

Gehoerverlies tengevolge van continue expositie aan niet-constant lawaai*

409

Drs. W. PASSCHIER-VERMEER te Leiderdorp

Inleiding

In het in dit supplement opgenomen artikel „Gehoerverlies tengevolge van expositie aan constant lawaai met een breed frequentiespectrum” is aangegeven welke gehoerverliezen men kan verwachten bij mensen die aan constant lawaai zijn geëxponeerd gedurende hun werktijd. In het hier volgende gaat het om het effect op het gehoor van lawaai, dat niet constant is maar varieert gedurende de werkdag. Dit soort lawaai zal men in de industrie in feite veelvuldiger aantreffen dan het constante lawaai.

De ISO-Recommendation „Assessment of Noise Exposure during Work” (zie ref. 1) geeft een methode aan om variërend lawaai te waarderen. Deze methode zou met name geschikt zijn voor geluid waarvan het niveau gedurende de werktijd wel varieert, maar geen impuls karakter heeft. Voor lawaai met een impuls karakter zou volgens de Recommendation een correctie moeten worden toegepast. De achtergrond van bovengenoemde methode is het zogenaamde „equal-energy” principe. Hoewel geenszins bewezen is dat dit principe juist is, heeft de ISO-werkgroep die bovengenoemde ISO-Recommendation heeft opgesteld, toch gemeend van dit principe te moeten uitgaan, in de veronderstelling dat waardering van lawaai volgens dit principe of de juiste gehoerverliezen voorspelt of grotere gehoerverliezen dan in werkelijkheid gevonden worden, m.a.w. het equal-energy principe zou hoogstens een te strenge waardering van lawaai inhouden wat betreft de resulterende gehoerverliezen. Het equal-energy principe houdt in dat slechts de totale geluidenergie van lawaai dat gedurende een representatieve werktijd, bijv. een dag of week, het oor treft bepalend is voor de gehoerverliezen die op de lange duur door werken in lawaai ontstaan, onafhankelijk van de verdeling van deze energie over de werktijd. D.w.z., als de totale energie van lawaai dat gedurende de werktijd verandert, gelijk is aan de totale energie van lawaai dat constant is, dan zijn beide geluiden equivalent wat betreft het effect op het gehoororgaan.

Echter, in de praktijk worden geen geluidenergieën maar geluidsdrukken gemeten. Volgens de ISO-Recommendation mogen de geluidsdrukken bij de verschillende frequenties gewogen worden volgens de A-karakteristiek van geluidniveaumeters.

* Publikatie nr 409 van het Instituut voor gezondheidstechniek TNO

Uit voorlopig onderzoek naar de invloed op het gehoor van lawaai met variërende geluidniveaus gedurende de werkdag is gebleken dat

— als het geluid impulscomponenten bevat, de mediane gehoerverliezen tengevolge van expositie aan dit lawaai veel groter zijn dan die welke op grond van het „equal-energy” principe verwacht moeten worden

— als het geluid geen impulscomponenten bevat, de mediane gehoerverliezen redelijk overeenstemmen met die welke op grond van het „equal-energy” principe uit geluidmetingen berekend kunnen worden.

Verder onderzoek naar het effect van variërende geluidniveaus op het gehoor wordt sterk aanbevolen.

Op deze manier wordt dan aan lawaai een equivalent geluidniveau in dB (A) toegekend. Variërend lawaai met een zeker equivalent geluidniveau zou dan hetzelfde effect op het gehoororgaan hebben als lawaai met een constant geluidniveau van dezelfde dB (A) waarde. Het equivalente geluidniveau kan gedefinieerd worden als:

$$L_{Eq} = 10^{10} \log \frac{1}{t} \int_0^t 10^{L_p/10} dt \quad (\text{dB (A)})$$

waarbij L_p het momentane geluidniveau in dB (A) is en t een representatieve werktijd, bijv. een dag of een week.

Uit bovenstaande formule valt af te leiden dat relatief hoge geluidniveaus grote invloed hebben op de hoogte van het equivalente geluidniveau. Onderstaand voorbeeld moge dit verduidelijken.

Stel er heerst gedurende de werkdag (8 uur) een achtergrond geluidniveau van 80 dB (A). Als er gedurende 26 seconden per dag een geluidniveau op gesuperponeerd is van 120 dB (A) is het equivalente geluidniveau gelijk aan 90 dB (A). Een geluidniveau van 140 dB (A) gedurende 0,26 seconden per dag en verder de gehele dag 80 dB (A) leidt echter ook al tot een equivalent geluidniveau van 90 dB (A).

Werkwijze

De Werkgroep relatie lawaai en lawaaidoofheid heeft twee specifieke redenen om zich bezig te hou-

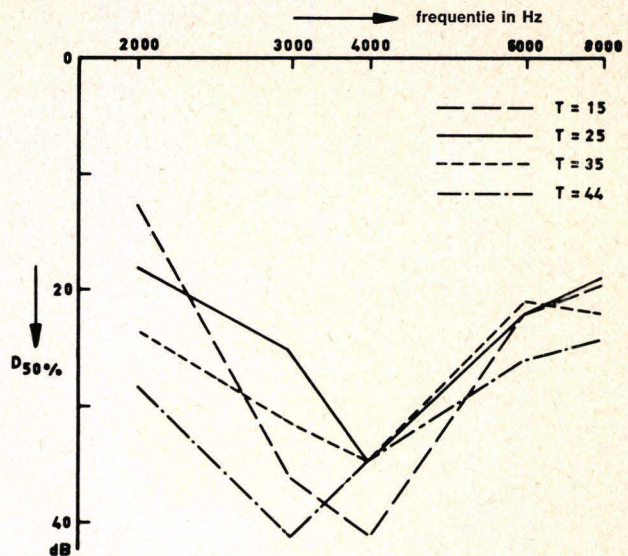
den met niet constant lawaai. Ten eerste wil de werkgroep nagaan of het juist is om niet constant lawaai, zonder impuls karakter, te waarderen volgens bovenstaande methode. Ten tweede wil de werkgroep nagaan of de correctie die moet worden toegepast voor lawaai met impuls componenten juist is. Volgens de ISO-Recommendation moet er ingeval van impuls componenten bij het equivalente geluidniveau, gedefinieerd als bovenstaand, 10 dB (A) ter correctie opgeteld worden om het geluidniveau te krijgen dat bepalend is voor de gehoorverliezen.

De benadering van de werkgroep is als volgt. Ten eerste wordt het equivalente geluidniveau uit geluidmetingen bepaald met de door de Technisch fysieke dienst TNO-TH vervaardigde geluidintegrator (zie ref. 2) in een ruimte, bijv. fabriekshal, waar een niet constant geluidniveau heerst. Met nadruk zij er hier op gewezen, dat hoewel het geluidniveau gedurende de werkdag niet constant is, toch geëist moet worden dat in de loop der jaren het lawaai patroon hetzelfde is geweest. Ten tweede wordt het groepsaudiogram bewerkt van een geselecteerde groep mensen, die gemiddeld meer dan 10 jaar in deze ruimte werken (selectiecriteria zijn: geen lawaaiexpositie in vorige werkkring(en), geen expositie aan knal en/of explosie (bijv. in militaire dienst), een „schone” KNO-anamnese). Uit het mediane gehoorverlies van het groepsaudiogram wordt bij een aantal frequenties het door lawaai veroorzaakte deel van het gehoorverlies bepaald (zie ref. 3).

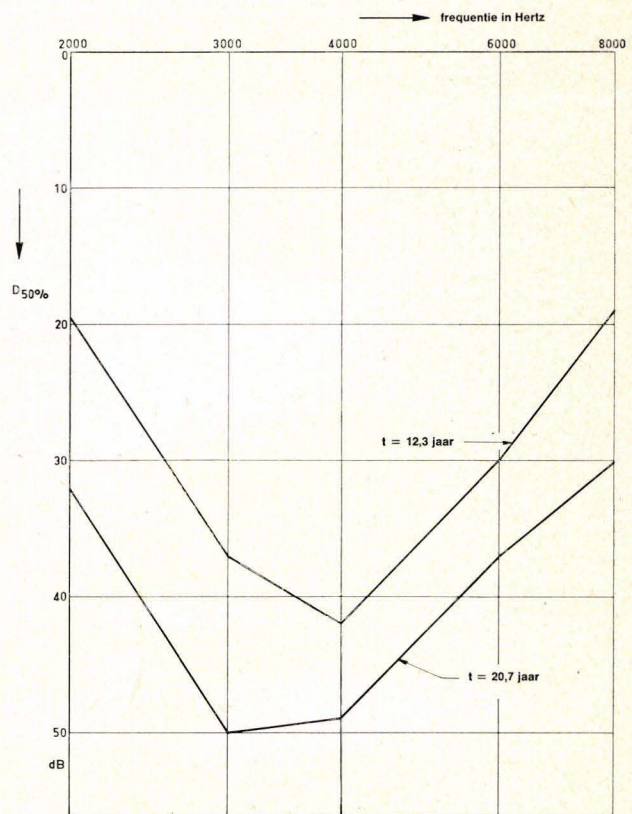
Vervolgens wordt het equivalente geluidniveau bepaald, dat in geval van constant lawaai (zie ref. 3) hetzelfde gehoorverlies veroorzaakt. Dit uit het audiogram bepaalde equivalente geluidniveau wordt vergeleken met het uit de geluidmetingen bepaalde equivalente geluidniveau.

Experimentele resultaten

Tot nu toe zijn er resultaten van 4 groepen werknemers. Het eerste resultaat heeft betrekking op mensen die in de houtbewerkende industrie werken (zie ref. 4). Het audiometrisch onderzoek is verricht onder leiding van dr. J. P. Kuiper, de geluidmetingen zijn gedaan onder leiding van ir. F. van Tol (zie ref. 2). Het geluidniveau in deze industrie varieert gedurende de werktijd en het lawaai heeft geen impuls karakter. De uit de geluidmetingen berekende equivalente geluidniveaus per werkdag liggen tussen 98 en 101 dB (A), afhankelijk van de meetplaats. Om een indruk te krijgen van de variatie van het geluidniveau gedurende de werkdag werd tevens het equivalente geluidniveau per kwartier gemeten. Voor de meetplaats waar 101 dB (A) over de werkdag werd geregistreerd varieerde het equivalente geluidniveau per kwartier tussen 95 en 104 dB (A). Tevens werden de audiogrammen bewerkt van 144 houtbewerkers (Figuur 1), die geselecteerd zijn volgens de reeds genoemde criteria. Het resultaat is een equivalent geluidniveau van 98 à 99 dB (A), d.w.z. ongeveer gelijk



Figuur 1. Het door het werken in lawaai veroorzaakte deel van het mediane gehoorverlies van 4 groepen houtbewerkers (in totaal 144 mannen), als functie van de frequentie. De gemiddelde expositietijd in jaren van de groepen is parameter



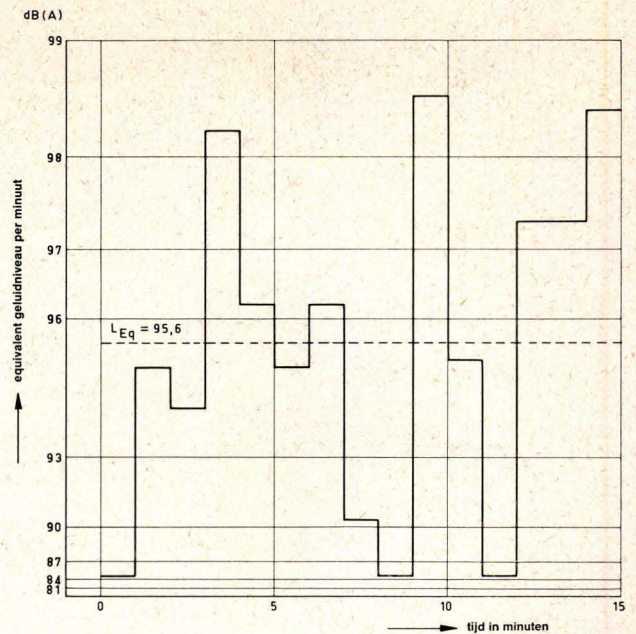
Figuur 2. Het door het werken in lawaai veroorzaakte deel van het mediane gehoorverlies van 2 groepen werknemers (in totaal 29 mannen) uit de lasserij/lashal van een staalconstructiebedrijf, als functie van de frequentie. De gemiddelde expositietijd in jaren van de groepen is parameter

aan de gemeten equivalente geluidniveaus van 98 tot 101 dB (A).

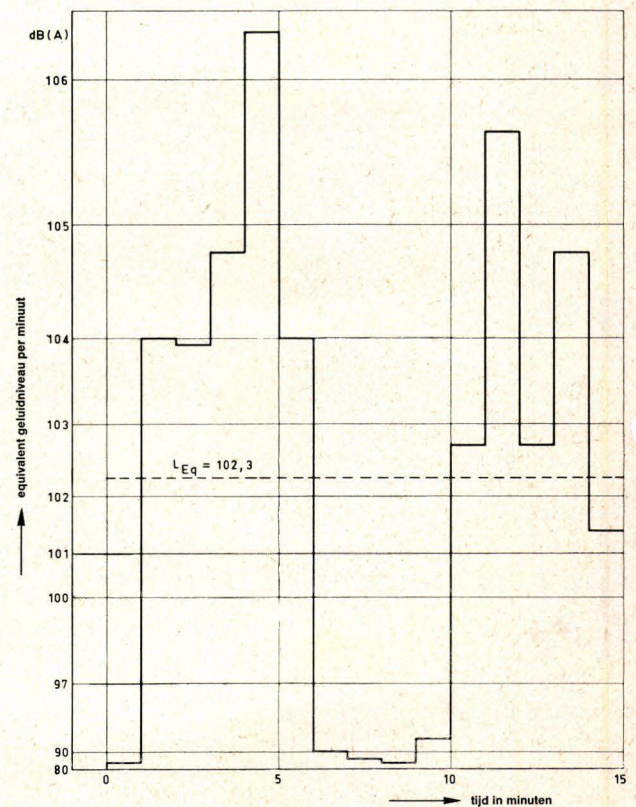
De tweede groep mensen werkt in een buizenfabriek (zie ref. 6). De audiogrammen zijn opgenomen onder leiding van A. C. Ephraïm, de geluidmetingen zijn wederom verricht door de TPD. Ook in dit geval heeft het (niet constante) geluid geen impuls karakter. De gemeten equivalente geluidniveaus per werkdag of werknacht (ploegendienst) lagen tussen 94,7 en 95,9 dB (A). De bewerking van het groepsaudiogram van 23 werknemers, die van 8 tot 12 jaar in deze fabriek werken, gaf als resultaat een equivalent geluidniveau van ongeveer 99 dB (A), hetgeen 3 à 4 dB (A) boven de uit de geluidmetingen bepaalde equivalente geluidniveaus ligt.

De beide andere groepen werken in een staalconstructiebedrijf en wel de ene groep in de lasserij/lashal en de andere groep in een machinale voorbereidingshal (zie ref. 7). De audiogrammen zijn opgenomen onder leiding van M. C. van Gemeren (zie ref. 6), de geluidmetingen zijn verricht door de TPD. In beide gevallen heeft het lawaai een duidelijk impuls karakter. De resultaten van het audiometrisch onderzoek van de werknemers in de lasserij/lashal zijn gegeven in *Figuur 2*. Deze groep mensen (29 in totaal) is gesplitst in twee groepen, te weten in een groep werknemers met expositietijden van 10 tot en met 16 jaar en een groep met expositietijden van 17 tot 23 jaar. Zeventien jaar is als grens genomen omdat een jaar of zeventien geleden het machinepark en de werkzaamheden veranderd zijn. In feite komt dus slechts het audiometrisch resultaat van de groep met de kortste expositietijd in aanmerking voor vergelijking met de uit de geluidmetingen bepaalde equivalente geluidniveaus, omdat de geluidexpositie van de mensen met de langere expositietijd niet volledig bekend is. Edoch, de in *Figuur 2* gepresenteerde medianen leveren voor beide groepen een equivalent geluidniveau op van 102 tot 104 dB (A). Redenen voor deze gelijke uitkomst kunnen zijn: *a* het geluidniveau voor de verandering was ongeveer even hoog als het huidige geluidniveau, hoewel men het lawaai voorheen harder en onaangener vond; *b* de duur van de expositie vóór de verandering (van 0 tot 6 jaar) is te kort geweest om veel grotere gehoorverliezen te veroorzaken dan het huidige lawaai in die tijd zou doen. De equivalente geluidniveaus per werkdag, die op 15 werkdagen op 3 plaatsen zijn gemeten, liggen tussen 85 en 91 dB (A). Om een indruk te krijgen van de variatie van het geluidniveau zijn ook de equivalente geluidniveaus per minuut gemeten. *Figuur 3* geeft deze geluidniveaus voor een relatief lawaaiig kwartier.

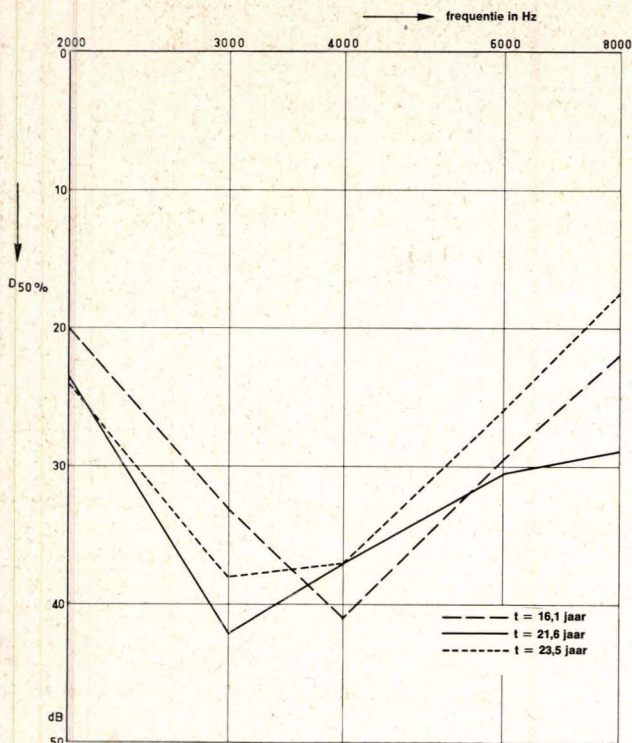
Op het ogenblik wordt er in de lasserij/lashal af en toe geklonken, ongeveer één week per jaar. De equivalente geluidniveaus, die zijn gemeten op vijf dagen dat er geklonken werd, liggen tussen 92 en 104 dB (A) per werkdag. *Figuur 4* geeft een beeld van de heersende geluidniveaus tijdens het klinken. De equivalente geluidniveaus per minuut liggen tussen 84 en 106 dB (A). Resumerend kunnen we



Figuur 3. Het equivalente geluidniveau per minuut van lawaai in de lasserij/lashal van een staalconstructiebedrijf gedurende een lawaaiig kwartier, als functie van de tijd. Het equivalente geluidniveau van dit kwartier is 95,6 dB (A)



Figuur 4. Het equivalente geluidniveau per minuut van lawaai tijdens het klinken in de lasserij/lashal van een staalconstructiebedrijf gedurende een willekeurig gekozen kwartier tijdens het lassen, als functie van de tijd. Het equivalente geluidniveau voor dit kwartier is 102,3 dB (A)



Figuur 5. De door het werken in lawaai veroorzaakte deel van het mediane gehoorverlies van 3 groepen werknemers (in totaal 29 mannen) uit een machinale voorbewerkingshal van een staalconstructiebedrijf, als functie van de frequentie. De gemiddelde expositietijd van de groepen is parameter

stellen dat de equivalente geluidniveaus gewoonlijk liggen tussen 85 en 91 dB (A), en dat ongeveer één week per jaar de equivalente geluidniveaus liggen tussen 92 en 104 dB (A).

Tenslotte de resultaten voor de groep werknemers uit de machinale voorbewerkingshal. Deze groep (30 mensen) is in 3 subgroepen gesplitst volgens expositietijd. Zoals bij de werknemers uit de lashedal geldt ook hier weer dat de geluidexpositie van de 2 subgroepen met de langste expositietijden niet geheel bekend zijn, omdat in deze hal ongeveer 19 jaar geleden veranderingen zijn aangebracht die wellicht gevolgen voor het geluidniveau hebben gehad. De in Figuur 5 gepresenteerde medianen komen overeen met een equivalent geluidniveau van 100 tot 102 dB (A).

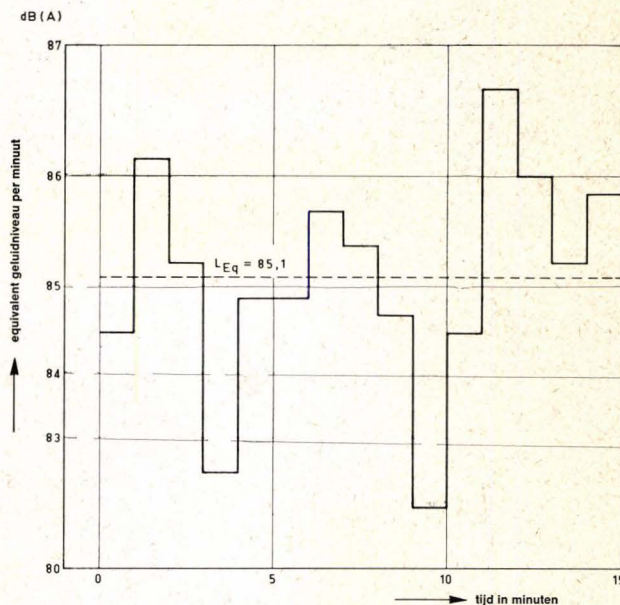
Tabel 1. Vergelijking van uit geluidmetingen bepaalde equivalente geluidniveaus met uit audiogrammen bepaalde equivalente geluidniveaus

groep	impuls componenten	uit geluidmetingen bepaalde equivalente geluidniveau	uit audiogram bepaalde equivalente geluidniveau	verschil tussen de uit geluidmetingen en het uit het audiogram bepaalde equivalente geluidniveau
houtbewerking	nee	98 - 101 dB (A)	98 - 99 dB (A)	-2 tot 0 dB (A)
buisenfabriek	nee	95 - 96	99	3 tot 4
lashedal	ja	85 - 91	102 - 104	13 tot 17
mach. voorbewerking	ja	80 - 85	100 - 102	17 tot 20

De equivalente geluidniveaus die gedurende 20 dagen op 4 plaatsen gemeten zijn liggen tussen 80,3 en 84,6 dB (A) per werkdag. Figuur 6 geeft de equivalente geluidniveaus per minuut gedurende een willekeurig gekozen kwartier.

Bespreking

Tabel 1 geeft het resultaat van de vier beschouwde groepen. In de beide gevallen waarin het lawaai geen impulscomponenten bevat stemmen de gemeten en de uit het audiogram bepaalde equivalente geluidniveau redelijk met elkaar overeen. In de beide andere gevallen, waarin het lawaai impulscomponenten bevat, zijn er grote verschillen tussen gemeten en theoretische equivalente geluidniveaus. Zelfs als de door de ISO voorgestelde correctie van 10 dB (A) op het gemeten equivalente geluidniveau wordt toegepast zijn de gehoorverliezen nog veel groter dan op grond van de metingen verwacht zou moeten worden. Voorshands is hier dus gebleken dat het equal-energy principe niet altijd geldt voor lawaai met impulscomponenten.



Figuur 6. Het equivalente geluidniveau per minuut van lawaai in een machinale voorbewerkingshal van een staalconstructiebedrijf gedurende een willekeurig gekozen kwartier, als functie van de tijd. Het equivalente geluidniveau voor dit kwartier is 85,1 dB (A)

Het zal bij lezing van het bovenstaande duidelijk zijn dat het probleem van het effect van niet-constant lawaai op het gehoor nog niet opgelost is. Tal van vragen, die vooral betrekking hebben op het impulskarakter van lawaai, zijn tot nu toe nog niet beantwoord. Moet lawaai, waarin een paar maal per dag impulsen aanwezig zijn, beschouwd worden als impulslawaai en moet hiervoor een correctie worden toegepast, of is hiervoor noodzakelijk dat de impulscomponenten veelvuldiger voorkomen, bijv. één's per minuut?

En als er een correctie op het gemeten equivalente geluidniveau moet worden toegepast, hoeveel dB (A) moet dit dan zijn? Verontrustend is in elk geval dat uit het tot nu toe verrichte onderzoek is gebleken, dat lawaai met een groot aantal impulscomponenten zeer grote gehoorverliezen veroorzaakt, hoewel de gemeten equivalente geluidniveaus niet extreem hoog zijn.

Besluit

Uit het voorgaande is gebleken dat er naar het effect van niet-constant lawaai op het gehoor nog uitgebreid onderzoek zal moeten worden gedaan. Ieder, die hieraan zijn medewerking zou kunnen verlenen wordt dan ook verzocht zich in verbanding te stellen met de Werkgroep relatie lawaai en lawaaidoofheid.

Referenties

- 1 ISO Recommendation 1999: Assessment of Noise-Exposure during Work for Hearing Conservation Purposes
- 2 Meting van de lawaai-belasting in een houtschaverij. Intern rapport 891 van de Technisch fysieke dienst TNO-TH (augustus 1969)
- 3 Gehoorverlies tengevolge van expositie aan „steady-state broadband noise”. Rapport 35, Instituut voor gezondheids-techniek TNO (april 1968)
- 4 Gehoorbeschadiging bij machinale houtbewerkers; J. P. Kuiper (medio 1968). Intern rapport van de Arbeidsinspectie
- 5 Discontinu lawaai; A. C. Ephraïm (september 1970). Intern rapport van de Arbeidsinspectie
- 6 Lawaai en lawaaidoofheid in het bedrijf staalconstructie; M. C. van Gemeren (november 1970). Intern rapport van De Vries/Robbé

Summary

Hearing loss due to continuous exposure to fluctuating noise

Median hearing losses of people exposed to fluctuating noise levels have been compared with those calculated from the measured sound levels that have been rated according to the principle of equal energy. Reasonable agreement exists if the noise is varying but without impulse components. If the noise is of an impulsive nature, the actual hearing losses are much larger than those calculated from noise measurements.