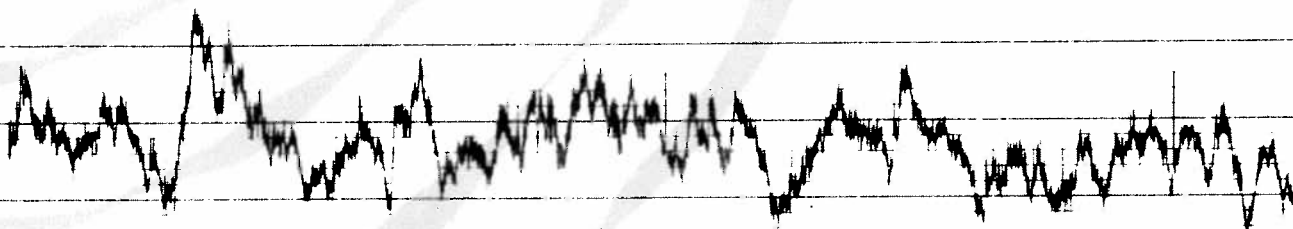
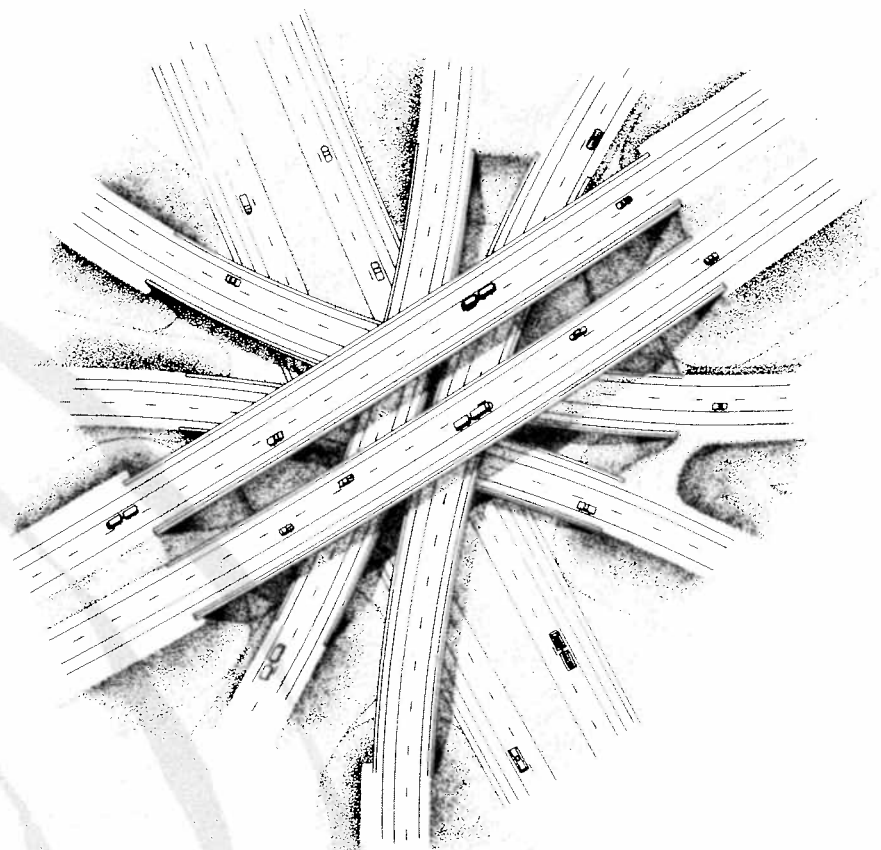


Verkeerslawaaï en Wegontwerp

Ir R.B.J.C. van Noort [Directie Wegen]
in samenwerking met
Ir W.A. Oosting [TPD-TNO-TH]

Inhoud	blz.
	5
1.	7
2.	8
3.	11
3.1.	12
3.1.1.	12
3.1.2.	13
3.1.3.	14
3.1.4.	14
3.1.5.	15
3.1.6.	15
3.2.	17
3.2.1.	17
3.2.2.	18
3.2.3.	19
3.2.4.	20
3.2.5.	20
3.2.6.	22
4.	22
4.1.	23
4.2.	24
5.	30
5.0.	32
5.1.	33
5.2.	33
5.3.	34
5.4.	34
5.5.	35
5.6.	35
5.7.	35

5.7.1.	algemeen	35
5.7.2.	groepering van de bebouwing	36
5.8.	bouwkundige maatregelen	39
5.8.1.	indeling van de plattegrond	39
5.8.2.	geluid-isolatie van de gevel	39
5.9.	afschermingen	40
5.9.1.	reflectieschermen	40
5.9.2.	absorptieschermen	41
5.9.3.	praktische toepassing van schermen	41
5.10.	overkapping van wegen	43
5.11.	verkeerslawaaï reducerende maatregelen in stedelijke centra	43
5.12.	toepassing van verkeerslawaaï-reducerende maatregelen	43
6.	Het opstellen van prognoses van verkeerslawaaï	44
7.	Reken-voorbeeld	46
8.	Litteratuur	56



Voorwoord

Binnen de Rijkswaterstaat is onlangs ingesteld de Commissie "Geluidhinder". Deze commissie heeft tot taak de aanwezige kennis op het gebied van de geluidhinder door wegverkeer en de bestrijding daarvan te bundelen, de lacunes aan te vullen en ervoor te zorgen dat de medewerkers van de Rijkswaterstaat, die betrokken zijn bij het ontwerp en de aanleg van wegen, op de hoogte zijn van de maatregelen die mogelijk zijn om geluidhinder van het wegverkeer tegen te gaan of te verminderen.

Bij de aanvang van de werkzaamheden van deze commissie kon worden beschikt over een concepttekst waarin de grondbeginselen van het verkeerslawaaiprobleem worden besproken. Het betrof een vervolg op en een verdere uitwerking van het in 1968 door de Technisch Fysische Dienst TNO-TH aan de Rijkswaterstaat uitgebracht rapport "Verkeerslawaaï".

Deze concepttekst was opgesteld door het lid van de commissie ir R.B.J.C. van Noort, in samenwerking met ir W.A. Oosting van de Technisch Fysische Dienst. Deze tekst geeft de verschillende facetten van verkeerslawaaï die voor de wegontwerper van belang zijn volgens de commissie goed weer.

Teneinde deze gegevens in het ontwerp te kunnen toepassen was het noodzakelijk een paragraaf toe te voegen waarin een voorstel wordt gedaan over de te hanteren normen. Het betreft hier paragraaf 4 "Normen ten aanzien van verkeerslawaaï".

Deze paragraaf is door de commissie opgesteld, na gevoerd overleg met de Interdepartementale Commissie Geluidhinder.

Over de voorshands aan te houden normen voor verkeerslawaaï in woningen langs autosnelwegen is in deze Interdepartementale Commissie overeenstemming bereikt.

De Commissie "Geluidhinder" zal het op prijs stellen te worden geïnformeerd over de gevallen, waarin maatregelen tegen geluidhinder worden overwogen. De bij de Rijkswaterstaat opgedane ervaring met de bestrijding van geluidhinder kan op deze wijze worden gebundeld.

Ir C.J.H. Oudshoorn

*voorzitter van de commissie
geluidhinder van de
Rijkswaterstaat.*

1 Inleiding

Als een van de kenmerken van onze snel veranderende samenleving kan worden genoemd de snelle toename van de verplaatsingsbehoefte van de mens in de jaren na de tweede wereldoorlog.

Deze toename wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door enerzijds de individuele motorisering (auto en bromfiets), anderzijds door de ver doorgevoerde scheiding tussen woonomgeving en werkomgeving en ook door de verslechtering van de woonomgeving (flats).

De groei van het particuliere autobezit heeft in weinige jaren geleid tot een aanzienlijke intensivering van het wegverkeer. Van de hieruit voortvloeiende problemen waren de ontoereikende infrastructuur en de verkeersonveiligheid tot voor kort het belangrijkste. Naast het ruimtebeslag van wegen is de laatste jaren de milieubelasting van het wegverkeer sterk op de voorgrond getreden.

De welvaart bracht enerzijds de auto binnen vrijwel ieders bereik, maar dreigt thans het welzijn van iedereen steeds meer te belagen door diezelfde auto. De steeds meer milieu-bewuste

welvarende mens verzet zich steeds sterker tegen de aantasting van zijn welzijn.

Als een van de belangrijkste milieuaspecten van het verkeer op een weg kan hierbij worden genoemd het verkeerslawaaï.

Voor het verkeerslawaaï zijn twee onlangs verschenen nota's van bijzonder belang, te weten het in november 1971 door de Gezondheidsraad uitgebrachte rapport inzake "Geluidhinder" en de in juli 1972 door de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne uitgebrachte "Urgentienota Milieuhygiëne" waarin o.a. de Geluidhinder is ondergebracht.

Laatstgenoemd rapport stoelt mede op de aanbevelingen van de Gezondheidsraad.

Gezien de stroom van literatuur die de laatste jaren over dit onderwerp is verschenen, is de behoefte ontstaan aan een bundeling van deze gegevens in één rapport. Het was deze intentie die tot het samenstellen van dit rapport heeft geleid.

In het navolgende zullen eerst worden behandeld de factoren die de lawaaïproductie van het wegverkeer beïnvloeden. Na het nader ingaan op de normen voor verkeerslawaaï zal bezien worden welke

mogelijkheden er zijn tot wering van verkeerslawaaï.

Hierbij zullen slechts worden genoemd de mogelijkheden die de ruimtelijke ordening en het wegontwerp bieden om het verkeerslawaaï-probleem te verminderen. Voorts zal worden ingegaan op het opstellen van prognoses van verkeerslawaaï. Hierbij zullen enkele eenvoudige berekeningsmethoden worden aangegeven die voor het verkrijgen van een globale indruk dienst kunnen doen. Enige kennis van de factoren waarvan verkeerslawaaï afhankelijk is blijft hierbij onmisbaar.

In probleem-gevallen blijven specialistische detail-studies nodig.

2 Geluid

Geluid is een verschijnsel dat wordt gekenmerkt door periodieke drukschommelingen om de (stationaire) atmosferische druk. De grootte van de drukschommelingen is bepalend voor de sterkte van het geluid, terwijl de tijd welke verloopt tussen twee opeenvolgende drukschommelingen de toonhoogte van het geluid bepaalt.

Deze toonhoogte of frequentie (f) wordt gemeten in hertz (afgekort Hz), zijnde het aantal trillingen per seconde. Voor het aangeven van de sterkte van het geluid maakt men gebruik van het zgn. geluid(druk)niveau (L_p) dat is gedefinieerd als

$$L_p = 10 \log \frac{P_{\text{eff}}^2}{P_0^2}$$

Hierin is L_p = geluid(druk)niveau in decibel (dB)

P_{eff} = effectieve geluiddruk (N/m²)

P_0 = referentiedruk, waarvoor is genomen een effectieve geluiddruk nabij de gehoordrempel van het menselijk oor ($2 \cdot 10^{-5}$ N/m²).

Door het invoeren van een logaritmische schaal voor de sterkte van het geluid betekent een vermindering van 10 dB een halvering van de subjectieve geluidindruk op het gehoor.

Verkeerslawaaï is samengesteld uit geluid met verschillende toonhoogten (frequenties). Het menselijk oor is niet in gelijke mate gevoelig voor geluiden van verschillende toonhoogten en gelijke geluid(druk)niveaus.

Door onderzoekers is nagegaan hoe de sterkte en de frequentie van het geluid samenhangen met de luidheid. Hiertoe gaat men uit van een vergelijkingstoon van 1000 Hz. De in fig. 1 weergegeven isofonen gelden voor jonge mensen van 18 t/m 25 jaar. Voor nog jongere mensen geldt een lagere gehoordrempel, voor oudere een hogere. Te zien is, dat het gehoor het gevoeligst is in het frequentiegebied 2000 tot 5000 Hz.

Bij tonen met een frequentie beneden 125 Hz begint de geluidindruk bij een hogere geluidsterkte.

De voor de verschillende frequentiebanden gemeten geluiddruk-niveaus kunnen in een grafiek tegen de frequentie worden uitgezet (zgn. geluid-spectrum)

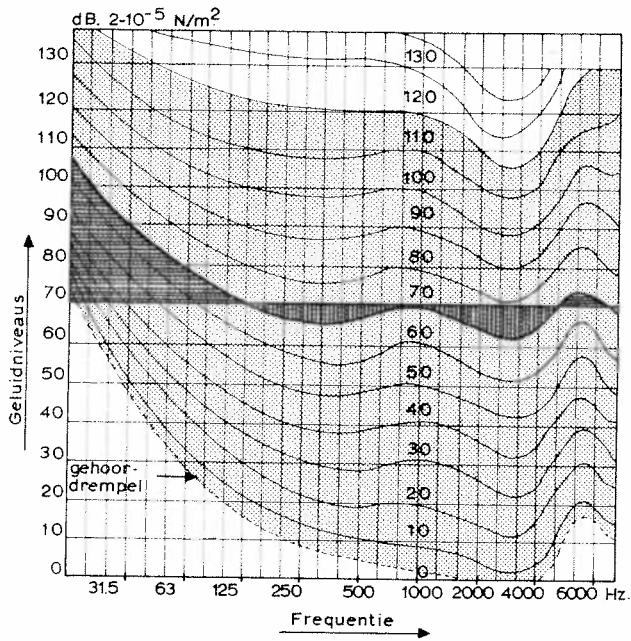


fig.1. Curven van gelijke luidheid voor zuivere tonen, volgens ISO aanbeveling R 226 (1961).

- Meeste effect op de luidheid.
- Geringer " " " "

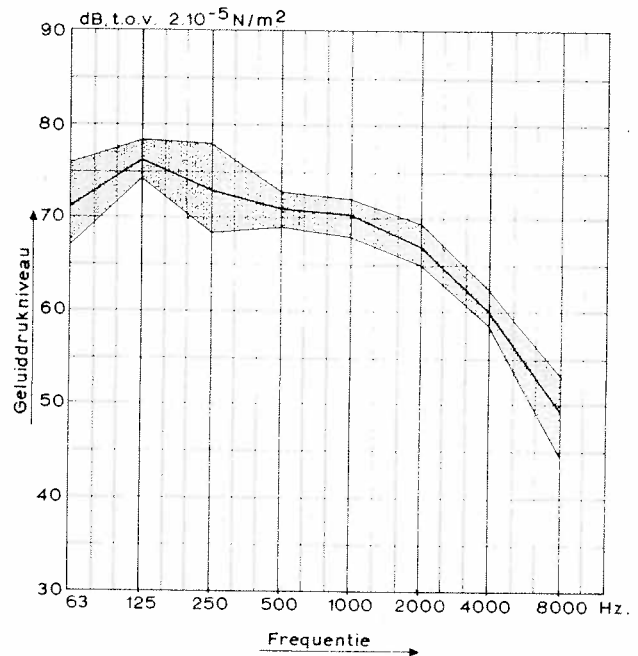


fig. 2. Standaard - spectrum voor verkeerslawaai. Het gearceerde gebied is het 90% waarschijnlijkheidsgebied. Ca. 15 m afstand tot de dichtstbijzijnde rijbaan, vrije veldcondities. (bron TPD-TNO)

In fig. 2 is weergegeven het standaard spectrum van verkeerslawaai.

Om nu toch een geluid bestaande uit een samenstelling van verschillende tonen in één waarde uit te drukken die de indruk van het geluid op het gehoor vastlegt, zijn frequentiekenmerken vastgelegd, waarbij rekening is gehouden met de "weging" van de geluid(druk)-niveaus van de verschillende tonen. Verkeerslawaai wordt hierbij "gewogen" met de A-karakteristiek (zie fig. 3). Verkeerslawaai wordt daarom gemeten in dB(A).

Als voorbeeld worden de geluidsniveaus van enkele situaties gegeven:

120 - 130 dB(A)	pijngrens
70 - 80 "	nabij drukke verkeersweg
50 - 60 "	typekamer
50 "	gesprekniveau
40 "	gemiddeld woongeluid
20 - 25 "	stilste gebieden in Nederland 's nachts

Verkeerslawaai behoort tot de geluiden met een fluctuerend karakter waarmee wordt bedoeld, dat het geluidsniveau sterk wisselend is.

Bij verkeerslawaai wordt dit veroorzaakt door de wisselende geluidsterkte der individuele voertuigen en door het wisselende aantal voertuigen (zie fig. 4).

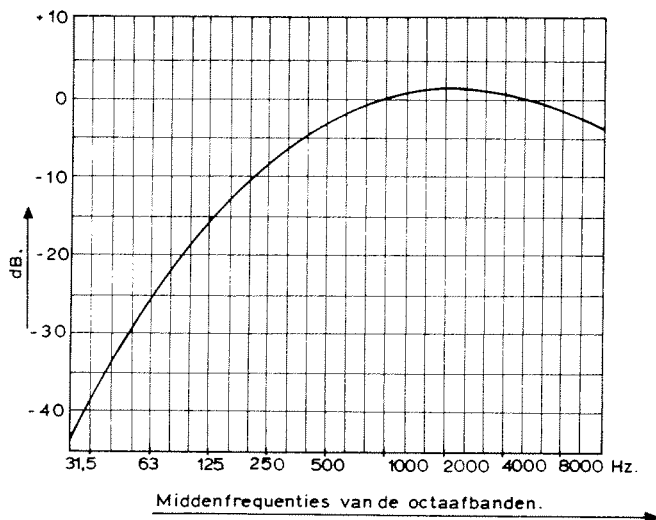


fig.3. Curve voor het omrekenen van spectra in dB(A).
(I.E.C.aanbeveling 123, 1961).

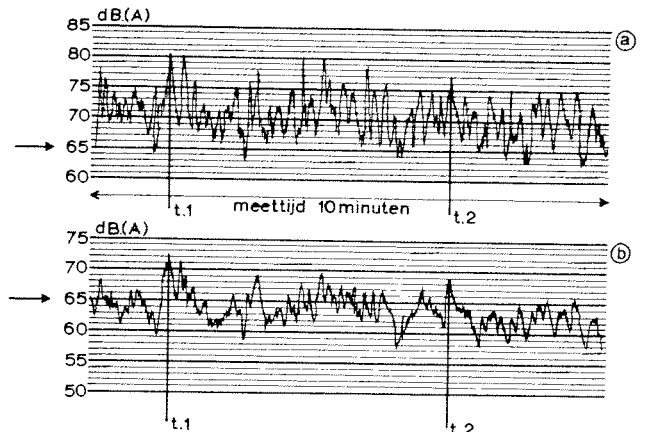


fig.4. De fluctuatie van het geluidniveau t.g.v. een verkeersstroom met een intensiteit van 4062 vtg/u, zoals de niveauschrijver dit weergaf met een schrijfsnelheid van 160mm/s. De figuren a. en b. geven een beeld van twee gelijktijdige opnamen op respectievelijk 15m. en 70m. afstand tot de rand van de weg. Op de tijdstippen t.1. en t.2. zien we op beide afstanden een hoog geluidniveau t.g.v. twee luidruchtige bronnen.

Om nu de karakteristieken van dit fluctuerend geluid vast te leggen zijn verschillende methoden in gebruik.

De momenteel meest gebruikte (o.a. ook in de ISO-aanbevelingen*) is de uitdrukking van het geluid in een equivalent continu niveau, gemeten in dB(A). Het geluid wordt hierbij omgerekend tot een continu geluid met equivalente-energie als het discontinu geluid volgens de formule:

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{\int p^2 dt}{p_0^2 \cdot T} \right]$$

eenheid dB(A)

L_{eq} = equivalent continu niveau

* ISO is afkorting voor International Organization for Standardization

Geluid kan o.a. op de volgende punten de gezondheid nadelig beïnvloeden:

- verstoring van rust en slaap
- belasting van het vegetatieve zenuwstelsel
- verstoring van de communicatie (de invloed van stoornis op de communicatie is weergegeven in fig. 16).

In het algemeen kan worden gesteld dat hoe hoger het geluidniveau in dB(A), des te sterker de geluidindruk op het gehoor is.

De mate waarin geluid hinder oplevert hangt o.a. van de volgende factoren af:

- geluidniveau in dB(A)
slaapstoring zal in het algemeen kunnen optreden bij geluidniveaus boven 45 dB(A)
- identiteit van het lawaai. Heeft de "gestoorde" de indruk dat de veroorza-

ker van het geluid zich niets van deze overlast aantrekt, dan zal bij een lager geluidniveau hinder optreden (b.v. geluid van bureu)

- duur van het geluid.

Bij langdurige blootstelling aan geluidniveaus van 80 dB(A) en hoger zal op den duur het gehoor achteruit gaan.

- fluctuaties en achtergrondlawaai.

Hoe sterker een geluid afwijkt van een plaatselijk achtergrondlawaai hoe groter de hinder.

Het geluidniveau dat 95% van de tijd wordt overschreden (L_{95}) wordt gewoonlijk als heersend achtergrondlawaai genomen.

Ook voor de slaapstoring geldt dat discontinu geluid hinderlijker is dan continu geluid.

- Speciale factoren, zoals bijzondere gevoeligheid voor geluid, bijzondere betrokkenheid door bijvoorbeeld mogelijke lagere verkoopwaarde woning, publiciteit, pers, actiecomite's e.d.

3 Factoren die de lawaaiproductie van autosnelwegen bepalen

De lawaaiproductie van autosnelwegen wordt in de eerste plaats bepaald door de bron, de lawaaiproductie van de motorvoertuigen.

Bij een analyse van het geluid van individuele motorvoertuigen kan een onderscheid gemaakt worden tussen het motor- en bandengeluid.

Gebleken is dat beneden de 70 km/h het motorgeluid bij personenauto's bepalend is. Daarboven wordt, bij het oplopen der snelheid, een steeds groter deel van het voertuiggeluid veroorzaakt door bandengeluid. Dit geldt uiteraard bij een gelijkmatige snelheid.

Bij vrachtauto's blijft het motorgeluid bepalend.

Tevens ligt op autosnelwegen de gemiddelde snelheid van vrachtauto's ca. 20 km/h lager dan de gemiddelde snelheid van personenauto's.

Hierbij kan worden opgemerkt dat de snelheden van vrachtauto's op het Nederlandse autosnelwegennet de toegestane maximum snelheid ruim overschrijden.

Bij het optrekken en vertragen is het motorgeluid significant.

Motoren met een kleine cilinderinhoud (dus hoog toerental) en motoren met dieseltractie maken hierbij beduidend meer lawaai.

Alhoewel bestrijding van het verkeerslawaai aan de bron het meest effectief is, met name voor de bestaande woonbebouwingen langs bestaande wegen (stedelijke situaties), zal in dit kader het accent liggen op de invloed van het wegontwerp en het stedenbouwkundig ontwerp op het verkeerslawaai.

Verkeerslawaai hangt in relatie met het wegontwerp en het stedenbouwkundig ontwerp af van de volgende punten (het voertuig zelf is hierbij buiten beschouwing gelaten).

Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen de relatie voertuig - weg en de relatie omgeving - weg.

Bij de relatie voertuig - weg is sprake van de lawaaibron namelijk weg + voertuig.

Bij de relatie omgeving - weg gaat het om de invloed van de omgeving op de voortplanting van het geluid van de lawaai-bron.

De factoren bij de relatie voertuig - weg zijn:

- intensiteit van het verkeer 3.1.1.
- percentage vrachtauto's 3.1.2.
- snelheid van het verkeer 3.1.3.
- soort verharding 3.1.4.
- lengteprofiel 3.1.5.
- wegen in stedelijke centra 3.1.6.

De factoren bij de relatie omgeving weg zijn:

- atmosferische omstandigheden 3.2.1.
- afstand tot de weg 3.2.2.
- bodem absorptie en begroeiing 3.2.3.
- dwarsprofiel van de weg 3.2.4.
- reflecties en afschermingen 3.2.5.
- hoogte van de waarnemer 3.2.6.

Deze punten zullen achtereenvolgens nader worden toegelicht.

3.1. Voertuig - weg

(factoren van invloed op de geluidproductie)

3.1.1. Intensiteit van het wegverkeer

Hierbij wordt uitgegaan van een autosnelweg-situatie met een intensiteit van minimaal 200 mvt/h.

Waar in dit verband wordt gesproken van een uur-intensiteit wordt bedoeld de intensiteit van beide rijbanen tezamen.

Het wegverkeerslawaai is afhankelijk van de verkeersintensiteit.

De geschematiseerde afhankelijkheid van verkeerslawaai van de intensiteit is voor L_{eq} op logaritmische schaal weergegeven in fig. 5.

Uit deze figuur blijkt dat verkeerslawaai in geringe mate afhankelijk is van de intensiteit van het wegverkeer.

Berekening van L_{eq} bij variatie van de verkeersintensiteit.

Voorwaarden voor gebruik:

- geen afscherming van het lawaai; L_{eq} ongeveer 2.5 m. boven het maaiveld.
- snelheid van pers.vtg'n = snelheid van vracht vtg'n.
- wegdek: asfalt, droog, horizontaal.
- vrijwel windstil weer.
- gering bodemeffect

Leq
autowegverkeer

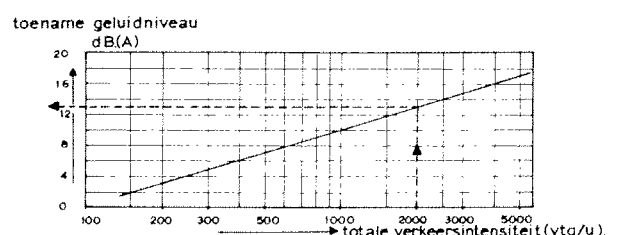


fig.5. Verband geluidniveau L_{eq} en verkeersintensiteit. (bron TPD-TNO).

Een verdubbeling van de intensiteit geeft een geluid-niveauperhoging van 3 dB(A). In deze figuur is een geringe bodemdemping verwerkt van 1,5 dB(A) per 100 m. De intensiteit en de snelheid van het wegverkeer zijn afhankelijk van elkaar.

Hoe hoger de intensiteit hoe lager de snelheid, daar de bestuurder minder vrijheid heeft tot het kiezen van de door hem gewenste snelheid.

Daar de intensiteit en in geringere mate ook de snelheid en de samenstelling van het wegverkeer over een etmaal gemeten verschillen zal ook het geluidniveau over deze periode verschillen.

Bij het verloop over de dag blijkt, dat het geluidniveau op intensief bereden wegvakken weinig gevoelig is voor het spitsuurverkeer.

Overdag wordt een min of meer constant geluidniveau gemeten.

Dit niveau neemt sterk af tussen 23 h en 1 h en neemt weer toe tussen 4 h en 7 h (zie fig. 6).

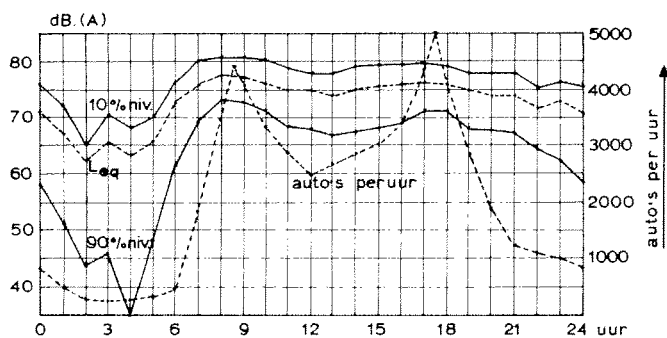


fig.6. Geluidniveau gedurende 24 uren langs rijksweg 13 nabij Delft. Afstand 15m. van de rechter rijstrook.

3.1.2. Percentage vrachtauto's

Vrachtauto's maken aanzienlijk meer lawaai dan personenvoertuigen.

Uit fig. 7 blijkt, dat het verschil tussen de maxima van de personen- en vrachtvoertuigen gemiddeld 9 tot 10 dB(A) bedraagt.

De spreiding van het geluid rond deze gemiddelde maxima is bij vrachtvoertuigen groter dan bij personenauto's.

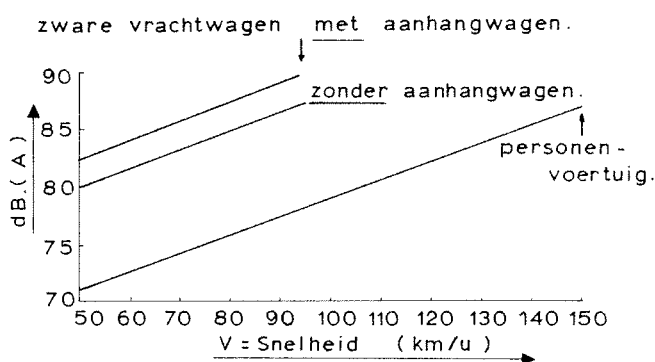


fig.7.

De maximale geluidniveaus op 75m afstand tot de rijlijn van personen- en vrachtvoertuigen als functie van de snelheden van deze voertuigen.

Weg: droog, asfalt, horizontaal.

(bron TPD-TNO)

Zoals reeds gesteld is het motorgeluid bij vrachtauto's altijd bepalend. Voertuigen met dieseltractie maken beduidend meer lawaai (8 - 10 dB(A)). Hierop dient met name te worden gelet bij het vergelijken van literatuur gegevens. In Amerika bijvoorbeeld heeft slechts 2 - 3% van de vrachtauto's dieseltractie, terwijl in Nederland dit percentage aanzienlijk hoger ligt.

Globaal gezien kunnen de volgende geluidniveau-verhogingen ten gevolge van het vrachtwagen-percentages worden gegeven.

0 %	-	
10 %	+	2 dB(A)
20 %	+	3 dB(A)
30 %	+	4 dB(A)
40 %	+	4 - 5 dB(A)
50 %	+	5 dB(A)

Bij de invloed van het vrachtauto-percentages op het verkeerslawaai kan nog worden opgemerkt dat de door een gemiddelde vrachtauto geproduceerde geluidenergie globaal te stellen is op de geluidenergie van ca. 10 personenauto's.

Daar het percentage vrachtvervoer overdag, buiten de spitsuren, binnen de spitsuren en 's nachts aanzienlijk verschilt verdient het aanbeveling deze situaties afzonderlijk te bezien.

3.1.3. Snelheid van het verkeer

Verkeerslawaai is sterk afhankelijk van de snelheid van het verkeer.

Deze snelheid is voor de categorie personenvoertuigen en voor de categorie vrachtvoertuigen verschillend.

Op Nederlandse autosnelwegen is de gemiddelde snelheid van personenvoertuigen 100 - 110 km/h en voor vrachtvoertuigen 85 - 95 km/h.





Door TPD - TNO zijn metingen verricht ten aanzien van de maximale geluidniveaus van personen- en vrachtvoertuigen als functie van de snelheid. Een en ander is weergegeven in fig. 7. Uit deze metingen blijkt, dat voor alle categorieën verkeer, een afname van het geluidniveau geldt van 2 dB(A) bij een afname van de snelheid van 10 km/h.

3.1.4. Soort verharding

Boven een snelheid van 70 km/h wordt meestal het bandengeruis bij personenauto's maatgevend.

Het bandengeruis is afhankelijk enerzijds van de bandeigenschappen zoals profiel, constructie e.d., anderzijds van het wegoppervlak, met name de oppervlakte-textuur.

De textuur-diepte staat hierbij in nauwe relatie met de stroefheid.

	wegoppervlak	oppervlakte-textuur	
		macro-schaal	micro-schaal
A		grof	ruw
B		grof	gepolijst
C		fijn	ruw
D		fijn	gepolijst

Hoe ruwer het wegoppervlak is, hoe groter de stroefheid (en dus de verkeersveiligheid) en hoe meer lawaai de weg maakt.

Het is voornamelijk de hogere stroefheid die bij cementbeton-verhardingen bereikt kan worden in vergelijking met asfaltbeton, die hogere meetcijfers geeft voor een cement-beton wegdek.

Onvlakheid van de weg, vooral nabij viaducten, kan bijdragen tot een geluidniveau-verhoging.

Ook natte wegdekken geven meer lawaai, hierbij kan echter worden opgemerkt dat bij slecht weer minder hard wordt gereden en gewoonlijk de ramen van de huizen gesloten zullen zijn.

Betreffende de invloed van verschillende structuren van het bandoppervlak en/of andere materialen voor het bereden bandoppervlak zijn nog weinig gegevens bekend.

Voor de verschillende soorten verhardingen kunnen de volgende toeslagen gehanteerd worden:

droog asfalt	0 dB(A)
droog beton	+0-5 dB(A)
nat asfalt, beton en klinkers	+ (10 à 15) dB(A).

Bij klinkerverhardingen kunnen nog aanzienlijke verschillen optreden door soort klinkers, verband van de klinkers en profiel van de weg.

3.1.5. Lengteprofiel

Behalve de hoogteligging van de weg hebben ook hellingen in wegen invloed op het geluidniveau.

Bij geringe hellingen, kleiner dan 2% kan deze invloed worden verwaarloosd. Voor grotere hellingen kunnen de volgende toeslagen worden gehanteerd:

3 - 4 % helling + 2 dB(A)

5 - 6 % helling + 3 dB(A)

3.1.6. Wegen in stedelijke centra

Bij stedelijke wegen heeft men, vergeleken met situaties langs autosnelwegen, mede met twee aanvullende factoren te maken nl. dicht langs de weg staande bebouwing en de invloed van optrekken en afremmen ter plaatse van kruisingen die geregeld worden met stoplichten.

In fig. 8 is de toeslag weergegeven waarbij met aan weerszijden van de weg staande bebouwing, afhankelijk van de onderlinge afstand, mee moet worden gerekend. Bij een afstand van 25 m betekent dit, een verhoging van 5 dB(A).

Bij aan één zijde staande bebouwing moet met een verhoging van ca. 3 dB(A) gerekend worden.

In de nabijheid van met stoplichten geregelde kruispunten wordt een geluidniveau gemeten dat gemiddeld 7 - 10 dB(A) hoger ligt dan het niveau van identieke

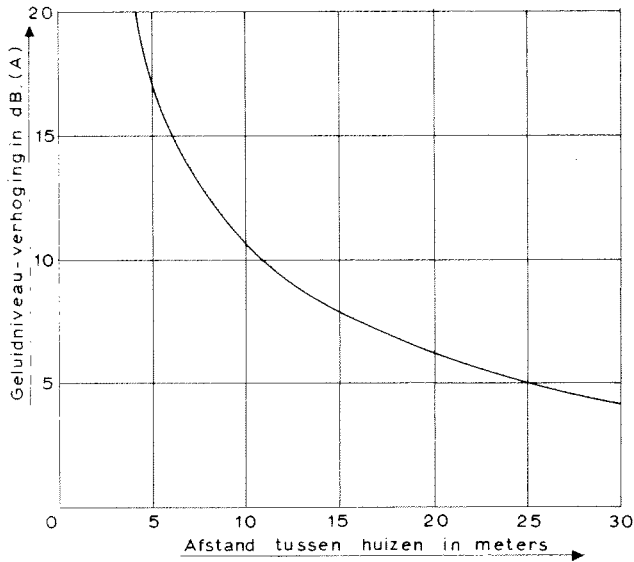


fig.8. Geluidniveau-verhoging t.g.v. aan weerszijde van de weg staande bebouwing. (bron Rücker en Glück)

Daar het hier geen kruising van twee verkeerswegen betreft is hieruit niet te zien het grote niveau verschil tussen wegen zonder kruisingen en wegen met door stoplichten geregelde kruisingen, dat zoals reeds vermeld ongeveer 7 - 10 dB(A) in de nabijheid van deze kruisingen be draagt.

wegen zonder kruisingen.

Deze aanzienlijke verhoging wordt veroorzaakt door het optrekken en remmen van voertuigen. Vrachtwagens spelen hierbij een zeer belangrijke rol.

De invloed van het kruispunt is hierbij op enkele honderden meters afstand merkbaar.

In fig. 9 is weergegeven de invloed die een met lichten geregelde voetgangersoversteekplaats in een doorgaande verkeersstraat, zonder nabij gelegen kruispunten, op het geluidniveau heeft.

Bij de overgang tussen de rood- en de oprijfase wordt een verschil in equivalent niveau gemeten van 12 dB(A).

Geluidniveau langs een verkeersweg met een voetgangersoversteekplaats (geen kruispunt). Intensiteit 2000vtg/u, vrachtwagen percentage 25%.

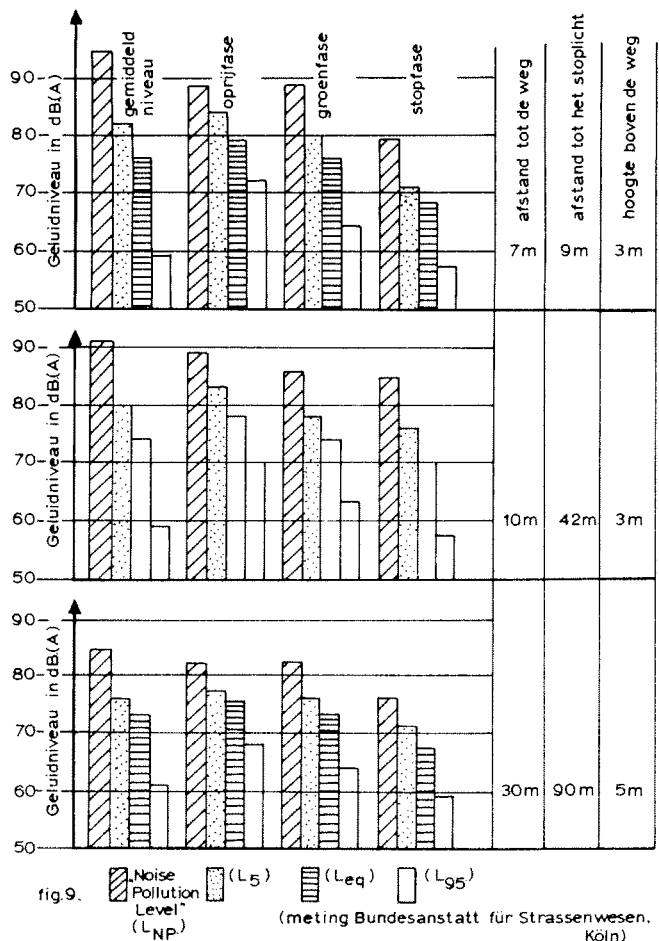


fig.9. (meting Bundesanstalt für Strassenwesen, Köln)

3.2. Omgeving - weg

(factoren van invloed op de geluidoverdracht)

3.2.1. Atmosferische omstandigheden

Bij de voortplanting van geluidgolven door de lucht treden energieverliezen op als gevolg van de beweging van de luchtdeeltjes.

Uitgaande van een gemiddelde temperatuur van 10°C en een relatieve vochtigheid van 80% worden de volgende dempingen gemeten bij de verschillende frequenties:

500 Hz	0,0015 dB/m
1000 Hz	0,0038 dB/m
2000 Hz	0,0093 dB/m
4000 Hz	0,0246 dB/m
6000 Hz	0,0480 dB/m

Naarmate de vochtigheid groter is, wordt de demping wat kleiner. Het verschil is echter klein. De invloed van bijvoorbeeld mist op de demping is derhalve klein.

Ook bij hogere temperaturen is de demping kleiner.

Daar normaliter de bodem door zonbestraling warm is, neemt de temperatuur naar boven toe af, zodat de geluidgolven naar boven buigen.

Als dit effect erg sterk is, is de geluidsdemping in horizontale richting dus extra groot (zie fig. 10).

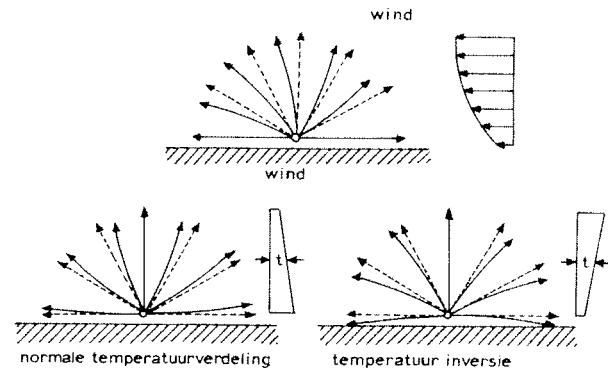


fig.10 Invloed van wind en temperatuurverdeling op de geluidvoortplanting.

Indien de temperatuurverdeling juist andersom is, zgn. temperatuurinversie, gebeurt het omgekeerde. Er treedt dan afbuiging naar beneden op en de demping in horizontale richting wordt schijnbaar geringer.

Voor de dagelijkse praktijk zijn deze effecten te gering om van betekenis te zijn.

Belangrijker is de invloed van wind op de geluidoverdracht. Dit effect ontstaat door de verticale windgradiënt, dus de met de hoogte toenemende windsnelheid, een gevolg van de wrijving van de bodem. Daardoor worden de golffronten in de hogere luchtlagen sneller meegenomen dan die in de onderste lagen. De golffronten buigen als het ware met de wind mee en er blijft minder geluidenergie over aan de andere kant, daar waar de wind vandaan komt (zie fig. 10).

Deze windeffekten zijn in die situaties waarbij veelvuldig de wind vanuit één richting waait bepaald niet te verwaarlozen, alhoewel in geval van harde wind

de ramen gewoonlijk gesloten zullen zijn en ook de wind zelf lawaai maakt. In bijzondere gevallen kan hierdoor in de windrichting een verhoging van 10 - 20 dB(A) ontstaan.

Door onregelmatigheden in de wind (turbulente wind) en inhomogeniteit in de luchtlagen worden deze effecten afgezwakt.

3.2.2. Afstand tot de weg

De geluidenergie van een geluidbron zal zich vanaf de bron gaan verdelen. Bij een verkeersweg, die kan worden gezien als een lijnvormige geluidbron, zal het geluid zich bij benadering verdelen volgens concentrische cilindervormen. Hierdoor neemt verkeerslawaai af met de afstand tot de weg.

Volgens metingen van TPD - TNO blijkt uitgaande van een horizontaal maaiveld het geluidniveau op 2,5 m boven het maaiveld 3 à 4 dB(A) af te nemen bij afstandverdubbeling.

Hierbij is uitgegaan van een begroeid onverharde bodem.

In fig. 11 en 12 is behalve de afname van het geluidniveau door afstandsvergroting bij harde bodem ook de afname bij een begroeiing van kort gras en een lichte begroeiing weergegeven.

Het effect van andere begroeiingen zal worden nagegaan in par. 3.2.3. bodemabsorptie en begroeiing.

Gewezen dient er op te worden, dat de aanwezigheid van een bodem van gesloten materialen bv. klinkers, asfalt enz. of de aanwezigheid van water naast de weg verhogingen van het geluidniveau t.g.v. reflecties kunnen geven van 3- 5 dB(A) en zelfs meer.

De invloed van het dwarsprofiel zal worden behandeld bij 3.2.4. en de invloed van nabij gelegen reflecterende objecten bij 3.2.5.

De afname van het geluidniveau bij afstandsvergroting hangt mede af van de hoogte boven het maaiveld. Dit zal worden behandeld bij 3.2.6. hoogte van de waarnemer.

Berekening van Leq bij variatie van de afstand tot de weg.
bodemdemping (benadering naar Schreiber)

Voorwaarden voor gebruik

geen afscherming van het lawaai; Leq ongeveer 2.5 m boven maaiveld.

gem. snelheid personen voertuigen: 100 km/u.

gem. snelheid vrachtoertuigen: 80 km/u.

wegdek: asfalt, droog, horizontaal.

vrijwel windstil weer.

voor de afstand a nemen we:
(voor optellen van geluidniveaus zie fig. 12)

		autowegverkeer	
		< 50	> 50
afstand H spoor/weg	lijn		
2 - baans		as v/d weg	as v/d weg
4 - of meer baans		midden v/d rijrichting	midden v/d middenberm
		berekening 2 x optellen	

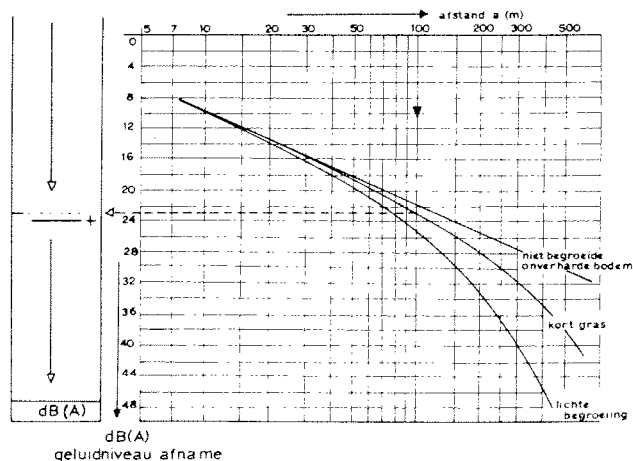


fig. 11. Verband geluidniveau weg en afstand (bron TPD - TNO).

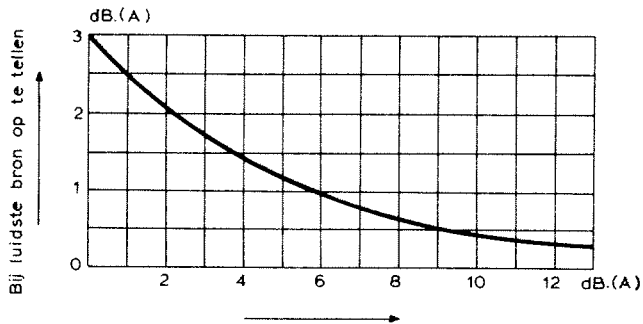


fig.12. Verschil in geluidniveau van de beide geluidbronnen. correctie tabel behorende bij fig.11

3.2.3. Bodemabsorptie en begroeiing

Uitgaande van een horizontaal maaiveld kan de afname van het geluidniveau door vergroting van de afstand tot de weg worden versterkt door de soort bodembegroeiing.

Zoals uit fig. 11 blijkt kan door een lichte begroeiing een extra afname van 3 dB(A)/100 m worden bereikt.

Enige reductie-waarden t.o.v. onbegroeide onverharde bodem:

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

Deze reductie-waarden kunnen worden opgeteld bij de geluidniveau-afname bij niet begroeide onverharde bodem in fig. 11.

Bij begroeiing is de geluidniveau-afname bij hogere frequenties groter dan bij tonen met een lagere frequentie.

Door bosbegroeiing van 100 m dikte kan het geluid worden gehalveerd.

Een dichte bosrand kan een extra reductie

van 1-2 dB(A) geven, die echter reflectie en dus geluidniveau-verhoging zal geven aan de overliggende zijde van de weg.

Van dit "bosrandeffekt" kan bijzonder gebruik worden gemaakt door de toepassing van zogenaamde regelbeplantingen.

Hierbij wordt per 18 m een beplanting van 10 m breedte geplaatst, die in hoogte oploopt.

Na deze 10 m wordt een open tussenruimte van 8 m gehouden (zie fig. 13).

Bij de toepassing van 4 regels (dus een strook van $4 \times 10 + 3 \times 8 = 64$ m breedte) wordt reeds een aanzienlijk effect bereikt.

De te bereiken geluidniveau-verlagingsen zijn:

bij 4 regels (64m)	ca. 13 dB(A)
bij 6 regels (100m)	ca. 21 dB(A)

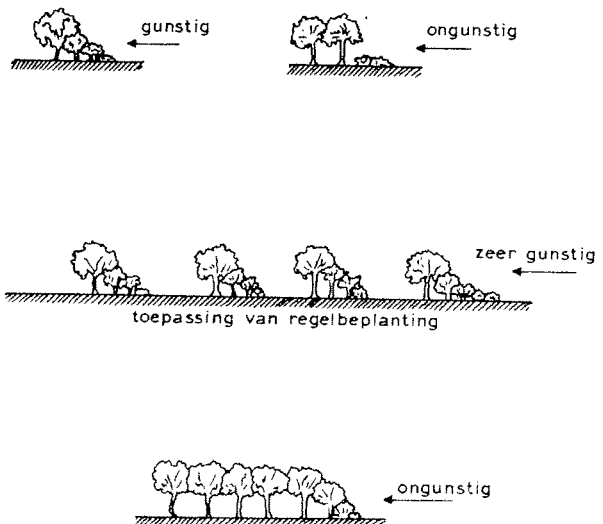


fig.13. Afscherm-mogelijkheden door beplanting.

De 10 m brede regels dienen te worden beplant met bomen en struiken met een goed lang groen blijvend gesloten bladerdek. Het geheel dient vanaf de bodem gesloten te zijn en regelmatig in hoogte op te lopen.

Zij moeten tevens ruimschoots boven de zichtlijn tussen verste punt van de weg (hoogte 1-1,5 m) en hoogste bebouwingspunt uit komen.

Daar betreffende deze regel-beplantingen slechts incidentele gegevens beschikbaar zijn, zal verder onderzoek met verschillende plantensoorten hier de praktische haalbaarheid nog moeten bewijzen.

Met beplantingen is slechts een meetbare verbetering te bereiken bij een brede aanplant.

Er dient op gewezen te worden, dat de "psychologische" afname van het geluid door het aanbrengen van een begroeiing langs de weg groter kan zijn dan de gemeten geluidniveau-verlaging, dit omdat de bron van het lawaai door de begroeiing aan het zicht wordt onttrokken.

3.2.4. Dwarsprofiel van de weg

Door de hoogteligging van de weg kan het verkeerslawaai sterk worden beïnvloed.

De voor de omgeving meest gunstige ligging van de weg is de ligging in ingraving zonder reflecterende wanden of taluds.

Bij een ligging in ophoging wordt voor de huizen in de nabijheid van de weg beneden weghoogte een reductie gevonden. Op grotere afstand van de weg is een weg in ophoging wat ongunstiger dan een weg à niveau.

In de fig. 14 zijn enkele voorbeelden van geluidniveaus bij verschillende dwarsprofielen van de weg weergegeven. In deze figuren is tevens te zien, dat hoge bebouwing meer invloed ondervindt van het verkeerslawaai dan lage bebouwing.

3.2.5. Reflecties en afschermingen

De aanwezigheid van objecten in de nabijheid van autosnelwegen zal het verkeerslawaai beïnvloeden.

Objecten langs autosnelwegen in de vorm van schermen, bebouwingen e.d. zullen enerzijds reflecties geven naar de overliggende zijde, die afhankelijk van de afstand tot de weg 0 - 5 dB(A) zullen bedragen - anderzijds geluidreducties geven aan de niet wegzijde.

Het hier voor beschreven principe biedt de opening enerzijds naar de toepassing van afschermingen (par. 5.9.) anderzijds naar een gunstige stedenbouwkundig opzet (par. 5.7.).

Ook gewezen moet worden op reflecterende objecten binnen de weg met name viaducten over de weg.

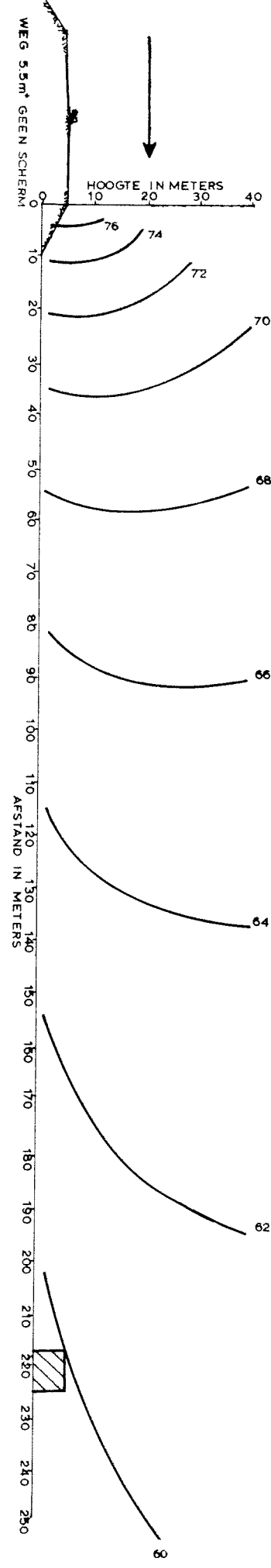
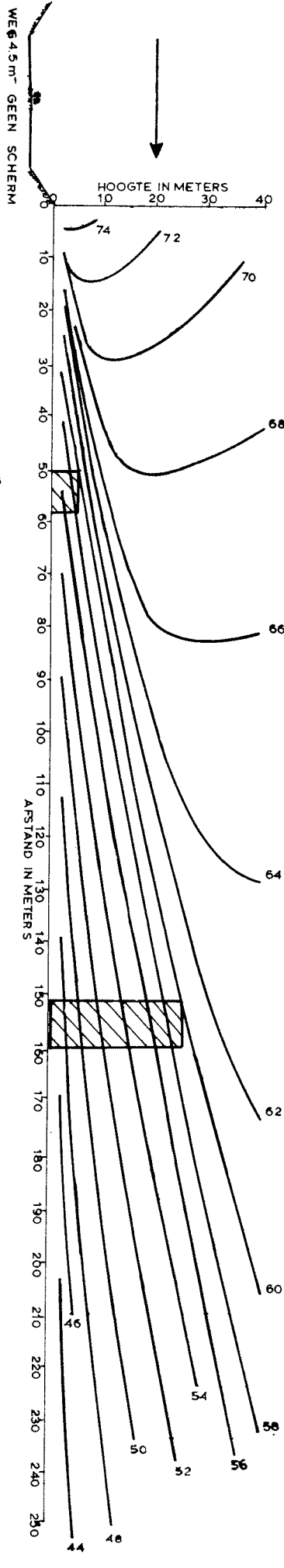
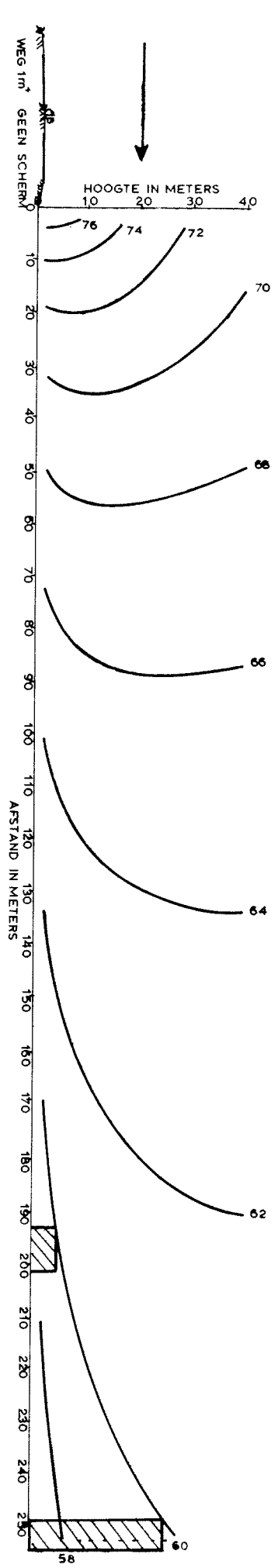


fig. 14. Leq-geluidniveau langs de autosnelweg.



I = 2000 vtg/u

V = 100 km/u personenauto's

80 km/u vrachtwagens

15% vrachtwagens

gering bodemeffect
(bron TPD-TNO)

Deze zullen afhankelijk van type, lengte en breedte reflecties veroorzaken die aan beide "openingen" van het viaduct zullen uitstralen en zullen gaan werken als zelfstandige lawaaibron.

Zoals reeds vermeld, zullen verhardingen en waterpartijen langs de weg aanzienlijke geluidniveau-verhogingen veroorzaken.

3.2.6. Hoogte van de waarnemer

Zoals reeds onder 3.2.4. vermeld hangt de afname van het geluidniveau bij afstandsvergroting mede af van de hoogte boven het maaiveld.

Hoe hoger boven het maaiveld, hoe minder invloed van bodemabsorpties, hoe geringer de afname.

Een en ander is weergegeven in fig.15.

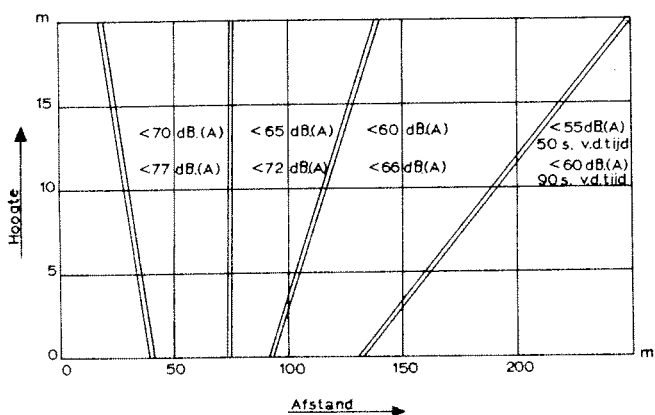


fig.15. Geluidniveaus in de omgeving van een autosnelweg gelegen in open bouwland: equivalente verkeersdichtheid 2000 auto's per uur. (vrij naar Auzou en Lamure, 1964).

Hoge bebouwing (flats) is gevoeliger voor verkeerslawaaï dan lage bebouwing. Bij de hoogte van de waarnemer t.o.v. het voertuig spelen tevens de onder 3.2.1. vermelde atmosferische omstandigheden een belangrijke rol.

4 Normen ten aanzien van verkeerslawaaï

Ten aanzien van het door wegverkeer veroorzaakte lawaaï kan onderscheid worden gemaakt tussen zgn. immissie (ontvangst)-aanbevelingen en emissie (uitstralings)-normen.

De immissie-aanbevelingen zijn gebaseerd op kwaliteitsdoelstellingen:

het geheel van eisen waaraan een bepaalde, nabij een verkeersweg gelegen bestemming op grond van volksgezondheids- en milieuhygiënische criteria zou moeten voldoen.

De emissienormen zijn wettelijke eisen aan de maximale lawaaïproductie van de individuele bron, het voertuig.

Hierbij wordt rekening gehouden met de bestaande technologische en economische mogelijkheden van het moment (de zgn. best-practicable-means benadering).

Er wordt naar gestreefd de emissienormen periodiek zodanig te verlagen dat in de meeste situaties zonder buitensporige voorzieningen aan de immissie-aanbevelingen kan worden voldaan.

Voor verkeerslawaai is dit echter veelal niet op korte termijn mogelijk in verband met het complexe karakter van de hieraan verbonden problematiek.

Daarnaast is het verkeersgedrag van de weggebruiker, dit is de wijze waarop deze van zijn voertuig gebruik maakt alsmede de onderhoudstoestand van het voertuig, in sterke mate mede bepalend voor de veroorzaakte geluidsterkte.

Behalve immissie-aanbevelingen en emissie-normen bestaat er derhalve behoefte aan gedragsregels, bv. ten aanzien van snelheid e.d.

4.1. Emissienormen

In het Wegenverkeersreglement zijn momenteel de normen ondergebracht, die betrekking hebben op de maximaal toelaatbare lawaaiproductie van voertuigen.

In een op artikel 66 van voornoemd reglement gebaseerde ministeriële beschikking wordt bepaald dat de maximaal toelaatbare lawaaiproductie van motorvoertuigen, gemeten op 7,5 m uit de hartlijn, afhankelijk van type en gewichtsklasse ligt tussen 82 en 91 dB(A).

Gezien de in de beschikking voorgeschreven hiertoe te gebruiken meetmethode, kan de naleving van deze voorschriften slechts bij de zgn. typekeuring van het betreffende motorvoertuig worden gecontroleerd.

De huidige meetmethode is niet bruik-

baar voor het beoordelen van het gebruik van het voertuig en is evenmin geschikt voor het in de praktijk toetsen van de staat van onderhoud. De meeste personenauto's produceren af fabriek minder lawaai dan op grond van deze normen is toegestaan (gemiddeld ca. 79 dB(A) ten opzichte van de norm voor personenauto's ad 82 dB(A)). Echter veroorzaken in een aantal gevallen het slechte onderhoud door de gebruiker alsmede het eigenhandig opvoeren van het motorvermogen en/of de lawaaiproductie (sportuitlaten!) een zodanige lawaaitoename, dat genoemde normen ruimschoots worden overschreden.

In verband hiermede heeft de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne ten aanzien van de emissie van motorvoertuigen de volgende bij de bestrijding van geluidhinder urgente maatregelen in het vooruitzicht gesteld:

- uitbreiding van de controle op de naleving van de wettelijke voorschriften. In dit verband is van groot belang de ontwikkeling van praktische meetmethode voor de bepaling van de geluidproductie, veroorzaakt door individuele deelnemers aan het wegverkeer;
- voorbereiding van een wet inzake geluidhinder, waarin de bestaande leemten in de wetgeving worden opgevuld;
- verlaging van de grenswaarde voor de toelaatbare geluidproductie van motorvoertuigen met 5 dB(A) binnen een ter-

mijn van 5 jaar, conform het advies van de Gezondheidsraad.

Hierover dient echter een accoord in EEG-verband te worden bereikt.

4.2. Immissie-aanbevelingen

A. ALGEMEEN

Voor de in het milieu toelaatbare geluidniveaus gelden in Nederland nog geen wettelijk kwantitatieve richtlijnen. Ten aanzien van het milieu rondom verkeerswegen zijn momenteel aanbevelingen in studie bij een interdepartementale werkgroep.

Bij het opstellen van immissie-aanbevelingen kan onderscheid worden gemaakt in verschillende milieu's met ieder een eigen mate van gevoeligheid voor lawaai. Zo kunnen grofweg in volgorde van toenemende lawaaigevoeligheid worden onderscheiden:

een werkmilieu (industrie, dienstverlenende bedrijven)

een woonmilieu

een recreatiemilieu

een natuurmilieu

Elk van de milieu's kan weer op basis van lawaaigevoeligheid worden onderverdeeld in een aantal kenmerkende bestemmingen. De belegging van de ruimte in de omgeving van verkeerswegen met dergelijke bestemmingen vindt plaats in het kader van de opstelling van bestemmingsplannen; ook

spelen hierbij stedenbouwkundige aspecten een belangrijke rol. Op deze aspecten wordt nader ingegaan bij paragraaf 5.7.

Een belangrijke factor vormt in dit verband ook de afstand tussen de weg en de aangrenzende bestemming. Naast verkeerslawaai kunnen bij de bepaling van de aan te houden afstand ook andere overwegingen spelen, zoals:

- uitbreidingsmogelijkheden van de weg
- verkeersveiligheid
- landschappelijke of stedenbouwkundige overwegingen
- luchtverontreiniging door het verkeer
- bodemverontreiniging (b.v. gevaren voor waterwingebieden).

Bij het opstellen van plannen, waarin bepaalde bestemmingen nabij wegen moeten worden gesitueerd (of vice-versa), kan ter beperking van de geluidoverlast op deze bestemmingen gebruik worden gemaakt van een zgn. zône-indeling aan weerszijde van de weg.

Het aangeven van een scherpe grens voor de toelaatbare lawaai-belasting voor ieder milieu is niet goed mogelijk. Het is denkbaar, dat een zôneringssysteem zou kunnen worden ontwikkeld, waarbij drie zônes zouden worden onderscheiden:

De drie zônes zijn:

- a) rode zône: de lawaai-belasting tengevolge van het wegverkeer is in deze zône zo hoog, dat zelfs bij het treffen van bijzondere voorzieningen geen uit oogpunt van volksgezondheid aan-

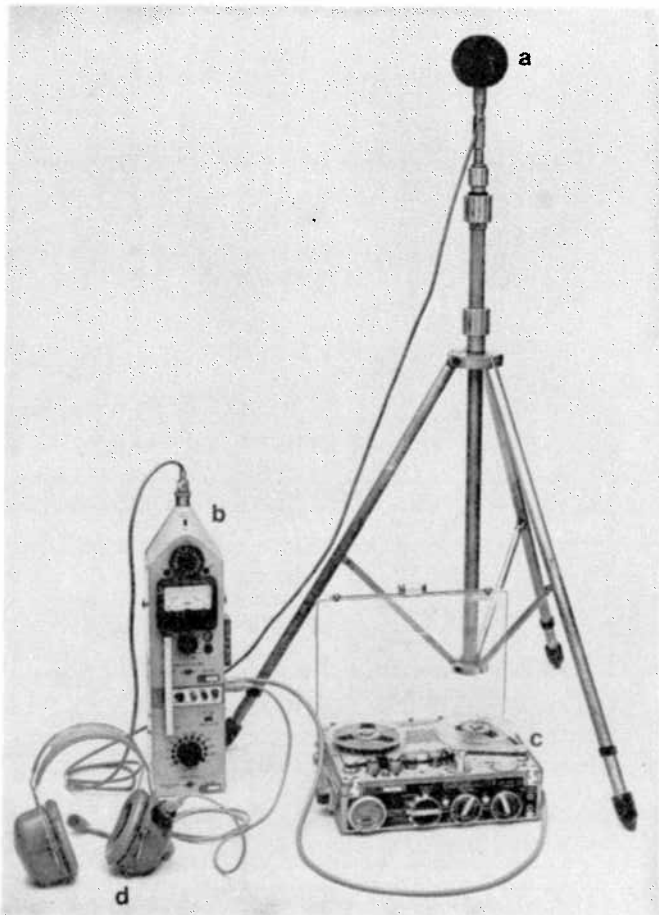
vaardbare toestand voor de betreffende bestemming kan worden verkregen;

- b) groene zône: de afstand tot de weg is hier zo groot, dat zonder het treffen van aanvullende maatregelen aan de immissie-aanbevelingen voor de betreffende bestemmingen kan worden voldaan;
- c) oranje zône: deze zône ligt tussen de rode en de groene zône in. De lawaai-belasting is hier veelal toch nog aanzienlijk hoger dan de immissie-aanbevelingen voor de betreffende bestemmingen. Met behulp van aanvullende maatregelen en voorzieningen is het evenwel mogelijk de geluidoverlast

hier zodanig te beperken, dat geen afwijkingen resulteren ten opzichte van de immissie-aanbevelingen uit oogpunt van volksgezondheid.

In de oranje zône zal vaak een compromis-oplossing moeten worden gevonden. In de oranje zône zullen de kosten van de te treffen voorzieningen worden afgewogen tegen het belang een bepaalde voorziening in deze strook te projecteren.

Bij dit afwegingsproces zal moeten worden bedacht, dat geluidhinder slechts één van de factoren is, die het welzijn beïnvloeden.



Kleine batterij-gevoede uitrusting voor het maken van opnamen, van bijvoorbeeld verkeerslawaai, bestaande uit:

- a) microfoon met windkap*
- b) precisie-geluidniveaumeter (Brüel en Kjaer, type 2203) met aangebouwd octaaffilter (Brüel en Kjaer, type 1613) en aangebouwde inspreek-aansluiting (Techr.Phys.Dienst TNO-TH)*
- c) handopname-apparaat (Kudelski, type Nagra III)*
- d) gehoorbeschermers met ingebouwde hoofdtelefoon en inspreekmicrofoon*

opm. de noodzakelijk ijkbron (pistonfoon, Brüel en Kjaer, type 4220) is op de foto niet weergegeven

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat de gezamenlijke breedte van de rode en de oranje zône des te geringer is, naarmate de immissie-aanbeveling voor een bepaalde bestemming minder afwijkt van de emissie van het verkeer. Er dient dan ook naar te worden gestreefd de ruimte in de onmiddellijke omgeving van de weg zoveel mogelijk op te vullen met de minst geluidgevoelige bestemmingen. Bij het opstellen van deze immissie-aanbevelingen zal het waarborgen van een gezond woonmilieu voorop moeten staan. De Gezondheidsraad geeft in zijn eerder genoemde rapport aan dat geluid de gezondheid nadelig kan beïnvloeden door onder andere:

- verstoring van slaap en rust
- belasting van het vegetatieve zenuwstelsel
- verstoring van de communicatie.

Opgemerkt zij nog, dat de gevoeligheid van de mensen voor lawaai, dus ook verkeerslawaai, zeer verschillend is. Wat de één zeer storend vindt is voor de ander nog een acceptabele toestand.

Er zijn evenwel toch enkele "harde" waarden voor het geluidniveau aan te geven, die in de woningen niet mogen worden overschreden. In een woonkamer zal men bijvoorbeeld een normaal gesprek moeten kunnen voeren. Uit de in figuur 16 aangegeven relaties tussen stoorniveau en afstand spreker-toehoorder is af te leiden, dat normaliter in een woonkamer een niveau van ca. 55 dB(A) beslist niet

moet worden overschreden. Dit betekent bij geopend raam buiten de gevel een geluidniveau van 65 dB(A).

In de praktijk blijken zich veel moeilijkheden voor te doen in situaties waar een hoofdweg op korte afstand van bestaande woonbebouwing wordt geprojecteerd.

In het hierna volgende is in verband hiermee op basis van enige buitenlandse aanbevelingen, waarop in het kort zal worden ingegaan, een aanbeveling opgesteld voor woonbebouwing langs autosnelwegen.

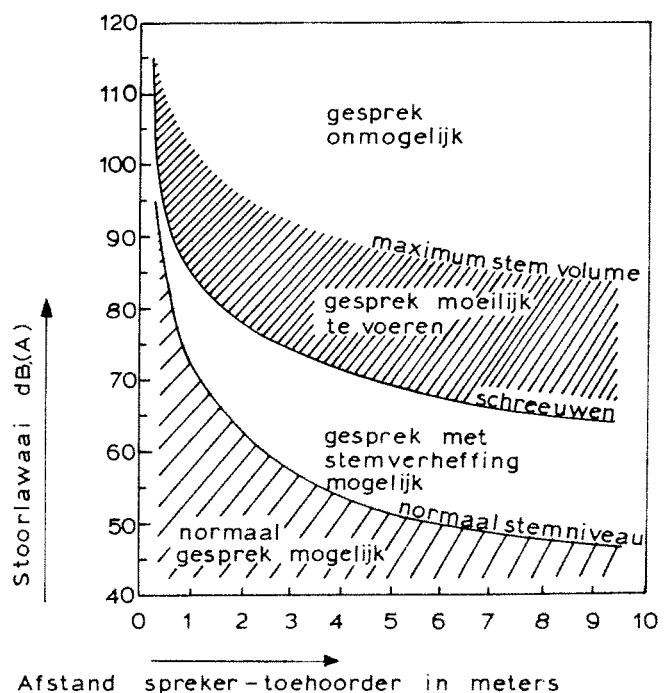
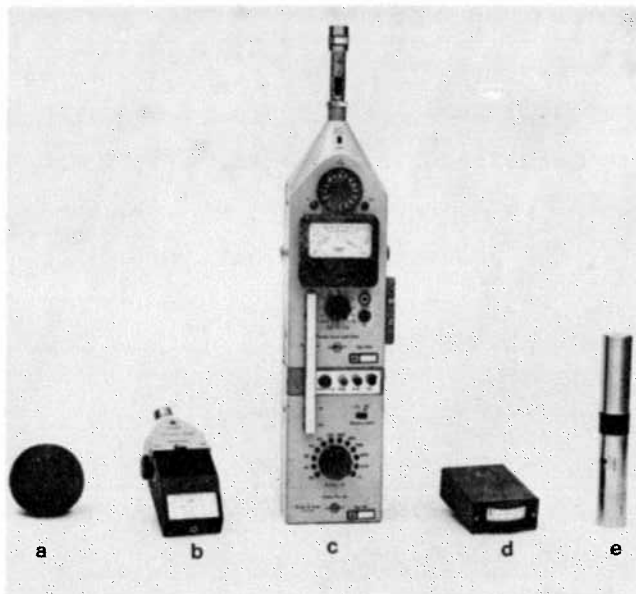


fig.16. Relatie stoorniveau - gespreksmogelijkheid.

Enkele gemakkelijk hanteerbare geluid-niveaumeters met toebehoren

- a) windkap*
- b) eenvoudige geluidniveaumeter met o.a. ingebouwd dB(A)-filter (Brüel en Kjaer, type 2205)*
- c) precisie-geluidniveaumeter (Brüel en Kjaer, type 2203) met aangebouwd octaaffilter (Brüel en Kjaer, type 1613) met diverse modificaties (Techn.Phys. Dienst TNO-TH)*
- d) eenvoudige geluidniveaumeter met o.a. ingebouwd dB(A)-filter (Spyri AG, Minophon B2)*
- e) ijkbron, pistonfoon (Brüel en Kjaer, type 4220)*



B. DE DUITSE AANBEVELINGEN

Sedert mei 1971 geldt in Duitsland een DIN-voornorm (DIN 18.005) betreffende verkeerslawaai en stedebouw. Deze voornorm moet worden gezien als voorloper van de definitieve DIN-norm; men heeft voor deze procedure gekozen omdat er nog voorbehoud bestaat tegen de in deze voornorm neergelegde aanbevelingen en tevens om enige ervaring op te doen met de aan toepassing van deze aanbevelingen verbonden consequenties.

Bij deze voornorm wordt gewerkt met het equivalente niveau (L_{eq}). Er worden verschillende normen gehanteerd voor de dagsituatie (06-22 hr) en de nachtsituatie (22-6 hr).

Gesteld wordt, dat het aan de rand van bestemmingsstroken vaak niet mogelijk zal zijn aan de immissie-aanbevelingen te voldoen; voorkomen moet worden dat de

afwijkingen meer dan 10 dB(A) bedragen. In feite wordt hier dus gewerkt met een zône-systeem: de groene zône begint waar de geluidbelasting gelijk wordt aan de in DIN 18.005 vastgelegde immissie-aanbevelingen; de rode zône wordt gevormd door het gebied waar het geluidniveau 10 dB(A) of meer hoger ligt dan de immissie-aanbeveling.

C. DE I.S.O.-AANBEVELINGEN

De International Organization for Standardization heeft in 1971 algemene immissie-aanbevelingen opgesteld voor het woonmilieu (ISO-Recommendation R-1996), die reeds in vele landen worden gebruikt. Deze gaan uit van een basisniveau waarop correcties worden toegepast voor de verschillende zônes, situaties overdag e.d. Voor het basisniveau kunnen de waarden 35-45 dB(A)

worden gekozen. De plaatselijke autoriteiten dienen dit basisniveau vast te stellen, alsmede te bepalen wat ter plaatse onder dag, avond en nacht moet worden verstaan. Deze waarden zijn weergegeven voor het equivalente niveau L_{eq} en gelden voor buiten vòòr de gevel.

De ISO geeft de volgende correcties ten opzichte van het basisniveau aan:

Correctie over de dag:

dag	0
avond	-5
's nachts	-15

Correcties in verband met karakter omgeving:

landelijke gebieden	0
zeer rustige woonwijk	+5
woonwijk met bedieningsverkeer	+10
woonwijk nabij drukke verkeersweg	+15
woningen in centrum stad	+20
woningen in industriegebied	+25

Voor speciale gevallen dient volgens ISO uitgegaan te worden van het ter plaatse aanwezige achtergrondlawaai (L_{g5}) als aanbeveling.

Voorts worden door de ISO de gevolgen aangegeven van overschrijding van aanbevolen waarden:

<u>overschrijding</u>	<u>norm met</u>	<u>reactie publiek</u>
0	dB(A)	geen klachten
5	"	gering aantal klachten
10	"	veel klachten
15	"	dreigt met gezamenlijke acties

meer dan 20 dB(A) heftige gezamenlijke acties.

Voor Nederland wordt conform het advies van de Gezondheidsraad een basisniveau van 40 dB(A) gebruikt bij de beoordeling van industrieel lawaai. Voorgesteld wordt voor verkeerslawaai eveneens een basisniveau van 40 dB(A) te kiezen.

De toelaatbare geluidniveaus volgens ISO-Recommendation R-1996, uitgaande van een basisniveau van 40 dB(A) zijn:

Gemeten buiten de dag avond nacht gevel;

(L_{eq} in dB(A))

Landelijke gebieden	40	35	25
zeer rustige woonwijk	45	40	30
Woonwijk met bedieningsverkeer	50	45	35
Woonwijk nabij drukke verkeersweg	55	50	40
Woningen in centrum stad	60	55	45
Woningen in industriegebied	65	60	50

D. AANBEVELINGEN VOOR WOONBEBOUWING LANGS AUTOSNELWEGEN WAAROP MET ONBEPERKTE SNELHEID MAG WORDEN GEREDEN

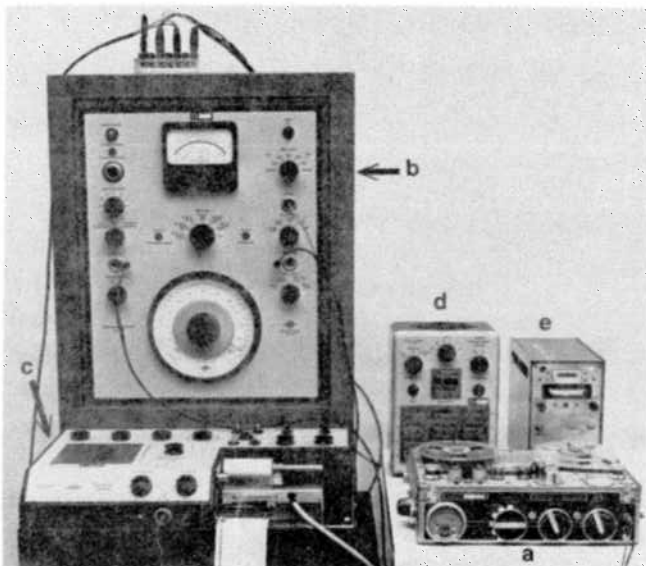
Zolang in Nederland nog geen officiële imissie-aanbevelingen voor bestemmingen nabij verkeerswegen zijn opgesteld, zal met voorlopige aanbevelingen moeten worden gewerkt. Voor woonbestemmingen langs autosnelwegen kan hierbij gebruik worden gemaakt van de bovengenoemde ISO-aanbevelingen.

In het algemeen zal het toelaatbare geluidniveau in de nacht maatgevend zijn. Door de ISO wordt bij een basis criterium van 40 dB(A) een gemiddeld nachtelijk niveau (buiten) aanbevolen variërend van 25-50 dB(A), al naar gelang het karakter van de woonomgeving. Aangezien de aanwezigheid van een autosnelweg een belangrijke invloed heeft op het karakter van de nabije woonomgeving, lijkt het redelijk om er van uit te gaan dat de woonbebouwing langs snelwegen kan worden getypeerd met de omschrijving "woonwijk nabij drukke verkeersweg".

Het hierbij behorende nachtelijke immissieniveau bedraagt 40 dB(A). (bij geopend raam binnenshuis 30 dB(A). Bovengenoemde waarde van 40 dB(A) zal in de toekomst kunnen worden bereikt door zowel maatregelen te treffen ter beperking van de geluidemissie van voertuigen als door bepaalde eisen te stellen aan de situering van de bebouwing langs

de wegen in samenhang met de vormgeving van de weg.

De emissie-normen in de toekomst zullen moeten worden verscherpt, vooral gezien de situatie in de stedelijke gebieden, waar nu de aanbevelingen van de ISO in aanzienlijke mate worden overschreden. De geluidoverlast van het stadsverkeer zal voornamelijk door het stiller maken van de voertuigen moeten worden teruggebracht. Dit zal in de toekomst ook voor de autosnelwegen een verlaging van het geluidniveau betekenen. Aangenomen wordt, dat dit in de orde van grootte van 5 dB(A) zal liggen. Het lijkt daarom aanvaardbaar om als aanbeveling op korte termijn voorlopig een nachtelijk buitenniveau van 45 dB(A) in plaats van 40 dB(A) te hanteren. Anders gezegd: voor de korte termijn wordt de aanbeveling van de ISO met een basisniveau ad 45 dB(A) gehanteerd. Dit stemt nagenoeg overeen met de Duitse voornorm DIN 18.005.



Uitgebreide analysatie-apparatuur voor band-registraties

- a) bandopname-apparaat (Kudelski, type Nagra III)*
- b) terts/octaafbandfilter met meetversterker (Brüel en Kjaer, type 2112)*
- c) geluidniveauschrijver (Brüel en Kjaer, type 2305)*
- d) statistische-verdeling-analysator (Brüel en Kjaer, type 4420)*
- e) integrator (Technisch Fysische Dienst TNO-TH)*

Voor reeds bestaande situaties zal evenwel de in de ISO-aanbeveling aangegeven waarde voor een woonwijk langs een hoofdverkeersweg vaak niet kunnen worden gehaald. In deze gevallen zal naar de in de

ISO-aanbevelingen genoemde waarden voor wonen in het centrum of wonen nabij een industriegebied moeten worden gestreefd. Deze laatste waarden kunnen immers uit een oogpunt van volksgezondheid niet onaanvaardbaar worden genoemd.

Voor autosnelwegen is de verhouding tussen de verkeersintensiteit 's nachts en overdag nagenoeg constant. Dit resulteert in een constant verschil in geluidniveau tussen dag en nacht van ca. 10 dB(A). Indien dus slechts metingen van de situatie overdag beschikbaar zijn, kan hiermee het nachtelijk emissie-niveau eenvoudig worden bepaald.

De voorlopig te hanteren immissieaanbevelingen voor woonbestemmingen langs autosnelwegen kunnen als volgt worden samengevat:

Geluidniveaus:
 L_{eq} in dB(A) Buiten Binnen
 dag nacht dag nacht

A. Te ontwerpen situaties x	Buiten		Binnen	
	dag	nacht	dag	nacht
voorkeur	55	45	45	35
aanvaardbaar maximum	60	50	50	40

B. Bestaande situaties x	Buiten		Binnen	
	dag	nacht	dag	nacht
voorkeur	60	50	50	40
aanvaardbaar maximum	65	55	55	45

x Onder te ontwerpen situaties worden gerekend de gevallen waarbij het tracé van de weg dan wel het bouwplan voor de aan de weg grenzende bebouwing met eenvoudige maatregelen kan worden aangepast aan de uit een oogpunt van geluidhinder te stellen eisen.

In alle andere gevallen wordt van een bestaande situatie gesproken.

Voor de toelaatbare waarden "binnen" is uitgegaan van gedeeltelijk geopende vensters. Door sluiten van de vensters kan, afhankelijk van de kierafdichting, binnenshuis een verdere verlaging van het niveau met 5-10 dB(A) worden bereikt, zodat in de praktijk bovenstaande immissieaanbevelingen veelal zullen overeenkomen met een binnenniveau van overdag 40-50 en 's nachts 30-40 dB(A).

5 Maatregelen tegen verkeerslawaai

In het algemeen kunnen de maatregelen om verkeerslawaai te verminderen als volgt worden ingedeeld:

A. MAATREGELEN AAN HET VOERTUIG

Dit kan enerzijds door verzwaring van de emissie-eisen, anderzijds door een strenger toezicht op de naleving van de bestaande normen.

In het bijzonder kan hierbij worden gewezen op de rol van de vrachtauto bij het verkeerslawaaï.

De vraag kan hierbij worden gesteld wat alleen al het effect op de geluidproductie van een vrachtauto is als deze zich wel aan de wettelijk voorgeschreven snelheid houdt.

Dit kan tevens gesteld worden van de rol van de niet aan de huidige emissie-eisen voldoende personen- en vrachtauto's.

B. MAATREGELEN AAN HET WEGONTWERP

Dit kan enerzijds door een betere inpassing van wegen in de ruimtelijke ordening.

Anderzijds door maatregelen aan de weg en zijn omgeving.

Deze maatregelen zullen navolgend worden behandeld.

C. MAATREGELEN MET BETREKKING TOT HET VERKEER

I Goed openbaar vervoer kan in stedelijke agglomeraties een middel vormen om de milieu-aantasting terug te dringen.

Hierbij dient er wel op gewezen te worden dat ook het openbaar vervoer geluidhinder veroorzaakt zodat ook de inpassing van het openbaar vervoer in het bestaande milieu een zorgvuldige aanpassing vraagt.

Ook hierbij kunnen maatregelen aan de bron behulpzaam zijn.

II Ook zijn er mogelijkheden om de verkeersbehoefte te verminderen door de ontwikkeling van betere woonvormen, arbeidstijdspreiding en het integreren van wonen en werken. Ook de ontwikkeling van audio-visuele middelen, die bijvoorbeeld het aantal vergaderingen e.d. en dus het verkeersaanbod beperken, kunnen een wezenlijke bijdrage leveren tot verbetering van het milieu.

Bij de woonvormen kan worden afgevraagd of niet de flatbouw het recreatieverkeer aanzienlijk doet uitbreiden.

III Tenslotte kunnen nog genoemd worden de mogelijkheden die er wellicht in de verdere toekomst zullen komen om via elektronische beïnvloeding van het wegverkeer de capaciteit van het bestaande wegennet te vergroten. Dit zou kunnen leiden tot een kleinere uitbouw van het wegennet buiten de stedelijke agglomeratie.

Wat betreft de maatregelen wordt nu nader ingegaan op punt B, de maatre-

gelen aan het wegontwerp.

De Gezondheidsraad komt in haar rapport tot de volgende richtlijnen bij het ontwerpen van nieuwe wegen of nieuwe woonwijken:

- a. Concentratie van het verkeer, liefst buiten de eigenlijke woonwijk;
- b. Een beperking van de snelheid in de woonwijken;
- c. Een aan de verkeersintensiteit aangepaste afstand tussen weg en bebouwing;
- d. Een goede indeling van de wijk met de meest stiltebehoevende elementen zo ver mogelijk van de drukke straten verwijderd;
- e. Een goede indeling van de woningen met de geluidgevoelige vertrekken aan de van het verkeer afgewende zijde;
- f. Een en ander, waar nodig, aangevuld met bouwkundige maatregelen aan de wegen en, waar absoluut onvermijdelijk ook aan de gebouwen.

De Raad stelt hierbij, dat zonder aanvullende maatregelen een afstand van 200 meter tussen weg-as en bebouwing noodzakelijk is om ernstige hinder te voorkomen.

5.0. Bundeling van wegen

Als zône waarin het geluid van een autosnelweg in een rustige omgeving nog

hoorbaar is kan een afstand worden genomen van 500 m naar weerszijden van een weg. Voor deze totale zône kan dus een strook van 1 km breedte worden genomen.

Gezien de afmeting van deze strook spreekt het voor zich dat uit verkeerslawaaioogpunt de aanleg van één zeer drukke autosnelweg verre de voorkeur verdient boven de aanleg van 2 minder drukke autosnelwegen met ieder de halve capaciteit, mede gezien de "relatief" geringe afhankelijkheid van verkeerslawaaai van de verkeersintensiteit.

Deze bundeling zal wel een vergroting geven van het tangentieel verkeer nabij steden, daar nu het verkeer geconcentreerd op een geringer aantal plaatsen aansluit op de stedelijke periferie.

Een voorbeeld van de bundeling van een verkeersweg en een spoorweg.



Een autosnelweg met b.v. een intensiteit overdag van 2000 vt/u zal bij 15% vrachtauto's en bij een gem. snelheid van personenauto's van 100 km/u en van vrachtauto's van 80 km/u en een luchtdemping en bodem absorptie van 3 dB(A) per 100 m het volgende beeld geven:

afstand	L_{eq} (2 m boven maaiveld)
500 m	44 dB(A)
200 m	57 dB(A)
100 m	63 dB(A)

Bij een intensiteit van 4000 vt/u en overigens gelijke omstandigheden:

afstand	L_{eq}
500 m	47 dB(A)
200 m	60 dB(A)
100 m	66 dB(A)

Een dubbele uurcapaciteit geeft slechts een extra "milieubelasting" van 3 dB(A) voor een strook van 1 km breed, terwijl dit een milieubesparing kan opleveren van gemiddeld 15 dB(A) voor een strook van 1 km breed, door i.p.v. 2 wegen één weg met dubbele capaciteit te bouwen.

Ook door bundeling van invalswegen tot eenheden waarbij rekening kan worden gehouden met het verkeerslawaaï, kan een aanzienlijke "milieu-verbetering" elders worden bereikt.

Bundeling van autosnelweg én spoorbaan leidt uiteraard ook tot lagere lawaaïbelasting dan een gescheiden situering.

5.1. Wegdek

Gezien het in paragraaf 3.1.4. vermelde hogere geluid-niveau van klinkerwegen dient deze verharding op drukke verkeerswegen vermeden te worden.

Dit geldt ook voor bijzondere profilering van asfalt.

Betreffende de verschillen tussen de waarden van deklagen van grindasfaltbeton, open asfaltbeton grof-dicht asfaltbeton en fijn-dicht asfaltbeton zijn weinig gegevens bekend.

Gezien de grovere oppervlaktestructuur zal vermoedelijk grof- en fijn-dicht asfaltbeton tot een lagere geluidniveau leiden dan open asfaltbeton en grindasfaltbeton.

5.2. Dwarsprofiel

De toepassing van een weg in ingraving met begroeide taluds zal, afgezien van het geval dat de weg totaal overkapt wordt, leiden tot de oplossing met het laagste geluidniveau.

Eenzelfde effect kan worden verkregen met een weg à niveau en de toepassing van een afscherming door b.v. een aarden wal. De verschillende typen afscherming zullen worden behandeld bij paragraaf 5.9.

Bij zanderige ondergronden met een lage grondwaterstand kan een weg in ingraving

in de nabijheid van woonbebouwing goed worden toegepast. Deze situatie komt in ons land weinig voor. In de meeste gebieden bevindt de grondwaterstand zich zo hoog, dat een open ingraving zonder bijkomende kostbare voorzieningen niet mogelijk is.

Bij de aanleg van een verdiepte weg in de vorm van een tunnelbak moet in de eerste plaats gewezen worden op de geluidniveau-verhoging die in de nabijheid van tunnelbakken optreedt, door de reflecties tegen de betonwanden. Geluid-absorberende bekledingen en boven het maaiveld uitstekende wanden in de vorm van schermen kunnen hier uitkomst bieden. Door de opstaande wanden kunnen de uitlaatgassen van de voertuigen minder snel weg, waardoor afhankelijk van de windrichting plaatselijk grotere luchtverontreiniging kan ontstaan dan bij een weg à niveau.

Het kostenverschil tussen een weg à niveau en een weg in een tunnelbak is aanzienlijk. Onder normale omstandigheden bedragen de kosten van een autosnelweg buiten de stedelijke agglomeratie 2-5 miljoen gulden per kilometer. Voor een tunnelbak is dit ca. 20-30 miljoen per kilometer weg.

Zoals reeds in paragraaf 3.2.4. vermeld, wordt bij een ligging in ophoging voor de huizen in de directe nabijheid van de weg een reductie gevonden. De beperking van het uitzicht wordt hierbij in de praktijk als bezwaarlijk gevoeld.

Bij niet zanderige ondergronden zal beperking van het verkeerslawaaï gezocht moeten worden in afstandvergroting en/of beplantingen en/of afschermingen.

5.3. Lengteprofiel

Zoals reeds bij 3.1.5. vermeld geven steile hellingen in een weg een niveauverhoging van ca. 1-2 dB(A) per 2 procent helling.

Een flauwe helling veroorzaakt echter weer een groter weggedeelte in ophoging met in het algemeen een ongunstiger geluidbelasting van de omgeving en hogere aanlegkosten.

Een afweging tussen de betrokken factoren zal tot een keuze moeten leiden.

5.4. Afstand

Het aanhouden van een aangepaste afstand tussen de weg en de bebouwing is de meest geëigende maatregel om verkeerslawaaï te voorkomen. Bij het aanhouden van een afstand van 200 m tussen weg en bebouwing zal in het algemeen geen geluidhinder optreden.

Slechts voor die gevallen waarin dit niet mogelijk is zal door het treffen van andere maatregelen naar een betere situatie gestreefd moeten worden. Bij het treffen van maatregelen zul-

len in het algemeen de kosten van deze maatregelen een belangrijke rol spelen.

5.5. Begroeiing

Beplanting is met de afstand de meest aanvaarde maatregel om geluidhinder te voorkomen.

Zoals bij 3.2.3. vermeld hebben slechts brede diepe aanplantingen nut. Gezien het effect van regel-beplantingen, zal deze vorm van beplanting de voorkeur verdienen.

Verder onderzoek is hierbij, in relatie met de in Nederland toepasbare plantsoorten, noodzakelijk.

5.6. Snelheid

Afname van de snelheid met 10 km/u geeft een afname van het geluidniveau van 2 dB(A).

Als maatregel om de lawaai-belasting te verminderen is de verlaging van de maximum snelheid theoretisch gezien een te overwegen maatregel, in de praktijk echter blijkt de weggebruiker niet, of moeten we zeggen nog niet, geneigd zijn snelheid aan te passen aan een aangegeven maximum snelheid, die niet wordt gedeckt door een situatie die door de weggebruiker als noodzakelijk snelheid-verlagend wordt ervaren.

De momenteel voorkomende te hoge snelheden bij slechte weersomstandigheden (b.v. mist) en bij werken in uitvoering op de wegen, dus situaties die vanuit de veiligheid van de weggebruiker geredeneerd tot een aangepast rijgedrag zou moeten leiden, doet vermoeden dat op korte termijn een aangepaste maximum snelheid i.v.m. het verkeerslawaai niet veel effect zal sorteren.

Bovendien is op grond van het wegenverkeersreglement een lagere maximum snelheid voor wegen niet vallend onder het bebouwde kom voorschrift niet mogelijk, daar het R.V.V. slechts de mogelijkheid geeft tot het invoeren van een lagere maximum snelheid voor die situaties die voor het wegverkeer bij een onaangepast rijgedrag gevaar op zou leveren. Dit zijn dus situaties die voor een normale automobilist reeds tot een aangepast rijgedrag zou leiden.

Gewezen is al reeds op het lawaai van die vrachtwagens die harder rijden dan is toegestaan.

5.7. Stedebouwkundige maatregelen.

5.7.1. Algemeen

Bij het opzetten van streek- en bestemmingsplannen moet zoveel mogelijk rekening worden gehouden met de lawaai-producties van de bestemmingen die in deze plannen zijn opgenomen. Dit geldt

niet alleen voor verkeerslawaaï. Bij het plannen van industriegebieden zijn in de betreffende bestemmingsplannen gewoonlijk wel eisen ten aanzien van de hoogte van de bebouwing opgenomen, maar een indeling naar lawaaï- en niet-lawaaï-producerende industrieën zou niet achterwege mogen blijven.

Verder zouden er regels moeten komen over het gebruik van de gronden en dat van de opstallen op de grond.

Dit biedt dus een mogelijkheid om bij de opname van de verschillende bestemmingen rekening te houden met de lawaaï-producties van deze bestemmingen en de immissie-aanbevelingen van aangrenzende bestemmingen.

Men kan zo komen tot het opnemen van aangepaste bestemmingen rond industrieterreinen, hoofdverkeersverbindingen enz.

Bij het projecteren van bebouwingen langs bestaande wegen dient hierbij in de eerste plaats te worden gedacht aan het projecteren van minder geluidgevoelige bebouwingen langs de wegen b.v. industrie, kantoren met dubbele beglazing en voorzien van air-conditioning, parkeergarages, winkelcentra e.d.

Andere mogelijkheden zijn:

- aanhouden van voldoende afstand tussen woonbebouwing en de weg;
- projecteren van beplantingsstroken met aarden wallen langs de weg;
- projecteren van een strook bebouwing in de nabijheid van de weg met speciale bouwkundige eisen.

Hierop zal in het volgende worden ingegaan.

5.7.2. Groepering van de bebouwing

De voor een totaal bouwplan meest gunstige groepering van de randbebouwing is een randbebouwing evenwijdig aan de weg. Deze dient als het ware als scherm voor de achterliggende bebouwing.

Bij deze randbebouwing dient dan bij de opzet van de plattegrond en of de isolatie van de gevel met het verkeerslawaaï terdege rekening te worden gehouden.

Deze randbebouwing kan ook van de weg worden afgeschermd door de situering van garages aan de wegzijde.

Een voorbeeld van een aangepaste bebouwing is weergegeven in fig. 17 en 18.

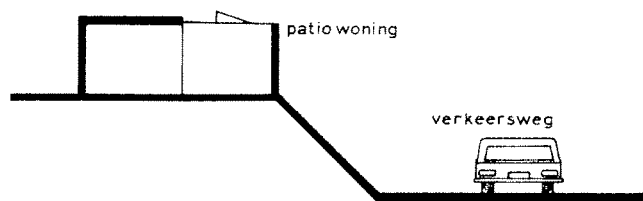


fig.17. Voorbeeld aangepaste bebouwing langs verkeersweg.

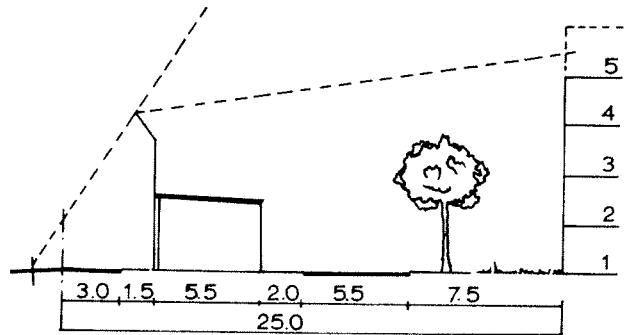
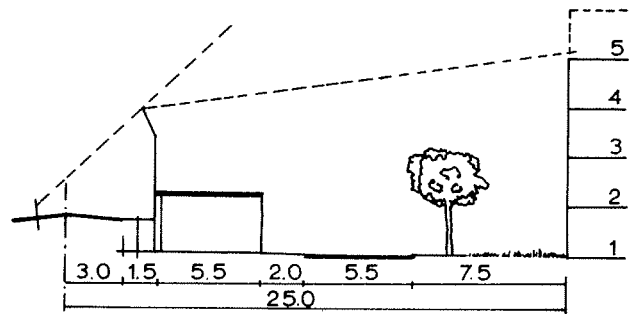
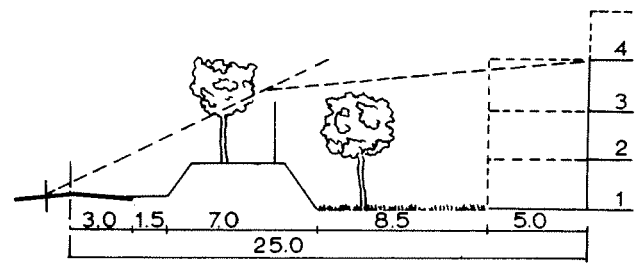
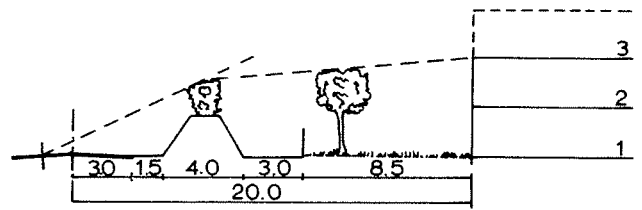


fig.18. Dwarsprofiel met afschermmogelijkheden.

Een nevenvoordeel van een evenwijdig aan de wegzijde staande bebouwing is dat aan de niet-wegzijde van de bebouwing een geluidniveau wordt gemeten, dat 10-20 dB(A) lager ligt dan aan de wegzijde van het gebouw. Dit opent de mogelijkheid de meest geluidgevoelige ruimten aan de niet-wegzijde te projecteren b.v. slaapvertrekken bij woningbouw, studieruimten e.d. bij utilitaire bebouwingen.

Bij loodrecht op de weg staande bebouwingen wordt weliswaar een lager niveau gemeten dan het aan de voorzijde van de parallel aan de weg staande bebouwingen, maar dit niveau ligt aan beide zijden van de woning gemeten gemiddeld hoger dan bij de parallelbouw.

Een en ander is op fig. 19 en fig. 20 weergegeven.

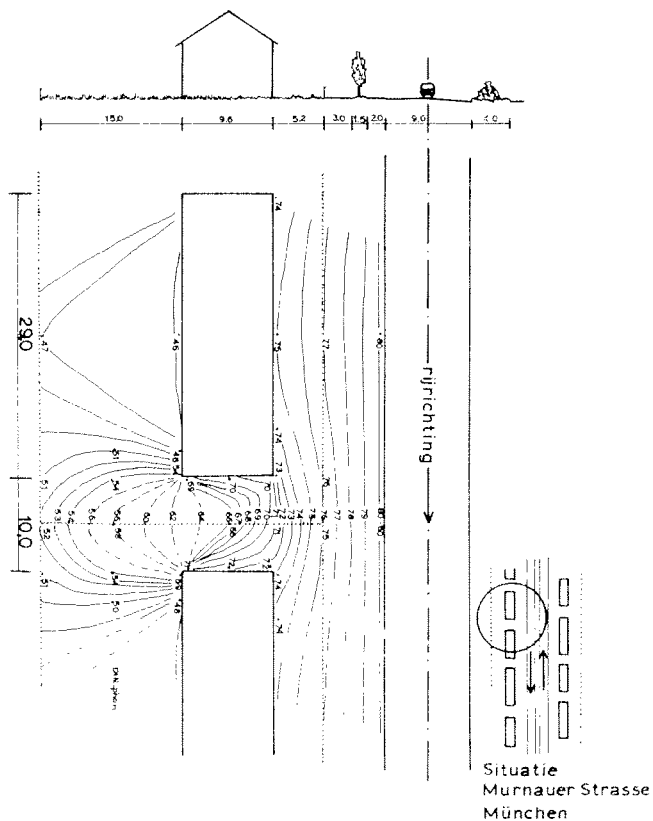


fig.19. Isofoonkaart van een bebouwing parallel aan de straat.
Mikrofoonhoogte 1.25m. (meting Rucker en Glück)

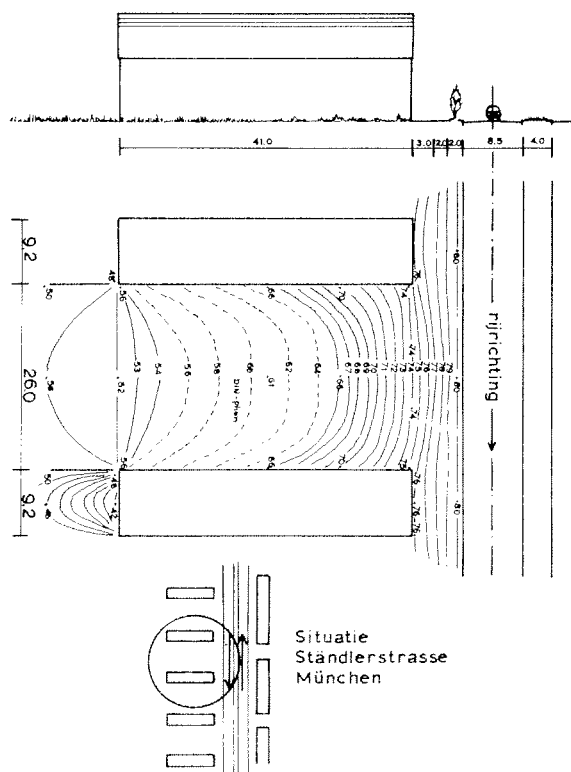


fig.20. Isofoonkaart van een bebouwing loodrecht op de straat.
Mikrofoonhoogte 1.25m. (meting Rucker en Glück)

5.8. Bouwkundige maatregelen

Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen de indeling van de plattegrond van het gebouw en de isolatie van de gevel.

5.8.1. Indeling van de plattegrond

De meest geluidgevoelige ruimten dienen aan de niet wegzijde van het gebouw te worden gesitueerd (b.v. slaapvertrekken bij de woningbouw en klaslokalen bij de scholen-bouw).

Alhoewel dit zeker een beperkte indeling van de ruimte toelaat, maakt dit het mogelijk, de bebouwing dichtter bij de weg te situeren. Zie fig. 21. a en b

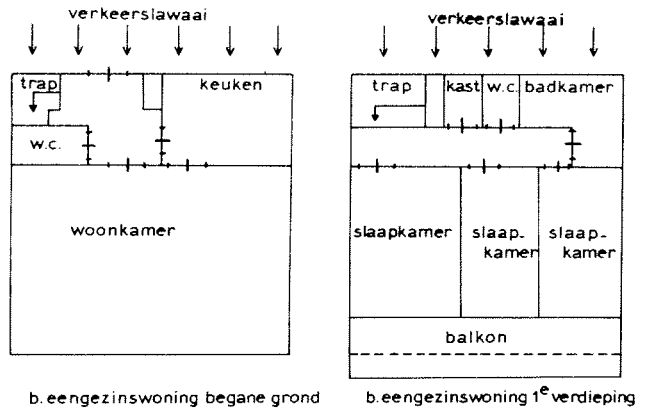


fig. 21^b Voorbeeld aangepaste plattegronden eengezinswoning i.v.m. verkeerslawaai.

5.8.2. Geluidisolatie van de gevel

De geluidisolatie van de gevel wordt bepaald door de geluidisolatie van de beglazing. Deze laatste kan aanzienlijk worden verbeterd door de toepassing van dubbelglas. Een toepassing die in feite de mogelijkheden voor een te openen raam onmogelijk maakt door het probleem van de isolatie van de sponningen. Bij kantoren e.d. zal dubbelglas gecombineerd worden met air-conditioning, waardoor dit geen probleem behoeft op te leveren.

Bij galerij-flats bestaat behalve via een aangepaste plattegrond ook via gevelconstructie de mogelijkheid met verkeerslawaai rekening te houden. Een en ander is weergegeven in fig. 22.

De geluidreductie ten opzichte van buiten van verschillende glasgevelconstructies bedraagt:

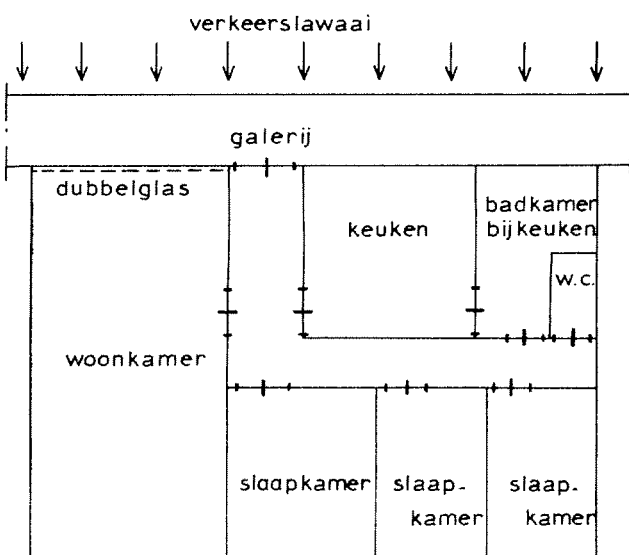


fig. 21^a Voorbeeld aangepaste plattegrond galerijflat i.v.m. verkeerslawaai.

gedeeltelijk open raam	10 dB(A)
enkel dun glas	15-20 dB(A)
enkel glas 12 mm	20-25 dB(A)
prefab dubbelglas	" " "
dubbelglas met brede spouw	25-30 dB(A)

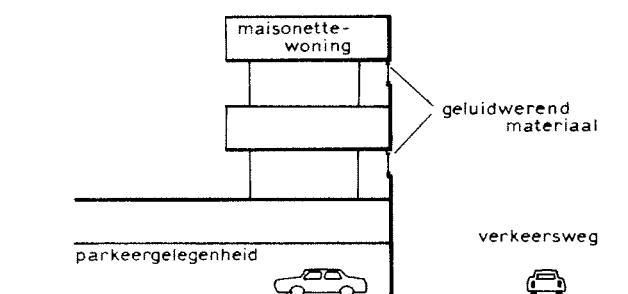


fig.22. Voorbeeld van aangepaste bebouwing langs verkeersweg.

5.9. Afschermingen

Afschermingen moeten met bouwkundige maatregelen gezien worden als de maatregelen die slechts genomen moeten worden als met een combinatie van de hiervoor genoemde mogelijkheden om het verkeerslawaai te beperken geen bevredigende oplossingen geboden kunnen worden. Veelal zal dit het geval zijn bij bestaande situaties. Hierop kan een uitzondering worden gemaakt voor aarden wallen die ook voor te ontwerpen situaties een bevredigende oplossing bieden.

Bij afschermingen dient onderscheid gemaakt te worden in twee gevallen n.l. reflecterende schermen, hierbij reflecteert het geluid tegen een scherm en zal

dus een niveauverhoging geven aan overliggende zijde, en absorberende schermen waarbij de geluid-energie in een scherm wordt "gevangen" en wordt omgezet in andere energie (o.a. warmte).

Bij een aan één zijde van de weg staand scherm zal het voor de situatie achter het scherm nauwelijks verschil uitmaken of een absorberend, dan wel reflecterend scherm wordt toegepast. Gezien het aanzienlijke kostenverschil tussen beide soorten schermen zal de toepassing van de reflecterende schermen de voorkeur verdienen bij die situaties waarbij reflecties naar de overliggende wand niet bezwaarlijk zijn.

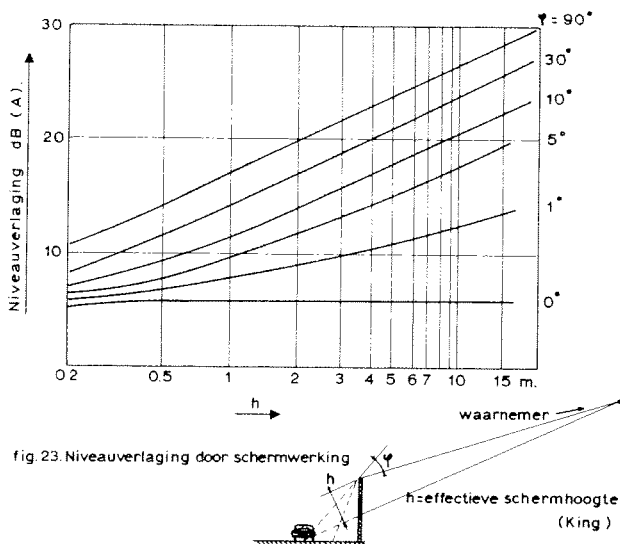
5.9.1. Reflectie-schermen

Bij deze schermen speelt slechts voor de situatie direct achter het scherm de massa van het toe te passen materiaal een rol.

Voor de normale situaties langs wegen is slechts van belang dat de wand dicht is. De windkracht, mogelijkheden van montage en onderhoud en de kosten bepalen hier meer het soort materiaal.

De meest bruikbare materialen zijn hout, beton en kunststof.

Er zijn verschillende grafieken ontwikkeld waaruit de schermwerking kan worden berekend. In fig. 23 is een van deze grafieken weergegeven.



wing aanwezig is. In de praktijk zijn reeds enkele, zij het kostbare, constructies bekend die o.a. zijn opgebouwd uit een kernlaag van steen- of glaswol. Voor de waarden die achter het scherm gemeten worden, wordt eveneens verwezen naar de fig. 24 t/m 29*.

Ook de aardenwal kan als een absorberend scherm worden beschouwd, die uit oogpunt van òn kosten òn esthetica de voorkeur verdient.

5.9.3. Praktische toepassing van schermen

Voor de berekening van een globale schermwerking aan de hand van de fig. 24 t/m 29 wordt verwezen naar paragraaf 6.

Bij de toepassing van schermen heeft de aardenwal veruit de voorkeur.

Daar deze wal kan worden beplant kan deze gedeeltelijk absorberen en door achterliggende beplanting aan het gezicht worden onttrokken. De kosten van deze wal bedragen bovendien een fractie van de overige schermoplossingen. Een nadeel is de ruimte die de aardenwal vereist. Deze kan nog worden gereduceerd door de toepassing van een perronkering aan de wegzijde (zie fig. 30).

Is slechts geringe ruimte beschikbaar voor de plaatsing van een afschermdende constructie, dan zal noodzakelijk dienen te worden overgegaan tot de plaatsing van een scherm van beton of van een ander ma-

*fig.24 t/m 29, zie blz.50 t/m 55

In de praktijk bestaat echter meer behoefte aan een methode om op snelle wijze het effect van een scherm op verschillende hoogten t.o.v. het maaiveld en op verschillende afstanden van de weg te meten.

Daarom zijn aan de hand van een door de TPD-TNO/TH ontwikkeld computer-programma in bijgaande fig. 24 t/m 29* enkele situaties weergegeven met verschillende weghoogten en verschillende schermhoogten. Hieruit is globaal te zien de werking die een scherm heeft op het geluidniveau.

Het verdient echter aanbeveling alvorens over te gaan tot de aanleg van een geluidsscherm hiervoor een detail-studie te laten verrichten.

5.9.2. Absorptie-schermen

Deze schermen dienen te worden toegepast als aan beide zijden van de weg bebou-

teriaal. Hierbij dient er toch naar gestreefd te worden het scherm door een beplanting van minimaal ca. 5 m aan het zicht vanuit de bebouwingszijde te onttrekken.

Daar de benodigde schermhoogte afhankelijk is van de afstand tot de weg en anderzijds van de afstand tot de bebouwing, zal het scherm zo dicht mogelijk tegen de weg moeten worden geplaatst.

Een afstand van ca. 2 à 4 m tot de rand van de verharding dient te worden aangehouden i.v.m. de "obstakelvrees" van de automobilisten. Deze afstand hangt o.a. af van de gemiddelde snelheid der automobilisten.

Een scherm werkt slechts effectief als men vanaf de plaats waar men het geluid wil reduceren de lawaaibron niet meer waarneemt.

Op grotere afstand van de weg zal i.v.m. de buiging van het geluid over het scherm hier een extra hoogte benodigd zijn.

Bij een zeer nabije ligging van een bebouwing langs een weg kan dit leiden tot een te hoog of een te kostbaar scherm. Overwogen kan dan worden de toepassing van een scherm in de middenberm van de weg, waardoor als het ware iedere rijbaan apart wordt afgeschermd.

Wel dient de bebouwingszijde van het scherm in de middenberm van geluid-absorberend materiaal te worden voorzien.

Dit principe is in fig. 30 weergegeven. Ook op hoog gelegen wegen kunnen schermen worden toegepast.

Bij het projecteren van schermen zal de beperking van het uitzicht van de bewoners een belangrijke rol spelen. Wordt echter het scherm door groen aan het oog onttrokken, dan moet dit aspect niet worden overtrokken.

Bij de plaatsing van een scherm voor een bebouwing dient dit scherm voldoende ver vóór het punt waar de bebouwing aanvangt te beginnen.

Wil men ook bij de rand van de bebouwing eenzelfde geluidreductie verkrijgen als voor het gehele complex geldt, dan dient het scherm 3 à 4 maal de afstand van scherm tot bebouwing vóór het aanvangspunt van de bebouwing te beginnen.

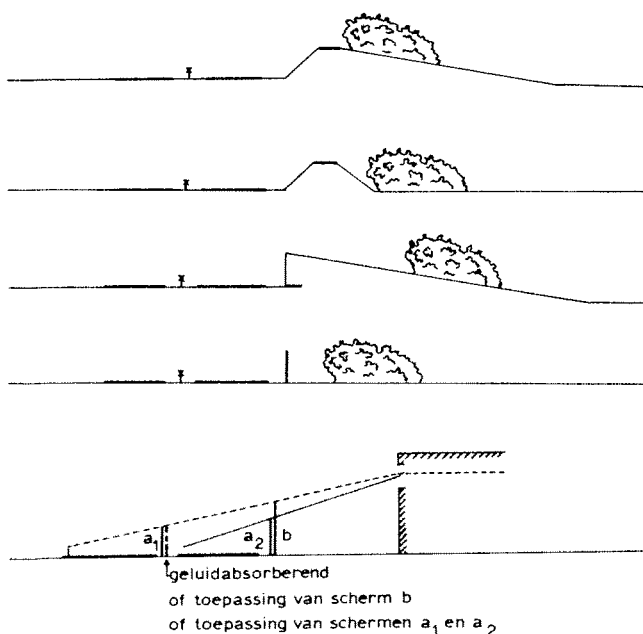


fig.30 Enkele praktische mogelijkheden van schermwerking.

Het scherm dient over de gehele lengte gesloten te zijn, daar zelfs kleine openingen (b.v. terplaatse van viaducten) een belangrijke verslechtering geeft t.o.v. de situatie zonder opening in de schermwand.

5.10. Overkapping van wegen

Wordt ook door het plaatsen van schermen geen aanvaardbare situatie bereikt dan kan behalve het amoveren van de bebouwing ook nog worden overwogen de weg in de vorm van een tunnel te overkappen.

Bij een op-eenvolging van in- en uitvoeringen is dit veelal niet mogelijk.

5.11. Verkeerslawaaireducerende maatregelen in bestaande stedelijke centra

Alhoewel, zoals reeds gesteld, een aanzienlijke vermindering van verkeerslawaaï in stedelijke centra slechts verkregen kan worden door een strengere emissie-norm voor de voertuigen, zijn er toch enige maatregelen aan te geven die tot een reductie van het geluidniveau in de bestaande stedelijke agglomeraties kunnen leiden n.l.:

a. het gebruik van groene golven op verkeerswegen kan de aanzienlijke geluidniveau nabij door stoplichten geregelde kruispunten gedeeltelijk voorkomen;

- b. ook het zoveel mogelijk weren van vrachtvervoer, dat niet noodzakelijk ter plaatse behoeft te zijn, kan het verkeerslawaaï verminderen. Hierbij kan voor doorgaand vrachtwagenvervoer gedacht worden aan omleidingsrouten;
- c. het gebruik van klinkerverhardingen op belangrijke verkeersaders dient te worden vermeden.

5.12. Toepassing van verkeerslawaaireducerende maatregelen

Bij het gebruikmaken van de maatregelen die er zijn om de geluidhinder ten gevolge van het wegverkeer te verminderen kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende gevallen:

A. ONTWERPEN VAN WEGEN NABIJ BESTAANDE BEBOUWINGEN

Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de maatregelen 5.0 t/m 5.6, waarbij nog de aarden wallen genoemd kunnen worden.

Om een globale indruk te verkrijgen in de mate waarin de verschillende maatregelen effectief zijn is het mogelijk een volgend onderscheid te maken:

- 1) geluidniveau - verlaging tot 10 dB(A):
 - beplantingen ongeveer 100 meter diep
 - weg in ingraving tot 3 meter diep
 - lage aarden wallen

2) geluidniveau verlaging tot 20 dB(A):

- weg in ingraving meer dan 3 meter diep
- hoge aarden wallen
- beplantingen meer dan 100 meter diep of een regelbeplanting van ca. 100 meter
- combinatie voornoemde maatregelen

3) geluidniveau verlaging van meer dan 20 dB(A):

- zeer hoge aarden wallen
- combinatie meerdere maatregelen

B. ONTWERP VAN BEBOUWINGEN LANGS BESTAANDE WEGEN

Hierbij kan gebruik worden gemaakt van afstand (5.4.) begroeiing (5.5.), stedenbouwkundige maatregelen (5.7.), bouwkundige maatregelen (5.8.) en aarden wallen (5.9.)

C. BIJ BESTAANDE SITUATIES zullen veelal slechts de volgende maatregelen mogelijk zijn:

begroeiing (5.5.) en afschermingen (5.9.) en voor stedelijke centra (5.11.)

Bereiken deze maatregelen onvoldoende resultaat dan zal tegenover de dan nog mogelijke maatregelen:

- bouwkundige maatregelen aan bestaande bebouwingen (5.8.) en overkappingen van wegen (5.10) - het amoveren van de betreffende bebouwing moeten worden afgewogen. Bij het amoveren van bebouwingen

moet worden opgemerkt, dat door deze amovering de achter deze bebouwing staande woningen mogelijk weer in de rode zône komen te staan, daar de geamoveerde bebouwing werkte als geluidscherm voor de achterliggende woningen.

6 Het opstellen van prognoses van verkeerslawaaï

Bij het bepalen van wegtracé's, het uitwerken van wegontwerpen en het opstellen van bestemmingsplannen bestaat steeds meer behoefte aan inzicht in het te verwachten verkeerslawaaï. Alhoewel verkeerslawaaï zoals uit het voorgaande blijkt afhankelijk is van veel factoren, zijn juist enkele factoren bij een globale verkeerslawaaïstudie bij de bepaling van wegtracé's en het opstellen van bestemmingsplannen belangrijk.

Deze factoren zijn:

- a. intensiteit wegverkeer;
- b. snelheid verkeer;
- c. afstand weg-bebouwing.

Door de Technisch Fysische Dienst TNO-TH is daarom een eenvoudige berekeningsmethodiek ontwikkeld, die is weergegeven in fig. 31.

Zijn voorgaande factoren bekend dan is op eenvoudige wijze het optredend equivalent geluid-niveau 2 m boven het maaiveld te bepalen.

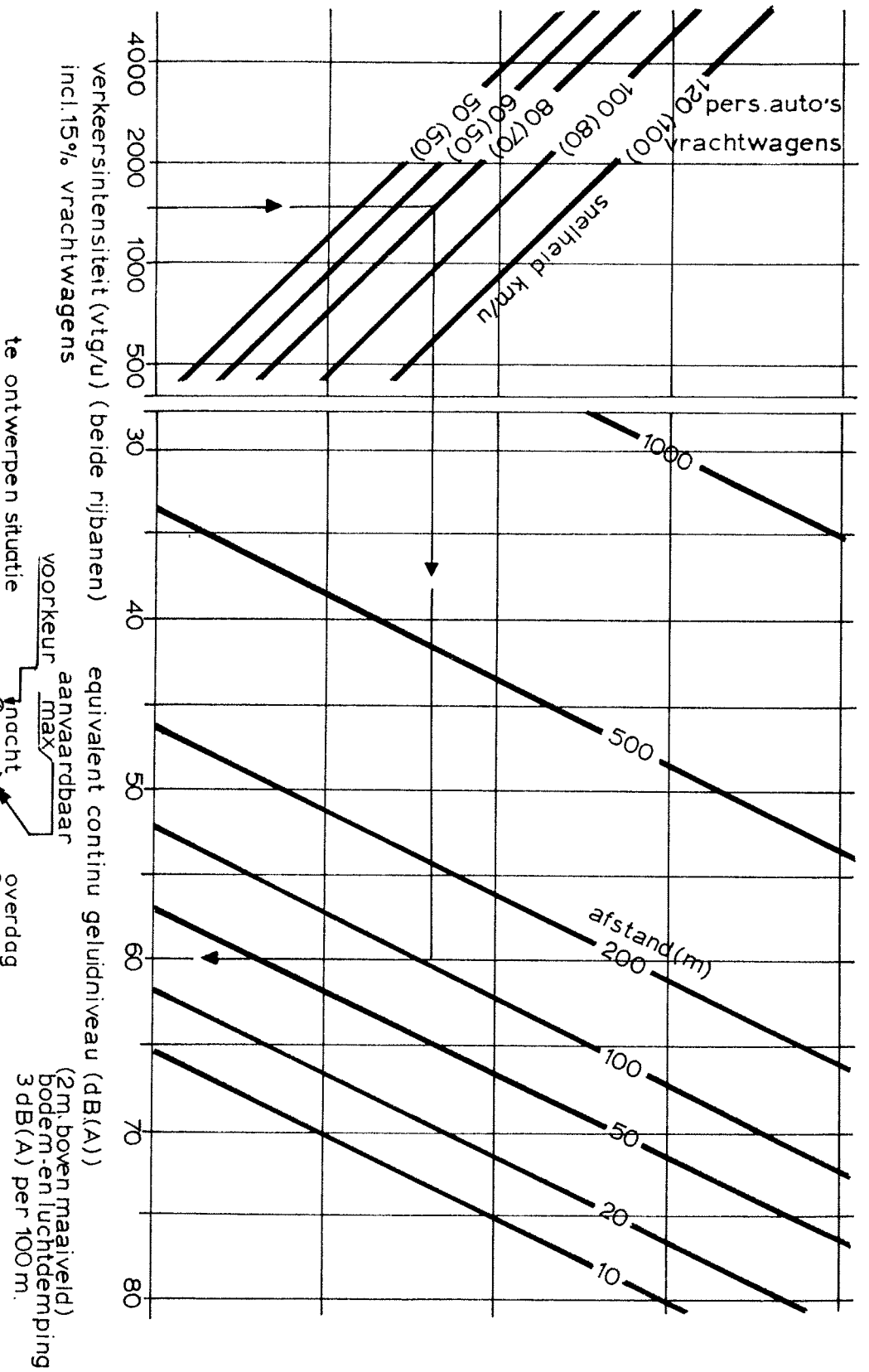


fig.31. Verband geluidniveau en „korte termijn aanbeveling“ voor woonwijken nabij verkeersweg.
 (buiten niveau)(bron TPN-TNO)
 (gemodificeerd)

In fig. 31 kan deze waarde tevens getoetst worden aan de aanbevelingen conform paragraaf 4.

De af te lezen waarde geldt bij:

- 15% vrachtauto's
- asfaltverharding
- normale atmosferische omstandigheden
- geen reflecties
- weg à niveau
- begroeiing van gras.

Door correcties is de af te lezen waarde (bij een hoogte van 2 m boven maaiveld) aan te passen aan andere omstandigheden, dit geldt tevens voor stedelijke omstandigheden.

De correcties kunnen worden bepaald met behulp van de tabel op blz. 47.

Voor een afwijkende hoogte van wegdek en waarnemer kan gebruik worden gemaakt van de fig. 24 t/m 29.

De berekende waarde geeft slechts een globale schatting.

Bij de bepaling van de schermwerking zoals weergegeven in de figuren 24 t/m 29 is uitgegaan van:

- 15% vrachtauto's
- asfaltverharding
- normale atmosferische omstandigheden
- geen reflecties
- gemiddelde snelheid van de personenauto's van 100 km/h en vrachtauto's van 80 km/h
- begroeiing van gras
- intensiteit van 200 mvt/h
- bronhoogte van 0,5 m boven het wegdek.

Voor afwijkende omstandigheden dient hierbij ook gebruik te worden gemaakt van tabel 2.

De in fig. 24 t/m 29 weergegeven schermlijn kan, zonder grote afwijkingen ten aanzien van het resultaat, achter het scherm worden benut voor een aarden wal, of een dicht reflecterend, dan wel absorberend scherm.

Het verdient aanbeveling de situaties te bezien voor overdag en 's nachts.

Voor de aan te nemen verkeersintensiteit kan worden uitgegaan van de intensiteit zoals deze enkele jaren na opstelling van de weg of realisering van het bouwplan optreedt, daar verkeersslawaai in geringe mate afhankelijk is van de verkeersintensiteit.

7 Reken-voorbeeld

Het navolgende voorbeeld dient om het in paragraaf 6 behandelde te verduidelijken.

Als voorbeeld wordt uitgegaan van het ontwerpen van het tracé van een autosnelweg langs een bestaande bebouwing (laagbouw).

Gegevens van de aan te leggen weg:

- de afstand tot de bebouwing ligt door externe factoren vast nl. 150 m afstand tussen bebouwing en as van de weg

TABEL

Correcties op waarden fig. 24 t/m 29 en fig. 31.

- A. Vrachtwagenpercentage (t.o.v. 15%)
 - 10%
 - 20%
 - 30%
 - 40%
 - 50%
- B. Verhardingen (t.o.v. asfalt)
 - betonverharding
 - klinkers
- C. Begroeiing per 100 m (t.o.v. gras)
 - matige begroeiing
 - normaal bos
 - regelbeplanting
- D. Hellingen
 - 3 - 4%
- E. Aanwezigheid verhardingen of water naast de weg
(t.o.v. gras)

Alleen voor fig. 24 t/m 29:
- F. Schermen, hoogteligging weg (fig.24 t/m 29)
- G. Intensiteit zie fig. 32
- H. Snelheid personenauto's/vrachtauto's (t.o.v.100/80)
 - 120/100
 - 80/60

In stedelijke situaties bovendien:
- I. Aanwezigheid tweezijdige bebouwing onderlinge afstand
 - 20 m
 - 25 m
 - 30 m
 - 35 - 60 m
- K. Aanwezigheid stoplichten binnen 200 m

	+	-
		1
1		
2		
3		
4		
0-5		
10		
		3
		10
		18
2		
4		
2		2
7		
5		
4		
3		
7		

Verhoging
Verlaging

Totale correctie

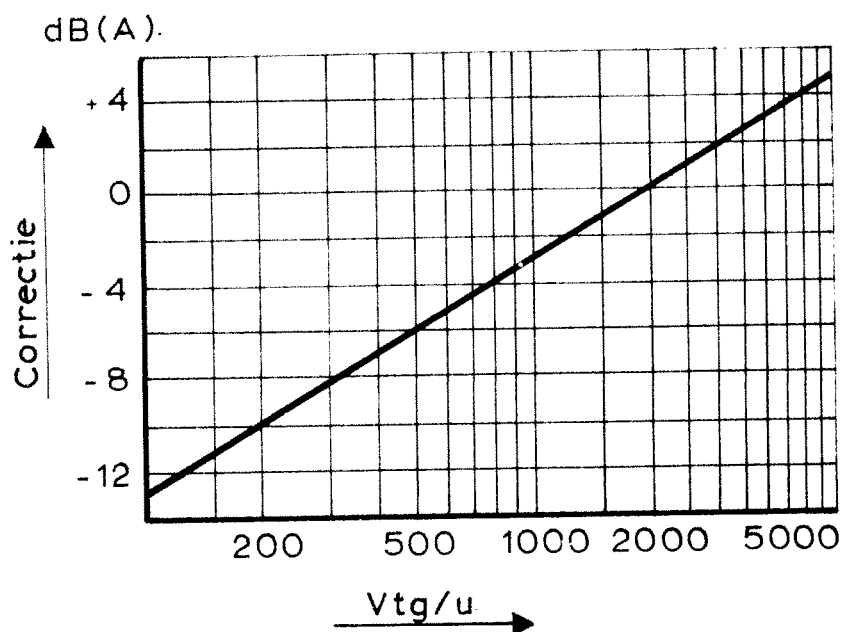


fig.32.

Correcties afwijkend uurintensiteiten t.o.v.2000vtg/u

(behoort bij scherm-berekening fig.24 t/m 29)

- Tussen bebouwing en weg ligt 50 m matige begroeiing en 100 m grasland.
- Om de immissie-aanbeveling te halen bestaat de mogelijkheid een aarden wal aan te leggen.
- weghoogte t.o.v. maaiveld 1 m +
- verharding asfalt
- geen helling

Gegevens betreffende verkeersprognose:

- werkdag intensiteit 25.000 vt/etmaal, d.w.z. $0,08 \times 25.000 = 2000$ vt/h overdag.

- vrachtwagen percentage 20% overdag
- snelheid personenauto's/vrachtwagens 100/80.

Berekening:

a. Eerst wordt uitgegaan van een dwarsprofiel zonder aarden wal.

Uit fig. 31 volgt bij:

- 15% vrachtwagens
- gras
- snelheid 100/80

- afstand 150 m

- intensiteit 2000 vt/h

een equivalent geluidniveau van 60 dB(A)

Hierop dient m.b.v. tabel 2 gecorrigeerd worden voor de volgende factoren.	-	+
- 20% vrachtwagens		1
- matige begroting 50/100 x 3		2
Totale correctie	-	<u>1</u>

Dus te verwachten geluidniveau, zonder aarden wal, op 2 m boven maaiveld: 59 dB(A)

Ingevolge de immissie-aanbeveling "te ontwerpen situatie" zal bij voorkeur overdag een niveau van 55 dB(A) gehaald moeten worden.

Dit voorkeur-niveau wordt dus met 4 dB(A) overschreden. Een van de mogelijke maatregelen om het berekende geluidniveau van 59 dB(A) terug te brengen naar 55 dB(A) is het aanleggen van een lage aardenwal.

Om nu het globale effect van de aanleg van een lage aarden wal na te gaan wordt gebruik gemaakt van fig. 27. Van het gebruik van de figuren 24 t/m 29 moet worden gesteld dat hiermede een meer globale uitkomst berekend wordt dan m.b.v. fig. 31.

Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit, dat het verloop van de lijnen met gelijk geluidniveau (isofoonlijnen) in sterke mate afhankelijk is van de bodem-absorptie.

Daar in het onderhavige geval sprake is van 50 m matige begroeiing is fig. 27 slechts voor een globale indicatie bruikbaar.

Het verdient dan ook aanbeveling in dit geval en ook in identieke gevallen een specialistisch advies te laten uitbrengen.

De berekening wordt nu met een zeer globaal karakter voortgezet.

In de eerste plaats moet nog gecorrigeerd worden voor de hoogte van de laagbouw, in dit geval 2 m hoogte (uitgangspunt, fig. 31) naar 4 m hoogte (1e verdieping laagbouw).

De correctie is volgens fig. 27 ongeveer + 1 dBA.

Dus te verwachten geluidniveau, zonder aarden wal, op 4 m boven maaiveld: 60 dB(A)

Uit vergelijking van fig. 27, geval zonder scherm, en geval schermhoogte 1,5 m boven de weg blijkt, dat het effect van een 1,5 m hoge aarden wal op 150 m afstand en 4 m hoogte bij een geringe bodemabsorptie ongeveer 7 dB(A) bedraagt nl. 62-55 dB(A).

Daar sprake is van 50 m matige begroeiing zal deze reductie in werkelijkheid groter zijn. Door deze reductie met ruim 7 dB(A) kan nu een geluidniveau nabij de bebouwing worden bereikt van ca. 53 dB(A).

Uit deze zeer globale berekening blijkt dat door de aanleg van een 1 à 1,5 m hoge aarden wal het geluidniveau onder 55 dB(A) gehouden kan worden.

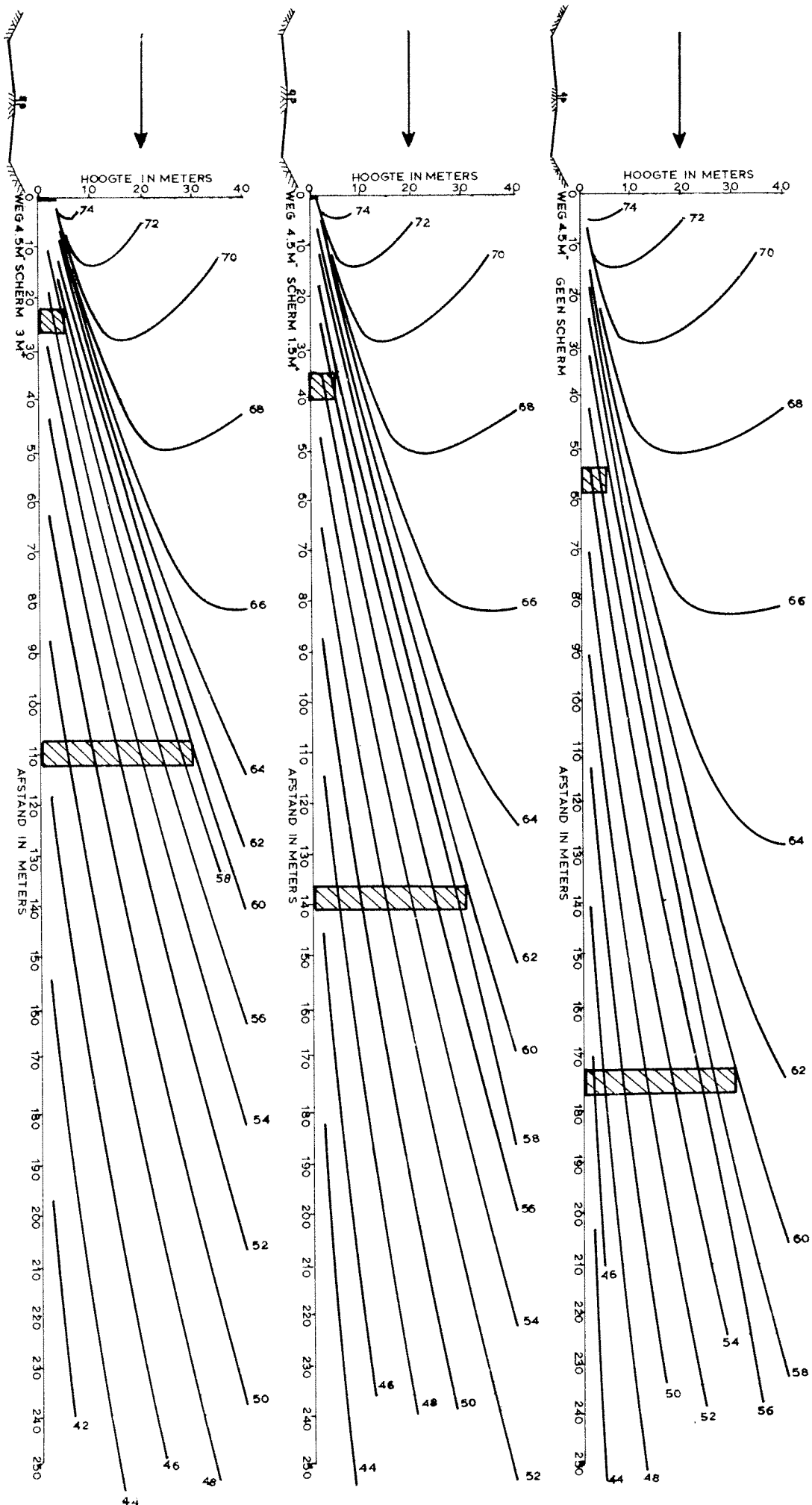
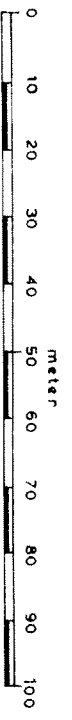


fig. 24. Leg-geluidniveau langs de autosnelweg



I = 2000 vtg/u
 V = 100 km/u personenauto's
 80 km/u vrachtwagens
 15% vrachtwagens gering bodemeffect
 (bron TPD-TNO)

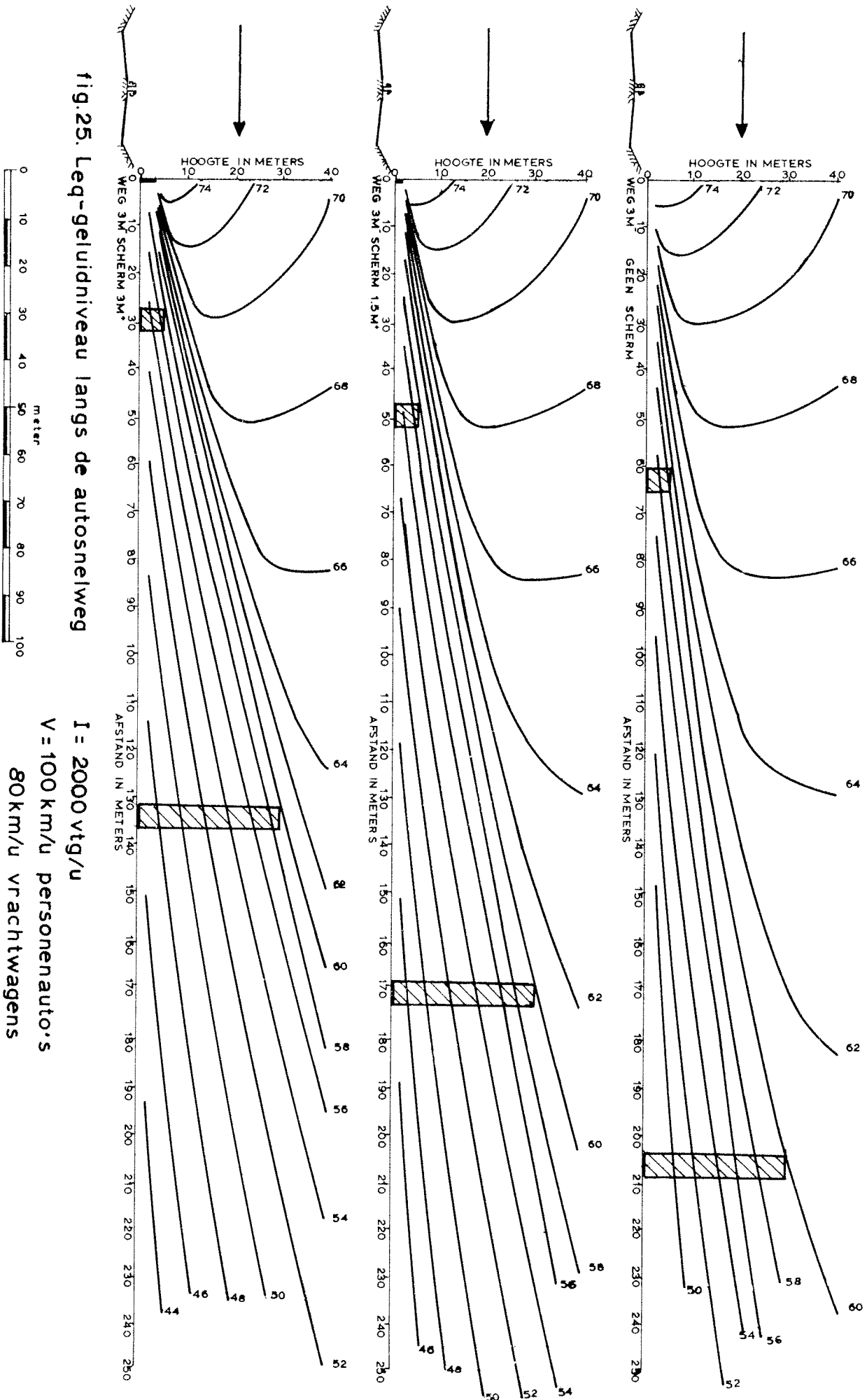


fig.25. Leq-geluidniveau langs de autosnelweg

I = 2000 vtg/u
 V = 100 km/u personenauto's
 80 km/u vrachtwagens
 15% vrachtwagens gering bodemeffect
 (bron TPD-TNO)

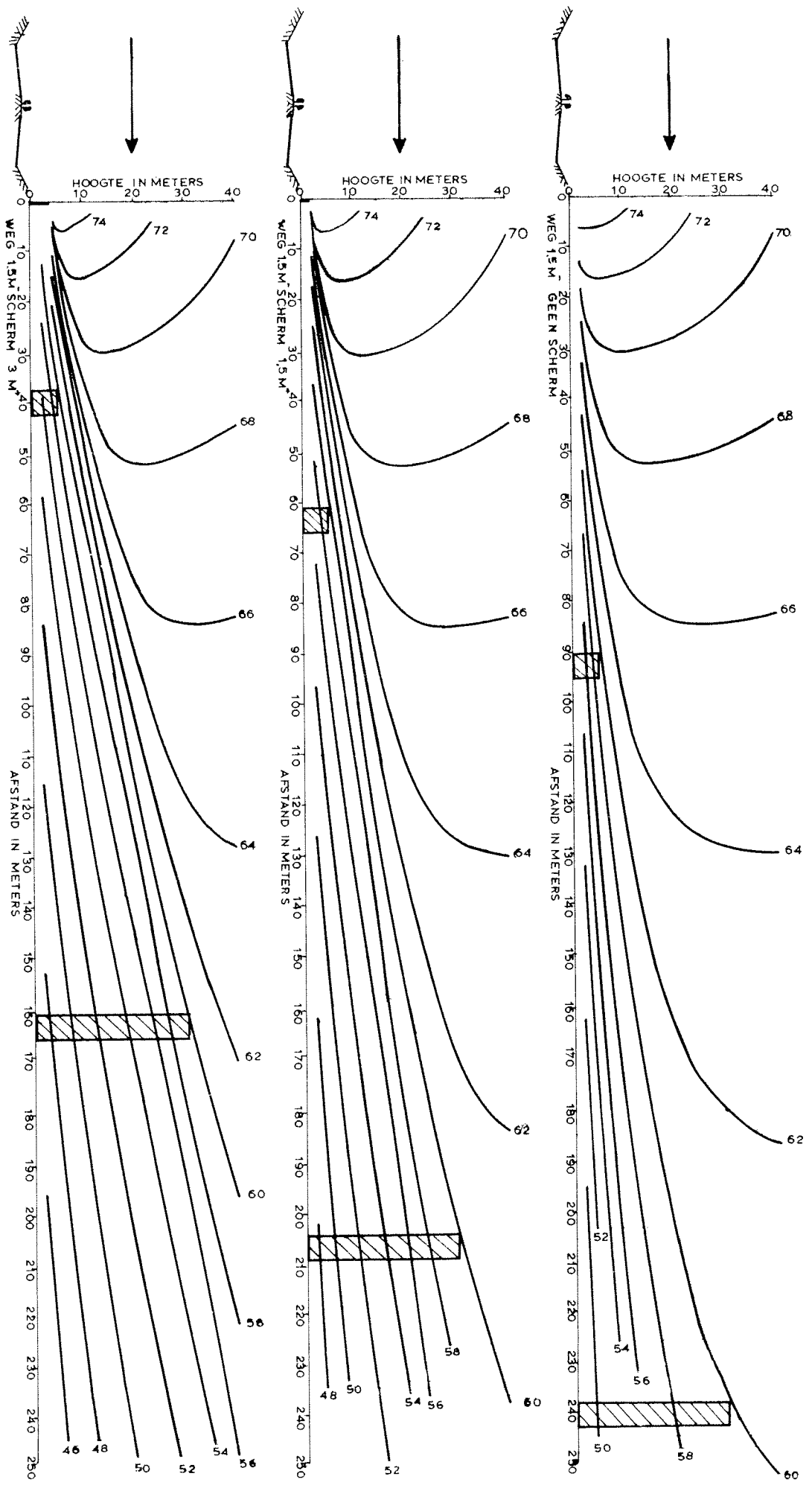


fig. 26. Leq-geluidniveau langs de autosnelweg



I = 2000 vtg/u
 V = 100 km/u personenauto's
 80 km/u vrachtwagens
 15% vrachtwagens gering bodemeffect
 (bron TPD-TNO)

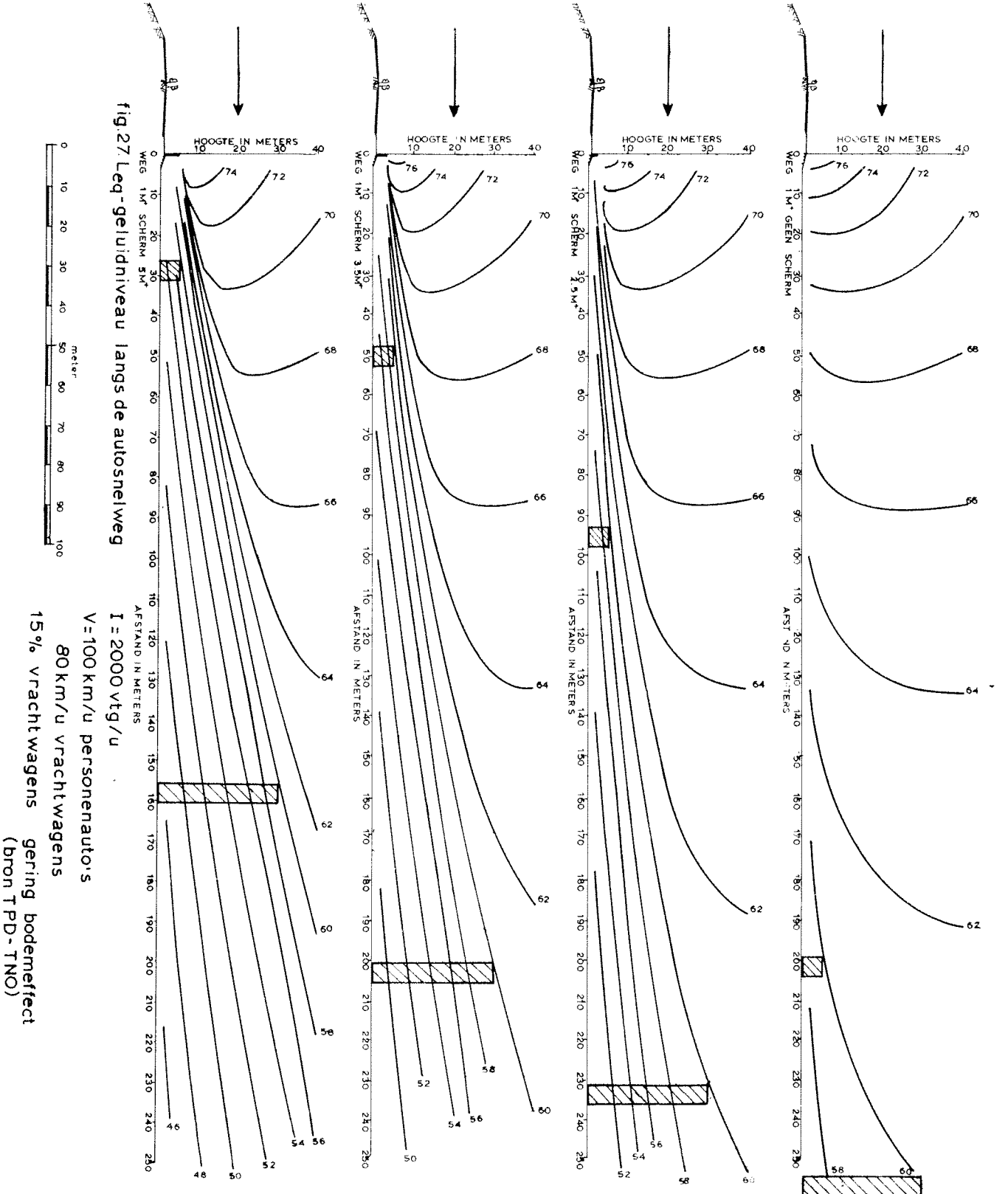


fig.28. Leq-geluidniveau langs de autosnelweg

I = 2000 vtg/u
 V = 100km/u personenauto's
 80km/u vrachtwagens
 15% vrachtwagens gering bodemeffect
 (bron TPD-TNO)

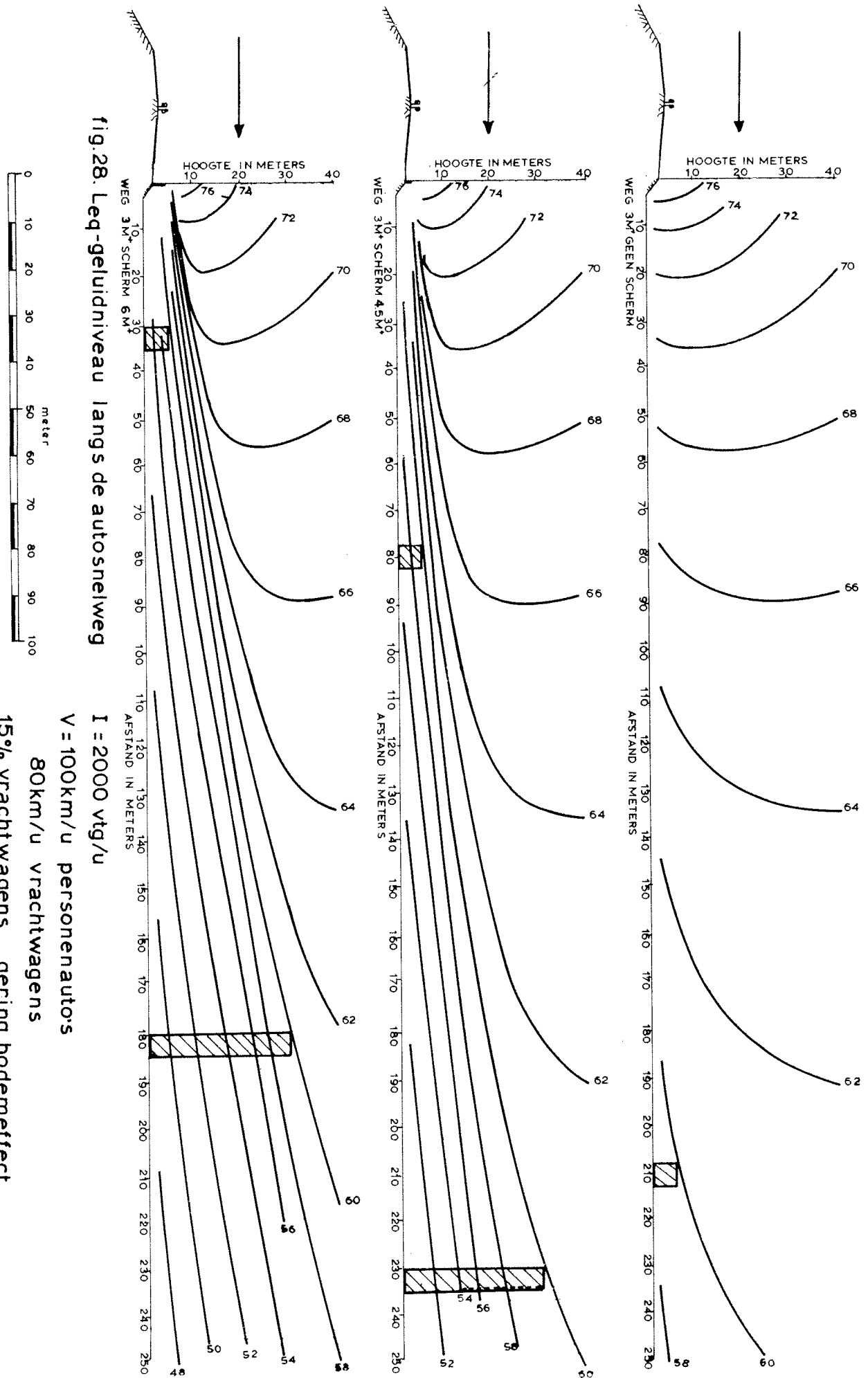
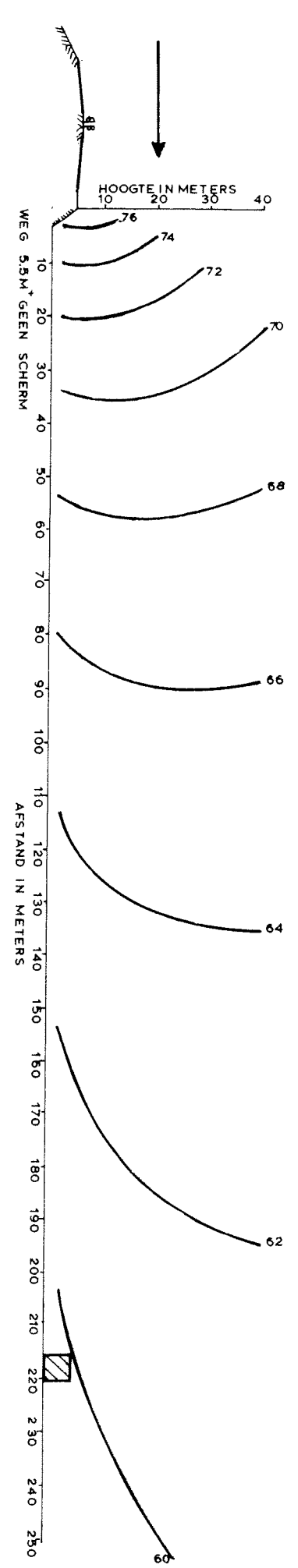
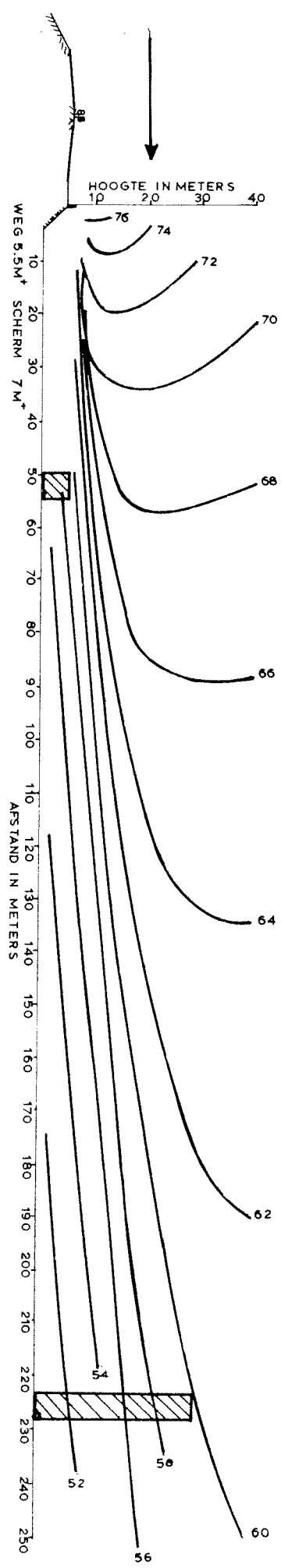
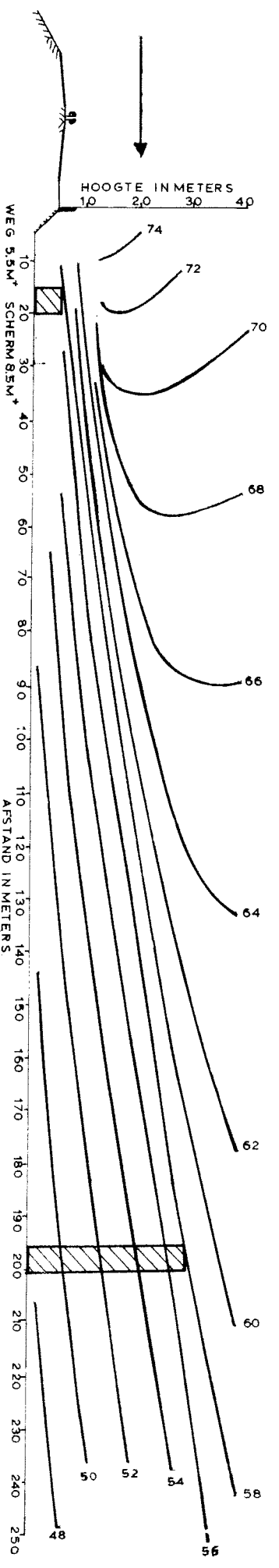
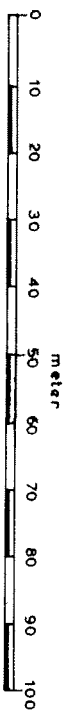


fig. 29. Leg geluidniveau langs de autosnelweg

I = 2000 vtg/u
V = 100 km/u personenauto's
80 km/u vrachtwagens
15% vrachtwagens gering bodemeffect
(bron TPD-TNO)



8 Litteratuur

De navolgende litteratuurlijst opgesteld door de Techn. Phys. Dienst TNO - TH, bevat een belangrijk deel van de titels van artikelen en uitgaven die betreffende de verkeerslawaai zijn verschenen.

De lijst maakt geen aanspraak op volledigheid. Wel zijn de belangrijkste, dezerzijds bekende, artikelen vermeld.

Om een goede aansluiting te verkrijgen met de in het rapport behandelde onderwerpen, is per onderwerp de belangrijkste litteratuur vermeld. december 1972.

AUTEUR	ARTIKEL	BLAD
* ACCELERATIE		
P.E. Waters	CONTROL OF ROAD NOISE BY VEHICLE OPERATION.	Journal of sound and vibration 13(1970) 4, 445-453.
G. Reinhold	GROSZEN ZUR KENNZEICHNUNG DER LÄRMSITUATION AN STRASZEN.	Fortschr. - Ber.VDI-Z, Reihe 11, Nr. 8.
* AFSTAND		
F. Bruckmayer	LÄRMSCHUTZ IM STÄDTEBAU.	K.d.L.19(1972)1 1-9.
Z. Maekawa	NOISE REDUCTION BY DISTANCE FROM SOURCES OF VARIOUS SHAPES.	Applied Acoustics 3 (1970) 225-238.
A.F. Nickson	CAN COMMUNITY REACTION TO INCREASED TRAFFIC NOISE BE FORECAST.	5th ICA Congress, Luik 1965
P.H. Parkin	THE HORIZONTAL PROPAGATION OF SOUND.	J.Sound Vib.(1964) I, 1-13, 199.
W.E. Scholes	FROM A JET ENGINE CLOSE TO THE GROUND AT RADLETT.	
P.H. Parkin	THE HORIZONTAL PROPAGATION OF SOUND.	Journal of Sound and Vibration 2(1965) 353-374
W.E. Scholes	FROM A JET ENGINE CLOSE TO THE GROUND? AT HATFIELD.	
E.J. Rathé	ÜBER DEN LARM DES STRASSENVERKEHRS.	Acustica 17(1966) 269-277

- G. Reinhold GRÖSZEN ZUR KENNZEICHNUNG DER FORTSCHR.-BER.VDI-Z.,
LÄRMSITUATION AN STRASZEN. Reihe 11, Nr.8.
- J. Stryenski A QUELLE DISTANCE D'UNE GRANDE ROUTE Plan, Lond. 22(1965)1,
PEUT-ON HABITER ET TRAVAILLER. 17-18.

* BEPLANTINGEN

- G. Beck UNTERSUCHUNG ÜBER PANUNGSGRUND- Dissertation an der
LAGEN FÜR EINE LÄRMBEKÄMPFUNG IM Technischen Universi-
FREIRAUM MIT EXPERIMENTEN ZUM tät Berlin Fakultät
ARTSPEZIFISCHEN LÄRMMINDERUNGSVER- für Landbau, Berlin 1965
MÖGEN VERSCHIEDENER BAUM -UND
STRAUCHARTEN.
- G. Beck DER WERT EINER LAUBGEHÖLZPFLANZUNG
- H. Börner STÖRSCHALLMINDERUNG DURCH SCHUTZ- Deutsche Gartenarchitek-
ABSTÄNDE, BÖSCHUNGEN ODER tur 2(1963) 39-41
VEGETATIONSBESTÄNDE.
- G. Beck BAUM- UND STRAUCHARTEN ZUR LÄRMBEKÄMP-Tag des Baumes 1967
FUNG.
- W. Gabler LAUTSTÄRKEMESSUNGEN IM VERKEHR. Die Schalltechnik, 13
(1953) 4, 7-10
- T.F.W. Embleton SOUND PROPAGATION IN HOMOGENEOUS J.A.S.A. 35,(1963) 8,
DECIDUOUS AND EVERGREEN WOODS 1119-1125
- V. Focsa UNTERSUCHUNG EINIGER STRASSENLÄRM - Lärmbekämpfung, 14(1970)
L. Biborosch ABHÄNGIGKEITEN. nr. 2/3, 46-48.
- N. Poppel
- W. Hess DIE LÄRMDÄMMUNG MIT HILFE VON Zeitschrift für
GRUNPFLANZEN. Präventivmedizin, 6(1961)
und 3(1963)
- F.J. Meister DIE DÄMMUNG VON VERKEHRSGERÄUSCHEN. VDI-Zeitschrift 101
(1959) 13, 527 - 535
- W. Ruhrberg DURCH GRÜNANLAGEN
- J. Sadowsky LÄRMBEKÄMPFUNG IN STÄDTEN. Lärmbekämpfung 1(1959),
14-16

L. Wodzinski		Lärmbekämpfung 2/3(1959), 37-38
F.M. Wiener	EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROPAGATION	J.A.S.A.31, 1959,
D.N. Keast	OF SOUND OVER GROUND,	6 724-733
H. Wiethaup	ZUM RECHTSSCHUTZ GEGEN STRASZENVERKEHR	Lärmbekämpfung, heft
	ALARM,	2/3, april/juni 1971

*** BODEMDEMPING**

K. Glück	ENTWICKLUNG UND ZUKÜNFTIGE AUFGABEN DER BAULICHEN VERKEHRSLÄRMBEKÄMPFUNG.	Brücke und Strasse, 20 (1968) H.7-9, 193-204 241-244 262-266
F.J. Meister	DIE DÄMMUNG VON VERKEHRSGERÄUSCHEN	VDI-Zeitschrift 101
W. Ruhrberg	DURCH GRÜNANLAGEN,	(1959) 13, 527-535
P.H. Parkin	THE HORIZONTAL PROPAGATION OF SOUND,	J. Sound Vib (1964) I 1-13, 199
W.E. Scholes	FROM A JET ENGINE CLOSE TO THE GROUND AT RADLETT.	
P.H. Parkin	THE HORIZONTAL PROPAGATION OF SOUND.	Journal of Sound and Vibration 2(1965)353-374
W.E. Scholes	FROM A JET ENGINE VLOSE TO THE GROUND AT HATFIELD.	
A. Rucker	DIE AUSBREITUNG UND DÄMPFUNG DES	Schriftenreihe Stras-
K. Glück	STRASSENVERKEHRSLÄRM IN BEBAUUNGS- GEBIETEN	senbau und Strassenver- kehrstechnik (1964)H.32
W.E. Scholes	THE EFFECT OF SMALL CHANGES IN	Journal of Sound and
P.H. Parkin	SOURCE HEIGHT ON THE PROPAGATION OF SOUND OVER GRASSLAND,	Vibration 6,(1967) nr.3 424-442
W.E. Scholes	FIELD PERFORMANCE OF A NOISE BARRIER.	Intern Rapport Buil- ding Research Station
A.C. Salvidge		Augustus 1970
J.W. Sargent		Metingen aan model op w.g. van geluidscherm bij verschillende wind- omstandigheden; punt- bron octaafbanden,

125 - 4000 Hz.
 tot op 120 m afstand,
 ontvanger tot op 12 m
 hoogte scherm 1,8 tot
 4,9 m, bronhoogte 0,7 m
 drie windcondities,
 gunstig, neutraal en
 ongunstig
 opm. zeer veel informa-
 tie.

W.E. Scholes
 J.W. Sargent

DESIGNING AGAINST NOISE FROM ROAD
 TRAFFIC.

Intern rapport Building Research Station
 Augustus 1970 (ook
 Applied Ac.4(1971)nr.3
 p203-234 Kiest als
 voorlopig criterium L_{10}
 na bespreking van L_{10}
 L_{eq} L_{NP} en TNI complete
 ontwerpgrafieken incl.
 invloeden van verkeers-
 dichtheid, snelheid,
 samenstelling, wind
 bodemgesteldheid af-
 schermingen

W.E. Scholes
 J.W. Sargent

GROUND EFFECT AND MOTORNOISE.

Applied Acoustics
 5(1972)2 145 - 148

* LUCHTDEMPING

E.J. Evans
 E.N. Bazley
 A. Jordan
 G.H. Vulkan
 J.P. Macbryde
 A.F. Nickson
 P.H. Parkin

THE ABSORPTION OF SOUND IN AIR
 AT AUDIO FREQUENCIES.
 ENVIRONMENTAL TRAFFIC STANDARDS.
 CAN COMMUNITY REACTION TO INCREASED
 TRAFFIC NOISE BE FORECAST.
 THE HORIZONTAL PROPAGATION

Acustica 6, 1956,
 238 - 245
 Traffic Engineering
 and Control, 1965
 5th ICA Congress,
 Luik 1965

W.E. Scholes	OF SOUND FROM A JET ENGINE CLOSE TO THE GROUND AT RADLETT.	J.Sound Vib.(1964)I 1-13, 199
P.H. Parkin W.E. Scholes	THE HORIZONTAL PROPAGATION OF SOUND FROM A JET ENGINE CLOSE TO THE GROUND, AT HATFIELD.	Journal of Sound and Vibration 2 (1965) 353-374
P.H. Parkin W.E. Scholes	AIR TO GROUND SOUND PROPAGATION.	J.A.S.A. 26, 1954, 1021-1023.
P.H. Parkin W.E. Scholes	OBLIQUE AIR-TO-GROUND SOUND PROPAGATION OVER BUILDINGS.	Acustica 8, 1958,99-102 J.A.S.A.31,1959,6 724-
F.M. Wiener D N. Keast	EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROPAGATION OF SOUND OVER GROUND.	733

*** SCHERMEN**

H. Börner	STÖRSCHALLMINDRUNG DURCH SCHUTZAB- STANDE, BÖSCHUNGEN ODER VEGETATIONS- BESTÄNDE.	Deutsche Gartenarchitek- tur, 2(1963) 39-41
F. Busch	LÄRMSCHUTZ AN BUNDESSTRASSEN.	Die Bauverwaltung 9, (1970) 506-515
BRS	MOTORWAY NOISE AND DWELLINGS.	BRS-Digest 135 (november 1971)
F. Fleischer	ZUR ANWENDUNG VON SCHALLSCHIRMEN.	Lärmbekämpfung 6, (1970), 131-136
F. Fleischer H. Scherr	LÄRMBEKÄMPFUNG MIT SCHALLSCHIRMEN.	Wärme - Kälte - Schalle 16(1971) nr.2,P.3-9
K. Glück	BAULICHE SCHUTZVORKEHRUNGEN ZUR MINDERUNG DES STRASSENVERKEHRS LÄRMS.	VDI-Zeitschrift 109 (1967) nr.20,873-877
K. Gösele G. Schupp	UNTERSUCHUNGEN ZUR ABSCHIRMUNG DES AUTOBAHNLÄRMES VON EINER WOHNSIEDLUNG.	Baupraxis 11 (1968) 37-40
K. Glück	BAU EINER ABSORBIERENDEN SCHALL- SCHIRMWAND IN EINEM INDUSTRIEBETRIEB.	Kampf Dem Lärm 17 (1970) 3, 73-75
U.J. Kurze G.S. Anderson	SOUND ATTENUATION BY BARRIERS.	Applied Acoustics, 4 (1971), 35-53
Z. Meakawa	NOISE REDUCTION BY SCREENS.	5th ICA Congress, Luik 1965

Z. Meakawa	NOISE REDUCTION BY SCREENS.	Applied Acoustics, 1 (1968) 157-173
M. Rettinger	NOISE LEVEL REDUCTION OF "DEPRESSED" FREEWAYS.	Noise Control 5 (1959) 212-214 + 254
G. Reinhold W. Burger	DIE FUNKTIONELLE UND BETRIEBLICHE ERPROBUNG ABSORBIEREN DER LÄRMSCHUTZWÄNDE AN EINER AUTOBAHN.	Strasse und Autobahn, 1 (1971), 35-43
S.W. Redfearn	SOME ACOUSTICAL SOURCE - OBSERVER PROBLEMS.	Philosophical Magazin 30, 1940 p.233-236
M. Rettinger	NOISE LEVEL REDUCTION OF BARRIERS.	Noise Control 3, (1957) 5, 50-52
A. Rucker K. Glück	DIE AUSBREITUNG UND DÄMPFUNG DES STRASSENVERKEHRSLÄRMS IN BEBAUUNGS- GEBIETEN.	Schriftenreihe Strassenbau und Strassenverkehrs- technik (1964)H.32
W.E. Scholes A.C. Salvidge J.W. Sargent	FIELD PERFORMANCE OF A NOISE BARRIER.	Intern Rapport Bul- ding Research Station Augustus 1970
L. Tomaszewski	UNTERSUCHUNGEN ÜBER BAULICHE LÄRMBEKÄMPFUNG DES STRASSENVERKEHRS.	
H. Rötterink Physikalisch - Technische Bundesanstalt (abteilung 5)	BOFIMA- LÄRMSCHUTZWAND ÜBER MESSUNGEN DER LUFTSCHALLOAMMUNG VON WÄNDEN AUS KUNSTSTOFF BAUELEMENTEN.	Gesch.Nr.5.12-12352.70
Physikalisch Technische Bundesanstalt (abteilung 5)	ÜBER DIE WIRKUNG EINES GEPLANTEN SCHALLSCHIRMES FÜR VERKEHRSLÄRM.	Gesch.nr.5.12-703.71
Physikalisch Technische Bundesanstalt (abteilung 5)	ÜBER DIE MESSUNGEN DES SCHALLABSORPTIONS- GRADES VON LÄRMDÄMMELEMENTEN UND LÄRMSCHUTZ- KASSETTEN AUS POLYATHYLEN.	Gesch.nr.5.12-5690.72
E.J. Rathé	ÜBER DEN LÄRM DES STRASSENVERKEHRS.	Acustica 17(1966) 269-277

P.E. Waters	CONTROL OF ROAD NOISE BY VEHICLE OPERATION.	Journal of sound and vibration 13 (1970) 4, 445 - 453
E.J. Rathé	ÜBER DEN LÄRM DES STRASSENVERKEHRS.	Acustica 17(1966) 269 - 277
E.J. Rathé	ÜBER METHODEN UND ERGEBNISSE VON GERÄUSCHMESSUNGEN AN MOTORFAHRZEUGEN.	Habilitationsschrift ETH Zürich Basel und Chur 1965, Mai 1965 EMPA-Forschungsbericht Lärmbekämpfung (19), 68-70
E. Schneider	GERÄUSCHMINDERNDE STRASSEDECKEN.	Journal of Sound and Vibration 7 (1968)2, 247-262
R.J. Stephenson G.H. Vulkan	TRAFFIC NOISE.	Journal of Sound and Vibration, 15 (1971) nr. 1 17-22
T.E.H. Williams	HIGHWAY ENGINEERING AND THE INFLUENCE OF GEOMETRIC DESIGN CHARACTERISTICS ON NOISE.	

Rijkswaterstaat-serie

- 1* Textuurdieptemetingen op
rijkswegen
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
februari '71
- 2 De brug over het Julianakanaal en
de Maas bij Elsloo
Directie Bruggen - Voorburg
mei '71
- 3 Proefstrepen van duurzame markerings-
materialen
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
september '71
- 4 Report of an oil control trial in
the North Sea
Afdeling Havenmonden -
Hoek van Holland
september '71
- 5 Verkeerstellingen in 1970
Dienst Verkeerskunde -
's-Gravenhage
november '71
- 6 Kunstharsproefvakken op
rijksweg 4
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
januari '72
- 7** Drie bruggen over het Maas-
Waalkanaal
Directie Bruggen - Voorburg
februari '72
- 8 Proefvakken rijksweg 15 -
deel I
Directie Wegen,
Afdeling Gorinchem
Rijkswegenbouwlaboratorium - Delft
maart '72
- 9 Over het berekenen van Delta-
profielen
Directie Zeeland -
Studiedienst Vlissingen
juli '72
- 10 Symposium Oosterbeek 1972
Dienst Informatieverwerking -
's-Gravenhage
september '72

* *tevens een Engelse uitgave*
september '71

** *tevens een Duitse uitgave*
april '72 en
een Engelse uitgave
november '72

Bestellingen

Exemplaren van deze uitgave kunnen worden aangevraagd bij de Rijkswaterstaat, Directie Wegen, Koningskade 4, 's-Gravenhage.

Uitgave
Rijkswaterstaat - Hoofddirectie van de Waterstaat
's-Gravenhage

Vormgeving
Studio '67

Grafische verzorging
Bureau Publikaties en Octrooien

Litho's en Offsetdruk
Onderafdeling Reprografie

73007 Pen 0