

Vakpublicatie

Een eenvoudige methode voor de analyse en presentatie van audiometrische groepsgegevens

Joe Leijten,
Afd. Onderzoek en Ontwikkeling
BGD RBB, Den Haag

Summary

A simple method for the analysis and presentation of audiometric group data is described.

Based on their individual audiograms, subjects are assigned to one of three categories of speech reception ability. The distribution of the examined subjects in the categories is then compared with a reference distribution based on data of a non noise exposed population.

Advantages and disadvantages of the method are discussed. Ideally the method should be used in combination with more sophisticated procedures. It can however be used as a stepping stone by occupational health services with little experience in these matters.

Inleiding

Door een groot aantal bedrijfsgezondheidsdiensten in Nederland worden werknemers die in mogelijk gehoorbeschadigend lawaai werken (periodiek) audiometrisch onderzocht. Meestal worden de resultaten hiervan alleen op individueel niveau gebruikt. Na deel van deze werkwijze is dat er vaak geen duidelijke conclusies getrokken kunnen worden ten aanzien van de mate waarin het gehoorverlies door lawaai is veroorzaakt en dat de

resultaten niet gebruikt worden om op bedrijfsniveau werkgevers en werknemers te informeren en te adviseren. Dit is wel mogelijk wanneer de gegevens op groepsniveau onderzocht worden. Om deze reden behoort audiometrisch groepsonderzoek een vast onderdeel te zijn van gehoorbeschermingsprogramma's. (Verdere argumentatie voor dit standpunt wordt gegeven in: Brakshoofden e.a., 1987.)

De meest gebruikte methode van groepsonderzoek is die waarbij van de onderzochte groep een groepsaudiogram wordt gemaakt, dat vergeleken wordt met referentiewaarden voor een niet aan gehoorbeschadigend lawaai geëxponeerde populatie. Deze methode wordt onder andere beschreven in Passchier-Vermeer e.a. (1988), blz. 86 e.v.

Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in de tabellen 1a t/m 1c.

Tabel 1a geeft, in de vorm van percentielen de gehoorverliezen van een bepaalde groep van 35 werknemers met een leeftijd van 40 tot en met 60 jaar. De gemiddelde leeftijd van deze groep is 50 jaar.

Tabel 1b geeft de gehoorverliezen van de niet aan lawaai geëxponeerde populatie bij een leeftijd van 50 jaar, volgens ISO 7029¹. ▶

Tabel 1c geeft de verschillen tussen de onderzochte groep en de ISO-norm. Deze verschillen kunnen worden toegeschreven aan de expositie aan gehoorbeschadigend lawaai. Hoewel met deze methode goed onderzocht kan worden of er bij een groep werknemers gehoorschade door lawaai aanwezig is, zijn er ook enkele praktische bezwaren aan verbonden. In de eerste plaats is het zonder geautomatiseerde gegevensverwerking niet doenlijk deze methode op grote schaal toe te passen. Op de tweede plaats zijn de resultaten van deze methode vaak weinig inzichtelijk voor degenen voor wie zij uiteindelijk bedoeld zijn: werkgevers en werknemers.

Hieronder wordt een methode van groepsonderzoek beschreven die aan deze bezwaren tegemoet komt. Bij deze methode wordt, op grond van de individuele toonaudiogrammen, bepaald in hoeverre het vermogen tot het verstaan van spraak in alledaagse omstandigheden bij de onderzochte werknemers is aangetast door de blootstelling aan schadelijk lawaai. De beschreven methode is in de eerste plaats bedoeld als aanvulling op de conventionele methodes van groepsonderzoek. Daarnaast kan zij dienen als eerste aanzet tot het uitvoeren van audiometrisch groepsonderzoek voor BGD'en die hiertoe niet beschikken over geautomatiseerde gegevensverwerking.

De relatie tussen toonaudiogram en spraakverstaan bij lawaai-slechthorendheid

Lawaaislechthorendheid leidt in de eerste plaats tot problemen bij het verstaan van spraak in achtergrondruis. Uit Smoorenburg & van Golstein Brouwers (1986) blijkt dat bij slechthorendheid ten gevolge van lawaai het spraakverstaan in achtergrondruis goed te voorspellen is uit het gemiddelde verlies op 2000 en 4000 Hz in het toonaudiogram, hierna aan te duiden als $HL_{(2-4)}$. Figuur 1 geeft de spraakdrempel in achtergrondruis als functie van $HL_{(2-4)}$. De spraakdrempel is de signaal-ruis-verhouding waarbij 50% van normale Nederlandse zinnen goed wordt verstaan. Bij een signaal-ruis-verhouding die 3 dB gunstiger is dan deze drempel, worden vrijwel alle zinnen goed verstaan. Bij een $HL_{(2-4)} < 10$ dB is het spraakverstaan in achtergrondruis niet aangetast. Vanaf deze waarde verslechtert de spraakdrempel in achtergrondruis met 1,25 dB per 10 dB verhoging van $HL_{(2-4)}$. De verhogingen van de spraakdrempel lijken klein vergeleken met de

Tabel 1a. Voorbeeld van een groepsaudiogram; aantal personen: 35 jaar; leeftijd: 40 t/m 60 jaar; gemiddelde leeftijd: 50 jaar

Freq. in Hz	Gehoerverliezen in dB					
	500	1000	2000	3000	4000	6000
P-10	0	0	5	13	18	15
P-25	5	5	10	25	30	25
P-50	10	10	20	40	45	38
P-75	15	15	30	55	60	60
P-90	15	25	50	70	75	70

Tabel 1b. Referentiegroepsaudiogram voor de gemiddelde leeftijd van 50 jaar volgens ISO 7029

Freq. in Hz	Gehoerverliezen in dB					
	500	1000	2000	3000	4000	6000
P-10	-4	-4	-4	-2	0	0
P-25	-1	0	2	5	8	8
P-50	4	4	7	12	16	18
P-75	9	9	14	21	27	30
P-90	13	14	21	28	36	41

Tabel 1c. Verschillen tussen geobserveerde waarden en referentiewaarden.

Freq. in Hz	Gehoerverliezen in dB					
	500	1000	2000	3000	4000	6000
P-10	4	4	9	15	18	15
P-25	6	5	8	20	22	17
P-50	6	6	13	28	29	20
P-75	6	6	16	34	33	30
P-90	2	11	29	42	39	29

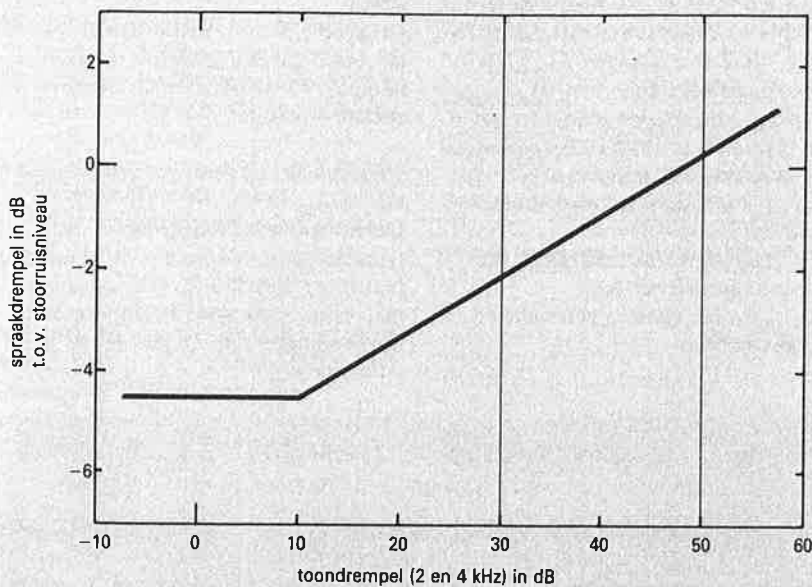
Tabel 2. Indeling naar spraakverstaanbaarheid op grond van verliezen in het toonaudiogram

klasse	verliezen in toonaudiogram	verhoging van spraakdrempel in stoorruis
normaal spraakverstaan	$HL_{(2-4)} < 30$ dB	0 - 2,5 dB
merkbaar verslechterd spraakverstaan	$30 \leq HL_{(2-4)} < 50$	2,5 - 5 dB
ernstig verslechterd spraakverstaan	$HL_{(2-4)} \geq 50$ dB	≥ 5 dB

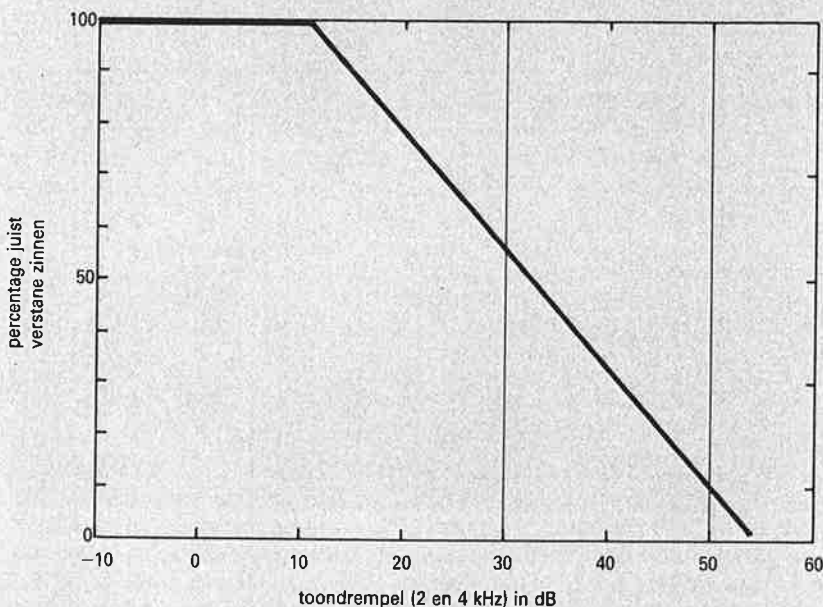
Tabel 3. Spraakverstaanbaarheid in de onderzochte groep en in de niet geëxponeerde populatie

klasse	onderzochte groep:		referentie (ISO 7029)
	aantal	percentage	
normaal spraakverstaan	14	40%	92%
merkbaar verslechterd spraakverstaan	14	40%	8%
ernstig verslechterd spraakverstaan	7	20%	0%

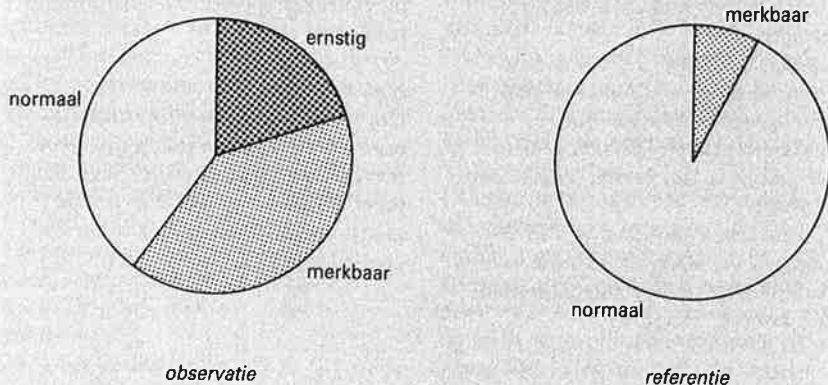
Figuur 1. Spraakdrempel in achter grondruis als functie van $HL_{(2-4)}$



Figuur 2. Percentage juist verstane zinnen in een situatie waar een normaalhoorende nog net vrijwel alle zinnen goed verstaat, als functie van $HL_{(2-4)}$



Figuur 3. Spraakverstaanbaarheid in de onderzochte groep en in de niet geëxponeerde populatie, grafisch weergegeven



verliezen in het toonaudiogram.

Echter, elke verhoging van de spraakdrempel met 1 dB betekent een achteruitgang van het zinsverstaan met 18%. Figuur 2 geeft het percentage juist verstane zinnen in een situatie waar een normaalhoorende nog net vrijwel alle zinnen goed kan verstaan als functie van $HL_{(2-4)}$. Bij een $HL_{(2-4)}$ van 30 dB is de spraakdrempel in achtergrondruis met 2,5 dB verhoogd. Een persoon met een dergelijk gehoorverlies zal in een rumoerige situatie waarin een normaalhoorende nog net vrijwel alle zinnen kan verstaan, slechts ongeveer de helft van de zinnen goed verstaan. Het effect kan ook anders duidelijk worden gemaakt: met dit verlies moet een luisteraar zich tot op ± 75 cm van een spreker buigen, wil hij net zo goed spraak kunnen verstaan als een normaalhoorende op 100 cm. Een $HL_{(2-4)}$ van 30 dB betekent dus een voor de betrokkene zelf duidelijk merkbaar verslechtering van het spraakverstaan.

Bij een $HL_{(2-4)}$ van 50 dB is de spraakdrempel in achtergrondruis met 5 dB verhoogd. Een persoon met een dergelijk gehoorverlies zal in een rumoerige situatie waarin een normaalhoorende nog net vrijwel alle zinnen kan verstaan, bijna geen enkele zin meer goed verstaan. Een $HL_{(2-4)}$ van 50 dB betekent dus een ernstige verslechtering van de spraakverstaanbaarheid.

Op grond van het voorafgaande is gekomen tot de indeling in tabel 2.

Van de werknemers uit het eerdergenoemde voorbeeld kan, op grond van hun individuele toonaudiogrammen, bepaald worden in welke klasse van spraakverstaan zij vallen. Tabel 3 geeft aan welk percentage van deze 35 personen een merkbaar respectievelijk ernstig verslechterd spraakverstaan heeft. Deze percentages worden vergeleken met referentiepercentages voor de leeftijd van 50 jaar volgens ISO 7029.

Deze wijze van presentatie maakt duidelijk wat de gevolgen van de gevonden gehoorverliezen zijn voor het vermogen tot het verstaan van spraak in alledaagse omstandigheden. Bij de Bedrijfsgezondheidsdienst RBB wordt deze methode, naast de conventionele methode met groepsaudiogrammen, al enige tijd gebruikt voor de presentatie van onderzoeksresultaten bij voorlichting aan werkgevers en werknemers. Onze ervaring is dat deze methode vaak beter aanslaat dan het alleen laten zien van groepsaudiogrammen, zeker wanneer de resultaten grafisch gepresenteerd worden, zoals in figuur 3. ►

Procedure

De bij deze methode te volgen procedure bestaat uit volgende stappen:

Selectie van de onderzochte groep

Om de gevonden verschillen tussen de geobserveerde groep en de referentiegroep toe te kunnen schrijven aan gehoorbeschadigend lawaai, dienen personen met niet door lawaai veroorzaakte gehoorafwijkingen die tot drempelverhogingen kunnen leiden, uit de onderzoeksgroep verwijderd te worden.

Bij de RBB wordt hiervoor het volgende criterium gehanteerd: de audiometrische gegevens van een onderzochte worden niet in het groepsonderzoek meegenomen, indien er in de anamnese melding wordt gemaakt van:

- aangeboren slechthorendheid;
- middenooroperatie(s);
- binnenooroperatie(s);
- ziekte van Menière;
- otosclerose;

Daarnaast kan de vorm van het audiogram duiden op een drempelverhoging anders dan door lawaai. Bij de RBB wordt hiervoor de volgende leidraad gebruikt: de audiometrische gegevens van een onderzochte worden niet in het groepsonderzoek meegenomen indien:

- het verschil tussen de gehoordrempels van het linker- en rechteroor bij 4000 Hz gelijk is aan of groter is dan 30 dB;
- de gehoordrempel bij 1000 Hz, aan minstens één oor, gelijk is aan of groter is dan 30 dB.

Indien de onderzoeksgroep op bovengenoemde criteria geselecteerd is, kunnen de gevonden verschillen tussen observatie en referentie worden toegeschreven aan gehoorbeschadigend lawaai. Dit betekent niet dat zij ook het gevolg zijn van expositie in de huidige werkkring. Als men die conclusie wil trekken, moet men ook selecteren op lawaaiexpositie vóór de huidige werkkring. Bij de RBB wordt hiervoor de volgende leidraad gebruikt: bij selectie op lawaaiexpositie vóór de huidige werkkring worden de audiometrische gegevens van een onderzochte niet in het groepsonderzoek meegenomen indien deze in een vroegere werkkring

- langer dan 5 jaar in een $L_{EX,T}$ van 85 dB(A), ofwel
- langer dan 1 jaar in een $L_{EX,T}$ van 90 dB(A), ofwel
- langer dan ½ jaar in een $L_{EX,T}$ van 95 dB(A) heeft gewerkt.

Indeling in klassen van spraakverstaan

Per persoon wordt het gemiddelde bepaald van de drempels bij 2000 en 4000 Hz van beide oren: $HL(2000)R + HL(4000)R + HL(2000)L + HL(4000)L$, gedeeld door 4 = $HL_{(2-4)}$. Op grond van dit gemiddelde worden de personen ingedeeld in één van de volgende drie categorieën:

$HL_{(2-4)} < 30$ dB: normaal spraakverstaan

$30 \leq HL_{(2-4)} < 50$: merkbaar verslechterd spraakverstaan

$HL_{(2-4)} \geq 50$: ernstig verslechterd spraakverstaan

- bepaal de klasse-indeling² volgens:
 $HL_{(4)} < 45$ dB: normaal spraakverstaan
 $45 \leq HL_{(4)} < 75$: merkbaar verslechterd spraakverstaan
 $HL_{(4)} \geq 75$: ernstig verslechterd spraakverstaan

Vergelijking van geobserveerde groep en referentie

Deel de onderzochte groep in leeftijdsklassen, zodanig dat de klassen niet meer dan 20 à 25 jaar omvatten. (Een vaak goed bruikbare indeling is: jonger dan 40 jaar en 40 jaar en ouder.)

Tabel 4. Referentiepercentages voor klassen van spraakverstaan volgens ISO 7029

leeftijd (jaren)	% normaal spraakverst.	% merkbaar verslechterd	% ernstig verslechterd
≤ 38	100	0	0
39 t/m 42	99	1	0
43 t/m 44	98	2	0
45	97	3	0
46	96	4	0
47	95	5	0
48	94	6	0
49	93	7	0
50	92	8	0
51	90	10	0
52	89	11	0
53	87	12	1
54	85	14	1
55	83	16	1
56	81	18	1
57	79	19	2
58	77	21	2
59	74	23	3
60	72	24	4
61	69	26	5
62	67	27	6
63	64	29	7
64	62	30	8
65	59	31	10

Klasse-indeling bij 'screeningsaudiogrammen'

Indien de audiogrammen zijn afgenomen vanaf een screeningsniveau van X dB (bijvoorbeeld 15 dB) wordt een iets andere procedure gevolgd:

- indien $HL(2000)$ bij beide oren groter is dan X dB, bereken dan $HL_{(2-4)}$ op de gewone wijze;
- indien $HL(2000)$ bij een of beide oren gelijk is aan X dB, handel dan als volgt:

- bereken het gemiddelde van de drempels bij 4000 Hz van beide oren: $HL(4000)R + HL(4000)L$, gedeeld door twee = $HL_{(4)}$;

Per leeftijdsklasse worden de percentages in de categorieën berekend. Daarnaast wordt per leeftijdsklasse de gemiddelde leeftijd berekend en op grond daarvan worden de referentiepercentages bepaald met behulp van tabel 4.

Significantietoets

Om te toetsen of de proportie met normaal spraakverstaan in de geobserveerde groep statistisch significant lager is dan in de niet aan lawaai geëxponeerde populatie kan de volgende toets gebruikt worden:

- π \equiv proportie normaal spraakverstaan in de referentiegroep (in het voorbeeld: 0,92)
- P \equiv proportie normaal spraakverstaan in de geobserveerde groep (in het voorbeeld: 0,40)
- n \equiv aantal personen in de geobserveerde groep
- σ \equiv standaarddeviatie van P in de geobserveerde groep
- z \equiv standaardnormaalafwijking
- σ $\equiv \sqrt{\eta(1-\eta)/n}$
- z $\equiv (\eta - P) / \sigma$

indien $1,28 \leq z < 1,65$ dan $p \leq 0,10$

indien $1,65 \leq z < 2,33$ dan $p \leq 0,05$

indien $z \geq 2,33$ dan $p \leq 0,01$

De significantie wordt berekend per leeftijdsklasse.

Nawoord

In vergelijking met de gebruikelijke methode met groepsaudiogrammen heeft de hierboven beschreven methode de volgende voordelen:

- de berekeningen zijn ook zonder geautomatiseerde gegevensverwerking met een aanvaardbare tijdsinvestering uit te voeren. Men heeft niet meer nodig dan de individuele toonaudiogrammen, een pocket-calculator en pen en papier;
- de wijze van presentatie van de resultaten brengt de boodschap duidelijk over bij de doelgroepen: werkgevers en werknemers.

Daar staan de volgende nadelen tegenover:

- met deze methode kunnen beginnende gehoorverliezen door lawaai niet opgespoord worden. Met groepsaudiogrammen kan dit wel;
- Deze methode is ook niet geschikt voor specifiekere vraagstellingen, zoals longitudinaal onderzoek of onderzoek naar het verband tussen dienstjaren en gehoorverliezen.

In de schriftelijke rapportages van de RBB wordt deze methode daarom altijd gebruikt naast andere methodes voor audio-groepsonderzoek. Het op zichzelf gebruiken van de beschreven methode lijkt met name interessant voor BGD'en die nog weinig ervaring hebben met audio-groepsonderzoek en die hier toch iets aan willen doen, zonder dat dit direct leidt tot grote investeringen in menskracht en/of middelen.

Verdere vragen of reacties naar aanleiding van gebruik van deze methode zijn van harte welkom.

Correspondentieadres:
Bedrijfsgezondheidsdienst RBB
t.a.v. Drs. J.L. Leijten
postbus 20012
2500 EA 's-Gravenhage
tel. 070-729446

Noten

1. De gegevens van ISO 7029 komen overeen met de database A van ISO/DIS 1999.2

2. Deze alternatieve klasseindeling is gebaseerd op: $HL_{(2-4)} = 0,69 * HL_{(4)} - 0,9$ dB, $r = 0,95$.
(Bron: persoonlijke communicatie Smoorenburg)

Literatuur

- Brakshoofden e.a. (1987); Bedrijfsaudiometrie als onderdeel van een gehoorbeschermingsprogramma, Tijdschrift voor Bedrijfsaudiometrie, 12e jaargang, nr. 1.
- ISO 7029 (1984); Acoustics - Threshold of hearing by air conduction as a function of

age and sex for otologically normal persons.

- ISO/DIS 1999.2 (1985); Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.

- Passchier-Vermeer e.a. (1988); Integrale gehoorbeschermingsprogramma's (Handleiding voor de bedrijfsgezondheidszorg), Directoraat-Generaal van de Arbeid, S 36.

- Smoorenburg & van Golstein Brouwers (1986); Spraakverstaan in relatie tot het toonaudiogram bij slechthorendheid ten gevolge van lawaai, IZF-TNO, Soesterberg.