

Dr. G. F. SMOORENBURG* te Soest
A. M. MIMPEN* te Baarn
Dr H. A. VAN LEEUWEN**, te Dordrecht

Inleiding

Dit artikel handelt over de gehoorbescherming die met persoonlijke middelen zoals oordopjes of oorkappen kan worden bereikt. Vooropgesteld dient echter te worden dat bestrijding van het lawaai aan de bron en via de akoestiek van de ruimte de beste methode van gehoorbescherming is. Lawaai bestrijding is de beste methode omdat men van het dragen van oordopjes of oorkappen last kan ondervinden terwijl onzorgvuldige toepassing van persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen kan leiden tot een aanzienlijke vermindering van de bescherming. Het toepassen van persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen dient daarom vergezeld te gaan van een regelmatige audiometrische controle. Lawaai bestrijding heeft verder tot voordeel dat men beter met elkaar kan praten en beter waarschuwingssignalen kan waarnemen bij lagere lawaainiveaus, dat men minder vermoeid raakt en dat men minder hinder voor de omgeving veroorzaakt. Alhoewel er tegenwoordig meer aandacht wordt besteed aan de lawaai bestrijding blijven veilige geluidsniveaus op veel arbeidsplaatsen nog niet realiseerbaar te zijn. Men is dan aangewezen op persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen zoals oordopjes of oorkappen.

De verzwakking van oordopjes en oorkappen bepaald in het laboratorium

Overzicht van de verzwakking van 20 typen oordopjes en 20 typen kappen

Bij de keuze van een oordopje of oorkap moet men vaak de bereikbare verzwakking afwegen tegen andere criteria zoals bijv. draagcomfort en levensduur. Ten einde te kunnen beoordelen of een dopje of kap een relatief goede verzwakking biedt, geven wij hier een overzicht van de verzwakking van een twintigtal typen oordopjes en oorproppen (*Figuur 1*) en van een twintigtal oorkappen (*Figuur 2*) zoals deze gedurende een twintigjarige periode in het Instituut voor zintuigfysiologie TNO (IZF-TNO) werden gemeten volgens methode ASA Z 24.22-1957. In de figuren wordt naast de verzwakking ook de spreiding in de verzwakking (de standaardafwijking, s) voor iedere gehoorbeschermer getoond, gemeten over 4 tot 30 proefpersonen. Vergelijking van *Figuur 1* en *Figuur 2* leert dat oorkappen in het frekwentiegebied van 500 tot 4000 Hz meestal meer verzwakking bieden dan oordopjes. Bij de laagste frekwenties kunnen oordopjes soms meer verzwakking bieden dan kappen. Tussen verschillende typen oordopjes blijken er grotere onderlinge verschillen in de verzwakking te zijn dan tussen verschillende typen oorkappen terwijl ook de spreiding s , in de verzwakking van één type dopje meestal groter is dan die voor één type kap. Een uitvoerig overzicht van de verzwakking van oordopjes en kappen werd gegeven door *Brinkmann* (1977).

Een overzicht van de verzwakking van 20 typen oordopjes en 20 typen kappen wordt gegeven waarbij tevens wordt ingegaan op de ontwerpaspecten die van belang zijn voor de verzwakking, op de maximaal bereikbare verzwakking, op de verzwakking van een kap plus een dopje en op de meetmethode. Voor de bepaling van de verzwakking in de praktijk moet men rekening houden met verschillen in pasvorm, met het effect van het tijdelijk niet dragen van een gehoorbeschermer en met het frekwentiespectrum van het lawaai. Tenslotte is de invloed van het dragen van gehoorbeschermers op de spraakverstaanbaarheid nog een belangrijk aspect. De spraakverstaanbaarheid gaat voor normaalhorenden niet achteruit bij continu lawaai maar in relatief stille perioden van sterk fluktuierend lawaai en voor slechthorenden bij elk soort lawaai kan deze wel achteruitgaan.

Ontwerpaspekten van belang voor de verzwakking

Voor oordopjes is hoofdzakelijk van belang dat een goede afsluiting van de gehoorgang wordt bereikt. Daarnaast is het materiaal zelf van enig belang. (De verzwakking van watten wordt b.v. bepaald door het materiaal zelf; toevoeging van een zachtplastisch hoesje geeft meer verzwakking, i.h.b. bij lage frekwenties.)

Bij oorkappen zijn de volgende punten van belang. De opening van de kap moet zo klein mogelijk zijn, dus niet groter dan noodzakelijk gezien de afmetingen van de oorschelp. De veerkracht van de beugel moet voldoende zijn om een goede afdichting te waarborgen. Verhoging van de veerkracht geeft geen duidelijke toename van de verzwakking terwijl dit in het algemeen wel ten koste van het draagcomfort zal gaan. Een goede soepele afdichting is van meer belang. Het dragen van een veiligheidsbril betekent bijv. een afname van de verzwakking van gemiddeld 7dB. Ook de haardracht is van invloed. Vloeistofvulling van de ringen biedt in het algemeen weinig of niet meer verzwakking dan schuimplasticvulling terwijl vloeistofvullingen gemakkelijk lek kunnen raken waarbij de afdichting aanmerkelijk slechter zal worden. Bij bril dragers wordt met vloeistofvullingen wellicht een betere afsluiting bereikt. Het gewicht van de oorkap is voor de verzwakking van weinig belang zolang de kapwand voldoende stijf is om directe geluidsoverdracht via de wand klein te houden. Daarbij is een zware kap niet comfortabel terwijl zo'n kap bij hoofdbewegingen gemakkelijk verschuift. Bij gelijkblijvende opening van de kap kan meer verzwakking van de laagfrekwente componenten verwacht worden voor grotere kapvolumes. Ten einde resonanties bij hogere frekwenties te voorkomen moet de kap aan de binnenzijde bekleed zijn met geluidabsorberend materiaal.

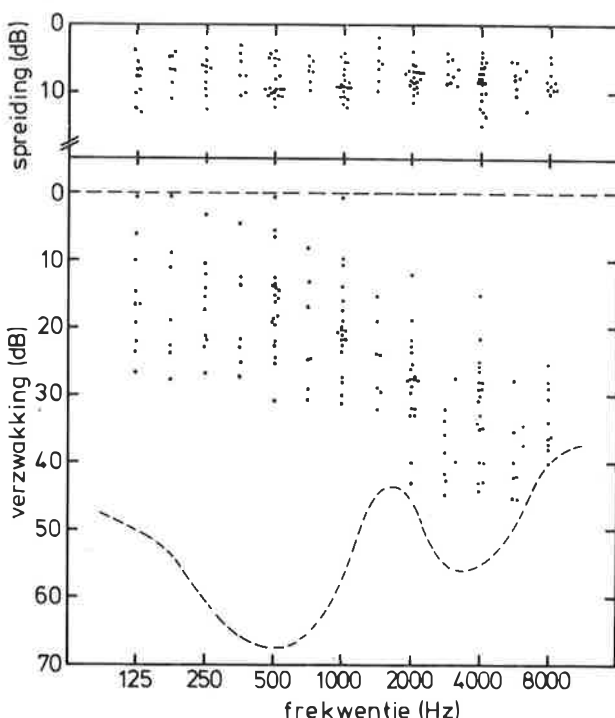
* Instituut voor zintuigfysiologie TNO, Soesterberg

** Bedrijfs geneeskundige dienst Dordrecht

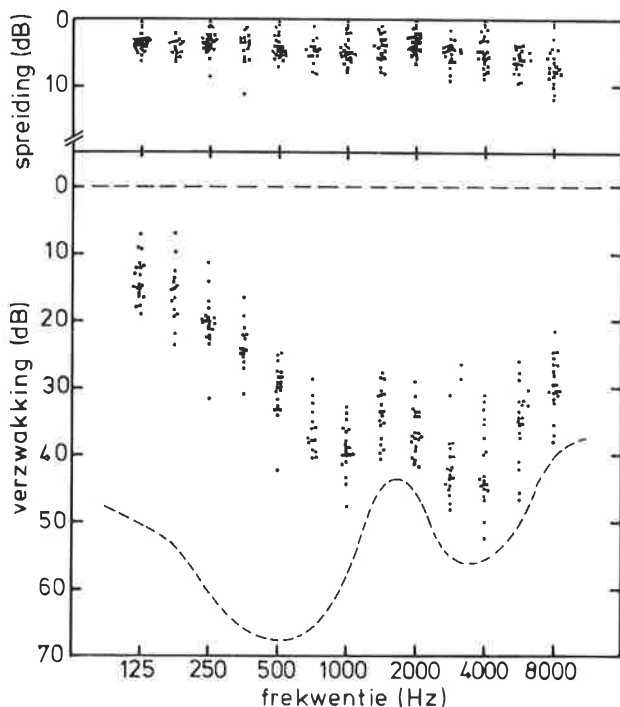
Voor nadere gegevens over de invloed van fysische eigenschappen van oorkappen op de verzwakking wordt verwezen naar Shaw (1979).

De maximaal bereikbare verzwakking

Via de schedel en via de mondholtte en buis van Eustachius kan geluid het binnenoor ook bereiken. Deze geluidwegen stellen een grens aan de verzwakking die



Figuur 1. Verzwakking en spreiding (standaardafwijking) van 20 oordopjes. De maximaal bereikbare verzwakking bij afsluiting van de gehoorgang is met een onderbroken kromme aangegeven.



Figuur 2. Verzwakking en spreiding (standaardafwijking) van 20 oorkappen

met het afsluiten van de uitwendige gehoorgang kan worden bereikt. Zwislocki (1957) heeft deze grens zorgvuldig bepaald en deze grens is overgenomen in de Figuren 1 en 2. Boven 1500 Hz blijken sommige oorkappen deze grens te benaderen. Onder 1500 Hz is het verschil al gauw 30 dB. De huid onder de ring van een oorkap speelt bij dit verschil een belangrijke rol. Met gehoorbeschermingshelmen, die dus ook de schedel afschermen, kan men tegenwoordig bij de hogere frekwenties, maar niet bij de lage, nog grotere verzwakkingen bereiken.

De verzwakking van een combinatie van kap en dopje

Na de vorige paragraaf zal het duidelijk zijn dat de verzwakking die door combinatie van een kap en een dopje kan worden verkregen niet eenvoudigweg de som is van de verzwakkingen van de twee gehoorbeschermers apart. Andere geluidwegen stellen een grens aan de bereikbare verzwakking. Houdt men rekening met deze grens dan zal de verzwakking van de combinatie van kap en dopje toch nog overschat kunnen worden. Zwislocki (1957) vond tijdens zijn onderzoek naar de maximaal bereikbare verzwakking zelfs dat het toevoegen van een dopje kan leiden tot een vermindering van de verzwakking van een weliswaar zeer goede oorkap! Dit resultaat werd toegeschreven aan een koppeling van oorkap en dopje via de huid en het kraakbeen. Slechts met een dopje dat diep in de gehoorgang, in het benige gedeelte, werd aangebracht kon een extra verzwakking worden bereikt.

Meetmethode ter bepaling van de verzwakking

De resultaten werden alle verkregen met een gestandaardiseerde meetmethode (ASA Z 24.22-1957). Volgens deze meetmethode wordt voor een aantal proefpersonen de gehoordrempel als functie van een aantal frekwenties bepaald met en zonder gehoorbeschermers waarna het verschil tussen de twee drempelwaarden de verzwakking van de gehoorbeschermers oplevert. De metingen worden verricht met zuivere tonen in een ruimte voorzien van volledig geluidabsorberende wanden zodat geen reflecties of staande golven optreden. De geluidbron wordt recht voor de proefpersoon geplaatst.

De zojuist beschreven meetmethode heeft als nadeel dat de verzwakking voor een beperkt aantal frekwenties bepaald wordt zodat b.v. selectieve resonanties onbemerkt zouden kunnen blijven. Tevens kan men als nadeel aanmerken dat slechts bij één invalshoek van het geluid wordt gemeten terwijl in de praktijk het geluid vaak uit vele richtingen komt. (De geluidbelasting wordt echter ook vaak bepaald door slechts één enkele bron). Nieuwe standaards (ASA STDI-1975, ISO/DP 4869-1975) zijn gebaseerd op metingen met ruisbanden ter breedte van 1/3-oktaaf waarbij het geluid wordt aangeboden in een kamer met reflecterende wanden zodat het geluid het hoofd van alle kanten bereikt. Daarnaast worden geheel fysische meetmethoden voorgesteld waarbij gebruik wordt gemaakt van een kunsthoofd met ingebouwde microfoons. Deze fysische meetmethoden zijn echter slechts geschikt voor bijv. ontwikkelingsdoeleinden of kwaliteitscontrole omdat de invloed van verschillen in hoofdbouw op de verzwakking van gehoorbeschermers een belangrijk gegeven blijft. Bij het IZF-

TNO is een fysische meetmethode voor oorkappen in ontwikkeling waarbij een miniatuur mikrofoon wordt aangebracht in de oorschelp (in de concha). Deze meetmethode leent zich voorlopig echter slechts voor vergelijkend onderzoek.

Gehoorbescherming door oordopjes en kappen in de praktijk

Invloed van de pasvorm op de bescherming

Figuur 1 en 2 lieten naast de verzwakking van oordopjes en kappen ook de spreiding in de verzwakking zien die wordt gevonden wanneer de verzwakking met een aantal proefpersonen wordt bepaald. Verschillen in hoofdbouw of plaatsing van de gehoorbeschermer kunnen hiervan de oorzaak zijn. Om te voorkomen dat een gehoorbeschermer bij vele gebruikers minder verzwakt dan de gehanteerde verzwakkingswaarden zijn 'aangenomen' verzwakkingswaarden ingevoerd die kleiner zijn dan de gemiddelde waarden. In uitgave P-138 van het Directoraat-Generaal van de arbeid worden aangenomen waarden gehanteerd die één standaardafwijking kleiner zijn dan de gemiddelde waarde. De kans dat de gehoorbeschermer bij een gebruiker minder verzwakt dan de aangenomen waarde is dan 16%. De Occupational safety and health administration in de Verenigde Staten stelt een vermindering van de gemiddelde waarde met tweemaal de standaardafwijking voor. De kans op minder verzwakking dan de aangenomen waarde is dan 2,3%. Het voorstel van de Occupational safety and health administration lijkt enigszins overdreven. Houdt men rekening met de spreiding in de verzwakking dan moet men ook rekening houden met de individuele verschillen in kwetsbaarheid van het gehoororgaan. Gehoorbeschermingscriteria zijn nl. meestal gebaseerd op de doelstelling dat, gezien de individuele verschillen in kwetsbaarheid, niet meer dan een zeker klein percentage van de aan lawaai blootgestelde personen een bepaald gehoorverlies of groter oploopt. Berekent men bij dezelfde doelstelling, rekening houdend met zowel de spreiding in individuele kwetsbaarheid als de spreiding in de verzwakking van gehoorbeschermers voor verschillende dragers, hoeveel hoger het lawaainiveau kan zijn bij het dragen van een gehoorbeschermer dan blijkt de effectieve verzwakking niet kleiner te zijn dan de gemiddelde verzwakking verminderd met slechts één standaardafwijking. Ook wanneer men aanneemt dat de spreiding in de verzwakking het gevolg is van dag tot dag verschillen in de plaatsing van een gehoorbeschermer, zelfs voor één persoon en niet van verschillen tussen dragers in bijv. hoofdbouw, kan men de invloed hiervan op de totale geluidbelasting van die persoon nagaan. Ook dan blijkt de effectieve verzwakking van een gehoorbeschermer niet kleiner te zijn dan de gemiddelde verzwakking verminderd met één standaardafwijking.

Belangrijker dan deze beschouwingen is echter de verzwakking van gehoorbeschermers zoals ze in de praktijk worden gedragen. Door bijv. moeilijke of onzorgvuldige plaatsing, slecht onderhoud, slechte pasvorm of verschuivingen tijdens het werk zou de verzwakking kleiner kunnen zijn dan de in het laboratorium gemeten waarden. Gegevens hierover zijn voor oorkappen nog niet beschikbaar maar voor oor-

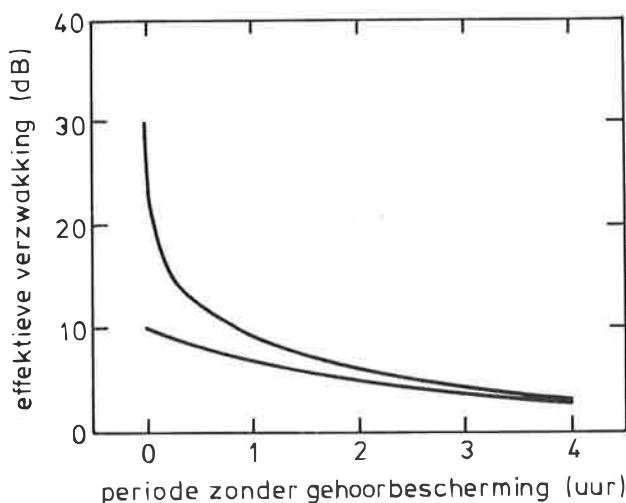
dopjes, waarbij de verzwakking met een audiometer kan worden bepaald, wel. Edwards e.a. (1978) verrichtten een uitgebreid onderzoek (6 industrieën, 168 arbeiders, 840 metingen op 9 frekwenties) naar de verzwakking van glasdons en twee typen oordopjes zoals ze in de fabriek werden gedragen. De verzwakking bleek in de praktijk gemiddeld 15 dB kleiner te zijn dan in het laboratorium werd gemeten. Dit is ongeveer tweemaal de spreiding in de verzwakking van oordopjes (Figuur 1).

Effekt van tijdelijk niet dragen van gehoorbeschermers

In de praktijk komt het wel voor dat men gehoorbeschermers tijdelijk afzet terwijl men in het lawaai blijft. De bescherming van oorkap of dopje wordt hierdoor grotendeels teniet gedaan. De geluidbelasting tijdens het niet-dragen van de gehoorbeschermer wordt al gauw bepalend voor de 8-urige dagbelasting. Figuur 3 geeft de 'effectieve' verzwakking van een gehoorbeschermer als functie van de tijd dat deze niet gedragen wordt. Men ziet dat bij het dragen van een 30 dB verzwakkende gehoorbeschermer gedurende 7,5 i.p.v. 8 uur net zoveel bescherming wordt verkregen als wanneer men gedurende 8 uur een gehoorbeschermer draagt die slechts 12 dB verzwakt. Hieruit blijkt duidelijk het belang van comfortabele gehoorbeschermers.

Invloed van het lawaaispektrum op de bescherming

Voor laagfrekwentie componenten van het lawaai is het gehoororgaan minder kwetsbaar dan voor de andere componenten. Bij de vaststelling van de schadelijkheid van lawaai wordt dit in het algemeen verwerkt door toepassing van de A-weging op het gemeten lawaaispektrum. Soms wordt naar voren gebracht dat de laagfrequentie componenten nog minder schadelijk zouden zijn dan de A-weging aangeeft. Resultaten van onderzoek naar *tijdelijke* (zich herstellende) drempelverhogingen als gevolg van expositie aan (meestal kortdurende) ruisbanden van verschillende



Figuur 3. Effekt van het tijdelijk, gedurende een 8-urige werkdag, niet dragen van een gehoorbeschermer die 30 dB verzwakt (bovenste kromme) en van één die 10 dB verzwakt. Met de effectieve verzwakking wordt aangegeven welke verzwakking men over 8 uur gerekend overhoudt wanneer men de gehoorbeschermer die 30 resp. 10 dB verzwakt niet de volle 8 uur draagt

frekwenties lijken deze metingen te steunen. Robinson (1970) heeft echter een analyse gemaakt van lawaaispektra en daarbij behorende *permanente* gehoorverliezen waaruit juist bleek dat de B-weging, waarbij de lagere frekwenties meer gewicht wordt toegekend dan bij de A-weging, adequater is. Vooralsnog is het raadzaam om aan de A-weging vast te houden.

Wil men nagaan of er met een oordopje of kap voldoende bescherming wordt verkregen dan moet men dus het dB(A)-niveau bepalen waaraan het oor wordt blootgesteld bij het dragen van de gehoorbeschermer. We geven hier een voorbeeld van de berekening van het dB(A)-niveau bij het dragen van een oorkap. Daartoe gaan we uit van een 'gemiddeld' spectrum van industriellawaai berekend uit gegevens in CAR-GO, 1963. Vervolgens worden van dit 'gemiddelde' spectrum gemeten in oktaafbanden, de A-weging en de aangenomen verzwakking van een gemiddelde oorkap afgetrokken, zie *tabel 1*. Als aangenomen

Tabel 1. Berekening van het dB(A)-niveau onder de oorkap

Frekwentie oktaafband in Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
'Gemiddeld' industriespectrum (in dB, per oktaaf gemeten)	94	97	98	100	100	99	97	93
A-weging (in dB)	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
Aangenomen verzwakking van oorkap (in dB)	-8	-11	-16	-25	-34	-33	-38	-23
A-gewogen niveau per oktaaf onder oorkap (L_o)	60	70	73	72	66	67	60	69
Lineaire niveau (I_i) (te vermenigvuldigen met 10^6)	1	10	20	16	4	5	1	8

verzwakking werd de gemiddelde verzwakking van *Figuur 2* genomen verminderd met één standaardafwijking. Aangenomen wordt dat pasvormproblemen bij oorkappen een ondergeschikte rol spelen alhoewel er rekening mee moet worden gehouden dat een oorkap gemakkelijk even wordt afgezet. Het samenstellen van de volgens de A-weging gekorrigeerde oktaafbandwaarden vereist voor elke van deze waarden eerst omzetting van de (logaritmische) dB-waarde naar (lineaire) intensiteitswaarden volgens

$$I_i = 10^{L_i/10},$$

vervolgens sommatie van deze lineaire waarden (dit geeft I_{tot}) en tenslotte terugrekenen van deze som naar een dB-waarde volgens

$$L_{\text{tot}} = 10 \cdot \log I_{\text{tot}}.$$

In het voorbeeld van *Tabel 1* verkrijgen we $I_{\text{tot}} = 65 \times 10^6$ en daarmee een geluidniveau onder de kap van $L_{\text{tot}} = 78$ dB(A).

In het hierboven gegeven voorbeeld bedraagt het A-gewogen lawaainiveau buiten de oorkap 105 dB(A); 27 dB meer dan onder de kap. Men moet voorzichtig zijn hieruit te konkluderen dat de oorkap dus 27 dB verzwakt. Dit geldt slechts voor spektra van gelijke vorm. Heeft een spectrum overwegend componenten boven 1000 Hz dan zal de verzwakking relatief groot zijn, bij componenten onder 1000 Hz is deze

relatief klein. Ondanks deze frekwentie-afhankelijke verzwakking heeft men toch vaak behoefte aan één getal waarmee de verzwakking van een gehoorbeschermer gekarakteriseerd kan worden. Botsford (1973) heeft opgemerkt dat er ongeveer een konstant verschil is tussen het C-gewogen lawaaispectrum en het A-gewogen spectrum onder een gehoorbeschermer. Daar de C-weging slechts een geringe verzwakking van de componenten onder 100 Hz en boven 3000 Hz betekent stelt Botsford dus dat per oktaaf de verzwakking van een gehoorbeschermer plus de A-weging ongeveer konstant is. (Uit *Tabel 1* blijkt dit niet zo fraai. De aangenomen verzwakking van de oorkap plus de A-weging ligt tussen 24 en 37 dB met een gemiddelde van 30 dB.) Het konstante verschil per oktaaf betekent dat de verzwakking met één getal kan worden aangegeven. Heeft men een opgave van deze 'C-A'-verzwakking of heeft men deze verzwakking eenmaal bepaald voor b.v. een vlak lawaaispectrum dan kan men het dB(A)-niveau onder de gehoorbeschermer dus eenvoudig verkrijgen door de 'C-A'-verzwakking af te trekken van het lawaainiveau ter plaatse van de drager gemeten met de C-weging. Johnson en Nixon (1974) hebben voor 100 voor de moderne industrie representatieve spektra en voor 25 gehoorbeschermers nagegaan hoe groot het verschil is tussen het korrekt, via oktaafbanden, berekende dB(A)-niveau onder de gehoorbeschermer en de benadering via de 'C-A'-verzwakking. De kans op een verschil groter dan 3 dB bleek kleiner te zijn dan 10%, op een verschil groter dan 5 dB kleiner dan slechts 1%. Het spreekt vanzelf dat bij de toepassing van deze benadering ook weer rekening moet worden gehouden met de spreiding in de verzwakking en dat men tevens rekening moet houden met de hierboven vermelde onnauwkeurigheid in de benadering.

Invloed van gehoorbeschermers op de spraakverstaanbaarheid

Invloed op de spraakverstaanbaarheid voor normaalhorenden

Als bezwaar tegen het dragen van gehoorbeschermers wordt vaak aangevoerd dat men elkaar niet zo goed meer kan verstaan. In het algemeen is dit niet juist. Zowel het lawaai als de spraak worden door de gehoorbeschermer verzwakt hetgeen betekent dat de verstaanbaarheid gelijk blijft of zelfs iets verbetert omdat het beschermde oor niet overbelast wordt. Bij sterk wisselende lawaainiveaus kan het dragen van een oorkap tijdens relatief stille perioden wel een handicap betekenen. Denk bijv. aan het dragen van een oorkap tijdens het omzagen van bomen terwijl men aan het kraken van takken moet kunnen horen dat een boom gaat vallen of aan het dragen van een oorkap tijdens klinken terwijl men tussen klinkseries in met elkaar wil praten. De oorzaak van de klacht dat men elkaar minder goed verstaat bij het dragen van gehoorbeschermers is nog niet opgehelderd. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de onwillekeurige neiging zachter te praten tijdens het dragen van een gehoorbeschermer omdat men minder lawaai ervaart. Mogelijk wordt de klacht ook veroorzaakt doordat men bij het lagere lawaainiveau onder de gehoorbeschermer een betere verstaanbaarheid verwacht. Naarmate het lawaainiveau toeneemt neemt

namelijk het verschil tussen het geproduceerde spraakniveau en het lawaainiveau af.

Invloed op de spraakverstaanbaarheid voor slechthorenden

Voor slechthorenden ligt de problematiek van de spraakverstaanbaarheid bij het dragen van gehoorbeschermers enigszins anders. *Lindeman* en *Van Leeuwen* (1973) hebben gevonden dat het dragen van een oorkap tot verbetering van het spraakverstaan kan leiden wanneer de persoon slechts geringe verliezen in het toonaudiogram heeft maar dat bij het toenemen van de verliezen een vermindering van het spraakverstaan optreedt. Hierbij speelt waarschijnlijk een belangrijke rol of bepaalde gedeelten van het spectrum (vooral boven 1000 Hz) onhoorbaar worden door de verzwakking van de oorkap plus het gehoorverlies. Men zou in deze gevallen naar een gehoorbeschermer kunnen zoeken die voldoende bescherming biedt bij een minimaal verlies aan verstaanbaarheid.

Elektro-akoestische hulpmiddelen

Met de moderne elektronika kan men kleine versterkers bouwen zodat een ontwikkeling is te voorzien in elektro-akoestische hulpmiddelen waarbij in de oorkap een telefoon wordt aangebracht. Op deze wijze zou de communicatie kunnen worden verbeterd; denk b.v. aan waarschuwingssignalen of instructies. Ook bieden deze hulpmiddelen mogelijkheden bij sterk wisselende lawaainiveaus. Men kan daarmee bijv. een oorkap konstrueren die niet verzwakt bij lage geluidniveaus en anderzijds, door terugregeling van de versterking, bij hoge lawaainiveaus het niveau onder de kap begrenst op b.v. 80 dB(A).

Tegenwoordig worden wel telefoons aangebracht in een oorkap om het de drager mogelijk te maken naar de radio te luisteren. Bij geluidmetingen onder de kap is ons gebleken dat de sterkte van het radiosignaal door de gebruiker zodanig werd ingesteld dat het totale niveau onder de kap met 2 tot 8 dB toenam t.o.v. de situatie zonder radio.

Audiometreren, een noodzaak

Bij de bespreking van gehoorbescherming is gebleken dat het effect van gehoorbeschermers in de praktijk kan tegenvallen door slechte pasvorm of plaatsing of door tijdelijk verwijderen van de gehoorbeschermer. Men zal daarom altijd met behulp van een audiometrisch controle programma moeten nagaan of vol-

doende bescherming verkregen wordt. Het is duidelijk dat het draagcomfort van de gehoorbeschermer hierbij een belangrijke rol speelt. Enige aspecten van dit draagcomfort kunnen in het laboratorium bepaald worden doch ook hier zal de praktijk moeten uitwijzen of de gehoorbeschermer voldoende comfort biedt.

Summary

Hearingprotection

A survey is given of the attenuation of 20 types of ear plugs and 20 types of ear muffs together with a discussion of important design aspects, of the maximum attenuation possible closing the ear canal, of the attenuation of plug plus muff, and of measuring methods. To determine the attenuation for practical purposes one should take into account differences in hearing protector fitting, temporary removal of protectors, and the noise spectrum. Finally, the effect of wearing hearing protectors on speech intelligibility is discussed. Speech intelligibility does not decrease for people with normal hearing exposed to steady state noise but it may decrease in relatively silent periods of fluctuating or intermittent noise and for all noises if one has a perceptive hearing loss.

Literatuur

- Arbeidsinspectie, Blad P-138, Gehoorbescherming. Directoraat-generaal van de arbeid van het Ministerie van sociale zaken, Voorburg 1975
- Botsford, J. H.*, How to estimate dBA reduction of ear protectors. *Sound and Vibration* 7 (1973) 32-33.
- Brinkman, K.*, Noise reduction provided by hearing protectors. *Proceedings 9th Int. Congr. Acoustics, Sevilla 1977* p. 61-70
- CARGO-TNO, Een inventarisatie van geluidspectra en afdelingsaudiogrammen in de Nederlandse industrie. Den Haag 1963
- Edwards, R. G., W. P. Hauser, N. A. Moiseev, A. B. Broderson & W. W. Green*, Effectiveness of earplugs as worn in the workplace. *Sound and Vibration* 12 (1978) 12-22
- Johnson, D. L. & C. W. Nixon*, Simplified methods for estimating hearing protector performance. *Sound and Vibration* 8 (1974) 20-27
- Lindeman, H. E. & P. van Leeuwen*, Spraakverstaan en gehoorbeschermers. *T. soc. Geneesk.* 51 (1973) 331-347
- Mimpen, A. M. & R. Plomp*, De geluidverzwakking van 40 typen oorkappen IZF 1975-C10, 1975
- Piena, F. L.*, Attenuatie van tien gehoorbeschermingsmiddelen gemeten met 1/3-oktaaf ruisbanden. *T. soc. Geneesk.* 50 (1972) 33-41
- Plomp, R. & A. M. Mimpen*, Vergelijkend onderzoek van de geluidverzwakking van acht typen oordopjes. *T. soc. Geneesk.* 51 (1973) 576-581
- Robinson, D. W.*, Relations between hearing loss and noise exposure; analysis of results of retrospective study. In: *Hearing and Noise in industry, W. Burns & D. W. Robinson* (eds.) Her Majesty's Stationary Office, Londen 1970 Appendix 10
- Shaw, E. A. G.*, Hearing protector attenuation: a perspective view. *Applied Acoustics* 12 (1979) 139-157
- Zwislocki, J.*, In search of the tone-conduction threshold in a free sound field. *J. Acoust-Soc. Amer.* 29 (1957) 795-804