



Agentschap NL
Ministerie van Infrastructuur en Milieu



naar een
gezonde
stad

Literatuurstudie naar de relatie wegverkeerslawaaï versus gezondheid en leefbaarheid

Slaapkwaliteit Niet-akoestische factoren
Slaapverstoring Bloeddruk Myocard infarcten
Prevalentie hypertensie Stress
Lokale geluidskwaliteit Stilte
Beroerte Mortaliteit QALY Beleving
Blootstelling-responsrelatie Dosis-effectrelaties
Verstoring Leefbaarheid GES Hart- en vaatziekten
Hartfalen Hinder DALY
Sterfte Slaap-EEG Levendig
Drempelwaarde Hartinfarct
Ontwaakreactie Gezondheid
Hartslag Blootstelling
Chronische insomnie
Leefomgevingskwaliteit

Datum: 12 april 2012

Literatuurstudie naar de relatie wegverkeerslawaaï versus gezondheid en leefbaarheid.

Uitgevoerd in opdracht van het programma Stiller op Weg, door Agentschap NL en CROW in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Samenvatting

De hoofdvraag van dit onderzoek: “Wat is de huidige kennis over relatie tussen blootstelling aan wegverkeerslawaai enerzijds en gezondheid en leefbaarheid anderzijds?”. Voor het antwoord hierop is geput uit de belangrijkste, meer dan zeventig literatuurbronnen. Hieruit blijkt dat er een aantoonbare relatie is en deze is duidelijk en overzichtelijk verwoord in deze rapportage.

Relatie wegverkeerslawaai en leefbaarheid

De leefbaarheid in de woonomgeving staat onder druk bij een zekere blootstelling aan wegverkeerslawaai; hiervoor is echter geen drempelwaarde gevonden. Het is wel de belangrijkste milieufactor die de tevredenheid met de woonomgeving bepaalt. In grote steden, waar een hogere blootstelling is aan wegverkeerslawaai, blijken bewoners toch tevreden te zijn over hun leefomgeving. Stille gebieden zorgen daar ervoor dat mensen minder hinder ondervinden. De negatieve gezondheidseffecten door wegverkeerslawaai kunnen hiermee gecompenseerd of gedeeltelijk weggenomen worden.

Relatie wegverkeerslawaai en gezondheid

Al bij een matige blootstelling aan wegverkeerslawaai in de woonomgeving wordt de gezondheid van mensen slechter. Afhankelijk van de geluidsbelasting, treden slaapverstoring, hinder en hart- en vaatziekten op. De drempelwaarden waarboven negatieve effecten optreden, zijn opgenomen in tabel 1.

Tabel 1: gezondheidseffecten ten gevolge van wegverkeerslawaai

Slaapverstoring	drempelwaarde (dB(A))
zelfgerapporteerde slaapverstoring	42 ($L_{\text{night, outside}}$)
toename medicijngebruik	40 ($L_{\text{night, outside}}$)
toename gemiddelde lichamelijke activiteit tijdens slaap	42 ($L_{\text{night, outside}}$) / 35-40 (SEL)
Slapeloosheid	42 ($L_{\text{night, outside}}$)
gedragmatig ontwaken	42 ($L_{\text{max, inside}}$) / 55-60 (SEL)
verandering in EEG parameters	35 ($L_{\text{max, inside}}$)
veranderingen in slaapstadia en gefragmenteerde slaap	35 ($L_{\text{max, inside}}$)
Hartslagversnelling	40 (SEL), 45 ($L_{\text{max, inside}}$)
Hinder	
Gehinderd	37 (L_{den})
ernstig gehinderd	42 (L_{den})
hart en vaten	
ischaemische hartaandoeningen	50 ($L_{\text{night, outside}}$)*
Hypertensie	50 ($L_{\text{night, outside}}$)*

*Hiervoor is echter maar beperkt bewijs gevonden

De ernst hiervan is, kort samengevat, dat verkeerslawaai dodelijk is. In Nederland vallen hierdoor jaarlijks tien- tot een honderdtal doden. Per miljoen inwoners zijn circa 2.000 DALY's toe te schrijven aan deze blootstelling. Het grootste deel van de gezondheidseffecten is toe te schrijven aan slaapverstoring: circa 11% van de inwoners waarvan 3% ernstig. Overdag worden ongeveer 640.000 inwoners ernstig gehinderd door geluid van wegverkeer.

Van de omgevingsfactoren staat verkeerslawaaï, na fijn stof en verkeersongevallen, als derde gerangschikt in de lijst van grootste veroorzakers van gezondheidsproblemen.

Inhoudsopgave	Pagina
1. INLEIDING	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doelstelling	6
2. AANPAK	7
3. INVLOED VAN WEGVERKEERSLAWAAI OP EEN GEZONDE LEEFOMGEVING	8
3.1 Tevredenheid leefomgeving	9
3.2 Samenhang met andere disciplines	9
3.3 Effecten van stilte	9
4. WEGVERKEERSLAWAAI EN ZIEKTELAST	12
5. WEGVERKEERSLAWAAI EN NACHTELIJKE BLOOTSTELLING	16
6. INVLOED VAN WEGVERKEERSLAWAAI OP HINDER	20
7. INVLOED VAN WEGVERKEERSLAWAAI OP HART EN VATEN	23
8. CONCLUSIE	25
 LITERATUUR	 27
LIJST MET WEBSITES	31
BEGRIPPENLIJST	32

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

De mobiliteit in ons land neemt toe en dat komt vooral tot uiting in toename van het wegverkeer. Met name in de stedelijke omgeving neemt hierdoor ook de geluidsoverlast toe. Het effect hiervan wordt veelal uitgedrukt in aantal decibellen. Maar wat betekent dit voor de gezondheid van mensen en voor de leefbaarheid in (stads-)wijken? Dat is voor velen niet duidelijk. Voor beleidsambtenaren van gemeenten, intergemeentelijke samenwerkingsorganisaties en provincies is het daarom soms moeilijk om de relevantie van dit onderwerp binnen de eigen organisatie te duiden en voor te bereiden voor politieke besluitvorming. Hoe krijg je dit onderwerp ‘geluidsoverlast door wegverkeer’ op de agenda?

Dat wegverkeerslawaai effect heeft op de gezondheid is aangetoond in wetenschappelijk onderzoek. Het gaat dan bijvoorbeeld om hinder, verlies in kwalitatieve levensjaren of verlies van levensjaren. Met het programma Stiller op Weg wil het ministerie van Infrastructuur en Milieu het belang van ‘gezond geluid’ onder de aandacht brengen bij, of liever: op de agenda krijgen van gemeenten en provincies. CROW en Agentschap NL geven uitvoering aan dit programma. Daarnaast richt het programma Stiller op Weg zich op kennisontwikkeling van wegverkeerslawaai in relatie tot gezondheid. Doelstelling van het programma is het stimuleren van bronmaatregelen voor wegverkeerslawaai in stedelijk gebied.

Geluidsoverlast door wegverkeer heeft zeker invloed op de leefbaarheid in (stads-)wijken. Maar in welke verhouding staat dit met andere omgevingsfactoren? Als geluid afwezig is, met andere woorden: bij stilte, wordt dan de woonomgeving meer leefbaar?

Op deze en andere vragen is in een literatuurstudie naar antwoorden gezocht. De kennis die in vele gerenommeerde studies besloten ligt, is nagegaan en gebundeld op de aspecten gezondheid en leefbaarheid. Voor het programma Stiller op Weg leidt dit tot kennisontwikkeling met een gedegen onderbouwing, waarmee het onderwerp ‘geluidsoverlast’ geoperationaliseerd kan worden. Hiermee wordt de basis gelegd voor het project ‘Boodschap Gezondheid’ dat onderdeel is van het programma Stiller op Weg.

1.2 Doelstelling

De hoofdvraag die wij met de literatuurstudie beantwoorden is:

<i>Wat is de huidige kennis over de relatie tussen blootstelling aan wegverkeerslawaai enerzijds en gezondheid en leefbaarheid anderzijds?</i>
--

Het onderzoek richt zich op een aantal relevante gezondheidseffecten, namelijk slaapverstoring hinder en overige gezondheidseffecten. Wegverkeerslawaai hoeft niet altijd direct tot gezondheidsproblemen te leiden. Het onderzoek richt zich daarom ook op leefbaarheid.

2. AANPAK

Tijdens het literatuuronderzoek zijn wetenschappelijke publicaties uit binnen- en buitenland bestudeerd op de relatie tussen blootstelling aan wegverkeerslawaai en gezondheidseffecten. Daarnaast zijn ook resultaten uit bevolkingsonderzoeken gebruikt voor bijvoorbeeld de bepaling van de relatie van wegverkeerslawaai met leefomgevingskwaliteit en hinder. Het onderzoek betreft de gezondheidseffecten in termen van hinder, doden, verminderde levensjaren en geeft aan wat de relatie is tussen wegverkeerslawaai en leefbaarheid.

In figuur 1 is een overzicht gegeven van de Nederlandse zoektermen waarmee het onderzoek is uitgevoerd. Deze Nederlandse zoektermen zijn ook vertaald naar Engelstalige zoektermen.

Slaapkwaliteit Niet-akoestische factoren
Slaapverstoring Bloeddruk Myocard infarcten
Prevalentie hypertensie Stress
Lokale geluidskwaliteit Stilte
Beroerte Mortaliteit QALY Beleving
Blootstelling-responsrelatie Dosis-effectrelaties
Verstoring Leefbaarheid GES Hart- en vaatziekten
Hartfalen Hinder DALY
Sterfte Slaap-EEG Levendig
Drempelwaarde Hartinfarct
Ontwaakreactie Gezondheid
Hartslag Blootstelling
Chronische insomnie
Leefomgevingskwaliteit

Figuur 1: zoektermen

De geraadpleegde bronnen zijn besproken met twee medisch milieukundigen, namelijk Fred Woudenberg van GGD Amsterdam en Irene van Kamp van het RIVM. Zij hebben aanvullingen gegeven op de opgestelde literatuurlijst.

De resultaten van het onderzoek staan in hoofdstuk 3 tot en met 7 samengevat. In hoofdstuk 3 is tevens aangegeven hoe stilte een positieve bijdrage kan leveren aan de negatieve effecten van wegverkeerslawaai. Het onderzoek sluit af met de conclusies (hoofdstuk 8). De relaties waarover te weinig onderzoeksgegevens bekend zijn om conclusies te trekken, zijn niet uitgewerkt.

3. INVLOED VAN WEGVERKEERSLAWAAI OP EEN GEZONDE LEEFOMGEVING

Alvorens in te gaan op de invloed van wegverkeerslawaaï op een gezonde leefomgeving wordt kort stilgestaan bij het begrip leefomgeving en het begrip de fysieke leefomgeving. Uit literatuuronderzoek blijkt, dat het begrip leefomgeving verschillend geïnterpreteerd wordt. De interpretatie is mede afhankelijk vanuit welke discipline het onderwerp wordt bestudeerd. Een socioloog zal vaak de sociale relaties centraal stellen, terwijl een milieukundige denkt aan bijvoorbeeld emissies. Wat wel duidelijk is, is dat het begrip gaat over het samenspel tussen de mens en zijn omgeving. Dit samenspel kan bepaald worden door objectieve maar ook subjectieve indicatoren [26].

Het onderzoeksinstituut TNO heeft het begrip leefomgeving wat nader gedefinieerd en heeft hiertoe een leefomgevingsmodel ontwikkeld [55]. Dit model geeft een overzicht van de verschillende aspecten die van belang zijn voor de leefomgeving. Alle factoren die in het model zijn opgenomen, werken in op het individu. Dit resulteert in een persoonlijk gevoel van veiligheid, de ervaren gezondheid en de tevredenheid over de woonsituatie. Vervolgens komt het tot uiting in het gedrag van het desbetreffende individu. Het TNO-model onderscheidt vijf hoofdfactoren:

- sociale omgeving;
- fysieke kenmerken van de woonomgeving;
- voorzieningen in de woonomgeving;
- woning;
- persoons-/leefstijlfactoren.

Hoewel er (nog) geen eenduidige definitie is voor het begrip leefomgevingskwaliteit, is het wel al hanteerbaar gemaakt. Er is echter nog geen algemeen geaccepteerd begrippenkader. De algemene opvatting is, dat het begrip leefomgevingskwaliteit samenhangt met de gebruiksfunctie van het gebied. En, dat het een samenstelling is van verschillende factoren waaraan afhankelijk van de gebruiksfunctie verschillende wegingsfactoren kunnen worden toegekend. Het begrip 'biodiversiteit' zal in een gebied met de functie 'natuur' zwaarder wegen dan in een gebied met de functie 'industrie'.

Ook voor het begrip een gezonde leefomgeving bestaat geen duidelijke definitie. Het ministerie van VROM hanteerde de volgende definitie [31]:

Een gezonde wijk is een wijk waar mensen gemakkelijk lopend en fietsend naar hun werk, school, winkels en sport kunnen. Een gezonde wijk is ook een wijk met een kindvriendelijke leefomgeving waar kinderen gezond kunnen opgroeien (goede woningen en scholen met een gezond binnenmilieu) en gemakkelijk buiten kunnen spelen (veilige wandel- en fietspaden, een schone en veilige buitenruimte). Een gezonde wijk heeft een ruim aanbod aan sport, cultuur en groen, dat voor iedereen goed te bereiken is. Bewoners van een wijk, inclusief de jongeren, kunnen meepraten over hun eigen woon- en leefomgeving.

Voor de kwaliteit van de leefomgeving in relatie tot wegverkeerslawaaï zal het vooral gaan om de fysieke kenmerken van de leefomgeving. Overigens moet men zich wel bewust blijven van het belang van de factoren, die te maken hebben met de sociale omgeving en de individuele persoons- of leefstijlfactoren.

TNO beschrijft de definitie een gezonde fysieke leefomgeving als volgt [31]:

verbeteractiviteiten in de fysieke omgeving/openbare ruimte m.b.t. mobiliteit, geluid, veiligheid, (binnen)milieu, visuele aantrekkelijkheid (t.b.v. beweegvriendelijkheid) met als doel het terugdringen van gezondheidsachterstanden

Het programma Stiller op Weg heeft tot doel het stimuleren van bronmaatregelen voor wegverkeerslawaaï in het stedelijk gebied. Als we deze doelstellingen beschouwen in relatie tot de hiervoor genoemde definitie voor een gezonde fysieke leefomgeving, dan zien we hier overeenkomsten, namelijk verbetermaatregelen voor het terugdringen van gezondheidsachterstanden.

3.1 Tevredenheid leefomgeving

Een ruime meerderheid van de Nederlanders is tevreden met hun woning en hun directe leefomgeving. Circa 70% van de Nederlanders is tevreden, 27% is tamelijk tevreden en 3% is ontevreden over de woonomgeving. Ondanks dat Nederlanders tevreden zijn over hun leefomgeving is er sprake van hinder [24].

Van de milieuaspecten die de tevredenheid van de woonomgeving bepalen, is wegverkeerslawaai het belangrijkste. De lokale milieukwaliteit is minder van invloed op de tevredenheid over de woonomgeving dan bijvoorbeeld de kwaliteit van de woning, sociale aspecten en eventuele overlast in de buurt. Toch zijn mensen tevredener over hun woonomgeving naarmate de kwaliteit van het lokale milieu beter is [30].

Niet alle aspecten van het lokale milieu hebben een even grote invloed op het oordeel over de kwaliteit van de woonomgeving. Verkeerslawaai heeft hier een relatief grote invloed op. Uit onderzoek blijkt echter dat, vanwege de bundeling en verdichting van de functies wonen en werken, extra ingezet moet worden op de bestrijding van geluidhinder. Dit geldt met name voor de binnensteden van de grote steden en de uitleglocaties nabij de grote steden [30].

3.2 Samenhang met andere disciplines

Ondanks dat er in grootstedelijke binnenstadswijken meer hinder is door wegverkeerslawaai, zijn de bewoners toch vaak tevreden over de leefomgeving [26]. Dit laat zien, dat een optimale leefomgevingskwaliteit maatwerk is. Het verbeteren van de leefomgevingskwaliteit in combinatie met het halen van de geluidsnormen vraagt om ruimtelijke afwegingen. Door de hoge ruimtedruk leidt dit vaak tot maatregelen aan of bij de bron (snelheidsverlaging, geluidsschermen, ondertunneling) waardoor de geluidsnormen gehaald worden.

De samenhang met andere disciplines is bepalend voor de leefomgevingskwaliteit. Dit geldt ook voor de gezondheid van de mens. Die wordt namelijk beïnvloed door verschillende factoren, zoals leefgewoonten (bijvoorbeeld voeding en beweging) en de sociale omgeving. Maar ook factoren als erfelijke aanleg of verworven (over)gevoeligheid kunnen de gezondheid beïnvloeden. Milieubeleid wordt daarom steeds vaker gekoppeld aan gezondheidsbeleid. Op deze manier kan de blootstelling aan risicofactoren in onderlinge samenhang worden beoordeeld. Stapeling van meerdere ongunstige factoren en omstandigheden in bepaalde sociaaleconomische groepen en wijken lijkt een sleutelrol te spelen. Samenhang in milieubeleid, preventie en gezondheidsbevordering is daarom van steeds groter belang, zeker op wijkniveau [30].

3.3 Effecten van stilte

Diverse onderzoeken tonen aan dat wegverkeerslawaai een negatieve invloed heeft op de gezondheid. Geluiden die mensen positief waarderen (gewenste geluiden) kunnen echter een gezondheidsbevorderende werking hebben. Zo kan het verblijf in een gebied zonder lawaai bijdragen aan compensatie of herstel van negatieve gezondheidseffecten van lawaai in de woonomgeving. In de tweede plaats kan blootstelling aan lage niveaus van als prettig ervaren (gewenst) geluid een gunstige invloed hebben op de gezondheid. Hoewel de bewijskracht hiertoe beperkt is, lijkt het erop dat stille plekken in de wijdere omgeving de hinder van wegverkeerslawaai binnenshuis en direct buiten de woning vermindert [42].

Een methode waarmee de akoestische kwaliteit wordt benadrukt, en die een gunstig effect kan hebben op de gezondheid, is de 'soundscape'-benadering. Deze methode onderscheidt gewenst en ongewenst geluid in plaats van uitsluitend geluidsniveaus [41].

In Amsterdam is ook onderzoek gedaan naar stille gebieden in de stad. Uit het onderzoek blijkt, dat veel Amsterdammers vooral rust in huis (circa 75%) en ook rust in de buurt (circa 50%) belangrijk vinden. Rust elders in de stad of rustige plekken buiten de eigen buurt vindt men minder belangrijk. Wat nu onder een stille plek in de stad wordt verstaan, is niet eenduidig. Internationaal worden richtwaarden van 40 tot 55 dB(A)/dB genoemd.

De meeste deelnemers aan het Amsterdams onderzoek geven aan, dat de plekken die zij als stil ervaren een geluidsniveau (tengevolge van verkeer) van 35 tot 40 dB hebben. Er worden geen gebieden genoemd die een geluidsbelasting hebben hoger dan 60 dB. Dat een plek met een geluidsbelasting tussen 40 en 60 dB als stil ervaren wordt, is niet alleen afhankelijk van het geluidsniveau. Ook andere factoren, zoals groen, mooi en/of stiller dan de omgeving, spelen een rol. Het onderzoek ondersteunt de conclusie dat een waarde van maximaal 40 dB een 'gouden standaard' is voor een stille plek in de stad [43].

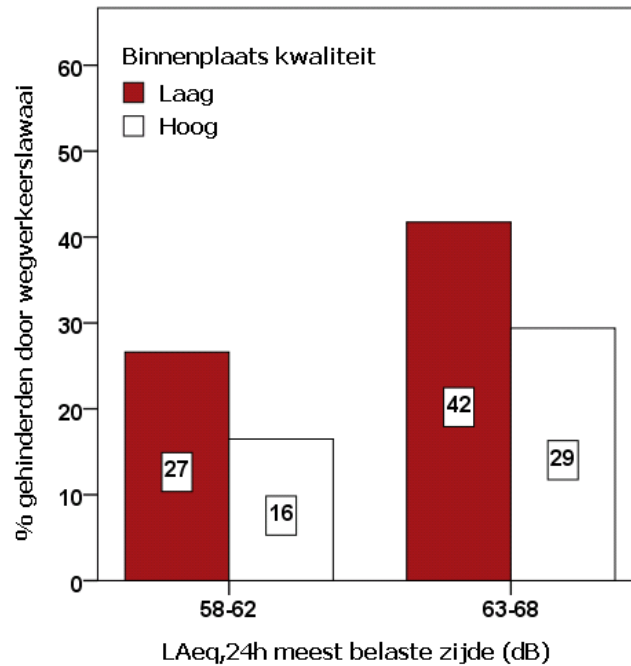
Onderzoek van de Gezondheidsraad toont aan, dat mensen die in een lawaaiige omgeving wonen een grotere behoefte lijken te hebben aan stille plekken, dan mensen die thuis geen overlast ervaren [42]. Uit het onderzoek kan niet geconcludeerd worden dat mensen daadwerkelijk stille plekken bezoeken om stilte te beleven. Visuele omgevingskenmerken worden vaak even belangrijk of belangrijker gevonden.

In het onderzoek van de Gezondheidsraad wordt verder geconcludeerd, dat weinig bekend is over de positieve gezondheidseffecten van stilte. Men verwacht echter wel dat dit een positief effect heeft. Onderzoek naar stiltebeleving bij bezoekers van groene gebieden voor recreatie maakt duidelijk, dat veel factoren van invloed zijn op de relatie tussen blootstelling aan lawaai en verstoring van rust. Een beoordeling gebaseerd op een enkel (gemiddeld) geluidsniveau geeft dus slechts een beperkt beeld van wat ervaren wordt als stilte en wat die stilte kan verstoren. Factoren die hierbij een rol spelen zijn:

- gewenst en ongewenst geluid;
- de tijd dat een ongewenst geluid hoorbaar is;
- het type gebied.

De Gezondheidsraad denkt dat het waarschijnlijk is, dat geluidsgevoelige mensen meer baat hebben bij stille gebieden.

Zweeds onderzoek bevestigt de stelling van de Gezondheidsraad, dat door stille plekken de hinder binnen en buiten de woning wordt verminderd. In Stockholm en Göteborg is namelijk onderzoek uitgevoerd naar de hinder van bewoners met een hoogbelaste gevel door wegverkeerslawaai. Het onderzoek toont aan dat 27% van de bewoners, die geen stille binnenplaats hebben en een gevelbelasting van 58 tot 63 dB, gehinderd worden door het geluid van het wegverkeer. Van de bewoners die in deze geluidsklasse wel beschikken over een stille binnenplaats is slechts 16% gehinderd. In de geluidsklasse van 63 tot en met 68 dB is 42% van de bewoners gehinderd, wanneer zij geen stille binnenplaats hebben en 29% als zij wel een stille binnenplaats hebben [4]. In figuur 2 is dit geïllustreerd.

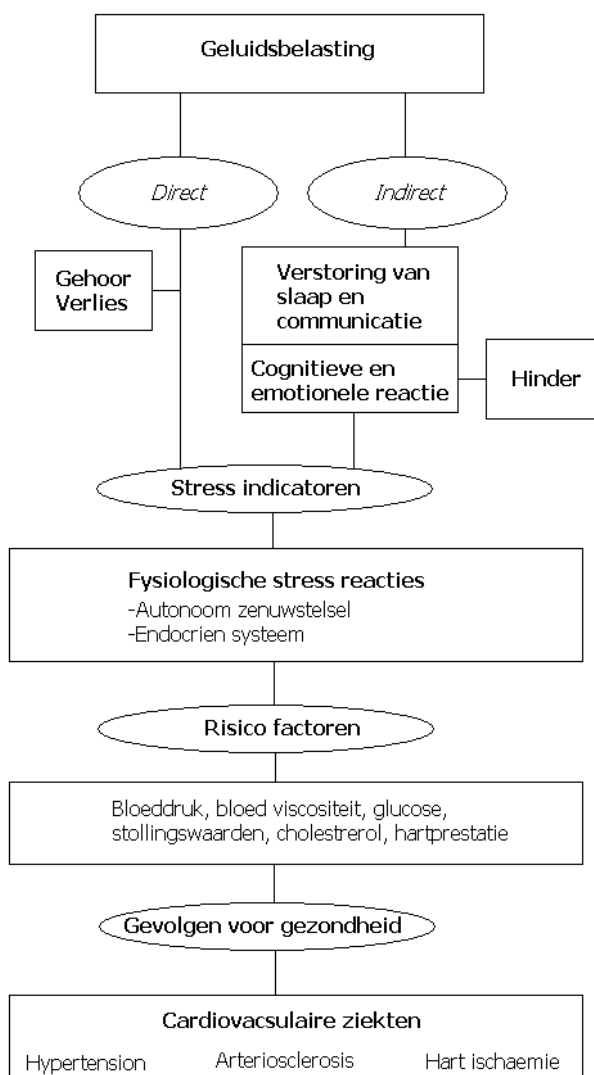


Figuur 2: aantal gehinderden (%) in relatie tot geluidsniveau (L_{Aeq}) bij afwezigheid van een stille binnenplaats (rood) en aanwezigheid van een stille binnenplaats (naar voorbeeld van bron [4])

Uit onderzoek van Öhrström et al. wordt een vergelijkbare conclusie getrokken. Het onderzoek toont aan, dat een stille zijde in het huis de hinder met 11-19% verminderde, afhankelijk van de geluidsbelasting. Zij vonden bij huizen met een geluidsbelasting van 55 dB ($L_{Aeq,24}$) een even groot percentage gehinderden als in woningen met een geluidsbelasting met 60 dB aan de ene kant en een stille zijde aan de andere kant [52].

4. WEGVERKEERSLAWAAI EN ZIEKTELAST

Diverse onderzoeken hebben aangetoond, dat de blootstelling aan wegverkeerslawaaai een negatief effect kan hebben op de gezondheid. Maar wat zijn dit nu voor effecten? Om hier een indruk van te krijgen, heeft Babisch [53] een schema opgesteld voor de oorzaak-gevolg relaties (figuur 3) van wegverkeerslawaaai.



Figuur 3: wegverkeerslawaaai en de effecten (naar voorbeeld van bron [53])

Figuur 3 laat zien, dat blootstelling aan geluidsoverlast direct kan leiden tot gehoorschade en indirect tot verstoring van activiteiten, slaap en communicatie en cognitieve en emotionele respons en hinder. Zowel direct als indirect leidt dit tot stress. Als gevolg hiervan nemen fysiologische stressreacties toe. Mensen lopen hierdoor meer risico op bijvoorbeeld verhoging van de bloedsuikerspiegel of bloeddruk. Deze effecten kunnen weer leiden tot hart- en vaatandoeningen met de dood tot gevolg. Gesteld kan worden dat langdurige blootstelling aan wegverkeerslawaaai dodelijk is. Het aantal doden ten gevolge van wegverkeer varieert van enkele tientallen tot honderden.

Onderzoek van Knol en Staatsen [50] toont aan dat het om 620 doden gaat. Van Kempen en Houthuijs [33] hebben vastgesteld dat het aantal doden iets minder is, namelijk 84. Het meest recente onderzoek komt met een vergelijkbaar aantal, 71 doden ten gevolge van wegverkeerslawaaai [11]. Het aantal

doden als gevolg van blootstelling aan wegverkeerslawaai in relatie tot vliegverkeer en railverkeer is weergegeven in tabel 2 [58].

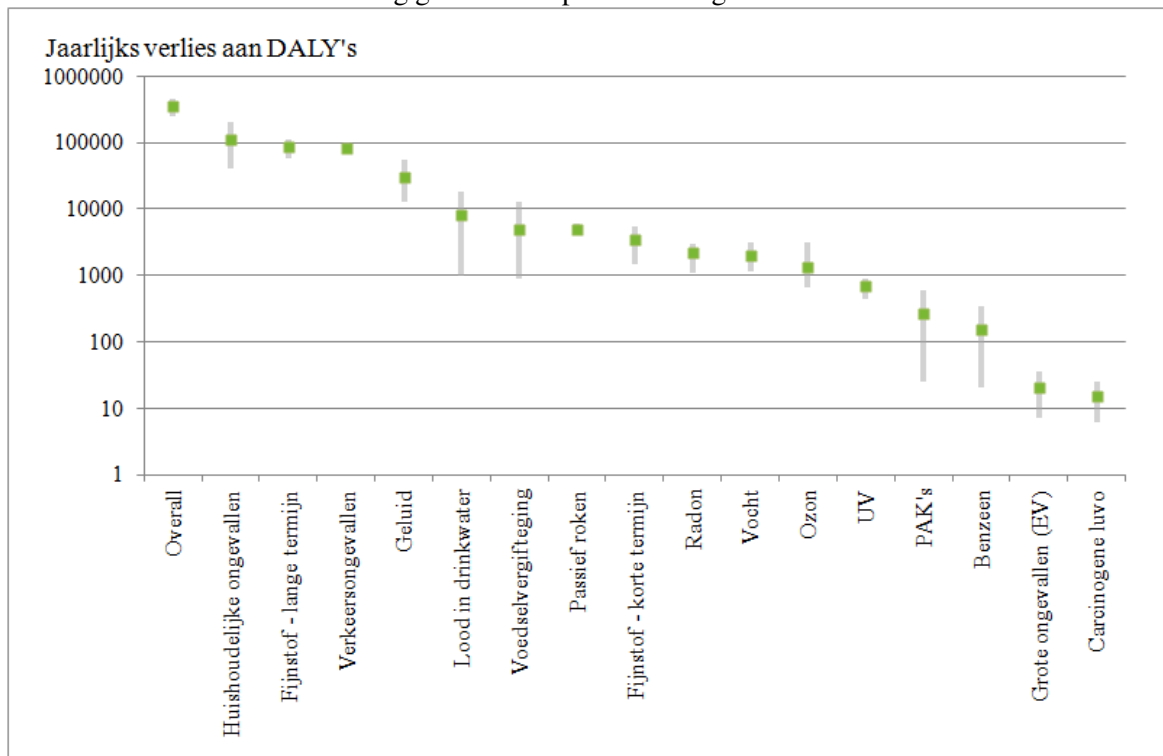
Tabel 2: aantal doden door verkeerslawaai [58]

geluidsbron	ernstig gehinderden	ernstig slaapgestoorden	doden
wegverkeer	813.000	407.000	tientallen - honderden
vliegverkeer	407.000	136.000	enkele tientallen
railverkeer	136.000	0	enkele

Het aantal doden door wegverkeerslawaai is het hoogst in vergelijking met vlieg- en railverkeer.

De effecten uit figuur 3 geven nog geen overzicht van de omvang van de ziektelast door blootstelling aan wegverkeerslawaai. Een veel gebruikte maat om de ziektelast in een populatie weer te geven is DALY. Een DALY geeft het aantal verloren levensjaren en het aantal jaren geleefd met gezondheidsproblemen, gewogen voor de ernst hiervan (ziektejaarequivalenten) weer.

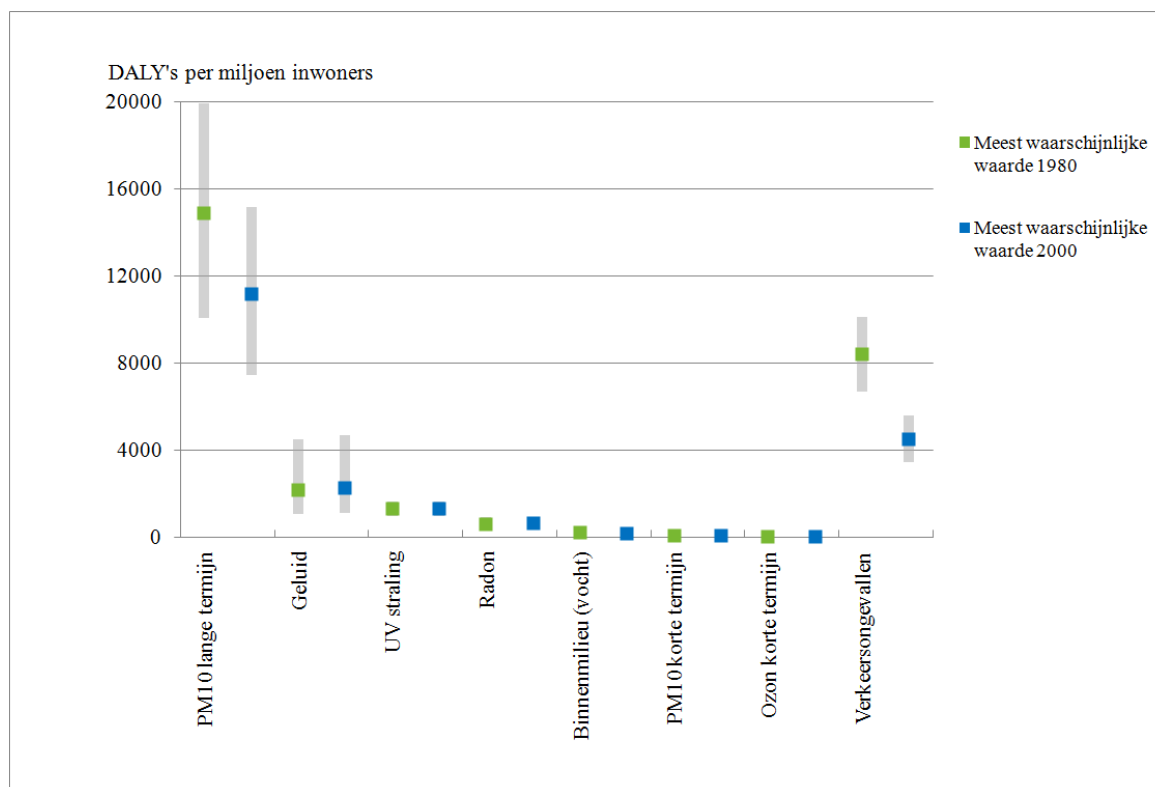
Geluid is in Nederland een ernstig gezondheidsprobleem. Figuur 4 illustreert dit.



Figuur 4: ziektelast in DALY's (naar voorbeeld van bron [56])

De ziektelast in Nederland is toe te schrijven aan verschillende factoren. Geluid is één van de belangrijkste factoren, naast huishoudelijke ongevallen, fijn stof (lange termijn) en verkeersongevallen [56].

Van de totale ziektelast in Nederland is naar schatting 2 tot 5% toe te schrijven aan milieufactoren [51/W1]. In figuur 5 is een overzicht gegeven van deze milieufactoren. Ter vergelijking is het aantal DALY's (per miljoen inwoners) weergegeven voor verkeersongevallen.



Figuur 5: ziektebelasting door milieufactoren (in DALY's, naar voorbeeld van bron [51/W1])

Uit figuur 5 kan geconcludeerd worden, dat geluid één van de belangrijkste milieufactoren is die een negatief effect op de gezondheid heeft. Per miljoen inwoners zijn circa 2.000 DALY's toe te schrijven aan de blootstelling van geluid [51/W1].

De World Health Organization heeft een onderzoek uitgevoerd naar het aantal DALY's ten gevolge van verkeerslawaai. Uit dit onderzoek blijkt dat het aantal DALY's ten gevolge van verkeerslawaai binnen de agglomeraties van de EU-landen circa 1.600.000 bedraagt. Hiervan is circa 903.000 DALY's toe te schrijven aan slaapverstoring en 587.000 DALY's aan hinder. Het grootste deel van deze DALY's wordt veroorzaakt door wegverkeerslawaai [7]. In Nederland bedraagt de jaarlijkse ziektebelasting door omgevingslawaai gemiddeld 36.800 DALY's [13].

Maatregelen om het aantal DALY's ten gevolge van het verkeerslawaai omlaag te brengen, hebben vaak ook een positieve invloed op de gezondheidseffecten door fijn stof. Figuur 5 toont aan dat fijn stof de belangrijkste milieufactor is die een negatief effect heeft op de gezondheid. Grootchalige stedenbouwkundige of infrastructurele projecten in reeds bewoonde omgeving bieden kansen om de gezondheidseffecten, ten gevolge van fijn stof en wegverkeerslawaai, bij omwonenden te verbeteren. Met behulp van de getalsmaat DALY kan duidelijk inzicht worden geboden in de gezondheidseffecten van blootstelling aan fijn stof en wegverkeerslawaai. Opmerkelijk is dat fijn stof qua gezondheidseffect een belangrijkere omgevingsfactor is. Echter de impact van verkeerslawaai heeft effect over een groter gebied. Dit leidt er toe, dat de gezondheidseffecten ten gevolge van wegverkeerslawaai groter kunnen zijn bij infrastructurele projecten [57].

Voor de wat kleinschaliger projecten is de Gezondheidseffectscreening (GES) een geschikt instrument om de milieugezondheidskundige gevolgen van ruimtelijke plannen in kaart te brengen. Het instrument geeft eenvoudig, integraal en gestandaardiseerd weer wat de invloed van milieufactoren op de gezondheid van bewoners is. Met behulp van de GES kunnen ruimtelijke planvarianten met elkaar worden vergeleken. In de GES worden niet alleen de gevolgen van geluid op de gezondheid in kaart gebracht.

Het instrument geeft ook voor de volgende milieufactoren eenvoudig, integraal en gestandaardiseerd weer wat de invloed is van milieufactoren op de gezondheid van bewoners [14]:

- luchtkwaliteit;
- externe veiligheid;
- stank;
- bodemverontreiniging;
- bovengrondse hoogspanningslijnen en elektromagnetische velden.

De omvang van het milieugezondheidsprobleem wordt uitgedrukt in de GES-scores één tot en met acht. Op basis van bekende dosisresponsrelaties wordt de berekende blootstelling vertaald naar

GES-scores. Bij een GES-score van 6 wordt het Maximaal Toelaatbare Risico (MTR) voor

blootstelling aan de specifieke milieufactor overschreden. In het instrument zijn de milieugezondheidskwaliteiten gestandaardiseerd, zoals weergegeven in tabel 3 [14]. Voor de volledigheid is ook weergegeven welke score overeenkomt met de geluidsbelasting ten gevolge van het wegverkeer.

Tabel 3: koppeling tussen GES-scores en milieugezondheidskwaliteit

GES-score	geluidsbelasting (L_{den})	milieugezondheidskwaliteit	
0	< 43 dB	zeer goed	groen
1	43 – 47 dB	goed	
2	48 – 52 dB	redelijk	geel
4	53 – 57 dB	matig	oranje
5	58 – 62 dB	zeer matig	
6	63 – 67 dB	onvoldoende	rood
7	68 – 72 dB	ruim onvoldoende	
8	\geq 73 dB	zeer onvoldoende	

In de volgende hoofdstukken wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste gezondheidseffecten in relatie tot ziektelast. Hoofdstuk 5 gaat over wegverkeerslawaai en slaapverstoring. In hoofdstuk 6 staat beschreven wat wegverkeerslawaai voor effecten heeft op hinder. Hoofdstuk 7 gaat over de overige gezondheidseffecten ten gevolge van het wegverkeer.

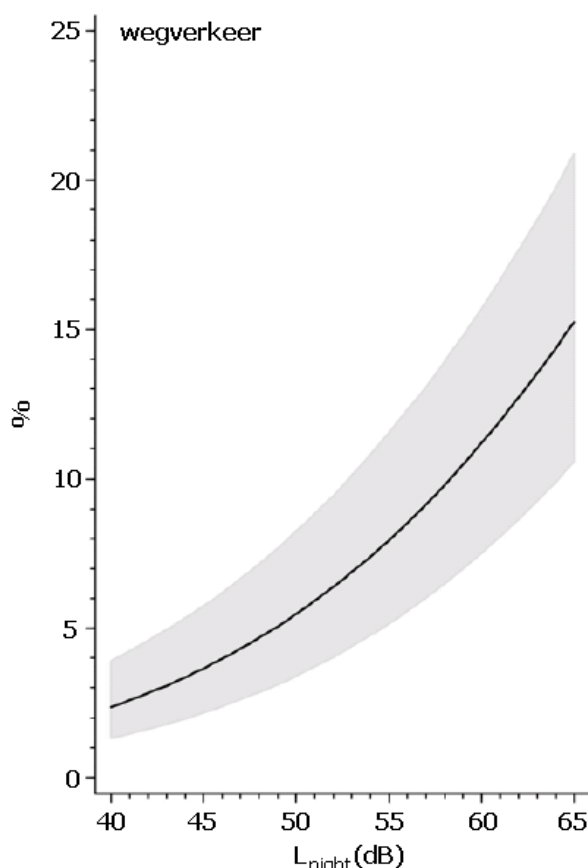
5. WEGVERKEERSLAWAAI EN NACHTELIJKE BLOOTSTELLING

Zoals in het vorige hoofdstuk staat beschreven, zijn binnen de agglomeraties van de EU-landen circa 903.000 DALY's toe te schrijven aan slaapverstoring door verkeerslawaai. Het aantal DALY's ten gevolge van slaapverstoring door blootstelling aan nachtelijk geluid van wegverkeer in Nederland bedraagt ongeveer 25.000 [7].

In Nederland wordt circa 8% van de inwoners verstoord tijdens de slaap door wegverkeer en 3% van de inwoners zelfs ernstig verstoord. Voor rail- en vliegverkeer ligt dit aantal een stuk lager (circa 0.5 tot 2.5%) [24]. Het aantal slaapverstoorden bedraagt 290.000 in Nederland [33]. Deze omvang is gebaseerd op een blootstellings-responsrelatie die is afgeleid door Miedema [10]. Deze blootstellings-responsrelatie is als volgt:

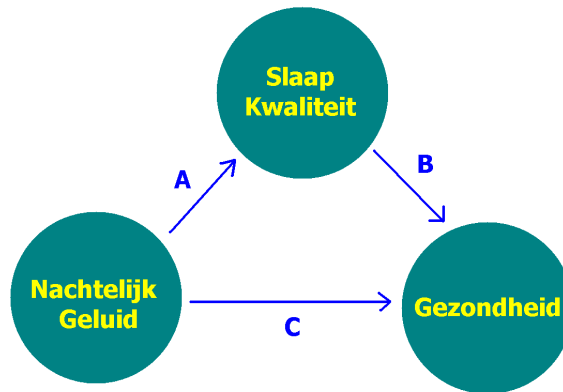
$$\% \text{ ernstige slaapverstoring} = 20.8 - 1.05 * L_{\text{night}} + 0.01486 * (L_{\text{night}})^2$$

In figuur 6 is op basis van deze blootstellings-responsrelatie de relatie tussen wegverkeerslawaai en ernstige slaapverstoring weergegeven. Op de x-as is het geluidsniveau in de nacht weergegeven en op de y-as staat het percentage ernstig slaapverstoorden.



Figuur 6: relatie tussen wegverkeerslawaai (L_{night}) en percentage ernstige slaapverstoorden (%) - inclusief 95% betrouwbaarheidsinterval (naar voorbeeld van bron [33])

Blootstelling aan wegverkeerslawaai heeft effect op slaap, gezondheid en welbevinden. De relatie hiertussen is weergegeven in figuur 7.



Figuur 7: relatie tussen nachtelijke blootstelling aan geluid, slaap en gezondheid + welbevinden (naar voorbeeld van bron [7])

Figuur 7 toont aan dat nachtelijke blootstelling aan wegverkeerslawaai directe en indirecte effecten heeft op gezondheid en welbevinden. Relatie 'a' geeft de invloed weer op de slaap. Slaapverstoring kan weer leiden tot gezondheidseffecten (relatie 'b'). Met relatie 'c' wordt weergegeven, dat blootstelling aan geluid ook tot gezondheidseffecten kan leiden zonder dat sprake is van slaapverstoring. De effecten die genoemd worden bij een geluidsbelasting > 40 dB ($L_{\text{night, outside}}$) zijn zelfgerapporteerde slaapverstoring, toename van medicijngebruik, toename van lichamelijke activiteit, slapeloosheid. Bij een geluidsbelasting > 55 dB ($L_{\text{night, outside}}$) ontstaan ook hart- en vaatziekten [32].

De Gezondheidsraad noemt, naast de hiervoor genoemde effecten door slaapverstoring, ook nog een verlenging van de inslaaptijd, versnelling van de hartslag, overgang van een diepe naar een minder diepe slaap, het vervroegd wakker worden, een slechter humeur, vermoeidheid en een verminderd prestatievermogen [34].

Het versnellen van de hartslag door blootstelling aan wegverkeerslawaai is niet alleen afhankelijk van akoestische parameters (soort verkeer, maximumniveaus, snelheid van toename). Het slaapstadium waarin men zich bevindt, is ook van invloed [5]. Daarnaast lijkt het er op, dat er geen gewenning aan het geluid van wegverkeer in de nacht optreedt [5]. Het achtergrondgeluid op de wegverkeerslocaties kan echter wel van invloed zijn op de motiliteit en het begin van motiliteit [40]. 50% van de slaapkamerramen wordt dichtgedaan wanneer de geluidsbelasting > 55 dB L_{Aeq} is. Ondanks dat bewoners een afname in slaapverstoring laten zien, wanneer zij slapen met raam dicht, treedt slaapverstoring op vanwege de slechte ventilatie [32].

Het is plausibel dat slaapverstoring door geluid leidt tot uitputting, ongelukken en verminderde prestaties. Hiervoor is echter maar beperkt bewijs beschikbaar [32]. Er is wel een significante relatie gevonden tussen slaapverstoring door wegverkeerslawaai en het niet uitgerust zijn in de ochtend [28]. 2-8% van de mensen met slapeloosheid heeft minimaal één keer in zijn leven een ongeval, dat samenhangt met slapeloosheid [32].

Onderzoek toont aan dat blootstelling aan hoge geluidsbelasting in de nacht (45-77 dB) leidt tot een verhoogde hartslag (al dan niet in combinatie met ontwaken). Het versnellen van de hartslag heeft een duidelijke relatie met zowel akoestische parameters (soort verkeer, maximumniveaus, snelheid van toename) als met het slaapstadium waarin men zich bevindt [5].

Onderzoek toont aan dat er bepaalde risicogroepen zijn voor slaapverstoring door geluid. Kinderen zijn bijvoorbeeld minder gevoelig voor verstoring door geluid in de nacht. Echter, kinderen worden wel langer en dus vaker blootgesteld aan geluid in de nacht (omdat ze langer slapen) en daarom zijn ze een risicogroep. Ook oudere mensen, zwangere vrouwen, zieke mensen en mensen die in ploegendienst werken, worden als risicogroep genoemd omdat zij een meer gefragmenteerde slaap hebben [32]. De Gezondheidsraad benoemt naast deze risicogroep ook mensen die lijden aan slapeloosheid als risicogroep. Mensen die zich bij het inslapen zorgen maken, hebben door omgevingsgeluid tijdens het inslapen nog langer nodig om in slaap te raken. Ook ervaren ze hun slaap als minder goed. De Gezondheidsraad acht het verder plausibel dat ook de volgende groepen een verhoogde kans hebben op nadelige gevolgen van nachtelijk geluid voor hun gezondheid en welbevinden: vrouwen in de periode tot ongeveer een jaar na de zwangerschap en lichamelijke pijn, dementie, depressie, hypertensie of hart- of longziekten [34].

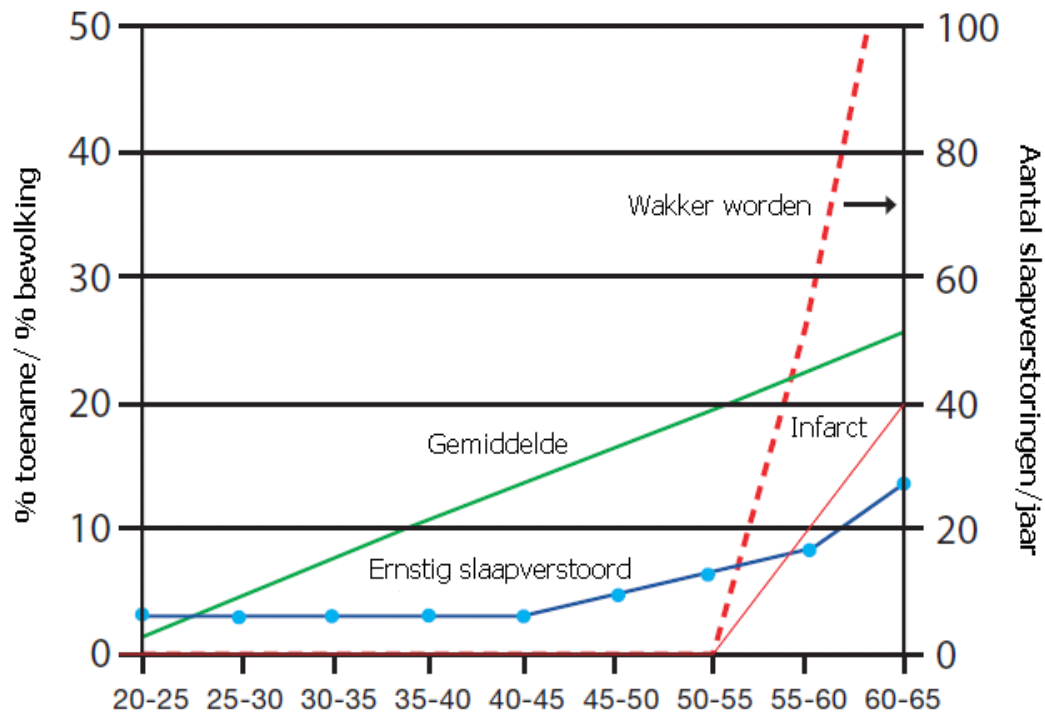
De Gezondheidsraad geeft in een eerder onderzoek een aantal drempelwaarden weer, waarbij aangetoond is dat slaapverstoring optreedt [12]:

- ontwaakreacties: SEL¹ 60 dB(A);
- slaapstadia: SEL 35 dB(A);
- subjectieve slaapkwaliteit: L_{Aeq, nacht} 40 dB(A);
- hartslag: SEL 40 dB(A);
- humeur volgende dag: L_{Aeq, nacht} <60 dB(A).

Op de langere termijn hebben deze effecten invloed op de gezondheid. De World Health Organization (WHO) heeft onderzoek uitgevoerd naar de drempelwaarden waarboven slaapverstoring optreedt. In figuur 8 is per geluidsklasse weergegeven wat de voornaamste gezondheidseffecten van blootstelling aan nachtelijk geluid van wegverkeer zijn [32]. Op de linker y-as staat de toename (uitgedrukt in %) van de gemiddelde lichamelijke activiteit of infarcten en het % van de bevolking dat slaapverstoord is. De rechter y-as geeft het aantal ontwaken per jaar weer.

¹ SEL = sound exposure level. Deze term wordt gehanteerd voor het karakteriseren van een in meer of mindere mate geïsoleerde geluidsgebeurtenis, zoals het passeren van een vrachtwagen of het overvliegen van een vliegtuig.

Op de x-as is weergegeven bij welke geluidsbelasting deze effecten optreden.



Figuur 8: blootstellingseffecten (%) door nachtelijk geluid van wegverkeer (L_{night}) (naar voorbeeld van bron [32])

De resultaten uit figuur 8 laten zien dat $L_{\text{night, outside}}$ een goede indicator is voor gezondheidseffecten door slaapverstoring vanwege geluid. Onder 30 dB ($L_{\text{night, outside}}$) zijn geen effecten waargenomen, op wat lichamelijke activiteit na. Het onderzoek van de WHO toont verder aan, dat er maar beperkt bewijs voor is dat slaapverstoring door geluid leidt tot wisseling in hormoonspiegels, hart- en vaatziekten, depressie en andere psychologische aandoeningen [32].

Directe cardiovasculaire reacties op nachtelijk geluid treden mogelijk in verhouding vaker op bij mensen met hart- en vaatziekten of mensen die zichzelf gevoelig voor geluid vinden [34].

6. INVLOED VAN WEGVERKEERSLAWAAI OP HINDER

Geluidshinder ontstaat wanneer burgers worden blootgesteld aan ongewenste geluiden. De Gezondheidsraad omschrijft hinder als een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwettheid, dat optreedt wanneer een milieufactor iemands gedachten, gevoelens of activiteiten negatief beïnvloedt [54].

Geluidshinder wordt veroorzaakt door akoestische en niet-akoestische factoren. Bij akoestische factoren kan gedacht worden aan het geluidsniveau, de frequentie van het geluid maar ook de variatie van het geluid in tijd en frequentie. Onder niet-akoestische factoren worden ook wel 'persoonlijke en contextuele factoren' verstaan. Zo is via onderzoek aangetoond, dat de hinderbeleving van mensen positief wordt beïnvloedt door hen te betrekken bij het besluitvormingsproces [47]. Daarnaast hebben mensen die extra gevoelig zijn voor geluid, personen die bang zijn voor bepaalde geluidsbronnen en zij die zich onmachtig voelen om een bepaalde geluidssituatie te beïnvloeden, een verhoogde kans om ernstige hinder te ervaren [8].

Het RIVM heeft de persoonlijke en contextuele factoren onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Demografische en (sociaal) economische factoren (leeftijd, geslacht, inkomen).
- Persoonlijke factoren (angst voor de geluidsbron, geluidsgevoeligheid, economische binding met de geluidsbron).
- Sociale factoren (verwachtingen over toekomstig geluid, houding ten opzichte van de geluidsbron of de verantwoordelijken, media-aandacht).
- Situationele factoren (frequentie van geluidsgebeurtenissen, aantrekkelijkheid van de buurt, hoeveelheid groen, afstand tot voorzieningen, aanwezigheid van andere geluidsbronnen zoals een vliegveld).

Van deze vier categorieën hebben de demografische en economische factoren de minste invloed op de geluidshinder. De sociale en situationele factoren zijn in het algemeen makkelijker te beïnvloeden dan de demografische en persoonlijke factoren [20].

De verklaarde variantie² in hinder wordt globaal voor 10-30% bepaald door geluid, 30-40% door persoonlijke en contextuele factoren en circa 30% is niet te verklaren (onverklaarde variantie) [20]. Deze verdeling komt aardig overeen met bevindingen uit onderzoek naar de sociale factoren bij hinderbeleving. In dit onderzoek wordt geschat dat 1/3 van de hinder wordt veroorzaakt door akoestische factoren, 1/3 door niet-akoestische factoren en de laatste 1/3 is een combinatie van beide factoren [47].

In Nederland zijn circa 640.000 mensen ernstig gehinderd door geluid van wegverkeer [33]. Als we dit aantal onder de loep nemen, zijn er verschillende methoden om het aantal ernstig gehinderden te bepalen.

Het aantal ernstig gehinderden door wegverkeerslawaai kan namelijk worden gemeten of berekend. Voor het meten van geluidshinder worden veelal vragenlijsten onder de bevolking uitgezet. Het berekenen van de geluidshinder gebeurt door de geluidsbelasting via blootstellings-responsrelaties om te zetten naar een verwacht percentage ernstig gehinderden.

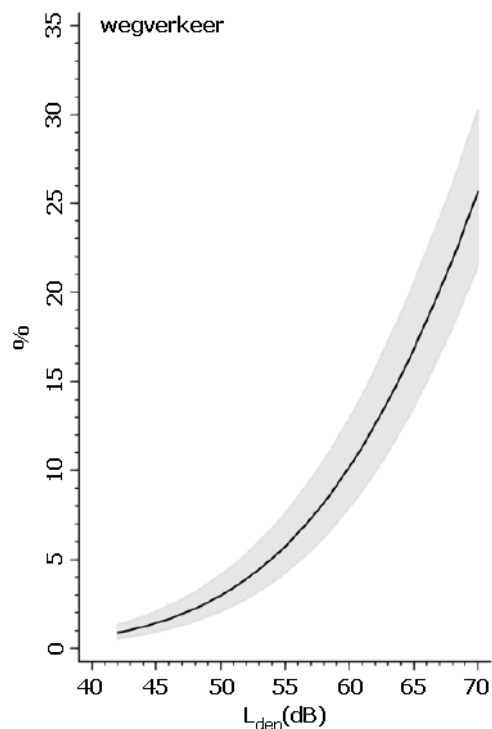
Uit onderzoek blijkt dat cijfers over geluidshinderonderzoek vaak niet goed te vergelijken zijn. Een verklaring hiervoor is, dat er verschillende vraagstellingen of berekeningsmethoden worden gebruikt.

² De hoeveelheid (aantal procent) van de variatie in een model die verklaard wordt door persoonlijke en contextuele factoren.

Zo heeft Miedema [35] voor het berekenen van het aantal ernstig geluidgehinderden een blootstellings-responsrelatie afgeleid uit diverse studies naar het aantal ernstig gehinderden door wegverkeerslawaai. Deze blootstellings-responsrelatie voor het percentage ernstig gehinderden (%HA) door geluidsbelasting van wegverkeer is als volgt:

$$\%HA = 9,868 \cdot 10^{-4} (L_{den} - 42)^3 - 1,436 \cdot 10^{-2} (L_{den} - 42)^2 + 0,5118 (L_{den} - 42)$$

In figuur 9 is op basis van deze blootstellings-responsrelatie de relatie tussen wegverkeerslawaai en ernstige hinder weergegeven. Op de x-as staat het geluidsniveau. De y-as geeft het percentage ernstig gehinderden weer bij een bepaald geluidsniveau.



Figuur 9: relatie tussen wegverkeerslawaai (L_{den}) en percentage (%) ernstige hinder (inclusief 95% betrouwbaarheidsinterval, naar voorbeeld van bron [33])

De gepresenteerde blootstellings-responsrelatie wordt in de praktijk echter op verschillende manieren toegepast. Hieronder worden drie toepassingen toegelicht die allen leiden tot verschillende resultaten:

1. Berekeningen van de RIVM [20] tonen aan dat, volgens deze blootstelling-responsrelatie 5.1% van de Nederlandse bevolking ernstig is gehinderd door wegverkeerslawaai. Hierbij is het aantal blootgestelden bepaald in geluidsklassen van 5 dB.
2. In de Europese Richtlijn Omgevingslawaai staat ook een methode beschreven om het aantal ernstig gehinderden te berekenen. Conform de richtlijn wordt het aantal ernstig gehinderden enkel berekend wanneer de geluidsbelasting 55 dB of hoger is. Het RIVM heeft berekend wat het aantal ernstig gehinderden is, wanneer dit uitgangspunt wordt aangehouden. Wanneer ervan uit wordt gegaan, dat het aantal ernstig gehinderden bij een geluidsbelasting < 55 dB gelijk is aan nul, dan bedraagt het percentage aantal ernstig gehinderden in Nederland 3.6%.
3. Met de methodiek Gezondheids Effect Screening (GES) [14] kan ook het aantal ernstig gehinderden worden berekend. De GES-methodiek geeft een range aan het verwachte aantal ernstig gehinderden (en is gebaseerd op de blootstellings-responsrelatie van Miedema [35]). Op basis van de blootstellingsverdeling van de RIVM bedraagt het verwachte percentage ernstig gehinderden in Nederland 3.7–6.7%.

De resultaten van hinderinventarisaties laten een andere trend zien. Zo is volgens een hinderinventarisatie uit 2008 circa 11% van de Nederlandse bevolking gehinderd door wegverkeerslawaai [24]. Dit percentage is gebaseerd op wegverkeerslawaai bij verschillende snelheden. Op basis van cijfers over de wegverkeersbronnen auto's, taxi's, bestelwagens en vrachtauto's kan geconcludeerd worden, dat 13% van de Nederlandse bevolking ernstig gehinderd is [24].

Op basis van het voorgaande kan geconcludeerd worden, dat berekende hinderpercentages vaak lager zijn dan gemeten hinderpercentages. Toch heeft iedere methode zijn voor- en nadelen. Bij toekomstige ontwikkelingen kan het aantal ernstig gehinderden alleen bepaald worden via berekeningen. Het nadeel is, dat het berekende hinderpercentage een grote onzekerheidsmarge kent. Met name bij lokale situaties zal de berekende waarde niet exact overeenkomen met de werkelijke situatie. In dat geval is het beter om metingen uit te voeren.

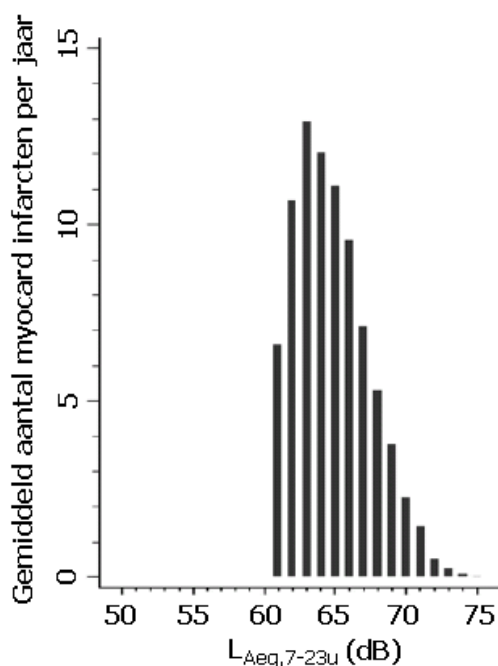
De blootstellings-responsrelatie voor ernstige hinder door wegverkeerslawaai, zoals door Miedema is afgeleid [35], heeft betrekking op de populatie van 18 tot circa 100 jaar. In 2009 is door TNO onderzocht wat voor invloed de leeftijd van de blootgestelden heeft op het percentage ernstig gehinderden. Mensen tussen de 40 en 50 jaar geven aan vaker gehinderd te zijn dan mensen van andere leeftijden [2]. Het is daarom te verwachten dat de blootstellings-responsrelatie van Miedema een onderschatting geeft van het aantal gehinderden.

7. INVLOED VAN WEGVERKEERSLAWAAI OP HART EN VATEN

Eerder is al aangegeven dat wegverkeerslawaai directe en indirecte gezondheidseffecten heeft. In hoofdstuk 5 en 6 zijn de indirecte gezondheidseffecten beschreven, namelijk slaapverstoring en hinder. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de overige gezondheidseffecten die veroorzaakt worden door wegverkeerslawaai. De voornaamste gezondheidseffecten die hieronder worden verstaan zijn ischaemische hartaandoeningen en hypertensie (hoge bloeddruk).

De WHO concludeert dat in de EU 60.000 DALY's zijn toe te wijzen aan ischaemische hartaandoeningen door blootstelling aan omgevingslawaai. Onderzoek uit 2007 geeft aan dat in de EU meer dan 245.000 mensen ischaemische hartaandoeningen ondervinden door blootstelling aan verkeerslawaai. Hiervan is ongeveer 94% toe te schrijven aan wegverkeerslawaai. De relatie tussen geluid van wegverkeer en de incidentie van myocardinfarct bij mannen is het meest geschikt om toe te passen bij het berekenen van de omvang van de ziektelast aan hart- en vaatziekten door geluid [33].

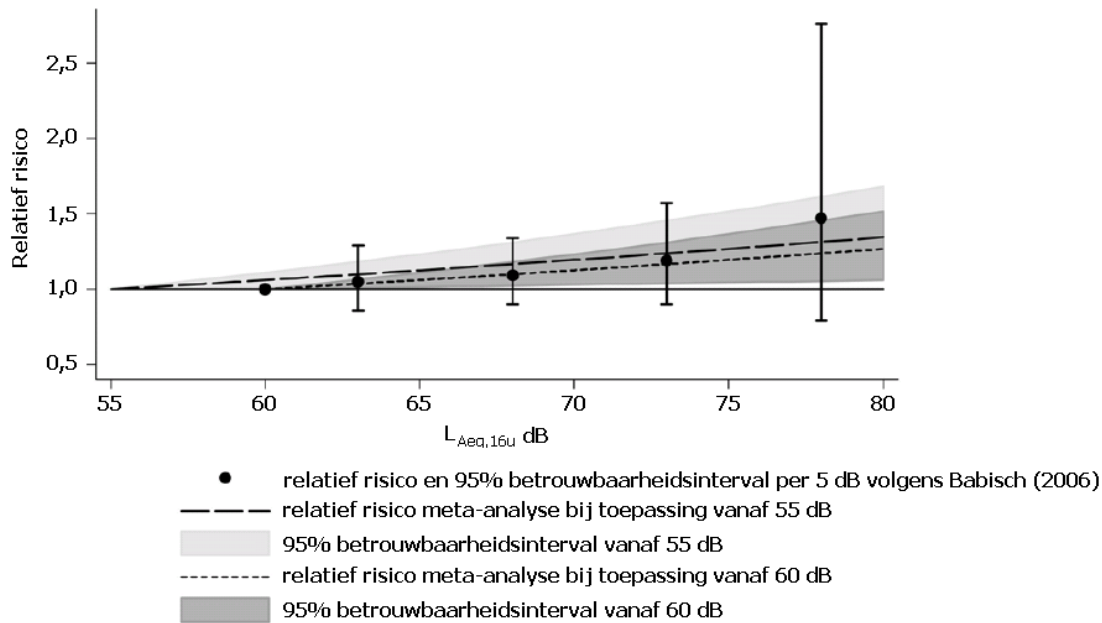
Het aantal extra myocardinfarcten in Nederland door wegverkeerslawaai bedraagt 84 gevallen per jaar. In figuur 10 is weergegeven hoe dit aantal is uitgesplitst per 1 dB geluidsklasse voor wegverkeerslawaai (bij toepassing vanaf 60 dB) [33].



Figuur 10: aantal extra myocardinfarcten per jaar uitgesplitst per 1 dB geluidsklasse voor wegverkeerslawaai (naar voorbeeld van bron [33])

Deze 84 gevallen per jaar is circa 0.30% van het aantal acute myocardinfarcten dat jaarlijks in Nederland optreedt. Dit percentage is aanmerkelijk lager dan voor Europa aangegeven (3%), mede door de gunstiger blootstellingsverdeling (vanaf 60 dB L_{Aeq} , 16 uur).

Bij toepassing vanaf 55 dB bedraagt het aantal gevallen 380 per jaar (1.3% van het aantal acute myocardinfarcten) [33]. In figuur 11 is een overzicht gegeven van de relatieve risico's van acute myocardinfarcten onder mannen door blootstelling aan wegverkeerslawaai.



Figuur 11: relatieve risico's van acute myocardinfarcten onder mannen door blootstelling aan wegverkeerslawaai (L_{Aeq}) (naar voorbeeld van bron [33])

Het is onduidelijk bij welk geluidsniveau rekening gehouden moet worden met het optreden van hart- en vaatziekten. De Gezondheidsraad heeft maar beperkte aanwijzingen gevonden, dat er een verhoogde kans op hypertensie of ischaemische hartaandoeningen is voor mensen, die wonen in gebieden waar buitenshuis de equivalente geluidsniveaus (tussen 06.00 en 22.00) lager zijn dan 70 dB(A) [12]. De WHO legde in 1999 de grens bij 65-70 dB(A) of hoger. Op basis van een stressmechanisme kan niet worden uitgesloten, dat bij gevoelige personen effecten al bij lagere niveaus optreden [30].

In onderzoek is aangetoond dat het relatieve risico op hart- en vaatziekten toeneemt door blootstelling aan geluid van wegverkeerslawaai (> 65 dB(A)). De volgende relatieve risico's (met een betrouwbaarheidsinterval van 95%) worden genoemd voor enkele aandoeningen [46]:

- hart- en vaatziekten (algemeen): 1.25;
- ischaemische hartaandoeningen: 1.15;
- hartfalen: 1.99;
- hartritmestoornis: 1.23.

8. CONCLUSIE

De gezondheid van mensen neemt al af bij een matige blootstelling aan wegverkeerslawaai. Vanaf verschillende drempelwaarden, treden slaapverstoring, hinder en hart- en vaatziekten op. In de hoofdstukken 4 tot en met 7 zijn de negatieve effecten, zoals gevonden in de belangrijkste literatuurbronnen, gerapporteerd. Daarnaast is wegverkeerslawaai de belangrijkste milieufactoor voor de tevredenheid met de woonomgeving. Hoewel er geen specifieke drempelwaarde voor de geluidsbelasting is gevonden waarboven een negatief effect optreedt, wordt de leefbaarheid slechter bij de aanwezigheid van een zekere mate van wegverkeerslawaai. In hoofdstuk 3 zijn hierover de belangrijkste literatuurbronnen geciteerd.

Hiermee is de hoofdonderzoeksvraag over de relatie tussen de blootstelling aan wegverkeerslawaai enerzijds en gezondheid en leefbaarheid anderzijds beantwoord. Onderstaand worden puntsgewijs de effecten op leefbaarheid en gezondheid nader toegelicht.

Leefbaarheid

Met betrekking tot leefbaarheid kan geconcludeerd worden, dat wegverkeerslawaai het belangrijkste milieuaspect is dat de tevredenheid van de woonomgeving bepaalt. Mensen zijn meer tevreden over hun woonomgeving naarmate de kwaliteit van het lokale milieu beter is. Een leefomgevingskwaliteit is maatwerk. Met name in grote steden waar meer hinder wordt ervaren, blijken bewoners toch tevreden te zijn over hun leefomgeving. In grote steden hebben minder mensen last van hinder indien zij kunnen verblijven in een stil gebied. De negatieve gezondheidseffecten door wegverkeerslawaai kunnen hiermee worden gecompenseerd of gedeeltelijk weggenomen.

Gezondheid

Op basis van diverse onderzoeken zijn blootstellings-responsrelaties vastgesteld om het percentage ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden te berekenen. De best beschikbare blootstellings-responsrelaties om het aantal ernstig slaapverstoorden en ernstig gehinderden weer te geven zijn als volgt:

$$\% \text{ ernstige slaapverstoring} = 20.8 - 1.05 * L_{\text{night}} + 0.01486 * (L_{\text{night}})^2$$

$$\% \text{ ernstige hinder} = 9,868 * 10^{-4} (L_{\text{den}} - 42)^3 - 1,436 * 10^{-2} (L_{\text{den}} - 42)^2 + 0,5118 (L_{\text{den}} - 42)$$

Op basis van het aantal blootgestelden aan wegverkeerslawaaï in Nederland wordt geconcludeerd, dat circa 8% van de inwoners verstoord wordt tijdens de slaap door wegverkeer en 3% van de inwoners zelfs ernstig verstoord. Ongeveer 640.000 inwoners worden ernstig gehinderd door geluid van wegverkeer.

Bij het berekenen van het aantal ernstig slaapverstoorden en ernstig gehinderden met behulp van de blootstellings-responsrelaties zijn de volgende kanttekeningen te maken:

- De geluidsbelastingen die voor de berekeningen worden gebruikt, zijn vaak gebaseerd op de meest geluidsbelaste gevel.
- De blootstellings-responsrelaties geven een schatting van de hinder en/of slaapverstoring voor een grote groep mensen. Lokale omstandigheden kunnen afwijken. Daarnaast kunnen de blootstellings-responsrelaties niet zonder meer toegepast worden voor bepaalde risicogroepen (zoals ouderen en zwangere vrouwen). De blootstellings-responsrelatie is daarom goed toepasbaar voor strategische doeleinden, die betrekking hebben op toekomstige populaties en situaties [8, 20].
- De blootstellings-responsrelaties zijn bepaald aan de hand van studies die zijn uitgevoerd met volwassenen. Berekening met een leeftijdspecifieke blootstellings-responsrelatie uit 2009 suggereert, dat onder personen van 25 tot 60 jaar het percentage ernstige hinder door geluid van wegverkeer wordt onderschat met de hiervoor genoemde blootstellings-responsrelatie.

Slaapverstoring en hinder hebben indirect effect op de gezondheid. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de relaties die gelegd kunnen worden tussen wegverkeerslawaaï enerzijds en gezondheid anderzijds.

Tabel 4: gezondheidseffecten ten gevolge van wegverkeerslawaaï

effect slaapverstoring	drempelwaarde (dB(A))
zelfgerapporteerde slaapverstoring	42 ($L_{\text{night, outside}}$)
toename medicijngebruik	40 ($L_{\text{night, outside}}$)
toename gemiddelde lichamelijke activiteit tijdens slaap	42 ($L_{\text{night, outside}}$) / 35-40 (SEL)
slapeloosheid	42 ($L_{\text{night, outside}}$)
gedragmatig ontwaken	42 ($L_{\text{max, inside}}$) / 55-60 (SEL)
verandering in EEG parameters	35 ($L_{\text{max, inside}}$)
veranderingen in slaapstadia en gefragmenteerde slaap	35 ($L_{\text{max, inside}}$)
hartslagversnelling	40 (SEL), 45 ($L_{\text{max, inside}}$)
hinder	
gehinderd	37 (L_{den})
ernstig gehinderd	42 (L_{den})
hart en vaten	
ischaemische hartaandoeningen	50 ($L_{\text{night, outside}}$)*
hypertensie	50 ($L_{\text{night, outside}}$)*

*Hiervoor is echter maar beperkt bewijs gevonden

Literatuur

1. A method to include in LCA road traffic noise and its health effects, R. Muller-Wenk, *Int J LCA* 9 (2) 76 - 85 (2004), 2003
2. Annoyance from environmental noise across the lifespan, P.W. van Gerven, H. Vos, M.P. van Boxtel, S.A. Janssen, H.M.E. Miedema, *J Acoust Soc Am.* Jul; 126(1): 187-94, 2009
3. Annoyance from transportation noise, Dosis-response relationships with exposure metrics DNL en DENL, and their confidence intervals, H.M.E. Miedema, C.G.M. Oudshoorn, Volume 109, nummer 4, *Environmental Health Perspectives*, Leiden, 2001
4. Attractive 'Quiet' courtyards: A potential Modifier of Urban Residents' Responses to Road traffic Noise?, A. Gidlöf-Gunnarsson, E. öhrström, 2010 (7), *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2010
5. Autonomic arousals related to traffic noise during sleep B. Griefahn, et al, 2008 April 1; 31(4): 569-577, *Sleep*, 2008
6. Blootstelling-responsrelaties voor geluidhinder en slaapverstoring, Een analyse van nationale gegevens, O.R.P. Breugelmans, R.K. Stellato, R. van Poll, 630171001, RIVM, Bilthoven, 2007
7. Burden of disease from environmental noise, Quantification of healthy life years lost in Europe W. Babish, et al., WHO, Kopenhagen, 2011
8. De maatschappelijke betekenis van geluid, J. Devilee, E. Maris, I. van Kamp, 8151200004, RIVM, Bilthoven, 2010
9. Effecten van geluid door wegverkeer op de slaap, Een systematische review van studies in de woonomgeving, A.E.M. Franssen, J.M.I. Kwekkeboom, 715120010/2003, RIVM, Bilthoven, 2003
10. Elements for a position paper on night-time transportation noise and sleep disturbance, H.M.E. Miedema, W. Passcheir-Vermeer, H. Vos, 2002-59, TNO, Delft, 2003
11. European Perspectives on Environmental Burden of Disease, Estimates for Nine Stressors in Six European Countries, O. Hänninen, A. Knol, 1-2011, National Institute for Health and Welfare (THL), Helsinki, 2011
12. Geluid en gezondheid, 1994/15, Gezondheidsraad, Den Haag, 1994
13. Geluid en gezondheid, F. Woudenberg, et al, SDU, 2006
14. GES: van bron tot effect, T. Fast, D.H.J. van de Weerd, GGD Nederland, 2010
15. Gezondheid en beleving van de omgevingskwaliteit in de regio Schiphol: 2002 – Tussenrapportage Monitoring Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol, O.R.P. Breugelmans, C.M.A.G. van Wiechen, I. van Kamp, S.H. Heisterkamp, D.J.M. Houthuijs, 630100001, RIVM, Bilthoven, 2004
16. Gezondheidseffecten van wegverkeer: een quick scan, W.P. Jongeneel, B.A.M. Staatsen, E.E.M.M. van Kempen, P.H. Fischer, 630800001/2008, RIVM, Bilthoven, 2008
17. Gezondheidseffectschatting, Integraal gezondheidsbeleid: theorie en toepassing, M. Penris, L. den Broeder, 270851002, RIVM, Bilthoven, 2004

18. Good practice guide on noise exposure and potential health effects, W. Babisch, et al., EEA Technical report, No 11/2010, European Environment Agency, Kopenhagen, 2010
19. Guidelines for community noise, B. Berglund, et al, WHO, Geneve, 1999
20. Handreiking geluidhinder wegverkeer: berekenen en meten, A. Dusseldorp, D.J.M. Houthuijs, A.J.P. van Overveld, I. van Kamp, M. Marra, 609300020/2011, RIVM, Bilthoven, 2011
21. Health impact assessment of transport-related noise exposures, B. Staatsen et al., 8515120002/2004, RIVM, Bilthoven, 2003
22. Het effect van geluid van vlieg- en wegverkeer op cognitie, hinderbeleving en de bloeddruk van basisschoolkinderen, E.E.M.M. van Kempen, I. van Kamp, R.K. Stellato, D.J.M. Houthuijs, P.H. Fischer, 441520021/2005, RIVM, Bilthoven, 2005
23. Hinder door milieufactoren en de beoordeling van de leefomgeving in Nederland, Inventarisatie verstoringen 2003, E.A.M Franssen, J.E.F van Dongen, J.M.H Ruysbroek, H.Vos, R. Stellato, 815120001/2004, RIVM, Bilthoven, 2004
24. Hinder, bezorgdheid en woontevredenheid in Nederland, Inventarisatie Verstoringen 2008, H.F.P.M. van Poll, O.R.P. Breugelmans, J.L.A. Devilee, 630741001/2011, RIVM, Bilthoven, 2011
25. Kwaliteit van de Leefomgeving en Leefbaarheid, Naar een begrippenkader en conceptuele inkadering, K. Leidelmeijer, I. van Kamp, 630950002/2003, RIVM, Bilthoven, 2003
26. Leefomgevingskwaliteit en leefbaarheid: naar beleidsevaluatie en onderzoek, H.W.M. Thorborg, K. Leidelmeijer, A.G.M. Dassen, 500132001/2006, MNP, Bilthoven, 2006
27. Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Myocardial Infarction, J. Selander, et al., Epidemiology, 2009
28. Long-term road traffic noise exposure is associated with an increase in morning tiredness, Y. de Kluizener, et al., 126 (2), DOI: 10.1121/1.3158834, Acoustical Society of America, 2009
29. Methodologie Lokale en Nationale Monitor Volksgezondheid, Gevolgen voor vergelijkbaarheid van gegevens, C.L. van den Brink, A.L. Viet, H.C. Boshuizen, E.J.C. van Ameijden, M. Droomers, 260854009, RIVM, Bilthoven, 2005
30. Milieubalans 2008, 500081007, PBL, Bilthoven, 2008
31. Netwerk Gezonde Leefomgeving, L.H. Engbers, et al, KvL/GB 2009.082, TNO, Leiden, 2009
32. Night noise guidelines for Europe, W. Babisch, et al., WHO, Kopenhagen, 2009
33. Omvang van de effecten op gezondheid en welbevinden in de Nederlandse bevolking door geluid van weg- en railverkeer, E.E.M.M. van Kempen, D.J.M. Houthuijs, 630180001/2008, RIVM, Bilthoven, 2008
34. Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid, 2004/14, Gezondheidsraad, Den Haag, 2004
35. Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance, European Commission, Luxemburg, 2002

36. Position paper on dose-effect relationships for night time noise, European Commission, Working Group on Health and Socio-Economic Aspects, 2004
37. Road traffic noise and hypertension: results from a cross-sectional public health survey in southern Sweden, T. Bodin, et al., 8:38 *Environmental Health*, 2009
38. Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study, M. Sørensen, et al., 32, 737–744, *European Heart Journal*, 2011
39. Selection and evaluation of exposure-effectrelationships for health impact assessment in the field of noise and health, E.E.M.M. van Kempen, B.A.M. Staatsen, I. van Kamp, 630400001/2005, RIVM, Bilthoven, 2005
40. Slaap en verkeersgeluid, W. Passchier-Vermeer, et al., 2007-D-R0012/A, TNO, Delft, 2007
41. Soundscapes and environmental noise management, A. L. Brown, 58 (5) (2010): 493–500, *Noise Control Engineering Journal*, 2010
42. Stille gebieden en gezondheid, 2006/12, Gezondheidsraad, Den Haag, 2006
43. Stille gebieden in de stad, A.E. Brand, et al, 9217, VROM, Den Haag, 2009
44. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis, E.E.M.M. van Kempen, et al, Volume 110, nummer 3, *Environmental Health Perspectives*, 2002
45. The influence of continuous and intermittent traffic noise on sleep, J.L. Eberhardt, Lund, Stheden, 1987
46. The Joint association of air pollution and noise from road traccis with cardiovascular mortality in a cohort study, R. Beelen, et al., doi: 10.1136/oem.2008.042358, *OEM Online*, 2008
47. The Social Side of Noise Annoyance, E. Maris, 2008
48. Traffic noise reduction in Europe, Health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise, L.C. den Boer, A. Schrotten, 07.4451.27, CE, Delft, 2007
49. Transportation noise and cardiovascular risk review and synthesis of epidemiological studies, dose-effect curve and risk estimation, W. Babisch, WaBoLu Hefte, 01-06, Berlin, 2006
50. Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands, 1980 – 2020, A.B. Knol, B.A.M. Staatsen, 500029001/2005, RIVM, Bilthoven, 2005
51. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0337-Gezondheidseffecten-door-milieufactoren-in-Nederland.html?i=3-125> (geraadpleegd op 22-12-2011)
52. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness, E. Öhrström, A. Skånberg, H. Svensson, A. Gidlöf-Gunnarsson, vol. 295, Issues 1-2, 2006, Pages 40-59, *Journal of Sound and Vibration*, 2006
53. The noise/stress concept, risk assessment and research needs, W. Babisch, 4 (16):1–11, *Noise & Health*, 2002
54. Grote luchthavens en gezondheid, 1999/14, Gezondheidsraad, Den Haag, 1999

55. Fysieke leefomgeving, J.E.F. van Dongen, TNO Inro, Delft, 2001
56. Van Wet geluidhinder naar Swung, B. ter Haar, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, presentatie tijdens GTL-congres 9 november 2011, Nieuwegein, 2011
57. Gezondheidseffecten in DALY's door fijn stof en verkeerslawaai bij grootschalige projecten, P. Donners, DGMR, presentatie tijdens GTL-congres 8 november 2011, Nieuwegein, 2011
58. Geluid is dodelijk, maar is dat erg?, F. Woudenberg, GGD Amsterdam, NSG-middag 31 oktober 2011, Schiedam, 2011
59. The effect of transportation noise on health and cognitive development: A review of recent evidence, C. Clark, S.A. Stansfeld, *International Journal of Comparative Psychology* 20 (2007): 145–158
60. Public health impact of large airports, 1999/14E, Gezondheidsraad, Den Haag, 1999
61. Hinder door geluid van windturbines – dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens, S.A. Janssen, H. Vos, A.R. Eisser, 2008-D-R1051/B, TNO, Delft, 2008
62. Environmental noise, sleep and health (review), A. Muzet, 11(2) (2007): 135–142, *Sleep Medicine Reviews*, 2007
63. Road traffic noise and cardiovascular risk, W. Babisch, 10 (38) (2008): 27–33, *Noise & Health*, 2008
64. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years—Results of the HYENA study, W. Babisch, HYENA Consortium, et al., 35 (8) (November 2009): 1169–1176, *Environment International*, 2009
65. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension, W. Babisch, I. van Kamp, 11(44) (2009): 161–168, *Noise & Health*, 2009
66. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: The RANCH project, C. Clark, et al., 8 (2006): 30, 58, *Noise & Health*, 2006
67. Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction, A. Huss, et al., 21 (6) (2010): 829–836, *Epidemiology*, 2010
68. Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA study, L. Jarup, et al., 116 (3) (2008): 329–333, *Environmental Health Perspectives*, 2008
69. Does transportation noise cause neurobehavioral effects in primary school children? A cross-sectional study, E. van Kempen, et al., 9 (2010), *Environmental Health*, 2010
70. Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: The RANCH project, E. van Kempen, et al., 63 (2006): 632–639, *Occupational and Environmental Medicine*, 2006
71. Annoyance reactions to air- and road traffic noise of school children: The RANCH study, E. van Kempen, et al., 125 (2) (February 2009), *Journal of the Acoustical Society of America*, 2009
72. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: A cross-national study, S. A. Satisfied, et al., 365 (2005): 1942–1949, *Lancet*, 2005

Lijst met websites

W1. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0337-Gezondheidseffecten-door-milieufactoren-in-Nederland.html?i=3-125> (geraadpleegd op 22-12-2011)

Begrippenlijst

Angina Pectoris: ontstaat als de hartspier niet voldoende bloed toegevoerd krijgt om het hart zijn werk te laten doen. Meestal wordt dit veroorzaakt door vernauwing van de kransslagaders, vaak in combinatie met lichamelijke inspanning of emotie, waardoor het hart krachtiger gaat kloppen en dus meer zuurstof nodig heeft. De pijn die ontstaat door een plotseling optredende verstopping van een kransslagader door een bloedstolsel is in aard gelijk aan die van Angina Pectoris, maar meestal heviger en houdt langer aan. Bij volledige afsluiting van een vat treedt een hartinfarct op.

Blootstellings-responsrelatie: deze relaties geven per geluidsniveau weer welk percentage van de populatie kans heeft op een bepaald gezondheidseffect.

DALY (Disability-Adjusted Life Year): een DALY geeft het aantal verloren levensjaren en het aantal jaren geleefd met gezondheidsproblemen, gewogen voor de ernst hiervan (ziektejaarequivalenten) weer.

GES (Gezondheidseffectscreening): een door de GGD ontwikkeld instrument om inzicht te krijgen in de gezondheidsaspecten bij de ruimtelijke planvorming.

Hypertensie: een ander woord voor hoge bloeddruk. De bloeddruk is hoog wanneer de bovendruk hoger is dan 140 mm Hg of als de onderdruk hoger is dan 90 mm Hg. Voor patiënten met diabetes en nierziekten gelden de waarden 130/80 mm Hg. De symptomen van hypertensie zijn hoofdpijn, duizeligheid, licht gevoel in het hoofd en tinnitus (oorsuizen). Maar vaak wordt er niet eens gemerkt dat men hypertensie heeft.

Ischaemische hartaandoeningen: zijn ziekten van het hart die het gevolg zijn van aderverkalking (atherosclerose). Hierdoor ontstaat zuurstoftekort (ischaemie) in de hartspier. Ischaemische hartziekten worden onderverdeeld in de acute (hartinfarct of myocardinfarct) en chronische vormen (Angina Pectoris).

Motiliteit: spontane lichamelijke bewegingen

Myocardinfarct: ook wel of hartinfarct (hartaanval) genoemd, is het afsterven van een deel van de hartspier door onderbreking van de bloedtoevoer ervan door de kransslagaderen. Dit kan leiden tot hartfalen, sterfte of levensbedreigende ritmestoornissen. Een patiënt met een hartinfarct heeft vaak last van een beklemmende, drukkende of benauwende pijn op de borst, die kan uitstralen naar de kaak, de armen of de rug. De pijn is hevig maar vrij constant.

Relatief Risico: een schatting van het aantal keren dat de kans om ziek te worden bij blootstelling aan een bepaalde risicofactor groter ($RR > 1$) of kleiner ($RR < 1$) is dan in de niet-blootgestelde groep.

Slapeloosheid: problemen bij het inslapen, niet doorslapen of niet uitgerust zijn na het slapen over een periode van een maand of langer. Deze slaapverstoring veroorzaakt significante belemmering van sociale contacten, verminderde prestaties op het werk of andere belangrijke functies en treden niet alleen op gedurende een mentale of medische aandoening of tijdens het gebruik van alcohol, medicijnen of andere substanties.



Opdracht Programma Stiller opWeg

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu werken Agentschap NL en CROW aan de uitvoering van het Programma Stiller opWeg. Onder verantwoordelijkheid van de Uitvoeringscommissie Stiller op Weg, waarin deze drie partijen samenwerken, is deze rapportage opgesteld door DGMR.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu zet in op leefbaarheid en bereikbaarheid, met een vlotte doorstroming in een goed ingerichte, schone en veilige omgeving. Het ministerie werkt aan krachtige verbindingen over de weg, spoor, het water en door de lucht, beschermt tegen wateroverlast en bevordert de kwaliteit van lucht en water. Vlot, veilig en leefbaar: dat is Infrastructuur en Milieu.

Agentschap NL

Agentschap NL is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Agentschap NL voert beleid uit voor diverse ministeries als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal. Agentschap NL is het aanspreekpunt voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Voor informatie en advies, financiering, netwerken en wet- en regelgeving. Kijk voor meer informatie op www.agentschapnl.nl.

CROW

CROW is het nationale kennisplatform voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte. Deze notfor-profit-organisatie ontwikkelt, verspreidt en beheert praktisch toepasbare kennis voor beleidsvoorbereiding, planning, ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud. Dit gebeurt in samenwerking met alle belanghebbende partijen, waaronder Rijk, provincies, gemeenten, adviesbureaus, uitvoerende bouwbedrijven in de grond-, water- en wegebouw, toeleveranciers en vervoerorganisaties. De kennis, veelal in de vorm van richtlijnen, aanbevelingen en systematieken, vindt haar weg naar de doelgroepen via websites, publicaties, cursussen en congressen. De partijen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze rapportage voorkomen. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. De samenwerkende partijen sluiten, mede ten behoeve van degenen die aan deze rapportage hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van de gegevens.

© De inhoud van deze rapportage valt onder bescherming van de auteurswet.

<http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ienm>

<http://www.agentschapnl.nl>

<http://www.crow.nl>

<http://www.stilleropweg.nl>