

TNO-rapport
97.011

Geluidmaten voor Nederlands beleid - een discussiestuk-

TNO Preventie en Gezondheid
Divisie Collectieve Preventie

Wassaarseweg 56
Postbus 2215
2301 CE Leiden

Telefoon 071 5 18 18 18
Fax 071 5 18 19 20

auteur:
H.M.E. Miedema

datum:
mei 1997

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO, dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 1997 TNO



Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van f 21,- (incl. BTW) op postbankrekeningnr. 99.889 ten name van het TNO-PG te Leiden onder vermelding van bestelnummer 97.011.

INHOUD	PAGINA
1. INLEIDING	1
2. EEN VALIDE GELUIDMAAT	2
3. CRITERIA VOOR DE KEUZE VAN GELUIDMATEN	4
4. L_{Aeq} ALS BASIS	6
4.1 Beschrijving van momentane niveaus in het L_{Aeq}	7
4.2 Beschrijving van gebeurtenissen in het L_{Aeq}	8
4.3 Combinatie van gebeurtenissen in het L_{Aeq}	10
4.4 Combinatie L_{Aeq} 's tot een jaar L_{Aeq}	11
5. OPTIES BIJ DE KEUZE VAN GELUIDMATEN	12
6. AANBEVELINGEN	21
LITERATUUR	23

1. INLEIDING

Geluidmaten zijn er vele. Wie in definities en besprekingen geïnteresseerd is, kan nog steeds het beste Schultz (1982) raadplegen. Verschillende geluidmaten geven een ander antwoord op vragen als 'Hoe moet het niveau van momentaan geluid beschreven worden?', 'Hoe moet het niveau van een geluidgebeurtenis beschreven worden?', 'Wat heeft een gunstiger effect: afname van het niveau per gebeurtenis of afname van het aantal gebeurtenissen?', 'Zijn stille perioden van groot belang in relatie tot geluidhinder?' en 'Heeft geluid 's avonds of 's nachts een negatievere uitwerking dan overdag?', enz. Een beknopte bespreking van geluidmaten die in de EU gebruikt worden, is te vinden in een recent verschenen document van DG XI (1996). Samenvattend maakt dit duidelijk dat vooral maten op basis van L_{Aeq} 's voor delen van het etmaal worden gebruikt, behalve voor vliegverkeer. Voor vliegverkeer is de heterogeniteit in gebruikte geluidmaten het grootst.

Met 'geluidmaat' wordt hier bedoeld een samenvatting van gegevens over geluid in en om een woning. Een geluidmaat is dus een samenvatting van gegevens over het fysische verschijnsel geluid. In de volgende paragraaf zal aan de orde komen dat de wijze van samenvatten gestuurd wordt door de perceptie van geluid en effecten die het op de mens heeft. Het gaat hierbij om de mens in zijn directe woonomgeving. Geluidbelastingen waaraan men elders blootstaat, worden niet verdisconteerd in de geluidmaten die hier aan de orde zijn.

Om de keuze van geluidmaten ten behoeve van toekomstig geluidbeleid in Nederland te ondersteunen, worden eerst criteria genoemd die voor deze keuze van belang zijn (paragrafen 2 en 3). Vervolgens wordt ingegaan op L_{Aeq} als basis voor geluidmaten (paragraaf 4). Zeven alternatieve sets geluidmaten worden besproken aan de hand van de uiteengezette criteria (paragraaf 5). Tenslotte worden aanbevelingen samengevat (paragraaf 6).

Het voorliggende rapport is geen literatuurstudie en heeft niet tot doel een overzicht te bieden van alle beschikbare informatie die relevant is voor de te maken keuzen. Doel van het geven van criteria, het bespreken van L_{Aeq} als basis voor geluidmaten en het naast elkaar zetten van zeven alternatieven is het uitzetten van een traject waarlangs op systematische wijze een keuze ten aanzien van geluidmaten bereikt kan worden.

2. EEN VALIDE GELUIDMAAT

Beleid heeft behoefte aan een geluidmaat die een indicatie geeft van de ongewenste effecten van geluid op de mens. Een maat moet een lage waarde aannemen als geluid weinig of geen ongewenste effecten heeft, en een hoge waarde als er sterke negatieve effecten optreden. Beleid kan zich dan richten op het voorkomen of omlaag brengen van hoge geluidbelastingen, beschreven in termen van de geluidmaat. Een dergelijke geluidmaat wordt valide genoemd. Is een gebruikte geluidmaat niet valide omdat de relatie met de ongewenste effecten zwak is, dan kunnen kosten en moeite gestoken worden in het reduceren van de verkeerde (aspecten van) geluidbelastingen. Het rendement, in termen van reductie van ongewenste effecten in verhouding tot de inspanning, is dan niet optimaal.

Hinder en slaapverstoring zijn de meest voorkomende negatieve effecten van geluid in de woonomgeving. In een advies van de Gezondheidsraad (1994) is voor een aantal effecten de evidentie voor het bestaan van een causale relatie met geluidbelasting geëvalueerd. Indien er voldoende evidentie voor een dergelijke relatie was, is per effect vastgesteld wat de drempel is vanaf waar het effect in onderzoek waargenomen is. Tabel 1 is gebaseerd op tabel 1 uit genoemd advies. Duidelijk is dat hinder en slaapverstoring de laagste drempel hebben. De waarnemingsdrempel voor andere effecten met voldoende evidentie (hypertensie en ischaemische hartziekten) is zo hoog dat situaties waarin ze optreden, reeds vanwege optredende hinder en eventueel slaapverstoring over het algemeen als zeer ongewenst gezien zullen worden. Bovendien is het voor hypertensie en ischaemische hartziekten aannemelijk dat ze tot stand komen via het optreden van hinder en slaapverstoring.

Omdat hinder en slaapverstoring de laagste drempel hebben, is er behoefte aan geluidmaten die een indicatie geven voor deze twee effecten. Een geluidmaat die wordt gebruikt als indicator voor hinder, wordt hier een hindermaat genoemd. Een geluidmaat die wordt gebruikt als indicator voor slaapverstoring, wordt hier een slaapverstoringmaat genoemd. Het gaat dus in beide gevallen om geluidmaten en de naam verwijst naar het effect waar de geluidmaat een samenhang mee zou moeten vertonen.

Tabel 1 Per effect een beoordeling van de evidentie voor een causale relatie met blootstelling aan omgevingsgeluid in de woonomgeving, de situatie waarvoor de relatie onderzocht is, de maat waarmee de blootstelling beschreven is, de drempel waarboven het effect is vastgesteld en de aanduiding of dit een waarde binnen of buiten is. (bron: Gezondheidsraad, 1994: tabel 1)

	bewijs	waarnemingsdrempel (in dB(A))		
		maat	waarde	binnen/buiten
<u>hypertensie</u>	voldoende	$L_{Aeq}(6-22h)$	70	buiten
		$L_{Aeq}(6-22h)$	70	buiten
<u>ischaemische hartziekten</u>	voldoende	$L_{Aeq}(6-22h)$	70	buiten
		$L_{Aeq}(6-22h)$	70	buiten
<u>hormoonstelsel</u>	beperkt			
<u>immuunstelsel</u>	beperkt			
<u>geboortegewicht</u>	beperkt			
<u>aangeboren afwijkingen</u>	geen effect			
<u>psychiatr. stoornissen</u>	beperkt			
<u>hinder</u>	voldoende	L_{dn}	42	buiten
<u>psycho-sociaal welzijn</u>	beperkt			
<u>slaapverstoring</u>				
slaappatroon	voldoende			
ontwaakreacties	voldoende	SEL	60	binnen
slaapstadia	voldoende	SEL	35	binnen
subj. slaapkwaliteit	voldoende	$L_{Aeq}(nacht)$	40	buiten
hartslag	voldoende	SEL	40	binnen
hormoonstelsel	beperkt			
immuunstelsel	gebreektig			
stemming vlgnd dag	voldoende	$L_{Aeq}(nacht)$	<60	buiten
prestatie volgende dag	beperkt			
<u>prestatie</u>	beperkt			

3. CRITERIA VOOR DE KEUZE VAN GELUIDMATEN

Naast validiteit is een aantal andere punten van belang. Een aantal van de volgende criteria heeft te maken met validiteit, een aantal met uniformiteit in de beoordeling van geluidbelastingen en een aantal met conformiteit ten aanzien van voorstellen die door de EU zijn gedaan respectievelijk de huidige praktijk in Nederland.

één benadering voor beide effecten (uniformiteit)

Hindermaten hebben betrekking op het gehele etmaal. Soms wordt het etmaal opgedeeld in perioden en is een hindermaat een combinatie van een maat voor geluid tijdens de nacht en een maat voor geluid uit andere perioden. Bijvoorbeeld, L_{dn} is gebaseerd op $L_{Aeq}(22-7h)$ en $L_{Aeq}(7-22h)$, en L_{em} is gebaseerd op $L_{Aeq}(23-7h)$, $L_{Aeq}(7-19h)$ en $L_{Aeq}(19-23h)$. Ook $L_{Aeq}(24h)$ is te zien als een combinatie van de L_{Aeq} 's voor een dag- en voor een nachtperiode (waarbij de grenzen tussen dag en nacht overal kunnen worden gelegd).

Uniformiteit wordt bevorderd als in verband met slaapverstoring de geluidmaat voor de nacht gebruikt wordt die in de hindermaat is opgenomen. Dus, als L_{em} in relatie tot hinder wordt gebruikt, is het eenvoudig in relatie tot slaapverstoring $L_{Aeq}(23-7h)$ te gebruiken (dezelfde nachtperiode). Een andere eenvoudige combinatie is L_{dn} voor hinder en $L_{Aeq}(22-7h)$ voor slaapverstoring (dezelfde nachtperiode).

één benadering voor alle bronnen (uniformiteit)

Uniformiteit wordt bevorderd door voor de verschillende vormen van transport (wegverkeer, railverkeer, scheepvaart en vliegverkeer) en voor verschillende stationaire bronnen (bv. bedrijven, rangeerterreinen, havenactiviteiten, grondactiviteiten op een luchthaven en schietterreinen) dezelfde maat te gebruiken.

hindermaat gevoelig voor geluid in elk deel van het etmaal (validiteit)

Dit punt wordt toegelicht in de volgende paragraaf bij de vergelijking van L_{em} met andere op L_{Aeq} 's voor deelperioden gebaseerde maten.

één geluidbelastingswaarde = één effectniveau (uniformiteit)

Uniformiteit wordt bevorderd door een vaste correspondentie voor verschillende geluidbronnen tussen getalswaarden van een geluidmaat en niveaus van een ongewenste effect. Alleen dan zijn getalsmatig gelijke grenswaarden in termen van die maat even streng of tolerant ten aanzien van het toelaten van het ongewenste effect.

hindermaat gevoelig voor geluidluwe zijde (validiteit)

Er zijn aanwijzingen dat hinder mede bepaald wordt door het al dan niet aanwezig zijn van een geluidluwe zijde (Miedema, 1992). Zo zal men in een woning met een belasting aan de ene zijde van $L_{dn} = 65$ dB(A) en aan de andere zijde $L_{dn} = 50$ dB(A) minder hinder ondervinden dan wanneer aan beide zijden de belasting $L_{dn} = 65$ dB(A) is. De validiteit van een hindermaat wordt dus vergroot door naast het geluid aan de meest belaste gevel ook het geluid aan de minst belaste gevel in rekening te brengen.

hindermaat gevoelig voor geluidisolatie (validiteit)

De hinder wordt mede bepaald door de geluidwering van de buitengevel. Zo zal men bij hoge belasting buiten in een goed geïsoleerde woning minder hinder ondervinden dan in een slecht geïsoleerde woning. De validiteit van een hindermaat wordt dus vergroot door naast het geluid buiten ook het geluid binnen in rekening te brengen.

hindermaat gevoelig voor geluid van combinaties van bronnen (uniformiteit)

Uniformiteit wordt bevorderd als niet alleen geluid van individuele bronnen, maar ook geluid van combinaties van bronnen met dezelfde maat beoordeeld kan worden. Dit punt is van aanzienlijk belang omdat het gecombineerd voorkomen van geluidbronnen eerder regel dan uitzondering is.

conform EU voorstellen (conformiteit)

Vanuit internationaal perspectief wordt uniformiteit bevorderd als verschillende landen dezelfde maten hanteren. Aansluiting bij keuzen in internationaal verband en met name in EU verband is als afzonderlijk criterium van belang voor de keuze van een geluidmaat. Recent zijn twee documenten vanuit DG VII (1996) respectievelijk DG XI (1996) met voorstellen voor harmonisatie van geluidmaten verschenen. Deze voorstellen (DG VII, 1996: pp. 7-8; DG XII, 1996: pp. 21-22) laten nog ruimte voor discussie open. Geluidmaten die niet te ver van genoemde voorstellen afstaan, kunnen in de Europese discussie die naar verwachting op basis van genoemde documenten gevoerd zal worden, een rol spelen.

conform huidige praktijk in NL (conformiteit)

Een laatste criterium is continuïteit met de bestaande praktijk in Nederland. Met de huidige geluidmaten is veel ervaring opgedaan. Er zijn meet- en rekenvoorschriften voor ontwikkeld en op basis daarvan is geïnvesteerd in meetapparatuur en software. Verder zijn zoneringen op basis van de huidige maten vastgesteld en maatregelen daarop afgestemd. Dit alles is reden om zoveel als mogelijk aan te sluiten bij de bestaande praktijk.

4. L_{Aeq} ALS BASIS

Wereldwijd worden geluidmaten gedefinieerd in termen van L_{Aeq} 's het meest gebruikt. L_{Aeq} is het 'energetisch' gemiddelde van de geluidniveaus in een periode. In de meeste van deze maten wordt het L_{Aeq} voor één of meer delen van het etmaal verhoogd met een straffactor en wordt het resultaat voor de verschillende etmaalperioden gecombineerd. Hierbij wordt een middeling toegepast. De maten verschillen in de perioden die worden onderscheiden en de hoogte van de straffactoren. In L_{dn} worden een dag van 7 tot 22h en een nacht van 22 tot 7h onderscheiden en is er een straffactor van 10 dB(A) voor de nacht. $L_{Aeq}(24)$ is te zien als een bijzonder geval in deze groep. Dit is het L_{Aeq} voor het gehele etmaal zonder straffactor.

L_{ctm} is ook een maat op basis van L_{Aeq} 's voor deelperioden, maar de wijze waarop deze gecombineerd worden is afwijkend. L_{ctm} is gedefinieerd als de hoogste van $L_{Aeq}(7-19h)$, $L_{Aeq}(19-23h) + 5$ en $L_{Aeq}(23-7h) + 10^*$. Het verschil met maten als L_{dn} is dat L_{ctm} een maximum over deelperioden neemt en niet een gemiddelde.

Een consequentie van de definitie van L_{ctm} als maximum over drie perioden is dat het geluidniveau in een periode niet van invloed is op L_{ctm} zolang het L_{Aeq} voor die periode verhoogd met straffactor (0, 5 of 10 dB(A)) niet het maximum is. Dus, L_{ctm} in een situatie met een relatief stille nacht verandert niet als de nacht lawaaiiger wordt, zolang het L_{Aeq} van de nacht minstens 10 dB(A) onder het L_{Aeq} van de dag blijft. In getallen betekent dit bijvoorbeeld dat het niet uitmaakt of het L_{Aeq} in de nacht (23 tot 7h in dit geval) 45 of 55 dB(A) is als het L_{Aeq} overdag (7 tot 19h) 65 dB(A) is. Omdat het voor de ondervonden hinder in een dergelijk geval naar verwachting wel uitmaakt wat het niveau tijdens de nacht is, pleit dit kwalitatief gezien tegen L_{ctm} .

Omdat L_{dn} en verwante maten als gemiddelde zijn gedefinieerd, heeft het L_{Aeq} van elke deelperiode invloed op de eindwaarde van deze maten. Kwalitatief gezien pleit dit voor een maat als L_{dn} . Echter, of de verschillen tussen L_{ctm} en L_{dn} kwantitatief voldoende zijn om te pleiten voor gebruik van een maat als L_{dn} in plaats van L_{ctm} in de praktijk, zou nader onderzocht moeten worden. De invloed van het geluid in deelperioden van het etmaal op de eindwaarde van een geluidmaat komt verder aan de orde in paragraaf 6.

L_{Aeq} gaat uit van het A-gewogen geluidniveau voor het momentane geluid en, in gevallen waarin het geluid uit afzonderlijke geluidgebeurtenissen is opgebouwd, van SEL per gebeurtenis. De keuzen voor het A-gewogen geluidniveau en voor SEL, die ten grondslag liggen aan het L_{Aeq} , worden besproken in

* De huidige definitie van L_{ctm} voor wegverkeer is afwijkend. Dit is hier niet van belang, maar komt in paragraaf 5 aan de orde.

de volgende twee deelparagrafen. Daarna wordt ingegaan op de wijze waarop het L_{Aeq} SEL-waarden combineert en op de wijze waarop L_{Aeq} 's voor etmalen of delen daarvan over een jaar worden gecombineerd.

4.1 Beschrijving van momentane niveaus in het L_{Aeq}

Geluid van omgevingsbronnen bevat bijdragen uit verschillende frequentiegebieden. Naarmate hogere frequenties relatief sterker bijdragen, klinkt geluid hoger en scherper. In het L_{Aeq} worden de bijdragen uit verschillende frequentiegebieden gecombineerd tot één waarde door bepaling van het A-gewogen geluidniveau (L_A in dB(A)). Hierbij worden de bijdragen uit de verschillende frequentiegebieden gewogen opgeteld:

$$L_A = 10 \lg (\sum_i b_i x_i),$$

waarin $x_i = 10^{L_i/10}$ met L_i het geluidniveau in band i en $b_i = 10^{A_i/10}$ met A_i een gestandaardiseerde waarde voor band i .

Buiten Nederland soms gebruikte alternatieven voor het A-gewogen geluidniveau zijn het C-gewogen geluidniveau en het 'Perceived Noise Level' (PNL). Het C-gewogen geluidniveau is vergelijkbaar met het A-gewogen geluidniveau, maar er worden andere gewichten gebruikt (de lagere frequenties wordt een groter gewicht gegeven). Het wordt wel gebruikt voor schietgeluid. Voor PNL wordt een ingewikkelder combinatieregel gebruikt. Het PNL werd toegepast in maten voor vliegtuiggeluid, ondermeer in Groot-Brittannië en Frankrijk

Het C-gewogen geluidniveau en PNL zijn voor specifieke geluidsoorten toegepast (zware wapens, explosies respectievelijk vliegtuiggeluid). Toepassing voor andere typen geluid zoals wegverkeersgeluid, is nooit onderzocht. Alle maten in Nederland en de door de EU voorgestelde maten gaan uit van het A-gewogen geluidniveau. Er is geen evidentie dat met PNL hinder of slaapverstoring beter te voorspellen zijn dan met het A-gewogen geluidniveau. De noodzaak van toepassing van C-weging in specifieke gevallen zou verder uitgezocht moeten worden.

Een nadere beschouwing

Een geheel andere methode voor de beschrijving van momentaan geluid is de procedure van Zwicker. Deze is evenals eerder genoemde maten internationaal gestandaardiseerd en er is automatische meetapparatuur voor beschikbaar. De methode incorporeert inzichten over kenmerken van de

luidheidwaarneming, bijvoorbeeld over de combinatie van bijdragen uit frequentiebanden en het belang daarbij van kritische bandbreedtes, beter dan het A-gewogen geluidniveau.

In experimenten waarin de luidheid beoordeeld werd, geeft de procedure van Zwicker over het algemeen betere resultaten dan het A-gewogen geluidniveau. Grosso modo zijn de verschillen tussen de resultaten met Zwicker's procedure en het A-gewogen niveau echter niet groot. Daar zijn echter uitzonderingen op.

Fastl (1981) laat bijvoorbeeld zien dat Zwicker's methode vrijwel correct aangeeft wanneer een 1000 Hz toon even luid is als een breedbandige ruis, terwijl gebruik van het A-gewogen niveau leidt tot een onderschatting met 15 dB van het voor die toon benodigde niveau. Zwicker (1980) geeft een voorbeeld uit de praktijk. Het betreft het geluid van bromfietsen. Hij laat zien dat een passage van 87 dB(A), met een duidelijke top in het frequentiespectrum, volgens zijn methode minder luid is dan een passage van 84 dB(A) met een vlakker spectrum. De even luide 1000 Hz toon voor de eerste passage is 96 dB(A), die voor de tweede hoger, namelijk 99 dB(A). Dus de eerste passage heeft een 3 dB(A) hoger A-gewogen geluid niveau dan de tweede, maar de gelijk luide 1000 Hz toon is 3dB(A) lager.

4.2 Beschrijving van gebeurtenissen in het L_{Aeq}

In veel geluidbelastingen zijn afzonderlijke gebeurtenissen te onderscheiden, zoals passages van treinen of vliegtuigen, of knallen. In het L_{Aeq} worden de bijdragen van verschillende momenten tijdens een gebeurtenis 'opgeteld' tot één waarde door bepaling van het 'sound exposure level' (SEL in dB(A)):

$$SEL = 10 \lg \int_{t_1}^{t_2} x(t) dt,$$

waarin t_1 en t_2 het begin- en eindtijdstip van een gebeurtenis zijn en $x(t) = 10^{L_A(t)/10}$ met $L_A(t)$ het A-gewogen geluidniveau op tijdstip t in seconde.

L_{Amax} is het enige in praktijk toegepaste alternatief voor SEL dat eveneens uitgaat van het A-gewogen geluidniveau. Hiervoor wordt de hoogste waarde genomen die zich tijdens een gebeurtenis voordoet:

$$L_{Amax} = 10 \lg (\max_t x(t)),$$

waarin $x(t) = 10^{L_A(t)/10}$ met $L_A(t)$ het A-gewogen geluidniveau in tijdstip t . Bij L_{Amax} is het belangrijk aan te geven met welke integratietijd of tijdconstante het A-gewogen geluidniveau wordt bepaald. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door te specificeren of met meterstand 'slow', 'fast' of 'impuls' gemeten moet worden. Met name bij gebeurtenissen met een 'smalle piek' kan de L_{Amax} waarde substantieel verschillen bij verschillende meterstanden.

In Nederland wordt voor de op L_{Aeq} 's gebaseerde L_{cm} en B_{kl} uitgegaan van SEL, indien gebeurtenissen worden onderscheiden. Voor B (in Ke) voor de grote luchtvaart wordt uitgegaan van L_{Amax} , waarbij de integratietijd horend bij meterstand 'slow' wordt gebruikt. Daarnaast wordt voor schietgeluid dat onder de Circulaire schietlawaai valt, L_{Amax} gebruikt bepaald met meterstand 'impuls' om een grootheid aangeduid als L_r te bepalen. In genoemde circulaire wordt het maximum met meterstand 'impuls' aangeduid als L_{kmal} . Op Europees niveau wordt in het voorstel van DG VII de keuze tussen SEL en L_{Amax} open gelaten (DG VII, 1996: p. 8), maar wordt er op gewezen dat in de meeste EU-lidstaten SEL of L_{AE} (= SEL) wordt gebruikt. Het voorstel van DG XI sluit L_{Amax} uit door de keuze voor L_{Aeq} (DG XI, 1996: p. 21).

Er is geen evidentie dat met L_{Amax} hinder of slaapverstoring beter te voorspellen zijn dan met SEL (zie ook de nadere beschouwing hieronder). Op L_{Amax} gebaseerde maten zijn vooral ontwikkeld in relatie tot vliegverkeer en impulsgeluid, en niet of nauwelijks onderzocht in relatie tot bijvoorbeeld wegverkeer. Een keuze voor SEL past binnen EU voorstellen van DG VII en DG XI, terwijl een keuze voor L_{Amax} niet aansluit bij de voorstellen van DGXI. Een keuze voor SEL sluit aan bij het gebruik in Nederland van L_{cm} en B_{kl} , maar voor B (in Ke) en L_r (voor schietgeluid) is L_{Amax} de basis, in het eerste geval bepaald met meterstand 'slow' en in het tweede geval met stand 'impuls'.

Een nadere beschouwing

Er is geen evidentie dat met L_{Amax} hinder of slaapverstoring beter te voorspellen zijn dan met SEL. De implicatie van L_{Amax} dat de duur van een gebeurtenis hinder of slaapverstoring (bijvoorbeeld gemeten in kans op ontwaken) niet beïnvloedt, is onwaarschijnlijk. Anderzijds lijkt het maximale niveau wel een relatief grote invloed te hebben.

Wat beter is, somming zoals in SEL of het bepaling van het maximum zoals in L_{Amax} , is onderzocht in laboratoriumstudies waarin proefpersonen gevraagd werd gebeurtenissen te vergelijken. Het beeld dat naar voren komt, is dat een vergelijking qua luidheid vooral bepaald wordt door het maximum niveau tijdens de gebeurtenissen. Maar als naar 'noisiness' (= lawaaiigheid) gevraagd wordt, spelen ook de niet-maximale niveaus een rol. Dus de instructie aan de proefpersonen over het aspect waarop vergeleken moet worden, bepaalt welke maat de uitkomst van de vergelijkingen het best voorspeld. Het is dan ook bijvoorbeeld denkbaar dat de niet-maximale niveaus een nog grotere rol spelen dan bij noisiness, als gevraagd wordt de stilte te vergelijken in twee intervallen waarin gebeurtenissen plaatsvinden. Ook eenvoudige voorbeelden suggereren dat niet alleen het maximum van belang is. Een extreem voorbeeld is een gebeurtenis waarvan het hoogste niveau enige tijd aanhoudt. Als het plateau tweemaal zo lang is zal zo'n gebeurtenis sterker bijdragen aan de hinder ondanks dat het maximum niet verandert.

Het meest waarschijnlijk lijkt dat de maximale niveaus van gebeurtenissen een grotere invloed op de hinder hebben dan afgeleid zou worden uit hun bijdrage aan een L_{Aeq} , maar dat dit niet zover gaat dat alleen de maxima van belang zijn.

4.3 Combinatie van gebeurtenissen in het L_{Aeq}

Om het L_{Aeq} voor een periode te bepalen worden de SEL-waarden voor de gebeurtenissen in die periode als volgt gecombineerd:

$$L_{Aeq} = 10 \lg (\sum_i x_i)/T,$$

waarin $x_i = 10^{SEL_i/10}$ met SEL_i de SEL-waarde voor gebeurtenis i is en T de duur van de beschouwde periode in seconde.

Er is geen in de praktijk gebruikt alternatief voor deze wijze van combineren van SEL-waarden.

Een nadere beschouwing

Een algemenere regel voor het combineren van SEL-waarden is:

$$L_{Aeq,a} = 10 \lg (\sum_i x_i^a)^{1/a}/T,$$

waarin x_i en T als boven en de parameter a een positieve waarde heeft. Met $a = 1$ wordt $L_{Aeq,a}$ gelijk aan L_{Aeq} . De keuze van de waarde van a is van groot praktisch belang. Veronderstel om dit duidelijk te maken, dat er N gebeurtenissen zijn die alle een gelijke SEL-waarde hebben zodat $x_i = x$. Dan:

$$L_{Aeq,a} = 10 \lg (N^{1/a}x)/T = 10 [\lg x + (1/a) \cdot \lg N - \lg T].$$

Stel dat het om vliegtuiggeluid gaat en dat het aantal overvluchten verdubbelt. Als $a = 1$, zoals bij L_{Aeq} , dan moet x halveren om $L_{Aeq,a}$ constant te houden. Dit betekent dat vliegtuigen 3 dB(A) stiller moeten worden, dat wil zeggen, de SEL-waarde per overvlucht moet 3 dB(A) omlaag. Echter, als $a > 1$, dan weegt het aantal overvluchten minder mee in de formule voor $L_{Aeq,a}$ en is een kleinere reductie van SEL voldoende. Daarentegen, als $a < 1$, dan weegt het aantal overvluchten juist zwaarder mee in de formule en is ter compensatie van een verdubbeling van het aantal overvluchten juist een reductie van SEL nodig groter dan 3 dB(A). In verband hiermee kan a gezien worden als de parameter die de trade-off tussen aantal gebeurtenissen en het SEL-niveau per gebeurtenis bepaalt.

Fields (1984) heeft aan de hand van de gegevens uit acht studies onderzocht welke waarde a zou moeten hebben in een formule als bovenstaande ($L_{Aeq,a} = 10 [\lg x + (1/a) \cdot \lg N - \lg T]$), maar met $x = 10^{L/10}$ en L het gemiddelde van de maximale PNL of L_A waarden. De beste schatting was een waarde groter dan 1, maar de spreiding tussen de schattingen op basis van de afzonderlijke studies was groot. Het kon niet statistisch significant aangetoond worden dat aan een waarde groter dan 1 de voorkeur gegeven zou moeten worden boven waarde 1. De resultaten van Fields zijn dus niet eenduidig en zijn

gezien het gebruik van gemiddelde maximale PNL of L_A waarden ook niet zonder meer relevant voor de keuze van a in de formule voor $L_{Aeq,a}$.

4.4 Combinatie L_{Aeq} 's tot een jaar L_{Aeq}

L_{Aeq} 's voor etmalen of delen daarvan kunnen worden gecombineerd tot een L_{Aeq} voor het totale jaar of een L_{Aeq} voor een etmaaldeel gedurende een jaar:

$$L_{Aeq}(\text{jaar}) = 10 \lg (\sum_i x_i)/365,$$

waarin $x_i = 10^{L_{Aeq,i}/10}$ met $L_{Aeq,i}$ de L_{Aeq} -waarde voor dag i .

In de praktijk wordt soms alleen een L_{Aeq} bepaald over de etmalen waarin een bron in werking is. Dit betekent dat in bovenstaande formule in plaats van 365 het aantal dagen komt te staan waarop een bron actief is. Een consequentie hiervan is dat concentratie van activiteiten in een beperkt aantal dagen 'bestraft' wordt met een hoger L_{Aeq} . Passchier-Vermeer (1994) laat zien dat bij een $L_{Aeq}(23-6h) = 27$ dB(A) voor alle nachten in een jaar tezamen, verschillen tussen realistische verdelingen van nachtvluchten over het jaar nauwelijks gevolgen hebben voor het verwachte aantal ontwaakreacties of slaapstadiumverschuivingen. Vos' (1992) resultaten suggereren dat concentratie van activiteiten gunstig is voor de hinder zolang daardoor op de geluidsdagen bepaalde niveaus niet worden overschreden. Dit pleit voor het hanteren van een $L_{Aeq}(\text{jaar})$ en niet een L_{Aeq} voor de periode waarin de bron actief is, mogelijk met uitzondering van zeer incidenteel werkende bronnen.

5. OPTIES BIJ DE KEUZE VAN GELUIDMATEN

In deze paragraaf worden de verschillende sets van geluidmaten besproken beginnend bij een optie die direct aansluit bij de huidige Nederlandse praktijk. De daarna besproken sets geluidmaten voldoen steeds beter aan de eerste zeven criteria uit paragraaf 3, maar komen steeds verder van de bestaande Nederlandse praktijk af te staan. De verandering is eerst in de richting van de EU voorstellen (zie paragraaf 4.2), maar verder voldoen aan de eerste zeven criteria betekent ook afwijking van de EU voorstellen.

De sets geluidmaten worden besproken aan de hand van tabel 2. De verschillende sets geluidmaten (kolommen) worden daarin beoordeeld op de in paragraaf 3 besproken criteria (rijen). Voorafgaand aan de bespreking volgt hier eerst een toelichting bij de tabel.

$D_p(i)$ staat voor het verschil in B , L_{etm} of L_{Aeq} tussen de geluidbelasting aan de meest belaste gevel en de geluidbelasting aan de gevel van verblijfsruimte i . In praktijk kan hiervoor een tweedeling gemaakt worden tussen verblijfsruimten waarvoor B , L_{etm} of L_{Aeq} aan de meest belaste gevel ook van toepassing wordt geacht ($D_p(i) = 0$) en verblijfsruimten waarvoor B , L_{etm} of L_{Aeq} aan de minst belaste gevel gebruikt wordt ($D_p(i) = D_p$).

$D_g(i)$ staat voor de gevelisolatie van verblijfsruimte i .

L_{Aeq} 's en L_{Amax} worden bepaald voor een positie buiten aan de meest belaste gevel.

In alle gevallen staat 'n' voor een nacht van 23 tot 7h. Met 'a' wordt een avond van 19 tot 23h bedoeld en met 'd' een dag van 7 tot 19h.

Boven in tabel 2 staan zeven alternatieve sets geluidmaten voor de beschrijving van de geluidkwaliteit en vaststelling van grenswaarden. Daaronder staan de basismaten waaruit deze geluidmaten worden afgeleid. De overige rijen corresponderen met de in paragraaf 3 genoemde criteria.

Belangrijk is dat de opties niet verschillen in de te meten of te berekenen basismaten, met uitzondering van de basismaten voor grote luchtvaart bij optie 7. De verschillen tussen de opties bestaan verder alleen uit verschillen in de wijze waarop de basismaten worden gecombineerd tot beoordelingsgrootheden.

Bij optie 1 - 6 is de bovenste maat of maten bedoeld voor de beschrijving en normering van de hinder (hindermaat) en de maat op de tweede regel voor de beschrijving en normering van de slaapverstoring (slaapverstoringmaat). Bij optie 1 en 2 is de belasting binnen verdisconteerd in een hindermaat (1e regel) en slaapverstoringmaat (2e regel), bij optie 3 - 6 is dit voor de belasting overdag en 's avonds niet het geval. Daarom zijn deze daar apart opgenomen in de set geluidmaten. Bij opties 1-3 worden

hindermaten bepaald die afhangen van kenmerken van de woning ($L_{den,U+,E+}$, $L_{den,U,E+}$, $L_{den,U,E}$). Om daarnaast de geluidkwaliteit in een gebied onafhankelijk van kenmerken van woningen te kunnen beschrijven, bv met contouren, wordt aanbevolen daarnaast $L_{den,U}$ of $L_{den,U+}$ te bepalen.

Voor de opties 2 - 6 worden vermelde geluidmaten gebruikt voor elk type bron. Bij optie 7 hebben de maten boven de stippellijn betrekking op de grote luchtvaart, terwijl de maten onder die lijn voor de andere typen bronnen worden gebruikt. De maten bij optie 1 kunnen niet alleen voor elk type bron, maar ook voor een cumulatie van geluid van verschillende bronnen worden gebruikt.

De verschillen tussen de slaapverstoringmaten in verschillende opties zijn beperkt. In alle opties wordt slaapverstoring beschreven aan de hand van een L_{Aeq} voor de nacht. In opties 7 gebeurt dit deels impliciet door normering van $L_{em} - D_p(i) - D_g(i)$.

De nummering bij de bespreking in deze paragraaf correspondeert met de nummering van de kolommen. Eerst worden voor optie 7 verschillen besproken ten opzichte van de huidige praktijk. Voor elke volgende optie worden telkens de verschillen ten opzicht van de voorgaande optie besproken.

7.

De drie maten boven de stippellijn worden voor de grote luchtvaart gebruikt, de twee andere maten voor de overige bronnen. Deze set van geluidmaten staat dicht bij de huidige praktijk in Nederland, maar komt daar niet geheel mee overeen. De huidige situatie is met name in de volgende opzichten vereenvoudigd. Slechts voor een deel blijkt dit uit de notatie van de geluidmaten.

a- De huidige praktijk is bij de bepaling van B alleen overvluchten in de berekening mee te nemen waarvoor $L_{Amax} > 65$ dB(A). Deze grens is vermoedelijk geïntroduceerd om het rekenwerk te beperken, een punt dat nu van veel minder belang is. Gebeurtenissen met L_{Amax} onder 65 dB(A) kunnen, zeker buiten, goed gehoord worden en een grens van 65 dB(A) wordt bij andere bronnen niet gebruikt. In de onderhavige optie vervalt daarom deze grens.

b- De huidige nachtnormering voor vliegtuiggeluid is geformuleerd in termen van $L_{Aeq}(7h;slpk)$. De nachtperiode die rond Schiphol wordt gehanteerd (23-6h) wijkt af van de nachtperiode uit het L_{em} (23-7h). Omdat ook tussen 6 en 7h nog een belangrijk deel van de bevolking op bed ligt en om consistentie tussen de verschillende geluidmaten te bereiken, wordt in de onderhavige optie de nachtnorm voor vliegtuiggeluid vastgesteld in termen van $L_{Aeq}(23-7h)$.

c- $L_{Aeq}(23-6h;slpk)$ is een binnenwaarde. Overige eisen aan het binnenniveau worden in het Bouwbesluit enigszins afwijkend geformuleerd, namelijk in termen van het verschil tussen L_{em} of B aan de gevel en de geluidisolatiewaarde van de gevel. Hierbij wordt aangesloten door niet $L_{Aeq}(n;slpk)$ te nemen, maar $L_{Aeq}(n) - D_p(slpk) - D_g(slpk)$.

Tabel 2 Beoordeling van zeven sets geluidmaten (kolommen) aan de hand van de criteria uit paragraaf 3. $D_p(i)$ slaat voor de gevelisolatie van verblijfsruimte i , $D_p(i)$ slaat voor het verschil tussen de belasting aan de meest belaste gevel en de belasting voor de gevel van verblijfsruimte i . Dus voor vertrekken aan de meest belaste gevel geldt $D_p(i) = 0$. Zie de tekst voor verdere toelichting. L_{den} staat voor een maat verkregen door 'energetische middeling' uit L_{Aeq} 's voor dagdelen, eventueel na toepassing van straffactor. Dit kan, behalve L_{den} , bv ook L_{dn} of L_{Aeq} (24h) zijn (zie aanbevelingen in paragraaf 6).

	Beoordelingsgrootheden						
	1	2	3	4	5	6	7
	$L_{den,U*} \& L_{den,U*,E*}$ $L_{Aeq}(n)-D_p(i)-D_g(i)$	$L_{den,U} \& L_{den,U,E*}$ $L_{Aeq}(n)-D_p(i)-D_g(i)$	$L_{den,U} \& L_{den,U,E}$ $L_{Aeq}(n)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(a)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(d)-D_p(i)-D_g(i)$	$L_{den,U}$ $L_{Aeq}(n)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(a)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(d)-D_p(i)-D_g(i)$	L_{den} $L_{Aeq}(n)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(a)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(d)-D_p(i)-D_g(i)$	L_{den} $L_{Aeq}(n)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(a)-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(d)-D_p(i)-D_g(i)$	B $B-D_p(i)-D_g(i)$ $L_{Aeq}(n)-D_p(slpk)-D_g(slpk)$ ----- L_{den} $L_{den}-D_p(i)-D_g(i)$
te berekenen of te meten basismaten	$L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$	$L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$	$L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$	$L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$	$L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$	$L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$	L_{Amax} per vlucht $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$ ----- $L_{Aeq}(d)$ $L_{Aeq}(a)$ $L_{Aeq}(n)$ $D_p(i)$ $D_g(i)$
één benadering voorbelde effecten	+	+	+	+	+	+	-
één benadering voor alle bronnen	+	+	+	+	+	+	-
hindermaat gevoelig voor geluid in elk etmaaldeel	+	+	+	+	+	+/-	+/-
één geluidbelastingswaarde= één effectniveau	+	+	+	+	-	-	-
hindermaat gevoelig voor geluidluwe zijde	+	+	+	-	-	-	-
hindermaat gevoelig voor geluidisolatie	+	+	-	-	-	-	-
hindermaat gevoelig voor geluid van combinaties	+	-	-	-	-	-	-
conform EU voorstellen	--	--	--	+	++	+/-	--
conform huidige praktijk in NL	--	--	--	-	-	+	++

d- B_{KL} is een maat die alleen voor de kleine luchtvaart wordt gebruikt. De eenvoud zou bevorderd worden als voor de kleine luchtvaart dezelfde maat gebruikt zou worden als voor de grote luchtvaart. Dit zou ook voorkomen dat er voor sommige vliegvelden twee sets contouren (één voor B in Ke en één voor B_{KL} in dB(A)) vastgesteld worden, die ieder implicaties hebben voor de ruimtelijke ordening. Door het andere gebruik zijn kleine vliegtuigen vaker langdurig hoorbaar en is het voor de kleine luchtvaart meer nog dan voor grote luchtvaart van belang de duur van gebeurtenissen te verdisconteren. In B gebeurt dat niet en mede daarom is voor de kleine luchtvaart B_{KL} ingevoerd. Invoering nu van B voor de kleine luchtvaart is dus niet aan te raden.

De definitie van de B_{KL} zou aanzienlijk vereenvoudigd kunnen worden. De B_{KL} wordt bepaald door uit te gaan van de drukste weken van het jaar en van de drukste dagen in de week. Verder wordt een referentietijd van 12 uur in plaats van 24 uur per dag gehanteerd. De wetenschappelijke onderbouwing voor deze beide punten is onbekend. Als de bijdragen van verschillende dagen uit een jaar op gelijke wijze zouden worden meegenomen en als referentietijd 24 uur per dag zou worden genomen, dan zou de definitie overeenkomen met die van L_{den} .

Om de benadering aan te laten sluiten bij die van andere bronnen wordt in de onderhavige optie L_{ctm} voor de kleine luchtvaart ingevoerd. Dan is de benadering voor de kleine luchtvaart gelijk aan die van belangrijke andere bronnen en neemt de diversiteit aan gebruikte maten af.

e- Voor wegverkeer wordt een afwijkende definitie gehanteerd voor L_{ctm} . Voor die bron is het gedefinieerd als de hoogste van twee waarden, namelijk $L_{Aeq}(7-19h)$ en $L_{Aeq}(23-7h) + 10$. Het niveau tijdens de avond is dus niet opgenomen in het L_{ctm} voor wegverkeer. Vermoedelijk is deze afwijkende definitie ingevoerd omdat voor wegverkeer $L_{Aeq}(19-23h) + 5$ meestal lager is dan $L_{Aeq}(7-19h)$ of $L_{Aeq}(23-7h) + 10$, en dan niet van invloed is op het L_{ctm} gedefinieerd als de hoogste van drie waarden. Er zijn echter zeker gevallen waar de avondwaarde wel bepalend zou zijn. Omdat er geen inhoudelijke reden is om in dergelijke gevallen de avondwaarde buiten beschouwing te laten en om een eenduidige definitie van het L_{ctm} voor alle bronnen te krijgen, wordt in de onderhavige optie L_{ctm} altijd gedefinieerd als de hoogste waarde van $L_{Aeq}(7-19h)$, $L_{Aeq}(19-23h) + 5$ en $L_{Aeq}(23-7h) + 10$. In een toelichting bij reken- en meetvoorschriften zou er op gewezen kunnen worden dat in veel gevallen voor wegverkeer de avondwaarde niet bepalend zal zijn. Als dit op voorhand voldoende duidelijk is, hoeft dit niet nog met meet- of rekenwerk vastgesteld te worden. Dit is dan echter een vereenvoudiging in de wijze van bepaling zonder de definitie van de maat aan te passen.

f- Alleen voor industriegeluid en schietgeluid (zie hiervoor bij g) wordt een referentieniveau gehanteerd, voor industriegeluid naast L_{ctm} . Het referentieniveau is voor industriegeluid gedefinieerd als de hoogste van twee waarden, namelijk L_{A95} voor het achtergrondgeluid en $L_{Aeq} - 10$ voor wegverkeer. Referentieniveaus worden voor de dag, avond en nacht afzonderlijk bepaald. Zij spelen naast het L_{ctm} voor het industriegeluid een rol bij de beoordeling van het industriegeluid. Bij andere

bronnen echter wordt het overige geluid niet in aanmerking genomen bij de beoordeling. Fields, (1996) vond bij een heranalyse van een groot aantal studies geen aanwijzing voor het in aanmerking nemen van overig geluid bij het beoordelen van (industrie)geluid. Verder is het om een aantal redenen moeilijk de maskerende invloed van achtergrondgeluid goed te beschrijven. Dit heeft een aantal oorzaken waarvan we er drie noemen.

Ten eerste kan het achtergrondgeluid van plek tot plek en van moment tot moment variëren. Geluid wordt alleen gemaskeerd als er op dezelfde plek en op dezelfde tijd voldoende achtergrondgeluid is. Het adequaat beschrijven van het samenvallen in ruimte en tijd van achtergrondgeluid en te beoordelen geluid vergt een grote inspanning.

Een tweede probleem bij het verdisconteren van maskering is dat de mate waarin geluid gemaskeerd wordt afhangt van de frequentiespectra van het voorgrond- en het achtergrondgeluid. Dus als geluid met het A-gewogen geluidniveau beschreven wordt en als ook bekend is welke A-gewogen geluidniveaus van het achtergrondgeluid op dezelfde plaats en op dezelfde tijd optreden, dan nog bestaat er onzekerheid over de maskering. Als de frequentiespectra verschillend zijn kan het geluid onverminderd hoorbaar zijn ook als het natuurlijk achtergrondgeluid een hoger A-gewogen geluidniveau heeft.

Een derde probleem bij het op realistische wijze in rekening brengen van maskering is dat de richting waaruit het geluid komt van invloed is op de maskering. Dus ook als de frequentiespectra van te beoordelen geluid en achtergrondgeluid per plek en tijdstip voldoende bekend zijn, blijft er aanzienlijke onzekerheid over de maskering. Bij de waarneming worden geluiden die uit verschillende richtingen komen beter van elkaar onderscheiden dan geluiden uit dezelfde richting. Genoemde problemen betekenen dat het voldoende nauwkeurig bepalen van maskering ingewikkelder is dan het vaststellen van andere complicerende aspecten van geluid als impuls karakter of tonaliteit (zie i). Vanwege het ontbreken van een wetenschappelijke onderbouwing, om de beoordeling eenvoudig bij te houden en vanwege vergelijkbaarheid met andere bronnen, wordt in de onderhavige optie geen referentieniveau gehanteerd voor industriegeluid.

g- Voor schietgeluid dat volgens de Circulaire schietlawaai beoordeeld moet worden, wordt L_{A95} als referentie gebruikt. Verder wordt voor dat schietgeluid voor individuele gebeurtenissen L_{knal} bepaald en wordt het totale geluid beoordeeld aan de hand van L_r (zie paragraaf 4.2). In de onderhavige optie wordt deze afwijkende benadering verlaten en wordt voor alle schietgeluid van lichte wapens L_{etm} gebruikt. Voor zware wapens moet worden nagegaan of ook L_{etm} kan worden gebruikt, of dat een maat op basis van het C-gewogen geluidniveau nodig is.

h- Op verschillende dagen kan de geluidbelasting verschillend zijn vanwege variatie in geluidemissie (inclusief variatie in baangebruik bij vliegverkeer) en, vooral als de afstand tot de bron groot is, vanwege variatie in meteorologische omstandigheden. In de definitie van L_{etm} is niet expliciet

opgenomen hoe met deze variatie moet worden omgegaan. Wel zijn bijvoorbeeld in de rekenvoorschriften voor weg- en voor railverkeer en voor industrielawaai zogenaamde meteorocorrecties opgenomen. Door toepassing van deze correcties worden de L_{Aeq} 's voor het totaal van dagperioden, het totaal van avondperioden en het totaal van nachtperioden in een jaar bepaald. Deze worden vervolgens gebruikt voor de vaststelling van het L_{em} . Variatie in geluidemissie wordt in praktijk op verschillende wijze verdisconteerd. Voor industrie geluid wordt in een aantal gevallen uitgegaan van de op 12 of 13 na lawaaiigste dag, voor civiel schietgeluid wordt uitgegaan van de theoretische baancapaciteit per uur, voor militair schietgeluid van het feitelijke gebruik in een jaar, voor wegverkeer worden vaak gegevens gebruikt voor werkdagen en voor vliegverkeer en treinverkeer worden jaargegevens gebruikt. Om grotere consistentie te krijgen wordt in de onderhavige optie expliciet in de definitie van het L_{em} opgenomen dat de L_{Aeq} 's waaruit het wordt bepaald, betrekking hebben op het totaal van de dagperioden, het totaal van avondperioden respectievelijk het totaal van nachtperioden in een jaar. Hoe gezien de variatie in emissie en meteorologische omstandigheden deze L_{Aeq} 's het best kunnen worden vastgesteld, kan worden uitgewerkt in meet- en rekenvoorschriften.

i- Momenteel wordt voor industrie geluid op het gehoor vastgesteld of er sprake is van een impuls of tonaal karakter. Op grond hiervan kan een straffactor van 5 dB(A) worden toegepast op L_{em} .

Aanbevolen wordt deze praktijk in de volgende opzichten te wijzigen:

- voor geluidgebeurtenissen wordt de stijgsnelheid vastgesteld. Op grond hiervan wordt per gebeurtenis op de SEL-waarde een straffactor toegepast die ligt tussen 0 en 12 à 15 dB(A). Voor een stijgsnelheid < 30 dB/s is de straffactor 0, voor een hoge stijgsnelheid (in ieder geval voor stijgsnelheden > 150 dB/s is de straffactor 12 à 15 dB(A) (zie Miedema, 1992a: pp. 32-34).
- in verband met tonaliteit wordt nagegaan of er 'pieken' in het frequentiespectrum voorkomen. Pieken worden gedefinieerd aan de hand van verschil tussen het geluidniveau in een smalle frequentieband en het geluidniveau in het aangrenzend frequentiegebied. Op grond hiervan wordt een straffactor toegepast op het geluidniveau voor het deel van de tijd dat er sprake is van een tonaal karakter. Als maximale straffactor zou de gebruikelijke, ook in ISO-1996 genoemde waarde van 5 dB(A) aangehouden kunnen worden.

6.

Bij optie 7 wordt voor de grote luchtvaart de maat B gebruikt en wordt voor alle verblijfsruimten een geluidisolatie voorgeschreven die afhankelijk is van de belasting buiten in termen van B. De onderhavige optie gaat verder in de uniformering door voor alle bronnen buiten het L_{em} te nemen en voor alle verblijfsruimten de L_{Aeq} 's $-D_p(i) - D_g(i)$ te nemen. Indien voor verblijfsruimten voor de avond en nacht waarden worden voorgeschreven die 5 respectievelijk 10 dB(A) hoger zijn dan die voor de dag, dan is dit laatste gelijk aan de huidige praktijk waarbij L_{em} min gevelisolatie wordt genormeerd.

5.

In de wijze van combineren van basismaten verschilt optie 5 in één opzicht van optie 6 doordat niet L_{ctm} , maar L_{den} wordt bepaald. Een consequentie van de definitie van het L_{ctm} als maximum over drie perioden is dat het geluidniveau in een periode niet van invloed is op het L_{ctm} zolang het L_{Aeq} voor die periode verhoogd met straffactor (0, 5 of 10 dB(A)) niet het maximum is. Omdat voor de ondervonden hinder naar verwachting de niveaus tijdens alle perioden van belang zijn, (zie het voorbeeld in paragraaf 4) pleit dit tegen het L_{ctm} . L_{den} is als energetisch gemiddelde gedefinieerd zodat het L_{Aeq} van elke deelperiode invloed heeft op de eindwaarde. Bovendien sluit de wijze waarop L_{den} de L_{Aeq} 's voor de deelperioden combineert, beter aan bij internationaal gebruikte maten en de EU voorstellen dan de wijze waarop L_{ctm} de L_{Aeq} 's voor de deelperioden combineert.

Andere deelperioden en andere straffactoren dan in L_{den} zijn ook mogelijk. De volgende keuzes doen zich daarbij voor:

- Worden geen deelperioden onderscheiden en het wordt $L_{\text{Aeq}}(24\text{h})$ gebruikt, of wordt in ieder geval een nacht en eventueel een avond onderscheiden?
- Als een nacht onderscheiden wordt, wanneer begint deze en wanneer eindigt deze?
- Als een avond onderscheiden wordt, wanneer begint deze?

Beschikbare publikaties geven geen antwoord op de vraag of het toepassen van een straffactor voor de nacht en eventueel de avond de relatie van een geluidmaat met hinder verbetert. Fields (1986) kwam tot deze conclusie op basis van een heranalyse van gegevens uit 25 datasets. Een belangrijke oorzaak hiervan kan zijn een hoge correlatie tussen de geluidbelastingen in verschillende deelperioden. Door een selectie te maken uit de beschikbare cases en ongeveer gelijke aantallen cases in de analyses te betrekken voor verschillende combinaties van niveaus voor dag, avond en nacht kan voorkomen worden dat dergelijke correlaties een verschillende invloed van geluid tijdens dag, avond en nacht op de hinder verbergen. Geschetste analyses zijn uit te voeren op het bij TNO-PG beschikbare Kennisbestand Verstoring, met de originele gegevens uit tientallen binnen- en buitenlandse onderzoeken. Voor optimaal gebruik van de beschikbare data is aan te bevelen een weging toe te passen in plaats van de wat makkelijker te beschrijven selectie van cases.

Als blijkt dat straffactoren aan te bevelen zijn, doet de vraag zich voor waar de grenzen tussen de deelperioden gelegd moeten worden. Gegevens uit geluidhinderonderzoeken zijn onvoldoende om perioden als nacht en avond exact vast te stellen. Voor de definitie van de nacht kan echter als basis genomen worden het percentage mensen dat in bed ligt als functie van de tijd. De nacht kan bijvoorbeeld gedefinieerd worden als de periode waarin minimaal x % van de mensen op bed ligt. De avond kan gedefinieerd worden als de periode tussen 18 en 24h waarin minimaal y% van de mensen thuis is en minder dan x % op bed ligt.

4.

Er is één verschil met optie 5, namelijk dat L_{den} 's van verschillende bronnen worden omgerekend naar het gelijk-hinderlijke L_{den} van wegverkeer. Voor deze omrekening worden relaties tussen L_{den} en hinder voor de afzonderlijke bronnen gebruikt.

Het voordeel van het $L_{den,U}$ (U voor Universeel) boven het L_{den} is dat een bepaalde waarde voor alle bronnen correspondeert met dezelfde gemiddelde hinder. Het is te verwachten dat standaardisatie in internationaal verband van relaties tussen L_{den} en hinder nodig is voordat een $L_{den,U}$ internationaal breed geaccepteerd zal worden.

3.

L_{den} en $L_{den,U}$ worden bepaald op basis van L_{Aeq} 's buiten aan de meest belaste gevel. Dit betekent dat de belasting aan de andere zijde(n) van de woning niet van invloed zijn op deze maten. Uit Miedema (1992) blijkt dat de hinder door weg- en door railverkeersgeluid lager is als een woning een relatief rustige zijde heeft. $L_{den,U,E}$ (E voor expositie) staat voor een maat die bepaald is op basis van het L_{Aeq} buiten aan de meest belaste gevel voor de verschillende etmaalperioden, en $L_{Aeq} - D_p(i)$ voor, in principe, alle verblijfsruimten.

Het voordeel van deze maat is dat bijvoorbeeld het gunstig effect van een situering waarbij woningen een rustige zijde hebben, ten opzichte van een situering waarbij dit niet het geval is, in de beoordelingsmaat tot uitdrukking komt. Met deze maat wordt bijvoorbeeld ook een gunstiger waarde behaald door langs een drukke weg woningen aaneengesloten te bouwen in plaats van (gedeeltelijk) losstaand.

2.

Een verbetering van $L_{den,U,E}$ ten opzichte van L_{den} en $L_{den,U}$ is dat ook de belasting aan de minst belaste gevel in rekening wordt gebracht. Een verdere verbetering wordt gerealiseerd als ook de geluidbelasting binnen de beoordelingsmaat beïnvloedt. Bij gelijke geluidbelasting buiten mag immers verwacht worden dat de hinder lager is als de geluidbelasting binnen door een goede isolatie lager is.

$L_{den,U,E+}$ staat voor een maat die bepaald is op basis van L_{Aeq} aan de meest belaste gevel, voor de verschillende etmaalperioden, en $L_{Aeq} - D_p(i)$ en $L_{Aeq} - D_p(i) - D_g(i)$ voor, in principe, alle verblijfsruimten.

$L_{den,U,E+}$ kan gezien worden als een maat voor de persoonlijke expositie van iemand die bepaalde, vast te stellen tijden op verschillende posities in en rond de woning doorbrengt. Op deze manier beschouwd is het L_{den} of $L_{den,U}$ de persoonlijke expositie van iemand met een veel onnatuurlijker gedragspatroon, namelijk iemand die al zijn tijd buiten bij de meest belaste gevel doorbrengt. De persoonlijke expositie zou nog beter benaderd kunnen worden als bij de weging van de inbreng van de binnen- en

buitenniveaus in de totaalmaat rekening wordt gehouden met verschillen in gedrag tussen seizoenen en tussen week en weekeinde.

1.

In veel gevallen wordt een woning belast door geluid van meerdere bronnen en is er behoefte aan een maat voor de totale geluidbelasting. $L_{den,U+,E+}$ staat voor een maat die bepaald is op basis van de L_{Aeq} 's buiten aan de meest en minst belaste gevel en de waarden die uit deze L_{Aeq} 's verkregen worden door aftrek van de gevelisolatie voor alle typen bronnen. Het in de vorige optie besproken $L_{den,U,E+}$ wordt bepaald voor de bronnen afzonderlijk.

$L_{den,U+,E+}$ zou op gelijksoortige wijze gedefinieerd kunnen worden als de nu reeds gebruikte MKM (Miedema, 1993b). MKM sluit aan bij het gebruik van L_{em} voor de individuele bronnen terwijl in deze optie aangesloten moet worden bij het gebruik van $L_{den,U,E+}$ voor individuele bronnen.

6. AANBEVELINGEN

Optie 4, 5 of 6 worden aanbevolen. Ze sluiten maximaal aan bij EU voorstellen en nemen een middenpositie in tussen de inhoudelijk en qua uniformering meest aantrekkelijke optie 1 en de optie 7, die de grootste continuïteit heeft met de bestaande praktijk.

Aanbevolen wordt beschikbare data te heranalyseren in verband met de vragen:

- of straffactoren voor avond en nacht moeten worden toegepast en eventueel wat de grootte van de straffactoren moet zijn (ivm optie 1 - 5);
- of de wijze van combineren van deelperioden in L_{dn} of L_{den} de voorkeur heeft boven de wijze waarop dit in L_{cm} gebeurt (ivm optie 5 vs 6).

Aanbevolen wordt internationale standaardisatie te bevorderen ten aanzien van:

- relaties tussen bv L_{den} (of een alternatief hiervoor) en hinder voor verschillende bronnen (ivm optie 1 - 4)

Onderzoek en het op basis daarvan bevorderen van internationale standaardisatie wordt aanbevolen ten aanzien van:

- de fundamentele vraag of de trade-off tussen aantal gebeurtenissen en niveau per gebeurtenis in het L_{Aeq} adequaat is in relatie tot hinder en tot slaapverstoring (ivm alle opties)

Onderzoek en het op basis daarvan bevorderen van internationale standaardisatie wordt aanbevolen ten aanzien van:

- de wijze waarop het geluid aan de minst belaste gevel naast het geluid aan de meest belaste gevel het best verdisconteerd kan worden (ivm optie 1-3);
- de wijze waarop het geluid binnen naast het geluid buiten het best verdisconteerd kan worden (ivm optie 1-2);
- de wijze waarop een cumulatemaat geformuleerd kan worden als het geluid buiten aan de minst belaste gevel en het geluid binnen worden meegenomen (ivm optie 1 zie par. 4.3);

Onderzoek en het op basis daarvan bevorderen van internationale standaardisatie wordt aanbevolen ten aanzien van:

- de wijze waarop verschillen in gedrag patronen tussen week en weekeinde en tussen seizoenen van invloed zijn op de persoonlijke expositie en opgenomen zouden kunnen worden in een hindermaat (ivm een verdergaande optie '0')

LITERATUUR

- DG VII Consultation Paper on the Limitation of the Impact of Noise from Air Transport. Brussel: Commissie van de Europese Gemeenschappen. Publicatie VII-C4/1775/96 MT
- DG XI Een toekomstig beleid inzake de bestrijding van geluidshinder. Commissie van de Europese gemeenschappen. Brussel, 4 november 1996.
- FASTL H. Methodenvergleich zur Lautheitsbeurteilung. In: Schick A. ed. Akustik zwischen Physik und Psychologie. Stuttgart: Klett-Cotta, 1981:103-09.
- FIELDS JM. The effect of numbers of noise events on people's reactions to noise: an analysis of existing survey data. J Acoust Soc Am 1984;75(2):447-67.
- FIELDS JM. The relative effect of noise at different times of day: an analysis of existing survey data. Langley (VA): NASA, 1986. report 3965
- FIELDS JM. An analysis of residents' reactions to environmental noise sources within an ambient noise context. Washington DC.: U.S. Department of Transportation, 1996. report FAA-AEE-9608.
- GEZONDHEIDSRAAD, Commissie Geluid en gezondheid. Geluid en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 1994. Publikatie 1994/15.
- MIEDEMA HME. Response functions for environmental noise in residential areas. Leiden: NIPG-TNO, 1992.
- MIEDEMA HME. Geluidmaten voor vliegverkeer. Leiden: TNO-PG, 1993a. Publ.nr. 93.085.
- MIEDEMA HME. Geluid, geur en milieukwaliteit. Den Haag: VROM, 1993b. (publikatiereeks Verstoring nr 1993/4a) .
- PASSCHIER-VERMEER W. Slaapverstoring door nachtelijk vliegtuiglawaai. Leiden: TNO-PG, 1994. Publ.nr. 94.021.
- SCHULTZ THJ. Community noise rating. 2nd ed. London (etc): Applied Science Publishers, 1982.
- VOS J. Noise annoyance around irregularly employed shooting ranges: the expected effect of various training schedules, In the Proceedings of the 6th international FASE - congress 1992, Zurich, Switzerland, 1992.
- ZWICKER E. Weniger L_a = Größere Lautstärke? In: Fortschritte der Akustik, Berlin; VDE, 1980:159-62.

