

ACTIEVE GELUIDREDUCTIE, EEN MIDDEL TEGEN EEN OVERMATIGE DOSIS LAWAAI

Waarom (actieve) geluidreductie?

Om de kans op gehoorbeschadiging te verkleinen voor mensen die werken in een omgeving met een (te) hoog lawaainiveau wordt over het algemeen eerst getracht de geluidbron zelf of de geluidoverdracht aan te pakken. Dit blijkt echter niet altijd mogelijk vanwege technische beperkingen of de kosten. Om in deze gevallen het lawaai toch op een aanvaardbaar niveau te brengen kan bij de luisteraar het oor worden afgeschermd met een gehoorbeschermer. Bij deze vorm van gehoorbescherming wordt het oor met een kunststof kap en afdichting geïsoleerd van de omgeving. Ook kan in de oorschelp en gehoorgang een afscherming worden aangebracht met een oordopje. De geluidverzwakking die met deze middelen kan worden verkregen hangt af van een aantal fysische eigenschappen. Bij de kap is de afdichting op het hoofd, het volume onder de kap, het gewicht en de bekleding in de kap van belang. Over het algemeen wordt bij de lagere frequenties onder ca. 250 Hz een verzwakking verkregen van 10 à 15 dB, voor hoge frequenties boven 2000 Hz is de geluidverzwakking aanzienlijk meer en neemt toe tot 30 à 40 dB. De effectiviteit van een gehoorbeschermer

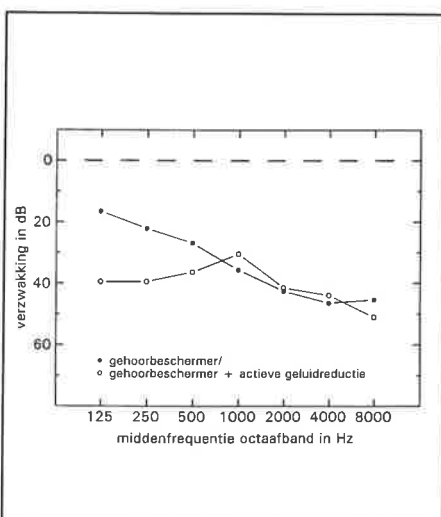


Fig. 1. Gemiddelde geluidverzwakking van een oorkap en totale geluidverzwakking van dezelfde oorkap maar voorzien van een actief geluidreductiesysteem.

door Dr. Ing. H.J.M. Steeneken* en Ing. R. Prevo**

hangt dus af van het frequentiespectrum van het geluid. In figuur 1 staat als voorbeeld de geluidverzwakking in deciBel voor een gangbaar type gehoorbeschermer (●-●). Veel geluidbronnen produceren echter hoge lawaainiveaus juist bij lage frequenties. Een voorbeeld hiervan is de verbrandingsmotor, met name de dieselmotor. Voor dit type lawaai is de effectiviteit van een gehoorbeschermer gering. Actieve geluidreductie geeft de mogelijkheid de geluidverzwakking van een (passieve) gehoorbeschermer juist bij de lage frequenties met 20-30 dB te vergroten (zie fig. 1, o-o). Dit geeft een welkome aanvulling aan de passieve verzwakking.

Hoe werkt actieve geluidreductie?

Een actief geluidreductiesysteem is gebaseerd op het toevoegen van een secundair geluid aan het primaire, te onderdrukken geluid. Als de golfvorm van beide signalen identiek is en qua polariteit tegengesteld, zal de resultante nul zijn. Dit principe werd reeds in 1936 door Lueg gepatenteerd maar kon niet worden gerealiseerd vanwege beperkte elektronische middelen. Recente ontwikkelingen in de elektro-akoestiek hebben het echter mogelijk gemaakt deze methode met succes toe te passen. Een actief geluidreductiesysteem bestaat meestal uit een regelcircuit zoals aangegeven in fig. 2. Een door de microfoon opgenomen positieve luchtdrukverandering wordt via de versterker en telefoon te niet gedaan door een overeenkomstige negatieve luchtdrukverandering, en omgekeerd wordt een negatieve verandering gecompenseerd door een positieve (dit principe is in fig. 3 schematisch weergegeven voor een sinusvormige luchtdrukverandering). Het

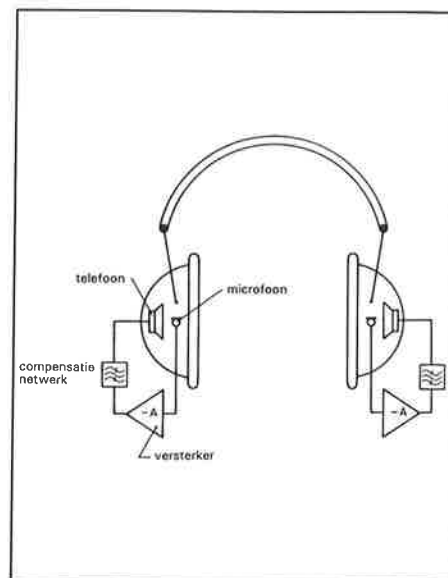


Fig. 2. Schematische voorstelling van een actief geluidonderdrukkend systeem opgenomen in de oorkap van een gehoorbeschermer.

regelmechanisme (tegengekoppeld circuit), lijkt eenvoudig, maar om een stabiel systeem te verkrijgen zijn hoogwaardige elektro-akoestische omzeters (microfoon en telefoon) vereist. Het is immers denkbaar dat voor bepaalde frequentiegebieden de compenserende geluidsgolf niet tegengesteld is (in tegenfase) maar juist de primaire geluidsgolf ondersteunt. In het uiterste geval wordt het systeem instabiel en oscilleert (het bekende 'rondzingen' van een versterkerinstallatie). Dit is de oorzaak van de praktische beperking tot lage frequenties (onder ca. 1000 Hz) bij een actief geluidreductiesysteem.

Wat is bereikt?

Het is een aantal laboratoria gelukt een redelijk functionerend systeem samen te stellen. De stabiliteit van sommige van deze systemen was matig, terwijl de extra geluidverzwakking bij de gehoorgang maximaal 10 à 20 dB bedroeg. Bij recente systemen wordt een onderdrukking van

* Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg
 ** Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO, 's Gravenhage
 Artikel ontvangen april 1993.

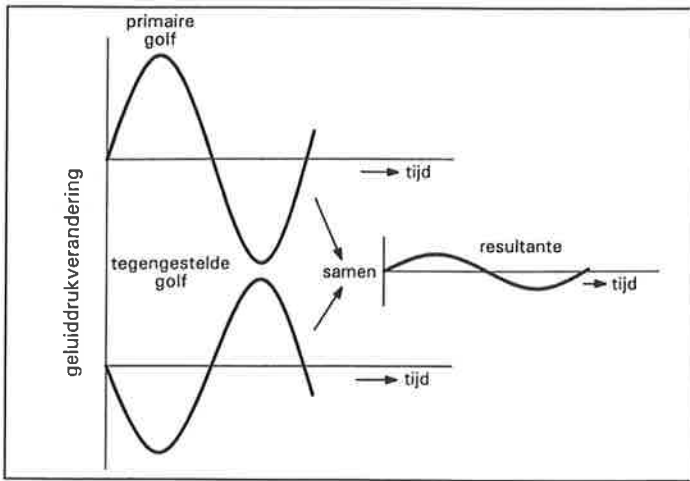


Fig. 3. Aan een primaire geluidgolf wordt een tweede geluidgolf toegevoegd. De tweede golf is echter tegengesteld qua polariteit, daardoor zal de resultante een kleinere amplitude (vertikale uitwijking) hebben dan de beide oorspronkelijke golven. Vanwege de eenvoud is dit voorbeeld gebaseerd op sinusvormige signalen.

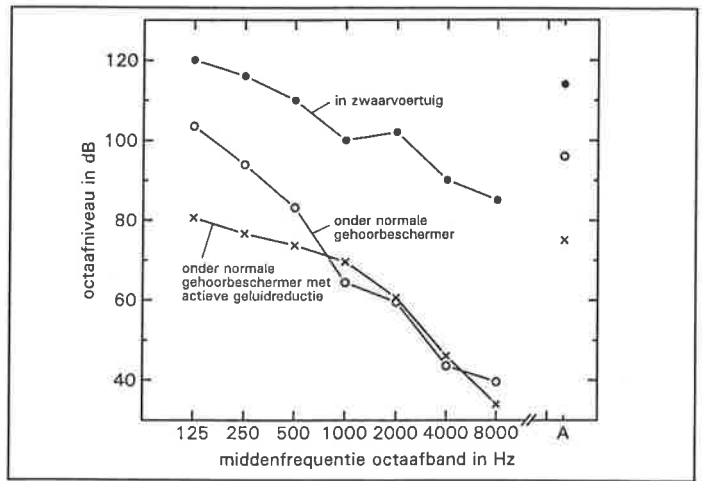


Fig. 4. Het geluidsspectrum van een zwaar voertuig, gemeten in octaafbanden, rijdend met ca. 70 km/h, wordt beschreven met de curve. Het bijbehorende geluidniveau bedraagt 114 dBA (dit niveau is gecorrigeerd voor de frequentie afkankelijke gevoeligheid van het gehoororgaan via een zgn. A-weging, het dBA niveau). Door het toepassen van

een gehoorbeschermer wordt het geluid bij het oor van de bestuurder verzwakt zoals curve aangeeft. Het bijbehorende niveau bedraagt 96 dBA. Door toepassing van een actief onderdrukkend systeem wordt het octaafspectrum nabij de gehoorgang gegeven volgens X-X. Het niveau bedraagt nu 75 dBA.

ca. 20 dB bereikt. Dit hangt overigens af van de plaats waar de onderdrukking wordt gemeten.

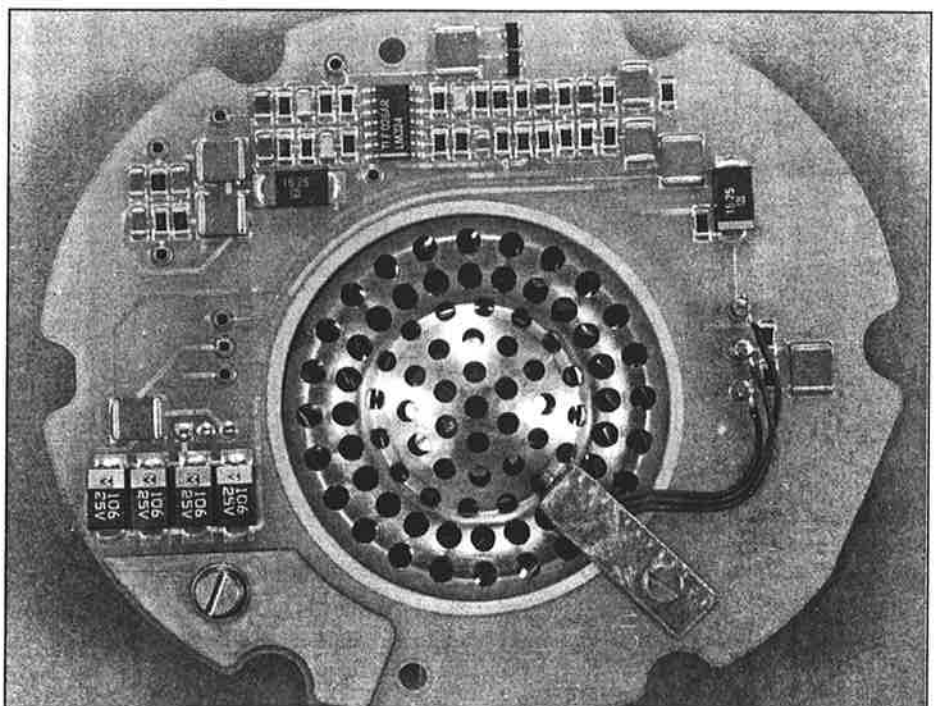
Om de bijdrage van actieve geluidonderdrukking te illustreren is in figuur 4 een voorbeeld gegeven van het lawaai van een dieselmotor, gemeten bij het oor van de luisteraar (••). De getrokken lijn met open meetpunten geeft het lawaai bij het oor van de luisteraar bij gebruik van een passieve gehoorbeschermer. Het maximale geluidniveau, gemeten via een A-weging¹, neemt af van 114 dBA naar 96 dBA, een niveau waarbij de kans op gehoorbeschadiging nog zeer groot is. Het toevoegen van de actieve onderdrukking (lijn met kruisjes) doet het lawaainiveau in deze situatie verder afnemen tot 75 dB(A). Tegenwoordig wordt gestreefd naar een maximaal niveau van 80 dBA voor een expositieduur van 40 uur per week. Behalve dat de kans op gehoorbeschadiging is weggenomen, zal ook de kwaliteit, met name de verstaanbaarheid, van spraakcommunicatie toenemen. We kunnen voor het communicatiesysteem

gebruik maken van dezelfde telefoon als voor de actieve onderdrukking wordt gebruikt. In het laboratorium is vastgesteld dat, afhankelijk van het type stoorlawaai, de verstaanbaarheid kan toenemen van onverstaabaar tot redelijk verstaanbaar.

Recent zijn enige gehoorbeschermers, zoals hierboven beschreven, door het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO en het Fysisch en Elektronisch Laboratorium TNO ontwikkeld. Hierbij ging het er om een bestaande gehoorbeschermer met

ingebouwd communicatie-systeem, voor toepassing bij hoge lawaainiveaus, uit te breiden met een actieve geluidonderdrukker. Dit systeem is gerealiseerd in de vorm van een elektronische schakeling die met de microfoon en de telefoon (gemonteerd op een plaat met gedrukte bedrading, zie fig. 5) in elke oorschelp van de gehoorbeschermer kan worden

Fig. 5. Het actieve geluidreductiesysteem gereed voor montage in een oorkap.



¹ De zgn A-weging is gebaseerd op de frequentieafhankelijkheid van het gehoororgaan. Het meten van de geluiddruk via een dergelijke weging geeft een uitkomst die is gerelateerd aan de (subjectieve) luidheid van een geluid. Ook wordt met de A-weging de kans op gehoorbeschadiging door een bepaald geluid beter voorspeld.

gemonteerd. De behaalde maximale verzwakking van dit systeem was bij lage frequenties ca. 30 dB. Dit is 10 tot 15 dB hoger dan elders is bereikt. Omdat het dragen van gehoorbeschermers bezwaren heeft (combinatie met een veiligheidshelm, irritatie bij warm weer en het gewicht) is een logische voortzetting van deze ontwikkeling het toepassen van actieve geluidreductie in een oordopje of een otoplastiek. Op dit moment wordt aan een dergelijk systeem gewerkt waarbij ook aspecten als gering stroomverbruik (batterijen), integratie met een communicatie systeem en combinatie met een (motor)helm een rol spelen.

Conclusies

Met een actief geluidonderdrukkend systeem kan de beperkte geluidverzwakking van een normale gehoorbeschermer bij de lagere

frequenties worden verbeterd met meer dan 15 dB.

Het is mogelijk gebleken met moderne transducers een systeem te vervaardigen waarmee een geluidverzwakking van maximaal 30 dB wordt verkregen voor frequenties onder de 400 Hz.

Als het actieve systeem is samengebouwd met een intercom wordt bij sterk omgevingslawaai tevens een aanzienlijke verbetering van de spraakverstaanbaarheid verkregen.

Summary

ACTIVE NOISE REDUCTION

The article describes a method to increase the sound attenuation of hearing protectors at low frequencies.

The sound attenuation of an ear protector or a headset can be increased by the application of an Active Noise Reduction (ANR) system. The increase of the sound

attenuation is mainly obtained for frequencies below 500 Hz. In this region, the passive sound attenuation is normally low (5-15 dB) and insufficient to give adequate hearing protection for low-frequency noise sources, such as diesel engines etc.

A system for use in a tankdriver's helmet was developed. Results obtained with this system are described.

Literatuur

Carme Ch.: Réduction active du bruit dans les cavités auditives. Méthode et algorithmes de calcul. Journal de Mécanique Théorique et Appliquée 1987 (6) 135-160.

Lueg P.: Proces of silencing sound oscillations. US Patent 1936 no. 2043416.

Olson H.F., May E.G.: Electronic sound absorber. J Acoust Soc Am 1953 (25) 1130-1136.

Steeneken H.J.M.: Actieve geluidonderdrukkende systemen. Rapport IZF 1983-8, TNO Instituut voor Zintuigfysiologie, Soesterberg.

Steeneken H.J.M., Prevo R., Agterhuis E., Van Blitterswijk A.: Development of an active noise reduction system for hearing protection and speech intelligibility improvement. Report IZF 1992 A8, Institute for Human Factors TNO, Soesterberg.

DE VLIETRAMP IN DE BIJLMERMEER

Een analyse van de reddingsoperatie, in het bijzonder met betrekking tot de brandwondslachtoffers

Inleiding

Op zondag 4 oktober 1992 verongelukte een Boeing 747 vrachtvliegtuig kort na vertrek van de luchthaven Schiphol. Het toestel kwam neer tegen een flatgebouw van 10 verdiepingen in Amsterdam Zuidoost (de Bijlmermeer). Bij de botsing werden 27 appartementen in dit gebouw volledig verwoest. Doordat in deze appartementen vrij veel personen woonden of verbleven die niet in het bevolkingsregister van de gemeente Amsterdam waren ingeschreven, is het juiste aantal mensen dat ter plaatse overleed niet met zekerheid vast komen te staan. Aangenomen wordt dat ongeveer 50 personen zijn omgekomen. In diverse ziekenhuizen in Amsterdam werden in totaal 36 patiënten behandeld, waarvan er 16 uiteindelijk werden opgenomen. In dit artikel wordt de respons van de medische diensten beschreven, met de nadruk op de opvang en de behandeling van patiënten met uitgebreide brandwonden. Aangezien tot heden geen gedetailleerde informatie over de algemene medische respons is

door **D.P. Mackie, F.R.C.A.***,
luitenant ter zee-arts 2 OC
(KMR) H.J. Hoekstra** en
drs. E.C. Kuijper*

gepubliceerd kan het zijn dat sommige gegevens, zoals die door de auteurs worden gepresenteerd - hoewel een hunner daadwerkelijk bij de reddingswerkzaamheden betrokken was - niet geheel juist zijn. Hoewel het aantal gewonden uiteindelijk beperkt bleek, was de rampenopvang - naar onze mening terecht - op grootschalige wijze gestart. De algemene beschrijving van de gebeurtenissen na de ramp kan een goede indruk geven over de effectiviteit van de bestaande rampenplannen in Nederland.

Bestaande plannen

Nederland is een zeer dicht bevolkt land met een uitgebreide infrastructuur. Plannen voor rampen van enige omvang zijn daarom gebaseerd op de aanname dat

onder normale omstandigheden een snelle toegang aanwezig is tot goede en voldoende ziekenhuisfaciliteiten. Directe assistentie van de zijde van de militaire geneeskundige diensten is hierbij (nog) geen standaardprocedure, maar zou - bijvoorbeeld bij een aanzienlijke verstoring van de infrastructuur - zeker noodzakelijk kunnen zijn.

Ambulancedienst

De ambulancedienst is verantwoordelijk voor de eerste beoordeling van een ongeval en het aantal gewonden dat bij een ongeval betrokken is, alsmede voor het transport naar een ziekenhuis. In geval van een "ramp" wordt de beschikbaarheid van wagens en personeel verder gecoördineerd via een netwerk van regionale controleposten (CPA's). De rampen-scenario's zijn in het algemeen goed geoefend en vanuit het hele land

* Anesthesioloog, Rode Kruis Ziekenhuis Beverwijk.

** Medisch directeur Nederlandse Brandwonden Stichting.
Artikel ontvangen april 1993.