
Samenvatting

Waarom dit advies?

Slaap is van groot belang voor de mens. Het is dus begrijpelijk dat onbedoelde beïnvloeding van de slaap door geluid een serieus probleem is. Aangezien het storende geluid niet altijd eenvoudig te reduceren is en veelal door maatschappelijk wenselijk geachte activiteiten, zoals verkeer, wordt veroorzaakt, is er een discussie ontstaan over de betekenis van slaapverstoring door omgevingsgeluid voor gezondheid en welbevinden.

Vooraf vanwege de hinder door omgevingsgeluid zijn in Nederland, evenals in andere landen, wettelijke voorschriften van kracht om de blootstelling van de bevolking aan dat geluid te beperken. De meeste hebben betrekking op blootstelling over het hele etmaal en richten zich dus niet in het bijzonder op de periode dat de meeste mensen slapen. Op EU-niveau wordt thans regelgeving voorbereid die dat wel doet. De Nederlandse wetgeving zal te zijner tijd aan het Europese raamwerk worden aangepast.

Tegen deze achtergrond verzocht de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer in een brief van 3 februari 2003 de Gezondheidsraad om advies over de invloed van nachtelijk geluid op slaap, gezondheid en welbevinden. Het voorliggende rapport beantwoordt de vragen van de staatssecretaris en is opgesteld door de Commissie 'Geluid, slaap, en gezondheid' van de raad.

Nachtelijk geluid tijdens de slaap

Omgevingsgeluid kan van allerlei bronnen komen: vlieg-, weg- en railverkeer; omgevingsgebonden activiteiten; buurtgeluid en burengeluid.

De gevolgen van nachtelijk geluid tijdens de slaap zijn met name beschreven voor verkeersgeluid. Verkeersgeluid in de nacht bestaat in verreweg de meeste situaties uit afzonderlijk te onderscheiden geluidsgebeurtenissen, zoals de passage van een trein, auto, of vliegtuig.

Naar de slaapverstoring door omgevingsgebonden bronnen zoals fabrieken, schietbanen, rangeerterreinen, windturbines, klimaatinstallaties, bouw- en sloopwerkzaamheden is weinig onderzoek gedaan. De commissie verwacht echter dat de effecten van geluid van deze bronnen niet essentieel afwijken van die van verkeersgeluid.

Over de overige geluiden in de buurt (buurtgeluid zoals door recreatieve activiteiten, spelende kinderen, evenementen) is geen wetenschappelijk onderzoek naar een mogelijk verband tussen blootstelling en effect op de slaap bekend. De commissie moest daarom de invloed van nachtelijk buurtgeluid op de slaap buiten beschouwing laten.

Uit het beschikbare onderzoek blijkt dat verscheidene niet-akoestische factoren bepalen of mensen door geluiden uit aangrenzende woningen (burengeluid, zoals stemmen, traplopen, radio, tv) in de slaap gestoord worden. Het is dan ook niet mogelijk om voor burengeluid een betekenisvol verband tussen de geluidsblootstelling en de mate van slaapverstoring vast te stellen.

Onderzoek naar de omvang van de slaapverstoring die de Nederlander naar eigen zeggen 's nachts ondervindt van diverse omgevingsgeluiden, levert het volgende resultaat op:



Effecten van nachtelijk geluid tijdens de slaap

De effecten van omgevingsgeluiden tijdens de slaap heeft de commissie onderverdeeld in biologische reacties en effecten op gezondheid en welbevinden.

Biologische reacties van omgevingsgeluid treden op omdat het organisme, ook als het slaapt, ‘prikkel’ uit de omgeving moet beoordelen en verwerken. Voorbeelden van zulke reacties zijn: cardiovasculaire reacties (hartslagversnelling), wakker worden, moeilijker inslapen en meer motorische onrust tijdens het slapen.

Soms is het plausibel dat biologische reacties op nachtelijk geluid op de lange duur, na herhaalde blootstelling, en onder bepaalde omstandigheden, gevolgen hebben voor gezondheid en welbevinden. De commissie onderscheidt vijf categorieën gevolgen:

- verminderde slaapkwaliteit
- verminderd algemeen welbevinden
- invloed op sociaal gedrag en verminderde concentratie op de dag
- bepaalde aandoeningen
- verlies van levensjaren (voortijdige sterfte).

De reacties van het organisme op nachtelijk geluid en ook de effecten op gezondheid en welbevinden zullen niet bij ieder mens eender zijn. Zo kunnen in potentie schadelijke geluidniveaus door de een verdragen worden zonder noemenswaardige problemen, maar bij een ander tot aantasting van gezondheid en welbevinden leiden. Daarbij speelt tevens een rol de mate waarin er sprake is van een samenloop van diverse persoonlijke factoren, erfelijke en verworven, en omgevingsfactoren.

Bewijskracht

Om de mate van zekerheid over het verband tussen blootstelling aan nachtelijk geluid en een bepaald effect in kaart te brengen, hanteert de commissie drie categorieën van evidentie: *voldoende*, *beperkt*, en *onvoldoende* bewijs. Er is voldoende bewijs als er een onomstotelijk verband is vastgesteld tussen blootstelling aan nachtelijk geluid tijdens de slaaperiode en een effect, waarbij het volgens het werkingsmechanisme tevens plausibel is dat het effect (mede) veroorzaakt wordt door de blootstelling. Van beperkt bewijs is sprake als er een verband is waargenomen tussen blootstelling en effect, waarbij een oorzakelijk verband geloofwaardig en plausibel is maar waarbij vertekening door andere factoren niet kan worden uitgesloten. De commissie spreekt ook van beperkt bewijs als het verband plausibel is, en is waargenomen dat de blootstelling tot een intermediair effect leidt dat volgens ander onderzoek het beschouwde effect veroorzaakt. Bij onvol-

doende bewijs heeft het beschikbare onderzoek onvoldoende kwaliteit, consistentie of zeggingskracht om een conclusie te trekken over een oorzakelijk verband.

Biologische reacties

Er is voldoende bewijs dat een nachtelijke geluidsgebeurtenis leidt tot directe biologische reacties zoals versnelling van de hartslag, overgang van diepere naar minder diepe slaap, verhoging van de motorische onrust, en bewust wakker worden.

De meeste biologische reacties beginnen zich te manifesteren bij een *SEL* in de slaapkamer (*SEL_i*) van ongeveer 40 dB(A) (*L_{Amax}* van ten minste 32 dB(A))* . Bewust wakker worden mensen wanneer de *SEL* in de slaapkamer (*SEL_i*) hoger is dan 55 dB(A).

Ook concludeert de commissie dat er voldoende bewijs is voor een veelheid aan biologische reacties voor, tijdens of na het slapen. Een deel hiervan kan rechtstreeks uit de directe reacties worden afgeleid: verhoging van de gemiddelde hartslag, verhoging van de gemiddelde motorische onrust, vaker gedragsmatig ontwaken, en langer tussentijds wakker liggen. Daarbij blijkt de motorische onrust van mensen die aan nachtelijk verkeersgeluid zijn blootgesteld, bij hogere geluidsniveaus groter te zijn dan op basis van die directe reacties zou worden verwacht. De gemiddelde motorische onrust hangt sterk samen met vaker wakker worden, minder goed ervaren slaapkwaliteit en grotere slaperigheid overdag.

Verder is er voldoende bewezen dat mensen die voor het inslapen aan omgevingsgeluid zijn blootgesteld of die bang zijn een lawaaiige nacht tegemoet te gaan, meer moeite hebben met inslapen. Na het slapen veroorzaakt blootstelling aan nachtelijk geluid vermindering van ervaren slaapkwaliteit, verslechtering van de stemming overdag, en verhoging van slaperigheid, vermoeidheid en geïrriteerdheid, vooral in de morgen.

Er is beperkt bewijs dat onder bepaalde omstandigheden nachtelijk geluid de niveaus van (stress)hormonen tijdens de slaap beïnvloedt. Dit effect werd waargenomen bij vrouwen die in de nacht gehinderd werden door geluid en die geen maatregelen wisten te nemen om die hinder weg te nemen.

Gevolgen voor gezondheid en welbevinden

De commissie is van oordeel dat er voldoende bewijs is dat nachtelijk geluid de slaapkwaliteit en het algemeen welbevinden nadelig beïnvloedt. Zij acht beperkt bewijs aanwezig voor een nadelige invloed op sociale contacten, op het op de dag uitvoeren van

* In de akoestiek wordt gebruik gemaakt van twee waarden: de *L_{Amax}* die het maximum geluidsniveau en de *SEL* (*sound exposure level*) die het 'gesommeerde' geluidsniveau van een geluidsgebeurtenis aangeeft.

taken waarbij aandacht nodig is, op bepaalde aandoeningen en op verlies van levensjaren door fatale ongelukken op het werk.

Verminderde slaapkwaliteit blijkt uit verminderde zelfgerapporteerde slaapkwaliteit, moeite met inslapen en doorslapen, vaker wakker worden, verkorte slaaptijd, en verhoogde motorische onrust tijdens de slaap. Dat het algemeen welbevinden door nachtelijk geluid vermindert, is afgeleid uit zelfgerapporteerde slaapverstoring en zelfgerapporteerde gezondheidsklachten, gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen, en verslechtering van de stemming overdag. Het gebruik van slaap- en kalmeringsmiddelen is vooral bij ouderen onder invloed van nachtelijk geluid verhoogd.

De aandoeningen die mogelijk met blootstelling aan nachtelijk geluid samenhangen, zijn slapeloosheid, hoge bloeddruk, hartziekten, en depressies bij vrouwen. Voor slapeloosheid acht de commissie voldoende bewijs aanwezig, voor de drie laatstgenoemde aandoeningen beperkt *indirect* bewijs. Dat laatste geldt ook voor een verhoogde kans op fatale ongevallen tijdens het werk door slaapproblemen en slapeloosheid die het gevolg zijn van nachtelijk geluid.

De omvang van de gevolgen van nachtelijk geluid op gezondheid en welbevinden van de Nederlander in het jaar 2003 heeft de commissie geschat voor zelfgerapporteerde erge slaapverstoring en voor slapeloosheid. De resultaten zijn gebaseerd op de gezamenlijke geluidsbelasting door weg-, rail-, en vliegverkeersgeluid, zoals becijferd door het RIVM.

Gevolg	Vóórkomen in 2003 Aantal volwassenen
Zelfgerapporteerde erge slaapverstoring	100-1000 duizend
Slapeloosheid	10-100 duizend

Het voor 2003 geschatte aantal volwassenen in Nederland met zelfgerapporteerde erge slaapverstoring door verkeersgeluid belooft 100 duizend tot 1 miljoen. De toename door blootstelling aan nachtelijk verkeersgeluid van het aantal personen dat aan slapeloosheid lijdt belooft naar schatting 2 procent van de uitkomst voor zelfgerapporteerde erge slaapverstoring.

Op basis van de afzonderlijke geluidsbelastingen aan weg-, rail- en vliegverkeersgeluid in het jaar 2000 (over 2003 zijn deze niet beschikbaar) is voor elk van deze drie verkeersbronnen het geschatte aantal volwassenen in Nederland met zelfgerapporteerde erge slaapverstoring door geluid meer dan 100 duizend. Het aantal volwassenen met zelfgerapporteerde erge slaapverstoring door het wegverkeer lag daarbij een factor 2 tot 4 hoger dan de aantallen voor rail- en vliegverkeer. De toename van het aantal personen

dat aan slapeloosheid lijdt ligt naar schatting voor weg- en railverkeersgeluid in beide gevallen tussen de duizend en 10 duizend personen en voor vliegtuiggeluid (alleen berekend op basis van gegevens over de geluidsbelasting in de wijde omgeving rond Schiphol) tussen honderd en duizend personen.

De laatste jaren zijn pogingen aangewend om de collectieve ziektelast door omgevingsfactoren in maat en getal uit te drukken, onder andere in zogeheten *disability adjusted life years* of DALY's. Uit gegevens uit een eerste onderzoek van het RIVM naar de ernst van diverse gezondheidsaspecten berekent de commissie dat erge slaapverstoring door verkeersgeluid leidt tot een ziektelast van verscheidene tienduizenden DALY's. Het overeenkomstige getal voor slapeloosheid ligt zeker een orde van grootte lager. Ondanks alle onzekerheden die aan een dergelijke schatting kleven, lijkt ze wel uit te wijzen dat nachtelijk verkeersgeluid via beïnvloeding van de slaap een belangrijke factor vertegenwoordigt binnen het geheel van de invloed van de fysieke omgeving op de gezondheid.

Risicogroepen

Directe cardiovasculaire reacties op nachtelijk geluid treden mogelijk in verhouding vaker op bij mensen met problemen over hun hart of bloedvaten, mensen die zichzelf gevoelig voor geluid vinden, en bij kinderen. Door de schaarste aan onderzoeksgegevens over kinderen is er geen uitspraak mogelijk over hun eventuele extra gevoeligheid ten opzichte van volwassenen voor andere directe biologische reacties.

Voor de biologische effecten die over een nacht optreden, vormen mensen die lijden aan slapeloosheid een 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 commissie acht het verder plausibel dat de volgende groepen een verhoogde kans hebben op nadelige gevolgen van nachtelijk geluid voor hun gezondheid en welbevinden: ouderen; zwangere vrouwen; vrouwen in de periode tot ongeveer een jaar na de zwangerschap; mensen met nachtdiensten; mensen met slaapstoornissen, lichamelijke pijn, dementie, depressie, hypertensie, hart- of longziekten.

Een speciale geluidsmaat voor nachtelijk geluid

In Nederland zijn er alleen voor structureel nachtelijk vliegverkeer specifieke voorschriften voor de nacht. Er is echter geen gezondheidswetenschappelijke reden te bedenken waarom het nachtelijke geluid van wegverkeer, railverkeer en industriële activiteiten anders zou moeten worden behandeld dan dat van vliegverkeer. In 1997 koos de Gezondheidsraad voor een stelsel van twee geluidsmaten ter bescherming van

de bevolking tegen verkeers- en industriegeluid in de woonomgeving. De commissie volgt die eerdere aanbeveling. Volgens de eerdere voorstellen moet een maat die de geluidsblootstelling over een etmaal beschrijft, representatief zijn voor algemene geluidshinder, terwijl de maat voor nachtelijk geluid een relatie moet hebben met slaapverstoring. Dat is zinvol omdat de werkingsmechanismen en gevolgen van nachtelijk geluid slechts in beperkte mate overeenkomen met die van algemene geluidshinder.

De Europese Unie heeft, naast de geluidsmaat *Lden* voor de etmaalbelasting, gekozen voor *Lnight* als geluidsmaat om de nachtelijke geluidsbelasting te reguleren. *Lnight* is de geluidsbelasting buiten aan de gevel, bepaald over een periode van acht uur per nacht (van 23 tot 7 uur), gemiddeld over een geheel jaar. Bij de middeling tellen de luidere geluidsgebeurtenissen zwaarder mee dan de minder luide. Daar *Lnight* een 'buitenmaat' is kan de geluidsbelasting in de slaapkamer beduidend hoger zijn dan *Lnight* verminderd met de gemiddelde geluidwering van de Nederlandse gevel. De gevelgeluidwering kan van woning tot woning namelijk sterk verschillen (in Nederland gelden alleen voor nieuwbouwwoningen eisen aan de gevelgeluidwering), terwijl daarnaast de meeste Nederlanders hun slaapkamer in de nacht ventileren door hun slaapkamerraam (op een kier) open te zetten. Verder kunnen eisen aan *Lnight* nooit een volledige bescherming bieden tegen de verstoring van inslapen en slapen, omdat vele Nederlanders vóór 23 uur 's avonds naar bed gaan en nog meer Nederlanders (ongeveer de helft van de volwassenen) om 7 uur 's morgens nog slapen.

Ondanks deze kanttekeningen stelt de commissie geen alternatief voor *Lnight* voor, omdat zij beseft dat het ondoenlijk is om alle denkbare factoren via normering van geluidsmaten te adresseren. Daarbij meent zij dat regelgeving bij gebruik van *Lnight* (naast *Lden*) wel een grote mate van bescherming tegen geluid tijdens de slaap kan bieden.

Aanvullende maatstaven

Naast het stellen van normen voor *Lnight* kunnen er ook grenzen worden gesteld aan individuele geluidsgebeurtenissen, bijvoorbeeld door begrenzing van de maximaal toelaatbare geluidsterkte of door beperking van het aantal gebeurtenissen per nacht.

Bij een bepaalde *Lnight* is de meest ongunstige situatie voor directe biologische reacties op nachtelijke geluid niet, zoals men mogelijk denkt, die met een paar luide geluidsgebeurtenissen. De meest ongunstige situatie treedt op als alle geluidsgebeurtenissen ongeveer 5 dB(A) boven de drempel voor die reactie liggen. Bijvoorbeeld, voor motorische onrust is dat een situatie waarin alle geluidsgebeurtenissen een *SEL* hebben van ongeveer 45 dB(A) binnen in de slaapkamer. Begrenzing van de *SEL* binnen in de slaapkamer tot onder de drempels voor biologische reacties lijkt bij de huidige stand van

de techniek weinig realistisch. Een mogelijkheid is om, afhankelijk van de normering van *Lnight*, een additionele beperking op te leggen aan het aantal geluidsgebeurtenissen.

Gemiddeld wordt men één tot twee maal per nacht 'spontaan' bewust wakker. Hoe meer geluidsgebeurtenissen per nacht, des te groter is de kans dat men tijdens het 'spontaan' bewust wakker zijn het geluid hoort, er door geërgerd wordt, en niet meer gemakkelijk inslaapt. In een extreem geval zou iemand eens tot tien maal per nacht een bewustzijnsniveau kunnen hebben waarbij een geluidsgebeurtenis gehoord kan worden zonder dat men er wakker door geworden is. Dit is ook een argument voor het beperken van het aantal gebeurtenissen.

Afhankelijk van de norm voor *Lnight* en het gekozen beschermingsniveau zou men dus grenzen kunnen stellen aan het aantal geluidsgebeurtenissen (bijvoorbeeld aantal treinen, auto's of vliegtuigen per nacht). Over de effectiviteit daarvan kunnen slechts zeer ruwe schattingen worden gemaakt.

Aanpassing *Lnight* in geval van speciale geluiden

De commissie laat de volgende 'speciale' geluiden de revue passeren: geluid dat uitsluitend uit gebrom bestaat (laagfrequent geluid; zoals afkomstig van transformatoren), geluid dat voor een deel uit gebrom bestaat (bijvoorbeeld geluid van burgervliegtuigen), geluid met tonen (zoals soms van een fabriek), impulsgeluid (geluid dat heel snel aanzwelt; zoals schietgeluid of een laag overvliegende straaljager op korte afstand), geluid van industriële activiteiten en geluid dat sporadisch voorkomt maar zeer luid is. Hoewel informatie over de invloed van blootstelling aan geluid met deze bijzondere eigenschappen op de slaap schaars is, meent de commissie dat er reden is te veronderstellen dat in sommige gevallen de effecten groter zijn dan bij blootstelling aan 'regulier' verkeersgeluid. Voor geluid dat voor een deel uit gebrom bestaat, tonaal en impulsgeluid stelt de commissie dezelfde aanpassingsfactoren voor *Lnight* voor als in het Gezondheidsraadadvies *Omgevingslawaai beoordelen* uit 1997. Voor laagfrequent geluid kan ook de huidige commissie geen aanpassingsfactor afleiden. Voor geluid van industriële activiteiten meent de commissie dat onderzoek na 1997 heeft aangetoond dat de in 1997 voorgestelde aanpassingsfactor ten opzichte van wegverkeersgeluid niet nodig is.

Of sporadisch voorkomende, zeer luide geluidsgebeurtenissen bijzondere gevolgen hebben op de slaap is niet bekend. Daarom kan de commissie geen wetenschappelijk verantwoorde uitspraak over deze effecten doen.

Beschermingsmaatregelen

Bij het beantwoorden van de vraag van de staatssecretaris over de wijze waarop de burger beschermd kan worden tegen nachtelijk geluid sluit de commissie aan bij de gebrui-

kelijke milieuhygiënische en arbeidshygiënische strategie. Dat betekent dat allereerst geluidsvermindering aan de bron aan de orde is (inclusief vermindering van het aantal bronnen), gevolgd door maatregelen in de overdracht van de bron naar de ‘ontvanger’ en dat ten slotte maatregelen aan de ‘ontvanger’ overwogen kunnen worden.

Veel van de geluidbeperkende maatregelen die thans getroffen zijn, beogen met name de gevolgen van blootstelling aan geluid over het etmaal te beperken. Extra geluidwerende maatregelen aan de gevel van slaapkamers is één van de weinige maatregelen die met name ter bescherming tegen nachtelijk geluid getroffen worden.

Er is weinig wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de doeltreffendheid en doelmatigheid van beschermingsmaatregelen, zowel wat betreft de bescherming van gezondheid en welbevinden voor de etmaalbelasting als specifiek voor de nachtelijke geluidsbelasting. Dat maakt wetenschappelijk gefundeerde uitspraken over de effectiviteit van een beschermingsregiem niet mogelijk. Daarbij doet de groeiende mobiliteit een deel van de door diverse maatregelen geboekte winst in de belasting aan verkeersgeluid weer te niet.

De commissie wijst verder op het belang van voorlichting en communicatie als sluitstuk van de maatregelen om de nadelige gevolgen van nachtelijk geluid binnen aanvaarde perken te houden.

Het is veelal onvermijdelijk om zowel bij de bron als op de overdrachtsweg als in sommige gevallen bij de ontvanger te trachten te komen tot geluidsvermindering. De reden is dat elk van de maatregelen niet eenvoudig te realiseren is, nog los van het antwoord op de vraag naar de doeltreffendheid en doelmatigheid. Persoonlijke beschermingsmiddelen acht de commissie niet van toepassing als collectieve beschermingsmaatregel tegen omgevingsgeluid, zij het dat ze in individuele gevallen soelaas kunnen bieden.

Aanbevelingen voor nader onderzoek

De commissie beveelt onderzoek naar de volgende onderwerpen aan om de volgens haar belangrijkste hiaten in kennis over blootstelling aan nachtelijk geluid op te vullen de langetermijngevolgen voor gezondheid en welbevinden van nachtelijk geluid, de effecten van nachtelijk geluid op kinderen, de doelmatigheid en doeltreffendheid van geluidwerende voorzieningen tussen woningen en van gevels, en de effecten van buurt- en burengeluid. De commissie bepleit om bij dit onderzoek aan te sluiten bij internationale programm's, zoals de Gezondheidsraad in het advies *Gezondheid en milieu: Kennis voor beleid* ook reeds voorstelde.