deze normen zouden, aldus de minister, in het wetsontwerp verder worden uitgewerkt.

Met de aanbevelingen van de Gezondheidsraad in de hand heeft het

Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne de Wet Geluidhinder ontworpen. Het wetsontwerp is inmiddels de Eerste en Tweede Kamer gepasseerd en op 16-2-1979 (Staatsblad 99) als Wet afgekondigd. Vanaf 1980 zal de Wet in fasen inwerking treden (zie ook 6.3.1).

6.2. Bestaande wetgeving

Vóór de totstandkoming van de Wet Geluidhinder was er geen specifiek op geluidhinderbestrijding gerichte wettelijke regeling. Wel komen in een aantal reeds bestaande wetten en verordeningen bepalingen of procedures voor die mede de bestrijding van geluidhinder mogelijk maken:

- a. In de *Hinderwet* (1952, Stb. 274) zijn bepalingen opgenomen die moeten voorkomen dat bedrijven naar buiten gevaar, schade of hinder veroorzaken. Bedrijven die onder de hinderwet vallen worden genoemd in het Hinderbesluit. Een dergelijk bedrijf mag niet opgericht, uitgebreid of gewijzigd worden zonder een hinderwetvergunning. De hinderwetvergunning wordt meestal verstrekt door het gemeentebestuur, en kan geluidbeperkende bepalingen bevatten.
- b. De *Veiligheidswet* (1934, Stb. 352) geeft bepalingen ter voorkoming of beperking van geluidhinder binnen het bedrijf. Op deze wet is het Veiligheidsbesluit gebaseerd voor fabrieken en werkplaatsen. Het geeft een aantal voorschriften voor het dragen van middelen ter voorkoming van gehoorschade.
- c. De *Luchtvaartwet* (gewijzigd 1978, Stb. 354) stelt regels voor de vaststelling van geluidzones rond bestaande en nog aan te leggen vliegvelden, alsmede mogelijkheden tot maatregelen in technische en operationele zin.
- d. Het *Wegenverkeersreglement* (1950, Stb. K377) en het *Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens* (1966, Stb. 181), beide gebaseerd op de *Wegenverkeerswet*, kennen bepalingen dat motorvoertuigen en brommers geen onnodig lawaai mogen maken. Er wordt gebruik gemaakt van een EEG richtlijn uit 1970 waarin eisen werden vastgesteld omtrent de maximale geluidproductie van

motorvoertuigen en brommers.

- e. De Wet op de Ruimtelijke Ordening maakt het mogelijk rekening te houden met het geluidaspect bij het opstellen van streek- en bestemmingsplannen.
- f. Gemeentelijke verordeningen kunnen, mede gesteund door het Wetboek van Strafrecht, regels stellen voor toestellen of regels ter beperking van geluidshinderlijk menselijk gedrag (b.v. burengerucht).

Bij het stellen van regels werd en wordt (ook in de Wet Geluidhinder) in het algemeen gebruik gemaakt van aanbevelingen van de International Organization of Standardization, vervat in de norm ISO-R 1996-1971, getiteld 'Assessment of noise with respect to community response'. Daarin worden onder meer richtlijnen voor aanvaardbare emissies van geluid, in bepaalde gebieden met een aangegeven gebruikskarakter, gesteld.

6.3. Samenvatting van de Wet Geluidhinder

6.3.1. Hoofdpijnen van de Wet

De Wet Geluidhinder beoogt regels te stellen ter beperking of voorkoming van geluidhinder in het belang van bescherming van milieu en volksgezondheid. Daarbij kunnen drie categorieën van geluidbeperkende maatregelen worden onderscheiden:

a. Bestrijding van geluid aan de bron

De meest effectieve maatregel is natuurlijk de bron zelf aan te pakken. Hiertoe kunnen voorschriften worden gesteld voor de maximale geluidproduktie van lawaaige toestellen, recreatie-inrichtingen en industriële inrichtingen. De hoofdstukken II, III en IV van de Wet hebben hierop respectievelijk betrekking (zie 6.3.2 en 8.2).

b. Maatregelen in het gebied tussen bron en ontvanger

Hierbij kan men denken aan regels in de planologische en bouwtechnische sfeer en het scheppen van geluidzones. De hoofdstukken V tot en met VIII in de Wet handelen respectievelijk over zones rond industrieterreinen, zones langs wegen, zones langs spoor-,

tram- en metrowegen, en andere geluidzones (zie 6.3.3 en 8.3).

c. Afscherming bij de ontvanger

Voorop blijft staan dat de geluidbelasting buitenshuis beneden bepaalde grenzen moet worden gebracht of gehouden. Lukt dit om één of andere reden niet, dan dient te worden gedacht aan geluid-isolerende maatregelen aan de gevel van gebouwen. Zijn deze nog ontoereikend, dan zal bestemmingswijziging of, als uiterste middel, afbraak van de betreffende bebouwing nodig zijn (zie ook 8.4). Hoewel het onderscheid tussen maatregelen bij overdracht en bij afscherming niet altijd even scherp is, kan hoofdstuk XVII (Aanvulling van de Woningwet in het belang van de geluidisolatie van gebouwen) tot de laatste categorie worden gerekend.

Voorts kent de Wet een afzonderlijk hoofdstuk (IX) met betrekking tot de zogenaamde stiltegebieden (zie 6.3.4). De overige hoofdstukken beogen vooral de financiële en organisatorische voorwaarden te scheppen, nodig voor uitvoering van bovengenoemde regelingen (zie ook 6.3.5 en 6.3.6).

De wet geeft overigens geen antwoord op de vraag hoe en wanneer de geluidbeperkende maatregelen moeten worden uitgevoerd. Er is volstaan met een bepaling die aangeeft aan welke normen men moet voldoen, en met een bepaling die stelt dat er maatregelen genomen moeten worden of aangeboden die een eventuele overschrijding tenietdoen. Bovendien is voorgeschreven welke instanties daarbij betrokken zijn.

De wet vertoont in veel opzichten overeenkomst met andere recente milieu-hygiënische wetgeving in Nederland, maar over het algemeen is zij omvangrijker, op bepaalde punten ook gedetailleerder. Dat komt vooral tot uiting in de gedetailleerde normstelling, en in het grote aantal beschreven procedures. Daarnaast zal een groot aantal onderwerpen worden uitgewerkt in Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvB's). Dit is een besluit van de koning(in) en een (of meer) verantwoordelijke minister(s), dat een algemene regeling omvat. Bijvoorbeeld: de aanwijzing van categorieën van vergunningsplichtige bedrijven, uitzonderingsregels, de vaststelling van de maximaal toelaatbare geluidsbelasting van andere geluidsgevoelige objecten dan woningen (b.v.: scholen, ziekenhuizen, enz.), en de uitwerking van het financiële gedeelte van de wet.

Voor de gefaseerde inwerkingtreding van de diverse onderdelen van de Wet is een voorlopige planning gemaakt, waarvan tabel 9 een overzicht geeft. Afhankelijk van de voortgang van diverse uitwerkingsprocedures kan deze planning nog worden bijgesteld.

6.3.2. Bestrijding bij de bron

Er bestaan al emissie-normen en verplichte typekeuringen voor motorvoertuigen en bromfietsen, vastgesteld op grond van het Wegenverkeersreglement. Nieuwe voorstellen omtrent de geluidproductie van bouw- en grasmaaimachines zijn in behandeling bij de EEG-raad. Er wordt gestreefd naar een effectieve handhavingscontrole voor motorvoertuigen. Het Rijk krijgt de bevoegdheid regels te stellen omtrent produktie, aankoop en gebruik van toestellen. Er kan een verplichte typekeuring voor toestellen worden voorgeschreven, zodat kan worden nagegaan of het toestel voldoet aan de geluideisen. Ook is in de Wet een paragraaf opgenomen met betrekking tot **r e c r e a t i e - i n r i c h t i n g e n**. Het gaat hier om menselijke activiteiten in de recreatieve sfeer, die niet vallen onder de regels van de Hinderwet (drank- en horecabedrijven, beatkelders, sportvelden, stadions, pretparken, enz.).

Ten aanzien van geluidapparatuur in horecabedrijven dient de gemeente een verordening vast te stellen met daarin een verbod van geluidapparatuur zonder vergunning van het gemeentebestuur.

Tenslotte is een AMvB (Algemene Maatregel van Bestuur) aangekondigd, waarin de maximaal toelaatbare geluidbelasting binnen bepaalde recreatie-inrichtingen zal worden vastgesteld.

Ter bestrijding van geluidhinder van **'m e e r l a w a á i i g e i n r i c h t i n g e n'** (industriële en ambachtelijke bedrijven) moet de provincie in het kader van de Wet Geluidhinder een nieuw vergunningensysteem invoeren, in grote lijnen gelijk aan dat uit de Wet op de Luchtverontreiniging. Dit leidt tot zogenaamde **'g e l u i d h i n d e r w e t v e r g u n n i n g e n'**. Bij de verlening ervan door het Provinciaal Bestuur moet rekening worden gehouden met de geluidbelasting van de aanwezige inrichtingen en de uitbreiding daarvan, met de zonegrenzen en de daarmee samenhangende grenswaarden voor binnen de zone gelegen geluidgevoelige objecten.

Tabel 9. Geplande gefaseerde inwerkingtreding Wet Geluidhinder

1980	1981	1982	1983	1984
<p>Begrijpingsbepalingen (Hfd. I: art. 1)</p> <p>Toeslagen (Hfd. II: art. 2-10)</p> <p>Recreatie-inrichtingen met uitzondering van algemene maatregel van bestuur ter voorkoming van gehoorschade (Hfd. III: artt. 11-15 met uitzondering van art. 13)</p> <p>Meet- en rekenmethode industrietelewaai (Hfd. V: art. 73)</p> <p>Meet- en rekenmethode verkeerslawaai (Hfd. VI: artt. 102 en 103)</p> <p>Zones langs spoor, tram- en metrowegen (Hfd. VII: artt. 106-107)</p> <p>Andere geluidszones (Hfd. VIII: artt. 108-116)</p> <p>Financiering maatregelen zones lang spoor, tram- en metrowegen, andere geluidszones, heffingen ter bestrijding van andere kosten dan Industrietelewaai of verkeerslawaai, grondslag en hoogte van de heffingen, toedeling gelden aan lagere overheden, idem in bijzondere gevallen, bijdrage uit 's Rijks kas, heffing- en invorderingsartikel (Hfd. X: artt. 128, 130, 132, eerste lid onder c, 132, vierde lid, 132, vijfde lid, 133, 134, eerste lid, 134, derde lid, 135, eerste lid onder d, 135, tweede lid, 136, 137)</p> <p>Indicatief meerjaren programma met uitzondering van de verplichte jaarlijkse raming door provincies en gemeenten (Hfd. XI: artt. 138-140)</p> <p>Verdere bepalingen met enkele uitzonderingen (Hfd. XV: artt. 185-176 met uitzondering van artt. 175 onder a, voor zover van betrekking op art. 39, tweede lid, 175 onder b)</p> <p>Strafbepalingen met enkele uitzonderingen (Hfd. XVI: artt. 177-178 met uitzondering van hetgeen betrekking heeft op artt. 17, 18, 19, 178, onder b, 39, eerste lid onder b, 184)</p> <p>Wijziging Woningwet ten behoeve van woningisotatie (Hfd. XVII: art. 179)</p> <p>Slozobepalingen (Hfd. XVII: artt. 180-186 met uitzondering van artt. 181 en 182)</p>	<p>Inrichtingenbesluit (Hfd. IV: art. 16)</p> <p>Zones rond industrieterreinen nieuwe situaties (Hfd. V: artt. 41-52)</p> <p>Zones langs wegen nieuwe situaties buitenstedelijk gebied (Hfd. VI: artt. 74-87 met uitzondering van art. 74, eerste lid onder a, en art. 76, eerste lid, voor zover daarin verwijzing naar art. 74, eerste lid onder a)</p> <p>Verplichte jaarlijkse raming door provincies en gemeenten (Hfd. XI: art. 141)</p> <p>Beroep zones rond industrieterreinen nieuwe en bestaande situaties, beroep zones langs wegen nieuwe situaties, beroep recreatie-inrichtingen (Hfd. XII: artt. 142-147 met uitzondering van artt. 142, eerste lid, 142, vijfde t/m elfde lid, 142, dertiende lid, 143, tweede en derde lid)</p> <p>Bevoegdheden met betrekking tot de uitvoering van de wet (Hfd. XIII: artt. 148-162 met uitzondering van artt. 156, 157, 158, tweede t/m vierde lid)</p> <p>Geluidbewaking (Hfd. XIV: artt. 163-167)</p> <p>Overgangsbepalingen (Hfd. XVII: artt. 181 en 182)</p>	<p>Raam van hoofdstuk over inrichtingen (Hfd. IV: artt. 16-40 met uitzondering van art. 16)</p> <p>Zones rond industrieterreinen bestaande situaties met uitzondering van sanering (Hfd. V: artt. 53-72 met uitzondering van artt. 71 en 72)</p> <p>Zones langs wegen nieuwe situaties in stedelijk gebied (Hfd. VI: art. 74, eerste lid onder a, en art. 76, eerste lid, voor zover daarin verwijzing naar art. 74, eerste lid onder a)</p> <p>Stiltegebieden (Hfd. IX: artt. 117-123)</p> <p>Toekenning schadevergoeding industriële inrichtingen, heffing ten behoeve van die schadevergoeding (Hfd. X: artt. 130, 124, 132, eerste lid onder a, 132, tweede lid)</p> <p>Beroep stiltegebieden (Hfd. XII: art. 142, eerste lid, voor zover van toepassing op stiltegebieden)</p> <p>Wederzijdse informatieplicht tussen G.S. en B en W, coördinatietekst, verordening provinciale staten inzake organisatie en uitvoering provinciale geluidhinderdienst (Hfd. XIII: artt. 156, 157, 160, tweede t/m vierde lid)</p>	<p>Zones rond industrieterreinen sanering (Hfd. V: artt. 71 en 72)</p> <p>Zones langs wegen bestaande situaties buitenstedelijk gebied (Hfd. VI: artt. 88-101)</p> <p>Financiering maatregelen zones langs wegen bestaande situaties, heffing ten behoeve van die maatregelen (Hfd. X: artt. 128-128, 132, eerste lid onder b, 132, derde lid)</p> <p>Beroep zones langs wegen bestaande situaties (Hfd. XII: art. 142, vijfde t/m elfde lid)</p> <p>Rest strafbepalingen (Hfd. XVI: artt. 177-178 voor zover het betrekking heeft op artt. 17, 18, 19, 178 onder b, 39, eerste lid onder b, 184)</p>	<p>Algemene maatregel van bestuur ter voorkoming van gehoorschade (Hfd. III: art. 13)</p> <p>Zones rond industrieterreinen sanering (Hfd. V: artt. 71 en 72)</p> <p>Zones langs wegen bestaande situaties in stedelijk gebied (Hfd. VI: artt. 88-101)</p> <p>Financiering maatregelen zones rond industrieterreinen bestaande situaties, heffing ten behoeve van die maatregelen (Hfd. X: artt. 128, 132, eerste lid onder b)</p> <p>Beroep zones langs wegen bestaande situaties (Hfd. XII: art. 142, vijfde t/m elfde lid)</p> <p>Rest strafbepalingen (Hfd. XVI: artt. 177-178 voor zover het betrekking heeft op artt. 17, 18, 19, 178 onder b, 39, eerste lid onder b, 184)</p>

Het provinciaal bestuur is verplicht de vergunningaanvragen voor nieuw te vestigen inrichtingen aan te houden tot het moment dat er een geluidzone is vastgesteld rond het terrein waar de aanvrager zich wil vestigen. Als vaststaat dat het nieuwe bedrijf niet zal zorgen voor toename van geluidbelasting zal voornoemde verplichting komen te vervallen.

Ter bestrijding van industrielawaai onderscheidt de Wet twee soorten vergunningplichtige inrichtingen, namelijk:

- de A-inrichtingen
- de B-inrichtingen

De A-inrichtingen kunnen zoveel lawaai maken dat deze onder alle omstandigheden een geluidhinderwetvergunning nodig hebben. Te denken valt aan grote industrieën, zoals raffinaderijen, open chemische industrieën, metaalverwerkingsbedrijven, suikerfabrieken, en dergelijke.

De B-inrichtingen maken minder lawaai, maar samen met andere geluidbronnen kan er een aanzienlijke geluidhinder ontstaan. Te denken valt aan: middelgrote metaalbedrijven, papierfabrieken, middelgrote chemische bedrijven, bottelarijen, industriële ververijen en dergelijke.

Het vergunningenstelsel is op de B-inrichtingen alleen van toepassing als zij gevestigd zijn binnen een geluidzone of op een gezoneerd industrieterrein.

Daarnaast zal de Hinderwet nog een belangrijke taak blijven vervullen, maar voor specifieke geluidhinderbestrijding, vooral van grote open inrichtingen, had deze ontoereikende mogelijkheden.

De kosten van het opleggen of wijzigen van de vergunningsvoorschriften zijn voor de betrokken inrichtingen. Dit volgens het principe, 'de vervuiler betaalt', hetgeen ook ten grondslag ligt aan de vaststelling van eventuele heffingen, waardoor exploitanten van inrichtingen meebetalen aan de uitvoeringskosten van de Wet. Bij verzwarening van de voorschriften kan anderzijds een schadevergoeding worden toegekend. Tenslotte bevat de Wet een verdeelsleutel voor de toerekening van kosten van maatregelen aan woningen die aan geluidhinder van een inrichting zijn onderworpen.

6.3.3. Geluidzones

De term geluidzone is nieuw. Een geluidzone kan ingesteld worden ter beperking van geluidoverdracht van bron naar ontvanger.

D e f i n i t i e g e l u i d z o n e: een geluidzone is een langs of rond een geluidbron gelegen ruimte waarbinnen extra aandacht moet worden besteed aan het geluid.

Bedoeling van de geluidzone is:

- a. het vermijden van ongunstige nieuwe situaties uit oogpunt van geluidhinder;
- b. nagaan wat men nog kan doen aan in het verleden misgegroeide geluidssituaties (o.a. niet terug te draaien ruimtelijk beleid).

Om de beide doelstellingen te realiseren is een normstelling nodig voor de maximaal toelaatbare geluidbelasting. Hiertoe zijn per categorie grenswaarden in de Wet opgenomen; voor de maximale geluidbelasting in de nabijheid van woningen door de industrie en door het wegverkeer.

Op grond van wetenschappelijk onderzoek (zie hfdst. 4 en 5) en aanbevelingen van de Gezondheidsraad (zie 6.1) zijn deze grenswaarden thans vastgesteld op een gemiddeld geluidniveau van 50 dB (A) overdag en 40 dB (A) 's nachts. De 50 dB (A) waarde wordt gehanteerd als het uitgangspunt in nieuwe situaties binnen geluidzones. Er wordt gewerkt met de etmaalwaarde van het equivalente geluidniveau (zie 5.4). De eisen voor 's nachts worden verscherpt met 10 dB (A) en voor 's avonds met 5 dB (A). De hoogste van de drie waarden (dag-, avond- en nachtwaarde) is de etmaalwaarde. Voorlopig mag op de meetresultaten van wegverkeerslawaai een vermindering van 5 dB (A) worden toegepast. Dit hangt samen met de verwachting dat het wegverkeer in de loop van de jaren 5 dB (A) stiller zal worden. Bij industrielawaai is de correctie niet van toepassing. Dit komt doordat de geluidssituatie van bedrijf tot bedrijf nogal verschilt. Binnen de woning is de grenswaarde op 30 dB (A) gesteld (bij gesloten ramen). Er is in de Wet Geluidhinder een redelijke flexibiliteit aangebracht. Afhankelijk van de fase van realisering van bron en bebouwing kunnen door middel van een AMvB hogere waarden dan 50 dB (A) worden vastgesteld.

Gedeputeerde Staten kunnen besluiten tot het toelaten van hogere grenswaarden. De beleidsvrijheid (bewegingsvrijheid) van G.S. wordt beperkt door enerzijds de bovengenoemde AMvB en anderzijds door de wettelijk vastgestelde plafonds, tot welke maximaal ontheffing kan worden verleend. De beslissing van G.S. moet ter goedkeuring aan de minister worden voorgelegd. Hij moet zijn besluit binnen 3 maanden bekend maken.

6.3.3.1. Z o n e s r o n d i n d u s t r i e t e r r e i n e n .
De Wet onderscheidt nieuw aan te wijzen en bestaande industrieterreinen.

a. Nieuwe industrieterreinen

Het gemeentebestuur is verplicht een zone rondom een terrein vast te stellen wanneer blijkt dat zich in een nieuw of te herzien bestemmingsplan A-inrichtingen zullen gaan vestigen.

Voordat een zone vastgesteld wordt moet een akoestisch onderzoek worden verricht om na te gaan welke geluidbelasting het industrieterrein zal uitoefenen op de woningen die binnen de geluidzone liggen. In het onderzoek wordt ook bekeken welke maatregelen, en met welke doeltreffendheid, toegepast kunnen worden ter beperking van de geluidoverlast. Bij de vaststelling van de zonegrenzen moet men dus al weten hoe het zit met de geluidproduktie (emissie) van de diverse categorieën van bedrijven.

Als een zone eenmaal vastgesteld is kan deze alleen gewijzigd worden via een bestemmingsplanprocedure. Daarbij moet worden voldaan aan twee voorwaarden:

- de zonegrens mag niet dichterbij het industrieterrein gelegd worden dan op dat moment overeenkomt met de ligging van de werkelijke 50 dB (A)-lijn, met inachtneming van reeds verleende vergunningen.

Als blijkt dat de bedrijven meer geluid produceren dan is toegestaan volgens de vergunning, wordt met die overschrijding geen rekening gehouden bij de vaststelling van de 50 dB (A)-grens.

Als de geluidemissie lager is dan is de op dat moment heersende geluidbelasting bepalend.

- Eenmaal vastgestelde maximaal toelaatbare waarden voor woningen

mogen niet worden gewijzigd.

Intrekking van de zone is alleen mogelijk indien: geen A-inrichtingen meer op het terrein zijn gevestigd of gevestigd kunnen worden volgens het bestemmingsplan en de werkelijke 50 dB (A)-lijn zich niet buiten het industrieterrein uitstrekt.

De gemeente moet eerst advies inwinnen bij de regionale inspecteur van milieu-hygiëne alvorens over te gaan tot vaststelling, wijziging of intrekking van de zone.

Eventuele ontheffing kan maximaal leiden tot een geluidbelasting van 55 dB (A) aan de gevel voor woningen die nog niet in aanbouw zijn en een geluidbelasting van 60 dB (A) aan de gevel als de woningen er al staan of gebouwd worden. Het gemeentebestuur moet bij ontheffingen te allen tijde maatregelen treffen zodat het geluidniveau binnenshuis de 35 dB (A) niet overschrijdt.

b. Bestaande industrieterreinen

De gemeente is verplicht binnen 2 (eventueel 4) jaar na het (omstreeks 1982, zie tabel 9) inwerking treden van het hoofdstuk 'Zones langs industrieterreinen' uit de Wet, een zone vast te stellen rond een industrieterrein. Criterium hierbij is wederom, of er A-inrichtingen aanwezig zijn of dat deze zich er zullen vestigen.

De zone mag niet dichterbij het industrieterrein worden gelegd dan overeenkomt met de 50 dB (A)-lijn.

Vaststelling geschiedt door middel van een afzonderlijk **z o n e b e s l u i t**. Dit ter bevordering van het vaststellen binnen de gestelde termijn van 2 jaar zonder dat daarbij een bestemmingsplan moet worden herzien. Voordat een zonebesluit wordt uitgevaardigd moet weer een akoestisch onderzoek plaatsvinden en dient bij de inspecteur van milieu-hygiëne advies te worden ingewonnen. Er geldt een maximum grenswaarde van 55 dB (A) voor woningen binnen de zone aanwezig, in aanbouw of geprojecteerd.

Uitzondering geldt in drie gevallen:

- als uit het akoestisch onderzoek blijkt dat de geluidbelasting (op het moment van de zonevaststelling) lager is dan of gelijk aan 50 dB (A), geldt een grenswaarde van 50 dB (A),

- als de belasting van bestaande of in aanbouw zijnde woningen groter is dan 55 dB (A) zijn de saneringsbepalingen van kracht (zie hieronder),
- G.S. kan een belasting toestaan van 60 dB (A) (maximaal) in de buurt van woningen die in aanbouw of al aanwezig zijn en die een gevelbelasting hebben die niet hoger is dan 55 dB (A).

In bestaande situaties kunnen eenmaal vastgestelde grenswaarden niet meer worden gewijzigd.

De Wet schrijft saneringsmaatregelen voor wanneer bestaande of in aanbouw zijnde woningen hoger worden belast dan 55 dB (A). In die gevallen moet het gemeentebestuur dit melden bij het provinciaal bestuur. Samen stellen zij dan een saneringsprogramma op ter beperking van de geluidbelasting tot maximaal 55 dB (A). Bij AMvB kan worden bepaald dat er alternatieve programma's moeten komen die gericht zijn op beperking van de geluidbelasting tot hogere waarden dan 55 dB (A). De inspecteur moet over de programma's advies uitbrengen. De programma's worden voorgelegd aan de minister. Deze stelt de maximale geluidbelasting voor de diverse woningen vast (tot max. 65 dB (A)). Ook geeft de minister dan aan welke onderdelen van het programma in aanmerking komen voor financiering door het Rijk. De maatregelen die in aanmerking komen voor subsidie worden opgenomen in het Indicatief Meerjaren Programma (zie 6.3.6).

Tabel 10 geeft een overzicht van de te hanteren grenswaarden voor industrie (MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1979).

6.3.3.2. Z o n e s l a n g s w e g e n. Alle wegen zullen een geluidzone hebben, zodra het hoofdstuk 'zones langs wegen' uit de Wet Geluidhinder inwerking treedt. Dit geldt voor de aanwezige, in aanleg zijnde of nog alleen in een bestemmingsplan opgenomen wegen. Ook hier wordt een grenswaarde van 50 dB (A) gesteld, binnen de geluidzone, als gevelbelasting. De zonebreedte is afhankelijk gesteld van: het aantal rijstroken, de aard van de omgeving, en, in een enkel geval ook direct van verkeersintensiteit van de weg.

Het aantal rijstroken is bepalend voor de verkeersintensiteit, dus ook voor de normatieve maximale geluidbelasting van een weg. Tabel 11 geeft een schema waarin de zonebreedte gegeven wordt, in afhankelijkheid van het aantal rijstroken.

Tabel 10. Toelaatbare geluidbelastingen in dB (A) voor grote en kleine lawaaimakers in diverse situaties

Grote lawaaimakers										
Aanbevolen grenswaarden voor geluidgevoelige objecten		Objectstreefwaarden (gelden altijd als uitgangspunt)			Voorkeursgrenswaarden binnen geluidzones industrie			Ontheffingen (na toestemming van (GS en Minister)		
		etmaal-waarde	L_{max}	niveau binnen	etmaal-waarde	L_{max}	niveau binnen	etmaal-waarde	L_{max}	niveau binnen
woningen	geprojecteerd	S	S + 10	L_{95} (max. 35)	50	70	35	55	70	35
	in aanbouw of aanwezig							60	70	35
								in saneringssituaties		
								65	70	40

Kleine lawaaimakers

Aanbevolen grenswaarden voor geluidgevoelige objecten		Objectstreefwaarden (gelden altijd als uitgangspunt)			Voorkeursgrenswaarde	Ontheffingen door B & W na bestuurl. afweging)			
		etmaal-waarde	L_{max}	niveau binnen		nieuwe inrichtingen		bestaande inrichtingen	
		etmaal-waarde	L_{max}	niveau binnen	etmaal-waarde	L_{max}	etmaal-waarde	L_{max}	
Woningen	geprojecteerd	S	S + 10	L_{95} (max. 35)	5	70	50	70	50 70
	in aanbouw of aanwezig						50 of R	70	55 of R 70

Symbolen

- S aanbevolen streefwaarden die voor de landelijke omgeving, rustige woonwijk en woonwijk in de stad overdag respectievelijk 40, 45 en 50 dB (A) bedragen. De waarden voor de avond respectievelijk nacht liggen 5 respectievelijk 10 dB (A) lager
- R de hoogste waarde van: a. het L_{95} , b. het ($L_{eq} - 10$) van verkeerslawaai
- L_{max} kortstondig toelaatbare verhoging van het geluidsniveau, gemeten in de meterstand 'fast'. Het optreden van piekniveaus is alleen toegestaan indien de toegelaten etmaalwaarde niet wordt overschreden
- L_{95} 95% van de tijd overschreden waarde van het binnenniveau zonder de nieuwe bron en uitsluitend als gevolg van externe activiteiten; de streefwaarde bedraagt maximaal 35 dB (A)

Tabel 11. Zonebreedtes langs wegen

Aantal rijstroken		Aantal meters aan weerszijden van de weg
stedelijk	buiten- stedelijk	
3 of meer	-	350
2	-	200*
-	5 of meer	600
-	3 of 4	400
-	2	250

*of 100 m, wanneer de intensiteit binnen 10 jr < 5000 motorvoertuigen per etmaal zal zijn

Een uitzondering is, dat de geluidzones niet gelden voor wegen waarvan de verwachte verkeersintensiteit binnen 10 jaar lager zal zijn dan een nog nader vast te stellen aantal motorvoertuigen (in ieder geval lager dan 2500 mvt/etmaal).

Volgens de Wet is er spake van een n i e u w e s i t u a t i e, zodra het gemeentebestuur een bestemmingsplan wil vaststellen of herzien waarin de bouw of reconstructie van een weg is opgenomen of de bouw van woningen en andere geluidgevoelige objecten binnen de zone langs een weg, na het inwerking treden van het hoofdstuk 'zones langs wegen'. Vanzelfsprekend moet ook hiervoor een akoestisch onderzoek worden verricht naar:

- te verwachten geluidbelasting van woningen, gebouwen en geluidgevoelige objecten,
- de doeltreffendheid van maatregelen ter voorkoming van de overschrijding van de maximaal toelaatbare ontvangstwaarden.

Het akoestisch onderzoek kan worden uitgevoerd door geluidhinderdiensten (zie 6.3.5) en door akoestische adviesbureaus.

De wettelijke geluidbelastingswaarden zijn in elk geval van toepassing wanneer de a a n l e g o f r e c o n s t r u c t i e

van een weg plaats vindt buiten het kader van een bestemmingsplan. Immers een gemeente is niet verplicht een bestemmingsplan vast te stellen voor de bebouwde kom. Men kan hierbij denken aan uitbreiden aantal rijstroken, plaatsing verkeerslichten, verhoging van de maximum snelheid en dergelijke.

De ten hoogste toelaatbare geluidbelasting voor binnen de zone gelegen woningen bedraagt 50 dB (A). Er mag bij het wegverkeerslawaai een correctiefactor worden toegepast vanwege de verwachting dat het wegverkeer in de toekomst stiller zal worden, waardoor men met een 5 dB (A) minder strenge waarde kan werken. Dus in werkelijkheid kan men op het ogenblik een grenswaarde van 55 dB (A) aannemen. G.S. kunnen hogere waarden vaststellen (na goedkeuring van de minister); namelijk 55 dB (A), en voor woningen binnen een stedelijk gebied maximaal 60 dB (A) in verband met het daar heersende hogere achtergrondniveau. Het is ook nog mogelijk dat de minister minder strenge waarden stelt bij AMvB.

In bestaande situaties (de weg is al aanwezig, in aanleg of geprojecteerd) richt men zich hoofdzakelijk op een beperkt gedeelte van de zone: het zogenaamde 'gebied van de zone'.

In tabel 12 wordt de omvang van dit gedeelte aangegeven.

Tabel 12. Omvang van het 'gebied van de zone'

Aantal rijstroken		Aantal meters weerszijden van de weg
stedelijk	buiten- stedelijk	
3 of meer	-	150
2	-	100
-	5 of meer	400
-	3 of 4	200
-	2	150

Binnen het gebied laat het gemeentebestuur een akoestisch onderzoek instellen naar de geluidbelasting in situaties waarbij zowel de weg als de daarlangs liggende bebouwing aanwezig, in aanleg of in aanbouw zijn. Als blijkt dat de woningen een hogere geluidbelasting ondervinden dan 55 dB (A) moet dat gemeld worden aan de minister via tussenkomst van G.S. Dan geldt de eerder genoemde (zie 6.3.3.1) saneringsregeling. Er wordt een programma van maatregelen opgesteld en ook doorgezonden naar de minister. De minister bekijkt het programma en beziet welke situaties voor verbetering in aanmerking komen, de omvang van de te treffen maatregelen en de daaraan verbonden kosten. Per geval bekijkt hij wat voor de betrokken woningen de maximale geluidbelasting zal zijn. De minister is gebonden aan de AMvB bij zijn besluitvorming.

Als de weg en de bebouwing aanwezig zijn mag de minister een maximum vaststellen van 70 dB (A). Met een correctiefactor van 5 dB (A) wordt dit 75 dB (A). Deze grenswaarde mag niet worden overschreden. Wanneer dit toch het geval is, is het raadzaam de functie van de woonbebouwing te wijzigen. In het uiterste geval is onbewoonbaarverklaring of afbraak mogelijk.

Indien de weg en/of bebouwing geprojecteerd zijn kan op twee manieren worden gehandeld:

a. Bestemmingsplan herzien volgens de procedure 'nieuwe situaties'.

Men mag pas beginnen met de wegaanleg of de woningbouw wanneer vaststaat dat er wordt voldaan aan de strenge waarden die voor nieuwe situaties gelden.

b. Aparte procedure

Er moet een akoestisch onderzoek plaatsvinden als:

- de wegaanlegger tot aanleg van de weg wil overgaan (hij moet dit melden aan het gemeentebestuur),
- er een bouwvergunning wordt aangevraagd voor één of meer woningen in het gebied van de zone.

Vermeld moet worden welke maatregelen genomen moeten worden als de geluidbelasting hoger is dan 50 dB (A). Wanneer de geluidbelasting desondanks hoger uitvalt dan 50 dB (A) wordt dit gemeld door het gemeentebestuur aan het provinciaal bestuur. De laatste

geeft een verklaring af of zij al dan niet bezwaar heeft tegen afgifte van een bouwvergunning c.q. aanleg van de weg. Als G.S. een verklaring van geen bezwaar afgeven moeten zij ook de maximale geluidbelasting vaststellen en de daaruit voortvloeiende maatregelen.

Tabel 13 geeft voor alle hiervoor behandelde situaties een overzicht van de geldende grenswaarden; de correctiefactor van 5 dB (A) is hierin niet verwerkt.

De kostenverdeling voor maatregelen in zones langs wegen in bestaande situaties ziet er als volgt uit:

- weg aanwezig; woningen in aanbouw of aanwezig: 100% ten laste van het Rijk;
- weg in aanleg; bebouwing in aanbouw of aanwezig: 100% ten laste van de wegaanlegger;
- weg aanwezig; bebouwing geprojecteerd: 50% ten behoeve van het Rijk (na instemming minister), 50% ten behoeve van de gemeente;
- weg in aanleg; bebouwing geprojecteerd: 50% ten behoeve de wegaanlegger, 50% ten behoeve van de gemeente;
- weg geprojecteerd; bebouwing geprojecteerd: 50% ten behoeve van de wegaanlegger; 50% ten behoeve van de gemeente.

6.3.3.3. A n d e r e g e l u i d z o n e s. Voor spoorweglawaai worden grenswaarden gegeven in de circulaire spoorweglawaai (MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1979). Hierin worden grenswaarden gegeven. Het maximaal toelaatbare etmaalequivalent is in het algemeen 60 dB (A), nabij stations is dit 65 dB(A). De grenswaarden nabij stations gelden voor een gebied met een straal van 1500 m rond het station (gerekend vanaf de ingang). Als ondergrens voor de afstand tussen woonbebouwing en spoorlijn is 25 m aan te houden. In de gevallen waar sprake kan zijn van optredende geluidhinder als gevolg van spoorweglawaai verdient het aanbeveling reeds in het ontwerpstadium een akoestisch onderzoek te (laten) verrichten en overleg te plegen met de regionale inspecteur voor de volksgezondheid.

Tabel 14 geeft grenswaarden voor spoorweglawaai in dag-, avond- en nachtsituaties.

Tabel 13. Ten hoogste toelaatbare geluidbelasting vanwege een weg voor binnen de zone langs die weg gelegen woningen in dB (A),
 etmaalwaarde van equivalent geluidniveau

Woning	Situatie	Aanleg		Reeds		In aanleg	Aanwezig, al dan niet in reconstructie
		wordt in voorbereiding genomen	wordt in voorbereiding genomen	geprojecteerd (wel in best. plan; nog niet in aanleg)	geprojecteerd (wel in best. plan; nog niet in aanleg)		
Nog niet geprojecteerd (wel in best. plan; nog geen bouwvergunning)	1 buitenshuis	50	50	50	50	50	50
	2a buitenstedelijk beneden	55	55	55	55	55	55
	2b idem boven	55	55	55	55	55	55
	3a binnenstedelijk beneden	55	60	55	55	55	60
	3b idem boven	60	65	60	60	60	65
	4 binnenshuis	35	35	35	35	35	35
Reeds geprojecteerd	1 buitenshuis	50	50	50	50	50	50
	2a buitenstedelijk beneden	55	55	55	55	60	60
	2b idem boven	55	60	60	60	65	65
	3a binnenstedelijk beneden	55	60	60	60	60	60
	3b idem boven	60	65	60	60	65	65
	4 binnenshuis	35	35	35	35	35	35
In aanbouw of aanwezig	1 buitenshuis	50	geldende waarde (max. 50)	50	55	55	60
	2a buitenstedelijk beneden	55	geldende waarde (max. 55)	60	60	60	65
	2b idem boven	60	idem	65	65	65	70
	3a binnenstedelijk beneden	60	idem	60	60	60	70
	3b binnenstedelijk boven	65	idem	65	65	70	70
	4 binnenshuis	35	35	40	40	40	45

Tabel 14. Maximaal toelaatbare L_{eq} -niveaus voor spoorweglawaai in dB (A)

Algemeen			Nabij stations		
dag	avond	nacht	dag	avond	nacht
60	55	50	65	60	55
etmaal: 60			etmaal: 65		

Ook voor andere lawaaibronnen, bijvoorbeeld schietterreinen en gebieden met een geluidbelasting afkomstig van buiten Nederland gelegen luchtvaartterreinen kunnen geluidzones worden vastgesteld via een AMvB. Ook toerekeningsregels voor kosten van sanering worden voor deze gevallen bij AMvB vastgesteld.

6.3.4. Stiltegebieden

Een maatregel om het geluid binnen de perken te houden, met name in het landelijk gebied is het introduceren van stiltegebieden (zie ook hfdst. 8).

Een stiltegebied is een terrein ter grootte van enkele vierkante kilometers of meer, waarin de mens zo weinig geluid maakt dat het ervaren van heersende natuurlijke geluiden er nauwelijks of niet wordt verstoord. Men kan denken aan natuurgebieden, landschapsparken, nationale parken, agrarische gebieden met natuurwetenschappelijke waarde.

Het doel van het instellen van stiltegebieden is tweeledig:

- a. Handhaven of creëren van een kwalitatief hoogwaardig leefmilieu, waardoor, indien daaraan behoefte ontstaat, men de mogelijkheid heeft rust en stilte te vinden.
- b. Het beschermen van het natuurlijk milieu in het belang van die ecosystemen die slechts een geringe verstoring verdragen.

G.S. zijn verplicht een onderzoek in te stellen naar gebieden die in aanmerking komen als stiltegebied. Ook gebieden waarin de geluidbelasting zonder ingrijpende maatregelen kan worden terugge-

bracht tot zijn natuurlijk niveau dienen in het onderzoek te worden betrokken.

Na het onderzoek wordt een intentieprogramma opgesteld. Het provinciaal bestuur legt daarin zijn beleidsvoornemens en maatregelen vast ter beperking van de geluidbelasting in de (potentiële) stiltegebieden. Het programma wordt toegezonden aan de minister. Het streekplan speelt hierin een centrale rol. Wil men een streekplan herzien of vaststellen dan dient men rekening te houden met het intentieprogramma voor de stiltegebieden. Een stiltegebied kan alleen door middel van opname in een streekplan worden verwezenlijkt. Voorts zal dit zonediensten te leiden tot aanpassing van gemeentelijke bestemmingsplannen. De provincie moet een verordening afkondigen waarin bepalingen zijn opgenomen die geluidhinder in de stiltegebieden moeten voorkomen.

6.3.5. Geluidhinderdiensten

De provincie kan een geluidhinderdienst instellen. Het doel van zo'n geluidhinderdienst zal zijn te waarborgen dat de taken die de provincie zijn opgedragen goed kunnen worden vervuld. Dit vooral met betrekking tot het vergunningenbeleid, toezicht en opsporing van strafbare feiten. De dienst zal onderverdeeld worden in een meet- en klachtendienst. In 6.3.3.2. werd het meetgedeelte van de dienst al genoemd, in verband met het uitvoeren van een akoestisch onderzoek. Het is de bedoeling dat per provincie een aantal geluidhinderdiensten in het leven worden geroepen. Deze worden dan verdeeld over de regio's. Het is ook mogelijk dat het werk wordt overgedragen aan een intergemeentelijk samenwerkingsverband of aan een grotere gemeente, die al een goed functionerende meetdienst bezit. Dit overdragen kan alleen gebeuren na overeenstemming met het provinciaal bestuur.

Voor het gemeentebestuur zijn 3 mogelijkheden beschikbaar voor het verrichten van geluidmetingen en -berekeningen, te weten:

- het instellen van een eigen meetdienst,
- men verzoekt het provinciaal bestuur de metingen te (laten) verrichten (door een geluidhinderdienst),
- men besteedt het werk uit aan een akoestisch bureau.

Voor de behandeling van klachten en het onderzoek daarnaar, dient de provinciale geluidhinderdienst voorzieningen te treffen voor het ontvangen van de betreffende klachten.

Met ingang van 1 januari 1981 wordt begonnen met het vergoeden van kosten van het provinciaal en gemeentelijk uitvoeringsapparaat.

6.3.6. Het indicatief meerjarenprogramma (IMP)

De Wet bepaalt in hoofdstuk IX dat de minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne elk jaar bij zijn ontwerpbegroting een Indicatief Meerjarenprogramma voor de eerstvolgende vijf jaren aan de Staten Generaal moet overleggen. Dit IMP bevat een indicatief overzicht van de maatregelen die rijk, provincies en gemeenten zullen gaan treffen ter bestrijding van geluidhinder, alsmede de daarvoor benodigde tijd en uitgaven.

Voorts vermeldt het de uitvoering en resultaten van maatregelen, gepland in de voorafgaande periode. Hiertoe zijn de provincie- en gemeentebesturen verplicht, jaarlijks een overzicht aan de minister te leveren van de door hen nodig geachte maatregelen in de volgende vijf jaar en de daarvoor vereiste uitgaven ten laste van de rijksoverheid. Na vaststelling van het IMP kan men overgaan tot financiering van maatregelen uit opbrengsten van heffingen.

Met deze voortschrijdende planning wordt bereikt dat de volksvertegenwoordiging zich jaarlijks een oordeel kan vormen over en betrokken wordt bij voortgang en effectiviteit van het beleid. Het eerste IMP dat thans verschenen is, is het 'Voorlopig Indicatief Meerjarenprogramma Geluid 1980-1984'. Het is voorlopig, omdat de bijdrage van de gemeenten en provincie nog moet worden uitgewerkt.

7. CONSEQUENTIES VAN DE WET GELUIDHINDER VOOR BUITENGEBIED EN LAND- INRICHTING

7.1. A l g e m e e n

De Wet Geluidhinder is nog ver van een volledige en effectieve toepassing. Aan de ene kant is de Wet nog erg vaag. De diverse overheden wachten op Algemene Maatregelen van Bestuur ter uitvoering van bepaalde gedeelten uit de Wet en ook op diverse circulaire's. De Wet stelt algemene lijnen, waardoor het interimbeleid van de diverse overheden, in afwachting van invoering van onderdelen van de Wet, sterk uiteen kan lopen. Aan de andere kant is de Wet zeer strak. Tot op de laatste decibel wordt geregeld wat de maximale grenswaarden voor diverse bestemmingen zijn. Dat de Wet door haar sterk milieuhygiënisch-technisch karakter in bepaalde gevallen haar doel zou kunnen voorbij schieten wordt betoogd in een reactie van de ANWB (VAN DER LEE, 1980). Deze constateert dat de bestrijding van geluidhinder in het belang van de recreatie zelf nauwelijks aan de orde komt. Het gevaar dreigt voorts dat alle campings het predikaat geluidhinderlijk krijgen toegemeten; als op een kampeerplaats recreatievoorzieningen worden aangebracht of al aanwezig zijn, die in het recreatie-inrichtingenbesluit worden genoemd, zal de hele kampeerplaats als recreatie-inrichting betiteld worden.

In het IMP staat dat in stiltegebieden alleen extensieve recreatie mag plaatsvinden, lawaaiige recreatie-activiteiten moeten worden geweerd. De ANWB: 'Niet-extensieve maar stille recreatie-activiteiten behoren in een stiltegebied wel mogelijk te zijn, tenzij dit om andere redenen niet gewenst is, zoals in natuurreservaten'.

Dat de Wet een typisch milieu-hygiënische wet is wordt ook geconstateerd door het Eerste-Kamerlid DE CLOE (1979). Hij merkt op dat de wereld van de ruimtelijke ordening en volkshuisvesting de afgelopen jaren ten onrechte aan de kant is blijven staan. Het gevolg is dat een confrontatie dreigt tussen de belangen van de stedsbouw en de voortgang van de stadsvernieuwing enerzijds en de terechte milieubelangen anderzijds. De Wet legt alles tot in de decibel vast en laat aan de gemeentebestuurders nauwelijks marges voor een eigen

geluidsafweging. Volgens De Cloe zijn de geluidnormen voor het bouwen in de stad veel te rigide; de norm van 65 dB (A) staat bezijden de stedelijke realiteit. Meer ruimte voor creatieve oplossingen is wenselijk.

7.2. P r o v i n c i e s

In het kader van de Wet Geluidhinder zullen de provincies een aantal taken opgelegd krijgen.

Het provinciaal bestuur van Gelderland heeft een overzicht opgesteld van de belangrijkste taken voor provincies en gemeenten voortvloeiende uit de Wet (zie tabel 15). Twee substantiële taken die de provincie krijgt zijn het oprichten van provinciale geluidhinderdiensten en het aanwijzen van stiltegebieden.

Hoe de oprichting van g e l u i d h i n d e r d i e n s t e n in de praktijk zal verlopen is nog niet helemaal duidelijk. Uit informatie van ambtenaren van de provincie Gelderland (VASTENHOUD e.a., 1980) blijkt, dat het provinciaal bestuur aan de gemeenten heeft voorgesteld een aantal geluidmeetdienst-gebieden aan te houden. Per gebied wordt dan een intergemeentelijke geluidmeetdienst opgericht door een vorm van samenwerking tussen de gemeenten in dat gebied. Deze meetdienst is bedoeld voor de gemeentelijke taken. Daarnaast stelt het provinciaal bestuur zich voor, voor de uitvoering van de provinciale taken, een provinciale geluidhinderdienst op te richten, ondergebracht in de provinciale Dienst Milieuhygiëne. Gemeenten, die een akoestisch onderzoek willen laten verrichten, zullen zo nodig hierbij kunnen aankloppen. De taak van de intergemeentelijke geluidmeetdiensten zal metingen, controle en klachtenbehandeling omvatten. Het is denkbaar, dat, als zeer specialistisch onderzoek nodig is, een beroep wordt gedaan op de provinciale geluidhinderdienst.

De provincie Zuid-Holland heeft een soortgelijke visie op de geluidhinderdiensten (ADDICKS, 1980). Hier denkt men echter meer aan één centrale dienst, welke in de eerste plaats de provinciale taken van de wet uitvoert, en daarnaast mogelijk gemeenten bijstaat met akoestische onderzoeken.

Voor de provinciale klachtendienst zal een centraal telefoonnummer beschikbaar moeten komen. Een ander belangrijk element in de Wet

Tabel 15. Overzicht van de belangrijkste taken voor provincies en gemeenten voortvloeiende uit de Wet Geluidhinder (Bron: Provincie Gelderland)

Onderwerp	Taken provincie	Taken gemeente
1. Recreatie-inrichtingen	1. Goedkeuring gemeentelijke verordeningen horeca- en recreatie-inrichtingen	1. Vaststelling verordening horeca- en recreatie-inrichtingen
2. Industrie-terreinen	1. Vergunningverlening aan bedrijven die onder het inrichtingenbesluit vallen 2. Vaststelling zones indien de gemeenten deze niet binnen een gestelde termijn aangeven, of zones in meer gemeenten 3. Goedkeuring van bestemmingsplannen met daarin opgenomen de zones of van zonevaststelling buiten bestemmingsplanprocedure om 4. Vaststelling programma van saneringsmaatregelen 5. Afgifte van verklaringen van geen bezwaar tegen woningbouw binnen zones	1. Vaststellen van zones rond industrieterreinen 2. Uitvoeren van akoestisch onderzoek binnen zones
3. Verkeerswegen	1. Akoestisch onderzoek binnen zone bij aanleg en reconstructie van provinciale weg buiten bestemmingsplan om 2. Afgifte verklaringen van geen bezwaar tegen weg-aanleg en afgifte bouwvergunning	1. Vaststellen van zones langs wegen 2. Uitvoeren van akoestisch onderzoek binnen zones 3. Vaststelling programma van maatregelen
4. Bijzondere geluidzones	1. Advisering terzake van deze geluidzones	1. Advisering terzake van deze geluidzones
5. Stiltegebieden	1. Inventarisatie stiltegebieden 2. Opstellen van intentieprogramma voor stiltegebieden 3. Vaststellen van verordeningen voor stiltegebieden	
6. Indicatief meerjarenprogramma	1. Vaststelling overzicht van maatregelen ter bestrijding van geluidhinder in de komende 5 jaar (ieder jaar opstellen)	1. Vaststelling overzicht van maatregelen ter bestrijding van geluidhinder in de komende 5 jaar (ieder jaar op te stellen)

Onderwerp	Taken provincie	Taken gemeente
7. Uitvoering bevoegdheden	1. Instelling provinciale hinderdiensten voor meting, controle en klachtenbehandeling 2. Coördinerende taak van provincie ten aanzien van toezicht op naleving van de Wet	1. Instelling gemeentelijke dienst voor verrichten van metingen, tenzij overdracht aan Gedeputeerde Staten plaatsvindt; controle en klachtenbehandeling
8. Bouwverordening		1. Uitvoering bouwverordening in verband met geluidisolatie
9. Ruimtelijke Ordening Algemeen	1. Toetsen van bestemmingsplannen op geluidaspecten 2. Verwerken van geluidaspecten in streekplannen	1. Verwerken van geluidaspecten

vormen de s t i l t e g e b i e d e n. De provincie moet deze aanwijzen en opnemen in een streekplan. De Circulaire Stiltegebieden (MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1980) vermeldt dat onder het begrip stiltegebieden in ieder geval die gebieden vallen die:

- a. op grond van de Natuurbeschermingswet (Stb. 1967, 572) zijn aangewezen als beschermd natuurmonument of staatsnatuurmonument,
- b. zijn aangewezen ter uitvoering van de overeenkomst inzake watergebieden van internationale betekenis in het bijzonder als verblijfplaats voor watervogels (Conventie van Ramsar, Trb. 1975, 84).
Deze gebieden zijn: de Naardermeer, de Grote Peel, de Weerribben, de Boschplaat, Griend, en een deel van de Biesbosch (globaal de Zuidwaard),
- c. op grond van planologische kernbeslissingen (PKB) ten aanzien van het nationaal ruimtelijk beleid inzake natuur- en landschapsbehoud zijn aangemerkt als nationale parken. Potentiële Nationale Parken zijn: Vlieland, Terschelling, Schiermonnikoog, Diever-Appelscha, Dwingelo-Ruinen, Ooster- en Westerrand, Weerribben, Haalerberg-Holterberg, Montferland, omgeving Winterswijk, Veluwe, Amerongseberg, Duinen van Texel, Duinen van Schoorl tot Wijk aan zee, Uitbreiding Kennemer

Duinen, De Zilk-Noordwijk, Grevelingen, Biesbosch, Strabrechtse Heide, Loonsche- en Drunensche Duinen, Grote Peel, De Hamert en Meijnweg.

De provinciale taak ten aanzien van stiltegebieden komt in hoofdzaak op het volgende neer. Gedeputeerde Staten wordt opgedragen een onderzoek in te stellen naar bestaande en potentiële (gebieden die zonder ingrijpende maatregelen stiltegebied zouden kunnen worden) stiltegebieden. Aan de hand van deze inventarisatie dienen G.S. overleg te plegen met de betrokken gemeentebesturen en een intentieprogramma op te stellen. Hierin zal moeten worden gemotiveerd aan de hand van welke criteria G.S. tot een beslissing is gekomen ten aanzien van de stiltegebieden. Het intentieprogramma zal de volgende onderdelen moeten bevatten:

- resultaten onderzoek naar bestaande of potentiële stiltegebieden en tevens de lokaties van geluidbronnen en woonbebouwing en een opgave van de geluidemissies die van die geluidbronnen uitgaan,
- het voornemen van Provinciale Staten de stiltegebieden op te nemen bij de vaststelling of herziening van streekplannen,
- een kwalificatie van de bestaande en potentiële stiltegebieden,
- de beleidsvoornemens met betrekking tot het planologisch beleid van G.S. ten aanzien van de aangeduide stiltegebieden,
- een concept van een provinciale verordening,
- een financiële paragraaf met zonodig een in een meerjarenplan bevat saneringsprogramma,
- een overzicht van de samenhangen met de uitvoering van andere onderdelen van de Wet Geluidhinder.

Het intentieprogramma wordt vervolgens als beleidsplan vastgesteld door Provinciale Staten. Provinciale Staten moeten bij vaststelling of herziening van een streekplan rekening houden met het intentieprogramma. Provinciale Staten moeten ter voorkoming of beperking van geluidhinder in bij het streekplan aangegeven stiltegebieden een verordening vaststellen. Deze moet ter goedkeuring aan de Kroon worden aangeboden. Verder wordt in de Circulaire nog genoemd hoe een geluidtechnische inventarisatie moet plaatsvinden.

De Provincie Zuid-Holland is al bezig met het inventariseren van geluidbronnen en met het opstellen van geluidkaarten. Een geluidkaart komt tot stand door geluidmetingen in het veld te verrichten of door een gedetailleerde inventarisatie te verrichten van de aanwezige geluidbronnen en de situering daarvan, gecombineerd met een berekeningsmethode voor het geluidniveau. De geluidkartering kan een belangrijk hulpmiddel zijn bij de aanwijzing van stiltegebieden. Een beperking is evenwel dat een geluidkaart een zuiver akoestisch instrument is. Bij de bepaling van stiltegebieden zal men ook rekening moeten houden met bijvoorbeeld de recreatieve landschappelijke en ecologische waarde van een stiltegebied. Hierover wordt in de Circulaire Stiltegebieden weinig gezegd.

Het zal overigens duidelijk zijn dat bij het meten en interpreteren van het 'gebiedseigen' geluidniveau, dat stiltegebieden zou moeten kenmerken, de nodige subjectiviteit kan insluipen. Zo zou bijvoorbeeld een originele manier voor het creëren van een stiltegebied te vinden zijn in het intensief bijplanten van bomen, waarvan de 'natuurlijke' ruis dan allerlei niet-natuurlijke geluiden overtreft (ADDICKS, 1980).

In het streekplan 'Zuidholland-Zuid' overweegt het provinciaal bestuur van Zuid-Holland de aanwijzing van een aantal potentiële stiltegebieden overeenkomstig de in de Circulaire Stiltegebieden aanbevolen procedure.

Gelderland heeft een informele ambtelijke werkgroep Stiltegebieden ingesteld en heeft op de Veluwe een proefgebied gekozen. Met behulp van een berekeningsmethodiek hoopt men hier tot aanwijzing van stiltegebieden te komen. In de Circulaire staat vermeld, dat voordat het hoofdstuk 'Stiltegebieden' inwerking treedt de provincie gevraagd zal worden alvast een inventarisatie te verrichten bij de voorbereiding of wijziging van een streekplan. Op deze wijze zal niet onnodig tijd verloren gaan en wordt voorkomen dat recent vastgestelde streekplannen spoedig gewijzigd zullen moeten worden. Vooruitlopend op de Circulaire heeft een aantal provincies dit al gedaan.

7.3. Gemeenten

Een overzicht van de diverse gemeentelijke taken werd reeds gegeven in tabel 15. In ieder bestemmingsplan dient een akoestisch onderzoek verricht te worden door de gemeenten. Een akoestisch onderzoek moet voorts geschieden op industrieterreinen, zodat geconstateerd kan worden welke terreinen in aanmerking komen voor zonering. Tevens moet een akoestisch onderzoek plaatsvinden binnen zones langs wegen, tenzij de etmaalintensiteit de eerstvolgende 10 jaar beneden een bij AMvB nog vast te stellen waarde blijft; deze waarde zal in ieder geval minder zijn dan 2500 motorvoertuigen per etmaal. Een consequentie voor het buitengebied kan derhalve zijn dat gemeenten een akoestisch onderzoek moeten verrichten in een zone langs plattelandswegen die zijn opgenomen in een bestemmingsplan buitengebied. De Wet schrijft voor dat voor tweestrookswegen, in nieuwe situaties, in buitenstedelijk gebied, een zone geldt van 250 m aan weerszijden van de weg. In bestaande situaties is het gebied van de zone 150 m (zie blz. 70/71).

Een globale schatting van de lengte aan plattelandswegen die boven genoemde norm (2500 mvt/etmaal) zou vallen kan worden ontleend aan een landelijke inventarisatie van plattelandswegen, onder andere naar breedteklasse (VAN RIJN, 1977) en aan een analyse van intensiteitsstellingen als functie van de verhardingsbreedte (VERBOST, e.a., 1975). In 1975 had ca. 1000 km plattelandsweg een gemiddelde etmaalintensiteit boven 2500 motorvoertuigen per etmaal, dit is bijna 3% van de totale 34 823 km aan verharde plattelandswegen. Indien de norm bij AMvB op bijvoorbeeld 2000 mvt/etmaal zou worden gesteld, zou daar 4185 km boven vallen, dit is 12% van de totale weglengte. Langs deze wegen zouden dan binnen de bovengenoemde zonebreedtes, voor zover daar woningen of andere geluidvoelige objecten liggen, akoestisch onderzoek en eventuele maatregelen verplicht kunnen worden.

Een grote gemeente waarvan de Afdeling Hinderwet- en Milieuzaken reeds zeer actief is op akoestisch gebied is Apeldoorn. Vooruitlopend op de Wet Geluidhinder heeft men hier al ca. 4 jaar zelf akoestische onderzoeken verricht in het kader van bestemmingsplannen.

Met behulp van een computerprogramma (LAWINE) bepaalt men hier-

bij lijnen van gelijk geluidniveau. In het gebied waar de geluidbelasting hoger is dan 55 dB (A) worden maatregelen genomen ter vermindering van het geluidniveau.

Verder verricht de gemeente onderzoek naar recreatiegeluid, geluid veroorzaakt door horecabedrijven en naar geluid veroorzaakt door evenementen (festiviteiten in de openlucht). In het buitengebied van de gemeente voorziet men geen problemen. Formeel heeft men ook nog geen richtlijnen van de provincie ontvangen. Activiteiten bedreven in de open lucht of in het buitengebied die een hoge geluidbelasting veroorzaken (motorcrossterreinen, popconcerten) worden zoveel mogelijk beperkt. De aanwijzing van stiltegebieden in het buitengebied van de gemeente Apeldoorn werd niet verwacht (MANTJE, 1980).

7.4. Landinrichtingsplannen

Bij het ontwerpen van landinrichtingsplannen zal men ongetwijfeld rekening moeten houden met de aanwijzing van stiltegebieden. Belangrijk is daarbij ook welke consequenties te voorzien zijn voor de omgeving van een stiltegebied.

Per provincie zal men waarschijnlijk bij verordening verschillende eisen gaan stellen aan een stiltegebied. Zo zal Gelderland bijvoorbeeld strenge eisen gaan stellen ten aanzien van de dag- en verblijfsrecreatie in deze gebieden. Het is zelfs mogelijk dat deze daar helemaal verboden wordt. Het geluidaspect staat hierbij centraal. De structuur van het wegennet kan worden veranderd. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat de ontsluiting zodanig wordt aangepast dat het niet-bestemmingsverkeer zoveel mogelijk uit de stiltegebieden wordt geweerd. Het aanleggen van nieuwe wegen door stiltegebieden is, vanzelfsprekend, al haast ondenkbaar. Het inperken van landbouwgeluidbronnen, zal kunnen voorkomen, hoewel men deze ook bij de natuurlijke, gebiedseigen geluidbronnen van een stiltegebied kan rekenen. De aan- en afvoer van produkten door zware vrachtwagens veroorzaakt erg veel lawaai. In stiltegebieden zal dit waarschijnlijk zoveel mogelijk beperkt worden. Door voorlichting over geluidarmere bronnen is dit misschien te bewerkstelligen. Dit geldt eveneens voor landbouwmachi-

nes en trekkers. Welke consequenties in de bedrijfsvoering te voorzien zijn voor een boerderij in een stiltegebied is thans nog moeilijk te zeggen.

Het is denkbaar dat het verhard en nieuw aanleggen van plattelandswegen wordt tegengegaan, maar dit zal over het algemeen pas gebeuren als blijkt dat de wegen niet alleen voor bestemmingsverkeer zullen worden gebruikt en als de intensiteit extreem hoog dreigt te worden. In 7.3 is al ingegaan op de lengte aan plattelandswegen, die eventueel binnen de termen van de Wet Geluidhinder kan vallen.

Akoestisch onderzoek, gekoppeld aan betrouwbare intensiteitsprognoses op plattelandswegen, zou als regel kunnen worden opgenomen in de ontwerpprocedure van landinrichtingsplannen. Aangezien gemeenten onder invloed van de Wet Geluidhinder in versterkte mate geconfronteerd kunnen worden met de noodzaak van geluidbeperkende reconstructies of aanpassingen van het wegennet, kan het nuttig zijn een soort Verkeerscirculatieplan voor een landinrichtingsgebied op te stellen, waarmee de afwikkeling van het plattelandsverkeer gericht kan worden beïnvloed.

Wijzigingen in het beleid ten opzichte van verschillende bestemmingen zullen zich kunnen voordoen met betrekking tot het wonen en verkeer. Ten opzichte van de landbouw zal dit hoogstens plaatsvinden in stiltegebieden. Men kan hierbij nog denken aan toepassing van beheersovereenkomsten in stiltegebieden. Nieuwe boerderijvestigingen dienen te worden getoetst aan de Wet Geluidhinder. Ter bescherming van de woonfunctie op de boerderij kan de Wet boerderijvestiging in een geluidzone bemoeilijken. Door de provincie wordt hiermee incidenteel al rekening gehouden (ADDICKS, 1980).

In de praktijk komt het voor dat een landbouwbedrijf zo dicht bij een woonhuis staat, dat de woning ernstige geluidhinder ondervindt. Bij de bouw van woningen nabij boerderijen wordt kennelijk niet consequent gelet op het geluidaspect. Voor landbouwbedrijven wordt in het algemeen zonder akoestisch onderzoek een hinderwetvergunning afgegeven (MARING, 1980). De situering van agrarische bedrijven en woningen dient zo te zijn dat ook de geluidhinder beneden de wettelijke normen blijft. In landinrichtingsplannen en/of bestemmingsplannen buitengebied dient hiermee wellicht nog meer dan in het verleden rekening te worden gehouden.

7.5. Eventuele onderzoeksgebieden voor de landinrichting

Uit het voorgaande kan men concluderen dat de Wet Geluidhinder vooralsnog geen grote problemen vormt voor de landinrichting. Enkele aspecten die de landinrichtingsproblematiek kunnen raken zouden onderzocht kunnen worden. Het verdient aanbeveling methoden te ontwikkelen voor het ontwerpen van eventuele verkeerscirculatieplannen voor landelijke gebieden. Men zou daarmee kunnen nagaan hoe een landelijk gebied beter ontsloten kan worden als in zo'n gebied de geluidproblematiek een rol gaat spelen. Met name geldt dit voor de ontsluiting van als stiltegebieden aangewezen landbouwgebieden. Het signaleren van sluipverkeer kan hierbij een belangrijk aspect zijn.

Interessant is verder, na te gaan welke consequenties een agrarisch bedrijf ondervindt in de bedrijfsvoering, als dit gevestigd is in een stiltegebied of in een geluidzone langs een weg. Hierbij zijn ook van belang de indirecte beperkingen van de landbouw door beperking van zwaar vrachtverkeer van en naar landbouwbedrijven.

Tenslotte is wellicht interessant onderzoek te verrichten naar een zodanige situering van landbouwbedrijfsgebouwen dat de geluidhinder door deze bedrijven verminderd wordt (o.a. intensieve veehouderijbedrijven).

8. MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN GELUIDHINDER

8.1. A l g e m e e n

Ter vermindering van geluidoverlast kunnen of moeten maatregelen worden genomen, die betrekking kunnen hebben op allerlei gebieden. In iedere concrete situatie dient te worden nagegaan welke maatregelen mogelijk zijn en wat hun effectiviteit is. In algemene zin volgt hierna een overzicht van de diverse soorten maatregelen met een indicatie van hun effect, voor zover daarover kennis beschikbaar is.

De Wet Geluidhinder onderscheidt drie soorten van maatregelen:

a. Maatregelen aan de bron

- stillere motoren
- geluidbeperkende omkastingen
- goede uitlaatdempers
- rammelvrije belading van vrachtauto's
- verkeerstechnische en verkeerskundige maatregelen aan wegen

b. Maatregelen tussen bron en ontvanger

- schermen, aarden wallen
- beplanting
- planologische en stedenbouwkundige maatregelen
- verkeerstechnische en verkeerskundige maatregelen

c. Maatregelen bij de ontvanger

- gevelisolatie
- gevelconstructie
- woningindeling
- oorbescherming

In het onderstaande overzicht is deze driedeling aangehouden.

8.2. M a a t r e g e l e n b i j d e b r o n

Om de geluidproblematiek aan te pakken is het niet meer dan billijk om bij de geluidproducent aan te vangen ('de vervuiler betaalt') door naar stillere bronnen te streven. Wettelijk kan dit afgedwongen worden door typekeuringen voor motorvoertuigen en brommers. Het is

van belang dat fabrikanten van voertuigen en apparaten stillere motoren in de handel brengen. Bij de gebruiker moet voorts het fatsoen worden ontwikkeld niet zodanig aan motoren te 'prutsen', dat deze weer meer lawaai gaan produceren.

Wanneer er niets aan de motoren wordt gedaan of kan worden gedaan bestaat er de mogelijkheid deze van een geluidbeperkende omkasting te voorzien. Dit wordt al toegepast bij sommige autobussen. Op het gebied van de landbouw is onderzoek verricht door het IMAG (MARING, 1979). Hierbij werd onder andere aandacht besteed aan lawaai van ventilatoren en landbouwtrekkers. Om ventilatorlawaai te bestrijden kan gebruik worden gemaakt van geluiddempers, de zogenaamde coulis-sendempers, die in de ventilator worden aangebracht.

Bij landbouwtrekkers is inmiddels, ook door fabrikanten, veel aandacht besteed aan de isolatie van de stuurcabine, ter bescherming van het gehoor van de bestuurder, maar ook de geluidemissies van trekker motoren worden geleidelijk geringer. Omtrent de lawaai beperking voor industriële bronnen bestaat nog weinig operationele kennis.

Over wegverkeer, opgevat als lijnbron, valt nog wel het één en ander te zeggen.

Het is bekend dat bij een motorvoertuig met een snelheid lager dan 70 km/uur het overheersende geluid geproduceerd wordt door de motor. Boven 70 km/uur wordt het aandeel van het bandenlawaai steeds groter. Dit bandenlawaai is weer sterk afhankelijk van het soort wegdek waarop het voertuig rijdt en of dit wegdek in natte of droge staat verkeert. Naar de invloed van wegdekken op de geluidproduktie van een autoband is onderzoek verricht (VAN WIJK, 1975). Er is gemeten op verschillende soorten wegdek, nat en droog, rijdend tegen de wind in en met de wind mee, bij een snelheid van 50 km/uur en bij een snelheid van 70 km/uur.

Als belangrijkste conclusies kwamen naar voren:

- De metingen uitgevoerd bij 50 km/uur en 70 km/uur geven een goed vergelijkbaar beeld. De niveaus gemeten bij 70 km/uur zijn in alle frequentiebanden globaal 5 dB hoger.
- Het verschil tussen de 'natte' en 'droge' metingen beperkt zich hoofdzakelijk tot de hogere frequenties. Het geluidniveau wordt bij de natte metingen in die banden hoger, naarmate de textuur van het wegdek fijner is.

- Wegdekken met de grofste structuur veroorzaken in het frequentiegebied lager dan (gemiddeld) 1000 Hz het meeste geluid, daarboven zijn het de wegdekken met de fijnste structuur.

Tabel 16 geeft een overzicht van de gemiddelde geluidniveaus in dB (A) gedurende de meetperioden.

Tabel 16. Gemiddelde geluidniveaus van personenauto's in dB (A) bij twee snelheden en windrichtingen op droge en natte wegdekken van verschillende textuur (Bron: VAN WIJK, 1975)

Gemiddelde textuur- diepte mm	Snelheid km/h	Wind mee		Wind tegen		Gemiddeld	
		droog	nat	droog	nat	droog	nat
3,5	50	96	96	95	95	96	96
	70	101	101	101	99	101	100
3,0	50	94	94	94	95	94	94
	70	100	100	100	100	100	100
1,8	50	90	91	90	91	90	91
	70	95	97	97	97	96	97
1,2	50	91	94	92	93	91	93
	70	96	99	97	98	97	98
0,4	50	88	96	89	94	89	95
	70	93	99	94	99	93	98
< 0,1	50	89	96	89	96	89	96
	70	93	100	96	100	95	100

Ter indicatie van het effect van overige factoren die de geluidproduktie van wegverkeer beïnvloeden, is aanvullend het volgende samenvattende overzicht ontleend aan VAN NOORT en OOSTING (1973):

a. Snelheid van het verkeer

Voor alle categorieën gemotoriseerd verkeer (personenauto's, vrachtauto's met of zonder aanhanger) geldt een afname van het geluidniveau met 2 dB (A) bij een afname van de snelheid van 10 km/uur (uit metingen verricht door de TPD-TNO).

b. Wegdeksoort

Ten opzichte van droog asfalt gelden globaal de volgende verhogingen van het geluidniveau:

droog beton + 0 à 5 dB (A)

nat asfalt, beton, klinkers + 10 à 15 dB (A)

c. Intensiteit van het verkeer

Bij een verdubbeling van de intensiteit en gelijkblijvende voertuigsamenstelling zal een geluidniveauverhoging optreden van 3 dB (A) (verg. 2.10).

d. Percentage vrachtauto's

Het motorgeluid is bij vrachtwagens bepalend.

Tabel 17 geeft een globaal overzicht van het percentage vrachtauto's en de daarbij optredende verhoging van het totale geluidniveau.

Tabel 17. Geluidniveauverhoging tengevolge van het percentage vrachtauto's

Aandeel vrachtauto's %	Verhoging geluidproductie dB (A)
0	-
10	2
20	3
30	4
40	4 - 5
50	5

e. Lengteprofiel

Men kan ervan uitgaan dat bij hellingen met een stijgingspercentage van 3 à 4% het geluidniveau een verhoging van 2 dB (A) ondergaat. Bij een percentage van 5 à 6% bedraagt de verhoging 3 dB (A).

f. Dwarsprofiel

Gunstig is een weg in ingraving, zonder reflecterende wanden of taluds. Ook als een weg in ophoging ligt zullen de in de nabijheid gelegen woningen een reductie ondervinden van het geluidniveau. Voor woningen die verder van de weg zijn afgelegen zal echter een ongunstiger situatie ontstaan. Fig. 25 toont voorbeelden van geluidpatronen voor drie verschillende dwarsprofielen.

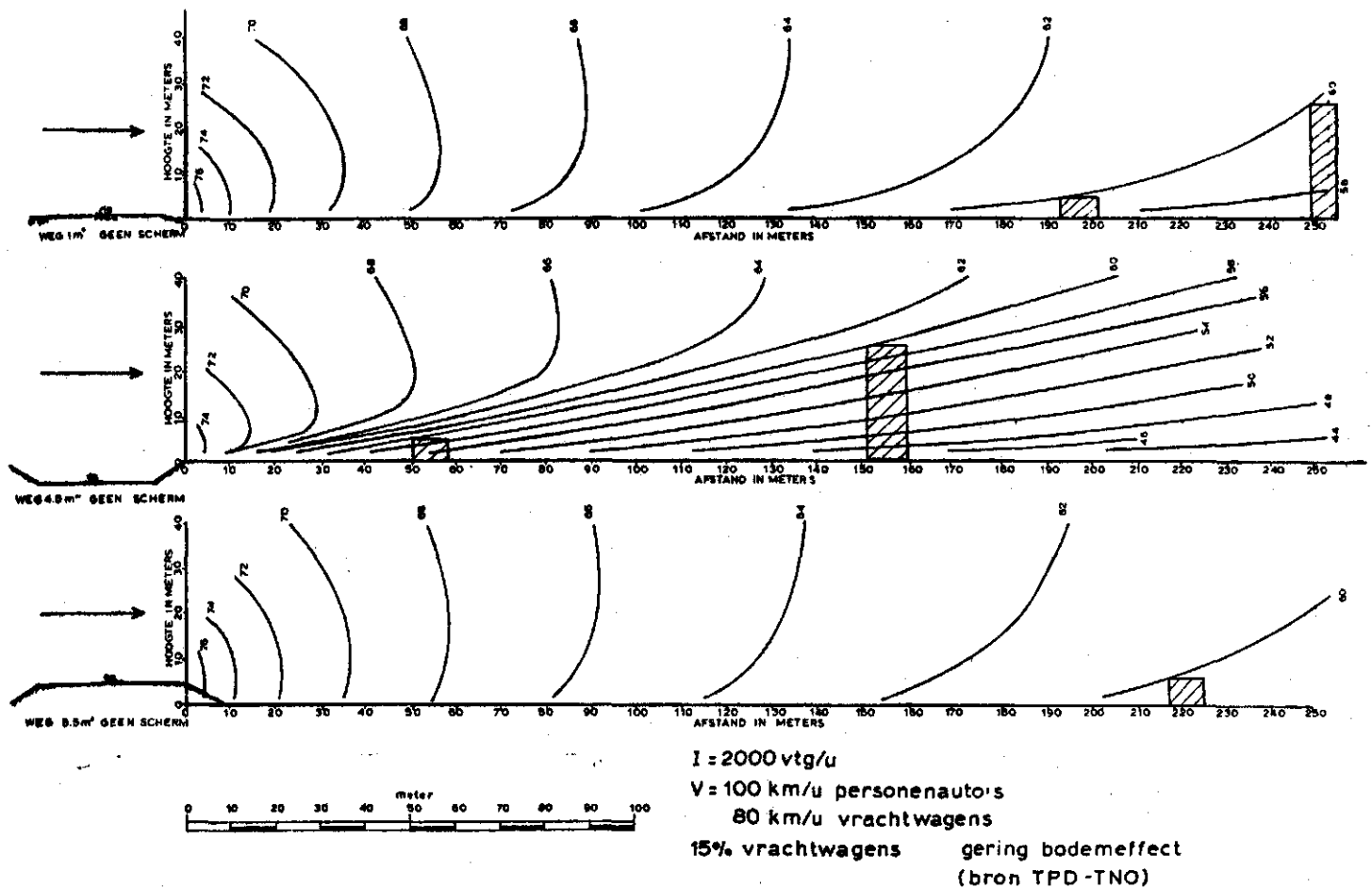


Fig. 25. Het verloop van equivalente geluidniveaus (L_{eq}) loodrecht op een autosnelweg als gevolg van diverse dwarsprofielen (Uit: VAN NOORT en OOSTING, 1973)

g. Verkeersregelininstallaties

Het optrekken en afremmen bij kruispunten, geregeld met verkeerslichten, kan verhogingen teweeg brengen die oplopen tot 7 à 10 dB (A).

8.3. M a a t r e g e l e n t u s s e n b r o n e n o n t v a n g e r

8.3.1. Algemene factoren bij geluidoverdracht

a. Luchtdemping

Geluidgolven verliezen bij hun voortplanting energie aan het in beweging brengen van de luchtdeeltjes. In het algemeen is deze luchtdemping klein. Tabel 18 geeft hiervan een indruk bij verschillende frequenties.

Tabel 18. De luchtdemping in dB (A) per 100 m bij een gemiddelde temperatuur van 10°C en een vochtigheidsgraad van 80% bij verschillende frequenties (OOSTING, 1977)

Frequentie Hz	Luchtdemping dB (A)/100 m
63	0,0
125	0,1
250	0,1
500	0,15
1000	0,38
2000	0,93
4000	2,46
8000	6,70

b. Wind- en temperatuurgradiënt

De verticale windgradiënt speelt bij de geluidoverdracht een grotere rol. Met de hoogte boven de bodem neemt de windsnelheid af als gevolg van de wrijving met de bodem. De golffronten in de hogere luchtlagen worden door de wind sneller meegenomen dan die in de lagere luchtlagen. Zij buigen als het ware met de wind mee. Als gevolg van dit ombuigen van de golffronten kunnen er met de wind mee geluidenergieverdichtingen optreden die zeker niet verwaarloosbaar en in bepaalde gevallen zelfs aanzienlijk (10 à 20 dB (A) zijn. In de praktijk blijkt geluid, met name van grote open industrieën, door de wind wel 6 à 7 km te kunnen worden voortgedragen. Aan de windkant van de geluidbron zullen daarentegen verdunningen merkbaar zijn. In extreme gevallen kan de hieruit resulterende geluidniveauverlaging zorgen voor een complete geluidschaduw, zie fig. 26 (VAN NOORT en OOSTING, 1973; OOSTING, 1977).

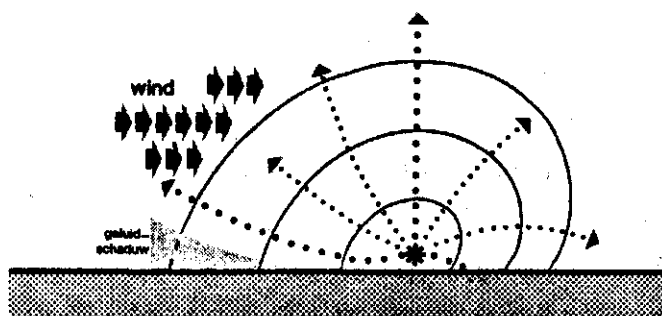


Fig. 26. Afbuiging van geluid als gevolg van de verticale windgradiënt

Met de temperatuurgradiënt is iets dergelijks aan de hand. In warmere lucht is de energie-overdracht aan de bewegende luchtdeeltjes geringer en dus de demping van de geluidgolf kleiner. Golffronten worden dus in koudere luchtlagen meer gedempt, zodat geluidgolven zullen afbuigen naar koudere luchtlagen. Normaal gesproken is de bodem door zonbestraling warm. De luchttemperatuur neemt naar boven toe af, zodat de geluidgolven naar boven buigen. Als de temperatuurverdeling andersom is (temperatuur inversie) dus op de bodem koud en boven warm, gebeurt het omge-

keerde. Er treedt afbuiging naar beneden op. Het geluidniveau in de omgeving wordt daardoor dus hoger. Door dit verschijnsel kunnen rare akoestische situaties optreden. Bijvoorbeeld, op grotere afstand hoort men de bron beter dan wat dichterbij (o.a. treinen bij nachtvorst in de lente). Fig. 27 verduidelijkt de werking van de verticale temperatuurgradiënt.

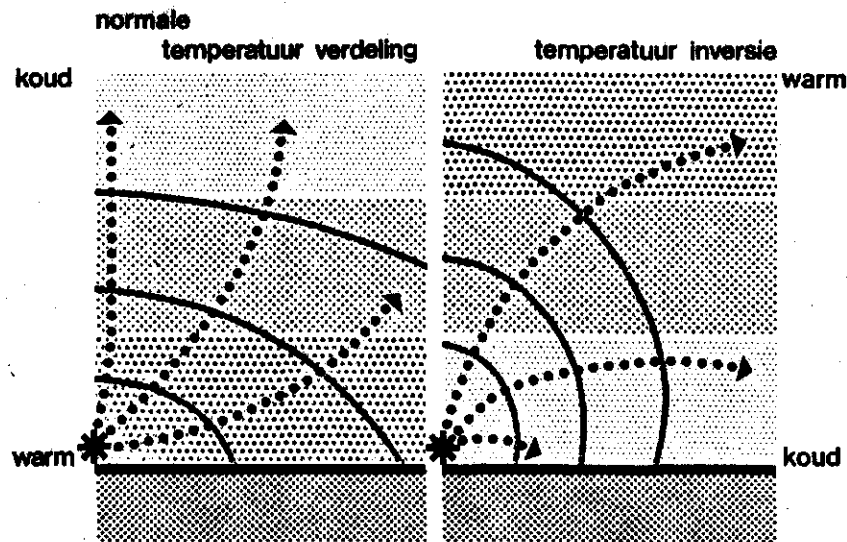


Fig. 27. Afbuiging van geluid als gevolg van de verticale temperatuurgradiënt (Bron: OOSTING, 1977)

c. Bodemdemping

Gegevens over bodemdemping zijn uitermate schaars. Het is bekend dat bij geluidoverdracht op grotere hoogten boven de bodem de demping minder is dan vlak boven de bodem. De reflectie en/of absorptie door de bodem is blijkbaar van invloed op de voortplanting door de lucht erboven. Theoretisch en experimenteel onderzoek wordt verricht door MOERKERKEN (1975). OOSTING (1977) geeft een empirische methode voor de schatting van de bodemdemping, die goed blijkt te voldoen. Hierin is de demping afhankelijk van de geluidfrequentie, de lengte van de geluidweg, de hoogte boven de bodem en de reflectie en absorptie van de bodem.

d. Reflectie

Objecten nabij geluidbronnen, onder andere schermen, bebouwing waterpartijen, kunnen geluidgolven reflecteren in tegengestelde richting. Afhankelijk van de afstand tot de bron kunnen reflecties zorgen voor een verhoging variërend van 0-5 dB (A). Viaducten over en ingravingen van een weg kunnen ook dergelijke reflecties veroorzaken.

e. Absorptie door begroeiing

Door het toepassen van een goede beplanting kan het geluid door de beplanting worden geabsorbeerd. Enkele extra reductiewaarden ten opzichte van onbegroeide onverharde bodem:

kort gras	2	dB (A)/100 m
matige begroeiing	5	dB (A)/100 m
bosbegroeiing	10-15	db (A)/100 m

Bij hogere frequenties is de geluidafname groter dan bij tonen met lagere frequenties.

Door toepassing van zogenaamde regelbeplanting kunnen goede reducties tot stand komen (zie 8.3.3).

f. Afstand

De geluidenergie van een geluidbron wordt in alle richtingen verspreid; bij puntbronnen bolvormig, bij lijnbronnen cilindervormig. Afgezien van allerlei denkbare verstoringen neemt daardoor de geluidintensiteit (zie 2.6) bij toenemende afstand tot de bron af. Voor verkeerswegen (op te vatten als lijnbron) kan eenvoudig worden ingezien dat een verdubbeling van de afstand tot de weg (= halvering van de geluidintensiteit) leidt tot geluidniveauverlaging met 3 dB (A), (vergelijk 2.10).

8.3.2. Maatregelen door middel van afscherming

Om het geluidniveau tussen bron en ontvanger te reduceren kan men gebruik maken van het plaatsen van schermen (Kranendonk, 1973). Over de reducerende werking van een scherm lopen de meningen nogal uiteen. In het navolgende zullen enkele methoden worden besproken ter berekening van de geluidreductie door een scherm ontleend aan een overzicht van Kranendonk (1973).

Voorop moet worden gesteld dat het scherm nooit als enige factor werkt bij de reductie van het geluidniveau. Andere factoren zoals bodemgesteldheid, wind- en temperatuurgradiënt spelen steeds een rol. Medebepalend zal zijn de afstand van het scherm tot de lawaaibron, de hoogte ervan en de frequentie-afhankelijkheid van de schermwerking.

MAEKAWA (1968) heeft een grafiek opgesteld waarin de schermwerking wordt weergegeven (fig. 28). De grafiek geldt voor een vlak, dun oneindig lang scherm, van geringe dikte, stijf en gesloten van uitvoering en heeft alleen betrekking op afzonderlijke puntbronnen.

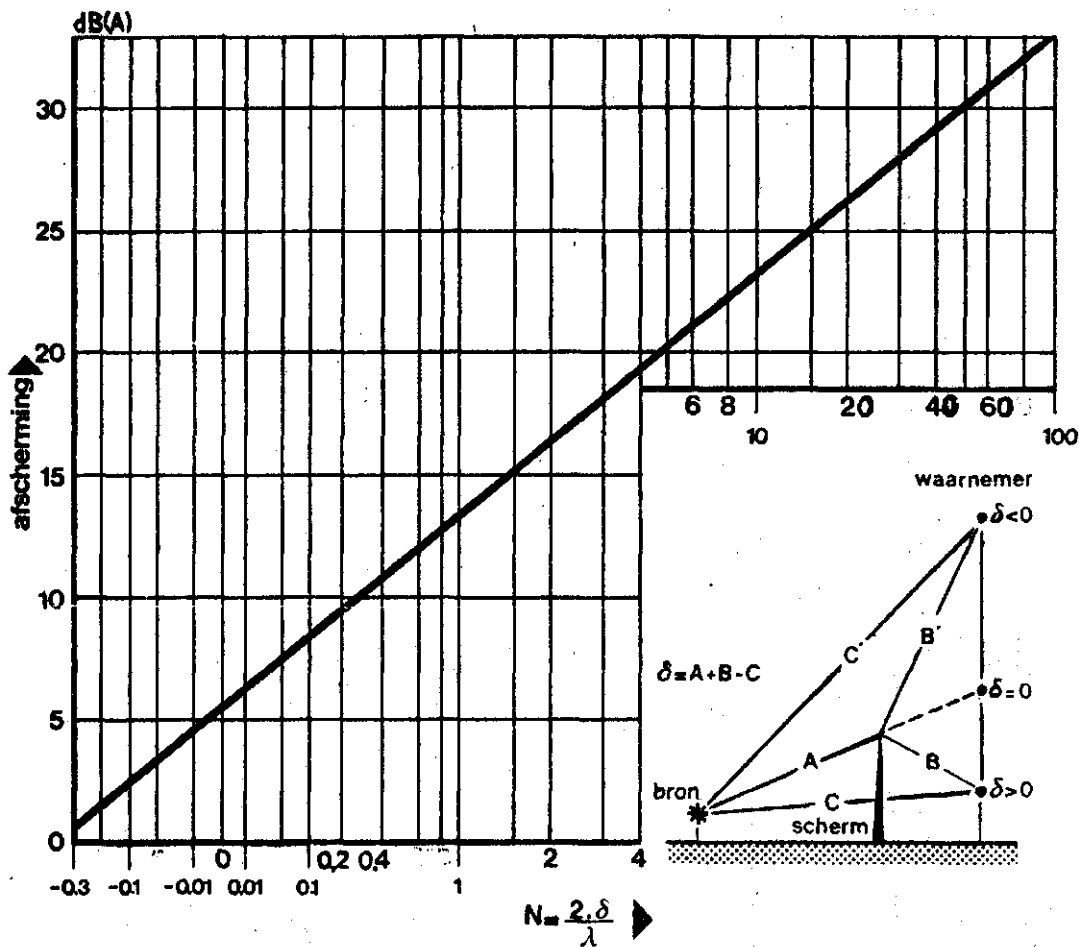


Fig. 28. Het effect van afscherming volgens MAEKAWA (1968)

Uitgangspunt is de omweg die het geluid moet maken. Op de horizontale as van de grafiek zijn verschillende waarden van N uitgezet waarbij:

$$N = \frac{2 \delta}{\lambda} \quad (28)$$

waarin: N = fresnelgetal

δ = schermfactor = omweg die het geluid moet maken in m

λ = golflengte van het geluid in m

Bij waarden $N > 1$ wordt een logaritmische schaal gebruikt. Voor $N < 1$ is de schaal vervormd omdat voor $N \leq 0$ ook reële waarden voor de afscherming moeten worden getekend ($\log 0 = -\infty$!).

Op de verticale as staat het verschil tussen het gemeten geluidsniveau achter een geluidscherm en het geluidsniveau dat men met verwaarlozing van het bodemeffect kan berekenen voor de situatie zonder scherm.

Bij de bepaling van de schermfactor δ zijn 3 gevallen te onderscheiden (zie fig. 28):

$\delta > 0$; de waarnemer bevindt zich in de schaduw van de afscherming:

$$\delta = A + B - C$$

$\delta = 0$; de waarnemer bevindt zich op de grens van de afscherming

$\delta < 0$; de waarnemer bevindt zich niet in de schaduw van de afscherming: $\delta = C' - (A + B')$

Maekawa stelt verder dat bij de berekening ook de door de bodem gereflecteerde akoestische energie meegeteld moet worden. Door hem wordt aangenomen dat de geluidenergie spiegelend wordt gereflecteerd, dus zonder absorptie of diffusie.

Met behulp van metingen tot op 16 m achter het scherm wordt aangetoond dat de methode voldoet. De methode kan ook worden gebruikt voor gebouwen en dijklichamen. RATHÉ (1969) heeft de grafiek van Maekawa wiskundig beschreven:

$$\Delta L = 13 + 10 \log N \quad (N \geq 1) \quad (29)$$

waarin: ΔL = de geluidreductie in dB (A)

N = fresnelgetal (zie (28))

Voorts stelt hij dat ΔL nooit groter zal zijn dan 24 dB, dit is dus voor alle waarden van $N > 12,5$. Voor $N < 1$ neemt ΔL verder af. Het schermeffect is bijvoorbeeld 5 dB voor $N = \delta = 0$, op de laagste zichtlijn.

Rathé wijst er bovendien op dat de frequentie-afhankelijkheid van N een rol speelt bij de demping van een 'normaal' geluid met een breder frequentiespectrum. Formule (28) geldt voor geluid van één golflengte en dus van één frequentie. Door substitutie van (2) in (28) blijkt ook te gelden:

$$N = \frac{2 \delta f}{c} \quad (30)$$

waarin: N = fresnelgetal

δ = schermfactor in m

f = frequentie in Hz

c = geluidsnelheid in m/sec

Door nu voor elke frequentie uit een geluidsspectrum volgens Maekawa de niveauperlagings te bepalen kan het nieuwe spectrum van het verzwakte geluid worden samengesteld.

δ of f kan men als constante kiezen. Bij constante δ ontstaat achter het scherm een 'lijn van gelijke omweg'. Op deze lijn is de verandering van het spectrum constant. Het is dus mogelijk om voor verkeerslawaai (met zeer brede spectra) lijnen van gelijke verzwakking, uitgedrukt in dB (A), achter een geluidscherm met een bepaalde hoogte te tekenen.

OOSTING (1977) heeft een stelsel van polynomen ontwikkeld, waarmee de dempingscurve van Maekawa nog nauwkeuriger dan met (29) wordt benaderd.

Een eenvoudiger, doch veel toegepaste benadering, eveneens door hem afgeleid, luidt:

$$\Delta L = 10 \log(3 + 20 N) \quad (31)$$

waarin: ΔL = de geluidreductie in dB (A)

N = fresnelgetal (zie (28))

FLEISCHER (1970) komt op grond van aanvullend onderzoek tot de volgende conclusies:

- a. Als de bron en waarnemer zich op een afstand kleiner dan 5 m van het scherm bevinden voldoet de grafiek van Maekawa redelijk. De spreiding van de meetcijfers bedraagt ± 3 dB (A).
Op afstanden tussen 5 en 100 m bedraagt deze ± 7 dB (A). Op afstanden groter dan 100 m wordt een spreiding gevonden van ± 15 dB (A). Deze spreiding wordt toegeschreven aan de invloed van de wind- en temperatuurgradiënt.
- b. Wanneer een scherm aan de bronkant bekleed wordt met geluidabsorberend materiaal, treedt aan beide kanten van het scherm een geringe verlaging van het geluidniveau op. (Gemiddeld 1,6 dB (A)).
- c. Voor $N = 0$ treedt een verzwakking op van ca. 4 dB (A).
Voor $N > 100$ zal een limietwaarde worden bereikt van 25 dB (A).
Deze limietwaarde ligt dicht bij die van Rathé (24 dB (A)), welke evenwel reeds wordt bereikt bij $N = 12,5$.

SCHOLES, SALVIDGE en SARGENT (1971, 1972) hebben ook diverse metingen verricht met verschillende schermhoogten, op verschillende afstanden achter het scherm en op verschillende hoogten boven het maaiveld. De bodem was vlak en begroeid met gras. De resultaten van dit onderzoek waren:

- a. de methode van Maekawa voldoet redelijk tot op een afstand van ca. 30 m. Op grotere afstanden werden lagere dempingswaarden gevonden;
- b. de windgradiënt beïnvloedt vooral de overdracht van hoog frequent geluid. Door het plaatsen van een scherm wordt de invloed van de wind minder,
- c. het bodemdempingseffect heeft grote invloed op de schermwerking en is afhankelijk van de hoogte van de bron en waarnemer, de bodemsoort en bodembegroeiing. Indirect is het dus ook afhankelijk van het seizoen,
- d. als het scherm wordt verhoogd treedt er een verschuiving op van het bodemeffect naar lagere frequenties.

Gegevens over het gecombineerde effect van bodem en schermwerking zijn niet universeel toepasbaar omdat de invloed van het bodemeffect

van situatie tot situatie sterk verschilt.

Tot nu toe is alleen gesproken over de reductie van het geluid-niveau van een puntbron voor een scherm. Fig. 29 toont het verloop van de reductie van een puntbron en een lijnbron bij variërende δ (OOSTING, 1977). Uit de grafiek is af te leiden dat de reductie door afscherming wederom naar een bepaalde limietwaarde loopt, ca. 25 dB (A). De beide curven lopen redelijk parallel. De lijnbron blijkt maximaal 3 à 4 dB (A) minder reductie te ondergaan dan de puntbron.

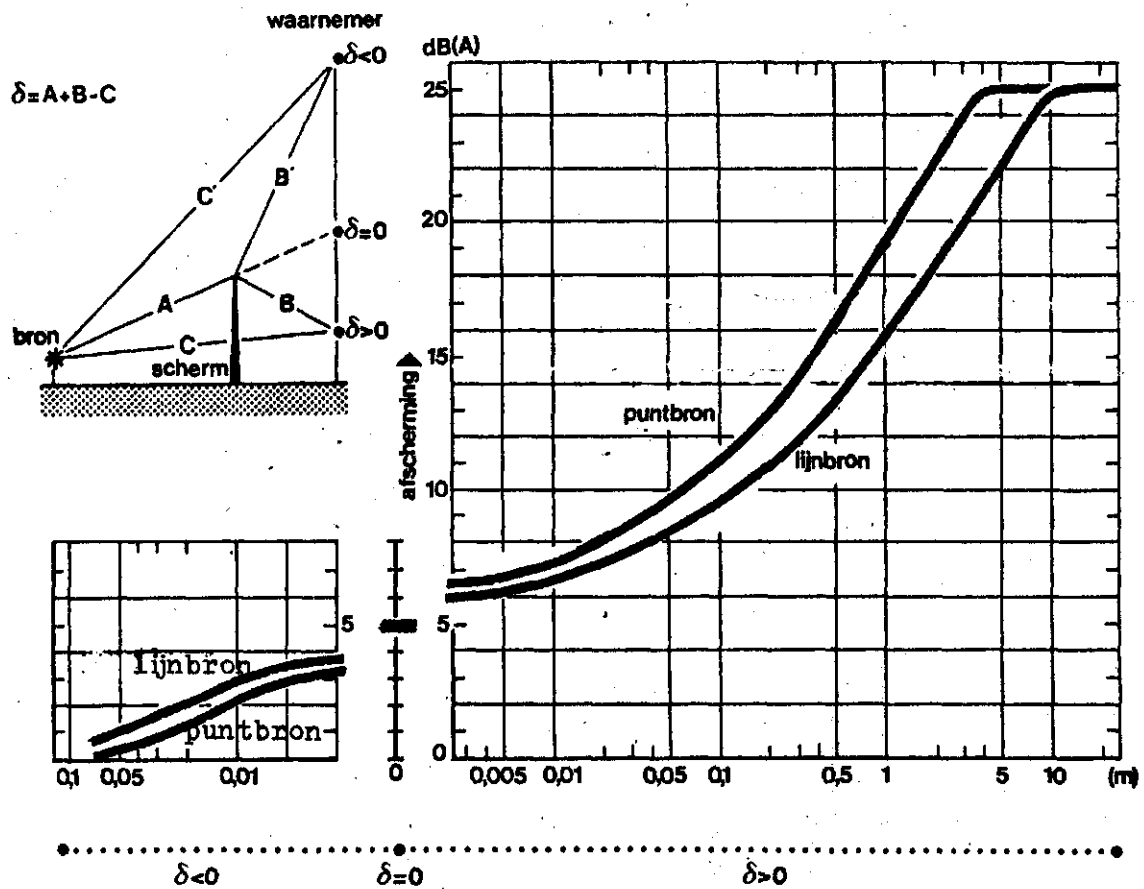


Fig. 29. Het effect van afscherming vergeleken voor een puntbron en een lijnbron (OOSTING, 1977)

Uit het voorgaande overzicht komt naar voren dat de methode van Maekawa verreweg de belangrijkste is. In alle andere onderzoeken wordt van deze methode gebruik gemaakt, vaak om de grafische voorstelling (fig. 28) in één vergelijking of een aantal vergelijkingen uit te drukken. De schermfactor δ speelt bij de afschermingsproblematiek een belangrijke rol, evenals het fresnelgetal N .

Het is mogelijk voorgaande theorieën toe te passen bij het plaatsen van schermen en wallen en ter bepaling van de hoogte daarvan. Over de lengte van het scherm is de literatuur minder duidelijk. Bij het plaatsen van geluidschermen of wallen is het zaak goed materiaal te gebruiken. De afscherming dient in het landschap of de bebouwde omgeving te passen. Praktische uitvoeringen van schermen kunnen onder andere zijn: een 1 tot 2 cm dik houten scherm, een 1 cm dikke asbestplaat of een 1 mm dikke staalplaat. Men dient er rekening mee te houden dat plaatsing van een scherm reflecties kan veroorzaken die elders extra geluidoverlast bezorgen. Een scherm dient in die gevallen zo te worden geplaatst (b.v. onder een hoek) dat de gereflecteerde geluidgolven in gunstige richtingen worden gebogen. Verder kan een scherm, uitgevoerd met geluidabsorberend materiaal, nog een gering positief effect hebben, zowel voor als achter het scherm.

Een scherm in combinatie met andere maatregelen, bijvoorbeeld beplanting, ingraving van de weg, aarden wal en dergelijke verdient in veel gevallen de voorkeur.

Vaak wordt in de praktijk om esthetische redenen een geluidscherm of geluidwal door betrokken bewoners afgewezen. Met een prijsvraag heeft de Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG) willen aantonen dat een geluidscherm of -wal niet per definitie een grauwe betonnen schutting of een kaarsrechte dijk behoeft te zijn. Het resultaat was dat een aantal inzendingen voor de praktijk bruikbaar waren. De praktische bruikbare resultaten van de prijsvraag zijn gepubliceerd (NEDERLANDSE STICHTING GELUIDHINDER, 1980).

8.3.3. Maatregelen door middel van beplanting

In veel situaties, met name langs wegen, is het mogelijk, door het aanbrengen van deugdelijke beplanting een aanzienlijke reductie op het geluidniveau te verkrijgen.

EYRING (1946) heeft een experiment uitgevoerd in de wouden van Panama, hetgeen leidde tot de volgende formule:

$$\Delta L = 20 \log \frac{r_2}{r_1} + d(r_2 - r_1) \quad (32)$$

waarin: ΔL = de verlaging van het geluidniveau in dB (A), door welke oorzaak dan ook, als het geluid zich voortplant van een punt op afstand r_1 van de bron naar een verder gelegen punt op afstand r_2 van de bron

d = dempingsfactor

De eerste term geldt de verlaging van het niveau door intensiteitsverlies als gevolg van de divergentie (verspreiding) van het geluid (zie 8.3.1 sub f). De tweede term brengt het verlies door alle andere dempingsinvloeden in rekening.

Het meest effectief ter demping van het geluid blijkt de toepassing van een regelvormige opbouw van de beplanting. Dit houdt in dat de beplanting aan de kant van de weg een dicht, schuin oplopend bladerdak moet hebben. De dichtheid mag naar de achterzijde wat afnemen, waarna er een open strook (met bodembegroeiing) komt en daar achter de volgende regel (zie fig. 30). Voor een regel dient men

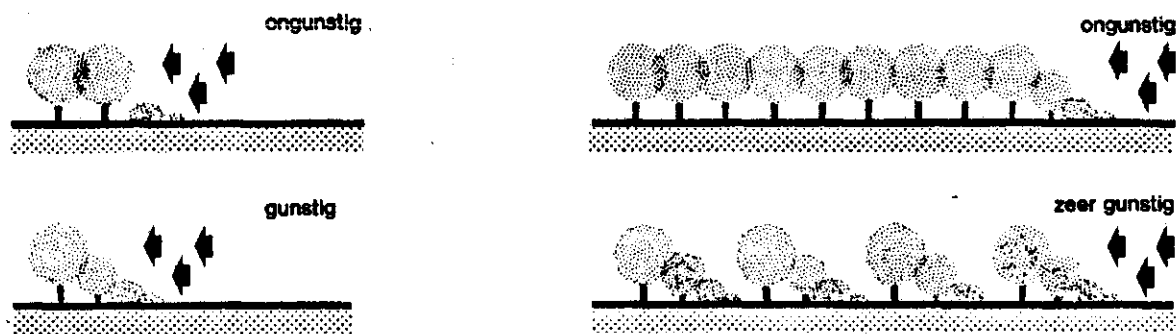


Fig. 30. Regelbeplanting als middel voor geluiddemping
(Uit: OOSTING, 1977)

tenminste 10 m begroeiing en 8 m tussenruimte te reserveren. In een ruimte van 100 m breedte kan men ca. 6 regels plaatsen. De totale

demping als gevolg van deze 6 regels zal dan ongeveer 10 dB (A) zijn in de zomer en 4 dB (A) in de winter (OOSTING, 1977). Het verdient aanbeveling de regelbeplanting over een grote lengte langs de weg aan te brengen, wil men een goede demping tot stand brengen.

MEISTER en RUHRBERG (1959) leggen er de nadruk op dat een goede afscherming slechts kan worden verkregen door een dichte begroeiing. Zij hebben een empirische formule opgesteld die de totale demping geeft door het aanbrengen van regelbeplanting. Deze geeft een kleine uitbreiding aan formule (32) van Eyring:

$$\Delta L = 20 \log \frac{r_2}{r_1} + 1,5 z + d \sum_{n=1}^z B_n \quad (33)$$

waarin: ΔL = totale reductie door afstand en regelbegroeiing in dB (A)

r_2 = afstand bron tot achterzijde achterste regel

r_1 = afstand bron tot voorzijde voorste regel

z = aantal regels

B = regelbreedte in m

d = demping door regelbeplanting in dB (A)/m

Om de voorkant van de regel goed te laten reflecteren, dient de afstand van de geluidbron tot de regel minimaal 2 x de regelhoogte te bedragen. Voor elke reflectie aan een dikke regel kan met een verlaging van het geluidniveau van 1 à 2 dB (A) worden gerekend. Hierop berust de tweede term in formule (33), waarin een gemiddelde verlaging van 1,5 dB (A) per regel is opgenomen.

BECK (1965) heeft de geluidafschermende werking bestudeerd van kunstmatig opgebouwde schermen van echte boombladeren. Er is gemeten voor en achter het bladerdek. Niveauverschillen werden alleen gemeten voor frequenties boven 1000 Hz. Uit de niveauverschillen blijkt, dat vooral de vorm en afmetingen van het blad van belang zijn. De verlaging van het niveau neemt ruwweg toe met de grootte van het oppervlak per boomblad.

Voor bladgrootten tot 40 cm² geeft Beck de volgende formule voor de verlaging van het niveau:

$$\Delta L = \frac{f}{10} \quad (34)$$

waarin: ΔL = verlaging van het geluidniveau in dB (A)
 f = bladoppervlak in cm^2

Bij bladeren met een groter oppervlak wordt een onregelmatig gedrag geconstateerd. Formule (34) blijft evenwel gelden indien verdere bladvergroting gepaard gaat met een evenredige gewichtstoename.

VAN DER TOORN (1975) heeft in Nederland metingen verricht ten einde de demping van geluid in een bos en het reflecterende effect van een bosrand op het invallende geluid te bepalen. Daarbij is uitgegaan van de volgende algemene formule:

$$L = L_o - 10 \log\left(\frac{r}{r_o}\right)^n - d(r - r_o) \quad (35)$$

waarin: L = geluidrukniveau in een waarnemingspunt in dB (A)
 L_o = bekende geluidrukniveau van een puntbron in een referentiepunt P_o in dB (A)
 r = afstand tussen geluidbron en waarnemingspunt in m
 r_o = afstand tussen geluidbron en referentiepunt P_o in m
 n = dempingsfactor ten opzichte van de invloed van afstandsverdubbeling
 d = dempingstactor in dB (A) per m

Indien er geen akoestische energie verloren gaat, is $n = 2$ en $d = 0$, zodat (35) wordt gereduceerd tot de eerder omschreven relatie tussen intensiteit en afstand (ook wel genoemd de $1/r$ -wet) verband houdend met de divergentie van het geluid:

$$L - L_o = - 20 \log\left(\frac{r}{r_o}\right) \quad (36)$$

De waarden van n en d in (35) hangen af van de aard van de demping. Indien de demping gecorreleerd is met afstandsverdubbeling (afstandsverhoudingen), is $n > 2$. Indien een constante demping per lengte-eenheid optreedt, is $d > 0$ en treedt de derde term van (35) in werking.

De waarden van n en d waarbij de gemeten geluidniveauverschillen $L - L_0$ het beste door (35) worden beschreven, zijn door middel van regressie (methode der kleinste kwadraten) bepaald.

Voorts zijn metingen verricht met betrekking tot de reflectie van een bosrand. De rand van het bos kan worden beschouwd als een vlak. Een deel van de invallende geluidenergie wordt er door teruggekaatst (I_ρ) en een deel wordt door de bosrand doorgelaten (I_t). ρ wordt de reflectiecoëfficiënt genoemd, t de transmissiecoëfficiënt. In het vlak zelf gaat geen akoestische energie verloren ($\rho + t = 1$). De verzwakking van het geluid door de reflecterende werking van de bosrand kan worden berekend uit (vgl. formule (9) in 2.8):

$$\Delta L_t = 10 \log(t) \quad (37)$$

waarin: ΔL_t = verzwakking van het geluid door de reflecterende werking van de bosrand in dB (A)

t = transmissiecoëfficiënt

ΔL_t kan dus worden berekend als t of ρ bekend is. Beide grootheden zijn uit metingen voor en achter de bosrand afgeleid.

De frequentie-afhankelijkheid van demping en reflectie werd onderzocht door van het meetsignaal van elk meetpunt het spectrum te bepalen. Uit de verschillen tussen de gemeten spectra volgt demping en reflectie per frequentie. Om een goede indruk te krijgen van het verloop van het geluiddrukkniveau in een bos dient op een aantal punten gemeten te worden. Hierbij moet rekening worden gehouden met de inhomogeniteit van een bos. De onderlinge afstanden moeten ook niet te klein worden gekozen in verband met open plekken of andere toevalligheden.

De meetmethode is in de praktijk toegepast in een bij Rijksweg 4 (Den Haag-Amsterdam) gelegen populierenbos. Ten eerste zijn de dempingsfactoren n en d bepaald door regressie met behulp van formule (35).

Bovendien heeft men ΔL_t berekend.

Fig. 31 geeft L_{eq} -niveaus voor zomer en winter in 3 verschillende situaties weer, als voorbeelden ter illustratie van de gevonden resultaten.

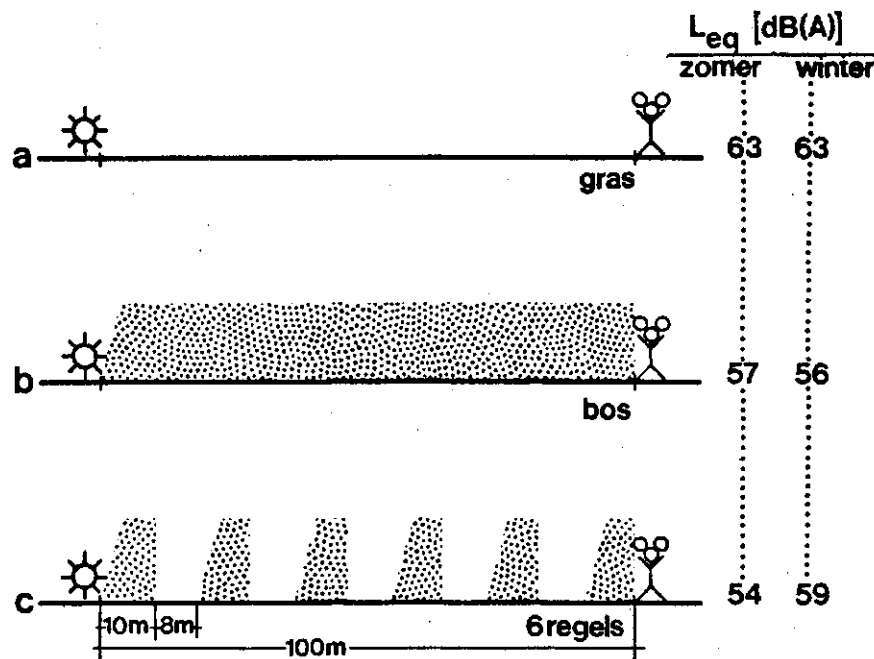


Fig. 31. Het equivalente geluidniveau L_{eq} gedurende zomer en winter voor een waarnemer op 100 m van een autosnelweg met 2000 mvt/uur, waarvan 15% vrachtauto's, bij voortplanting

- over grasland
- door een bos en
- door een regelbeplanting (Uit: VAN DER TOORN, 1975)

Hierin is opmerkelijk dat een bos in de winter, in tegenstelling tot wat men zou verwachten, niet minder dempt dan in de zomer. Dit wordt door metingen van andere onderzoekers bevestigd.

De conclusies van dit onderzoek waren:

- De in het bos gemeten demping kan worden beschreven met de dempingsfactor d (dB (A) per m). De dempingsfactor d bedroeg 0,05 à 0,08 dB (A)/m. Dit stemt redelijk overeen met uitkomsten in andere literatuur.
- In de zomer bedraagt ΔL_t ongeveer 1 dB (A); 's winters is deze verwaarloosbaar.
- De bodem van het bos en daarmee de geometrie van de situatie zijn van groot belang voor de demping.
- De toegepaste meetmethode voldoet goed (VAN DER TOORN, 1975).

Een beplanting ter vermindering van het geluidniveau geeft niet altijd het gewenste akoestische effect. Het psychologisch effect echter is veelal aanzienlijk; het zich afgeschermd voelen doet bij veel bewoners de klachten over geluidhinder afnemen.

8.3.4. Maatregelen in de planologische en stedenbouwkundige sfeer

De belangrijkste maatregelen die genomen kunnen worden in de planologische sfeer zijn het toepassen van een zoneringssysteem (zie 6.3.3) en het aanwijzen van stiltegebieden (zie 6.3.4) beide te effectueren in streekplannen, bestemmingsplannen en verordeningen. De stiltegebieden kunnen een belangrijke rol gaan spelen in de planvorming (zie ook hfdst. 7).

Om tot een aanwijzing van een stiltegebied te komen moet eerst een grove inventarisatie plaatsvinden van de bronnen die zich bevinden in een eventueel stiltegebied. Uit de inventarisatie vloeit een geluidkartering voort. Daarna vindt een meer gedetailleerde inventarisatie plaats naar bijvoorbeeld: woningen, bedrijven, landbouwbronnen, vliegawaai, verkeersaantrekkende objecten.

Bij het bestemmen van gronden moet worden nagegaan, of de afstand tussen bebouwing en bestaande of geprojecteerde wegen voldoende groot is om een aanvaardbare geluidbelasting van de bebouwing te krijgen. Hetzelfde geldt voor het plannen van industrieterreinen en vliegvelden. Het streekplan, maar vooral het bestemmingsplan zijn hiervoor de juiste instrumenten.

Bij de stedenbouwkundige en architectonische uitwerking van deze ruimtelijke plannen is de akoestiek een belangrijke factor en kan veel geluidhinder direct worden voorkomen in plaats van met minder sympathieke en kostbaarder maatregelen, zoals beschreven in de voorgaande paragrafen.

Door de situering van gebouwen ten opzichte van elkaar en van geluidproducerende bronnen kunnen zowel geluidreducties als geluidniveauverhogingen plaatsvinden. Zijn de gebouwen verkeerd geplaatst, dan treden reflecties op waardoor de geluidssituatie verslechterd wordt. De verkaveling is dus belangrijk.

Zogenaamde bufferzones kunnen gecreëerd worden door ter afscherming van woonbuurten, minder geluidgevoelige gebouwen langs wegen of

langs andere geluidprocucerende objecten te plaatsen, zoals winkels, kantoren en bedrijven. Fig. 32 geeft, zéér schematisch, een aantal verkavelingsvormen met het globale invloedsgebied van het geluid van een verkeersweg.

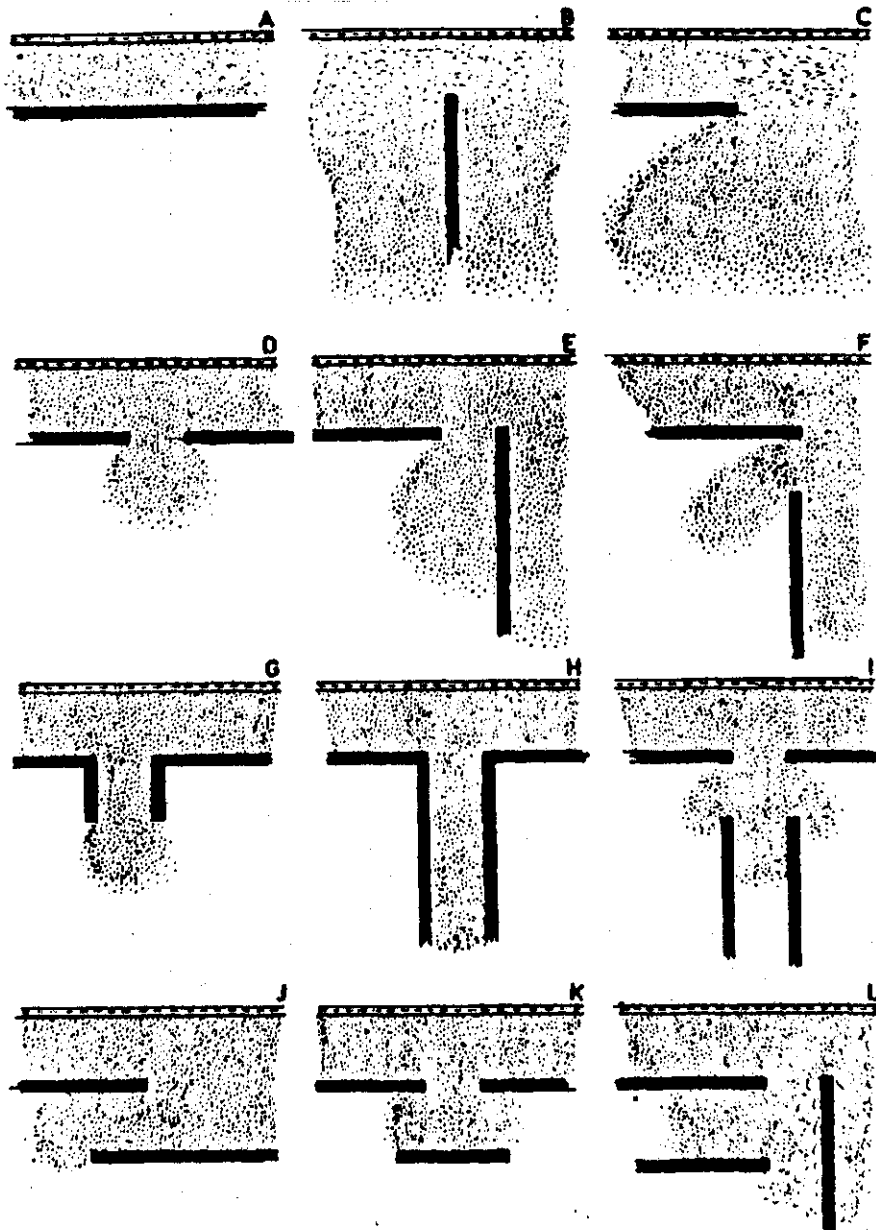


Fig. 32. Verkavelingen met de verschillende invloedsgebieden van wegverkeerslawaai (schematisch)

Uit de figuur blijkt dat verkavelingswijzen evenwijdig aan de weg een minder groot invloedsgebied creëren dan die loodrecht op de weg. Labyrintachtige constructies (J en K) hebben ook een goede schermwerking.

Een andere schematische vergelijking van verkavelingsprincipes toont fig. 33. Hieruit blijkt dat in één opzicht verkaveling A1 beter is dan de overige; er komen geen woningen in voor die aan één der gevels een geluidniveau hebben van meer dan 60 dB (A).

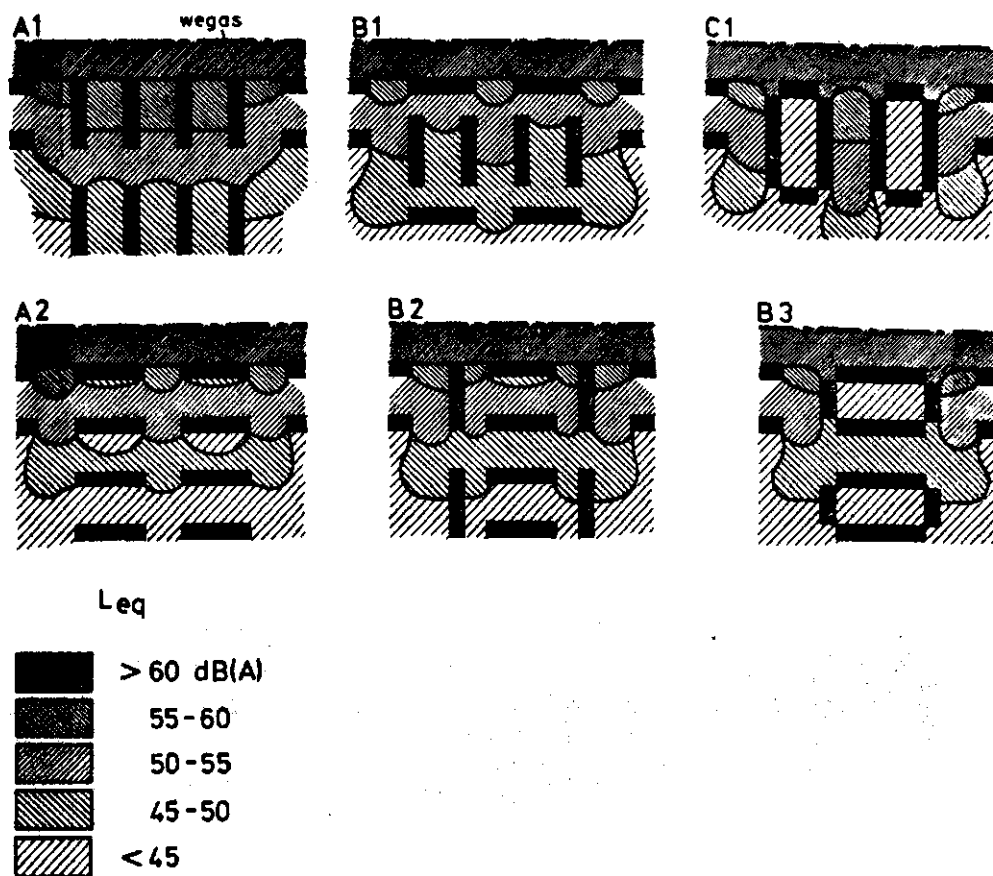


Fig. 33. Geluidbelastingpatronen langs een wijkontsluitingsweg bij diverse verkavelingsprincipes (Uit: NIJS, 1978)

Alle andere verkavelingen hebben een bouwstrook evenwijdig aan de weg waar door reflectie tegen de gevel een geluidniveau van 63 dB (A) heerst. Een groot nadeel van verkaveling A1 is dat de woningen geen 'stillere' zijde hebben. Bij de andere verkavelingen is dat wel het geval. De verkavelingen A2, B2 en C2 zijn beter dan respectievelijk A1, B1 en C1. Dit verschil wordt veroorzaakt door het aantal openingen, zijstraten, naar de weg. Verkeerslawaaï kan in het algemeen worden bestreden door het toepassen van een grofmazig weg-systeem en het bouwen van lange gesloten bouwmassa's (randbebouwing) langs de weg (NIJS, 1978).

De afstand tussen de weg en de bebouwing is uiteraard een belangrijk punt. Bij een afstandsverdubbeling neemt het geluidniveau af met 3 dB (A). Aan de stillere zijden van gebouwen heeft men de mogelijkheid, geluidgevoelige ruimten te situeren zoals woon- en slaapkamers. Het situeren van tuinen aan de stillere zijden behoort eveneens tot de mogelijkheden.

Vaak nemen ontwerpers intuïtief aan dat bepaalde gebouwen be-
sluit niet bij drukke wegen mogen staan. Daarbij denkt men aan scholen, ziekenhuizen, bejaardencentra etc. Dergelijke gebouwen lenen zich echter beter voor plaatsing dichtbij een drukke weg dan woningcomplexen, omdat dit soort bijzondere gebouwen zich leent voor gemeenschappelijke luchtbehandelingssystemen die het mogelijk maken dichte, goed isolerende gevels toe te passen. Bovendien is het goed mogelijk om in dergelijke gebouwen aan de geluidzijde gangen en andere ongevoelige ruimten te projecteren (OOSTING, 1977). Het is uiteraard wel zo dat bewoners van dergelijke gebouwen meer geluidgevoelig zijn, dit geldt vooral voor bejaarden. Het is daarom belangrijk deze gebouwen niet alleen als lawaaïscherm te laten fungeren, maar tevens de grenswaarden voor het binnengeluid streng na te leven. In het landelijk gebied is het mogelijk om tuinbouwkassen als geluidwerende objecten te benutten langs autosnelwegen (KORBEE e.a., 1979). Boerderijsituering zal niet zo'n belangrijke rol spelen, gegeven de extensieve bebouwing van het landelijk gebied. Wel is gewenst dat de hinder van bepaalde lawaaïproducerende bronnen, zoals ventilatoren, door middel van gunstige plaatsing (b.v. inbouwing d.m.v. situering schuren) beter in de hand wordt gehouden.

Een oplossing die tenslotte nog effect kan hebben is het bouwen in aangepaste architectuur langs verkeerswegen, waarbij ook de indeling van de woning wordt betrokken. Fig. 34 geeft hiervan een aantal voorbeelden.

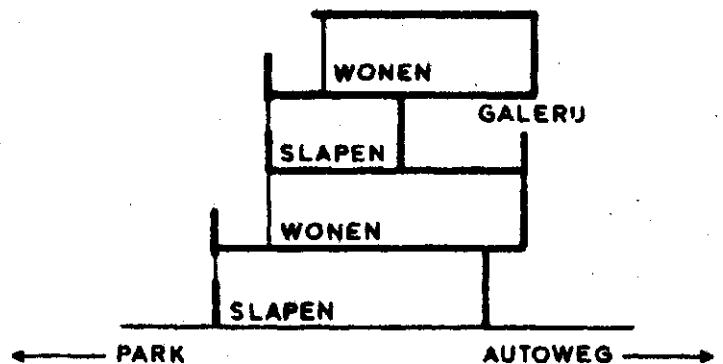
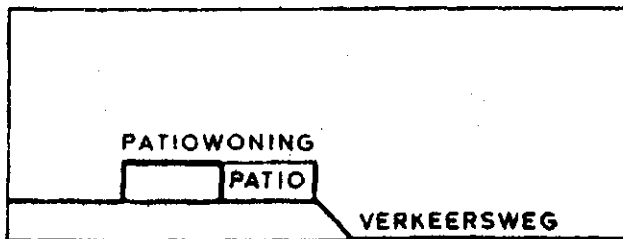
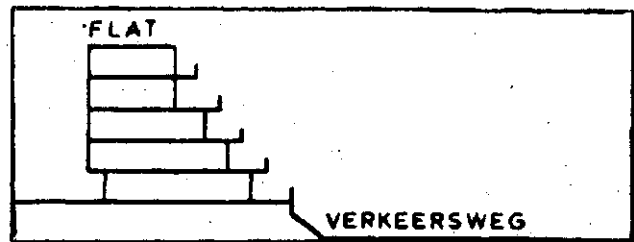
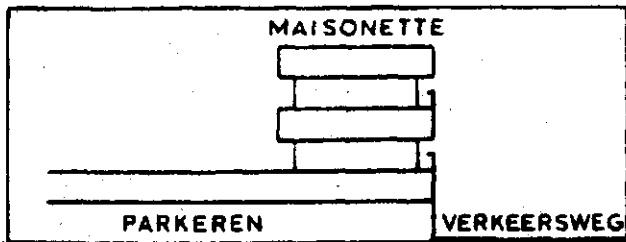


Fig. 34. Voorbeelden van aangepaste bebouwing langs verkeerswegen
(Uit: GREATER LONDON COUNCIL, 1966; STEPHENSON en VULKAN, 1967)

8.3.5. Maatregelen in de verkeerstechnische en verkeerskundige sfeer

Om tot lagere geluidbelastingen te komen kan men ten aanzien van verkeerssituaties een tweedeling maken met betrekking tot de ingreep die men voor ogen heeft (vgl. WESSELS en ROOKS, 1976):

- Verkeerstechnische maatregelen: ingrepen in de verkeerssituatie ter plaatse zonder belangrijke gevolgen voor de ruime omgeving (b.v. snelheidslimiet).
- Verkeerskundige maatregelen: ingrepen in de verkeerssituatie, welke belangrijke gevolgen hebben voor de ruimere omgeving (b.v. omleiding verkeersstromen).

a. Verkeerstechnische maatregelen

Met dit soort ingrepen kan men vaak al een belangrijke reductie verkrijgen op het heersende geluidniveau. Men denke bijvoorbeeld aan het invoeren van een snelheidsbeperking. Zoals bekend levert een snelheidsverdubbeling (tussen 50 en 120 km/uur) een verhoging van het geluidniveau met maar liefst 5 à 6 dB. Een snelheidsbeperking zal veelal op wegen moeten worden ingevoerd die door stedelijke gebieden voeren (stadsautosnelwegen of stadsautowegen). Bevordering van de doorstroming van het verkeer kan ook een manier zijn om de geluidproblematiek aan te pakken. De doorstroming is te bevorderen door het aanbrengen van 'groene golven' in verkeerslichtenregelingen. Men zal daardoor minder hinder ondervinden van het optrekken en afremmen van de voertuigen. Een nadeel van deze oplossing is, dat de gemiddelde snelheid van de voertuigen wordt verhoogd. Dit kan weer extra lawaai opleveren en tevens werkt het uit oogpunt van verkeersveiligheid negatief.

Bij het ontwerpen van wegen moet worden vermeden dat al te scherpe bochten worden geprojecteerd. Dit geldt eveneens voor hellingen in nog aan te leggen tracé's. Hellingen kunnen een verhoging van het geluidniveau bewerkstelligen. Boven de 70 km/uur gaat bij een motorvoertuig het bandenlawaai overheersen; een 'lawaai-bewuste' wegdekkeuze is daarom belangrijk. Bepaalde wegdekken kunnen een enorme verhoging van het geluidniveau teweeg brengen (b.v. klinkerbestrating).

Het veranderen van voorrangsregelingen kan een positieve invloed hebben op het geluidniveau. In feite kan dit de doorstroming ook weer bevorderen. Reconstructie van kruispunten kan ook een middel zijn om de doorstroming te bevorderen, dus het geluidniveau te reduceren. De aantakkingen op een kruising kunnen bijvoorbeeld beter stapsgewijs op elkaar worden aangesloten (fig. 35). Uiteraard verdient in dat geval de verkeersveiligheid speciale aandacht.

Autowegen of autosnelwegen kunnen in een ingraving of op een op-hoging worden gelegd. Hieraan zijn natuurlijk voor- en nadelen verbonden. Men ontkomt er vaak niet aan deze twee oplossingen in combinatie met andere maatregelen (b.v. schermen, wallen, beplanting) aan te brengen.

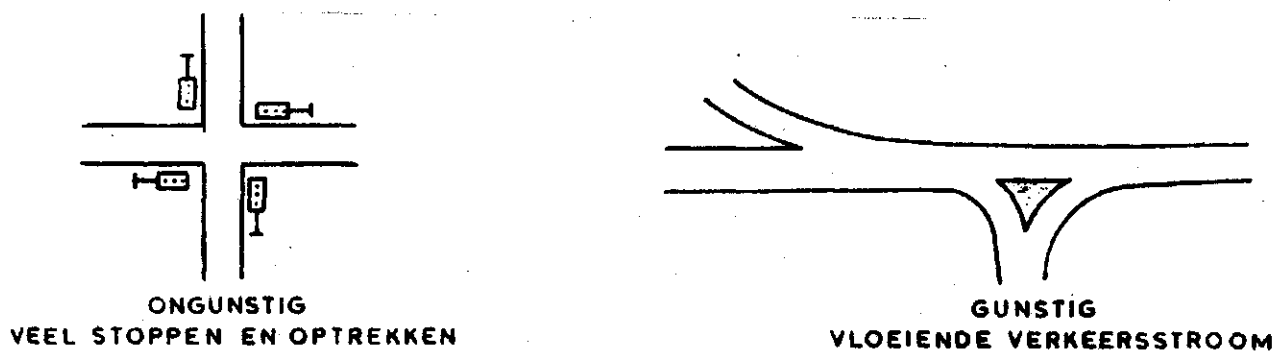


Fig. 35. Voorbeeld van een kruispuntreconstructie ten gunste van geluidreductie (Uit: REICHOV, 1963)

b. Verkeerskundige maatregelen

Een structurele verkeerskundige ingreep zal veelal moeilijker zijn te realiseren dan een verkeerstechnische ingreep, omdat men doorgaans te maken heeft met een samenspel van de ruimtelijke ordening met allerlei maatregelen die het verkeersbeeld op een bepaalde plaats bepalen. Een zeer rigoreuze ingreep is een VCP (Verkeers Circulatie Plan). Een onderdeel van zo'n plan kan zijn dat men bepaalde gebieden wil ontdoen van verkeerslawaai, door verkeersstromen uit het gebied te halen en te concentreren op wegen buiten het bedoelde gebied. Een nadeel hiervan is, dat door concentratie van verkeer op één of meerdere wegen, het geluidniveau daar weer stijgt. Een interessant voorbeeld vindt men in het VCP Groningen. Het is gebleken dat in het centrum, waar men de auto minder bewegingsvrijheid heeft gegeven, het geluidniveau is afgenomen met gemiddeld 2 à 3 dB (A). Op sommige plaatsen is zelfs een afname geconstateerd van 10 dB (A). Op plaatsen waarop men het verkeer nu geconcentreerd heeft is het geluidniveau enigszins gestegen. Met deze maatregelen creëert men een meer leefbare binnenstad, waar typische verblijfsactiviteiten zich beter kunnen ontplooiën. Een VCP kan dus een middel zijn om het geluidniveau in bepaalde gebieden te verminderen.

Het moet ook mogelijk zijn VCP's voor landelijke gebieden te ont-

werpen. Het creëren van verkeersluwe gebieden maakt het mogelijk het doorgaande verkeer uit die gebieden te weren. Hierdoor zal alleen het bestemmingsverkeer de gebieden kunnen bereiken. Verkeersluwe gebieden zijn te verwezenlijken door het nemen van bijvoorbeeld fysieke verkeerstechnische maatregelen (aansluitingen blokkeren, hoge drempels aanbrengen etc.) of minder harde maatregelen zoals het instellen van éénrichtingverkeer en afslagverboden, zodat ook sluiproutes kunnen worden opgeheven.

De herinrichting van landelijke gebieden is een middel om te hoge geluidniveaus te weren. De wegenstructuur in de te ontwerpen landinrichtingsplannen kan een belangrijke rol spelen. Het tot stand brengen van een duidelijke weghiërarchie (ook voor de weggebruiker) beperkt zich niet tot de hoofdwegenstructuur. Ook een juiste keuze van de ontsluitingsstructuur van woongebieden of landbouwareaal in samenhang met de locatie van verkeersaantrekkende functies biedt mogelijkheden voor de beheersing van de verkeersomvang en daarmee van de geluidbelasting (KIVI, 1980).

Fig. 36 geeft een aantal principes van ontsluitingsstructuren, alle met een min of meer duidelijk hiërarchie.

Het vrachtverkeer heeft een groot aandeel in de produktie van verkeerslawaaï. Een groot probleem is dat het vrachtverkeer vaak dwars door stedelijke centra of dorpen moet om zijn bestemming te bereiken. Om het zware doorgaande verkeer te weren uit stadscentra en dorpskernen dienen er routes te komen die het zware verkeer omleiden. Busverkeer draagt ook een grote bijdrage aan het verkeerslawaaï. Het is echter moeilijker om voor deze categorie alternatieve routes te vinden. Ingrijpen in de lijnvoering kan ongewenst zijn, met het oog op de bereikbaarheid van halteplaatsen en dus op de vervoersprestatie. Het is uiteraard mogelijk het openbaar vervoer te stimuleren ter vermindering van het gemotoriseerd verkeer. Dit geldt eveneens voor het langzaam verkeer. Wil men met dit laatste ernst maken, dan zal men moeten zorgen voor een dicht net van infrastructurele voorzieningen die op die vervoerswijzen zijn afgestemd. Een evenzeer belangrijk punt hierbij is, dat men de mentaliteit van het publiek zou moeten veranderen. Dat gaat niet zo makkelijk. Een redelijk eenvoudige

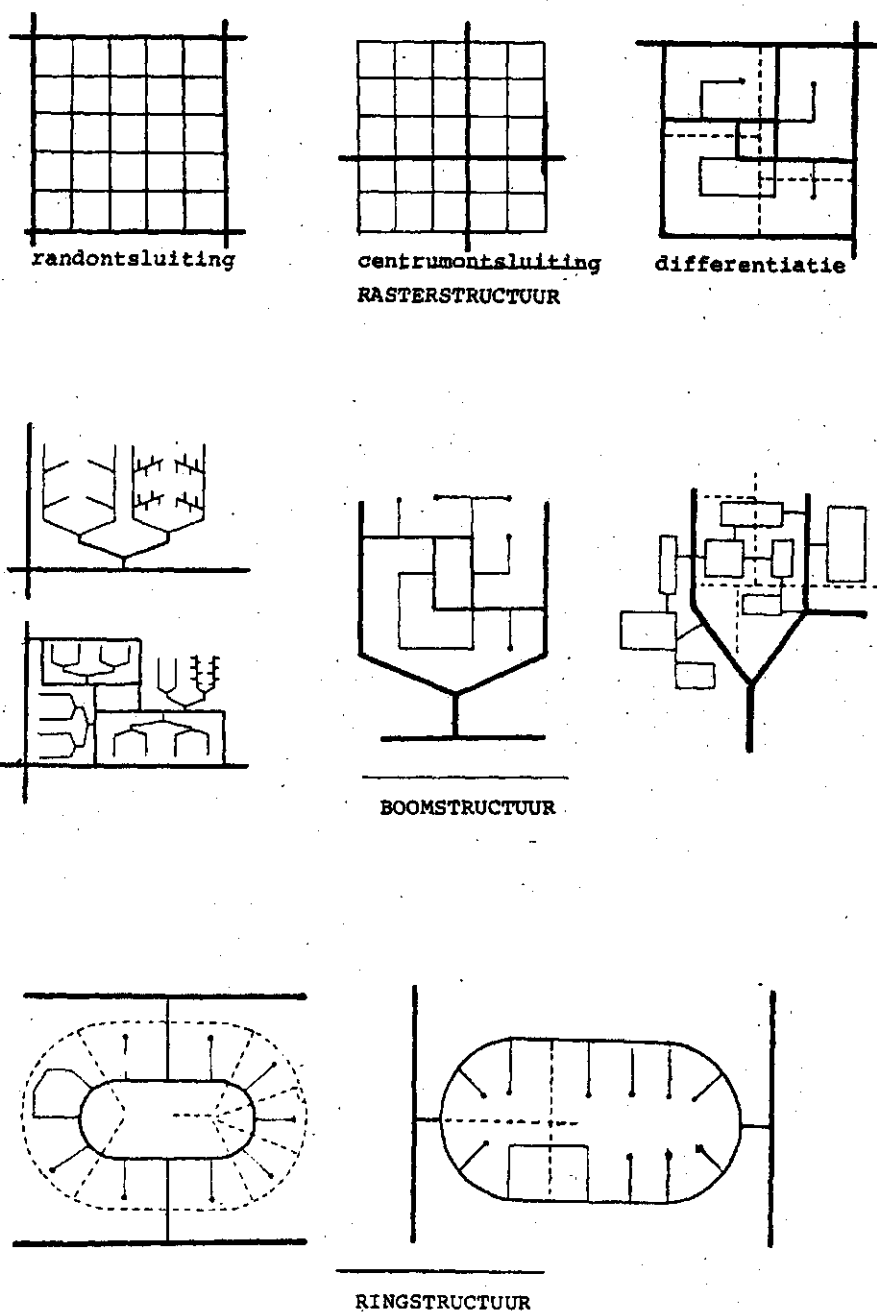


Fig. 36. Principes van ontsluitingsstructuren
(Uit: WESSELS en ROOKS, 1976)

maatregel ter stimulering van het voet-fietsverkeer is het scheiden van verkeerssoorten. Direct verandert men daarmee het dwarsprofiel van de weg. Minder ruimte voor de auto, meer ruimte voor andere vervoerswijzen. Dit impliceert ook dat het geluidniveau gereduceerd wordt. Terugdringen van de suburbanisatie kan een

middel zijn om de intensiteit van het interlocale verkeer omlaag te brengen. Men tracht namelijk de afstand tussen wonen en werken te beperken (Verstedelijkingsnota). Zo zijn er legio verkeersplanologische maatregelen die het geluidniveau kunnen verminderen. De moeilijkheid daarbij is, dat deze veelal niet op korte termijn realiseerbaar zijn.

8.4. M a a t r e g e l e n b i j d e o n t v a n g e r

Hierover kunnen wij kort zijn. Door het toepassen van isolatie kan het geluidniveau dat binnenshuis heerst aanzienlijk worden verminderd. Dubbele ramen, dichte kieren, aangepaste plinten en isolatie in muren worden al op grote schaal toegepast. Tabel 19 geeft enkele reductiewaarden in dB (A) bij verschillende soorten beglazing.

Tabel 19. Geluidreductie door enkele soorten beglazingen c.a. voor glasvlakken // wegas* volgens formule (38); uitsluitend voor niet door afschermingen, beplantingen en dergelijke wat betreft spectrum vervormd verkeersgeluid (OOSTING, 1977)

Soort beglazing	Geluidreductie R' in dB (A)
raam geheel open	0
kierend gesloten, enkel glas 4 mm	20
hermetisch gesloten, enkel glas 4 tot 6 mm	25
hermetisch gesloten, enkel glas 8 tot 10 mm	30
prefab dubbel glas	25 - 35
dubbel glas (2 x 4 mm), 4 tot 8 cm spouw	30
bijzondere constructies	35 - 40

*bij glasvlakken | wegas de in de tabel gegeven waarden met 3 dB (A) te verminderen

Voor het bepalen van het geluidniveau binnen bij een gegeven inval-lend geluid en een gegeven gevelconstructie gaat men in principe uit van de formule (zie fig. 37):

$$L_{bi} = L_{bu} - R_{\alpha} + 10 \log \frac{4 S (\cos \alpha)}{A} \quad (38)$$

- waarin: L_{bi} = geluiddrukniveau binnen in dB (A)
 L_{bu} = geluiddrukniveau buiten van het onder een hoek α met de normaal invallend geluid in dB (A)
 R_{α} = geluidisolatie van de constructie bij onder een hoek α met de normaal invallend geluid in dB (A)
 S = oppervlakte van de constructie in m^2
 A = geluidabsorptie binnen in m^2

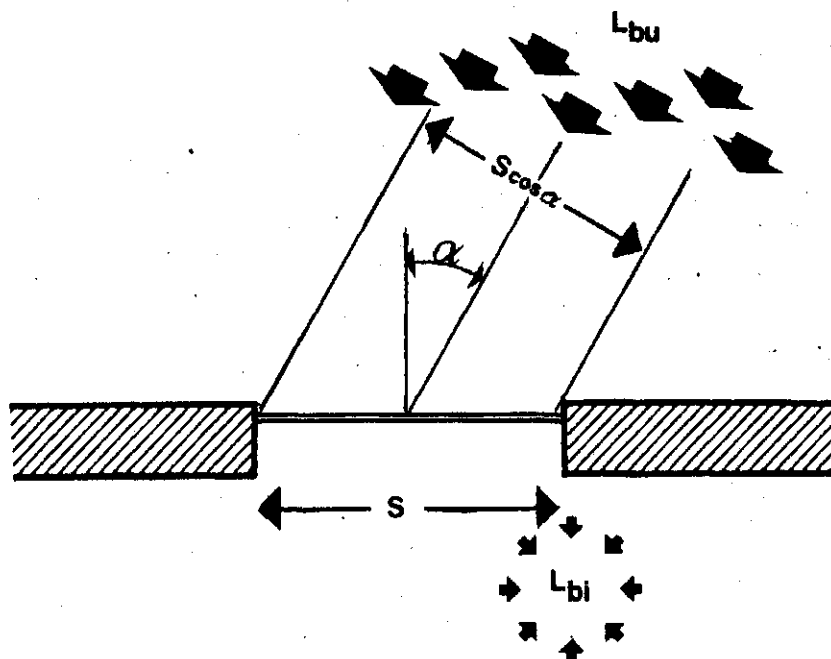


Fig. 37. De diverse parameters in formule (38)

De parameters L_{bu} , R en A zijn frequentie-afhankelijk, zodat de bewerking dient te geschieden in afzonderlijke frequentiebanden. De formule geldt voor in één richting invallend geluid. Bij verkeer is hiervan meestal geen sprake. In vele gevallen dient de berekening afzonderlijk te worden opgezet voor verschillende onderdelen van constructies, die een verschillende geluidisolatie en oppervlakte hebben.

De op deze wijze gevonden afzonderlijke waarden van L_{bi} voor de verschillende onderdelen worden tenslotte gesommeerd (zie 2.10, formule (11)) tot de totale waarde van L_{bi} .

Voor gemiddelde omstandigheden kan worden aangenomen dat het geluid loodrecht invalt, zodat formule (38) overgaat in:

$$L_{bi} = L_{bu} - R' + 10 \log \frac{4 S}{A} \quad (39)$$

Voorwaarde bij deze formule is dat het geluid niet uit één richting komt en dat het spectrum ervan 'normaal' is, dat wil zeggen niet vertekend door belangrijke effecten zoals bodem, begroeiing, afscherming en dergelijke. R' kan uit tabel 19 worden afgelezen (OOSTING, 1977).

9. LITERATUUR

9.1. Gebruikte literatuur

- ADDICKS, J., 1980. Mondelinge mededeling. Provinciale Waterstaat Zuid-Holland, Den Haag.
- AKVELD, F. en H. VAN HOUDT, 1980. Mondelinge mededeling; scriptie in voorbereiding. LH, Vakgroep Luchtverontreiniging en Gezondheidsleer, Wageningen.
- AUBREE, D., S. AUZO en J.M. RAPIN, 1973. Le bruit des rues et la gêne exprimée par les riverains. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, cahier 1174. Paris.
- BACELON, M., 1967. La gêne due au bruit de la circulation automobile; une enquête auprès de riverains d'autoroutes. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, cahier 762. Paris.
- BECK, G., 1965. Untersuchung über Planungsgrundlagen für eine Lärmbekämpfung im Freiraum mit Experimenten zum artspezifischen Lärminderungsvermögen verschiedener Baum- und Straucharten. Dissertatie Technische Universität Berlin.
- BERENDSE, J., 1980. Mondelinge Mededeling; publicatie in voorbereiding. Rijksuniversiteit Utrecht, afdeling Landschapsecologie en Natuurbeheer.
- BITTER, C. en A.A. JURRIENS, 1975. Enquêtes naar de geluidhinder door wegverkeer. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek, TNO, Delft. ICG-rapport VL-DR-17-02.
- J.P. KAPER en W.A.H. PINKSE, 1978. Beleving geluidwerende voorzieningen in de woonsituatie langs Rijksweg 16 in Dordrecht. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek, TNO, Delft. ICG-rapport VL-DR-14-01.
- BOUTERSE, M.C.G., 1973. Invloed van lawaai op fauna. Doctoraalstudie Bosbouw LH, Afd. Natuurbeheer, verslag nr 144, Wageningen.
- BRUCKMAYER, F. en J. LANG, 1967. Störung der Bevölkerung durch Verkehrslärm, Wenen.
- CLOE, C.H. DE, 1979. Waarom de Wet Geluidhinder de stedelijke samenleving hindert. Bouw nr 11, pp 82-84.
- ELDRED, K.M., 1974. Assessment of community noise. Noise control engineering 3, 88.

- EYRING, C.F., 1946. Jungle Acoustics. Journ. Acoust. Soc. Am. 18, pp 257-270.
- FLEISHER, F., 1970. Zur Anwendung von Schallschirmen. Lärmbekämpfung 14-6, pp 131-136.
- GREATER LONDON COUNCIL, 1966. Traffic Noise. London.
- GRIFFITHS, J.D. en F.J. LANGDON, 1968. Subjective response to road traffic noise. Building Research Station.
- HTS-LEEWARDEN, z.j. Dictaat Geluid.
- z.j.-2. Geluidshinder van wegverkeer in woonwijken.
- JURRIËNS, A.A., 1977. Onderzoek naar de lawaaigevoeligheid voor wegverkeerslawaaï van verschillende bestemmingen. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek, TNO, Delft. ICG-rapport VL-HR-16-01.
- KIVI (Koninklijk Instituut van Ingenieurs), 1980. Wegverkeerslawaaï, wat kan de verkeerskundige eraan doen. Syllabus, Symposium Verkeer en Wet Geluidhinder, Utrecht.
- KLEINHOONTE VAN OS, G.J., 1975. Beoordelingssysteem voor de geluidhinder door wegverkeer. Technisch-Physische Dienst TNO/TH, Delft. ICG-rapport VL-HR-17-01.
- en B. STEENBRUGGE, 1977. Beoordelingssysteem voor de hinder door industrielawaaï. TPD-TNO/TH. Rapport 620-732, Delft.
- en G. GERRETSEN, 1978. Karakterisering en beoordeling van industrielawaaï - voorstudie. TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport IL-HR-09-01.
- KNIPSCHILD, P.G., 1976. Medische gevolgen van vliegtuiglawaai. Proefschrift Coronel Laboratorium, Amsterdam.
- KORBEE, H., B. SMOLDERS en F. STOFBERG, 1979. Milieu voorop bij uitwerking van een globaal bestemmingsplan. Bouw 22; pp 39-42.
- KOSTEN, C.W., 1965. Bouwfysica. TH-Delft.
- KRANENDONK, F., 1973. Akoestische eigenschappen van geluidschermen (literatuurstudie). ICG-rapport VL-05-01.
- KUIPER, J., 1980. Prijsvraag geluidschermen en geluidwallen. Geluid en Omgeving 1, pp 5-8.
- LANGDON, F.J. en W.E. SCHOLES, 1968. Traffic Noise Index, a method of controlling noise nuisance. Building Research Station.

- LEE, J.A.M. VAN DER, 1980. Voorlopig Indicatief Meerjaren Programma Geluid 1980-1984 en openluchtrecreatie. Recreatievoorzieningen 2, pp 59-62.
- MAEKAWA, Z., 1968. Noise reductions by screens. Applied Acoustics 1, pp 157-173.
- MANTJE, A., 1980. Mondelinge mededeling, Dienst Gemeentewerken Apeldoorn, afd. Hinderwet- en Milieuzaken.
- MARING, J., 1979. Lawaaibestrijding in de landbouw. IMAG-Publikatie 128. Wageningen
- 1980. Landbouw en de Wet Geluidhinder. Landbouwk. Tijdschr./pt 92-9, pp 335-358.
- MEISTER, F.J. en W. RUHRBERG, 1959. Der Einfluss von Grünanlagen auf die Ausbreitung von Geräuschen. Lärmbekämpfung 3, pp. 5-11.
- MEMPHIS STATE UNIVERSITY, 1971. Effects of noise on wildlife and other animals. U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C.
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1979. Circulaire Industrielawaai, Den Haag.
- 1979. Circulaire Spoorweglawaai, Den Haag.
- 1979. Samenvatting van de Wet Geluidhinder, Den Haag.
- 1980. Circulaire Stiltegebieden, Den Haag.
- MOERKERKEN, A., 1975. De invloed van grondabsorptie op de geluidvoortplanting boven een bodem. Technisch-Physische Dienst TNO/TH., rapport 507.268/2, Delft. ICG-rapport VL-DR-21-02.
- MOREIRA, N.M. en M.E. BRYAN, 1972. Noise annoyance susceptibility. Journal of Sound and Vibration 21-4, pp 449-462.
- NOORT, R.B.J.C. VAN en W.A. OOSTING, 1973. Verkeerslawaai en wegontwerp. Rijkswaterstaat, Directie Wegen, Publikatie nr 11, Den Haag.
- NSIBR, e.a. (National Swedish Institute for Building Research en The National Swedish Institute of Public Health), 1968. Traffic noise in residential areas, Stockholm.
- NEDERLANDSE STICHTING GELUIDHINDER, 1980. De winnaars en hun inzendingen. Brochure ontwerpprijsvraag, Delft.
- NIJS, L., 1978. Een methode voor de berekening van de akoestische kwaliteit van een stedenbouwkundig plan. Stedebouw en Volkshuisvesting 9, pp 412-424.

- OOSTING, W.A., 1975. Meetmethode voor wegverkeerslawaai. TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport VL-HR-19-01.
- 1977. Berekeningsmethode wegverkeerslawaai voor zone-ringsdoeleinden. TPD/TNO/TH, Delft. ICG-rapport VL-HR-22-01.
- PARLEVLiet, G., 1979. Geluidhinder en geluidwerende voorzieningen in het landschap. Groen 35.
- RATHÉ, E.J., 1969. Note on two common problems of sound propagation. Journal of Sound and Vibration 10-3, pp 472-479.
- REICHOV, H.B., 1963. Town planning and noise abatement. Architect Journal 137-7.
- REINHOLD, G., 1975. Die Praktikabilität eines Beurteilungsverfahrens für Strassenverkehrslärm auf der Basis eines 24-Stunden-Mittelwertes. VDI-Berichte nr 234, pp 21-25.
- RUCKER, A., 1975. Strassenverkehrslärm in Wohngebieten. Kampf dem Lärm 22.
- RIJN, H.D.L. VAN, 1977. Inventarisatie van de plattelandswegen. Landinrichtingsdienst, Werkgroep Inventarisatie Landbouw, Utrecht.
- SCHOLES, W.E., A.C. SALVIDGE en J.W. SARGENT, 1971. Field performance of a noise barrier. Journal of Sound and Vibration 164, pp 627-642.
- A.C. SALVIDGE en J.W. SARGENT, 1972. Barriers and traffic noise peaks. Applied Acoustics 5, pp 205-222.
- STEPHENSON, R.J. en G.H. VULKAN, 1967. Heston Grange Housing. Official Architecture and Planning. pp 650-655.
- TOORN, J.D. VAN DER, 1975. Geluiddemping door bossen. TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport VL-HR-06-01.
- 1976. Geluidemissie door personenauto's en vrachtwagens op autosnelwegen. TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport VL-HR-01-01.
- TURPIJN-VAN DUINEN, J.M., 1975. Verkeerslawaai. Verslag van een voorstudie naar de invloed van verkeerslawaai op mensen. Instituut voor stedenbouwkundig onderzoek, TH-Delft.
- VASTENHOUD, W.H.M., R. DORFMEIER en J.C. BOXEM, 1980. Mondelinge mededeling, Provinciehuis Arnhem.
- VEEN, J., 1973. De verstoring van weidevogelpopulaties. Stedenbouw en Volkshuisvesting 1, pp 16-26.

- VERBOST, G.P. e.a., 1975. Lightly trafficked roads. 15e Internationale Wegencongres, Mexico 1975. Nederlandse bijdrage.
- VOORLOPIG INDICATIEF MEERJAREN PROGRAMMA GELUID, 1980-1984. Tweede Kamer, zitting 1979-1980, 15860, nrs 1-2.
- WESSELS, W. en D. ROOKS, 1976. Geluidsimplicaties van verkeersmaatregelen. DHV, Amersfoort. ICG-rapport VL-HR-23-01.
- WINKEL, C.C. DE, 1972. Wegverkeerslawaaï. TPD-TNO/TH rapport 666/5, Delft.
- WOLDE, T. TEN en E. GERRETSEN, 1978. Meetmethoden bronsterkte industriële geluidbronnen TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport IL-DR-16-01.
- WIJK, H.J.L. VAN, 1975. Invloed van wegdekken op de geluidproductie van een autoband TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport VL-DR-10-01.

9.2. Overige literatuur

9.2.1. Bronnen-, reken- en meetmethoden

- ZWICKER, E., 1960. Ein Verfahren zur Berechnung der Lautstärke. *Acustica* 10, p 304.
- REEUWIJK, W.J. VAN, 1965. Geluidmetingen aan boord van binnenvaartschepen. TPD-TNO/TH, rapport nr 655.233.
- BRITISH STANDARD INSTITUTE, 1966. Method for the measurement of the noise emitted by vehicles. BS 3425, London.
- 1967. Method of rating industrial noise affecting mixed residential and industrial areas. BS 4142, London.
- ISO, 1970. Procedure for describing aircraft noise around an airport Recommendation R. 507, T.C. 43, Geneve.
- APEL, D., 1971. Ein Beitrag zur Bewertung der vom Kraftfahrzeug beeinflussten Umweltqualität von Stadtstrassen, Aken.
- DELANY, M.E., W.C. COPELAND en R.C. PAYNE, 1971. Propagation of traffic noise in typical urban situations. NPL Acoustics Report ac. 54.
- ISO, 1971. ISO-Recommendation R 1996, Geneve.
- OLSON, N., 1972. Survey of motorvehicle noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 52-5, pp 1291-1306.
- ULLRICH, S., 1972. Zum Verhältnis Rollgeräusch zu Fahrgeräusch bei Personenkraftwagen. *Kampf dem Lärm* 19-5, pp 131-136.
- LEWIS, P.T., 1973. The noise generated by single vehicles in freely flowing traffic. *Journal of Sound and Vibration* 30-2, pp 191-206.
- RATHÉ, E.J., F. CASULA, H. HARTWIG en H. MALLET, 1973. Survey on the exterior noise of some passenger cars. *Journal of Sound and Vibration* 29-4, pp 483-499.
- CLAYDEN, A.D., R.W.D. CULLEY, P.S. MARCH, 1975. Modelling traffic noise mathematically. *Applied Acoustics* 8.
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT-WELSH OFFICE, 1975. Calculations of road traffic noise, London.
- TPD-TNO/TH, 1976. Meetverslag geluidemissiemeting scheepvaartverkeer. rapport 607.704, Delft.

TUKKER, J.C. en T. TEN WOLDE, 1976. Voorlopige meetmethode voor geluidemissie door railverkeer. TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport RL-HR-02-01.

MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1979. Circulaire Schietlawaai, Den Haag.

9.2.2. Invloed geluid op mens en fauna

LEHMAN, G., 1967. Die physiologische und psychologische Wirkung des Lärms auf den arbeitenden Menschen. De Ingenieur 79-48.

BITTER, C., 1968. Verstedelijking en lawaai, geestelijk-hygiënische facetten. De Ingenieur, 80-3.

APPLEYARD, D. en M. LINTELL, 1972. The environmental quality of city streets: the residents view-point. Journal American Institute of Planners.

MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1972. Urgentienota Milieuhygiëne. Den Haag.

KLOSTERKÖTTER, W., 1973. Lärmwirkungen und Lebensqualität. Kampf dem Lärm, 20, H.5, S. pp 113-124.

COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN, 1975. Damage and annoyance caused by noise.

LEE, T.R., 1975. The social consequences of severance. PTRC-Autumn courses: Environmental management.

ZANDE, A. VAN DER, 1975. De beïnvloeding van weidevogels door wegen. Verslag Milieubiologie R.U. Leiden/RIN-Leersum.

RIETBERG, G.D., 1978. De invloed van verstoring op roofvogels. Verslag LH-Natuurbeheer, Wageningen. RIN-rapport nr 1252, Leersum.

ORDEN, Chr. VAN z.j. Reactie van enkele vogelsoorten op veel lawaai. Het vogeljaar 8-3/4 pp 57-58.

9.2.3. Hinder

LITTLE, J.W., 1961. Human response to jet engine noises. Noise Control 7-11.

NIESE, H., 1965. Beitrag zur Relation zwischen Lautstärke und Lästigkeit von Geräusche. Acustica 15, p 237.

- BUCHTA, E., 1968. Verteilung und Minderung des Verkehrslärms in einer Groszstadt. 6th International Congress on Acoustics, Tokio.
- KITAMUR, O., M. SASAKI en M. SAITO, 1968. On judging the noise from high speed roads. 6th International Congress on Acoustics, Tokio.
- BOTSFORD, J.H., 1969. Using sound levels to gauge human response to noise. *Sound and Vibration* 3-10, pp 16-28.
- KRYTER, K.D., 1970. The effect of noise on man. Academic Press. New York/London.
- SÖRENSEN, S., 1970. On the possibilities of changing the annoyance reaction to noise by changing the attitudes to the source of annoyance. *Nordisk, Hygienisk Tidskrift*, suppl. 1.
- BOTTOM, C.G., 1971. A social survey into annoyance caused by the interaction of aircraft noise and traffic noise. *Journal of Sound and Vibration* 19, p 473.
- GEZONDHEIDSRAAD, 1971. Rapport inzake geluidhinder.
- JACKSON, G.M., G. PÄRKES en M.G. LEVENTHALL, 1972. A computer study of the relationships between Noise Rating assessment and dB (A)-level. *Applied Acoustics* 5, p 191.
- DAWSON, R.F.F., 1973. Environmental effects of Alton By-pass. TRRL-Report LR 589. Crowthorne.
- JURRIËNS, A.A. en C. BITTER, 1973. De invloed van verkeerslawaai op de slaap. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO, Werkrapport B 306, Delft.
- LEONARD, S. en P.N. BORSKY, 1973. A causal model for relating noise exposure, psycho-social variables and aircraft noise annoyance. *Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Dubrovnik.
- NEDERLANDSE STICHTING GELUIDHINDER, 1973. Aard en omvang van geluidhinder door vliegtuigen. Delft.
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIËNE, 1973. Circulaire inzake bestrijding geluidhinder, Den Haag.
- FLAMAN, D.J. en KOCKEN, E.H.A., 1975. Geluidhinder in en om de woning. Publikatie Instituut voor Bestuurswetenschappen, Amsterdam.

- GILBERT, D., 1975. Pedestrians: delay and severance, measurement and prediction. PTRC Autumn Courses: Environmental management.
- JOHNSON, D.M., 1975. Evaluation of the traffic environment. PTRC Autumn Courses: Environmental management.
- TUKKER, J.C., 1975. Geluidhinder Schiphollijn. TPD-TNO/TH-rapport nr 507.210, Delft.
- CERMAK, G.W. en P.C. CORNILLON, 1976. Multidimensional analysis of judgements about traffic noise. Journal of the Acoustical Society of America 54, p 1412.
- GRIEFAHN, B., W. JANSEN en W. KLOSTERKÖTTER, 1976. Zur Problematik der Lärmbedingster Schlafstörungen; eine Auswertung von Schlafliteratur.
- RYLANDER, R., S. SÖRENSEN en A. KAJLAND, 1976. Traffic noise exposure and annoyance reactions. Journal of Sound and Vibration 47, p 237.
- STICHTING POST-DOCTORAAL ONDERWIJS IN HET BOUWEN e.a., 1976. Geluidhinder van wegverkeer. Syllabus van de gelijknamige cursus van PDOB en de Stichting Post-akademiale Vorming Verkeerskunde; Delft.
- BULLER, I.B. en F.J. LANGDON, 1977. Road traffic noise and disturbance to sleep. Journal of Sound and Vibration 50-13.
- VASUDEVAN, R.N. en C.G. GORDON, 1977. Experimental study of annoyance due to low frequency environmental noise. Applied Acoustics 10, p 57.

9.2.4. Onderbouwing en bepaling grenswaarden

- BITTER, C. en A.A. JURRIËNS, 1973. Beoordeling van verkeerslawaai. Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek, TNO, Werkrapport B 305, Delft.
- WORLD HEALTH ORGANISATION, 1973. Environment Health Criteria for Noise. Draft Document EHE/EHC.W.P./74.4. Geneve.
- STEENBRUGGE, B., 1975. Geluidvoorwaarden voor industriegebieden (zoning). TPD-TNO/TH, rapport nr 407.300/2, Delft.
- JURRIËNS, A.A. e.a., 1978. Maatstaven en grenswaarden ter beoordeling van railverkeerslawaai. Instituut voor Gezondheidstechniek en Milieuhygiëne TNO, TPD-TNO/TH, Delft. ICG-rapport RL-RH-03-01.

9.2.5. Maatregelen

- MEISTER, F.J. en W. RUHRBERG, 1959. Die Dämmung von Verkehrsgeräuschen durch Grünanlagen. VDI-Z 101, pp 527-535.
- HESS, W., 1961. Die Lärmdämmung mit Hilfe von Grünpflanzen. Z. Präventivmed. 6, pp 303-312.
- BÖRNER, H., 1963. Störschallminderung durch Schutzabstände, Böschungen oder Vegetationsbestände. Deutsche Gartenarchitektur 2, pp 39-41.
- EMBLETON, T.F.W., 1963. Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen woods. J. Acoustic. Soc. Am. 35, pp 1119-1125.
- BUCHANAN, C.D., 1964. Traffic in towns; the specially shortened edition of the Buchanan report. Penguin Book S 228.
- HARRIS, C.M., 1966. Absorption of sound in air versus humidity and temperature. Journal of the Acoustical Society of America, 40-1, pp 148-159.
- OOSTING, W.A., 1967. De wering van stadsverkeerslawaai in verband met geluidisolatie van vlakglas.
- PULLENS, A.L.H., 1967. Geluid en stedenbouw. Tijdschrift voor architectuur en beeldende kunsten, 34-15.
- SCHOLES, W.E. en P.H. PARKIN, 1967. The effect of small changes in source height on the propagation of sound over grassland.
- GLÜCK, K., 1968. Entwicklung und zukünftige Aufgaben der Baulichen Verkehrslärmbekämpfung. Brücke und Strasse 20, heft 7, 8 und 9, pp 193-204, pp 241-244, pp 262-266.
- GÖSELE, K. en G. SCHUPP, 1968. Untersuchungen zur Abschirmung des Autobahnlärmes von einer Wohnsiedlung. Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen folge 6, Baupraxis 11, pp 37-40.
- DELANY, M.E. en E.N. BAZLEY, 1970. Acoustical properties of fibrous absorbent materials. Applied Acoustics 3, pp 105-116.
- APEL, D., 1971. Ein Beitrag zur Bewertung der von Kraftfahrzeugverkehr beeinflussten Umweltqualität von Stadtstrassen, Aachen.
- BECK, G., 1971. Pflanzen als Mittel zur Lärmbekämpfung. Technische Universität Berlin (nr 12).
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSENWESEN e.V., 1971. Richtlinien für die Anlage von Stadtstrassen (RAST) Köln.

- GABLESKE, R., 1971. Strassenverkehrslärm und Landschaftsplanung.
Garten und Landschaft, Werkblatt 11.
- MAEKAWA, Z. e.a., 1971. Noise reduction by screens of various shapes.
7th Intern. Conf. on Acoustics, paper 21N3, Boedapest.
- REINHOLD, G. en W. BURGER, 1971. Die funktionelle und betriebliche
Erprobung absorbierender Lärmschutzwände an eine Autobahn.
Strasse und Autobahn 1, pp 35-43.
- GERRETSEN, E., 1972. De invloed van verschillende factoren op de
geluidvoortplanting over grote afstanden. TPD-TNO/TH, rapport
nr 781, Delft.
- JONASSON, H.G., 1972. Sound reduction by barriers on the ground.
Journal of Sound and Vibration 22.
- LUTZ, P., 1972. Zur Abschirmwirkung von Gebäuden. DAGA-Tagung,
Stuttgart.
- SCHOEMAKER, Th.J.H., 1972. Systematiek bij het ontwerp van wegen-
structuren. Verkeerstechniek 5-6.
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, 1973. Report of the urban motorways
projectteam to the urban motorways committee, London.
- GERRETSEN, E., 1973. De invloed van de bronhoogte op bodemdemping.
TPD-TNO/TH, rapoort nr 207.347/2, Delft.
- HOOGENBERK, E. en P. GHIJSEN, 1973. De straat en de nieuwbouwwijk.
Afstudeerontwerp Delft.
- OECD, 1973. Effect of traffic and roads on the environment in urban
areas. Hoofdstuk 7. Guidelines for planners and engineers,
Paris.
- REETHOF, G., 1973. Effect of plantings on radiation of highway noise.
Journal of the air pollution control association 23,
pp 185-189.
- ULLRICH, S., 1973. Geschwindigkeitsbeschränkung, ein Mittel zur
Reduzierung des Lärmes von Autobahnen und Schnellstrassen?
Strassenverkehrstechnik 1, pp 9-13.
- LIEBERMAN, W., 1974. Environmental implications of automobile -
free zones. Transportation Research Record nr 492, Washington
D.C.
- WERKGROEP VERKEERSVEILIGHEID WOONGEBIEDEN, 1974. Verkeersleefbaar-
heid in steden en dorpen. Min. van V. en W. Min. van VRO,
Den Haag.

- FLAMAN, D.J. en E.H.A. KOCKEN, 1975. Geluidhinder in en om de woning. Instituut voor Bestuurswetenschappen, Amsterdam.
- GABLER, W., 1975. Abwehr des Stadtlärms von Wohnungen und Wohngebieten bei Sanierung und Modernisierung. Gesundheits-Ingenieur 4.
- MOERKERKEN, A., 1975. De invloed van grondabsorptie op de geluidvoortplanting boven een bodem. TPD-TNO/TH, rapport 507.268/2, Delft.
- NIJS, L., 1975. Verkeerslawaaï en stedenbouw. Bouw 6-14/16/18.
- OECD, 1975. Better towns with less traffic, Paris.
- REINHOLD, G., 1975. Die Wirkung von Abschirmeinrichtungen zur Lärm-minderung an Strassen. Strassenbau und Strassenverkehrs-technik, Heft 157, Bonn.
- SÄLZER, E., 1975. Städtebaulicher Schallschutz, Hannover.
- TH-DELFT, 1975. Fysische aspecten in de wegbouwkunde (II). Afdeling der Civiele Techniek.
- HAKKESTEEGT, P., 1976. Verkeer in de woonomgeving. PDOB leergang: Geluidhinder van wegverkeer, TH-Delft.
- RUCKER, A., 1976. Schutz gegen Verkehrslärm durch bauliche Massnahmen. Bauwelt 6.
- MOERKERKEN, A., 1977. Meteorologische verschijnselen die van invloed zijn op de geluidoverdracht. TPD-TNO/TH, rapport 507.268/5, Delft. ICG-rapport VL-DR-21-04.
- STAALDUINEN, L. VAN en J.C. TUKKER, 1977. Ontwikkeling van een methode voor de inventarisatie van relatief stille gebieden. rapport TPD-TNO/TH 607.704/1, Delft. ICG-rapport VL-HR-15-01.
- MARTENS, M.J.M., 1978. Geluid en groen. Groen 34-2, pp 55-60.
- OFFNER, H. z.j. Lärmbekämpfung in Naturparken und Landschaftsschutzgebieten. Naturschutz und Naturparken 37, pp 17-20.
- ADVIESBUREAU OD 205, 1980. Brochure Stedenbouw en Geluid. Ministerie van V en M, Den Haag.



WAGENINGEN UR

For quality of life

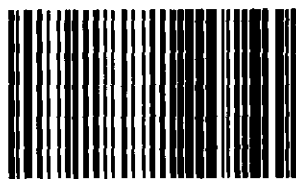
Wageningen UR library

P.O.Box 9100

6700 HA Wageningen

the Netherlands

www.library.wur.nl



10000910025387