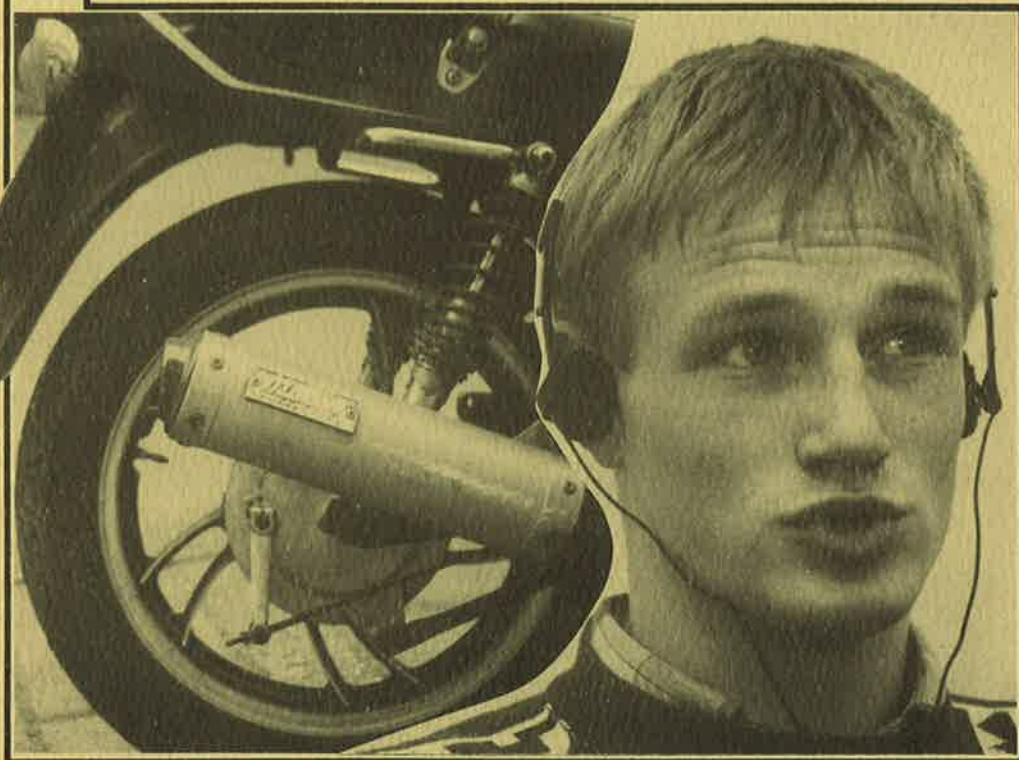


Bibliotheek
Centraal Kantoor TNO
's-Gravenhage
16 MEI 1990

Het gehoor van jongeren en blootstelling aan geluid

W. Passchier-Vermeer



Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NPG-TNO

Leiden

Bibliotheek
Centraal Kantoor TNO
's-Gravenhage
16 MEI 1990

Het gehoor van jongeren en blootstelling aan geluid

W. Passchier-Vermeer

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NIPG-TNO

december 1989

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56 Leiden

Postadres:
Postbus 124
2300 AC LEIDEN

Telefoon: 071 - 17 88 88

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van f. 26,50 (incl. BTW) op postrekening 20.22.77 van het NIPG-TNO te Leiden onder vermelding van bestelnummer 89007.

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Passchier-Vermeer, W.

Het gehoor van jongeren en blootstelling aan geluid/ W. Passchier-Vermeer. - Leiden : Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
ISBN 90-6743-146-X
SISO 614.63 UDC 614.872-053.6
Trefw.: geluid / gehoorbeschadiging ; jongeren.

© 1989 Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Publikatienummer 89007

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt, en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NIPG-TNO.

.....

INHOUDSOPGAVE

.....	TEN GELEIDE	5
.....	RAPPORT IN HOOFDLIJNEN EN CONCLUSIES	7
.....	HEARING IMPAIRMENT IN YOUNG PEOPLE AND NOISE EXPOSURE	15
.....	1 DE MENS EN GELUID	21
	1.1 Inleiding	21
	1.2 Gehoorschade door blootstelling aan geluid	23
	1.3 Extra-auditieve effecten van geluid	27
.....	2 EXPOSITIES VAN JONGEREN AAN GELUID	33
	2.1 Popconcerten	33
	2.2 Discotheken	34
	2.3 Luisteren naar muziek met hoofdtelefoons	38
	2.4 Bespelen van muziekinstrument	41
	2.5 Concerten/klassieke muziek	43
	2.6 Spelletjeshallen (arcades)	44
	2.7 Kinderspeelgoed	44
	2.8 Knallend vuurwerk	44
	2.9 Modelvliegtuigen	45
	2.10 Schieten en jagen	45
	2.11 Sportgelegenheden	46
	2.12 Transportmiddelen bij gebruikers	47
	2.13 Woonomgeving	52
	2.14 Gecombineerde exposities aan diverse geluidbronnen	53

.....		
3	EFFECTEN OP HET GEHOOR VAN JONGEREN DOOR BLOOTSTELLING AAN GELUID	55
3.1	Permanente gehoorschade	55
3.1.1	Gehoordrempels van jongeren	55
3.1.1.1	Gehoerverlies als functie van de leeftijd	55
3.1.1.2	Gehoordrempels op jongere leeftijd	59
3.1.1.3	Conclusie	61
3.1.2	Epidemiologisch gehooronderzoek bij kinderen en jongeren	61
3.1.3	Permanente gehoorschade door specifieke geluidbe- lastingen	65
3.1.3.1	Muziek	65
3.1.3.2	Knallend vuurwerk	68
3.1.3.3	Sporten, jagen, schieten en motorrijden	68
3.1.3.4	Woonomgeving	69
3.2	Tijdelijke gehoordrempelverschuivingen	69
3.3	Tinnitus	71
.....		
4	DISCUSSIE	73
4.1	Geluidbelasting en permanente gehoorschade bij jongeren door lawaaiige bezigheden	74
4.2	De gehoortoestand van jongeren	81
4.3	Oorsuizen	84
4.4	Risico op gehoorschade door bepaalde activiteiten	84
4.5	Schatting van het risico op gehoorschade bij de Nederlandse jeugd	87
.....		
5	LITERATUUR	89
.....		
	BIJLAGE	101
A	DEFINITIES EN BEGRIPPEN	103

Ten Geleide

Jonge mensen staan aan een veelheid van geluidbronnen bloot. Loopt daardoor het gehoor van de hedendaagse jongeren gevaar? Deze vraag is aan de orde in dit rapport, dat in opdracht van de Gezondheidsraad werd opgesteld. In het rapport zijn gegevens met elkaar in verband gebracht over de hoogten van de geluidniveaus bij de diverse lawaaiige activiteiten waarin jongeren participeren en over de mate en tijd waarin zij aan die activiteiten deelnemen. Uit het onderzoek blijkt dat gehoorschade bij jongeren veroorzaakt kan worden door popmuziek in de disco, bij het concert of via hoofdtelefoons, door het vaak bezoeken van auto- en motorraces, door motorrijden en door het vaak gebruiken van de bromfiets. Popmuziek in de disco, bij het concert of thuis en onderweg via de hoofdtelefoon geeft naar schatting op den duur bij 8 procent van de luisteraars een verminderd hoorvermogen. Popmuzikanten lopen een groter risico; naar schatting 20 procent van hen krijgt op den duur een slechter hoorvermogen dan nodig zou zijn.

Ook motorrijders vormen een risicogroep. Twaalf uur per week gemiddeld op de motor gedurende vele jaren, geeft bij 20 procent van hen een slechter gehoor. Hierbij moet men bedenken dat het aantal motorrijders de laatste jaren toeneemt.

Om hoeveel jonge mensen gaat het in Nederland? Alleen in het geval van popmuziek waren er voldoende gegevens om die vraag te kunnen beantwoorden. Naar schatting komen er in Nederland elk jaar 21 500 jongeren bij die, doordat zij popmuziek beluisteren of zelf spelen, een gehoor hebben dat in plaats van in de categorie goed horend valt in de categorie verminderd hoorvermogen of zelfs (enigermate) slechthorend. Deze jongeren verkeren dus in een slechtere uitgangspositie voor het horen en verstaan van spraak in het leven van alledag dan de goedhorenden. Dit wordt vooral van belang, wanneer op latere leeftijd ook het ouderdomsgehoorverlies een rol gaat spelen.

Dit rapport is tevens gepubliceerd, onder nummer A89/4, in de reeks Toekomstverkenningen van de Gezondheidsraad. In zijn Ten Geleide bij de publikatie stelt de voorzitter van de Raad, Dr. L. Ginjaar, dat het onderwerp van het rapport in de komende jaren de aandacht verdient van overheid en wetenschappelijke onderzoekers. Vanuit het oogpunt van preventieve gezondheidszorg ondersteunt het NIPG-TNO deze mening.

Dr. C. L. Ekkers, onderdirecteur NIPG-TNO.

.....

.....

.....

RAPPORT IN HOOFDLIJNEN EN CONCLUSIES

.....

.....

Vraagstelling

Loopt het gehoor van jongeren gevaar? Het antwoord op die vraag is voor de betrokkenen van groot belang. Want een gehoorschade op jeugdige leeftijd opgedaan, is blijvend en komt bovenop de geleidelijke verslechtering van het gehoor die bij ieder mens bij het ouder worden optreedt. Jongeren met een gehoorverlies krijgen dus eerder dan normaal problemen om in het leven van alledag anderen te verstaan en aan gesprekken deel te nemen.

De hedendaagse jeugd staat bloot (en stelt zichzelf bloot!) aan velerlei geluid; popmuziek, geluid van bromfiet-sen, motoren en speelautomaten zijn voor de hand liggende voorbeelden. Het zijn bovendien voorbeelden van geluid van 'nieuwe' bronnen; 30 jaar geleden bestonden deze bronnen niet of kwamen jongeren er niet of nauwelijks mee in aanraking.

In dit rapport geef ik op verzoek van de Gezondheidsraad een antwoord op de vraag of al dat geluid schade toebrengt aan het gehoor van jongeren. Ik doe dat aan de hand van de gegevens in de Nederlandse en internationale wetenschappelijke literatuur. Om het risico dat Nederlandse jongeren lopen, te kunnen schatten, heb ik nagegaan:

- Aan welke geluidbronnen staan jongeren bloot en wat zijn de geluidsniveaus die daarbij horen?
- Hoe staat het met gehoor van jongeren? Is er sprake van een verandering vergeleken met vroegere leeftijds-genoten?
- Wat is de invloed van bepaalde geluidbronnen op het

Tabel S.1 Samenvatting van de gegevens over de blootstelling van jongeren aan diverse geluidbronnen bij diverse activiteiten. Het betreffen globale cijfers. Voor meer gedetailleerde informatie zij verwezen naar hoofdstuk 2.

Activiteit/ geluidbron	Equivalent geluidniveau (in dB(A))	Gemiddelde blootstelling korte termijn
Bezoek popconcert	100 - 110	4x per jaar
Bezoek discotheek	88 - 104	3 uur/week
Gebruik hoofdtelefoons	83 ± 10*	4,3 uur/week
Spelen in popgroep	100 - 110	18x per jaar
Spelen klassieke muziek	tot 99	-
Luisteren klassieke muziek	79**	< 1x per maand
Verblijf in arcades	90	-
Spelen met kinderspeelgoed***	103 - 170 ^v	-
Afsteken knallend vuurwerk	<150 ^v	1x per jaar
Bouw modelvliegtuigen	104 - 110	-
Schieten/jagen	130 - 173 ^v	-
Bezoeken autoraces	90 - 100	-
Verblijf in sportruimten	-	-
Vervoermiddelen:		
personenauto	57 - 75	3 - 4 uur/week
autobussen	65 - 79	3 - 4 uur/week
motoren	63 - 120 ^{vv}	3 - 4 uur/week
bromfietsen	63 - 92 ^{vv}	3 uur/week
vliegtuigen	70 - 90	-
trams	69 - 77	3 - 4 uur/week
speedboten	92 - 99	-
Gecombineerde blootstelling		
gedurende etmaal	77 - 84	24 uur/dag
" "	73	24 uur/dag
" "	76	24 uur/dag

* Standaarddeviatie

** Tijdens zeer luide stukken/passages maxima van 82-100 dB(A), gemiddeld 79 dB(A); steekproeven niet a-select

*** Vooral speelgoedpistolen

^v Geen equivalent niveau, maar piekniveau

^{vv} Afhankelijk van snelheid; zonder helm

.....

gehoor van jongeren?

- Wat is er bekend over de tijdelijke verslechtering van het gehoor en het optreden van oorsuizen (tinnitus) bij jongeren na blootstelling aan geluid?

Mijn aandacht heb ik vooral gericht op gegevens over jongeren tot 30 jaar.

.....

Geluidniveaus

Tabel S.1 geeft een overzicht van de geluidniveaus waaraan jongeren zijn blootgesteld. De getallen geven de hoogten van de equivalente geluidniveaus in dB(A) weer. In het equivalente geluidniveau is verwerkt dat ons gehoor niet voor alle tonen even gevoelig is. Geluiden met een heel verschillende samenstelling aan toonhoogten en toonsterkten kunnen met behulp van die grootheid met elkaar worden vergeleken. Voor het geluid van speelgoedpistolen en van knallend vuurwerk heb ik een andere maat gebruikt; in tabel S.1 vermeld ik daarvoor zogeheten piekniveaus.

In de tabel geef ik ook aan hoe vaak jongeren gemiddeld aan een bepaalde bron van geluid zijn blootgesteld. Naast die gemiddelde blootstelling per dag, per week, per maand of per jaar is ook de blootstelling op lange termijn van belang. Het blijkt dat informatie daarover veelal ontbreekt, behalve in geval van het bezoeken van popconcerten en van discotheken. De Nederlandse jeugd gaat gemiddeld gedurende 7 jaar naar popconcerten en gedurende 6 jaar naar discotheken.

.....

Onderzoek naar gehoorschade

Informatie over blijvende gehoorschade bij jongeren kan men verkrijgen uit onderzoek naar de scherpthe van het gehoor als functie van de leeftijd. Door dat onderzoek in de loop van de tijd te herhalen kan men nagaan of er sprake is van een verandering bij opeenvolgende generaties.

Dit soort onderzoek is tot op heden voornamelijk uitgevoerd bij groepen personen in de leeftijd van 18 tot 65 jaar met het doel om referentiewaarden te verkrijgen voor het

.....

bestuderen van gehoorschade door lawaai op de arbeidsplaats. Het beschikbare materiaal geeft geen aanwijzing dat de gehoorscherpthe van de Nederlandse jeugd op 18-jarige leeftijd in de afgelopen jaren geleidelijk achteruit is gegaan. Daarbij past echter een kanttekening. De onderzoekers bepalen bij verschillende toonhoogten de sterkte van de toon die iemand nog juist hoort, de zogeheten gehoordrempel. Zij rapporteren de waarde waar de gehoordrempels van de helft van de onderzochte groep boven ligt (de mediane waarde) en de waarde waar de gehoordrempels van 10 procent van de onderzochten boven ligt. Het zijn die waarden die dus niet lijken te veranderen. Maar wat er is gebeurd met de gehoordrempels van die laatste 10 procent, dat wil zeggen van de mensen met de grootste gehoorverliezen, kan niet uit het gegevensmateriaal worden afgeleid.

Een tweede bron van gegevens vormt de uitkomsten van het onderzoek naar de gehoorscherpthe van kinderen en jongeren. Uit omvangrijke Zweedse onderzoekingen blijkt dat de gehoorscherpthe van 7- tot 13-jarige kinderen goed overeenkomt met de waarden die men 20 tot 25 jaar eerder vond. Veel ongunstiger zijn de uitkomsten van een Noors onderzoek onder 18-jarige rekruten, dat in de periode van 1981 tot 1988 jaarlijks werd herhaald. In die periode nam het deel van de rekruten met een gehoorverlies bij de hoge tonen toe van 12 procent in 1981 tot 22 procent, dus ongeveer 1 op de 5, in 1988. Mogelijk is dat gehoorverlies (mede) veroorzaakt door geluid. De meeste recente gegevens over 18-jarige Nederlanders stammen uit 1983; daaruit volgen dergelijke hoge percentages niet.

Ten derde heb ik nagegaan wat er bekend is over blijvende gehoorschade bij jongeren die aan bepaalde geluidbronnen zijn blootgesteld. Klassieke muziek blijkt over het algemeen noch bij de toehoorders, noch bij de musici gehoorschade te veroorzaken; het beschikbare gegevensmateriaal is echter zeer beperkt.

Meer is bekend over de invloed van popmuziek. Uit alle onderzoeken blijkt dat het spelen in een popgroep op den duur gehoorschade veroorzaakt. Het percentage personen met gehoorschade varieert van onderzoek tot onderzoek van 5 tot 87. De

.....

gemiddelde gehoorverliezen van de onderzochte groepen variëren van 7 tot 20 dB.

Jonge discotheekbezoekers in Engeland en in Nederland bleken bij de hoge tonen een gehoorverlies te hebben dat maximaal 6 dB groter was dan dat van hun leeftijdsgenoten die geen discotheken bezochten.

Er zijn ook gegevens beschikbaar over de invloed op de gehoorscherpthe van het afsteken van knallend vuurwerk, van jagen en sportschieten, van motorrijden en van 'drag-racing'. Mensen die deze activiteiten uitvoerden, bleken gemiddeld voor de hoge tonen een iets slechter gehoor te hebben dan zij die dat niet deden. Sommige onderzoekers vonden dat een klein deel van de blootgestelden een aanzienlijk gehoorverlies had.

.....

Tijdelijk gehoorverlies en oorsuizen

Na twee uur blootstelling aan popmuziek blijkt de gehoordrempel van de luisteraars 15 tot 20 dB hoger te zijn dan daarvoor. Dit resultaat vond men zowel voor bezoek aan discotheken en popconcerten als bij proeven in het laboratorium. Deze verandering van de gehoordrempel is tijdelijk. Een dagelijkse blootstelling aan geluid dat een dergelijke gehoordrempelverschuiving veroorzaakt, geeft echter op de lange duur blijvende gehoorschade. Dit is in overeenstemming met de hiervoor genoemde gegevens over blijvende gehoorschade door popmuziek.

Er is geen gericht onderzoek uitgevoerd naar het optreden van oorsuizen onder jongeren, behalve bij onderzoek naar de invloed van beroepsmatige blootstelling aan lawaai. De laatste gegevens zijn onvoldoende om algemene conclusies te trekken, en ik laat oorsuizen dan ook verder buiten beschouwing.

.....

Risico op gehoorschade van bepaalde activiteiten

De Internationale Organisatie voor Standaardisering, de ISO, heeft modellen opgesteld voor het optreden van gehoorschade door lawaai tijdens het werk (IS85). Op grond van overwegingen die ik in het hoofdrapport nader uiteenzet, meen ik

Tabel S.2 Activiteiten die bij jongeren al dan niet gehoorschade veroorzaken en schatting van de toename van het percentage jongeren in een bepaalde hoorvermogensklasse, mede veroorzaakt door de genoemde activiteit langere tijd uit te voeren. (+ betekent dat er mogelijk gehoorschade door lawaai optreedt; deze gehoorschade is niet voor elke activiteit te schatten vanwege het ontbreken van blootstellingstijden; - betekent dat de geluidbelasting geen gehoorschade door lawaai veroorzaakt als deze belasting geïsoleerd voorkomt; als er geen teken of getal is ingevuld, ontbreken voldoende gegevens om tot een conclusie te komen).

Activiteit	Activiteit	Toename van het percentage personen met veroorzaakt de kwalificatie:			
		al dan niet verminderd	enigermate slechthorend	slechthorend	
1	bezoek popconcert	+	2,5	0,5	0
2	bezoek discotheek	+	5	1,5	0
3	gebruik hoofdtelefoons	+	2	0,5	0
4	combinatie 1, 2, 3	+	6	2	0,5
5	spelen in popgroep	+	13	7	1
6	spelen klassieke muziek				
7	luisteren klassiek concert	-			
8*	verblijf in arcades	+			
9	spelen met kinderspeelgoed				
10	afsteken knallend vuurwerk				
11*	bouw van modelvliegtuigen	+			
12	schieten/jagen				
13*	bezoeken autoraces	+			
14	verblijf in sportruimten				
15	vervoer met personenauto	-	-	-	-
16	openbaar vervoer	-	-	-	-
17	berijden bromfiets-4 uur/wk	-	-	-	-
18	berijden bromfiets-12 uur/wk	+	1	0	0
19	berijden motor-4 uur/wk	+	7	2	0
20	berijden motor-12 uur/wk	+	13	7	1
21	varen met speedboot				
22	vliegen	-	-	-	-

8 * bij meer dan 3,4 uur/week mogelijk toename van het percentage personen met een verminderd hoorvermogen
 11 * bij meer dan 0,7 uur/week mogelijk toename van het percentage personen met een verminderd hoorvermogen
 13 * bij meer dan 1,1 uur/week mogelijk toename van het percentage personen met een verminderd hoorvermogen

.....

dat model ook te kunnen gebruiken voor het schatten van het risico op gehoorschade bij jongeren door blootstelling aan geluid in hun dagelijkse leven. Als uitgangspunt voor die schatting heb ik de geluidniveaus genomen van de vele lawaaiige activiteiten die jongeren uitvoeren (zie tabel S.1). Tevens heb ik verondersteld dat jongeren op vele dagen aan een combinatie van geluid uit verscheidene bronnen zijn blootgesteld. Met behulp van het model volgens ISO/DIS 1999.2 leid ik dan af dat een equivalent geluidniveau van 70 dB(A) over een etmaal gedurende een bepaalde tijd de grens is waarboven geluid schadelijk is voor het gehoor. Voor die 'bepaalde' tijd heb ik in mijn berekeningen een periode van 10 jaar genomen. Vervolgens ben ik voor alle activiteiten van tabel S.1 nagegaan of ze over die periode bij jongeren gehoorschade door lawaai kunnen veroorzaken. Het resultaat staat in de tweede kolom van tabel S.2.

Het bezoeken van popconcerten, het bezoeken van discotheken en het luisteren naar popmuziek met hoofdtelefoons kunnen op den duur tot gehoorschade leiden. Dat geldt ook voor het spelen in een popgroep. Ook motoren kunnen de oorzaak zijn van gehoorschade door lawaai, zowel bij meer (12 uur per week) als bij minder (4 uur per week) intensief gebruik. Het 4 uur per week rijden op een bromfiets geeft nog een equivalent geluidniveau van minder dan 70 dB(A) over een etmaal, intensief gebruik van dit vervoermiddel (12 uur per week) valt boven die waarde en kan gehoorschade geven. Andere activiteiten die gehoorverlies kunnen geven, zijn de bouw van modelvliegtuigen, het geregeld bezoeken van motorraces en het verblijf in arcades.

Het gehoorverlies bij bepaalde toonhoogten uitgedrukt in decibel is buiten de kring van gehooronderzoekers een weinig sprekende maat om gehoorschade in uit te drukken. Het is echter mogelijk om het hoorvermogen in klassen in te delen op grond van het het vermogen van mensen om in het leven van alledag geluid, in het bijzonder spraak, te horen en te verstaan. Die hoorvermogensklassen kan men aanduiden als: goed horend, verminderd hoorvermogen, enigszins slechthorend,

slechthorend en zeer slechthorend. Tussen deze indeling en de gehoorscherppte (of het gehoorverlies) bestaat een statistisch verband.

Met behulp van het model volgens ISO/DIS 1999.2 en gegevens over de geluidniveaus waaraan jongeren zijn blootgesteld, heb ik geschat hoe het hoorvermogen van de diverse groepen jongeren is verdeeld over de vijf hoorvermogensklassen. Vergelijking van de uitkomsten voor een groep jongeren die bepaalde lawaaige activiteiten uitvoeren, met die voor een groep die dat niet doet, geeft een beeld van de invloed die activiteiten op het hoorvermogen hebben. De laatste drie kolommen van tabel S.2 geven het resultaat van die vergelijking.

Uit de tabel blijkt dat door 10 jaar bezoek aan popconcerten het aantal jongeren in de klasse goed horend 3 procent lager is dan anders het geval zou zijn. Het gehoor van die jongeren verschuift naar de klasse verminderd hoorvermogen (2,5 procent) en enigermate slechthorend (0,5 procent). De combinatie van het bezoeken van popconcerten en van discotheken en het luisteren naar popmuziek met hoofdtelefoons heeft een ernstiger effect: 8,5 procent van de jongeren 'verhuist' van de hoorvermogensklasse goed horend naar de klasse verminderd hoorvermogen (6 procent), enigermate slechthorend (2 procent) en slechthorend (0,5 procent). Nog ernstiger is het gevolg van geregeld motorrijden (12 uur per week) gedurende 10 jaar; 21 procent van de motorrijders verschuift van de klasse goed horend naar minder gunstige hoorvermogensklassen (zie tabel S.2). In alle gevallen was de toename van het deel van de jongeren in de hoorvermogensklasse zeer slechthorend zo klein vergeleken met de nauwkeurigheid van deze schatting, dat ik die waarden uit tabel S.2 heb weggelaten.

.....

Schatting van het risico op gehoorschade bij de Nederlandse jeugd

Wat betekenen de getallen uit tabel S.2 nu voor het gehoor van de Nederlandse jeugd? Daarvoor is het nodig te weten hoeveel jongeren in ons land aan een bepaalde activiteit

Tabel 9.3 Schatting van de toename per jaar van het aantal jongeren in Nederland die mede door een bepaalde popmuziekactiviteit in een bepaalde hoorvermogensklasse terecht komt.

Activiteit	Toename per jaar van het aantal jongeren in Nederland met een gehoor in de klasse:		
	verminderd hoorvermogen	enigermate slechthorend	slechthorend
Bezoek popconcerten	5000	1000	
Bezoek discotheken	4500	1350	
Gebruik hoofdtelefoons	1800	450	
Optreden in popgroep	5200	2800	400
Totaal	16500	5600	400

.....

deelnemen. Die gegevens zijn er alleen voor het luisteren naar of spelen van popmuziek. Gegevens over de tijdsduur dat jongeren motor of bromfiets rijden, en hoeveel jaar zij dit achtereen doen, ontbreken. Dat geldt ook voor de bouw van modelvliegtuigen, het bezoeken van motorraces en het bezoek aan arcades. Het is vooral jammer dat cijfers over motorrijden ontbreken; zoals ik in het hoofdrapport aangeef, is namelijk het aantal motorrijders de afgelopen jaren aanzienlijk gestegen (tot 131 duizend in 1987). Afhankelijk van het aantal jaren en de mate van gebruik kan het deel van de rijders met gehoorschade door het motorrijden oplopen tot 1 op de tien of 1 op de vijf (zie hierboven en tabel S.2).

Voor het bezoek aan popconcerten, het bezoek aan discotheken en het luisteren naar popmuziek via hoofdtelefoons is het mogelijk de aantallen jongeren te schatten die in een minder gunstige hoorvermogensklasse terechtkomen. Ook voor de jongeren die zelf spelen in een popgroep, kan ik dat aantal schatten. De getallen staan in tabel S.3. Het was niet mogelijk de invloed van een combinatie van popconcerten, discotheken en popmuziek via hoofdtelefoons na te gaan.

Uit de tabel blijkt dat er in Nederland elk jaar naar schatting 21 500 jongeren bijkomen die doordat zij popmuziek beluisteren of zelf spelen, een gehoor hebben dat in plaats van in de klasse goed horend valt in de klasse verminderd hoorvermogen of zelfs in de klasse enigermate slechthorend of slechthorend. Deze jongeren verkeren dus ook in een slechtere uitgangspositie voor het horen en verstaan van spraak in het leven van alledag dan de goed horenden als op latere leeftijd het ouderdomsgehoorverlies zijn tol gaat eisen.

.....

.....

HEARING IMPAIRMENT IN YOUNG PEOPLE AND NOISE EXPOSURE

Executive Summary and Conclusions

.....

Nowadays young people are exposed to many sound sources: pop music at concerts and discotheques, pop music through headphones, noise from mopeds and motorbikes, and noise in amusement arcades are apparent examples. Besides, these sources are 'new'; 30 years ago they did not exist or young people did not or hardly encounter them.

At the request of the Health Council of the Netherlands, I carried out a study to answer the question whether noise exposure impairs the hearing of young people. My report is based on an analysis of the Dutch and international scientific literature. To estimate the risk of hearing impairment due to noise exposure, I studied:

- the sound sources to which young people are exposed and the sound levels that are associated with these exposures;
- the present state of the hearing of young people as compared with the hearing at comparable ages determined several years ago;
- the effects of particular noise exposures on the hearing of specific groups of young people;
- the occurrence of temporary threshold shifts and tinnitus in young people after exposure to noise.

.....

Noise exposure

Table S.1 presents an overview of the equivalent sound levels to which young people are exposed during certain

Table S.1 Summary of data on the exposure of young people to various noise sources in the course of various activities. These are global figures; for more detailed information, see chapter 2.

Activity source of noise (in dB(A))	Equivalent sound level exposure	Average short-term
Attending pop concerts	100 - 110	4 times per year
Visiting discotheques	88 - 104	3 hours per week
Using earphones	83 ± 10*	4.3 hours per week
Playing in pop groups	100 - 110	18 times per year
Performing classical music	tot 99	-
Listening to classical music	79**	< once per month
Visiting amusement arcades	90	-
Playing with toys***	103 - 170 ^v	-
Firing bangers (loud fireworks)	<150 ^v	once per year
Constructing model aeroplanes	104 - 110	-
Shooting/hunting	130 - 173 ^v	-
Attending car and motor races	90 - 100	-
Time spent in sport centres	-	-
Transport with:		
Privata cars	57 - 75	3 - 4 hours per week
Buses	65 - 79	3 - 4 hours per week
Motor biki	63 - 120 ^w	3 - 4 hours per week
Mopeds	63 - 92 ^w	3 hours per week
Aircrafts	70 - 90	-
Trams	69 - 77	3 - 4 hours per week
Speed boats	92 - 99	-
Combined exposure		
per day	77 - 84	24 hours per day
per day	73	24 hours per day
per day	76	24 hours per day

* Standard deviation

** Measurements during very loud works or passages, maximum: 82 - 100 db(A), average: 79 dB(A)

*** Mainly toy guns

^v Peak level

^w Depending on speed; no helmet worn

.....

activities. It also indicates the average exposure time per day, week or year. Information on the number of years during which young people take part in these activities, is only available for pop concerts and discotheques. On the average young people attend pop concerts during 7 years and discotheques during 6 years of their lives.

.....

Hearing impairment

Information on permanent hearing impairment of young people can be obtained from epidemiological studies on hearing levels as a function of age. By repeating such studies in the course of years, it is possible to determine changes in hearing levels in succeeding generations. Research of this type has been conducted primarily among people in the 18-65 age group in order to obtain reference values for studies on hearing impairment caused by noise at work places.

The available material does not provide any evidence that the hearing of 18-year-olds in the Netherlands has been deteriorating in recent years. It should be pointed out, however, that the data relate only to the median or average hearing values of the investigated groups and to the values which are exceeded by 10% of the hearing thresholds of those groups. It is therefore not possible, on the basis of this material, to draw any firm conclusions about changes undergone in time by persons whose hearing loss is among the worst 10 per cent.

Other sources of information are the results from epidemiological researches into the hearing of young people and children. Comprehensive studies carried out in Sweden show that the hearing of children between 7 and 13 years of age is very similar to that found 20 to 25 years ago. Much more disturbing results were obtained from an extensive Norwegian study of the hearing of 18-year-old recruits carried out in the period 1981-1988. This study suggests that the percentage of recruits with high-frequency hearing loss, to which exposure to noise is likely to have been a contributing factor, increased considerably from 12% in 1981 to 22% in

.....

1980. Such high percentages have not been found in the most recent studies carried out in the Netherlands (1983).

The last source of information concerns research into permanent hearing damage among groups of young people who are exposed to certain noise sources. The few data on hearing loss caused by classical music suggests that, in general, this type of music does not damage the hearing of either listener or performer. By contrast, the studies on persons who play pop music, show, that this activity does damage their hearing in the long term. The average hearing losses of groups of performers vary between 7 and 20 dB. The percentage of popmusicians with hearing impairment varies from study to study, and ranges between 5% and 87%. Studies in the UK and the Netherlands on the hearing of young people who frequent, discotheques show maximum hearing losses of 6 dB as compared with persons who do not visit discotheques.

The literature also describes the results of studies on the effect of hearing exposure to bangers (loud fireworks) and exposure during hunting and shooting, riding motorbikes and drag racing. The groups who took part in these activities, appeared to have a somewhat poorer average hearing at the high frequencies than groups of persons who never took part in such activities. Several studies suggest that a small percentage of the exposed people have considerable hearing damage.

.....

Temporary hearing loss and tinnitus

Research into temporary changes in the hearing threshold following a single exposure (of approximately 2 hours duration) to pop music in discotheques, at pop concerts or in the laboratory shows an average temporary change of between 15 to 20 dB immediately after the exposure. A continuing daily exposure of this kind would certainly induce permanent hearing loss in the long term. These results support the findings mentioned in the report on permanent hearing loss caused by exposure to pop music.

.....

.....

No studies have been published on the problem of tinnitus in young people, apart from studies related to exposure to noise at the work place.

.....

Risk of hearing damage due to various activities

The International Organization for Standardization has published a model of hearing damage due to exposure to noise at the workplace (publication ISO/DIS 1999.2). As discussed in the main report, that model can also be applied to estimate the hearing damage of young people due to exposure to noise. I have based that estimate on the data given in table S.1. Using the model from ISO/DIS 1999.2 I deduced that the equivalent sound level of noise which can damage hearing of young people in the long term, is 70 dB(A) per day or higher. With the aid of table S.1 I calculated whether an activity in the list causes noise-induced hearing loss in young people after long term (10 years) exposure.

The result is stated in the first column of table S.2. Attending pop concerts, visiting discotheques, listening to pop music with earphones and playing in a pop group cause hearing damage in the long term. This also holds for riding motorbikes and mopeds frequently (12 hours a week), and even for riding motorbikes less frequently (4 hours a week). Other activities which may cause hearing damage, are the construction of model aeroplanes, frequent attendance at motorand carraces and visiting amusement arcades.

.....

Changes in hearing abilities in young people.

There is a statistical relationship between hearing damage and the ability to hear and understand everyday speech. Hearing ability can be divided into a number of categories ranging from 'excellent' to 'very poor'. The categories used in this report are: good hearing, limited hearing ability, partially hard of hearing, hard of hearing and very hard of hearing. Using the model contained in ISO/DIS 1999.2 and the data on the noise exposures of young people I estimated the

Table S.2 Activities which might damage the hearing of young people and estimates of the increase in the fraction (per cent) of young people in certain hearing categories due to participation in these activities over extended periods of time.

Key to symbols: + = hearing damage as a result of noise exposure during the activity is possible (in some cases the hearing damage cannot be estimated because of insufficient data on exposure times); - = no hearing damage insofar the activity is not combined with other noisy activities no symbol or number = no conclusion possible because of insufficient data.

Activity	Activity	Increase in fraction % of	persons in category	hard of
	may not	limited	partially	hearing
	cause hearing	hearing	hard of	hearing
	damage		hearing	damage
1 Attending popconcerts	+	2,5	0,5	0
2 Visiting discotheques	+	5	1,5	0
3 Using earphones	+	2	0,5	0
4 Combination of 1,2 and 3	+	6	2	0,5
5 Playing in pop groups	+	13	7	1
6 Performing of classical music				
7 Attending concerts	-			
8* Visiting amusements arcades	+			
9 Playing with toys				
10 Firing bangers (fireworks)				
11* Constructing model aeroplanes	+			
12 Shooting/hunting				
13* Visiting car and motor races	+			
14 Time spent in sportcentres				
15 Transport in private cars	-	-	-	-
16 Public transport	-	-	-	-
17 Mopeds-4 hours per week	-	-	-	-
18 Mopeds-12 hours per week	+	1	0	0
19 Motorbikes-4 hours per week		7	2	0
20 Motorbikes-12 hours per week	+	13	7	1
21 Speed boats				
22 Flying	-	-	-	-

8 * possible hearing damage if more than 3.4 hours per week
 11 * possible hearing damage if more than 0,7 hours per week
 13 * possible hearing damage if more than 1.1 hours per week

.....

distribution of the hearing ability over the five categories mentioned for groups of young people who take part in certain noisy activities. For each of these groups I compared this distribution with that of young people who do not take part in any of the noisy activities considered. The result of the comparison is a measure of the effect of a noisy activity on the hearing ability of a given group of young people. The results are given in the last three columns of table S.2.

The table shows that attending pop concerts for 10 years lowers the number of young people in the category 'good hearing' by 3 per cent. The hearing ability of these young people shifts to the category limited hearing ability (2,5 per cent) and partially hard of hearing (0,5 per cent). The combination of attending pop concerts, visiting discotheques and listening through earphones to pop music has a more serious effect: the hearing of 8,5 per cent of the young people concerned shifts from the category good hearing to the category limited hearing ability (6 per cent), partially hard of hearing (2 per cent) and hard of hearing (0,5 per cent). Even more serious is the effect of riding motorbikes frequently (12 hours a week) for ten years: the hearing of 21 per cent of the riders shifts from the category good hearing to less favourable categories. For all noisy activities considered in table S.2 the shift to the category very hard of hearing turned out to be very small compared with the accuracy of the estimates; therefore these figures have been omitted from table S.2

.....

Estimate of shifts in hearing ability of young people in the Netherlands

For pop music activities by young people in the Netherlands some data on participation rates do exist. By using these data a global assessment has been made of the effects of such activities upon the number of young Dutch people in the different hearing ability categories. The result is given in table S.3. Unfortunately, data on participation

Table S.3 Estimate of annual increase in the number of young people in the Netherlands in a given hearing category as a result of a pop music exposure

Activity	Annual increase in the number of young people in the Netherlands with hearing in the categories:		
	limited hearing	partially hard of hearing	hard of hearing
Attending pop concerts	5000	1000	
Visiting discotheques	4500	1350	
Using earphones	1800	450	
Playing in pop groups	5200	2800	400
Total	16500	5600	400

rates for riding motorbikes and mopeds do not exist. The same holds for the construction of model aeroplanes, playing in amusement arcades and attending car- and motorraces.

Table S.3 shows that every year an estimated 21 500 young people who would otherwise belong to the 'good hearing' category have to be added to the 'limited hearing' category or even to the 'partially hard of hearing' or 'hard of hearing' categories as a result of pop music activities.

.....

.....

1 DE MENS EN GELUID

.....

1.1 Inleiding

De hedendaagse jeugd staat bloot (en stelt zichzelf bloot!) aan velerlei geluid; popmuziek, geluid van bromfiet-
sen, motoren en speelautomaten zijn voor de hand liggende
voorbeelden. Het zijn bovendien voorbeelden van geluid van
'nieuwe' bronnen; 30 jaar geleden bestonden deze bronnen niet
of kwamen jongeren er niet of nauwelijks mee in aanraking.

In dit rapport geef ik op verzoek van de Gezondheids-
raad een antwoord op de vraag of al dat geluid schade toe-
brengt aan het gehoor van jongeren. Ik doe dat aan de hand van
de gegevens in de Nederlandse en internationale wetenschappe-
lijke literatuur. Om het risico dat Nederlandse jongeren lo-
pen, te kunnen schatten, heb ik nagegaan:

- Aan welke geluidbronnen staan jongeren bloot en wat
zijn de geluidniveaus die daarbij horen?
- Hoe staat het met gehoor van jongeren? Is er sprake
van een verandering vergeleken met vroegere leeftijds-
genoten?
- Wat is de invloed van bepaalde geluidbronnen op het
gehoor van jongeren?
- Wat is er bekend over de tijdelijke verslechtering van
het gehoor en het optreden van oorsuizen (tinnitus)
bij jongeren na blootstelling aan geluid?

Mijn aandacht heb ik vooral gericht op gegevens over jongeren
tot 30 jaar.

De effecten op de gezondheid van chronische (langduri-
ge, steeds weerkerende) blootstelling aan geluid kunnen worden

onderscheiden in effecten op het gehoor (auditieve effecten) en effecten die zich elders bij de mens manifesteren (extra-auditieve effecten).

De auditieve effecten van blootstelling aan geluid, dat wil zeggen de effecten die te maken hebben met het gehoor, kunnen worden ingedeeld in:

- gehoorschade door lawaai. Dit kan zowel van tijdelijke als permanente aard zijn;
- oorsuizen. Door hoge geluidsniveaus kan oorsuizen (tinnitus) ontstaan, die zowel van tijdelijke als permanente aard kan zijn;
- functionele effecten, zoals het minder goed horen van spraak in een lawaaiige omgeving en het minder goed waarnemen van (waarschuwings)signalen bij een hoog niveau van het achtergrondgeluid.

In dit rapport behandel ik vooral gehoorschade en oorsuizen door blootstelling aan geluid. De extra-auditieve effecten van geluid op jongeren komen alleen in hoofdstuk 1.3 ter sprake. Allereerst geef ik in hoofdstuk 1.2 informatie over gehoorschade door lawaai. In hoofdstuk 2 inventariseer ik de literatuur over de blootstelling van jongeren aan diverse geluidbronnen. Daarbij heb ik getracht om zoveel mogelijk betrouwbare geluidgegevens en gegevens over de mate van blootstelling van jongeren te verzamelen.

Over de relevantie van de verzamelde gegevens het volgende. Omdat het mede het doel van deze studie is om te komen tot een schatting van de kans op gehoorschade bij de hedendaagse jeugd in Nederland, is het van belang dat de verzamelde gegevens in verband kunnen worden gebracht met de huidige Nederlandse situatie. Twee aspecten zijn daarbij van belang: de herkomst en de ouderdom van de gegevens. Vrijwel alle expositiegegevens zijn van buitenlandse oorsprong; slechts vier Nederlandse publikaties (Pa79, Pa81, Li87, Kl81) hebben betrekking op de Nederlandse situatie. Ik ga er van uit dat over het algemeen de in de buitenlandse literatuur gerapporteerde hoogten van de geluidsniveaus bij de diverse activitei-

.....

ten ook representatief zijn voor Nederland. De prevalentie, (mate van voorkomen) en de duur van de blootstellingen die de buitenlandse onderzoekers vermelden, zijn niet zonder meer op de Nederlandse situatie toepasbaar. Wat betreft de ouderdom van de gegevens heb ik in elk voorliggend geval overwogen of er sinds de periode van onderzoek mogelijk wijzigingen in de situatie zijn opgetreden. Indien dat mijns inziens het geval is, heb ik dat vermeld.

In het derde hoofdstuk behandel ik de effecten van expositie aan geluid op het gehoor van jongeren, en de algemene gehoortoestand van jongeren.

Naast de hiervoor genoemde permanente gehoorschade en tinnitus ga ik ook kort in op tijdelijke gehoordrempelverschuivingen.

Bij de bestudering van de permanente gehoorschade bij jongeren door expositie aan geluid heb ik drie lijnen gevolgd. Ten eerste heb ik nagegaan welke conclusies getrokken kunnen worden over de gehoorscherpthe van jongeren uit onderzoek naar de gehoorscherpthe in relatie tot de leeftijd. Dit onderzoek heeft voornamelijk plaatsgevonden in het kader van referentiewaarden voor op de arbeidsplaats aan lawaai geëxponeerde groepen met leeftijden tussen de 18 en de 65 jaar. Ten tweede inventariseer ik (epidemiologisch) onderzoek naar de gehoorscherpthe bij (school)kinderen en jongeren. In het derde onderdeel ga ik na welk onderzoek gepubliceerd is over de permanente gehoorschade bij jongeren door expositie aan specifieke geluidbronnen.

In de discussie analyseer ik de resultaten uit de hoofdstukken 2 en 3 en kom ik op basis daarvan tot conclusies, die aan het begin van dit rapport in 'het rapport in hoofdlijnen' zijn verwerkt.

In de bijlage leg ik de gehanteerde akoestische en audiometrische termen uit.

.....

1.2 Gehoorschade door blootstelling aan geluid

Een goed gehoor is een belangrijke factor bij het functioneren van de mens in diens woon-, werk- en recreatie-

.....

omgeving. Het niet goed kunnen verstaan van de spraak van anderen heeft veelal een negatieve invloed op de mogelijkheid tot communicatie en beïnvloedt daardoor het welbevinden. Ernstige gehoorschade op jonge leeftijd heeft daarbij ook nog een negatieve invloed op de taalontwikkeling van het kind.

Gehoorschade kan door diverse oorzaken ontstaan, zoals door bepaalde infectieziekten, door bepaalde (ototoxische) medicijnen, erfelijke factoren, middenoorontstekingen en door blootstelling aan lawaai. Dit rapport behandelt voornamelijk de laatstgenoemde oorzaak en beperkt zich verder tot het optreden van gehoorschade bij jongeren. Onder jongeren versta ik in het kader van dit rapport (basis)schoolkinderen en de daaropvolgende leeftijdscategorie tot een leeftijd van zo'n 25 à 30 jaar.

Blijvende effecten op het gehoor door blootstelling aan lawaai, dat wil zeggen gehoorschade door lawaai, is vooral bestudeerd bij groepen personen die in lawaai werken. Voor lawaai op de arbeidsplaats zijn dosis-effectrelaties opgesteld, die zijn gepubliceerd in (IS85). In ISO/DIS 1999.2 is het equivalente geluidniveau over een representatieve werkdag ($L_{Aeq,8h}$) de maat waarin de geluidexpositie wordt uitgedrukt. Ik heb onlangs aangetoond (Pa89), dat het equivalente geluidniveau over een representatieve werkdag en de in ISO/DIS 1999.2 gegeven relaties een juist beeld geven van de in zeer uiteenlopende geluidssituaties veroorzaakte gehoorschade door lawaai op de arbeidsplaats.

In ISO/DIS 1999.2 zijn relaties gegeven tussen gehoorschade door lawaai bij de frequenties 500, 1000, 2000, 3000, 4000 en 6000 Hz en het equivalente geluidniveau van het geluid op de werkplek gedurende een representatieve werkdag. Bij de frequentie van 4000 Hz is het permanente gehoorverlies het grootst, terwijl de gehoorschade bij 3000 Hz en 6000 Hz iets geringer is. In dit verband wijs ik er op dat de in ISO/DIS 1999.2 gegeven dosis-effectrelaties betrekking hebben op groepen personen die in lawaai werken en wel op de gehoorverliezen van deze groepen die liggen tussen de fracties 0,05 en 0,95 van de optredende gehoorverliezen. Dat houdt in dat over de 5

.....

procent grootste en 5 procent kleinste gehoorverliezen van een groep geen nadere uitspraken gedaan kunnen worden.

Uit de in ISO/DIS 1999.2 gegeven relaties blijkt dat op den duur gehoorschade door lawaai begint op te treden vanaf een equivalent geluidniveau van 75 dB(A) over een werkdag van 8 uur. Daarbij gaat het om een jarenlange beroepsmatige blootstelling aan geluid gedurende alle werkdagen met uitzondering van verzuimdagen, vakanties en zon- en feestdagen. Een beroepsjaar kan daarbij gelijk gesteld worden aan 2000 werkuren. Met dit aantal werkuren per beroepsjaar heb ik in de berekeningen in hoofdstuk 4 rekening gehouden. Dat gehoorschade door lawaai bij mensen die dagelijks in lawaai werken begint op te treden vanaf een equivalent geluidniveau van 75 dB(A) over een representatieve werkdag geldt voor de mogelijk te beoordelen 95 procent van de gehoorverliezen (waarbij ik de 5 procent kleinste gehoorverliezen door lawaai gelijk aan nul stel).

Een beroepsmatige geluidbelasting van 75 dB(A) gedurende de gehele arbeidstijd is dus de ondergrens voor schadelijk geluid op de arbeidsplaats. Als de geluidbelasting over een kalenderjaar door de beroepsmatige expositie gedurende de werkuren aan bijvoorbeeld een equivalent geluidniveau van x dB(A) gedurende de werkdagen wordt omgerekend naar een constante geluidbelasting gedurende alle volledige etmalen van dat kalenderjaar dan is dat constante geluidniveau gedurende het gehele jaar 6 dB(A) lager dan de eerder genoemde x dB(A)*. Voor een beroepsmatige geluidbelasting van 75 dB(A) geldt dus dat deze overeenkomt met een geluidbelasting van 69 dB(A) gedurende alle volledige etmalen. Dit rond ik in het volgende af tot 70 dB(A).

.....

* Het verschil tussen het equivalente geluidniveau over een werkdag van 8 uur en het equivalente geluidniveau over een etmaal is gelijk aan 10 maal de logaritme van de verhouding van de blootstellingstijden. Bij het werk is de blootstellingstijd per kalenderjaar 2000 uur. Voor een expositie gedurende alle etmalen van een kalenderjaar is de blootstellingstijd $365 \times 24 = 8760$ uur. Dan geldt $10 \cdot \log(8760/2000) = 6,4$ dB(A).

In dit kader is het de vraag of in het algemeen het model gegeven in ISO/DIS 1999.2 voor beroepsmatige exposities ook geldt voor exposities meer incidenteel dan de beroepsmatige en meer specifiek of de schadelijkheidsgrens van 70 dB(A) over een etmaal tevens voor meer incidentele exposities geldt.

Helaas zijn er geen onderzoeken uitgevoerd die op die vragen antwoord geven. Wel lijkt mij de hypothese gerechtvaardigd dat naarmate de expositie aan geluid die van de beroepsmatig geëxponeerde groepen meer benadert, het equivalente geluidniveau over een etmaal een steeds betere maat vormt om de geluidbelasting in uit te drukken met het oog op resulterende gehoorschade. Voor een vrijwel dagelijkse expositie van bijvoorbeeld een aantal uren per dag acht ik het model uit ISO/DIS 1999.2 en de genoemde ondergrens van 70 dB(A) over een etmaal bruikbaar. Voor incidentele exposities is mijns inziens het model niet zonder meer toepasbaar.

Vooruitlopend op de resultaten in hoofdstuk 2 kan daarbij het volgende voorbeeld gegeven worden. De jongeren die popconcerten bezoeken, doen dat gemiddeld vier keer per kalenderjaar. Het gemiddelde equivalente geluidniveau tijdens popconcerten is 105 dB(A) en de gemiddelde verblijftijd is 3 uur per concert. Dat komt overeen met een equivalent geluidniveau over elk etmaal van het kalenderjaar van 76 dB(A). Het voert mijns inziens te ver en het berust zeker niet op een wetenschappelijke basis om uitgaande van deze waarde met het model volgens ISO/DIS 1999.2 de gehoorschade door lawaai te schatten, als het bijwonen van popconcerten de enige blootstelling aan geluid van deze jongeren zou zijn.

Nu komen mijns inziens in het dagelijkse leven deze blootstellingen bij jongeren niet geïsoleerd voor. Jongeren die popconcerten bezoeken, maken bijvoorbeeld ook dagelijks gebruik van vervoermiddelen, steken knallend vuurwerk af, bezoeken sportkantines en dergelijke. Bij een dergelijke combinatie van geluidbelastingen, waarbij het soort belasting wel van dag tot dag kan verschillen, lijkt het patroon van de geluidbelastingen erg veel op dat van een beroepsmatige expositie aan lawaai. Als werkhypothese stel ik daarom dat het

.....

model uit ISO/DIS 1999.2 ook hanteerbaar is voor de geluidexpositie van jongeren. Daarbij ga ik ervan uit, dat de geluidexposities van jongeren niet geïsoleerd optreden, maar dat jongeren dagelijks aan diverse geluidbronnen bloot staan. Of dit aannemelijk is, behandel ik in hoofdstuk 4.

.....

1.3 Extra-auditieve effecten van geluid

Tot op heden gaat men er in wetenschappelijke kring over het algemeen van uit dat jongeren niet in bijzondere mate gevoelig zijn voor de extra-auditieve effecten van geluid (hinder, stress, veranderingen in de bloedcirculatie zoals verhoging bloeddruk). Daarom is epidemiologisch onderzoek veelal niet gericht op jongeren, terwijl in een aantal onderzoeken jongeren zelfs zijn uitgesloten, omdat men veronderstelde dat ze minder gevoelig zijn.

In laboratoriumonderzoek is gebleken dat bij de mens door geluid tijdelijke effecten optreden op de bloedcirculatie, ademhaling en biochemische processen in het lichaam. Aan deze effecten ligt een activering van het autonome zenuwstelsel als reactie op blootstelling aan geluid ten grondslag. Uit epidemiologisch onderzoek wordt echter steeds duidelijker, dat de effecten niet alleen van fysiologische oorsprong zijn, maar dat ook psycho-sociale factoren een rol spelen. Zo worden thans ter beschrijving van extra-auditieve effecten theoretische modellen gehanteerd die afkomstig zijn uit theorieën over stress. In de theorieën over stress hanteert men het volgende model. Als een persoon wordt blootgesteld aan een bepaalde belastingsfactor ('stressor', bijvoorbeeld lawaai) zal hij of zij deze belasting bewust of onbewust beoordelen. Valt deze beoordeling negatief uit, dan is er sprake van een discrepantie tussen de werkelijke en gewenste toestand van de persoon. dit kan leiden tot een situatie van stress, die op den duur gepaard kan gaan met nadelige effecten op de gezondheid. De beoordeling van de stressor kan worden beïnvloed door de mogelijkheden die iemand heeft om de ongewenste situatie te verwerken of te beheersen. De lichamelijke effecten die met stress gepaard gaan, zijn verhoging van de systolische en

.....

diastolische bloeddruk, versnelling van de polsslag, verhoging van de ademfrequentie en veranderingen in de hormoonhuishouding.

Cohen (Co79) veronderstelde dat kinderen meer negatief worden beïnvloed door omgevingslawaai dan volwassenen, omdat ze minder in staat zijn de situatie te verwerken of te beheersen. Uit een onderzoek naar de effecten van vliegtuiglawaai in de omgeving van Los Angeles Airport (Co81) bleek, dat kinderen die aan veel vliegtuiglawaai blootstaan, een hogere systolische en diastolische bloeddruk hadden dan de kinderen met de geringere exposities aan vliegtuiglawaai. Bij beide groepen waren echter de gemeten bloeddrukwaarden lager dan gepubliceerde referentiewaarden. Ook uit een Duitse onderzoek Karlsdorf (Ka68) onder middelbare scholieren bleek dat de bloeddruk hoger was naarmate het niveau van het wegverkeerslawaai waaraan men was geëxponeerd, hoger was; de verhoging van de gemiddelde systolische en van de gemiddelde diastolische bloeddruk van de groepen met het laagste en met het hoogste geluidniveau bedroeg respectievelijk 9 en 16 mm kwik. Roche (Ro78) daarentegen vond in een longitudinaal onderzoek onder middelbare scholieren geen verband tussen geluidexpositieniveau en bloeddruk.

Uit het schaarse onderzoek kan geen conclusie worden getrokken over de permanente lichamelijke effecten bij jongere kinderen en middelbare scholieren door blootstelling aan omgevingslawaai.

In Nederland heeft de IVEM een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de extra-auditieve effecten van vliegtuiglawaai en wegverkeerslawaai (A187, A189, B189). In dat onderzoek zijn 2000 personen geïnterviewd, ongeveer 900 personen zijn medisch onderzocht en met een kleine groep (24) zijn tevens laboratoriumproeven gedaan. Uit het medische onderzoek kwamen geen effecten van lawaai op de bloeddruk naar voren. De leeftijd van de onderzochten lag tussen de 20 en de 55 jaar. Het is dus niet mogelijk om op basis van de gegevens uitspraken te doen over kinderen en jongeren van nog geen 20 jaar.

In het rapport GA-DR-03-01 (A189) wordt in hoofdstuk 7

.....

(paragraaf 7.5.4) ingegaan op het verband tussen bloeddruk en leeftijd. Bij de hoogstbelasten aan wegverkeerslawaai (geluidniveau hoger dan 66 dB(A), n = 126) bleek dat de regressielijn die het verband aangeeft tussen systolische bloeddruk en de leeftijd, niet verschilt van die van de minstbelasten (lager dan 55 dB(A), n = 146). De regressielijn die het verband geeft tussen de systolische bloeddruk en de leeftijd van de hoogstbelasten aan vliegtuiglawaai (meer dan 51 KE, n = 75), week wel statistisch significant af van die van de minstbelasten (minder dan 40 KE, n = 201), terwijl de regressielijnen die het verband gaven van de diastolische bloeddruk met de leeftijd, niet verschilden. Vliegtuiglawaai bleek bij ouderen tot een grotere verandering van de systolische bloeddruk te leiden dan bij jongeren. Dit ondersteunt de veronderstelling dat jongeren (ouder dan 20 jaar) minder gevoelig voor lawaai zijn dan ouderen voor zover het het optreden van extra-auditieve effecten betreft.

Naast het schaarse onderzoek naar extra-auditieve lichamelijke effecten is er ook onderzoek gedaan naar het effect van omgevingslawaai op de cognitieve ontwikkeling, waaronder de leesvaardigheid, bij kinderen. In een van de eerste onderzoeken daarnaar (Co73) is de leesvaardigheid en het auditieve onderscheidingsvermogen van schoolkinderen van 8 tot 10 jaar nagegaan in afhankelijkheid van het in de woning doordringende verkeerslawaai van een snelweg. De geluidniveaus in de woningen liepen uiteen van 55 tot 66 dB(A). Bij de testen, die in een rustige omgeving plaatsvonden, bleek dat de leesvaardigheid en het auditieve onderscheidingsvermogen van de kinderen uit de stillere woningen beter was dan van hen uit de rumoerigere woningen. Deze effecten waren groter bij kinderen die reeds langer in de rumoerigere woningen woonden. Ook Bronzaft (Br75) vond dat de leesvaardigheid van kinderen in de groepen 2, 4 en 6 (leeftijd gemiddeld 6, 8 en 10 jaar) die les hadden in klaslokalen grenzend aan een spoorlijn met gedurende de treinpassages elke vier tot zes minuten een geluidniveau dat toenam van 59 tot 89 dB(A), geringer was dan bij een referentiegroep kinderen uit rustige leslokalen.

Green (Gr82) heeft aangetoond dat onder kinderen die tijdens de lesuren aan vliegtuiglawaai van een nabijgelegen vliegveld blootstonden, het percentage dat onder het normale leesniveau las, toenam naarmate het vliegtuiglawaai in de leslokalen een hoger niveau had. Effecten op de leesvaardigheid en het auditieve onderscheidingsvermogen van kinderen die aan vliegtuiglawaai op school blootstonden, kwamen niet naar voren in een groot onderzoek van Cohen (Co81) onder kinderen die scholen onder de vliegroutes van Los Angeles International Airport bezochten. In vergelijking tot kinderen van stillere scholen bleek wel dat de aan vliegtuiglawaai geëxponeerde kinderen vaker een puzzeltaak niet konden oplossen. Uit zijn longitudinale onderzoek concludeerde Cohen, dat chronische blootstelling aan lawaai het kind minder in staat stelt auditieve afleiding te weerstaan. Lukas (Lu81) vond bij kinderen uit 100 klaslokalen in 15 scholen in Californië, dat bij het toenemen van in de klaslokalen doordringend lawaai van verkeer op snelwegen de leesscore verminderde. Ook bleek uit dit onderzoek een gecombineerd effect op de leesvaardigheid van het omgevingslawaai thuis en dat op school op te treden. Bij een gering niveau van omgevingslawaai thuis konden de kinderen relatief meer verkeerslawaai op school verdragen zonder dat de leesvaardigheid werd beïnvloed.

Ook onder zeer jonge kinderen zijn onderzoeken gedaan naar de invloed van omgevingsgeluid op de cognitieve ontwikkeling (Wa71, Wa79). Wachs concludeerde dat hoge geluidniveaus in de woonomgeving al gedurende de eerste twee levensjaren nadelige effecten op de cognitieve ontwikkeling kunnen hebben en dat kinderen uit lawaaiige woningen een cognitieve achterstand hebben als ze naar de basisschool gaan.

Uit de aangehaalde onderzoeken volgt dat omgevingslawaai (wegverkeerslawaai, vliegtuiglawaai, treinverkeerslawaai) invloed kan hebben op de cognitieve ontwikkeling bij kinderen. Op de vraag welke mechanismen hieraan ten grondslag liggen, kan mijns inziens thans nog geen eenduidig antwoord worden gegeven.

.....

Tabel 2.1 Equivalente geluidniveaus tijdens popconcerten.

Auteur	Land	Datering	Equivalent geluidniveau in dB(A)
Abrol	India	1970	100 - 101
Barry	USA	1972	105
Bickerdike	UK	1980	89 - 119
Dey	USA	1970	100
Fearn	UK	1972	109
Flottorp	Norway	1973	106 - 111
Flugrath	USA	1968	95 - 106
Hickling	Nieuw Zeeland	1970	100 - 107
Lebo	USA	1968	106 - 111
Libscomb	USA	1969	114
Rice	UK	1969	105
Rintelmann	USA	1968	97 - 104
Rupp	USA	1974	102 - 116
Speaks	USA	1970	95 - 111

.....

2 EXPOSITIES VAN JONGEREN AAN GELUID

.....

.....

In dit hoofdstuk vat ik de literatuurgegevens over de geluidbronnen waaraan de jeugd is geëxponeerd, samen. Ik geef de gepubliceerde waarden van geluidniveaus, expositietijden op korte termijn, totale duur van de exposities en, voor zover in de literatuur aangegeven, ook de mate van voorkomen van de exposities onder bepaalde groepen. Bij de aangehaalde publicaties vermeld ik jaartal en land van herkomst, in verband met een beoordeling van de bruikbaarheid van het materiaal in de huidige Nederlandse situatie.

.....

2.1 Popconcerten

In tabel 2.1 zijn de equivalente geluidniveaus opgenomen die ter plaatse van het publiek optreden bij live-optredens van zangers, zangeressen of bands. In de meeste gevallen gaven de auteurs een traject van waarden, hetgeen aangeeft dat het equivalente geluidniveau varieert van plaats tot plaats en ook van concert tot concert. De gemiddelden van de onder- en van de bovengrenzen van deze trajecten zijn respectievelijk 99 en 110 dB(A). Daaruit concludeer ik dat globaal de equivalente geluidniveaus tijdens popconcerten liggen tussen 100 en 110 dB(A).

In een Oostenrijks onderzoek Haider (Ha84) is bij 1290 ongeveer 20-jarige scholieren nagegaan hoe vaak men een popconcert bezoekt. Eén en dertig procent bezoekt nooit een popconcert, 39% ongeveer eens per jaar, 22% minder dan eens per maand en meer dan eens per jaar, 6% ongeveer eens per maand en 3% meer dan eens per maand. Onder de popconcertbezoekers komt dit neer op gemiddeld vier keer per jaar.

Tabel 2.2 Equivalente geluidniveaus in discotheken.

Auteur	Land	Datering	Equivalent geluidniveau in dB(A)
Abrol	India	1970	83 - 95
Bickerdike	UK	1980	88 - 115
Brüel	Denemarken	1976	85 - 102
Cabot	USA	1979	82 - 95
Chüden, Strauss	BRD	1972 - 1974	83 - 101
Fearn	UK	1975	92 - 100
Haider	Oostenrijk	1984	85 - 104
Jugendamt der			
Stadt Bern	Zwitserland	1980	91 - 98
Kleis	Nederland	1981	95 - 110
Lipscomb	USA	1969	101 - 120
Moll	BRD	1970	91 - 94
Rupp	USA	1974	100
Skrodzki	DDR	1973	78 - 108

.....

Bickerdike (Bi81) uit U.K. heeft scholieren onder-
vraagd naar hun bezoeken aan popconcerten en discotheken. Van
de geregelde discotheekbezoekers (1303 van de 2668 scholieren,
dat wil zeggen 49%) bezocht 90% minder dan eens per maand een
popconcert, 7% bezocht minder dan eens per week maar meer dan
eens per maand een popconcert en 3,5% bezocht eens per week of
vaker een popconcert. Bickerdike leverde geen gegevens over
het aantal jaren dat men popconcerten bezocht.

De Graaff en van den Berg (Gr85) hebben verslag gedaan
van een onderzoek naar het bezoeken van popconcerten en het
bespelen van een instrument bij deze concerten. Op basis van
literatuurgegevens schatten zij dat er in Nederland per jaar 8
miljoen bezoeken aan popconcerten worden afgelegd. Ongeveer de
helft van de bezoekers had een leeftijd van ten hoogste 24
jaar en de andere helft was 25 jaar of ouder. Per jaar worden
naar schatting ongeveer 32 500 concerten in Nederland gegeven
in ongeveer 1000 accommodaties. Uit de resultaten van een on-
derzoek onder 105 jeugd- en jongerencentra en 31 andere podia
kwamen de Graaff en van den Berg tot de conclusie dat de ge-
middelde leeftijd van de popconcertbezoekers 20,5 jaar was.
Vanwege de oververtegenwoordiging van de jeugd- en jongeren-
centra in het onderzoek kan deze gemiddelde leeftijd niet als
representatief voor de Nederlandse bevolking die popconcerten
bezoekt, beschouwd worden. Op de vraag of men meende dat de
gemiddelde leeftijd in de loop der jaren is veranderd, ant-
woordden 77 instellingen geen en 57 wel een verandering waar-
genomen te hebben. Van deze 57 instellingen die een verande-
ring in leeftijd constateerden, zagen 39 een verjonging, ter-
wijl 11 een veroudering van het publiek meldden. De resterende
7 instellingen meldden wel een verandering, maar gaven niet
aan in welke richting deze is verlopen.

.....

2.2 Discotheken

In tabel 2.2 zijn de equivalente geluidniveaus opgeno-
men die ter plaatse van het publiek in discotheken heersen,
als muziek niet live gespeeld wordt maar via versterkingsappa-
ratuur wordt gepresenteerd. Evenals bij de popconcerten geven

de meeste auteurs een traject van equivalente geluidniveaus; de spreiding geeft de verschillen van discotheek tot discotheek weer en binnen één discotheek de verschillen van plaats tot plaats waar het publiek zich bevindt. Ik concludeer dat het traject globaal loopt van 88 tot 104 dB(A), dat wil zeggen zo'n 6 tot 12 dB(A) lager ligt dan bij popconcerten.

Uit het eerder genoemde Oostenrijkse onderzoek (Ha84) onder 1290 jongeren bleek dat 17% van hen nooit een discotheek bezocht, 23% minder dan eens per maand, 18% eens per maand, 23% eens per week en 18% meer dan eens per week. Het aantal bezoeken onder degenen die een discotheek bezochten was 0,8 keer per week.

Bickerdike (Bi79, 80) heeft bij 1355 discotheekbezoekers het aantal discotheekbezoeken per week en het aantal uren discotheekbezoek per week nagegaan. De mediane waarde van het aantal bezoeken was 1,5 per week, 10% van de bezoekers kwam 3,7 keer per week of vaker in de discotheek en 5% van de ondervraagden zelfs 4,4 keer of vaker per week. De mediane waarde van het aantal uren discotheekbezoek lag op 4,4 per week; 10% der bezoekers was ten minste 10,5 uur per week in de discotheek en 5% ten minste 15,1 uur per week. Deze getallen zijn niet representatief voor een a-selecte steekproef onder discotheekbezoekers, omdat immers de zeer frequente bezoekers vaker onder de ondervraagden voorkwamen dan degenen die zelden een discotheek bezochten. Daardoor geven de getallen een overtrokken beeld van het discotheekbezoek.

Het aantal jaren dat men discotheeken bezocht, had als mediane waarde 7; 10% bezocht reeds 18 jaar of langer een discotheek en 5% zelfs 24 jaar of langer! Volgens Bickerdike was er geen correlatie tussen het aantal bezoeken in de periode van het onderzoek en het totaal aantal bezoekjaren.

In Nederland heb ik zelf (Pa76, 81) een oriënterend en uitgebreider onderzoek verricht naar het luisteren naar popmuziek. De eerste fase van het uitgebreide onderzoek bestond uit een enquête onder bijna 5000 Nederlandse gezinnen met bijna 15 000 gezinsleden, die een representatieve steekproef vormden uit de Nederlandse bevolking. Het bleek dat naar schatting 48%

Tabel 2.3 Percentage bezoekers van popmuziekgelegenheid per leeftijdsgroep. Steekproefomvang: 14 938 personen.

Leeftijdsklasse in jaren	Percentage* bezoekers
jonger dan 13	1
13 - 17	24
18 - 24	33
25 - 29	13
30 - 34	6
ouder dan 34	1

* Dit betekent bijvoorbeeld dat 33% van de 18-24-jarigen een popmuziekgelegenheid bezoekt.

.....

van de gezinsleden thuis en elders naar popmuziek luisterde, 8% bezocht gelegenheden waar popmuziek (af)gespeeld werd, en 8% luisterde thuis of bij vrienden met hoofdtelefoons naar popmuziek. In totaal werd er door 9% van de gezinsleden in gelegenheden of met hoofdtelefoons naar popmuziek geluisterd.

In de tweede fase van het onderzoek zijn de luistergewoonten nagegaan van 251 personen die a-select zijn gekozen uit deze laatste categorie van 9% gezinsleden. Van deze 251 personen bezocht 61% popmuziekgelegenheden en gebruikte hoofdtelefoons, 29% bezocht popmuziekgelegenheden en gebruikte geen hoofdtelefoons en 10% gebruikte hoofdtelefoons en bezocht geen popmuziekgelegenheden.

Uit de eerste fase bleek dat het bezoeken van discotheken of popconcerten vooral een bezigheid was tussen het dertiende en het vijf en dertigste levensjaar. De verdeling naar leeftijd is gegeven in tabel 2.3.

Uit de tweede fase van het onderzoek bleek de bezoekfrequentie van de bezoekers van popmuziekgelegenheden gemiddeld 0,9 per week te zijn. Van die bezoekers ging 23% meer dan eens per week, 27% eens per week, 31% minder dan eens per week en meer dan eens per maand, en 19% minder dan eens per maand. Gemiddeld bezocht men gedurende 5,1 jaar popmuziekgelegenheden, waarbij de onderverdeling van de totale bezoektijd als volgt was: 4% had gedurende minder dan een jaar popmuziekgelegenheden bezocht, 55% gedurende 1 tot 5 jaar, 29% gedurende 5 tot 10 jaar en 12% gedurende 10 jaar of meer.

Lindeman (Li87) vond in een longitudinaal onderzoek, uitgevoerd in de periode van 1977 tot 1983 onder 163 personen die bij de eerste ondervraging ongeveer 17 jaar waren en bij de derde ondervraging ongeveer 23 jaar, dat, afhankelijk van het soort school (technische school of scholengemeenschap) en de leeftijd, 55 tot 63% popmuziekgelegenheden bezocht.

In het onderzoeksrapport 'Discotheken' (Be86) werden de resultaten gegeven van een mondelinge enquête in 1985 onder 5296 personen van 14 jaar en ouder. Het bleek dat in 1984 en 1985 63% van de 14- tot 20-jarigen een discotheek bezocht, 25% van de 20- tot 40-jarigen en 3% van de 40- tot 60-jarigen.

Het rapport 'Waar blijft de tijd; onderzoek naar de tijdsbesteding van Nederlanders' Knulst en Schoonderwoerd (Kn83) geeft een verslag van een tijdsbestedingsonderzoek in het najaar van 1980 onder 2730 personen en haalde gegevens aan uit een dergelijk onderzoek in 1975 onder 1294 personen. Bij de ondervraagden is een basis- en slotvragenlijst afgenomen, terwijl de betrokkenen zelf een tijdsbestedingsdagboek bijhielden.

De basisvragenlijst bevatte onder meer vragen naar het bezoeken van discotheken en dancings. Voor een representatieve steekproef uit de Nederlandse bevolking gold dat in 1975 80% en in 1980 75% van de ondervraagden nooit een dergelijke gelegenheid bezocht. Er is in het rapport geen uitsplitsing gegeven naar leeftijd. In 1975 ging 11% van de ondervraagden minder dan eens per maand naar een dancing of discotheek en in 1980 12%. Drie procent in 1975 en 4% in 1980 ging eens per maand naar een discotheek of dancing en respectievelijk 9 en 11% bezocht dergelijke gelegenheden vaker dan eens per maand.

Het tijdsbestedingsonderzoek is in 1985 onder 3263 personen herhaald, maar de resultaten waren bij het opstellen van dit rapport nog niet gerapporteerd. Op mijn verzoek zijn enige gegevens beschikbaar gesteld.

Uit de tijdsbestedingsonderzoeken in 1980 en in 1985 bleek dat in 1980 35% van de mannen en in 1985 39% van de mannen een café, dancing of discotheek bezocht heeft. Zowel in 1980 als in 1985 bezocht 34% van de vrouwen een dergelijke gelegenheid. De tijd dat de mannen een café, dancing of discotheek bezochten was voor de bezoekers gemiddeld in 1980 187 minuten per week en in 1985 226 minuten per week. Bij de bezoekersters was de gemiddelde verblijftijd in café, dancing of discotheek in 1980 179 minuten per week en in 1985 148 minuten per week.

Opgesplitst naar leeftijd wordt hieronder de gemiddelde bezoektijd van mannen gegeven. Tussen haakjes het percentage bezoekers in de betreffende leeftijdscategorie:

- 12 tot 25 jaar (43% in 1980; 51% in 1985): in 1980 241 en in 1985 313 minuten per week;

- 25 tot 35 jaar (41% in 1980; 46% in 1985): in 1980 185 en in 1985 235 minuten per week;
- ouder dan 35 jaar (27% in 1980; 31% in 1985): in 1980 132 en in 1985 163 minuten per week.

Voor vrouwen gold:

- 12 tot 25 jaar (55% in 1980 en 55% in 1985): in 1980 239 en in 1985 229 minuten per week;
- 25 tot 35 jaar (27% in 1980 en 32% in 1985): in 1980 157 en in 1985 135 minuten per week;
- ouder dan 35 jaar (23% in 1980 en 27% in 1985): in 1980 112 en in 1985 92 minuten per week.

Bij de mannen neemt in de periode tussen 1980 en 1985 de duur van de bezoeken dus toe in alle leeftijdscategorieën en bij de vrouwen neemt de bezoekduur af in de loop van deze periode.

Helaas geven de onderzoekers geen uitsplitsing naar het type gelegenheid (café, dancing, discotheek), zodat vergelijking met tabel 2.3 niet mogelijk is.

.....

2.3 Luisteren naar muziek met hoofdtelefoons

Grenswaarden voor schadelijk geluid berusten op geluidmetingen die met een geluidmeter in een ruimte worden gemeten. Zo gaat het bij de eerder genoemde schadelijkheidsgrens van 70 dB(A) over een etmaal om het resultaat van metingen met geluidmeters in ruimten. In onderzoek naar de geluidniveaus van muziek onder hoofdtelefoons, zoals bijvoorbeeld die van walkman's, meet men over het algemeen anders, en wel met een kunstoor. Rice (Ri87a) heeft vastgesteld dat bij een gelijke belasting van het menselijk oor in geval van popmuziek metingen met een kunstoor gemiddeld een 12 dB(A) hoger niveau leveren dan metingen met een geluidmeter in de ruimte. Eerdere publikaties (Si86a, b), waarin de geluidniveaus van popmuziek onder hoofdtelefoons werden gegeven zoals gemeten met een kunstoor en werden vergeleken met grenswaarden voor schadelijk geluid gingen daarbij dus uit van 12 dB(A) te hoge waarden. Bradley (Br87) heeft de resultaten en het onderzoek door Rice gecontroleerd en correct bevonden.

Tabel 2.4 Percentage luisteraars naar popmuziek via hoofdtelefoons per leeftijdsgroep.
Steekproefomvang: 14 938 personen.

Leeftijd in jaren	Percentage* luisteraars
jonger dan 13	3
13 - 17	19
18 - 24	22
25 - 29	17
30 - 34	9
ouder dan 34	2

* Dit betekent bijvoorbeeld dat 22% van de 18-24-jarigen luisterde naar popmuziek via een hoofdtelefoon.

.....

In twee onderzoeken heeft Rice (Ri87a, b) de geluidniveaus bepaald bij gebruikers van walkmans. Bij 20 personen die regelmatig walkmans gebruikten, ging hij na wat de door hen gewenste equivalente geluidniveaus bij het luisteren naar popmuziek waren, als ze in een rustige ruimte en als ze in een ruimte met verkeerslawaai van 70 dB(A) verkeerden. In de stille situatie bleek dit gemiddeld een equivalent geluidniveau te zijn van 80,7 dB(A), in de situatie met verkeerslawaai 85,1 dB(A).

In het tweede onderzoek zijn 41 personen die op straat walkmans droegen, ondervraagd en werd het equivalente geluidniveau onder hun walkman bepaald. Dit niveau bleek geen verband te houden met het niveau van het wegverkeerslawaai.

Rice gaf als het gecombineerde resultaat van beide onderzoeken een gemiddeld luisterniveau van 83,4 dB(A) met een standaarddeviatie van 9,8 dB(A). Dit zijn 'ruimte-equivalente' geluidniveaus. Er is een maximaal niveau van 107 dB(A) gemeten en een minimaal equivalent geluidniveau van 61 dB(A). Volgens Rice was er geen verband tussen het equivalente geluidniveau onder de walkman bij het beluisteren van popmuziek en het aantal uren per week dat men met een walkman luisterde. De door hem onderzochte personen luisterden gemiddeld 4,3 uur per week, met een standaarddeviatie van 1,0 uur per week.

Over de prevalentie van het luisteren met hoofdtelefoons naar popmuziek leverde Rice geen gegevens. Volgens een enquête die in 1979 in Nederland gehouden is (Pa79), luisterde 8% van de Nederlandse bevolking soms of altijd met hoofdtelefoons naar popmuziek. In tabel 2.4 geef ik een verdeling naar leeftijd. In de tweede fase van het onderzoek (Pa79) bleek dat van de ondervraagde 20- tot 30-jarige popmuziekluisteraars (dat betrof 77% van alle jongeren in deze leeftijdsklasse) 29,6% met hoofdtelefoons naar popmuziek luisterde; deze 29,6% is op te splitsen in 20,3% die minder dan één uur per week via hoofdtelefoons luisterde, 7,1% 1 tot 3 uur per week en 2,2% meer dan 3 uur per week.

Volgens Lindeman (Li87) luisterde van de eerder gerefereerde groep van 163 jonge mannen op 17-jarige leeftijd 12%

Tabel 2.5 Duur van het luisteren naar popmuziek met hoofdtelefoons, gespecificeerd naar geluidproducerend apparaat. Steekproefomvang: 1290 jeugdigen.

Duur in uren/week	Percentage dat luistert naar	
	radio	cassettes, platen, geluidsbanden
0	53,3	44,0
1 - 10	43,7	50,9
11 - 20	2,6	4,2
21 - 30	0,5	0,5
31 - 40	0,2	0,6
	<u>100</u>	<u>100</u>

Tabel 2.6 Gemiddeld aantal luisteruren van degenen die via walkmans naar popmuziek luisterden. Gegevens uit vier onderzoeken naar het gebruik van walkmans.

Onderzoek	Aantal ondervraagden	Gemiddelde leeftijd in jaren	Gemiddeld aantal luisteruren per week		
			M*	V*	M + V
Mark (1985)	70	17,9	4,9	4,4	4,6
Bradley (1987)	535	13,4	4,8	4,3	4,5
Rice (1987)	61	22,0	5,4	4,1	5,0
Rice, Turin (1987)	157	15,7	4,0	3,0	3,3
Gemiddeld uit de 4 onderzoeken (Rice 1987)			4,8	4,0	4,3

* M=mannen, V=vrouwen

.....

met hoofdtelefoons naar popmuziek, 21% op 20-jarige leeftijd en 17% op 23-jarige leeftijd.

Volgens Fearn (Fe84, UK) veranderde de prevalentie van het luisteren naar popmuziek via hoofdtelefoons met de leeftijd. Uit diverse door hem te zamen gevoegde onderzoekresultaten bleek dat van de 9- tot 11-jarigen 10% met hoofdtelefoons naar popmuziek luisterde, van de 13- tot 16-jarigen 12% en van de 18- tot 25-jarigen 35%.

Bradley (Br87, UK) rapporteerde dat van de 1443 ondervraagde scholieren (11 tot 18 jaar) er 37% een walkman bezat. Of allen deze walkman ook gebruikten, vermeldde zij niet.

Uit het eerder beschreven onderzoek in Oostenrijk (Ha84) bleek onder de 1290 ondervraagde jeugdigen (16-25 jaar) de prevalentie van het luisteren naar popmuziek met hoofdtelefoons 70,1% te zijn. Tevens vermeldde Haider het aantal uren dat naar de radio met hoofdtelefoons geluisterd werd en het aantal uren dat via de andere apparatuur naar popmuziek werd geluisterd (cassettebandjes, walkman, platen, geluidsbanden). De combinatie van het luisteren via radio en via andere communicatiemogelijkheden was niet gegeven. Uit tabel 2.5 is derhalve niet de totale duur van het luisteren naar popmuziek via hoofdtelefoons af te leiden.

In het Oostenrijkse onderzoek zijn de geluidniveaus onder de hoofdtelefoons niet gemeten. Wel is er naar een subjectieve beschrijving gevraagd: 44,6% van de luisteraars noemde de sterkte van hun muziek onder de hoofdtelefoon zeer zacht, zacht of normaal en 55,4% achtte de sterkte luid (32,5%) tot zeer luid (22,9%). Van de bezitters van hoofdtelefoons (69,4% van de totale onderzochte groep) draaide 27,9% de volumeregelaar tot op een kwart, 35,7% tot op de helft, 26,4% tot op driekwart en 10,1% draaide de volumeregelaar vol open.

Rice (Ri87) heeft de gegevens uit drie Engelse onderzoeken en een Italiaans onderzoek bijeengebracht. Het aantal uren per week dat naar walkmans werd geluisterd is in tabel 2.6 aangegeven.

Alleen in het Nederlandse onderzoek (2e fase, Pa79) werd gewag gemaakt van het gemiddeld aantal jaren dat men met

.....

hoofdtelefoons naar popmuziek luisterde. Dit aantal was 4,5 jaar.

Rice (Ri87) gaf ook aan in welke situatie met walkmans naar popmuziek werd geluisterd. Van de luisteraars luisterde 72% thuis, 20% in bus of tram, 43% in de trein, 30% wandelend, 11% op de fiets en 26% in andere situaties.

.....

2.4 Bespelen van een muziekinstrument

Het actief bespelen van een muziekinstrument door jongeren varieerde van 10% in een Zweeds onderzoek (Ax81a, c), 17% in een Oostenrijks onderzoek (Ha84) tot 33% in het Nederlandse onderzoek (Pa81, tweede fase). De muziekbeoefenaars(sters) speelden vermoedelijk zowel het popmuziekgenre als klassieke muziek. Voor de geluidbelasting is het daarbij tevens van belang of het muziekinstrument alleen of in een orkest of popgroep bespeeld wordt en in welk soort orkest of popgroep. Volgens de Oostenrijkse gegevens speelde ongeveer de helft van de actieve muziekbeoefenaars(sters) ook in een orkest of popgroep, dat wil zeggen ongeveer 8,5% van de onderzochte groep van 16- tot 25 jarigen.

Nederland telde volgens de schatting van de Graaff (Gr85) 420 000 mensen die zich actief met het spelen van popmuziek in ruim 70 000 popgroepen bezighielden. Jaarlijks werden naar schatting 32 500 popconcerten gegeven voor naar schatting 8 miljoen bezoekers. In 1984 verrichtte de Graaff (Gr85) een onderzoek bij een steekproef van 74 popgroepen. In de steekproef waren geen beroepsmusici uit de hitcategorie vertegenwoordigd. Slechts voor 15% van de popmusici in het onderzoek van de Graaff vormde het muziekmaken een voldoende inkomstenbron. Het bleek dat 19% van de popmusici jonger was dan 20 jaar, 35% had een leeftijd tussen 21 en 25 jaar, 26% tussen 26 en 30 jaar, 16% tussen 31 en 40 jaar en 3% was ouder dan 40 jaar. De gemiddelde leeftijd was 26 jaar. Het aantal jaren dat men popmuziek speelde, vermeldde de Graaff niet.

Neem ik aan dat de Graaff een a-selecte steekproef uit de Nederlandse popgroepen heeft onderzocht, dan volgt daar uit dat 2% van de Nederlandse jongeren beneden de 20 jaar in een

popgroep speelde, 12,0% van de jongeren tussen 21 en 25 jaar, 8,9% tussen 26 en 30 jaar, 2,9% tussen 31 en 40 jaar en 0,3% ouder dan 40 jaar.

Volgens de Oostenrijkse gegevens speelde ongeveer 8,5% van de onderzochte 16- tot 25-jarigen in een popgroep. Dit komt goed overeen met de door de Graaff gegeven cijfers, als ik daarop de volgende berekening toepas. Twaalf procent van de jongeren tussen 21 en 25 jaar en 2% van de jongeren beneden de 20 jaar speelde in een popgroep. Als die laatste groep geheel uit jongeren tussen 16 en 20 jaar bestond, dan was het percentage spelers in popgroepen in deze leeftijdscategorie van 16 tot 20 jaar 6,5%. Houd ik rekening met de omvang van beide leeftijdsgroepen dan volgt uit deze gegevens voor de gehele leeftijdsgroep van 16 tot 25 jaar een percentage van 9,4. Dit percentage is iets te hoog omdat het onwaarschijnlijk is dat er in de leeftijdsgroep beneden 16 jaar geen popmuzikspelers waren. De overeenstemming met het Oostenrijkse percentage van 8,5 is dus goed.

In totaal zijn de 74 door De Graaff onderzochte popgroepen in 1984 1248 maal opgetreden. De spreiding van het aantal optredens over de popgroepen was:

0 keer	3 popgroepen
1- 10 keer	37 popgroepen
11- 25 keer	16 popgroepen
26- 50 keer	10 popgroepen
51-100 keer	4 popgroepen
meer dan 100 keer	1 popgroep
geen antwoord	3 popgroepen.

Het gemiddeld aantal optredens was 17,6 maal per jaar. Tijdens de concerten traden ter plaatse van de musici equivalente geluidsniveaus op die in dezelfde orde van grootte zijn als de waarden gegeven in tabel 2.1 ter plaatse van het publiek, namelijk 100 tot 110 dB(A).

Het tijdsbestedingsonderzoek in 1985 levert de volgende gegevens. Van de 3263 ondervraagde personen bespeelde 19,1% een muziekinstrument. Het betrof daarbij 19,3% van de mannen

-Tabel 2.7 Geluidniveaus gemeten tijdens uitvoering van klassieke muziek (MRC85).

Auteur	Jaar	Gegevens	Geluidniveau in dB(A)	
Lebo	1968	Exceptionally loud pieces	76	minimum
			90	mean
			100	maximum
Gibbs	1973	Classical piano in recording studio	76	mean
			88	maximum
		Voice & piano in recording studio	67	mean
			82	maximum
Fearn	1975	Beethoven's 5th Symphony	75	mean
		Mahler, Song of Earth	69	mean
		Janacek Sinfonietta	73	mean
		Berlioz, Requiem Mass	88	mean
		Verdi, Requiem Mass	71	mean
Barry	1972		76	average
Axelsson	1981	37 Leq readings taken for various instruments and times: from these maximum & minimum L(Aeq) are taken	78	minimum
			95	maximum
Jansson & Karlsson	1982	Violin concerto symphony ballet	75	
			88	
			99	

Tabel 2.8 Geluidniveau gemeten tijdens een uitvoering van klassieke muziek ter plaatse van de uitvoerders (Ir79).

Auteur	Jaar	Gegevens	Geluidrukniveau of phon-waarde*
Arnold, Miskolczy-Fodor	1960	Piano am offenen Flügel	am Platz des Sängers 70 - 95 phon
			am Kopf des Pianisten 64 - 93 phon
Flach, Aschoff	1966	Symphonie- orchester klassische Musik Geiger unmittelbar	grosse Besetzung 95 - 105 phon
			neben den Bratschen 97 - 120 phon
			hinter dem rechten Ohr 75 - 95 phon
			hinter dem linken Ohr 80 - 100 phon
Jansen, Klensch	1964	klassische Musik	- 90 ± 5 dB
Profazio, di Fede	1969	4 Berufssän- ger 50 Gesangs- studenten	1 m vor den Sängern 110 - 120 dB
			0,3 und 1 m vor dem Mund des Sängers 94 dB
Schmale, Schmidtke	1965	Orchester 60-80 Musiker	an verschiedenen Stellen des Orchesters <60 - 118 dB

* Voor de definitie van dB en phon: zie bijlage 1.

.....

en 19,0% van de vrouwen. Gespecificeerd naar leeftijd speelde 22% van de jonge mannen van 12 tot 25 jaar een muziekinstrument, 21% van de 25- tot 35-jarigen en 17% van degenen die ouder dan 35 jaar waren. Van de vrouwen speelde 26% van de 12- tot 25 jarigen, 23% van de 25- tot 35-jarigen, en 14% van de vrouwen 35 jaar en ouder. Er is geen onderscheid gemaakt naar type muziek, zoals popmuziek en klassieke muziek.

Van de 623 personen die een muziekinstrument bespeelden, deed 29,5% dit in verenigingsverband, zoals een popgroep, orkest of band. Het percentage muziekbeoefenaars in verenigingsverband is niet afhankelijk van de leeftijd.

Om deze cijfers te vergelijken met de uit de Oostenrijkse en Nederlandse onderzoeken bepaalde percentages van respectievelijk 8,5 en 9,4% popmuziekbeoefenaars in de leeftijdscategorie van 16 tot 25 jaar reken ik de cijfers uit het tijdsbestedingsonderzoek om naar de leeftijdscategorie van 16 tot 25 jaar. Daarbij ga ik er weer van uit dat er beneden 16 jaar geen spelers en speelsters in popgroepen waren. Het percentage muziekbeoefenaars en muziekbeoefenaarsters in verenigingsverband komt dan op 9,9% in de leeftijdscategorie van 16 tot 25 jaar. Dit betreft dan zowel het beoefenen van klassieke als popmuziek in verenigingsverband. Het percentage popmuziekbeoefenaars in popgroepen komt in het tijdsbestedingsonderzoek dus zeker lager uit dan de uit de Oostenrijkse en Nederlandse onderzoeken bepaalde percentages.

.....

2.5 Concerten/klassieke muziek

In de tabellen 2.7 en 2.8 zijn gegevens overgenomen uit een Engels overzichtsrapport en bijbehorende publikatie (ME85, ME86) en uit een Duitse publikatie (Ir79) die betrekking hebben op de geluidniveaus bij het spelen van klassieke muziek. De gegevens van Irion hebben betrekking op meetplaatsen in de naaste omgeving van de uitvoerders en niet op plaatsen waar het publiek zich ophoudt. Bij de tabellen dient de kanttekening gemaakt te worden dat het geen representatieve steekproeven zijn uit het door klassieke orkesten gespeelde repertoire, maar dat de onderzoekers vooral tijdens de luidste

Tabel 2.9 Verdeling van de geluidniveaus in spelletjeshallen.

Geluidniveaукlasse in dB(A)	Percentage van de tijd dat het geluidniveau in de geluidniveaукlasse ligt
<80	6
80 - 84	22
85 - 89	50
90 - 94	17
≥95	6

.....

orkeststukken en de luidste delen van bepaalde orkeststukken geluidmetingen verrichtten.

In het eerder genoemde Oostenrijkse onderzoek (Ha84) is het bezoek aan klassieke concerten onder de 1290 ondervraagde jongeren als volgt uitgesplitst: 84,3% bezocht nooit of hoogstens eens per jaar een concert, 13,9% eens per maand of minder en 1,7% meer dan eens per maand. Volgens mijn eigen onderzoek (Pa81) bezocht 20% van de ondervraagde groep 20- tot 30-jarigen klassieke concerten.

.....

2.6 Spelletjeshallen (arcades)

Plakke (Pl83) is de enige auteur die gegevens levert over het geluid in hallen waar elektronische en mechanische spelletjes gedaan kunnen worden (arcades). Hij gaf geluidniveaus van 75 tot 101 dB(A), afhankelijk van speelhal en spelletje. Nieuwe spelletjes bleken in het algemeen luider te zijn dan de oudere. In tabel 2.9 is de verdeling van de geluidniveaus in spelletjeshallen gegeven.

.....

2.7 Kinderspeelgoed

Dieroff (Di74), Axelsson (Ax85), Hodge (Ho66) en Marshall (Ma74) hebben het geluid afkomstig van speelgoedpistolen gemeten. Dieroff vermeldde een gemiddeld piekniveau op 10 cm afstand van de mond van het pistool van 165 dB bij klapper-tjespistolen. Axelsson mat op 50 cm achter de mond van de pistolen piekniveaus van 143 tot 153 dB, Hodge gaf piekniveaus op 15 cm voor de mond van de pistolen van 155 tot 170 dB, terwijl Marshall aan het oor van de schutter gemiddeld een piekniveau van 103 dB mat en een maximale piek van 128 dB.

Volgens Axelsson (Ax85) veroorzaakte niet nader omschreven piepend speelgoed geluidniveaus van 78 tot 108 dB(A), speelgoedauto's op 10 cm afstand 82 tot 100 dB(A) en ander eveneens niet nader omschreven speelgoed 74 tot 102 dB(A).

.....

2.8 Knallend vuurwerk

In 1982 is in Nederland het Vuurwerkbesluit afgekondigd. Daarin is vastgesteld dat vuurwerk slechts mag worden

afgeleverd, als bij het ontbranden het piekniveau niet meer bedraagt dan 150 dB(lin), gemeten volgens een gestandaardiseerde meetmethode (onder andere op een horizontale afstand van 2 m van het vuurwerk; bij klappertjes bedraagt deze afstand 30 cm). Vast staat dat tegen de jaarwisseling ook illegaal vuurwerk dat een aanzienlijk hoger piekniveau veroorzaakt, in de handel is (bijvoorbeeld strijkers). Ook het ondeskundig afsteken van vele (bijeengestoken) stukken vuurwerk, veroorzaakt piekniveaus die naar verwachting het maximaal toelaatbare niveau overschrijden. Over het misbruik van vuurwerk bestaan geen statistieken. In de buitenlandse literatuur worden voor professioneel ontstoken vuurwerk piekniveaus genoemd van 145-147 dB(A) op de grond. Axelsson (Ax85) rapporteerde waarden van 125 tot 156 dB(A). Smoorenburg (Sm78) mat in Nederland in de periode voorafgaande aan de afkondiging van het Vuurwerkbesluit bij 5 soorten vuurwerk piekniveaus van 145 tot 161 dB.

Volgens Lindeman (Li86) stak van de 163 ondervraagde jongeren gemiddeld 57% op 17-jarige leeftijd vuurwerk af op Oudejaarsavond, 42% op 20-jarige leeftijd en 33% op 23-jarige leeftijd. Passchier-Vermeer (Pa81) vond dat 36% van de 227 ondervraagden 20- tot 30-jarigen knallend vuurwerk afstak.

.....

2.9 Modelvliegtuigen

Bess (Be72) heeft de geluidsniveaus gemeten van vier verschillende typen modelvliegtuigen. De metingen zijn binnen verricht, in een situatie die overeenkomt met die waarin modelvliegtuigbouwers hun vliegtuigjes afstellen. Buiten zullen de niveaus bij de modelvliegtuigbouwers lager zijn, vanwege een geringere terugkaatsing van het geluid en een grotere afstand tot het vliegtuig. Bess vond waarden van 104, 106, 110 en 110 dB(A).

.....

2.10 Schieten en jagen

Er is veel literatuur over de geluidproductie van militaire wapens, maar er is slechts weinig gerapporteerd over het gebruik van wapens in de vrije tijd, zoals bij jagen en

sportschieten. Acton (Ac66), Coles (Co66), Taylor (Ta66) en Odess (1972) gaven piekniveaus aan een oor van de (sport)-schutter van 130 tot 173 dB, afhankelijk van het soort geweer (0.22 of groter), het linker- of rechteroor en de omgeving waar het geweer werd afgeschoten. Overigens lijkt het piekniveau alleen niet voldoende om schietgeluid te karakteriseren (Co68, Sm77). Ook de stijgtijd, daaltijd en duur van het geluid kunnen van invloed zijn op de kans op gehoorschade. Daarnaast is van belang hoe vaak bij één gelegenheid geschoten wordt en hoe vaak deze gelegenheden optreden.

Een aantal buitenlandse onderzoekers hebben het gebruik van sportgeweren en jachtgeweren onder de jeugd nagegaan. Bickerdike (Bi83) schatte dat 14% van de jongeren in de UK gebruik maakt van sport- of jachtgeweren. Axelsson (Ax81d) kwam voor 17- tot 20-jarige Zweedse jonge mannen van technische scholen tot een zelfde percentage. Rytzner (Ry81) vond dat 17% van 210 kinderen met een gehoorafwijking, aan het geluid van jacht- of sportgeweren was blootgesteld. Kramer (Kr82) ondervroeg 68 Amerikaanse schoolkinderen met een gemiddelde leeftijd van 15 jaar en concludeerde dat 69% van hen jacht- of sportgeweren gebruikte. Gezien het geringe aantal van 68 ondervraagden verwacht ik niet dat de gevonden 69% representatief is voor de Amerikaanse schooljeugd.

In Nederland is naar schatting het gebruik van vuurwapens veel geringer. In mijn onderzoek (Pa81) maakten slechts 3 van de 227 ondervraagden 20- tot 30-jarigen (1,3%) gebruik van een vuurwapen in schietclubs of bij de jacht. Volgens de tijdbestedingsonderzoeken uit 1980 en 1985 ging in beide jaren 4% van de Nederlandse mannen en nog geen 0,5% van de Nederlandse vrouwen jagen of vissen (de categorie jagen was samen genomen met de categorie vissen). Ik verwacht dat het aantal vissers het aantal jagers ruim heeft overtroffen, zodat deze getallen weinig informatie bieden over het jagen afzonderlijk.

.....

2.11 Sportgelegenheden

Het MRC Institute of Hearing Research (ME85) gaf de uitkomsten van metingen door de Britse Royal Automobile Club

Tabel 2.10 Geluidniveaus van race-auto's op 15 tot 20 m van de voorbijrijdende voertuigen (MRC85).

Type race-auto	Geluidniveau in dB(A)
Formula 1300	90 - 97
Monoposto	95 - 107
M.G. Midgets	92 - 98
Formula 4	95 - 106
Classic Saloons	82 - 95
Formula Ford 2000	93 - 98
M.G. B, C, V8	82 - 98
Formula Ford 1600	92 - 99

Tabel 2.11 Aantal maximaal optredende geluidniveaus in bepaalde klassen, in diverse sport-instructiegelegenheden (Pe77).

Gebouw	Gebruik	Maximaal geluidniveau in dB(A)	Aantal per 15 minuten
Smith Gymnasium Gymnasium	Coed	Above 85	8
	Volleyball	Between 80 and 85	30
Pool	Women's	Above 80	4
	Beginning	Between 75 and 80	30
	Swimming	Below 60	21
Men's Gymnasium	Coed	Above 75	7
	Volleyball	Between 70 and 75	33
		Below	21
Pool	Swimming/ Springboard	Above 85	6
	Diving	Between 80 and 85	40
		Below 60	7
Handball- Racquetball courts	Beginning	Above 100	20
	Racquetball	Between 95 and 100	85
		Below 75	7
Bohler Gymnasium Pool	Intermediate	Above 75	8
	Swimming	Between 70 and 75	26
		Below 55	4
Rollingbery Fieldhouse	Women's	Above 60	6
	Beginning	Between 55 and 60	28
	Tennis (singles)	Below 50	30

van voorbijrijdende race-auto's op 15 tot 20 meter (de kleinste afstand tot de racebaan waarop het publiek zich gewoonlijk bij races bevindt). In tabel 2.10 zijn deze gegevens weergegeven.

In 'Waar blijft de tijd' (Kn83) blijkt uit het basisgegevensonderzoek dat in 1975 97% van de ondervraagden nooit naar auto- en moterraces en auto- en motorcrosses ging kijken en in 1980 98%. Eén procent van de ondervraagden ging zowel in 1975 als in 1980 vaak kijken naar dergelijke races en crosses, eveneens 1% ging in beide jaren zo nu en dan kijken en zelden ging in 1975 1% en in 1980 0% kijken (de termen vaak, zo nu en dan en zelden zijn niet gespecificeerd).

Penham (Pe77) publiceerde over de geluidniveaus en nagalmtijden in ruimten waar aan studenten sportinstructie werd gegeven (zwembaden, tennisbanen, gymnastieklokalen). Hij gaf daarbij aan hoeveel maal per kwartier het hoogste over korte tijd optredende geluidniveau in een bepaalde klasse lag. De resultaten zijn niet om te rekenen in equivalente geluidniveaus. De resultaten van Penman heb ik in tabel 2.11 weergegeven.

Er zijn geen gegevens over geluidniveaus in sportstadions en sporthallen tijdens het spelen van wedstrijden.

.....

Sportkantines

Er zijn geen geluidniveau- en expositiemetingen in sportkantines gerapporteerd. Ik verwacht dat in deze ruimten in de rumoerige perioden het geluidniveau boven 80 dB(A) uitkomt.

.....

2.12 Transportmiddelen bij gebruikers

In 'Waar blijft de tijd' (Kn83) is op basis van het tijdsbestedingsonderzoek nagegaan hoeveel tijd men besteedt aan vervoer. De desbetreffende tabel 2.32 uit dat rapport heb ik hier als tabel 2.12 overgenomen. Jongeren tot 35 jaar bleken ongeveer 8 uur per week te besteden aan hun vervoer.

Tabel 2.12 Deelname en gemiddelde tijdsbesteding in uren per week van deelnemers aan enkele typen van vervoer door enige categorieën van de bevolking (12 jaar en ouder), 1975-1980 (Kn83).

		Auto, motor, scooter		Openbaar vervoer		Bromfiets		Lopen, fietsen		Totaal vervoer	
		1975	1980	1975	1980	1975	1980	1975	1980	1975	1980
Allen	%	75	82	30	30	12	7	76	74	96	97
	uur	4,5	4,7	3,0	2,9	2,8	1,9	3,2	3,4	7,4	7,6
Mannen	%	76	81	27	27	14	9	70	67	95	98
	uur	6,2	6,2	3,9	3,4	3,6	2,7	3,4	3,7	9,0	8,8
Vrouwen	%	75	82	33	32	10	6	81	80	96	97
	uur	3,3	3,7	2,5	2,6	2,1	1,1	3,2	3,2	6,3	6,7
12-24 jaar	%	62	63	35	35	30	15	91	90	99	99
	uur	2,1	2,3	3,2	3,9	3,7	2,8	4,6	5,1	7,8	8,0
25-34 jaar	%	84	92	33	27	10	6	73	74	98	99
	uur	4,9	5,1	2,9	2,7	1,9	1,7	3,2	3,2	7,7	8,0
35-49 jaar	%	77	86	22	28	8	5	72	71	95	97
	uur	5,8	5,2	3,0	2,4	1,9	0,9	2,5	2,7	7,5	7,3
50-64 jaar	%	73	80	30	30	7	6	74	69	94	96
	uur	4,5	5,3	2,5	3,1	4,6	1,4	2,9	2,8	7,0	7,5
65 jaar en ouder	%	60	61	33	37	5	6	74	68	87	90
	uur	3,0	3,3	4,4	2,5	1,5	2,1	2,7	2,7	6,1	5,5

.....

.....

Personenauto's

Geluidniveaus binnen personenauto's zijn alleen gemeten in het kader van onderzoek naar comfort en geluidhinder. Vrijwel altijd voerde men de metingen uit onder gestandaardiseerde omstandigheden met speciale testauto's; metingen in 'gewone' in gebruik zijnde auto's onder normale dagelijkse omstandigheden zijn mij niet bekend. Ook heb ik geen gegevens kunnen opsporen van metingen in auto's waarbij muziek via autoradio of cassettespeler afgespeeld werd.

Het frequentiespectrum van het geluid binnen in een rijdende personenauto heeft een maximum in het zeer lage frequentiegebied tot ongeveer 30 Hz. De geluidafgifte van een motorvoertuig ter plaatse van de bestuurder en inzittenden hangt onder andere af van het soort en type voertuig, van het gewicht (ook van het laadgewicht), van de motor, de uitlaat en het koelsysteem, van de mate waarin geluidwerende maatregelen getroffen zijn (inkapseling motor, geluidabsorberend materiaal), van de snelheid van het voertuig, van het wegdek (asfalt, stenen, ballast, droog of nat) en van de banden. De snelheid heeft een belangrijke invloed op het geluidniveau in het vervoermiddel. Bij hogere snelheden heeft een verdubbeling van snelheid (bijvoorbeeld van 50 tot 100 km/uur) een verhoging van het geluidniveau met 5 dB(A) tot gevolg. Bij hoge snelheden vormen de banden op het wegdek de belangrijkste geluidbron en is het geluid van motor, uitlaat en koelsysteem van ondergeschikt belang.

Metingen (En81, Fo70, Br76, LINC74) onder gestandaardiseerde condities (constante snelheid, glad wegdek) leverden bij een snelheid van 100 km/uur geluidniveaus van 65 tot 75 dB(A) op, afhankelijk van het type auto. Voor een stilstaande auto met stationair draaiende motor werd een gemiddelde waarde van 57 dB(A) opgegeven en voor auto's die in de stad in een file reden, gemiddeld 61 dB(A). Het is echter de vraag in hoeverre deze geluidniveaus maatgevend zijn voor de geluidbelasting in door jongeren gebruikte auto's; jongeren bezitten immers nogal eens oudere auto's met een hogere geluidproduktie

Tabel 2.13 Maximale* geluidniveaus bij het versnellen van motoren vanuit stilstand, gemeten op ongeveer 20 meter vanaf het startpunt en op ongeveer 7 meter terzijde van de weg. Metingen aan 200 motoren (100-1300 cc) (Ka80).

Motorcycle acceleration	Exhaust system	Geluidniveau in dB(A)	
		Mean	Standard deviation
Normal (as defined by owner/operator)	Stock	74,0	4,4
	After market	81,8	4,4
	Straight pipe	88,0	-
Timed (0 to 100 ft in 5 seconds)	Stock	72,6	2,6
	After market	80,5	3,8
	Straight pipe	85,0	-
Loud (fast acceleration in first gear to engine speed redline)	Stock	85,1	4,7
	After market	93,9	4,6
	Straight pipe	110,0	-

* De geluidniveaus zijn gemeten met een geluidniveaumeter op stand F. De tijdsconstante waarmee gemeten wordt, bedraagt dan 125 ms. Het maximale niveau is de gedurende de meettijd optredende maximale uitslag van de geluidniveaumeter.

en hebben tevens nogal eens een autoradio of cassettedeck aan.

.....

Trams, trolleybussen, autobussen

De SUVA (Sch86) heeft in trams, trolleybussen en autobussen equivalente geluidniveaus gemeten, die allen lagen beneden 85 dB(A) (het laagste door de SUVA gehanteerde niveau). De meest uitgebreide metingen in autobussen zijn verricht door Enz in een Duits onderzoek uit 1981. Hij vermeldt in zijn rapport onder meer gegevens over de geluidexpositie van bestuurders van autobussen. De equivalente geluidniveaus tijdens stadsritten bleken lager te zijn dan die tijdens ritten op buitenwegen en snelwegen (het gemiddelde verschil in niveau tussen een stadsroute en de snelweg was 5,6 dB(A)). De door Enz (En81) ter plaatse van de bestuurder gemeten waarden lagen tussen 65 en 79 dB(A). Ik verwacht dat er weinig verschil is tussen de geluidniveaus ter plaatse van bestuurder en die ter plaatse van de passagiers. Door mij verrichte indicatieve metingen in Nederlandse bussen (stadsritten en buitenritten) leverden waarden van 71 tot 74 dB(A) op.

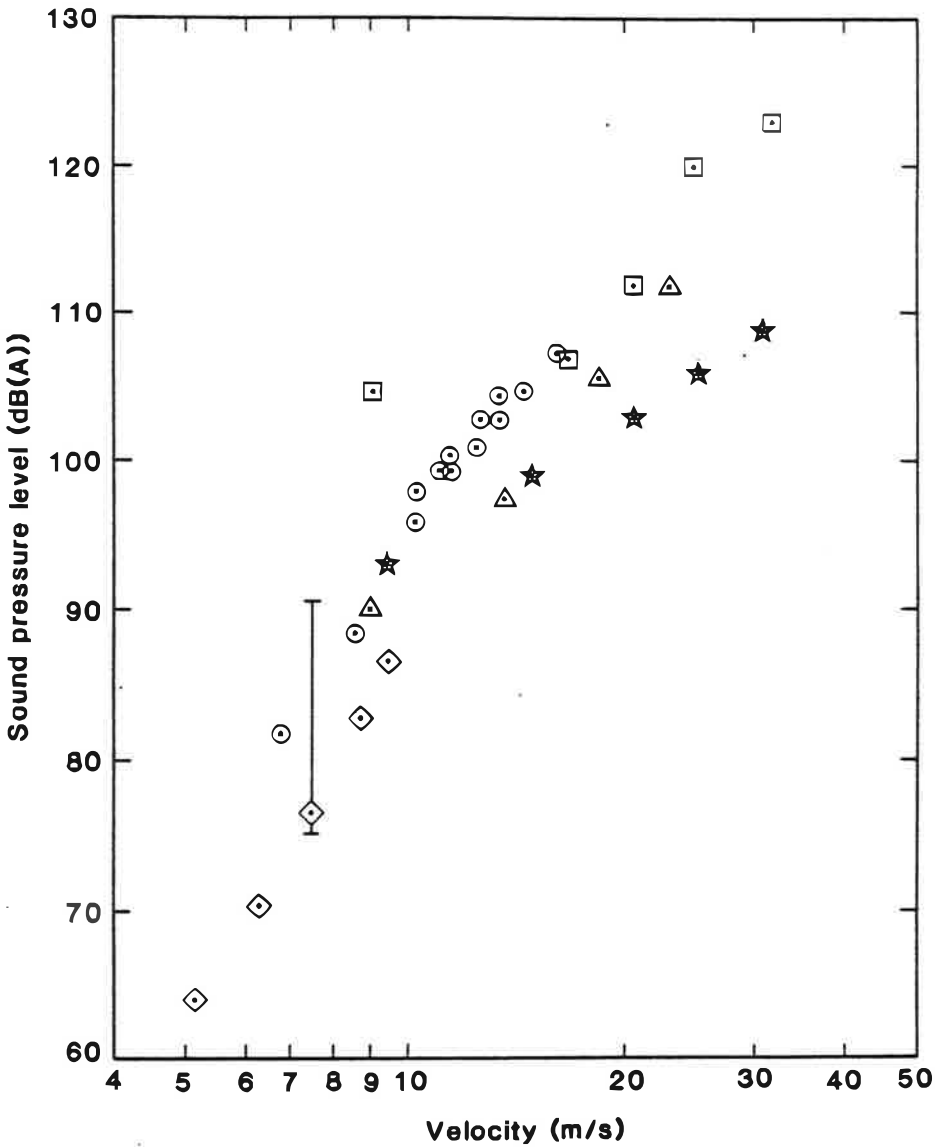
Van Dorsser (Do88) heeft geluidmetingen verricht in Haagse, Rotterdamse en Amsterdamse trams. Neem ik het gemiddelde van alle metingen op alle meetplaatsen waar passagiers kunnen vertoeven en neem ik aan dat de hoogste meetwaarden gedurende 10% van de tijd voorkomen, dan is het gemiddelde equivalente geluidniveau in de Amsterdamse tram 77,1 dB(A), in de Rotterdamse tram 75,5 dB(A) en in de Haagse tram 69,1 dB(A). De geluidniveaus in autobussen en trams ontlopen elkaar derhalve niet veel.

.....

Motoren

Van Moorhem (Mo81) heeft een figuur samengesteld waarin het geluidniveau aan het oor van de rijder is gegeven als functie van de snelheid van de motor. Het betroffen '350 cc'-motoren van diverse typen en merken (zie figuur 2.1).

Kamperman (Ka80) heeft de maximale geluidniveaus gemeten van motoren (100 tot 1300 cc) die op een aantal manieren versnelden vanuit stilstand (tabel 2.13). De metingen zijn



Figuur 2.1 Geluidniveau aan het oor van een motorrijder als functie van de rijsnelheid (Mo81). Op de horizontale as is de snelheid uitgezet in m/s; 1 m/s komt overeen met 3,6 km/uur.

.....

verricht op ongeveer 20 meter vanaf het startpunt van het voertuig, op ongeveer 7 meter vanaf de motor. Ik verwacht dat de geluidniveaus ter plaatse van de rijder veel hoger zijn. Ik geef de resultaten hier toch, omdat ze het effect van manipulaties aan de uitlaten goed demonstreren. Uit het onderzoek van Kamperman bleek tevens dat nieuwe personenauto's die in 5 seconden een bepaalde afstand moesten afleggen vanuit stilstand, gemiddelde niveaus veroorzaakten van 70 tot 72 dB(A). Deze niveaus komen goed overeen met de in de voorgaande tabel gegeven gemiddelde waarde voor motoren van 72,6 dB(A).

Verscheidene onderzoekers gingen de verzwakking van het geluid door motorhelmen na (Mo81, Ha74, Be74, Ca76, in Van Moorhem). Harrison constateerde een aanzienlijk afhankelijkheid van de verzwakking van het geluid (in dB(A)) met de snelheid van de motorrijder: van slechts 6 dB(A) bij snelheden tot 18 m/s (65 km/uur) oplopend tot 19 dB(A) bij 33 m/s (119 km/uur). De overige auteurs vermeldden frequentie-afhankelijke dempingswaarden, zonder aan te geven voor welke snelheid van de motor deze golden. De demping bij de lagere frequenties (250 en 500 Hz) is gering: voor de 'full-face'-helm respectievelijk 1 en 3 dB en voor de conventionele helm 4 en 10 dB. Rekening houdend met de frequentiesamenstelling van het spectrum aan het oor van de rijder zal dan ook het geluidniveau in dB(A) door het dragen van een helm weinig omlaag gaan.

Het Statistisch Zakboek 1988 geeft in tabel 25 op pagina 250 het aantal motorvoertuigen, bromfietsen en fietsen in Nederland. Het aantal motoren (motortweewielers) in Nederland blijkt in de periode van 1975 tot 1987 te zijn toegenomen. In 1975 telde Nederland 68 000 motoren; dit aantal nam toe tot 103 000 in 1980, 128 000 in 1985 en 131 000 in 1987. Er is geen leeftijdsverdeling gegeven van de berijders en berijders van de motoren, maar ik verwacht dat leeftijden tussen 20 en 40 jaar relatief sterk vertegenwoordigd zijn.

.....

Bromfietsen

Er zijn mij geen gegevens over de geluidniveaus aan het oor van de berijders van bromfietsen bekend. Bij typekeu-

.....

ringen mag het geluidniveau bij een snelheid van 40 km/uur een waarde van 73 dB(A) op een afstand van 5 meter van de bromfiets niet overschrijden. Ik schat het geluidniveau aan het oor van de bromfietsrijder ten gevolge van de motor dan op ongeveer 80 dB(A). Houd ik, net zoals bij de motoren, een verschil aan van 8 dB(A) tussen het geluid geproduceerd door een nieuwe en een gebruikte bromfiets, dan zal het geluidniveau afkomstig van de gebruikte bromfiets bij een snelheid van 40 km/uur ongeveer 88 dB(A) bedragen. Volgens Harrison (Ha74) is het geluidniveau ten gevolge van de wind rond het hoofd van de motor en motorfietsrijder bij een snelheid van 40 km/uur ongeveer 90 dB(A). Combineer ik beide geluidbelastingen, dan zal naar schatting bij een op volle snelheid (40 km/uur) rijdende bromfiets het equivalente geluidniveau aan het oor van de rijder zo'n 90 tot 92 dB(A) bedragen. Bij lagere snelheden (20 km/uur) schat ik het geluidniveau aan het oor van de rijder van een bromfiets niet hoger dan dat aan het oor van een motorrijder (63 dB(A)).

In het Statistisch Zakboek 1988 (CBS88) is in tabel 25 op pagina 250 aangegeven het aantal motorvoertuigen, bromfietsen en fietsen in Nederland. In 1975 telde Nederland 1 650 000 bromfietsen; dit aantal neemt af tot 660 000 in 1980, 534 000 in 1985 en 516 000 in 1987. In tabel 1 op pagina 239 van het Statistisch Zakboek 1988 is aangegeven dat het totale aantal reizigerskilometers in 1975 per bromfiets in Nederland 3,7 miljard bedroeg en afnam tot 1,9 miljard in 1980, 1,8 miljard in 1985 en 1,7 miljard in 1987. Het rijden per bromfiets is dus in de periode van 1975 tot 1980 sterk afgenomen en daarna in mindere mate.

Ook uit 'Waar blijft de tijd' (Kn83) (zie tabel 2.12) blijkt een sterke teruggang van het brommerrijden in de periode 1975 tot 1980. Uit het tijdsbestedingsonderzoek uit 1985 leid ik af dat in de leeftijd van 12 tot 25 jaar 15% van de mannen en vrouwen bromfiets reed, in de leeftijd van 25 tot 35 jaar 7% en van de ouderen 5%. Deze cijfers zijn vrijwel gelijk aan die in 1980 (zie tabel 2.12). Het gemiddeld aantal rijuren in 1985 van de groep met leeftijden tussen 12 en 25 jaar

Tabel 2.14 Geluidniveaus in vliegtuigen ter plaatse van de passagiers (Ag86).

Type vliegtuig	Plaats in vliegtuig	Geluidniveau (in dB(A))
DC 9	midden	76
	bij staart	90
DC 10	voarin	73
	bij staart	82
Airbus 310	voarin	77
	bij staart	85
Boeing 747	voarin	70
	bij staart	81

.....

bedroeg 2,8 uur per week, van de 25- tot 35-jarigen 1,2 uur per week en van de ouderen 2,5 uur per week. Voor de jongste leeftijdsgroep was dit even lang als uit het tijdsbestedingsonderzoek in 1980 bleek (zie tabel 2.12). Zowel hieruit als uit het gelijkblijven van het percentage bromfietsrijdens concludeer ik dat het bromfietsrijden in de periode vanaf 1980 bij jongeren gestabiliseerd is.

.....

Vliegtuigen

Uit geluidmetingen in vliegtuigen in 1986 (Ag86) bleek dat tijdens de vlucht de geluidniveaus varieerden van 70 dB(A) voorin in de eerste klasse van een Boeing-747 tot 90 dB(A) achterin een DC-9. De gemeten waarden zijn in tabel 2.14 opgenomen.

.....

Speedboten

Het rapport van MRC Institute of Hearing Research (ME85) haalde meetgegevens aan uit het tijdschrift Motor Boating and Yachting. Als met volle snelheid gevaren werd, heersten er ter plaatse van de bestuurder geluidniveaus van 92 tot 99 dB(A). De niveaus waren aanzienlijk lager bij lagere snelheden.

.....

2.13 Woonomgeving

Als onderdeel van onderzoek naar geluidhinder zijn in Nederland in de woonomgeving en langs snelwegen uitgebreid geluidmetingen verricht. Men mat een zeer uiteenlopende equivalente geluidniveaus: van minder dan 20 tot 25 dB(A) in gebieden en in perioden vrijwel zonder verkeer tot meer dan 80 dB(A) in de drukke binnenstad en meer dan 90 dB(A) langs drukke autosnelwegen. Omdat elk gegeven over verblijftijden van jongeren in bepaalde situaties ontbreekt, heeft mijns inziens verdere specificatie van verkeersgeluid naar soort en type in het kader van dit rapport geen zin.

Naast het verkeer zijn er nog andere bronnen met hoge geluidniveaus: bijvoorbeeld huishoudelijke apparatuur (stofzuiger) en gereedschap (hamer, boor, etc.). Of en in welke

Tabel 2.15 Aantal schoolkinderen dat aan geluid van een bepaalde activiteit is blootgesteld en het bijbehorende equivalente geluidniveau (Ro83).

Activities	Boys (N = 79)			Girls (N = 72)		
	Aantal	Equivalent geluidniveau tijdens activiteit	Equivalent geluidniveau omgerekend naar 8 uur	Aantal	Equivalent geluidniveau tijdens activiteit	Equivalent geluidniveau omgerekend naar 8 uur
Lawnmowers/ combustion engines	7	88,1	80,9	--	-	
School bus	14	86,4	75,1	16	81,6	69,0
School assembly/ recess	28	84,7	75,2	31	81,7	71,9
Live music	19	84,1	75,7	30	82,8	73,1
School gymnastics classes	10	80,8	70,1	--	-	
Small power tools	6	80,7	73,6	--	-	
Walking to and from school	9	79,6	63,4	12	69,3	54,9
Sports/playground	30	76,6	67,9	20	76,5	66,4
School special classes	8	76,4	67,4	7	70,2	60,0
School miscellaneous	8	76,3	60,1	11	74,9	60,0
Vehicle	67	76,3	65,5	62	75,1	65,2
Home small appliances	41	76,0	63,7	49	73,3	61,8
Home miscellaneous	73	75,9	58,2	19	74,5	60,0
Outdoors	47	75,6	66,8	36	73,4	62,3
School normal classes	30	75,1	72,3	33	69,4	65,8
Home radio/TV	76	74,6	70,2	69	70,7	67,0
Shopping	29	74,0	64,1	31	71,3	61,3
Home conversation	72	73,7	67,0	71	72,1	66,0
Office	34	68,2	53,4	32	65,8	49,6
Sleep	79	57,0	57,9	72	53,8	54,5

mate deze geluidbronnen door jongeren worden gehanteerd heb ik niet kunnen achterhalen.

.....

2.14 Gecombineerde exposities aan diverse geluidbronnen

Er zijn slechts 4 publikaties (Ro83, Si82, Sch78, Ax81) die gegevens leveren over exposities van dezelfde personen aan diverse geluidbronnen en ingaan op de samenhang tussen de exposities aan de verscheidene geluidbronnen.

Roche (Ro83) onderzocht het expositiepatroon van 151 schoolkinderen in de leeftijd van 6 tot 18 jaar. In tabel 2.15 zijn zijn resultaten gegeven. De geluidmetingen zijn uitgevoerd met dosimeters die gedurende 24 uur per drie minuten het equivalente geluidniveau vastlegden. In de tabel is zowel het gemiddelde equivalente geluidniveau gedurende de tijd dat een bepaalde activiteit werd uitgevoerd, gegeven, als het equivalente geluidniveau omgerekend naar een expositietijd van 8 uur; het verschil tussen beide niveaus is gelijk aan $10 \log(t/8)$, waarin t de duur van de activiteit in uren is. Roche gaf geen equivalente geluidniveaus over een etmaal, hoewel hij deze wel uit zijn metingen had kunnen bepalen.

Siervogel (Si82) bepaalde het equivalente geluidniveau over 24 uur bij 127 schoolkinderen van 7 tot 20 jaar met behulp van diverse typen dosimeters. Helaas bleken de uitkomsten met de verschillende typen dosimeters onderling (statistisch significant) te verschillen. De conclusie van de auteurs was dat de equivalente geluidniveaus van de schoolkinderen lagen tussen de 77 en 84 dB(A). Gezien de meetproblemen kan mijns inziens aan deze conclusie niet veel waarde worden gehecht.

Schori (Sch78) vond dat 50 personen in de leeftijd van 5 tot 54 jaar gemiddeld aan een equivalent geluidniveau over een etmaal van 73,3 dB(A) blootstonden. De uitkomsten voor mannen en voor vrouwen verschilden daarbij niet. Elke persoon werd gedurende 7 opeenvolgende dagen gemeten en er bleek per persoon slechts een geringe variatie in het equivalente geluidniveau van dag tot dag. Een groep van 10 5- tot 16-jarigen was aan een equivalent geluidniveau over het etmaal van gemiddeld 76,2 dB(A) blootgesteld; personen in de oudere leeftijds-

Tabel 2.16 Vrije-tijdsbesteding van 538 jongens van technische scholen in de leeftijd van 17-20 jaar (Ax81c).

Exposure to Noisy Leisure Time Activities					
	Never	1-5 times per year	6-12 times per year	Every other week	Several times weekly or daily
	%	%	%	%	%
Firecrackers	8	89	3	-	-
Target practice; air gun	64	14	14	6	2
Target practice; army rifle, pistol, hunting	86	5	3	5	1
Moped	70	4	2	4	20
Motorcycle	77	4	3	4	12
Lawn mower	68	8	24	-	-
Motor racing	45	45	7	2	1
Model cars, airplanes	77	15	4	2	2
Outboard motors	58	9	29	4	-
Pop concerts	27	57	11	3	2
Discotheques	15	22	28	33	2
Pop music, headphones	35	20	5	10	30
Pop music, loud speakers	1	1	-	3	95
Pop music, played loudly	4	8	8	26	54
Active musician	90	2	1	3	4
Noisy home tools, machines	87	2	5	3	3
Noisy work after school	63	4	30	3	-
Radio amateur	92	4	1	2	1

.....

groepen zouden volgens Schori aan lagere niveaus zijn blootgesteld.

De Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA74) schatte het equivalente geluidniveau over een etmaal van schoolkinderen op 77 dB(A).

Axelsson (Ax81c) onderzocht door middel van een enquête de vrijetijdsbesteding van 538 jongens van 17 tot 20 jaar van technische scholen gedurende de eerste 3 maanden van hun opleiding. De activiteiten die door Axelsson zijn geanalyseerd, zijn gegeven in tabel 2.16. Tevens onderzocht Axelsson de correlatie tussen de diverse activiteiten. Er bleek een zekere clustering van activiteiten op te treden. Zo bleek er een positieve correlatie tussen het luisteren naar popmuziek, het bezoeken van discotheken en het luisteren met hoofdtelefoons te bestaan. Een ander cluster activiteiten vormden het gebruik van motorwerktuigen (motoren, brommers, buitenboordmotoren), grasmaaimachines en lawaaiig gereedschap. De overige positieve correlaties gaven volgens de auteur geen consistent patroon te zien.

3 EFFECTEN OP HET GEHOOR VAN JONGEREN DOOR BLOOTSTELLING
AAN GELUID

.....

Zoals ik reeds in de inleiding aangaf, kan blootstelling aan geluid permanente gehoorschade, tijdelijke gehoordrempelverschuivingen en tinnitus tot gevolg hebben. Onderzoek naar deze effecten bespreek ik in de volgende paragrafen.

.....

3.1 Permanente gehoorschade

Drie lijnen van onderzoek leveren informatie over mogelijke permanente gehoorschade bij jongeren door blootstelling aan geluid. Als eerste bespreek ik wat er geconcludeerd kan worden uit (epidemiologisch) onderzoek naar de gehoorscherpthe als functie van de leeftijd. Dergelijk onderzoek is voornamelijk uitgevoerd bij groepen mensen met leeftijden van 18 tot 60 of 65 jaar om referentiewaarden te verkrijgen ten behoeve van onderzoek naar de gehoorschade bij groepen mensen die in lawaai werken. Ten tweede ga ik na welke conclusies getrokken kunnen worden uit epidemiologisch onderzoek naar de gehoorscherpthe bij kinderen. Ten slotte besteed ik aandacht aan het onderzoek naar de permanente gehoorschade bij groepen personen die aan bepaalde geluidbronnen blootgesteld zijn.

.....

3.1.1 Gehoordrempels van jongeren

.....

3.1.1.1 Gehoorverlies als functie van de leeftijd

Gehoorverlies wordt gemeten met een audiometer ten opzichte van het nulniveau van de audiometer. Als de audiometer volgens de voorschriften uit ISO 389 geijkt is, dan komt het nulniveau van de audiometer ongeveer overeen met de modale gehoordrempel van een groep otologisch geselecteerde mannen

.....

met leeftijden tussen 18 en 30 jaar. Otologisch geselecteerde groepen bestaan uit personen die geen gehoorafwijkingen hebben door het gebruik van ototoxische medicijnen, (infectie)ziekten, middenoorontstekingen, schedelletsel of ooroperaties en bij wie geen erfelijke doofheden in de familie voorkomen.

Op basis van onderzoek uit de jaren 1960 tot 1980 heeft Robinson (Ro81) aangetoond dat het nulniveau van een volgens ISO 389 geijkte audiometer bij 1000, 2000, 3000 en 4000 Hz goed overeenstemmen met de genoemde modale waarde, maar dat bij 500 en 6000 Hz het nulniveau respectievelijk 2,5 en 4 dB te laag is.

In ISO/DIS 1999.2 zijn twee gegevensbestanden gegeven voor leeftijdsgebonden gehoorverliezen van bevolkingsgroepen die op de arbeidsplaats niet aan lawaai blootstaan: 'data base A' en 'data base B'. Data base A is afgeleid uit onderzoeken die 20 tot 25 jaar geleden hebben plaatsgevonden in diverse westerse geïndustrialiseerde landen. De gegevens zijn identiek aan die uit ISO 7029 en de gehoordrempels zijn gegeven voor otologisch geselecteerde groepen.

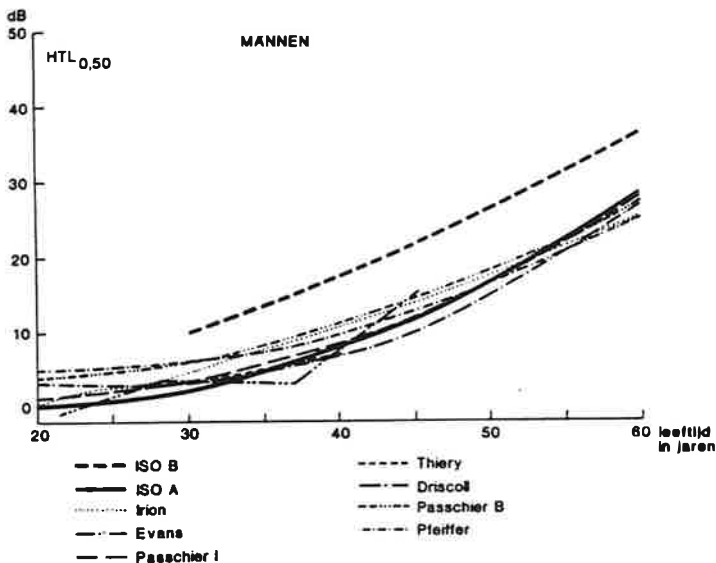
In data base A zijn de gehoordrempels gegeven als functie van de leeftijd, relatief ten opzichte van de mediane gehoordrempel ($A_{0,50;18}$) van een groep otologisch geselecteerde mannen van 18 jaar. Zoals reeds is aangegeven, is het nulniveau van de audiometer bij een bepaalde frequentie de modale waarde van de gehoordrempels van een groep otologisch geselecteerde mannen met leeftijden tussen 18 en 30 jaar. Naar verwachting zal de mediane gehoordrempel op 18-jarige leeftijd niet veel van de modale waarde afwijken, omdat enerzijds de verdeling van de gehoordrempels voor deze groepen vrijwel normaal is en derhalve modus en mediaan vrijwel gelijk zijn en anderzijds de gehoorscherptheit tussen 18 en 30 jaar nog niet veel afneemt en de mediane waarde op 18-jarige leeftijd nog vrijwel gelijk is aan die op (gemiddeld) 24-jarige leeftijd. In eerste instantie neem ik daarom aan dat $A_{0,50;18}$ voor alle frequenties gelijk is aan 0 dB, dat wil zeggen dat $A_{0,50;18}$ bij elke frequentie overeenkomt met het nulniveau van de audiometer.

.....

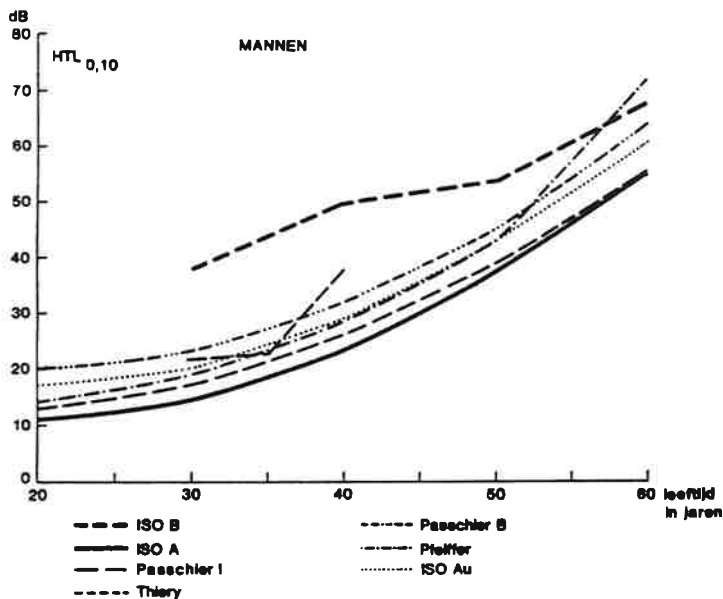
Data base B die in (een annex van) ISO/DIS 1999.2 gegeven is, is ontleed aan een grootschalig onderzoek dat ongeveer twintig jaar geleden is uitgevoerd in de USA. De ISO-publikatie vermeldt over data base B: 'some subjects in the population tested must be assumed to have had unreported occupational or other noise exposure'. De gegevens van data base B zijn afkomstig van groepen die otologisch niet zijn geselecteerd. Aan het achterliggende Amerikaanse onderzoek kleven m.i. zowel organisatorisch als op het gebied van de audiometrie belangrijke fouten. Daarom acht ik het niet verantwoord dat data base B gebruikt wordt als referentiedata base. Voor de volledigheid wordt data base B hier echter meegenomen.

In het kader van het Nederlandse Project Preventie Gehoorschade is omstreeks 1983 een gegevensbestand opgezet voor otologisch ongeselecteerde groepen mannen die niet in lawaai werken (Passchier-Vermeer I). Tezelfdertijd is in het kader van een transversaal gehooronderzoek in de bouwnijverheid een dergelijk gegevensbestand (Passchier-Vermeer B) verzameld. In beide gevallen is bij samenstelling van de groepen uitvoerig geïnformeerd naar mogelijke blootstelling in heden en verleden aan lawaai op de arbeidsplaats en in de vrije tijd; personen met een dergelijke expositie zijn uitgesloten. De gehoordrempels van de otologisch niet geselecteerde Nederlandse groepen bleken bijna identiek te zijn aan data base ISO A, hoewel ISO A betrekking heeft op otologisch geselecteerde groepen. Het lijkt er op dat otologische selectie geen of weinig effect heeft op de verdeling van de gehoordrempels van groepen mensen.

Drie vrij recente onderzoeken leveren gegevens over verschillen in gehoordrempelverdelingen tussen otologisch wel geselecteerde en otologisch niet geselecteerde groepen: Irion (Ir83), Taylor (Ta84) en Passchier-Vermeer (Pa87) (zie ook RÖ88). In alle drie de onderzoeken heeft otologisch onderzoek met behulp van een otoscoop plaatsgevonden en is er uitvoerig gevraagd naar allerlei aspecten wat betreft het gehoor en wat betreft de blootstelling aan lawaai op het werk, thuis en el-



Figuur 3.1 Mediane gehoordrempels bij 4000 Hz als functie van de leeftijd, volgens diverse gegevensbestanden van otologisch ongeselecteerde groepen.



Figuur 3.2 Gehoordrempels bij 4000 Hz, juist overschreden door 10% van de groepen, als functie van de leeftijd, volgens diverse gegevensbestanden.

ders. Dit resulteerde in een uitsluiting van 15 tot 25 procent van de personen uit de gehele groep om de otologisch 'schone' (deel)groepen te vormen. Het verschil tussen de gehoordrempels van de otologisch ongeselecteerde groepen en die van de geselecteerde (deel)groepen is gegeven in tabel 3.1. Uit de drie onderzoeken bleek dat de verschillen onafhankelijk zijn van de frequentie waarbij de gehoordrempels zijn bepaald, de leeftijd en de geluidsexpositie tijdens het werk van de onderzochten.

Behalve de twee genoemde Nederlandse gegevensbestanden zijn onlangs in de internationale literatuur 5 andere gegevensbestanden voor gehoorverliezen als functie van de leeftijd gepubliceerd: Irion (Ir83)- West-Duitse populatie; Pfeiffer (Pf85)- eveneens een populatie uit West-Duitsland; Evans (Ev82)- een populatie uit Hong Kong; Thiery (Th88)- een Franse populatie en Driscoll (Dr84)- een populatie van donkerkleurige mannen uit de Verenigde Staten.

In figuur 3.1 zijn van deze 7 gegevensbestanden de mediane gehoordrempels bij 4000 Hz als functie van de leeftijd weergegeven. Alle curven hebben betrekking op otologisch ongeselecteerde groepen. Tevens heb ik de mediane waarden van de bestanden ISO A en ISO B ingetekend. In figuur 3.2 zijn de gehoordrempels bij 4000 Hz die juist worden overschreden door 10% van de groep ($HTL_{0,10}$), uitgezet als functie van de leeftijd, eveneens naar otologisch ongeselecteerde groepen. Figuur 3.2 geeft tevens een curve, aangegeven met ISO Au. Au is een afkorting van A-unselected. De waarden van ISO Au liggen 6 dB hoger dan ISO A. Deze 6dB is gekozen omdat dat het verschil is tussen de $HTL_{0,10}$ -waarden van een geselecteerde en ongeselekteerde groep. ISO Au kan dan ook beschouwd worden als een otologisch ongeselecteerde data base ISO A. In figuur 3.1 is de curve ISO Au voor de duidelijkheid weggelaten, aangezien deze slechts 2 dB hoger ligt dan ISO A.

Uit beide figuren blijkt dat er bij 4000 Hz een goede overeenkomst is tussen data base ISO Au, opgesteld op basis van gegevens van 20 tot 25 jaar geleden, en de gegevens van meer recente datum, voor zover het de mediane waarde en de waarde overschreden door 10% van de groepen betreft. De goede

Tabel 3.1 Verschillen tussen de fractielwaarden van de verdelingen van gehoordrempels van otologisch ongeselecteerde populaties en die van gehoordrempels van otologisch geselecteerde (sub)populaties.

Fractiel	Vershil (in dB)
0,90	0
0,50	2
0,10	6

Tabel 3.2 Gehoordrempels van otologisch niet geselecteerde populaties uit drie Nederlandse onderzoeken.

Frequentie (in hertz)	$A_{0,50,10}$ (Passchier (I)) (in dB)	$A_{0,50,10}$ (Passchier (B)) (in dB)	Gemiddelde gehoordrempel op 17 jaar (Lindeman) (in dB)	Gemiddelde van de drie onderzoeken (in dB)
500	1,7	1,2	2,3	1,7
1000	1,2	-1,0	-0,5	-0,1
2000	0,2	-0,3	-0,8	-0,3
3000	0,5	1,8	2,6	1,6
4000	1,0	4,0	3,5	2,8
6000	2,7	6,7	5,3	4,9

.....

overeenkomst tussen de oudere en de nieuwere gegevens geldt niet alleen voor de frequentie 4000 Hz, maar ook voor de frequenties 500, 1000, 2000, 3000 en 6000 Hz (Pa84, Pa87, Pa88). Of en in hoeverre er afwijkingen zijn voor gehoordrempels die door een kleiner percentage van de groepen wordt overschreden, kan uit het beschikbare materiaal niet vastgesteld worden.

Algemeen gezien lijkt het er dus op dat het gehoor van groepen mensen die in hun arbeidssituatie niet aan lawaai blootstaan, in de afgelopen 20 tot 25 jaar niet wezenlijk veranderd is.

.....

3.1.1.2 Gehoordrempels op jongere leeftijd

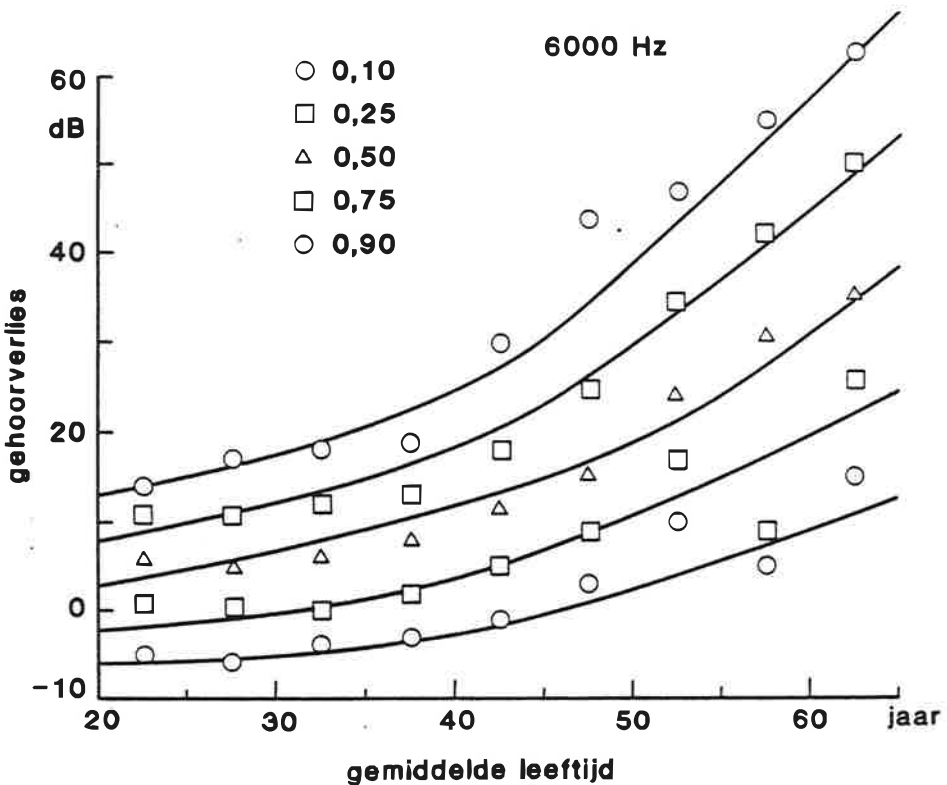
Naast de twee eerder genoemde Nederlandse onderzoeken (resultierend in de data bases Passchier-Vermeer I en Passchier-Vermeer B) kunnen in dit kader ook de resultaten van een longitudinaal onderzoek onder 163 jonge mannen door Lindeman (Li87) benut worden. Ook de door hem onderzochte groep is otologisch niet geselecteerd. Bij het begin van het onderzoek waren de onderzochte personen gemiddeld 17 jaar oud en scholier aan een scholengemeenschap (n = 87) of technische school (n = 76). Zij zijn driemaal onderzocht, namelijk in 1977, 1980 en 1983. In tabel 3.2 heb ik de gemiddelde gehoordrempel die bij het eerste onderzoek is vastgesteld, opgenomen te zamen met de $A_{0,50;18}$ - waarde uit de twee andere Nederlandse onderzoeken.

Tussen de drie sets waarden is onderling weinig verschil. Volgens onderzoek van Taylor (zie ook Pa88, figuur 4) is er bij niet aan lawaai blootgestelde groepen met gemiddelde gehoordrempels van ten hoogste 10 dB geen verschil tussen de gemiddelde en mediane waarde. De door Lindeman opgegeven gemiddelde waarde beschouw ik dan ook als een mediane waarde.

De laatste kolom met het gemiddelde uit de drie onderzoeken geeft mijns inziens dan ook de mediane gehoordrempel van een otologisch ongeselecteerde groep Nederlandse mannen met een gemiddelde leeftijd van bijna 18 jaar. Deze waarden wil ik in het volgende in verband brengen met de 25 jaar geleden verzamelde gegevens, waarop de calibratie van audiometers

Tabel 3.3 Omrekening van mediane gehoordrempels van een otologisch niet geselecteerde populatie naar die van een otologisch geselecteerde populatie.

Frequentie (in hertz)	$A_{0,30,17-18}$ otologisch ongeselecteerd	Verskil otologisch ongeselecteerd en geselecteerd	$A_{0,30,17-18}$ otologisch geselecteerd
500	1,7	1,3	0,4
1000	-0,1	1,3	-1,2
2000	-0,3	1,3	-1,0
3000	1,6	1,6	0,0
4000	2,8	1,6	1,2
6000	4,9	1,6	3,3



Figuur 3.3 Het gehoorverlies als functie van de gemiddelde leeftijd. De curven zijn de met behulp van een regressie-analyse bepaalde bestpassende kwadratische curven.

.....

volgens ISO 389 berust. Daartoe breng ik allereerst het verschil tussen de mediane gehoordrempels van otologisch geselecteerde groepen en die van de otologisch ongeselecteerde groepen uit tabel 3.2 in rekening. De verschillen heb ik opgenomen in de tweede kolom van tabel 3.3; ze zijn afkomstig van gegevens uit het Project Preventie Gehoorschade (Pa86). De laatste kolom van tabel 3.3 geeft dan de mediane gehoordrempels van een otologisch geselecteerde groep Nederlandse mannen met een gemiddelde leeftijd van bijna 18 jaar. Deze waarden wijken mijns inziens niet veel van nul af, dat wil dan zeggen dat deze mediane waarden vrijwel overeenkomen met het nulniveau van de audiometer. Houd ik daarbij rekening met het feit dat mediaan, gemiddelde en modus bij de verdeling van de gehoordrempels van dergelijke groepen vrijwel gelijk zijn (Ta84) en met mogelijke afwijkingen van 2,5 dB bij 500 Hz en 4 dB bij 6000 Hz van het nulniveau van de audiometer ten opzichte van de modale gehoordrempel, dan concludeer ik dat de mediane gehoordrempels van groepen mannen van ongeveer 18 jaar nog steeds overeenkomen met de ongeveer 25 jaar geleden bepaalde waarden, waarop de calibratie van de audiometers berust.

Terzijde zij opgemerkt dat ik in het voorgaande de waarden van $A_{0,50;18}$ gebruikt heb, zoals ze bepaald zijn uit de best passende tweede-graadsfuncties van de experimentele gegevens. Het is in principe mogelijk dat de werkelijk bij de jongste groepen geconstateerde gehoordrempels ongunstiger liggen dan uit de best passende kwadratische curve afgeleid is. Dit blijkt echter vrijwel nooit het geval te zijn. Als in alle mogelijke gevallen de werkelijk gemeten mediane gehoordrempel bij de jongste groepen vergeleken wordt met de uit de bestpassende rechten bepaalde waarden, dan is het grootste verschil 2,5 dB. Dit grootste verschil is te zien in figuur 3.3, waarbij voor data base Passchier-Vermeer I de gemeten waarden zijn uitgezet, te zamen met de bestpassende kwadratische curven. De afwijking van de werkelijk optredende mediane gehoordrempel op 22,5-jarige leeftijd ligt 2,5 dB boven de waarde volgens de best passende kwadratische curve.

Uit het longitudinale onderzoek door Lindeman (Li87)

Tabel 3.4 Verschillen (in dB) in gemiddelde gehoordrempels van jonge mensen, bepaald met tussenpozen van ongeveer drie jaar (in 1977, 1980 en 1983), volgens onderzoek door Lindeman (1987).

Frequentie (in hertz)	Vershil tweede en eerste onderzoek	Vershil derde en tweede onderzoek	Vershil derde en eerste onderzoek
500	0,8	-0,2	0,7
1000	1,8	0,1	1,8
2000	2,2	0,7	3,0
3000	1,7	-2,1	-0,4
4000	1,8	-0,3	1,4
6000	1,6	-0,7	0,8
8000	1,5	-0,7	0,6

.....

kunnen nog meer gegevens afgeleid worden die in dit kader relevant zijn. Het betreft de veranderingen in de gehoordrempels in de loop van het onderzoek. In tabel 3.4 geef ik het verschil tussen de gemiddelde gehoordrempels uit de drie testen. Die verschillen vallen alle binnen de afwijkingen die bij een correct gecalibreerde audiometer zijn toegestaan. Het onderzoek van Lindeman geeft mijns inziens dan ook geen aanwijzing voor een verslechtering van de gehoordrempels van de onderzochte jongeren gedurende het onderzoek.

.....

3.1.1.3 Conclusie

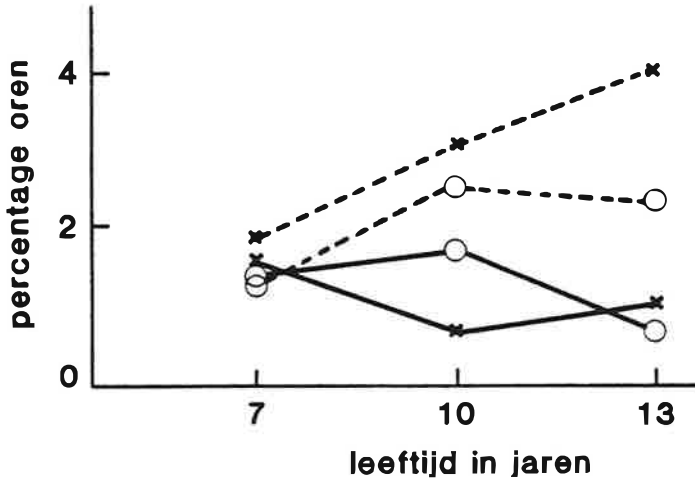
Het beschikbare materiaal geeft geen enkele aanwijzing dat de gehoorscherpthe van de Nederlandse jeugd op 18-jarige leeftijd achteruitgaat. De gegevens betreffen echter slechts mediane of gemiddelde waarden van de onderzochte groepen en waarden die door 10% van de onderzochte groepen worden overschreden. Het is dus niet mogelijk om met behulp van het beschikbare materiaal uitspraken te doen over de deelgroepen met gehoordrempels die slechter zijn dan de 10%-waarde.

.....

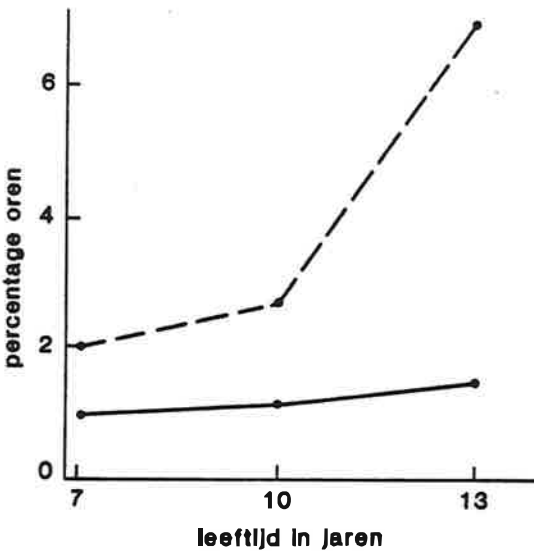
3.1.2 Epidemiologisch gehooronderzoek bij kinderen en jongeren

Er zijn zes onderzoeken uitgevoerd naar het gehoor van kinderen en jongeren, waarbij tevens is nagegaan of geluidsexposities bij bepaalde deelgroepen effecten op de gehoorscherpthe hebben.

Axelsson (Ax81c) onderzocht in Zweden de vrije-tijdsbesteding en de gehoorscherpthe van 538 jongeren (17- tot 20-jarige jonge mannen) van technische scholen gedurende de eerste drie maanden van hun opleiding. Een analyse van het verband tussen bepaalde vormen van vrije-tijdsbesteding en de gehoorverliezen leverden slechts weinig statistisch significante resultaten op. Zo bleken jonge mannen die in hun vrije tijd jaagden, aan het linkeroor een groter gehoorverlies bij 2000 Hz te hebben dan hun leeftijdsgenoten. Jongeren die in de vrije tijd lawaaiig handgereedschap gebruikten bleken ook een groter gehoorverlies te hebben dan degenen die daarvan geen



Figuur 3.4 Percentage oren van schoolkinderen met een gehoorverlies van meer dan 20dB bij één of meer frequenties vanaf 3000 Hz, als functie van de leeftijd; longitudinaal onderzoek (Ax81d).
 x: linker oor; o: rechter oor; - - - jongens; _____ meisjes.



Figuur 3.5 Percentage oren van kinderen met een gehoorverlies van meer dan 20 dB bij één of meer frequenties vanaf 3000 Hz, als functies van de leeftijd; transversaal onderzoek (Ry81)
 - - - jongens; _____ meisjes.

gebruik maakten. Andere verbanden tussen vrije-tijdsbesteding en gehoorverlies bleken niet aanwezig.

Tevens ging Axelsson (Ax87) in een longitudinaal onderzoek het gehoor na van 2325 schoolkinderen (1198 jongens, 1127 meisjes) op 7-, 10- en 13-jarige leeftijd. In figuur 3.4 geef ik zijn resultaten weer en wel voor het percentage oren met een gehoordrempel van meer dan 20 dB bij de hogere frequenties (vanaf 3000 Hz).

Axelsson was van mening dat de toename van het hoogfrequente gehoorverlies veroorzaakt werd door geluid omdat:

- jongens een meer agressieve en meer lawaaiige vrije-tijdsbesteding hebben dan meisjes en het optreden van hoogfrequent gehoorverlies bij jongens groter is dan bij meisjes;
- de gehoorschade voornamelijk hoogfrequent is en de vorm heeft van een 'lawaaidip';
- middenoorproblematiek ook laagfrequente gehoorverliezen zou veroorzaken, die echter in het materiaal vrijwel niet worden geconstateerd.

Rytzner (Ry81), eveneens uit Zweden, voerde een soortgelijk onderzoek uit als Axelsson. In zijn geval betrof het 14 391 kinderen, die eveneens op 7-, 10- en 13-jarige leeftijd zijn onderzocht. Het resultaat is gegeven in figuur 3.5. De resultaten laten eenzelfde tendens zien als die van Axelsson. Uit ondervraging van de zeer jeugdige proefpersonen leidden de onderzoekers als mogelijke oorzaken van gehoorverlies af (in volgens de onderzoekers afnemende volgorde van belangrĳheid): motorvoertuigen (inclusief tractoren), vuurwapens en knallend vuurwerk. In een klein aantal gevallen zou popmuziek de oorzaak van het gehoorverlies kunnen zijn geweest.

Sorri (So85) heeft het gehoor van Finse 14-jarigen (per abuis is in de titel van de publikatie 15-jarigen opgenomen) onderzocht door middel van een steekproef van 959 normaal horende scholieren (volgens een vraag op een consultatiebureau) en onderzoek bij 425 scholieren met hoorklachten. De kwaliteit van het onderzoek (in scholen) is twijfelachtig.

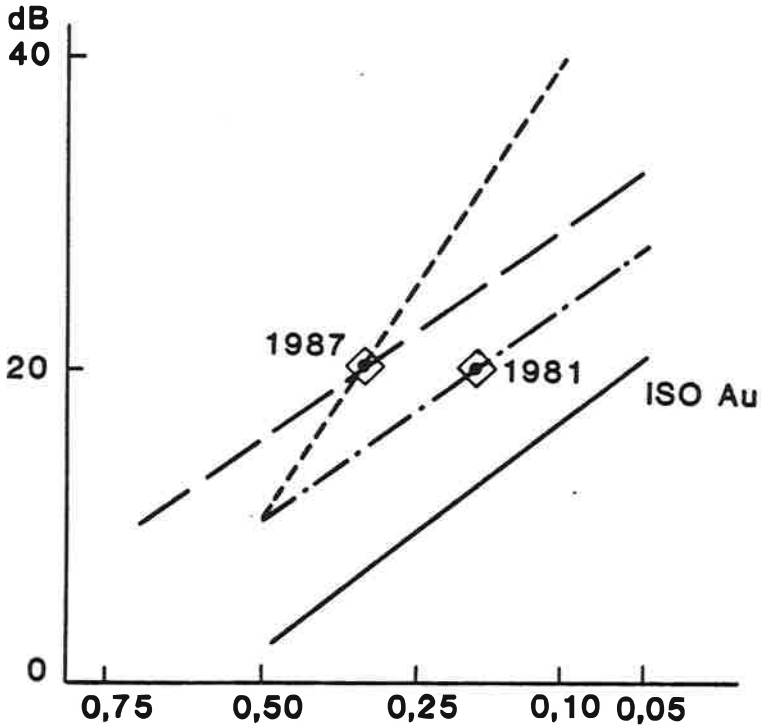
.....

Door extrapolatie van de resultaten van de steekproef, in combinatie met die van de scholieren met hoorklachten, kwam Sorri tot de conclusie dat 4,0% van de 14-jarige jongens een hoogfrequent gehoorverlies heeft van meer dan 20 dB en 1,5% van de 14-jarige meisjes. Deze percentages stemmen goed overeen met die uit de onderzoeken van Axelsson en Rytzner onder de Zweedse jeugd.

Richardson (Ri76) onderzocht in het Verenigd Koninkrijk 11 370 kinderen op 7-jarige leeftijd en 12 406 kinderen op 11-jarige leeftijd. De kwaliteit van de audiometrie is volgens de auteur zelf zeer discutabel: slechts 60% van de audiometristen beschikte over voldoende opleiding, de achtergrondniveaus in de audiometrieruimten waren te hoog en de calibratie van de audiometers zou te wensen hebben over gelaten. Het gehoor van de groep 11-jarigen was enigszins beter dan dat van de 7-jarigen. De onderzoekers vonden geen relaties met bepaalde geluidbelastingen.

Kramer (Kr82) onderzocht de gehoorscherpthe van 68 schoolkinderen (gemiddelde leeftijd 15 jaar). Op basis van een aantal criteria deelde hij de kinderen in twee groepen: met en zonder gehoorschade door lawaai. Geen der meisjes en 12 jongens behoorden tot de groep met gehoorschade door lawaai. Van deze 12 jongens schoten er 11 geregeld. Kramer weet de meeste gehoorschade dan ook aan het geluid van het schieten met vuurwapens.

Borchgrevink (Bo88) heeft als onderdeel van de keuring van dienstplichtige militairen in Noorwegen sinds 1981 jaarlijks screeningsaudiogrammen (bij 250 tot 8000 Hz met een screeningsniveau van 20 dB) opgenomen van ongeveer 30 000 18-jarige mannen. De omstandigheden waaronder de rekruten werden geaudiometreerd merk ik als slecht aan. Borchgrevink vond een in de loop der jaren toenemend percentage mannen met een gehoorverlies van meer dan 20 dB aan één of beide oren in het frequentiegebied van 4000 tot 8000 Hz. In 1981 was het percentage mannen met zo'n gehoorafwijking in het hoogfrequente gebied 10,0, en in 1987 35,7 (de percentages voor tussenliggende jaren waren 14,3, 19,7, 22,5, 29,3 en 26,4). Elk jaar bleek



Figuur 3.6 Verdeling van de gehoordrempels bij 4000 Hz op 18-jarige leeftijd volgens data base ISO Au en hypothetische verdelingen van gehoordrempels, die overeenstemmen met de gegevens van Borchgrevinck (1988).

- ◇ fracties volgens Borchgrevinck
- data base ISO Au
- .-.-.-.- verdeling in 1981, evenwijdig aan ISO Au
- verdeling in 1987, evenwijdig aan ISO Au
- verdeling in 1987, met dezelfde mediane waarde als in 1981

ongeveer 5% van de rekruten een afwijkend audiogram van het gemengde type te hebben. Borchgrevink meende dat vooral muziek de veroorzaker van het hoogfrequente gehoorverlies was. Hij motiveerde dat met de opmerking dat de expositie op de arbeidsplaats de afgelopen jaren verminderd zou zijn, gezien de in 1977 in Noorwegen tot stand gekomen wetgeving. Tevens is de schoolplicht tot 16-jarige leeftijd ingevoerd, waardoor het aantal schoolbezoekers tot en met 18 jaar in de periode van 1981 tot 1987 met 30% is toegenomen. Hij ging er daarbij van uit dat de schoolbezoekers tijdens schooluren niet aan lawaai blootstonden. Hij wees als verklaring van de toenemende gehoorschade in het bijzonder op de walkman, die in dezelfde periode opgang heeft gemaakt.

Op een te Stockholm gehouden congres (Fifth International Congress on Noise as a Public Health Problem, augustus 1988) heeft Borchgrevink de resultaten van zijn onderzoek gepresenteerd. Daarbij bevestigde hij desgevraagd, dat wellicht door diverse oorzaken de gehoordrempels in zijn onderzoek 5 à 10 dB te hoog zijn gemeten. Dat is mijns inziens in overeenstemming met de gegevens van data base ISO Au. Het percentage dat een gehoorverlies van 20 dB overschrijdt, is in het onderzoek van Borchgrevink in 1981 18; volgens ISO Au overschrijdt 18% een gehoordrempel van 12 dB (zie figuur 3.6). Het verschil tussen de waarden van Borchgrevink en die van ISO Au is derhalve bij de door Borchgrevink gerapporteerde gehoordrempel van 20 dB ongeveer 8 dB. Dit stemt goed overeen met de door Borchgrevink geschatte fout in zijn audiometrische gegevens van 5 tot 10 dB.

De door Borchgrevinck gepresenteerde onderzoekgegevens zijn zeer summier, zodat een verdergaande interpretatie van zijn resultaten slechts mogelijk is als ik bepaalde aannamen maak over de verdelingen van de gehoordrempels in zijn onderzoeken. Daarbij vergelijk ik zijn onderzoekresultaten uit 1981 met die uit 1987. Eerst neem ik aan dat er een verschil is in de gemiddelde gehoordrempels uit beide onderzoeksjaren en dat de relatieve verdelingen van de gehoordrempels in beide onderzoeksjaren gelijk is aan die van data base ISO Au. In figuur

3.6 heb ik de onder deze aannamen optredende verdelingen van de gehoordrempels in beide onderzoeksjaren ingetekend en wel zodanig dat de verdeling van de gehoordrempels in 1981 bij 18% van de gehoordrempels een waarde van 20 dB heeft en in 1987 bij 36% eenzelfde waarde van 20 dB. Dit komt overeen met een verschuiving van de verdeling van de gehoordrempels met 6 dB. Onder deze aannamen geeft het onderzoek van Borchgrevink dus een aanwijzing voor een verslechtering van het gehoor van alle 18-jarige jongeren met 6 dB over de periode van 1981 tot 1987.

Vervolgens neem ik aan dat de mediane gehoordrempels in de onderzoeksjaren 1981 en 1987 aan elkaar gelijk zijn (zie ook figuur 3.6) en dat de relatieve verdeling van de gehoordrempels in 1981 gelijk is aan die van data base ISO Au. Aangezien de verdeling van de gehoordrempels in 1981 bij 36% een waarde heeft van 20 dB betekent dit dat de gehoordrempels in 1987 een grotere spreiding hebben dan in 1981. Deze grotere spreiding komt overeen met een verdubbeling van de standaarddeviatie in de gehoordrempels. Dit houdt in dat één tiende van de door Borchgrevinck onderzochte rekruten een gemeten gehoordrempel had van 40 dB of meer. Neem ik aan dat de fout in de audiometrische gegevens in het onderzoek van Borchgrevink 10 dB is, dan betekent dit dat bij één tiende van de onderzochte 18-jarigen de gehoordrempel in het hoogfrequente gebied de waarde van 30 dB overschrijdt. Op het onderzoek van Borchgrevinck kom ik in de discussie terug.

3.1.3 Permanente gehoorschade door specifieke geluidbelastingen

3.1.3.1 Muziek

Naar permanente gehoorschade door het spelen van zowel klassieke muziek als popmuziek is onderzoek gedaan.

Volgens Irion (Ir78) in haar inventarisatie 'Musik als berufliche Lärmbelastung?' veroorzaakte klassieke muziek in het algemeen noch bij musici, noch bij toehoorders gehoorschade, ook al traden gedurende korte tijd soms hoge niveaus op. Zij citeerde Arnold (Ar60), Flach (Fl66), Gibbs (Gi73), Lebo

(Le68), Fearn (Fe75). Daar voegde ze aan toe dat een en ander niet uitsluit dat een gering deel van de musici in de loop van hun beroepsleven een geringe tot matige, meestal eenzijdige schade aan het binnenoor oplopen.

Axelsson (Ax81b) heeft de gehoorscherpthe onderzocht van 122 orkestmusici en kwam ook tot de conclusie dat over het algemeen het gehoor van de musici overeenkwam met dat van een door hem gekozen referentiegroep die niet in lawaai werkte. De jongste deelgroep (24 musici met leeftijden van 20 tot 29 jaar) had een normaal gehoor, met een klein gemiddeld verlies van 4 dB bij 4000 Hz en 10 dB bij 6000 Hz. Gezien de calibratieproblematiek van audiometers die ik genoemd heb in paragraaf 3.1.1.1, zijn deze waarden in werkelijkheid waarschijnlijk 4 en 6 dB.

Westmore (We81) onderzocht het gehoor van 34 orkestmusici en constateerde een gemiddeld gehoorverlies bij 4000 Hz van 20 dB of meer. Dit week volgens de auteur niet veel af van wat men op grond van de leeftijd zou verwachten.

Johnson (Jo85) onderzocht het gehoor van 60 orkestleden van het Minnesota Orchestra (42 mannen en 18 vrouwen). Het gehoor van de orkestleden week niet statistisch significant af van dat van groepen niet aan lawaai geëxponeerde personen. Ook een onderverdeling naar het type instrument dat men bespeelde, bracht geen statistisch significante verschillen aan het licht.

Binnenkort zal vermoedelijk in Nederland een proefschrift (van Hees) verschijnen waarin onderzoek gerapporteerd wordt naar gehoorschade bij Nederlandse beroepsmusici.

Over gehoorschade door klassieke muziek bij toehoorders zijn mij geen publikaties bekend.

Naar gehoorschade door popmuziek bij musici en diskjockeys is meer onderzoek verricht dan naar gehoorschade door klassieke muziek bij musici. Irion (Ir78) noemde in haar overzicht Jerger (Je70), Kowalczyk (Ko67), Jatho (Ja72), Hellman (He73), Strauss (St74), Scheuermann (niet gepubliceerd) en Rintelmann (Ri68). Volgens Irion lag het percentage mensen met gehoorschade tussen 13 en 87, met uitzondering van de resultaten van de laatstgenoemde publikatie (wellicht 5%). Deze per-

Tabel 3.5 Verschillen tussen de gemiddelde gehoordrempels van groepen jongeren die al dan niet discotheken en/of popconcerten bezochten, gespecificeerd naar leeftijd (Fe81b).

Leeftijd in jaren	Gemiddeld verschil (in dB) in gehoorverlies bij						
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
9 - 12	3,7	1,8	0,8	1,5	2,7	4,3	4,7
13 - 16	1,4	2,5	0,8	1,9	1,8	1,1	1,7

Tabel 3.6 Verschillen tussen de gemiddelde gehoordrempels van groepen jongeren die al dan niet discotheken en/of popconcerten bezochten, gespecificeerd naar aantal bezoeken (Fa81).

Aantal bezoeken	Aantal personen	Gemiddeld verschil (in dB) in gehoorverlies bij			
		500 Hz	1000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
50 - 400	101	2,6	0,3	0,6	2,4
400 - 1600	45	3,7	2,4	3,0	4,1
waarvan					
800 - 1600	8	6,0	3,2	5,7	5,9

centages zijn onverwacht hoog, in het bijzonder als men bedenkt dat popmusici en diskjockeys meestal een ander hoofdberoep hebben.

Rintelmann (Ri68) heeft in een goed opgezet onderzoek de gehoorschade nagegaan bij 42 popmusici (leeftijd 16 tot 23 jaar). Hij kwam tot de conclusie dat wellicht 2 van hen enige gehoorschade hadden bij 4000 Hz die toegeschreven kon worden aan popmuziek (6000 Hz is niet gemeten).

Redell (Re72) daarentegen concludeerde op grond van onderzoek naar de gehoorscherpthe bij 42 popmusici dat de kans op gehoorschade bij popmusici groot is. Hij mat een gemiddelde gehoordrempel bij 6000 Hz van 20 dB en een range van 55 dB. Hij gaf geen onderverdeling naar leeftijd.

Axelsson (Ax78) heeft de gehoorscherpthe onderzocht van 69 musici, 4 diskjockeys en 10 andere personen die bij het popmuziekgebeuren betrokken waren. De gehele groep vertoonde een gemiddelde dip bij 6000 Hz van 10 dB links en 7 dB rechts. Axelsson concludeerde dat de gehoorschade verrassend gering was, gegeven de hoge geluidniveaus die popgroepen produceren.

Met betrekking tot gehoorschade door het beluisteren van popmuziek in discotheken en bij popconcerten is in het Verenigd Koninkrijk uitgebreid onderzoek verricht door Fearn (Fe76, Fe81a,b,c). Tabel 3.5 geeft de verschillen in de gemiddelde gehoordrempels van 61 9- tot 12-jarige discotheekbezoekers en 83 niet-bezoekers en verschillen tussen 88 13- tot 16-jarige discotheekbezoekers en 135 niet-bezoekers.

In Nederland onderzocht ik bij een groep van ruim 200 20- tot 30-jarige ambtenaren van een ministerie de gehoorscherpthe (Pa81). Het totaal aantal bezoeken in hun leven aan discotheken en popconcerten nam ik als variabele mee. Bij 500, 1000, 6000 en 8000 Hz bleek er een statistisch significant verschil in de gehoorverliezen tussen de bezoekers van discotheken en degenen die geen discotheek bezochten. In tabel 3.6 is het resultaat gegeven.

.....

3.1.3.2 Knallend vuurwerk

Ward (Wa61) beschreef een incidenteel geval, waarbij vuurwerk op korte afstand van een oor explodeerde korte tijd nadat een audiogram opgenomen was. Er bleek een gehoorverlies van 70 dB bij 6000 Hz te zijn ontstaan, dat in de loop van de tijd afnam tot een permanent gehoorverlies van 60 dB van dezelfde frequentie.

Gjaevenes (Gj74) testte 791 kinderen (12-15 jaar) voor en na de Noorse onafhankelijkheidsdag, een dag waarop vuurwerk wordt afgestoken. Uit herhaling van het audiometrische onderzoek in de periode na de onafhankelijkheidsdag bleek dat er 9 jongens en 1 meisje vier maanden later een permanente gehoorschade hadden van 30 dB of meer bij één of meer testfrequenties. Vijf jongens zouden volgens Gjaevenes deze gehoorschade hebben opgelopen door vuurwerk. De maximale gehoorverliezen van deze vijf jongens waren respectievelijk 65, 60, 50 en 45 dB bij 6000 Hz en 45 dB bij 4700 Hz.

Uit mijn onderzoek naar popmuziek (Passchier-Vermeer, 1981) concludeerde ik dat het effect van knallend vuurwerk, in gevallen waarbij de betrokkenen dichtbij de plaats van het afsteken hadden gestaan, zich bij de desbetreffende personen uitte in een toename van het gemiddelde gehoorverlies van 1,5, 3,2 en 5,2 dB bij respectievelijk 4000, 6000 en 8000 Hz. Aangezien de onderzochte groep was geselecteerd op het bezoeken van discotheken en popconcerten en niet op het blootgesteld zijn aan knallend vuurwerk, zal volgens mij bij gericht onderzoek naar de effecten van knallend vuurwerk meer gehoorschade worden geconstateerd.

.....

3.1.3.3 Sporten, jagen, schieten en motorrijden

Prosser (Pr88) heeft in Italië de gehoorscherpste gemeenten van 140 jagers en schutters en 82 personen die nooit gebruik maakten van vuurwapens. Onder de jongste personen (aantal niet opgegeven) bleek het gemiddelde gehoorverlies bij 4000 Hz aan het rechteroor van de schutters gelijk te zijn aan dat van de niet-schutters en aan het linkeroor 10 dB hoger.

.....

Prosser weet dit aan de expositie aan het schietgeluid van het eigen wapen. Hij heeft geen metingen uitgevoerd bij 6000 Hz. Met het stijgen van de leeftijd van de schutters nam het verschil in gehoorverlies bij 4000 Hz aan het linkeroor tussen schutters en niet-schutters toe.

Taylor (Ta66) onderzocht het gehoor van 103 jagers in de VS. Bij de 28 schutters en jagers in de leeftijd 20 tot 39 jaar bedroeg het verschil in gehoorscherpthe met een controle-groep gemiddeld 13 en 21 dB bij 4000 Hz en 13 en 26 dB bij 6000 Hz aan respectievelijk het rechter- en linkeroor.

Fletcher (Fl77) heeft in de VS het gehoor onderzocht 25 motorrijders, 25 schutters, 25 'drag-racers' en 25 referentiepersonen; de gemiddelde leeftijd van al deze groepen bedroeg ongeveer 20 jaar. Hij constateerde bij 3000 en 4000 Hz bij de sporters grotere gehoorverliezen dan bij de referentiegroep; bij 6000 Hz en bij frequenties lager dan 3000 Hz vond hij geen verschillen. Het gemiddelde gehoorverlies ten opzichte van dat van de referentiegroep was bij de motorrijders 3 dB bij 3000 en bij 4000 Hz; bij de schutters bedroeg de gehoorschade 6 en 5 dB en bij de 'drag-racers' 4 en 6 dB bij respectievelijk 3000 en 4000 Hz.

.....

3.1.3.4 Woonomgeving

Door Carter (Ca75) is in Australië een diepgaand onderzoek uitgevoerd naar de gehoorscherpthe van 648 schoolkinderen (10-12 jaar) en de afhankelijkheid van de gehoorscherpthe van de geluidssituatie in de woon- en schoolomgeving. Hij vond geen enkel verband tussen de geluidbelasting en de gehoorscherpthe.

.....

3.2 Tijdelijke gehoordrempelverschuivingen

Een tijdelijke verhoging van de gehoordrempel (TTS) kan ontstaan door een blootstelling aan lawaai. De gehoordrempel neemt dan vanaf het begin van de blootstelling toe en deze gehoordrempelverhoging verdwijnt weer geleidelijk na de blootstelling. Vooral in de vijftiger en zestiger jaren zijn er veel laboratoriumonderzoeken gedaan naar de TTS bij groepen

.....

jonge mensen met een normale gehoordrempel. Daarbij bleek dat de gemiddelde TTS_2 , dat wil zeggen de TTS gemeten 2 minuten na een blootstelling aan een bepaald soort lawaai, bij groepen jonge mensen met een normale gehoordrempel, overeenkomst vertoonde met de gemiddelde permanente gehoorschade die door een dagelijkse tienjarige expositie aan geluid op de arbeidsplaats ontstaat. Het geluid had daarbij een constant niveau gedurende de gehele blootstellingstijd. Die bevinding leidde tot veel onderzoek naar de TTS_2 van exposities aan allerlei soorten geluid. In dit verband noem ik met name het in 1965 door de 'National Academy of Sciences-National Research Council; Committee on Hearing, Bioacoustics, and Biomechanics (CHABA)' gepubliceerde rapport 'Hazardous Exposure to Intermittent and Steady-State Noise' (Kr65). Deze commissie concludeerde in 1965 dat:

- TTS_2 een consistente maat is voor het effect van een dagelijkse expositie aan geluid;
- alle exposities die een zelfde TTS_2 geven even schadelijk zijn;
- permanente gehoorschade door 10 jaar expositie gedurende 8 uur per werkdag ongeveer gelijk is aan de TTS_2 die in normale oren wordt veroorzaakt door een 8-urige expositie aan hetzelfde geluid.

Later is gebleken dat de stellingen van de CHABA, die zijn afgeleid uit gegevens van expositie aan constant geluid, voor niet constante exposities, zoals expositie aan intermitterend geluid en aan impulsgeluid, in zijn algemeenheid niet juist zijn (Pa88); er mag niet worden uitgegaan van een vaste relatie tussen TTS_2 en de op de lange duur optredende permanente gehoorschade door lawaai. Maar ook al is er geen eenduidige relatie tussen tijdelijke en permanente gehoorschade, wel dient een tijdelijk gehoorverlies beschouwd te worden als een teken van overbelasting van de zenuwcellen in het binnenoor. In wetenschappelijke kring wordt aangenomen dat permanente gehoorschade door lawaai ontstaat als het gehoor niet kan herstellen van de tijdelijke overbelasting door de expositie aan

Tabel 3.7 Gegevens over de tijdelijke gehoordrempelverschuiving door expositie aan popmuziek, overgenomen uit het rapport van het MRC Institute of Hearing Research (MRC85).

Reported by	Year & IHR no.	No. of subjects	Age range	Noise level	Exposure time	Freq. of max. shift	TTS dB	TTS statistic	Time of start of testing after exposure
Rupp & Koch	1969:244	5 musicians	19-20	120-130 dB(C)	2½ hrs.	4 kHz	25	median	"immediate"
Hickling	1970:245	4 lab subjects	?	107 dB(C)	20 mins	4 kHz	8	mean	2 mins
Speaks, Nelson, Ward	1970:81	25 musicians	?	90-110 dB(A)	2½ hrs.	4 kHz	8	mean	20-40 mins.
Dey	1970:242	15 male	18-25	range 100 dB(A) for 30 mins		2 kHz	14	mean	up to 10 mins or longer. Corrected to TTS ₂
Jerger & Jerger	1970:152	5 musicians	17-23	104-124 (dB, octave band)	4 hrs	3 kHz	22	mean	within 60 mins
		4 musicians	14-15	108-116 dB(C)	4 hrs	6 kHz	15	mean	
Cohen, Anticaglia, Jones (quoted in Whittle & Robinson 1974:128)	1970:107	6	teenage	112 dB(A)	3 hrs	3 & 4 kHz	17	mean	immediate
		5	High School	105 dB(A)	1½ hrs	4 kHz	6	mean	
Smitley & Rintelmann	1971:246	40	18-24	110 dB average peak SPL	1 hr (continuous)	4 kHz	27	mean	2 mins
					1 hr (with 12x30sec off periods)		25		
Flugrath, Irwin, Wolfe Krone & Parmell	1971:149	7M 19F 6M 18F 8M 13F 6M 9F 6M 10F 7M 2F	13-20	96-113 dB(A)	10 mins 20 mins 30 mins 40 mins 50 mins 60 mins	6 kHz " " " " " "	4 12 7 5 4 15 10 15 3 3 11 5	mean	2-5 mins.
Rintelmann, Lindberg & Smitley	1971:31	20 female	20-22	110 dB(C) continuous 3 mins on, 1 min off	60 mins	4 kHz 4 kHz	26 23	mean	2 mins
Redell & Lebo (quoted from Whittle & Robinson 1974:128)	1972:158	7	22	108 dB(A) estimated	1 hr	6 kHz	21	mean, at 6kHz	"immediate"
Ulrich & Pinheiro	1974:251	14	teens	110-115 dB SPL	3½ hrs	4 kHz 4 kHz	18 (R) 15 (L)	mean, at 4kHz	30 min
Axelsson & Lindgren	1978:37	30 musicians		95-110 dB(A)	50-240 mins	4 kHz	1 to 22	Range for 1-8 kHz average	Mostly 2-15 min
		18 audience		88-110 dB(A)	45-180 mins	4 kHz	-6 to 21		

Reading the various texts suggests that "immediate" means that the subject walked from the dance floor or laboratory test room to the audiometer room, settled himself, and began audiometry: perhaps a 5-minute lapse between exposure and test. Flugrath et al were set up for rapid timed measurements so their exposure-to-test figures are probably accurate.

lawaai.

Ten behoeve van dit rapport heb ik geen poging gedaan om al het gepubliceerde TTS-onderzoek na te lopen op gegevens over de geluidbronnen die in hoofdstuk 2 genoemd zijn. Wel heb ik gegevens verzameld over de TTS die ontstaat door expositie aan popmuziek in discotheken en bij popconcerten. Ook in het rapport van het MRC Institute of Hearing Research (1985) zijn uitgebreid gegevens gepresenteerd over dit onderwerp. De desbetreffende tabel uit het Engelse rapport is hier overgenomen als tabel 3.7.

3.3 Tinnitus

Blootstelling aan lawaai kan oorsuizen (tinnitus) veroorzaken. Deze vorm van tinnitus manifesteert zich als een toon en niet zozeer als een breedbandig geruis (Lo67, Ma81, Ca82). De frequenties van deze tonen liggen in het hoogfrequentie gebied (4000 tot 8000 Hz), terwijl tinnitus door andere oorzaken veelal gesuis in een lager frequentiegebied geeft (250 tot 1000 Hz). Merluzzi (Me83) vermeldde dat 28% van de 577 onderzochte werknemers uit een lawaaiig bedrijf last had van tinnitus. Van Dijk (Di84) rapporteerde dat bij ongeveer 30% van de door hem onderzochte werknemers met blootstelling aan lawaai op het werk, tinnitus voorkwam. Rövekamp (Rö88) vond in het Project Preventie Gehoorschade onder ruim 2000 werknemers die in lawaaiexpositieniveaus van tenminste 75 dB(A) werkten, een percentage van ruim 20 met oorsuizen. Het optreden van oorsuizen bleek niet afhankelijk te zijn van het lawaaiexpositieniveau, de expositietijd en de leeftijd. Coles (Co84) concludeerde uit een schriftelijke enquête onder 5000 personen dat 39% van hen wel eens last had (gehad) van tinnitus; in 17% van alle gevallen betrof het blijvende tinnitus, 5% van de onderzochten meldde dat tinnitus de slaap verstoortte, en bij 0,5% had de tinnitus een ernstig nadelig effect op hun mogelijkheden tot een normaal leven. Bij 22% van degenen onder de 60 jaar die in lawaai werkten, trad tinnitus op en bij 12% van degenen die nooit in lawaai werkten, ongeacht de leeftijd. Boven de 60 jaar waren de overeenkomstige

percentages 33 en 18.

Algemeen gesteld blijkt uit de verrichte onderzoeken dat bij ongeveer een kwart van de mensen die in lawaai werken tinnitus voorkomt.

Er is geen onderzoek verricht naar het optreden van tinnitus onder jongeren in relatie tot hun geluidbelasting. Wel is het algemeen bekend dat de bezoekers van een popconcert of discotheek het muziekevenement met tuitende oren verlaten.

4 DISCUSSIE

.....

In dit hoofdstuk geef ik allereerst in paragraaf 4.1 een analyse en een bewerking van de in hoofdstuk 2 verzamelde gegevens over de hoogte van de equivalente geluidniveaus van de geïnterpreteerde geluidbronnen en lawaaiige activiteiten. Daarbij beargumenteer ik dat het model uit ISO/DIS 1999.2 ook gebruikt kan worden voor een schatting van de gehoorschade die bij jongeren door diverse lawaaiige activiteiten optreedt. Uit de geluidgegevens en de gegevens over de duur van de blootstelling van jongeren aan geluid bij de diverse activiteiten geef ik vervolgens een schatting van de geluidbelastingen van jongeren, uitgedrukt in de equivalente geluidniveaus over een etmaal, die bij deze activiteiten horen. Uit deze geluidbelastingen maak ik in paragraaf 4.4 een schatting van de gehoorschade die bij jongeren optreedt. Vervolgens schat ik in paragraaf 4.5 de gehoorschade onder de Nederlandse jeugd die op landelijke schaal door het uitvoeren van activiteiten in het kader van popmuziek optreedt. Dit is mogelijk omdat met betrekking tot popmuziek voldoende gegevens bekend zijn over de mate van voorkomen van deze activiteiten onder jongeren. Over de overige lawaaiige activiteiten zijn er geen prevalentiegegevens op landelijke schaal. In paragraaf 4.2 bespreek ik de resultaten van de inventarisatie uit hoofdstuk 3 over de gehoortoestand van de hedendaagse jongeren en van deelgroepen uit deze jongeren. Daarbij ga ik tevens kort in op de resultaten met betrekking tot tijdelijke gehoordrempelverschuivingen. In paragraaf 4.3 maak ik een opmerking over het optreden van oorsuizen bij jongeren door lawaaiige activiteiten.

Tabel 4.1 Samenvatting van de gegevens over de blootstelling van jongeren aan diverse geluidbronnen bij diverse activiteiten. Het betreffen globale cijfers. Voor meer gedetailleerde informatie zij verwezen naar hoofdstuk 2.

Activiteit/ geluidbron	Equivalent geluidniveau (in dB(A))	Gemiddelde expositie op korte termijn	Prevalentie bij bepaalde (deel)populaties leeftijd	percentage
Bezoek popconcert	100 - 110	4x per jaar	totaal 8 000 000 per jaar	
Bezoek discotheek	88 - 104	3 uur/week	15/21/27/32 j	24/33/13/6
Gebruik hoofdtelefoons	83 ± 10*	4,3 uur/week	**	**
Spelen in popgroep	100 - 110	18x per jaar	<20/23/28/35 j	2/12/9/3
Spelen klassieke muziek	tot 99	-		
Luisteren klassieke muziek	79***	< 1x per maand	16-30 jaar	16-20
Verblijf in arcades	90 ± 7	-		-
Spelen met kinderspeelgoed****	103 - 170	-		-
Afsteken knallend vuurwerk	<150*	1x per jaar	17/20/23 jaar	57/42/33
Bouw modelvliegtuigen	104 - 110	-		-
Schieten/jagen	130 - 173*	-	20-30 jaar	1,3
Bezoeken autoraces	90 - 100	-		-
Verblijf in sportruimten	-	-		-
Vervoermiddelen:				
personenauto	57 - 75	3 - 4 uur/week		-
autobussen	65 - 79	3 - 4 uur/week		-
motoren	63 - 120**	3 - 4 uur/week		-
bromfietsen	63 - 92**	3 uur/week		-
vliegtuigen	70 - 90			-
trams	69 - 77	3 - 4 uur/week		-
speedboten	92 - 99	-		-
Verblijf in woon/werkomgeving	**	24 uur/dag	allen	100
Gecombineerde blootstelling				
gedurende etmaal	77 - 84	24 uur/dag	7-20 jaar	100
" "	73	24 uur/dag	5-54 jaar	100
" "	76	24 uur/dag	5-16 jaar	100

* Standaarddeviatie

**	15/21/27/32 jaar	19/22/17/9%	1979	Nederland
	gehele bevolking	8%	1979	Nederland
	20 - 30 jaar	30%	1981	Nederland
	17 - 23 jaar	12 - 21%	1977 - 1983	Nederland
	15 jaar	37%	1984	Engeland
	10/15/21 jaar	10/12/35%	1984	Engeland
	16 - 25 jaar	70%	1984	Oostenrijk

*** Tijdens zeer luide stukken/passages maxima van 82-100 dB(A), gemiddeld 79 dB(A); steekproeven niet a-select

**** Vooral speelgoedpistolen

* Geen equivalent niveau, maar piekniveau

** Afhankelijk van snelheid; zonder helm

** Zeer variabel

.....

.....

4.1 Geluidbelasting en permanente gehoorschade bij jongeren door lawaaiige bezigheden

In tabel 4.1 zijn de gegevens over de exposities van jongeren aan diverse geluidbronnen die ik in hoofdstuk 2 vermeldde, samengevat.

Voor veel activiteiten zijn er gegevens beschikbaar over de equivalente geluidniveaus die daarmee gepaard gaan. Ik kon geen relevante gegevens vinden over sportruimten, zoals zwembaden en (voetbal)stadions. Een ander manco in de geluidgegevens betreft de geluidafgifte van kinderspeelgoed (onder andere speelgoedpistolen) en van sport- en jachtgeweren. Men geeft slechts piekniveaus op en geen andere relevante parameters, zoals daaltijd en SEL- of L_{Ax} -waarde (het equivalente geluidniveau van een - meestal korte - geluidexpositie genormeerd op één seconde). Zonder deze gegevens is een schatting van de geluidbelasting met het oog op mogelijke permanente gehoorschade die zich in de loop der jaren ontwikkelt, niet mogelijk. Naast mogelijke permanente gehoorschade op langere termijn dient hier ook de mogelijkheid van het ontstaan van mechanische schade in het binnenoor genoemd te worden. Door plotseling optredende geluiden met zeer hoge piekniveaus, zoals knallen, is het mogelijk dat een membraan in de cochlea scheurt, waardoor de in de cochlea aanwezige vloeistoffen endolymfe en perilymfe met elkaar vermengd worden. Hierdoor wordt de mechanische en biochemische balans verstoord, hetgeen tot verdere morfologische veranderingen in het binnenoor kan leiden.

In ISO/DIS 1999.2 wordt ter vermindering van mechanische schade een maximaal toelaatbaar piekniveau van 140 dB genoemd, alhoewel in de betreffende tekst niet naar mechanische schade verwezen wordt. De in de buitenlandse literatuur gesignaleerde piekniveaus van speelgoedpistolen en knallend vuurwerk overschrijden dus het volgens ISO/DIS 1999.2 maximaal toelaatbare. Dit geldt eveneens voor het geluid van het afschieten van jacht- en sportgeweren. In het laatste geval zal het gezondheidsrisico echter minder zijn daar men veelal gebruik van

.....

gehoorbeschermingsmiddelen.

.....

Ik acht het teleurstellend dat er zeer weinig onderzoek is verricht naar de samenhang tussen de exposities aan de verschillende geluidbronnen. In de publikaties uit het begin van de jaren tachtig waarin de equivalente geluidniveaus tengevolge van diverse bronnen en activiteiten te zamen over een etmaal zijn vermeld, blijken deze niveaus gemiddeld hoger te zijn dan 70 dB(A), dat wil zeggen hoger dan het niveau dat in de inleiding is aangegeven als ondergrens van schadelijk geluid bij blootstelling gedurende 24 uur per dag. De totale geluidexpositie van de onderzochte groepen, voornamelijk schoolkinderen en jongeren, ligt dus boven deze grens. Van belang is daarbij de vraag of dit verschijnsel zich ook in Nederland voordoet. Meetgegevens ontbreken om deze vraag te beantwoorden.

Tevens doet zich de vraag voor of deze geluidbelastingen boven de schadelijke grens pas de laatste jaren voorkomen, of al sedert vele jaren onder de jeugd optreden. Zijn de geluidbelastingen gedurende een etmaal in de buurt van 70 dB(A) en hoger een recent verschijnsel, en brengen deze geluidbelastingen gehoorschade teweeg, dan zou dat nu of in de toekomst zichtbaar moeten worden in een vermindering in gehoorscherpthe van jongeren in het algemeen. Enkele geluidbronnen uit tabel 4.1 (popmuziek, arcades, modelvliegtuigen) zijn van de laatste decennia. Wellicht zal blootstelling aan deze geluidbronnen in de nabije toekomst tot een toename van de gehoordrempels onder de jeugd leiden. Mogelijk wijzen de onderzoekresultaten van Borchgrevink reeds in die richting.

.....

Tabel 4.1 geeft aan dat er veel geluidbronnen en situaties zijn waarin het equivalente geluidniveau boven de 70 dB(A) ligt of dicht daaronder. Ik verwacht dat jongeren min of meer dagelijks aan een aantal van deze geluidbronnen blootstaan, zoals in het verkeer en bij het beluisteren van popmuziek. Als ik er van uit ga dat de diverse geluidexposities niet geïsoleerd optreden, maar dat bij jongeren op vele dagen

een cumulatie van blootstellingen optreedt, dan acht ik het verantwoord om de diverse afzonderlijke en gecombineerde geluidbelastingen te beoordelen met het model zoals gegeven in ISO/DIS 1999.2. De meetgegevens over de equivalente geluidniveaus gedurende een etmaal ondersteunen overigens de veronderstelling van een combinatie van blootstellingen.

.....

In tegenstelling tot popmuziek draagt het beluisteren van klassieke muziek hoogstwaarschijnlijk zo weinig bij tot de totale geluidbelasting dat een mogelijk effect op de gehoorscherpthe onwaarschijnlijk is.

Uit paragraaf 2.4 blijkt dat zeer veel jongeren in een popgroep een muziekinstrument bespelen of als zanger(es) optreden. Het betreft ruim 400 000 personen. Gemiddeld geeft men (als popgroep) ongeveer 18 keer per jaar een concert. Het aantal concerten per jaar kan echter een factor vier hoger zijn. Naar schatting ligt het equivalente geluidniveau tijdens een optreden ter plaatse van de popgroep tussen 100 en 110 dB(A). Neem ik aan dat een optreden gemiddeld 3 uur duurt, dan heeft het equivalente geluidniveau over een etmaal door het optreden in een popgroep gedurende 18 keer per jaar een waarde tussen 78 tot 88 dB(A).

Bij deze geluidbelasting komt nog de bijdrage ten gevolge van repetities. Stel dat de popgroep eenmaal per week gedurende drie uur repeteert en dan is blootgesteld aan een geluidniveau van 90 tot 100 dB(A). In dat geval ligt het equivalente geluidniveau over een etmaal ten gevolge van de repetities tussen 73 en 83 dB(A). Daardoor komt het equivalente geluidniveau per etmaal van de combinatie van optreden en repeteren te liggen tussen 80 en 90 dB(A), met als gemiddelde 85 dB(A).

Overigens zijn volgens Irion popmusici gemiddeld 12 tot 20 uur per week bezig met het maken van muziek. Wellicht deed Irion onderzoek naar semi-professionals of is haar schatting van het aantal uren repetities realistischer dan de door mij hier gebruikte 3 uur per week. Stel dat Irion het bij het rechte eind heeft, dan levert de combinatie van repeteren en

.....

optreden een equivalent geluidniveau over een etmaal van 82 tot 92 dB(A) bij 18 optredens per jaar. Voor de popgroepen die vaker optreden ligt dit niveau nog hoger. Als een dergelijke blootstelling gedurende een aantal jaren achtereen plaatsvindt, zal er bij de betrokkenen ongetwijfeld gehoorschade door lawaai ontstaan. Dat komt overeen met de bevindingen van Irion, Redell, Rintelmann en Axelsson.

.....

In tabel 4.1 is aangegeven dat jongeren gemiddeld 4 maal per jaar een popconcert bezoeken. Neem ik aan dat een concert gemiddeld 3 uur duurt en houd ik rekening met een gemiddeld equivalent geluidniveau van 105 dB(A), dan komt de gemiddelde geluidbelasting door popmuziek bij concerten overeen met een equivalent geluidniveau over een etmaal van 76 dB(A).

Met betrekking tot het gebruik van hoofdtelefoons het volgende. Mede op grond van resultaten van een nieuwe, meer realistische meetmethodiek lijken de niveaus onder de hoofdtelefoons in tegenstelling tot eerdere berichten mee te vallen. Het gemiddelde equivalente geluidniveau onder een hoofdtelefoon ligt ongeveer 10 dB(A) lager dan dat in discotheken en ongeveer 20 dB(A) lager dan bij popconcerten.

Recente Nederlandse schattingen over de duur van het gebruik van hoofdtelefoons, zowel wat betreft de dagelijkse luistertijd als wat betreft het totaal aantal jaren dat men met hoofdtelefoons luistert, ontbreken. De in de tabel 4.2 gegeven gemiddelde luistertijd met hoofdtelefoons van 4,3 uur per week (met een standaarddeviatie van 1,0 uur per week) is voornamelijk afkomstig uit Engelse bron. Het gemiddelde equivalente geluidniveau en de gemiddelde luistertijd te zamen geven nauwelijks aanleiding tot zorg over gehoorschade door het luisteren met hoofdtelefoons. Immers, als daaruit een gemiddeld equivalent geluidniveau over een etmaal wordt berekend, resulteert dat in een waarde van 67 dB(A). Op zich is niet te verwachten dat, als het luisteren met hoofdtelefoons de enige blootstelling zou zijn, een dergelijk niveau gehoorschade teweegbrengt. Door de spreiding in zowel de equivalente

.....

geluidniveaus als in de expositietijd zal echter naar verwachting bij 10% van de luisteraars het equivalente geluidniveau over een etmaal hoger zijn dan 83 dB(A) en bij 1% zelfs hoger dan 96 dB(A). Daarbij ben ik er van uitgegaan, dat er geen verband is tussen het aantal luisteruren per week en het niveau waarop geluisterd wordt en dat beide parameters statistisch normaal verdeeld zijn. Uit onderzoek door Rice (Ri87) bleek dat aan beide voorwaarden is voldaan.

Een zelfde redenering kan men volgen voor de geluidbelasting in discotheken. Het equivalente geluidniveau over een etmaal berekend uit het gemiddeld geluidniveau en de gemiddelde expositietijd, is 78 dB(A). Gezien de spreidingen in beide grootheden zal een deel van de discotheekbezoekers aan veel hogere en een ander deel aan veel lagere equivalente geluidniveaus over een etmaal blootstaan.

Het is niet bekend welk verband er bestaat tussen het bezoeken van popconcerten, het bezoeken van discotheken, het luisteren naar popmuziek via hoofdtelefoons en het bespelen van een muziekinstrument. Ook is er weinig bekend over de spreiding in het aantal bezochte popconcerten per jaar en in het aantal uren per week dat discotheken bezocht worden. Wel zal gezien de grote variatie in de optredende equivalente geluidniveaus (trajecten van respectievelijk 10 en 16 dB(A)) de variatie in de expositietijden ook groot moeten zijn om een aanmerkelijk effect te hebben op de variatie in equivalente geluidniveaus over een etmaal (een variatie van een factor 2 in expositietijd komt namelijk overeen met een variatie van 3 dB(A) in het equivalente geluidniveau).

Met het volgende rekenvoorbeeld laat ik zien wat het effect is op de verdeling van de equivalente geluidniveaus waaraan jongeren zijn geëxponeerd, als de volgende drie exposities samengaan: expositie aan geluid bij popconcerten, expositie in discotheken en expositie bij het luisteren met hoofdtelefoons. Ik ga uit van een groep jongeren die zowel naar popconcerten gaat, discotheken bezoekt en met hoofdtelefoons naar popmuziek luistert, en daarbij is blootgesteld aan de in tabel 4.1 gegeven equivalente geluidniveaus gedurende de ook

.....

in de tabel vermelde expositietijden. Verder neem ik aan dat de voor popconcerten en discotheken opgegeven hoogste niveaus van respectievelijk 110 en 104 dB(A) bij 10% van de bezoekers optreden.

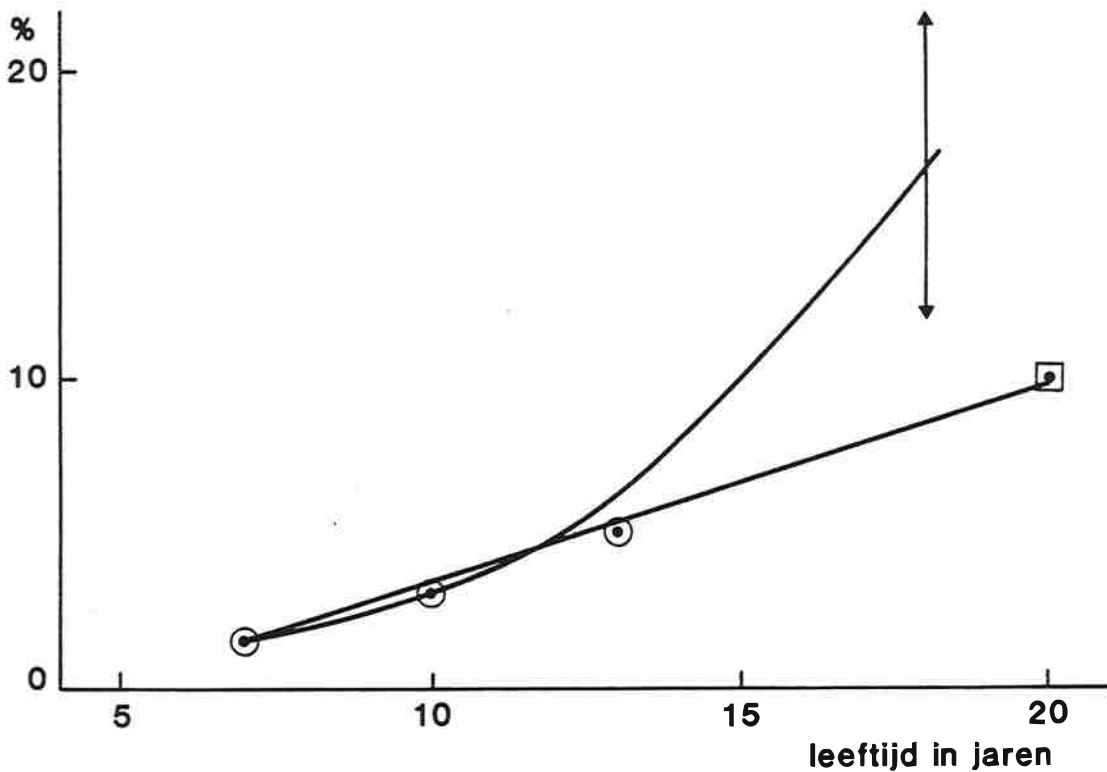
Ik onderscheid twee mogelijke situaties. In de eerste situatie neem ik aan dat degenen die bij popconcerten aan de hoogste niveaus zijn blootgesteld, ook aan de hoogste niveaus zijn blootgesteld in discotheken en bij het luisteren met hoofdtelefoons naar popmuziek. Een vergelijkbare aanname doe ik voor de blootstelling aan de laagste niveaus bij de drie soorten exposities. Het gemiddelde equivalente geluidniveau over een etmaal bedraagt dan 80 dB(A) voor de hier beschouwde groep bij een gecombineerde expositie; 10% van de betrokkenen heeft een equivalent geluidniveau over een etmaal van meer dan 89 dB(A) en 1% van meer dan 96 dB(A).

In de tweede situatie neem ik aan dat degenen die bij popconcerten aan de hoogste niveaus blootstaan, bij de twee andere soorten exposities aan de laagste niveaus blootstaan en dat dit analoog geldt voor de overige exposities. In deze situatie is het gemiddelde equivalente geluidniveau over een etmaal eveneens 80 dB(A), terwijl 10% van de betrokkenen aan een equivalent geluidniveau over een etmaal blootstaat van ten minste 85, en 1% aan ten minste 89 dB(A). Dat wil zeggen dat in de eerst beschouwde situatie 10% van de jongeren is blootgesteld aan equivalente geluidniveaus over een etmaal van ten minste 89 dB(A) en in de tweede situatie 1%.

Met betrekking tot het vervoer blijken alle exposities neer te komen op gemiddeld drie à vier uur per week. De geluidniveaus in trams en autobussen van het openbaar vervoer liggen daarbij gemiddeld iets hoger dan die in de personenauto. Bromfietsen en motoren komen als het meest lawaaiig naar voren. Ga ik uit van een gemiddelde expositietijd van 4 uur per week dan moeten ter berekening van het gemiddelde equivalente geluidniveau over een etmaal door het vervoer de in tabel 4.1 gegeven waarden met 16 dB(A) verminderd worden. Dat houdt in dat slechts de voor motoren en bromfietsen opgegeven trajecten van geluidniveaus (te weten van lage tot hoge snel-

heden) voor een deel boven de grens van 70 dB(A) uitkomen. Voor bromfietsen wordt het traject 47 tot 76 dB(A) en voor motoren 47 tot 104 dB(A). Daarbij is nog geen rekening gehouden met de mogelijke geluiddempende werking van de motor- of bromfietshelm. Zoals ik reeds in paragraaf 2.12 naar voren bracht, mag van de demping bij lagere snelheden van de motor- of bromfietshelm niet veel verwacht worden. Naar schatting bedraagt de gemiddelde demping bij de maximaal toegestane snelheid van een bromfiets (40 km/uur) niet meer dan 6 dB(A). Dat betekent dan dat de bijdrage van het bromfietsrijden tot het equivalente geluidniveau over een etmaal ligt tussen 41 en 70 dB(A). De waarde van 41 dB(A) geldt als steeds met snelheden van 15 tot 20 km/uur gereden wordt. Het lijkt me realistischer om aan te nemen dat de snelheid van de brommer minimaal 25 km/uur is en maximaal 40 km/uur. Dat resulteert dan in equivalente geluidniveaus over een etmaal die liggen tussen 65 en 70 dB(A). Dus bij een gemiddelde rijtijd van 4 uur per week komt het equivalente geluidniveau over een etmaal door het rijden met een brommer niet boven de schadelijkheidsgrens van 70 dB(A). Dit geldt wel voor het rijden op een motor. Houden we bij de hoogste snelheid rekening met een demping van 19 dB(A) van de motorhelm, dan liggen de equivalente geluidniveaus over een etmaal tussen 41 dB(A) (als met 15 tot 20 km/uur gereden wordt) en 85 dB(A). Ook hier geldt, net als bij de brommers, dat motoren over het algemeen bij veel hogere snelheden dan 15 à 20 km/uur rijden en deze laagste waarde derhalve zeer onrealistisch is. Bij de motor schat ik deze ondergrens zeker niet lager dan 50 km/uur, hetgeen overeenkomt met 75 dB(A).

Ik trek de conclusie dat bij een gemiddelde rijtijd van 4 uur per week de equivalente geluidniveaus over een etmaal veroorzaakt door het openbaar vervoer, de personenauto of de bromfiets niet boven de schadelijkheidsgrens van 70 dB(A) uitkomen, en die van de motoren wel. Dit is in lijn met de door Fletcher (F177) geconstateerde gehoorschade door lawaai bij motorrijders. Ook bij langere rijtijden zal voor het openbaar vervoer en de personenauto het equivalente geluidniveau



Figuur 4.1 Gegevens over gehoordrempels uit diverse literatuurbronnen (Axelsson, Rytzner, ISO/DIS 1999.2, Borchgrevink). Het percentage jongens en jonge mannen met een gehoordrempel in het hoogfrequente gebied van meer dan 20 dB.

- ⊙ Axelsson, Rytzner
- Data base ISO Au

↔ Borchgrevink, schatting

.....

over een etmaal niet boven de 70 dB(A) uitkomen. Voor de brommer is dat wel het geval. Immers bijvoorbeeld bij een verdriedoubling van de rijtijd (van 4 tot 12 uur per week) neemt het equivalente geluidniveau over een etmaal met 5 dB(A) toe van tussen 65 en 70 dB(A) tot tussen 70 en 75 dB(A).

.....

4.2 De gehoortoestand van jongeren

Uit de onderzoeken naar de relatie tussen de gehoorscherpthe en de leeftijd is gebleken dat, voor zover dat kon worden nagegaan, de gehoorscherpthe op 18-jarige leeftijd in de laatste decennia niet verslechterd is. Ik kan geen conclusies trekken over de 10% grootste gehoorverliezen, omdat daar geen gegevens over beschikbaar zijn.

Uit twee Zweedse onderzoeken onder 7, 10 en 13-jarige kinderen bleek dat bij jongens het percentage met een hoogfrequent gehoorverlies toeneemt van 1% à 2% op 7-jarige leeftijd tot 3% à 7% op 13-jarige leeftijd. Dat houdt dus in dat naar schatting gemiddeld 5% van de 13-jarige Zweedse jongens een hoogfrequente gehoordrempel heeft van meer dan 20 dB. Dit klopt mijns inziens goed met de waarden uit data base ISO Au. In deze data base heeft 10% van de 20-jarige mannen een gehoordrempel van ten minste 17 dB bij 4000 Hz, 18 dB bij 6000 Hz en 20 dB bij 8000 Hz. Zoals figuur 4.1 laat zien, geeft een en ander globaal een vrij consistent beeld.

Veel ongunstiger zijn de uitkomsten van het onderzoek van Borchgrevink (Bo88). Houd ik rekening met een fout in zijn audiometrische gegevens van 8 dB, dan is uit zijn onderzoek af te leiden dat, afhankelijk van de verdeling van de gehoordrempels, 12% tot 22% van de 18-jarige Noorse rekruten uit 1987 een gehoordrempel van meer dan 20 dB in het hoogfrequente gebied heeft. In de meest recente Nederlandse onderzoeken die zijn uitgevoerd in 1983 (Pa84, Pa87a, Li87) komen dergelijke hoge percentages niet voor. In de literatuur zijn sinds 1983 geen gegevens gepubliceerd over de gehoorscherpthe van groepen jonge Nederlanders.

.....

.....

Uit het weinige onderzoek naar gehoorschade door specifieke geluidbelastingen kan ik geen duidelijke kwantitatieve conclusies trekken. Onderzoek heeft plaatsgevonden naar de invloed van popmuziek, zowel bij musici als toehoorders, van knallend vuurwerk, van jagen en sportschieten, van motorrijden, van 'drag-racing' en van woonomgevingsgeluid. Met uitzondering van woonomgevingsgeluid blijken alle genoemde geluidbronnen gehoorschade veroorzaakt te hebben.

Uit de resultaten van de onderzoeken kan ik afleiden dat of bij vrijwel alle blootgestelde de gehoorschade door lawaai gering is, of dat bij een klein deel van de blootgestelden een aanzienlijk gehoorverlies door lawaai optreedt. Zo zijn bij motorrijders en 'drag-racers' gemiddelde gehoorverliezen door lawaai gevonden van 3 tot 6 dB. Het afsteken van knallend vuurwerk geeft hoogfrequent gemiddelde gehoorverliezen van 5 dB in één onderzoek en in een ander onderzoek gehoorverliezen van meer dan 45 dB bij 10% van de onderzochten. Ten gevolge van het schieten in de vrije tijd worden in een aantal onderzoeken verschillende gemiddelde gehoorverliezen geconstateerd van 10 dB of 13 tot 26 dB bij 4000 en 6000 Hz of van 5 dB bij 4000 Hz. De resultaten van onderzoeken naar de gehoorscherpthe van popmusici wijzen erop, dat er onder deze groep gehoorschade door het spelen in een popgroep ontstaat. Volgens Irion blijkt uit de literatuur dat 13% tot 87% van de beroepsmusici (in het populaire genre) enige gehoorschade door lawaai heeft opgelopen. Een andere onderzoeker constateert een gemiddeld gehoorverlies bij beroepsmusici in het popgenre van 10 dB bij 6000 Hz en weer een andere onderzoeker een gemiddelde gehoordrempel bij de musici van 20 dB bij 6000 Hz, zonder echter met effecten op het gehoor door veroudering rekening te houden.

Bij bezoekers van discotheken zijn zowel in een Engels als Nederlands onderzoek kleine gemiddelde gehoorverliezen geconstateerd van respectievelijk 3 en 4 dB in het hoogfrequente gebied, met bij de meest veelvuldig blootgestelde groep een gemiddeld hoogfrequent gehoorverlies van 6 dB.

.....

.....

Als bepaalde vormen van blootstelling aan geluid gehoorschade veroorzaken bij een bepaald deel van een bevolking, dan behoeft deze gehoorschade niet altijd aantoonbaar te zijn in een steekproef uit deze bevolking. De mogelijkheid een aanwijzing voor gehoorschade te vinden hangt onder meer af van de fractie van de bevolking die aan het schadelijke geluid is blootgesteld en van het aantal personen uit de bevolking dat men onderzoekt (de grootte van de steekproef). Is bijvoorbeeld het percentage motorrijders onder de 20- tot 30-jarigen slechts 1 en bedraagt de gemiddelde gehoorschade door het motorgeluid ongeveer 5 dB, dan zal deze gehoorschade slechts bij een zeer grote steekproef onder 20- tot 30-jarigen aantoonbaar zijn. Daarom is het ook niet in tegenspraak met elkaar dat bij een bepaalde groep jongeren gehoorschade door expositie aan bepaalde geluidbronnen is gevonden, terwijl voor ten minste 90 procent van de jeugdige bevolking epidemiologisch onderzoek geen aanwijzing voor gehoorschade levert.

Bij popmuzici en bij bezoekers van popconcerten en discotheken zijn tijdelijke gehoordrempelverschuivingen na afloop van een popconcert geconstateerd. De kort na de blootstellingen vastgestelde tijdelijke gehoordrempelverschuivingen bedroegen bij blootstellingen van meer dan twee uur gemiddeld ongeveer 15 à 20 dB. Ik verwacht dat bij een klein deel der musici en bezoekers de tijdelijke gehoordrempelverschuiving gemeten kort na afloop van een dergelijke expositie een waarde van 30 dB zal overschrijden. Als dit zich dagelijks zou herhalen, zoals bijvoorbeeld bij diskjockeys, beroepsmusici en personeel van discotheken het geval kan zijn, dan zal op de lange duur zeker blijvende gehoorschade ontstaan. Of dit ook het geval is bij beroepsmusici en bij bezoekers van popconcerten en discotheken die meer incidenteel worden blootgesteld en bij wie het gehoor tussentijds meer gelegenheid heeft om zich te herstellen, durf ik op basis van de resultaten van onderzoek naar de tijdelijke gehoordrempelverschuivingen niet te voorspellen.

Tabel 4.2 Indeling van de gehoorverliezen naar de ervaren vermindering van het hoorvermogen in het leven van alledag.

Gehoerverlies gemiddeld bij 2000 en 4000 Hz	Omschrijving van de klassen van het hoorvermogen
≤ 10 dB	normaal gehoor
10 - 30 dB	verminderd hoorvermogen
30 - 45 dB	enigermate slechthorend
45 - 60 dB	slechthorend
> 60 dB	zeer slechthorend

.....

4.3 Oorsuizen

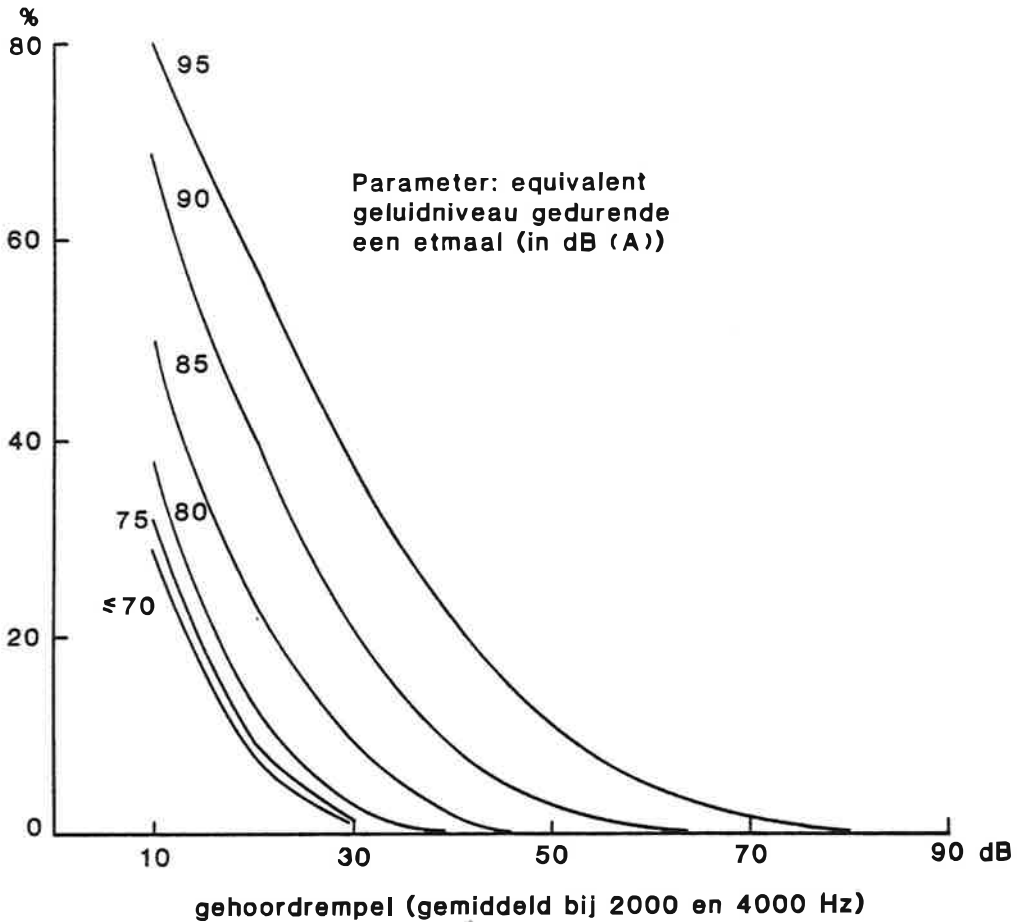
Het verbaast mij zeer dat er in de wetenschappelijke literatuur slechts terloops gewag gemaakt wordt van het optreden van oorsuizen bij bezoekers van popconcerten en discotheken. Een gevoel van onbehagen door het tijdelijk fluiten, suizen, tuiten van de oren of door een dof gevoel in de oren is een veelgehoorde klacht onder jongeren. Onderzoekers van de effecten van beroepsmatige expositie aan lawaai vertonen een groeiende belangstelling voor het verschijnsel tinnitus (Co88). Zij zien tinnitus als een teken van overbelasting van het binnenoor, mogelijk gepaard gaande met blijvende gehoorschade.

.....

4.4 Risico op gehoorschade door bepaalde activiteiten

In de inleiding gaf ik reeds aan dat een van de belangrijkste nadelige gevolgen van gehoorschade door lawaai het minder goed verstaan van spraak van anderen in het leven van alledag is. Bij een geringe gehoorschade door lawaai, op latere leeftijd gecombineerd met het normale ouderdomsgehoorverlies, ontstaan in eerste instantie moeilijkheden met het verstaan van een groepsgesprek in een rumoerige omgeving (bijvoorbeeld bij een verjaardagspartijtje of in een sportkantine). Met het toenemen van de gehoorschade ontstaan er ook moeilijkheden met het verstaan van stemmen via de telefoon en van een tweegesprek in een lawaaiige omgeving. Is het hoorverlies zeer groot, dan levert ook een tweegesprek in een rustige omgeving moeilijkheden op, zelfs als het gesprek gevoerd wordt met huisgenoten.

In het volgende breng ik de gevolgen van de onder jongeren optredende blootstellingen aan diverse geluidbronnen in verband met de vermindering van het verstaan van spraak in het leven van alledag. In onderzoek is aangetoond dat mensen hun gehoor als ongunstig afwijkend gaan beschouwen, als het hoorverlies, gemiddeld bij de frequenties 2000 en 4000 Hz en gemiddeld over beide oren, 10 dB of meer is (Pa85, Sm86). In Passchier-Vermeer (Pa87d) heb ik van het hoorvermogen als



Figuur 4.2 Het percentage personen met een gehoordrempel, gemiddeld over 2000 en 4000 Hz en gemiddeld over beide oren, die de op de horizontale as gegeven waarde overschrijdt. Het equivalente geluidniveau in dB(A) over een etmaal is parameter. De geluidbelasting wordt geacht te hebben plaatsgevonden gedurende 10 jaar. De curven hebben betrekking op jonge otologisch niet-geselecteerde groepen.

.....

functie van het gehoorverlies, gemiddeld over 2000 en 4000 Hz en gemiddeld over beide oren, in klassen ingedeeld. Deze indeling is te gebruiken voor beoordeling van het gehoor van mensen met gehoorschade door lawaai, en hoeft niet juist te zijn voor andere vormen van gehoorbeschadiging. De indeling is weergegeven in tabel 4.2.

Uit de in ISO/DIS 1999.2 gegeven relaties tussen het equivalente geluidniveau over een werkdag van 8 uur en gehoorschade door lawaai heb ik berekend welk deel van de gedurende een etmaal aan een bepaald equivalent geluidniveau blootgestelde groep een gehoordrempel heeft die een bepaalde waarde, gemiddeld over 2000 en 4000 Hz, overschrijdt. Tevens ben ik er van uitgegaan dat het equivalente geluidniveau over een achturige werkdag 5 dB(A) hoger ligt dan het equivalente geluidniveau over een etmaal. In figuur 4.2 is het resultaat gegeven. De gegevens hebben betrekking op otologisch niet geselecteerde groepen die 25 tot 30 jaar oud zijn en 10 jaar een bepaalde geluidbelasting, uitgedrukt in het equivalente geluidniveau over een etmaal, hebben ondergaan.

Om het effect van een bepaalde geluidbelasting op het hoorvermogen van een groep personen te bepalen, trek ik van de percentages die bij een dergelijke geluidbelasting horen, de percentages af die voor een geluidbelasting van 70 dB(A) of minder gelden. Het resultaat is gegeven in tabel 4.3. Uit tabel 4.3 kan bijvoorbeeld worden afgelezen dat bij een groep jongeren die een dagelijkse blootstelling aan geluid met een equivalent geluidniveau van 85 dB(A) gedurende een periode van 10 jaar heeft gehad, het percentage jongeren dat enigermate slechthorend is, 7% hoger ligt dan bij een niet aan lawaai geëxponeerde groep jongeren. De afneming van het percentage jongeren met een normaal gehoor is gelijk aan de som van de toeneming van de percentages in de andere klassen. Zo kan bijvoorbeeld uit tabel 4.3 worden afgeleid dat bij groepen jongeren die gedurende 10 jaar aan een equivalent geluidniveau van 85 dB(A) gedurende het etmaal blootstaan, het percentage jongeren met een normaal gehoor 21 lager ligt dan bij niet aan lawaai geëxponeerde groepen jongeren.

Tabel 4.3 Toeneming van het percentage personen in een bepaalde hoorvermogensklasse door expositie aan lawaai gedurende tien jaar. De expositie aan lawaai is gekarakteriseerd door het equivalente geluidniveau over een etmaal.

Hoorvermogensklasse	Equivalent geluidniveau over een etmaal (in dB(A))					
	70	75	80	85	90	95
verminderd hoorvermogen	0	2,5	7	13	20	15
enigermate slechthorend	0	0,5	2	7	15	20,5
slechthorend	0	0	0	1	4,5	11
zeer slechthorend	0	0	0	0	0,5	4,5

.....

.....

Om na te gaan wat het effect op de hoorvermogens van jongeren is van hun diverse lawaaiige activiteiten, heb ik de gegevens uit tabel 4.1, en de uit deze gegevens in dit hoofdstuk afgeleide waarden, gecombineerd met tabel 4.3. Het resultaat is gegeven in tabel 4.4. De waarden hebben betrekking op een blootstellingstijd van 10 jaar. In tabel 4.4 zijn waarden achterwege gelaten, als er niet voldoende informatie beschikbaar was. Over de schattingen met betrekking tot het verblijf in arcades, de bouw van modelvliegtuigen en het bezoeken van autoraces heb ik berekend hoeveel uur per week een dergelijke activiteit moet voorkomen om een equivalent geluidniveau van 72,5 dB(A) over een etmaal te veroorzaken. Hoewel in het voorgaande gesteld is dat gehoorschade door lawaai optreedt bij equivalente geluidniveaus vanaf 70 dB(A) over een etmaal, is er pas bij een equivalent geluidniveau van 72,5 dB(A) een toename in het percentage personen met een verminderd hoorvermogen, als deze percentages worden afgerond op 0,5.

Het blijkt dat op de lange duur zowel het bezoeken van popconcerten, het bezoeken van discotheken als het luisteren naar popmuziek met hoofdtelefoons bij groepen jongeren een toeneming geven van het percentage van hen dat een verminderd hoorvermogen heeft en dat enigermate slechthorend is. In het voorgaande is ook ingegaan op een combinatie van blootstellingen aan popmuziek. Bereken ik de voor de in het voorgaande beschreven combinatie van blootstellingen aan popmuziek de toenames in de diverse hoorvermogensklassen, dan volgt het resultaat zoals gegeven onder 4 van tabel 4.4. Dit resultaat is het gemiddelde van de twee eerder onderscheiden situaties. Het blijkt dat een combinatie van de drie popmuziekactiviteiten een groter effect heeft op de toename van het percentage jongeren in de klassen verminderd hoorvermogen en enigermate slechthorend dan de som van de drie afzonderlijke activiteiten.

Uit tabel 4.4 blijkt dat van alle beschouwde activiteiten van jongeren het spelen in een popgroep en het veelvuldig (12 uur per week) rijden op een motor de grootste effecten hebben op het percentage jongeren dat een verminderd hoorver-

Tabel 4.4 Schatting van de toename van het percentage jongeren in een bepaalde hoorvermogensklasse door bepaalde activiteiten die gedurende tien jaar hebben plaatsgevonden.

Activiteit	Toename van het percentage jongeren in de hoorvermogensklasse:			
	verminderd hoorvermogen	enigermate slechthorend	slechthorend	zeer slechthorend
1 bezoek popconcert	2,5	0,5	-	-
2 bezoek discotheek	5	1,5	-	-
3 gebruik hoofdtelefoons	2	0,5	-	-
4 combinatie 1, 2, 3	6	2	0,5	-
5 spelen in popgroep	13	7	1	-
6 spelen klassieke muziek				
7 luisteren klassiek concert	-	-	-	-
8* verblijf in arcades	+	+		
9 spelen met kinderspeelgoed				
10 afsteken knallend vuurwerk				
11* bouw van modelvliegtuigen	+	+		
12 schieten/jagen				
13* bezoeken autoraces	+	+		
14 verblijf in sportruimten				
15 vervoer met personenauto	-	-	-	-
16 openbaar vervoer	-	-	-	-
17 berijden bromfiets-4 uur/wk	-	-	-	-
18 berijden bromfiets-12 uur/wk	1	-	-	-
19 berijden motor-4 uur/wk	7	2	-	-
20 berijden motor-12 uur/wk	13	7	1	-
21 varen met speedboot				
22 vliegen	-	-	-	-

8 * bij meer dan 3,4 uur/week mogelijk toename van het percentage personen met een verminderd hoorvermogen

11 * bij meer dan 0,7 uur/week mogelijk toename van het percentage personen met een verminderd hoorvermogen

13 * bij meer dan 1,1 uur/week mogelijk toename van het percentage personen met een verminderd hoorvermogen

+ betekent dat er mogelijk een toename optreedt die echter niet te schatten is door het ontbreken van expositietijden

- betekent dat er geen toename optreedt als de activiteit geïsoleerd voorkomt

mogen heeft en dat enigermate slechthorend is. Daarbij ben ik er wel van uitgegaan dat het activiteiten betreft die gedurende 10 jaar verricht worden.

.....

4.5 Schatting van het risico op gehoorschade bij de Nederlandse jeugd

In het volgende schat ik op landelijke schaal voor de Nederlandse jeugd de veranderingen in de hoorvermogens ten gevolge van bepaalde activiteiten. Daarbij is kennis van de mate van voorkomen van deze activiteiten onder de Nederlandse jeugd nodig. Omdat slechts over de prevalentie van de popmuziekactiviteiten onder de Nederlandse jeugd gegevens zijn, zijn de schattingen beperkt tot de gevolgen van het spelen en beluisteren van popmuziek. In het volgende bereken ik uit de gegevens over de mate van voorkomen van de popmuziekactiviteiten onder de Nederlandse jeugd het aantal jongeren dat mede door deze activiteiten in een bepaalde hoorvermogensklasse terecht komt. Daarbij ga ik er van uit dat de gemiddelde blootstellingstijd bij elk der activiteiten 10 jaar is. Voor het bezoeken van popconcerten en het bezoeken van discotheken is bekend dat de gemiddelde blootstellingstijd respectievelijk 7 en 6 jaar is. Ga ik van deze waarden uit dan zouden de in tabel 4.4 gegeven percentages (afgerond op gehele en halve procenten) dezelfde zijn. Omdat de mate van voorkomen onder de Nederlandse jeugd van de combinatie van de drie popmuziekactiviteiten niet bekend is, laat ik berekeningen met betrekking tot combinaties achterwege.

Ik ga er bij de berekeningen van uit dat er in Nederland door jongeren per jaar 8 miljoen bezoeken aan popconcerten worden afgelegd en dat een bezoeker dat per jaar gemiddeld viermaal doet gedurende gemiddeld 10 jaar. Het aantal jongeren dat 10 jaar concerten in Nederland bezocht heeft neemt dan elk jaar met 200 000 toe.

Volgens schattingen van Zwaard (Zw89) is het aantal personen dat in een bepaald jaar in een popgroep speelt, gelijk aan ruim 400 000. Nemen we aan dat elke speler gemiddeld 10 jaar speelt, dan neemt het aantal spelers dat 10 jaar popmu-

Tabel 4.5 Schatting van de toename per jaar van het aantal jongeren die mede door een bepaalde popmuziekactiviteit in een bepaalde hoorvermogensklasse terechtkomt.

Activiteit	Toename per jaar van het aantal jongeren in Nederland met een gehoor in de klasse:		
	verminderd hoorvermogen	enigermate slechthorend	slechthorend
Bezoek popconcerten	5000	1000	
Bezoek discotheken	4500	1350	
Gebruik hoofdtelefoons	1800	450	
Optreden in popgroep	5200	2800	400
Totaal	16500	5600	400

.....

ziek in een popgroep gespeeld heeft met 40 000 per jaar toe.

Veronderstel ik dat 23 procent van de jongeren in de leeftijd van 15 tot 30 jaar discotheken bezoekt, dan gaat het hier om 900 000 jongeren. Er zijn immers in Nederland per 1 januari 1987 3,77 miljoen personen in de genoemde leeftijds-klasse. Een zelfde percentage kies ik voor de hoofdtelefoongebruikers. Neem ik voor deze popmuziekactiviteiten ook weer aan dat ze gedurende 10 jaar uitgevoerd worden, dan levert dat zowel voor de discotheken als de hoofdtelefoons 90 000 personen per jaar die de activiteit 10 jaar hebben verricht.

Door vermenigvuldiging van de in tabel 4.4 gegeven percentages met het aantal jongeren in Nederland dat per jaar een bepaalde popmuziekactiviteit gedurende 10 jaar heeft uitgevoerd, krijg ik een schatting van het aantal jongeren dat door een bepaalde popmuziekactiviteit in een bepaalde hoorvermogensklasse terecht gekomen is. Het resultaat is gegeven in tabel 4.5.

Uit tabel 4.5 blijkt dat er naar schatting bij ongeveer 16 500 jongeren in Nederland per jaar mede door het beluisteren en spelen van popmuziek een verminderd hoorvermogen ontstaat en dat mede door dezelfde oorzaak tevens 5600 jongeren enigermate slechthorend en 400 slechthorend worden. Ongeveer een derde van deze jongeren zijn ingeschakeld bij het spelen in popgroepen. Deze cijfers moeten wel met enige reserve gehanteerd worden, omdat het niet geheel zeker is dat het achterliggende model toepasbaar is en omdat met betrekking tot popmuziek de blootstellingspatronen en de mate van voorkomen van bepaalde combinaties van blootstellingen niet goed bekend zijn voor de Nederlandse situatie.

5 LITERATUUR

- Ab70 Abrol BM, Nath LM, Sahai AN. Noise and acoustic trauma: noise levels in discotheques in Delhi. Ind J Med Res 1970; 58: 1758-63.
- Ac66 Acton WI, Coles RAA, Forrest MR. Hearing hazards from small-bore rifles. The Rifleman 1966; Dec.
- Ag86 Agterhuis E, Steeneeken HJM. De kwaliteit van audio-systemen voor de passagiers in vliegtuigen van de KLM. Rapport 1986-C3. Soesterberg: IZF-TNO, 1986.
- Al87 Altena K. Interfacultaire vakgroep Energie en Milieu-kunde Groningen. Invloed van lawaai op de gezondheid - Beschrijving onderzoeksopzet. Rapport GA-HR-03-01. 's-Gravenhage: Ministerie van VROM, 1987.
- Al89 Altena K. e.a. Environmental noise and health. Rapport GA-DR-03-01. 's Gravenhage: Ministerie van VROM, 1989.
- AMT80 Amt für Umweltschutz der Stadt Bern. Schallpegel-messung in Berner Jugendliskotheken. Interner Bericht. Bern, 1980.
- Ar60 Arnold GE, Miskolczy-Fodor F. Pure-tone Thresholds of Professional Pianists. Arch Otolaryngol 1960; 71: 938-47.
- Ax78 Axelsson A, Lindgren F. Hearing in pop musicians. Act Otolaryng 1978; 85: 225-31.
- Ax81a Axelsson A, Lindgren F. Pop music and hearing. Ear and Hearing 1981; 2: 64-9.
- Ax81b Axelsson A, Lindgren F. Hearing in classical musi-cians. Act Otolaryng 1981; 3: 74.
- Ax81c Axelsson A, Jerson T, Lindgren F. Noisy leisure time activities in teenage boys. Am Ind Hyg Ass J 1981; 42: 229-33.
- Ax81d Axelsson A, Jerson T, Lindgren F. Early noise-induced hearing loss in teenage boys. Scand Audiol 1981; 10:

91-6.

- Ax85 Axelsson A, Jeresson T. Noisy toys - a possible source of sensorineural hearing loss. *Pediatr* 1985; 76: 574.
- Ax87 Axelsson A, Aniarsson A, Costa O. Hearing loss in school children. *Scand Audiol* 1987; 16: 137-43.
- Ba72 Barry JP, Thomas IB. A clinical study to evaluate rock music, symphonic music and noise as sources of acoustic trauma. *J Aud Eng S* 1972; 20: 271-74.
- Be72 Bess FH, Powell RL. Hearing hazard from model airplanes. *Clin Pediat* 1972; 11: 621-24.
- Be74 Bess FH, Gale DW, Aarni JD, Redfield NP. Attenuation characteristics of recreational helmets. *Ann Otol* 1974; 83: 119-124.
- Be86 Bedrijfschap Horeca. Discotheken; onderzoeksrapport. Brochure nr 148. Den Haag: Bedrijfschap Horeca, 1986.
- Bi79 Bickerdike J, Gregory A. An evaluation of hearing damage risk to attenders at discotheques. Dept Environ Proj Rep. Leeds: Leeds Polytechnic School of Constructional Studies, 1979.
- Bi80 Bickerdike J, Gregory A. An evaluation of hearing damage risk to attenders at discotheques. Department Environ Report Leeds: Leeds Polytechnic School of Constructional Studies, 1980.
- Bi81 Bickerdike J. Draft code of practice on sound levels in discotheques. Noise Advisory Council/ Dept Environ Report 1981.
- Bi83 Bickerdike J. Estimates of exposure and risk from amplified music; current problems in NIHL. BSA meeting 24 Oct 1983.
- Bi89 Biesiot W, Pulles MPJ, Stewart RE. Invloed van lawaai op de gezondheid. Rapport GA-HR-03-02. 's Gravenhage: Ministerie van VROM, 1989. X
- Bo88 Borchgrevink HM. One third of 18 year old male conscripts show noise induced hearing loss > 20 dB before start of military service - the incidence being doubled since 1981. Reflecting increased leisure noise? Proc of the Fifth International Congress on Noise as a Public Health Problem, Stockholm: Swedish Council for Building Research, 1988; 2: 27-32.
- Br81 Bronzaft AL. The effect of a noise abatement program on reading ability. *J Env Psychol* 1981; 1: 215-22.

-
- Br76 Bruel PV. Do we Measure Damaging Noise Correctly? Internoise 1976; 111-15.
- Br76 Bryan ME. A tentative criterion for acceptable noise levels in passenger vehicles. Sound Vib 1976; 48: 525-35.
- Br85 Breslin M. An assessment of noise induced hearing loss due of personal cassette players. Br Sc Project Report. Southampton: ISVR, University of Southampton, 1985.
- Br87 Bradley R, Fortnum H, Coles RRA. Research note: patterns of exposure of school children. Br J Audiol 1987; 21: 119-25.
- Ca75 Carter NL, Bulteau VG, Gray CH, Macsween L, Ferris M. Report of a study on the effect of environmental noise on children's hearing. Australian Dept Health Report. Sydney: Nat Acoust Lab, 1975.
- Ca76 Camp RT. Private Communications with van Moorham. Alabama: US Army Aerodynamical Research Laboratory, 1976.
- Ca77 Cambridge Collaborative. Final report contract No EPA 68-01-3508. Technology study of snowmobile noise at the operator's ear, 1977.
- Ca79 Cabot RC, Center CR, Lucke T. Sound levels and spectra of rock music. J Aud Eng S 1979; 27: 267.
- Ca82 Cahani M, Paul G, Shahar A. Tinnitus pitch and acoustic trauma. Audiol 1982; 22: 357-63.
- CBS88 Centraal Bureau voor de Statistiek. Statistisch Zakboek 1988. Voorburg, 1988.
- Ch73 Chüden H. Strauss P. Die Beurteilung des Lärms in den Diskotheken einer westdeutschen Grossstadt mittels Frequenzanalyse und Expositionstests. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 1973; 7: 165-8.
- Co70 Cohen AB, Joscelyn ER. Limiting sound-pressure levels in aircraft passenger stereo entertainment systems. Proc 79th Meeting Acoust Soc Am 1970; 21-24.
- Co73 Cohen S, Glass DC, Singer JE. Apartment noise, auditory discrimination and reading ability in children. J Exp Soc Psychol 1973; 9: 407-22.
- Co79 Cohen S, Glass DC, Phillips S. Environment and health. In: Freeman H, Levine S, Reeder LG, eds. Handbook of Medical Sociology New York: Prentice-Hall, 1979.

-
- Co81 Cohen S, Evans GW, Krantz DS, Stokols D, Kelly S. Aircraft noise and children: longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise abatement. *J Pers Soc Psychol* 1981; 40: 330-45.
- Co66 Coles RRA, Rice CG. Auditory hazard of sports guns. *Laryngoscope* 1966; 76: 1728-31.
- Co68 Coles RRA, Garinther GR, Hodge DC, Rice CG. Hazardous exposure to impulse noise. *J Acoust Soc Am* 1968; 43: 336-43.
- Co84 Coles RRA. Epidemiology of tinnitus. I: Prevalence. Proc II Int Tinnitus Seminar, New York, June 1983. *J Laryng Otol* 1984; Suppl 9: 7-17.
- De70 Dey FL. Auditory fatigue and predicted permanent hearing defects from rock and roll music. *New Engl J Med* 1970; 282: 467-70.
- Di74 Dieroff HG. Gefahr der Hörschädigung bei Kindern und Jugendlichen durch Impulslärm. *Dtsch Ges Wesen* 1974; 29: 313-5.
- Di84 Dijk FJH van. Effecten van lawaai op gezondheid en welzijn in de industrie. Dissertatie. Universiteit van Amsterdam, 1984.
- Do73 Doyle P. Research reveals natural wind velocities may have impact on human hearing mechanism. *Outboard Marine Corporation News Release*, 24 September, 1973.
- Do88 Dorsser B van. Rapport 4508. Bureau van Dorsser, 1988.
- Dr84 Driscoll DP, Royster LH. Comparisons between the median hearing threshold levels for an unscreened black non-industrial noise exposed population (NINEP) and four presbycusis data bases. *Am Ind Hyg Ass J* 1984; 45: 577-93.
- En81 Enz W, Deserno G. Innengeräusche von Diesel - Kraftfahrzeugen. *Lärmbekämpfung* 1981; 28: 147-53.
- EPA74 Environmental Protection Agency. Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety. EPA Rep No 559/9-74-004. Washington, 1974.
- Ev82 Evans WA, Ming HY. Industrial noise-induced hearing loss in Hong Kong - A comparative study. *Ann Occup Hyg* 1982; 25: 63-80.

- Fe72 Fearn RW. Noise levels in youth clubs. J Sound Vib 1972; 22: 127-31.
- Fe75 Fearn RW. Level measurements of music. J Sound Vib 1975; 43: 588-91.
- Fe76 Fearn RW. Hearing loss caused by different exposures to amplified pop music. J Sound Vib 1976; 47: 454-6.
- Fe81a Fearn RW. Serial audiometry of school children and students exposed to amplified pop music. J Sound Vib 1981; 74: 459-62.
- Fe81b Fearn RW. Hearing levels in schoolchildren aged 9 - 12 years and 13 - 16 years associated with exposure to amplified pop music and other noisy activities. J Sound Vib 1981; 74: 151.
- Fe81c Fearn RW. Hearing loss in young people exposed to pop music and other noise. Ph D Thesis. Univ of Leeds, Dept of Comm Med 1981.
- Fe84 Fearn RW, Hanson DR. Hearing damage in young people using headphones to listen to pop music. J Sound Vib 1984; 96: 147-9.
- F166 Flach M, Aschoff E. Zur Frage berufsbedingter Schwerhörigkeit beim Musiker. Z Laryngol Rhinol Otol 1966; 45: 595-605.
- F168 Flugrath JM. Modern-day rock-and-roll music and damage-risk criteria. J Acoust Soc Am 1968; 45: 704-11.
- F177 Fletcher JL, Gross CW. Effects on hearing of sports-related noise or trauma. Sound Vib 1977; 11 (1): 26-7.
- F173 Flottorp G. Music - a noise hazard? Act Otolaryng 1973; 75: 345-7.
- Fo70 Ford RD, Hughes CM, Saunders DJ. The measurement of noise inside cars. Appl Acoust 1970; 3: 69-84.
- Gi73 Gibbs GW, Hui HYT. A pilot investigation of noise hazards in recording studios. Ann Occup Hyg 1973; 16: 321-7.
- Gj74 Gjaevenes K, Moseng J, Nordahl T. Hearing loss in children caused by the impulsive noise of Chinese crackers. Sc Audiol 1974; 3: 153-56.
- Gr85 Graaf H de, Berg HO van der. Popmuziek in Nederland.

Rijswijk: Onderzoeksverslag Ministerie WVC, 1985.

- Ha84 Haider M, Lang J, Schwetz F. Schallbelastung in Diskotheken. Wien: Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, 1984.
- Ha74 Harrison R. Do motorcyclist helmets make good hearing protectors? Sound Vib 1974; 8 (1): 30-1.
- Ha Harrison R. The effectiveness of motorcycle helmets as hearing protectors. USDA Forest Service Report ED&T 2210, 1973.
- He73 Hellmann H, Jatho K. Zur frage der Lärmauswirkung von Orchester bza. Beatle-musik auf Publikum und Ausübende. Fortschritte der Akustik. Plenarvorträge und Kurzreferate der 3 Tagung der DAGA, '73 Aachen. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1973; 265-69.
- Hi70 Hickling S. Noise-induced hearing loss and pop music. New Zeal J Med 1970; 282: 467-70.
- Ho66 Hodge DC, McCommons RB. Acoustical hazards of children's 'toys' (Letter). J Acoust Soc Am 1966; 40: 911.
- Ir78 Irion H. Musik als berufliche Lärmbelastung? Forschungsbericht Nr 174, Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, 1978.
- Ir79 Irion H. Gehörschaden durch Musik-Kritische Literaturübersicht. Kampf Lärm 1979; 26: 91-100.
- Ir83 Irion H, Rossner H, Lazarus H. Entwicklung des Hörverlustes in Abhängigkeit von Lärm, Alter und anderen Einflüssen. Forschungsbericht Nr 370. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, 1983.
- IS85 International Organization for Standardization. Acoustics-Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. ISO/DIS 1999.2. Geneva, 1985.
- Ja72 Jahto K, Hellman H. Zur Frage des Lärmes und Klangtraumas des Orchestermusikers. HNO-Wegweiser 1972; 20: 21-9.
- Ja64 Jansen G, Klensch H. Beeinflussung des Ballistogramms durch Schallreize und durch Musik. Int Z Angew Physiol 1964; 20: 258-70.
- Ja83 Jansson E, Karlsson K. Sound levels recorded within the orchestra and risk criteria for hearing loss.

- Scand Audiol 1983; 12: 215-21.
- Je70 Jerger J, Jerger S. Temporary threshold shift in rock-and roll musicians. J Speech Hear Ass 1970; 13: 218-24.
- Jo85 Johnson DW, Sherman RE, Aldridge J, Lorraine A. Effects of instrument type and orchestral position on hearing sensitivity for 0.25 to 20 kHz in the orchestral musician. Scand Audiol 1985; 14: 215-21.
- Ka80 Kamperman GW. Motorcycle acceleration noise in the urban setting. Sound Vib 1980 (Dec.), 6-7.
- Ka68 Karsdorf G, Klappach H. Einflusse des Verkerhrslarms auf Gesundheit und Leistung bei Oberschulern einer Grosstadt. Z Ges Hygiene 1968; 14: 52-4.
- Kl81 Kleis M. Onderzoek naar de geluidniveaus in de belangrijkste Amsterdamse discotheken. Werkgroep Lawaai, 1981.
- Kn83 Knulst W, Schoonderwoerd L. Waar blijft de tijd. Sociale en culturele studies-4. 's Gravenhage: Sociaal en Cultureel Planbureau, 1983.
- Ko67 Kowalczyk H. Myzyka 'Big-Beatowa' A urazy akustyczne. Otolaryngol (Polska) 1967; 21: 162-67.
- Kr78 Kristiansen UR, Pettersen OKO. Experiments on the noise heard by human beings when exposed to atmospheric winds. J Sound Vib 1978; 58: 285-91.
- Kr82 Kramer MB, Wood D. Noise-induced hearing loss in rural schoolchildren. Scand Audiol 1982; 11: 279-90.
- Kr66 Kryter KD, Ward WD, Miller JD, Eldredge DH. Hazardous exposure to intermittent and steady-state noise. J Acoust Soc Am 1966; 39: 451-64.
- Le68a Lebo CP, Oliphant KP, Garret J. Acoustic Trauma from Rock 'n Roll-Music. Calif Med 1968; 107: 378-80.
- Le68b Lebo CP, Oliphant KP. Music as a Source of Acoustic Trauma. Laryngoscope 1968; 78: 1211-8.
- Li68 Lipscomb DM. High intensity sounds in the recreational environment. Hazard to young ears. Clin Pediat 1969; 8: 63-8.
- Li87 Lindeman HE, Klaauw MM van der, Platenburg-Gids FA. Hearing Acuity in Male Adolescents (Young Adults) at the age of 17 to 23 years. Audiol 1987; 26: 65-78.
- Lo67 Loeb M, Smith RP. Relation of induced tinnitus to

- physical characteristics of the inducing stimuli. *J Acoust Soc Am.* 1967; 42: 453-5.
- Lu81 Lukas JS, Dupree RB, Swing JW. Effects of noise on academic achievement and classroom behavior. Rpt. No FHWA CA/DOHS-81/01. Calif. Dept. Transportation, 1981.
- Ma81 Man A, Naggan L. Characteristics of tinnitus in acoustic trauma. *Audiol* 1981; 20: (1), 72-8.
- Ma74 Marshall L, Brandt JF. Temporary threshold shift from a toy cap gun. *J Speech Hear Dis* 1974; 2: 163-68.
- Ma85 Mark CE. A questionnaire survey of the listener habits of people who use personal cassette players. Br Sc Project Report. The National Hospitals College of Speech Sciences, 1985.
- MRC85 Medical Research Council. Institute of Hearing Research. Damage to hearing arising from leisure noise: a review of the literature. Report prepared for the Health and Safety Executive. Nottingham: University of Nottingham, 1985.
- MRC86 Medical Research Council. Institute of Hearing Research. Damage to hearing arising from leisure noise. *Br J Audiol* 1986; 20: 157-64.
- Me83 Merluzzi F, Duca PG, Ciuffreda M, Credico N di, Cantoni S. Tinnitus and occupational exposure to noise. Turin: Proc Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem, 1983; 377-80.
- Mo81 Moorhem WK van, Shepherd KP, Magleby TD, Torian GE. The effects of motorcycle helmets on hearing and the detection of warning signals. *J Sound Vib* 1981; 77: 39-49.
- Od72 Odess JS. Acoustic trauma of sportsman hunter due to gun firing. *Laryngoscope* 1972; 82: 1971-89.
- Pa76 Passchier-Vermeer W. De invloed van popmuziek op de gehoorscherpthe van jonge luisteraars. Rapport B 350. Delft: IMG-TNO, 1976. (Dit rapport is tevens uitgebracht in het kader van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder onder nummer BG-HR-07-01, januari 1977).
- Pa79 Passchier-Vermeer W. Populaire muziek: Luistergewoonten bij een steekproef uit de Nederlandse bevolking. Rapport B 424. Delft: IMG-TNO, 1979.
- Pa81 Passchier-Vermeer W. Popmuziek. Blijvende gehoorschade door expositie aan popmuziek? Een afdoend antwoord. Rapport B 471. Delft: IMG-TNO, 1981.

- Pa84 Passchier-Vermeer W, Rövekamp AJM. Transversaal gehooronderzoek bij referentiegroepen ten behoeve van gehooronderzoek in de bouw. Delft: IMG-TNO, 1984.
- Pa85 Passchier-Vermeer W, Rövekamp AJM. Verband tussen gehoorschade en de sociale handicap door een verminderd hoorvermogen bij groepen personen die tijdens hun werk aan lawaai zijn geëxponeerd. In: W. Passchier-Vermeer et al. Preventie gehoorschade door lawaai. Voordrachten ter gelegenheid van het 10-jarig jubileum van de NVBA. 1985; 185-202.
- Pa86 Passchier-Vermeer W. Gehoorschade door lawaai. Analyse van onderzoekgegevens ter bepaling van de relatie tussen lawaai en gehoorschade door lawaai. Leiden: NIPG-TNO, 1986.
- Pa87a Passchier-Vermeer W. De relatie tussen gehoorverlies en leeftijd. Rapport 87030. Leiden: NIPG-TNO, 1987.
- Pa87b Passchier-Vermeer W. Gehoorschade door lawaai, I. Rapport 87032. Leiden: NIPG-TNO, 1987.
- Pa87c Passchier-Vermeer W, Rövekamp AJM. De beoordeling van het gehoor met betrekking tot het verstaan van spraak en de gehoorverliezen in het toondrempelaudiogram. Rapport 87003. Leiden: NIPG-TNO, 1987.
- Pa87d Passchier-Vermeer W, Leijten JL. Beroepsslechthoorendheid en de melding van beroepsziekten in Nederland. Rapport 87004. Leiden: NIPG-TNO, 1987.
- Pa88 Passchier-Vermeer W. Hearing threshold levels and noise-induced hearing loss in the building industry, in relation to hearing threshold levels of reference groups. Report 88044. Leiden: NIPG-TNO, 1988.
- Pa89 Passchier-Vermeer W. Het equivalente geluidniveaus als geluidmaat met betrekking tot gehoorschade door lawaai op de arbeidsplaats. Leiden: NIPG-TNO, 1989. X
- Pe77 Penman KA, Englund JS, Stanier N. Reverberation and noise levels in sports areas. J Acoust Soc Am 1977; 62: (4), 1046-8.
- Pf85 Pfeiffer BH, Maue JH. Impuls-Lärmbelastung in Bauberufen. Report 4/85. Sankt Augustin: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, 1985.
- Pl83 Plakke BL. Noise levels of electronic arcade games: a potential hearing hazard to children. Ear and Hearing, 1983; 202-3.

- Pr69 Profazio A, Fede S di. Il Trauma Acustico Nei Cantanti. *Oto-Rhino-Laryng Ital* 1969; 37: 337-46.
- Pr88 Prosser S, Tartari MC, Arslan E. Hearing loss in sports hunters exposed to occupational noise. *Br J Audiol* 1988; 22: 85-91.
- Re72 Redell R, Lebo CP. Ototraumatic effects of hard rock music. *Calif Med* 1972; 116: 1-4.
- Ri68 Rintelmann WF, Borus JF. Noise-induced hearing loss and rock-and-roll music. *Arch Otol* 1968; 88: 337-85.
- Ri71 Rintelmann WF, Smitley EK. Hearing in rock-and-roll musicians and audience members: a three year follow-up study. Unpublished study: Michigan State University, 1971.
- Ri69 Rice CG. A pilot study on the effects of pop music on hearing. *Sound* 1969; 3: 68-71.
- Ri76 Richardson K, Peckman CS, Goldstein H. Hearing levels of children tested at 7 and 11 years. A National Study. *Br J Audiol* 1976; 10: 117-23.
- Ri87a Rice CG, Breslin M, Roper RG. Sound levels from personal cassette players. *Br J Audiol* 1987; 21: 273-8.
- Ri87b Rice CG, Rossi G, Olina M. Damage risk from personal cassette players. *Br J Audiol* 1987; 21: 279-88.
- Ro81 Robinson DW, Shipton MS, Hinchcliffe R. Audiometric Zero for Air Conduction. *Audiology* 20 1981; 20: 409-431.
- Ro78 Roche AF, Siervogel RM, Himes JH. Longitudinal study of hearing in children: baseline data concerning auditory thresholds, noise exposure, and biological factors. *J Acoust Soc Am* 1978; 64: 1593-601.
- Ro83 Roche AF, Mukherjee D, Siervogel RM, Chumlea WmC. Serial changes in auditory thresholds from 8 to 18 years in relation to environmental noise exposure. *Proc Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem. Turin* 1983; 1: 285-96.
- Ro86 Roper RG. Personal stereo cassette players and noise induced hearing loss. *Br Sc Project Report, ISVR, University of Southampton*, 1986.
- Rö88 Rövekamp AJM, Passchier-Vermeer W. Anamnese tijdens gehooronderzoek bij de uitvoering van een gehoorbeschermingsprogramma. Leiden: NIPG-TNO, 1986.
- Ru69 Rupp RR, Koch LJ. Effects of too loud music on human

- ears. But, Mother, rock 'n roll HAS to be loud! Clin Pediat 1969; 8: 60-2.
- Ru74 Rupp RR, Banachowski SB, Kiselwich AS. Hard-Rock Music and Hearing Damage Risk. Sound Vib 1974; 8: 24-6.
- Ry81 Rytzner B, Rytzner C. Schoolchildren and noise. The 4 kHz dip - tone screening in 14391 schoolchildren. Scand Audiol 1981; 10: 213-6.
- Sch65 Schmale H, Schmidtke H. Psychophysische Belastung von Musikern in Kulturorchestern. Mainz: B. Schott's Söhne, 1965.
- Sch78 Schori TR, McGatha A. A real-world assessment of noise exposure. Sound Vib 1978; 12: 24-30.
- Sch86 Schweizerische Unfallversicherungsanstalt. Lärmtabelle Strassenbahn, Trolley- und Autobus Betriebe. Uh 435/22, 1-5. Luzern, 1986.
- Si82 Siervogel RM, Roche AF, Johnson DL, Fairman T. Longitudinal study of hearing in children II: Cross-sectional studies of noise exposure as measured by dosimetry. J Acoust Soc Am 1982; 71: 372-94.
- Si86a Sieswerda D, Wielinga J, Tijsma L. Kopzorgen door hoofdtelefoons. T Soc Gezondheidszorg 64 1986; 5: 134-8.
- Si86b Sieswerda D, Wielinga J, Huisman Th, Tijsma L. Loopt men met de walkman een risico? Drachten: Ned Philips Bedrijven BV, 1986.
- Sk73 Skrodzki K. Untersuchung der Lautstärke und Frequenzverteilung in Diskotheken. Dissertatie. Erlangen-Nürnberg, 1973.
- Sm71 Smitley EK, Rintelmann WF. Continuous versus intermittent exposure to rock and roll music: effect on temporary threshold shift. Arch Env Health, 1971; 22: 413-20.
- Sm77 Smoorenburg GF. Grenswaarden voor impulsvormige geluidbelasting ter voorkoming van gehoorverliezen. Rapport 1977-19. Soesterberg: IZF-TNO, 1977.
- Sm78 Smoorenburg GF. Kans op gehoorschade door vuurwerk. Rapport 1978-11. Soesterberg: IZF-TNO, 1978.
- Sm86 Smoorenburg GF, Van Goldstein Brouwers WG van. Spraakverstaan in relatie tot het toonaudiogram bij slechthorendheid ten gevolge van lawaai. Rapport 1986 C-17. Soesterberg: IZF-TNO, 1986.

- So85 Sorri M, Rantakallio P. Prevalence of hearing loss at the age of 15 in a birth cohort of 12 000 children from northern Finland. *Scand Audiol* 1985; 14: 203-7.
- Sp70 Speaks C, Nelson D, Ward WD. Hearing loss in rock-and-roll musicians. *J Occ Med* 1970; 12: 216-9.
- St72 Strauss P, Chüden H. Die Beeinflussung des Gehörs durch Lärm in Diskotheken. Eine Feldstudie. *Arch Ohr-, Nas-, Kehlk-, Heilk* 1972; 202: 511-5.
- St73 Strauss P, Chüden H. Der Einfluss des Schallfeldaufbaues in Diskotheken auf das Ausmass der Lärmbeschädigung des Innenohres. *Z Laryng Rhinol* 1973; 52: 134-8.
- St74 Strauss P, Chüden H. Schädigt der Musikkärm in Diskotheken das Hörvermögen? *Deut Ärztebl* 1974; 36: 2569-71.
- Sw75 Swaney DW, Kennedy MR, Shepherd KP, Moorhem WK van. Aerodynamic noise generation by a motorcycle helmet and its control. UTEC 75-048. University of Utah, 1975.
- Ta66 Taylor GD, Williams E. Acoustic trauma in the sports hunter. *Laryngoscope* 1966; 76: 863-79.
- Ta84 Taylor W, Lempert B, Pelmeur P, et al. Noise levels and hearing thresholds in the drop forging industry. *J Acoust Soc Am* 1984; 76: 807-19.
- Th88 Thiery L, Meyer-Bisch C. Hearing loss due to partly impulsive industrial noise exposure. *J Acoust Soc Am* 1988; 82: 651-9.
- U174 Ulrich RF, Pinheiro ML. Temporary hearing losses in teenagers attending repeated rock-and-roll sessions. *Act Otolar* 1974; 77: 51-5.
- Vu82 Vuurwerkbesluit (Warenwet). Besluit van 26 juli 1982, houdende regelen met betrekking tot vuurwerk. *Stb* 1982; 488.
- Wa71 Wachs TD, Uzgiris I, Hunt JMcV. Cognitive development in infants of different age levels and from different environmental backgrounds. *Merrill-Palmer Quart* 1971; 17: 283-317.
- Wa79 Wachs TD, Francis J, McQuiston S. Psychological dimensions of the infants physical environment. *Infant Behav Developm* 1979; 2: 155-61.
- Wa61 Ward WD, Glorig A. A case of firecracker-induced hearing loss. *Laryng* 1961; 71: 1590-96.
- We81 Westmore GA, Eversden ID. Noise-induced hearing loss and orchestral musicians. *Arch Otolar* 1981; 107: 761-4.
- Zw89 Zwaard W. De Januskop van de muziek: gezondheidsbelasting door musiceren. *Tijdschr Arbeidsomst* 1989; 65: 5-12.

.....

.....

BIJLAGE

.....

A DEFINITIES EN BEGRIPPEN

.....

.

A DEFINITIES EN BEGRIPPEN

Geluid

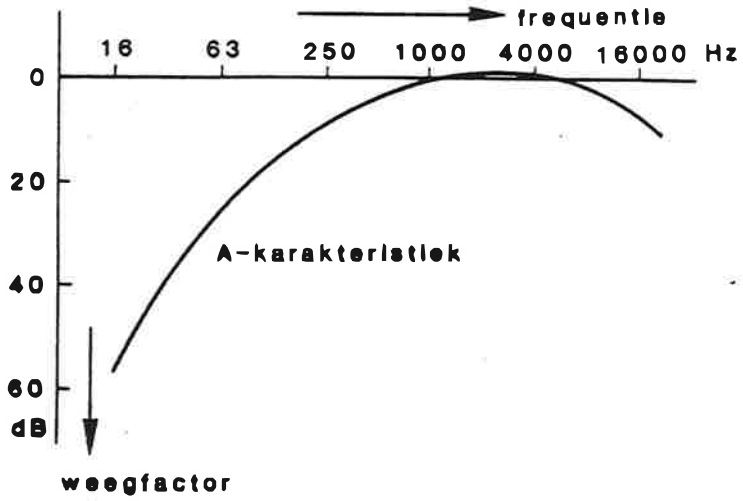
Geluid bestaat uit verdichtingen en verdunningen in de lucht, die zich vanaf een geluidbron in alle richtingen voortplanten. Op een bepaalde plaats gaat geluid gepaard met drukvariatiaties rond de atmosferische druk. Deze drukvariatiaties kunnen als functie van de tijd mathematisch beschreven worden als de som van een of meer sinusfuncties. Van het mathematisch eenvoudigste geluid - een zuivere toon - kan de geluiddrukvariatie beschreven worden met één sinus als functie van de tijd.

Frequentie

Het aantal drukvariatiaties per seconde is de frequentie van een geluid en wordt uitgedrukt in hertz (afgekort Hz). De frequentie is bepalend voor de toonhoogte: een hoge toon (bv. 4000 Hz) klinkt snerpnd, piepend en een lage toon (bv. 200 Hz) klinkt als gebrom.

Geluiddrukniveau

Naast de frequentie van een toon kan men ook de sterkte van een toon onderscheiden. Deze hangt samen met de effectieve geluiddruk. In de praktijk lopen de waarden van de geluiddrukken uiteen van minder dan 20 μPa tot meer dan 200 Pa, dat wil zeggen met meer dan een factor 10^7 (10 miljoen). Daarom gebruikt men in de akoestiek niet de geluiddruk, maar een logaritmische maat van deze druk ten opzichte van een referentiedruk. De referentiegeluiddruk die een waarde heeft



Figuur A.1 Frequentieweging van geluid.

.....

van 20 μPa heeft men zo gekozen dat een toon van 1000 Hz met een sterkte gelijk aan de referentiegeluiddruk gemiddeld juist gehoord wordt door iemand met een normaal gehoor. Het resultaat is dan het geluiddrukkniveau en wordt uitgedrukt in decibel (afgekort dB) ten opzichte van 20 μPa .

In formule:

$$L = 10 \log \frac{p_{\text{eff}}^2}{p_0^2} \text{ dB}$$

($p_0 = 20 \mu\text{Pa}$)

In het algemeen kan geluid mathematisch worden voorgesteld als de som van tonen met verschillende frequenties en effectieve geluiddrukken. Van een samengesteld geluid kan dan ook zowel het totale geluiddrukkniveau als de geluiddrukkniveaus in bepaalde frequentiegebieden bepaald worden. Bij aaneengesloten frequentiegebieden levert dit een frequentiespectrum op. Kiest men de frequentiegebieden een octaaf breed, dan spreekt men van een octaafbandspectrum.

.....

Geluidniveau

Het gehoororgaan van de mens is niet even gevoelig voor geluiden met hetzelfde geluiddrukkniveau, maar met verschillende frequenties. Om met deze gehoorgevoeligheid rekening te houden maakt men bij het meten van geluid vaak gebruik van een filter, dat de geluiddrukkniveaus bij de verschillende frequenties ongeveer zo waardeert in sterkte, als ons gehoor dat ook doet. Dit is een filter met een zogenaamde A-karakteristiek. In figuur A.1. is deze A-karakteristiek grafisch weergegeven.

Meet men het geluiddrukkniveau van een geluid, terwijl men de A-weging toepast dan noemt men het resultaat het geluidniveau in dB(A).

.....

Equivalent geluidniveau

Varieert de sterkte van geluid in de loop van de tijd, dan bepaalt men in de akoestiek voor vele toepassingen het

zogenaamde equivalente geluidniveau over een bepaalde periode. Dit kan in formule als volgt worden weergegeven:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \quad (\text{dB(A)})$$

Daarbij is $L_{Aeq,T}$ het equivalente geluidniveau over de periode T en $p_A(t)$ de A-gewogen geluiddruk die op tijdstip t aanwezig is.

.....
Equivalent geluidniveau over een werkdag

$L_{Aeq,8h}$ = equivalent geluidniveau over een werkdag.
 $L_{Aeq,8h}$ is het equivalente geluidniveau dat tijdens een werkdag ter plaatse van een werknemer geregistreerd wordt, waarbij de werknemer hetzij een vaste plaats inneemt, hetzij mobiel is. De duur van de werkdag is genormeerd op 8 uur.

.....
Geluidexpositieniveau/lawaawexpositieniveau

$L(EX) = L(EX,8h)$ = equivalent geluidniveau over een representatieve werkdag.

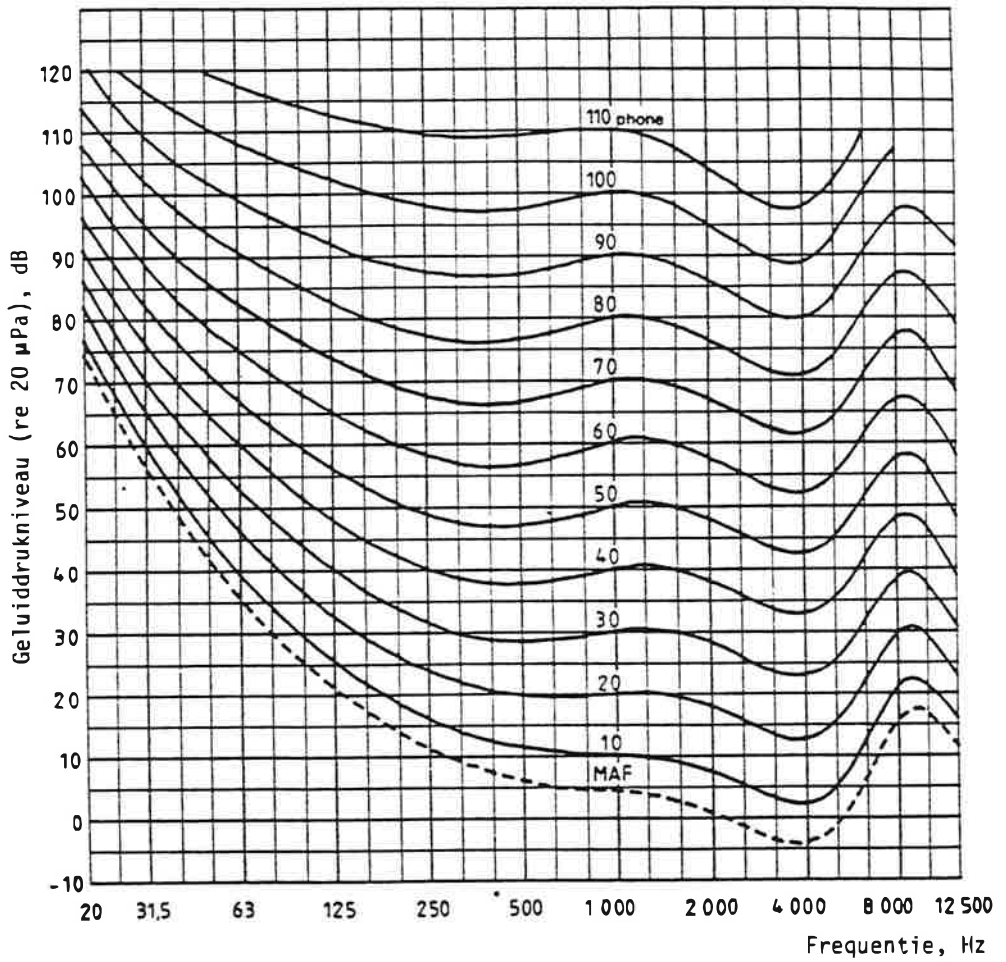
Het geluidexpositieniveau van een werknemer of groep werknemers is het equivalente geluidniveau waaraan de (groep) werknemer(s) op een representatieve werkdag (van 8 uur) is geëxponeerd.

.....
Equivalent geluidniveau over een etmaal

$L_{Aeq,24h}$ = equivalent geluidniveau over een etmaal.
 Het equivalente geluidniveau over een etmaal is het equivalente geluidniveau waaraan een persoon gedurende 24 uur is blootgesteld.

Voor personen die alleen beroepsmatig tijdens werkuren aan lawaai zijn blootgesteld geldt, dat

$$L_{Aeq,24h} = L_{Aeq,8h} - 5 \quad \text{dB(A)}$$



Figuur A.2 Curven van gelijke luidheid.

.....

.....

Luidheidsniveau

Luidheid is dat kenmerk van de geluidsensatie op grond waarvan geluiden geordend worden op een schaal van zacht tot hard. Het luidheidsniveau van een bepaald geluid wordt gerelateerd aan het geluiddrukkniveau van een referentiegeluid, te weten een sinusvormige vlakke golf met een frequentie van 1000 Hz die loodrecht op de luisteraar invalt. Het luidheidsniveau van een bepaald geluid is gelijk aan het geluiddrukkniveau van een 1000 Hz toon, die volgens otologisch normale luisteraars als even luid als het desbetreffende geluid aangetekend wordt. In figuur A.2 zijn voor zuivere tonen (en smalbandige ruis) curven gegeven van gelijk luidheidsniveau als functie van de frequentie (uit ISO 226, 1987, Annex A). Het luidheidsniveau wordt uitgedrukt in phon. Het 'minimal audible field' is eveneens in de figuur opgenomen. Het 'minimal audible field' is de modale gehoordrempel van otologisch normale luisteraars.

.....

Gehoordrempel, gehoorverlies

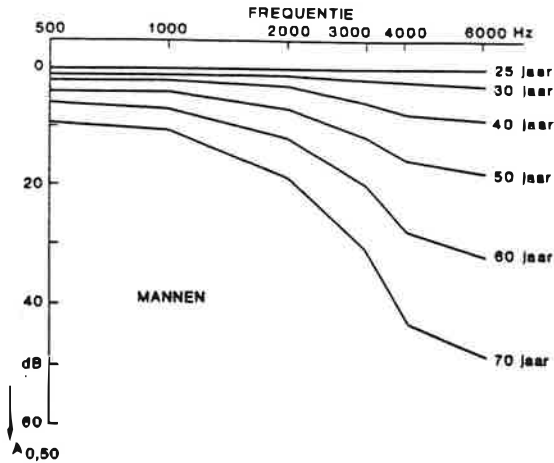
De gehoordrempel van een persoon wordt vastgesteld met behulp van een audiometer, waarbij de betreffende persoon testtonen te horen krijgt via een hoofdtelefoon. De gehoordrempel van een persoon is dat niveau van de testtoon, dat door deze persoon net gehoord wordt. De gehoordrempel wordt uitgedrukt in dB (re ISO 389). Een gehoordrempel van x dB is identiek aan een gehoorverlies van x dB. Beide termen kunnen door elkaar gebruikt worden.

.....

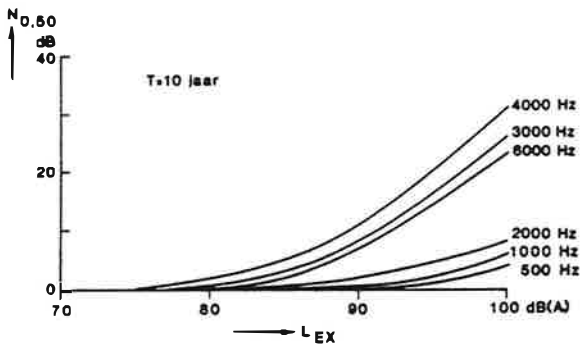
Gehoordrempels van groepen personen

Een fractiel van de verdeling van de gehoordrempels van een groep aan lawaai geëxponeerde personen wordt aangegeven met het symbool H_x ; H_x is de waarde waarboven een fractie x van de gehoordrempels ligt. $H_{0,50}$ is de mediane gehoordrempel.

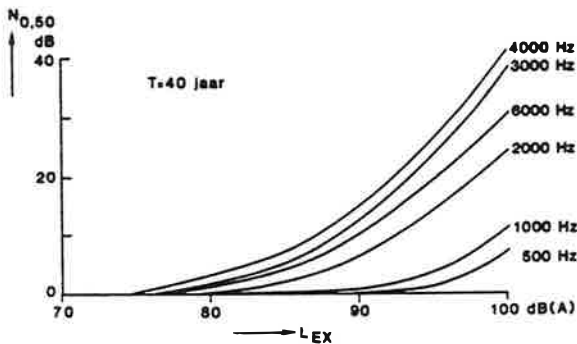
De fractielen van de verdeling van de gehoordrempels van referentiegroepen, dat wil zeggen groepen personen die op de arbeidsplaats niet aan lawaai zijn geëxponeerd, worden



Figuur A.3 Het mediane gehoorverlies als functie van de frequentie, met de gemiddelde leeftijd van de groep mannen als parameter.



Figuur A.4 Het mediane gehoorverlies door lawaai ($N_{0,50}$) als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 10 jaar.



Figuur A.5 Het mediane gehoorverlies der lawaai ($N_{0,50}$) als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 40 jaar.

.....

aangegeven met de symbolen A_x , waarbij A_x de waarde is waarboven een fractie x van de gehoordrempels ligt. $A_{0,50}$ is de mediane gehoordrempel van een referentiegroep.

In figuur A.3 van deze bijlage zijn de mediane gehoorverliezen van een referentiegroep mannen (volgens data base ISO A) gegeven.

.....

Gehoorschade door lawaai

Gehoorschade door lawaai wordt aangegeven met het symbool N . In de internationale standaard ISO/DIS 1999.2 zijn dosis-effectrelaties gegeven voor het verband tussen lawaai en gehoorschade door lawaai. Daarbij wordt de dosis uitgedrukt in het lawaaiexpositieniveau $L(EX)$. Volgens ISO/DIS 1999.2 hangen gehoorschade door lawaai en $L(EX)$ als volgt samen:

$$N_{0,50} = (u + v \lg T) (L(EX) - L_0)^2$$

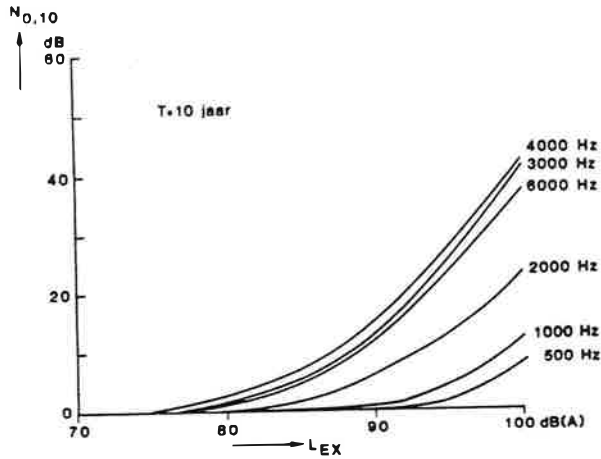
waarbij

- u, v frequentie-afhankelijke constanten zijn;
- T de expositietijd in jaren;
- L_0 een frequentie-afhankelijke grenswaarde;
- $N_{0,50}$ het mediane gehoorverlies door lawaai.

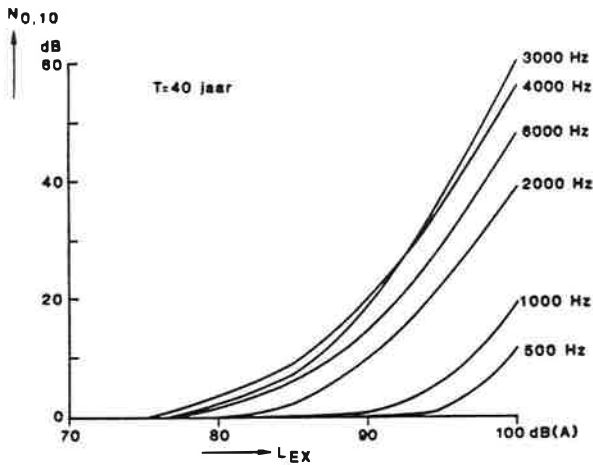
L_0 heeft voor de verschillende frequenties de volgende waarden: bij 500 Hz 93 dB, bij 1000 Hz 89 dB, bij 2000 Hz 80 dB, bij 3000 Hz 77 dB, bij 4000 Hz 75 dB en bij 6000 Hz 77 dB. Dit houdt in dat bij 4000 Hz gehoorschade door lawaai begint op te treden bij lawaaiexpositieniveaus vanaf 75 dB(A).

In de figuren A.4 en A.5 zijn de mediane gehoorverliezen door lawaai gegeven voor een expositietijd van 10 jaar en van 40 jaar.

In ISO/DIS 1999.2 worden ook gehoorverliezen door lawaai gegeven voor andere fractielwaarden dan 0,50. Ter illustratie zijn in de figuren A.6 en A.7 de $N_{0,10}$ -waarden gegeven als functie van $L(EX)$ voor expositietijden van 10 en 40 jaar. Daarbij is $N_{0,10}$ de toename door expositie aan lawaai van de gehoordrempel, bij een groep personen, die juist



Figuur A.6 De toename ($N_{0,10}$) door expositie aan lawaai van de gehoordrempel die door 10% van de groep juist wordt overschreden, als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 10 jaar.



Figuur A.7 De toename ($N_{0,10}$) door expositie aan lawaai van de gehoordrempel die door 10% van de groep juist wordt overschreden, als functie van het lawaaiexpositieniveau (L_{EX}) voor diverse frequenties. Expositietijd 40 jaar.

.....

door 10% van de gehoordrempels wordt overschreden.
Volgens ISO/DIS 1999.2 zijn de N-waarden van groepen mannen en van groepen vrouwen gelijk.
Het gecombineerde effect van leeftijd en lawaai wordt volgens ISO/DIS 1999.2 gegeven door

$$H = A + N - A.N/120$$

Deze formule geldt voor overeenkomstige fractielen van A, H en N.

ISBN 90-6743-146-X
89007