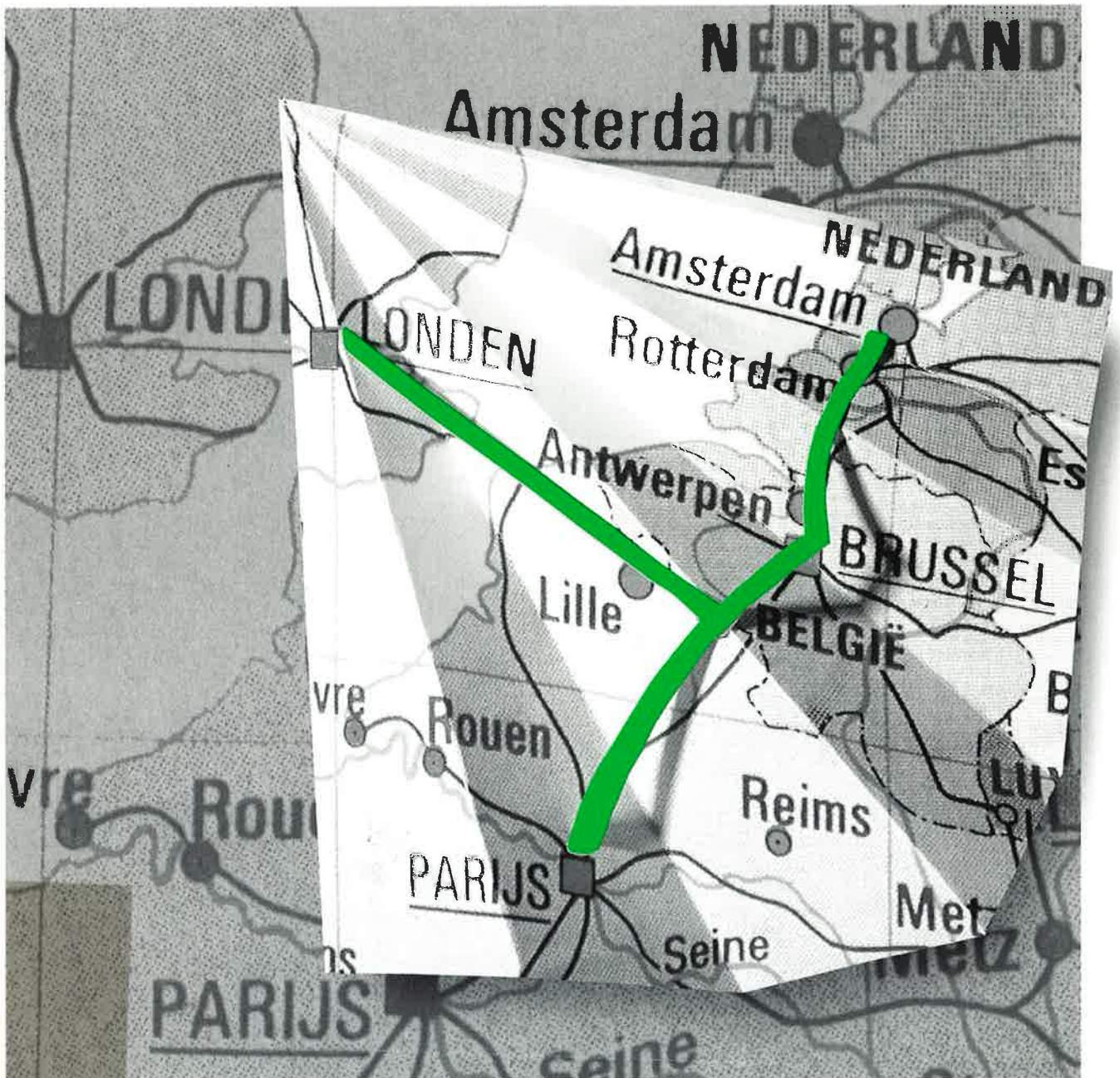


Nieuwe HSL-Nota

deelrapport 15 Geluid en trillingen



GELUID EN TRILLINGEN

Dit deelrapport gaat over hoe geluid en trillingen door hogesnelheidstreinen kunnen ontstaan, hoe de hinder en andere effecten voor de omgeving zijn bepaald en hoe deze zoveel mogelijk kunnen worden voorkomen. De verwachte omvang van de effecten is beschreven in de deelrapporten 11 en 12 «Effecten ten noorden» respectievelijk «ten zuiden van Rotterdam»

De Nieuwe HSL-Nota, waar dit deelrapport een onderdeel van vormt, is een uitgave van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal voor het Vervoer.

Dit deelrapport is tot stand gekomen in nauwe samenwerking met het Projectbureau HSL-Infra.

Projectbureau HSL-Infra is een tijdelijk samenwerkingsverband van de N.V. Nederlandse Spoorwegen en DHV Milieu en Infrastructuur B.V.

INHOUDSOPGAVE DEELRAPPORT 15: GELUID EN TRILLINGEN

	blz.	
1	KORTE INHOUD	5
2	INLEIDING	11
	2.1 Algemeen	11
	2.2 Doel	12
	2.3 Leeswijzer	12
3	GELUIDHINDER	15
	3.1 Inleiding	15
	3.2 Ontstaan, verspreiding en waarneming van geluid	15
	3.3 Spoorweggeluid en geluid van hogesnelheidstreinen	16
	3.4 Invloed van het baanconcept	21
	3.5 Omgevingsinvloeden	24
	3.6 Maatregelen ter beperking van geluidbelasting	24
	3.6.1 Maatregelen aan de bron	24
	3.6.2 Afscherming	25
	3.6.3 Woningisolatie	26
	3.7 Factoren die bij de hinderbeleving een rol spelen	26
	3.8 Hinder van spoorweggeluid	27
	3.8.1 LAeq en LAeq-passage	27
	3.8.2 Geluidbelasting en hinderbeleving van hogesnelheidstreinen	27
	3.8.3 Dosis-effectrelaties	29
	3.9 Cumulatie van geluidhinder	31
	3.9.1 Cumulatie van geluidbelasting door geluidbronnen van verschillende aard	31
	3.9.2 Cumulatie van geluidbelasting door bundeling met bestaande spoorlijnen	33
	3.10 Het beleid van de overheid ter beperking van geluidhinder	35
	3.10.1 Geluidhinder in de woonomgeving	35
	3.10.2 Geluidhinder verblijfsrecreatie	38
	3.10.3 Stiltegebieden en geluidarme zones	38
	3.11 Methodiek effectbeschrijving	39
	3.11.1 Geluidhinder in de woonomgeving	39
	3.11.2 Geluidhinder verblijfsrecreatie	45
	3.11.3 Aantasting stiltegebieden en geluidarme zones	45
4	TRILLINGHINDER	47
	4.1 Inleiding	47
	4.2 Ontstaan, overdracht en waarneming van trillingen	47
	4.3 Schade en hinder van trillingen	47
	4.3.1 Grenswaarden	47
	4.3.2 Trillingen door hogesnelheidstreinverkeer	48
	4.4 Methodiek effectbepaling	49
5	GEVOELIGHEIDSANALYSE	53
	5.1 Geluidarmer materieel	53
	5.2 Maximum aantal reizigers	53
	5.3 Het materieel voor de shuttles	54

6	SAMENVATTING	55
	LITERATUURLIJST	65
	BEGRIPPENLIJST	67
	LIJST VAN DEELRAPPORTEN	69

1 KORTE INHOUD

Het geluid van de hogesnelheidslijn (HSL), kan boven een zeker geluidniveau tot hinder aanleiding geven. Bij gelijke snelheid is een hogesnelheidstrein (HST) toch aanzienlijk stiller dan de tot nu toe in ons land gebruikelijke treinen. Bij een snelheid van 300 km per uur maakt een hogesnelheidstrein nog niet meer geluid dan een InterCity van NS bij 130 km per uur¹.

Voor de HST is de aard van het geluid (hoe het geluid klinkt en hoe snel het aanzwelt en weer afneemt) specifiek voor het type materieel en voor de hoge snelheid. Vanuit het oogpunt van geluidhinder verschilt het geluid van de HST niet wezenlijk van dat van gewone treinen, zodat de wettelijke grenswaarden voor de geluidbelasting van de omgeving ook toepasbaar zijn op het geluid van de HSL².

De hoogte waarop de geluidbronnen zich bevinden is belangrijk bij de verspreiding van het geluid en voor de effectiviteit van geluidschermen. Hoe hoger de bron, des te hoger moeten geluidschermen zijn om het gewenste effect te bereiken. Bevinden de geluidbronnen bij gewone treinen zich tussen 0 en 0,5 m boven de bovenkant van de rails, bij de HST bevinden ze zich tussen 0,5 en 5 m. Bij snelheden boven 250 km per uur neemt het aandeel van het aërodynamisch geluid toe (tot 300 km per uur domineert het nog niet). Dit stromingsgeluid ontstaat langs het gehele oppervlak van de trein, dus ook aan de bovenzijde. Onder gebruikmaking van de emissiekentallen die zijn afgeleid uit resultaten van recente en uitgebreide geluidme-

¹ Cauberg-Huygen; Geluidmetingen aan de tweede generatie Franse hogesnelheidstreinen, de TGV-Atlantique, langs de westelijke route; 27 september 1990.

² NIPG-TNO; Geluideffecten Hogesnelheidstreinen; januari 1993.

tingen aan de TGV-Atlantique in Frankrijk³ kan het meet- en rekenvoorschrift van het Besluit geluidhinder spoorwegen worden toegepast voor het berekenen van de geluidcontouren. Op deze wijze wordt voor de HST een minstens even goede overeenstemming bereikt tussen gemeten en berekende waarden als voor gewone treinen het geval is. Voor de hinderbeleving is het equivalent (logaritmisch gemiddeld) geluidniveau voor de maatgevende periode van de dag een betere maatstaf dan het geluidniveau tijdens de korte momenten waarop een hogesnelheidstrein werkelijk passeert⁴. Voor de HSL is de avondperiode, van 19.00 tot 23.00 uur, de maatgevende periode, omdat dan de geluidbelasting - inclusief de 5 dB(A)⁵ aanscherping van de grenswaarden voor de avondperiode⁶ - het hoogst is.

De berekening van de geluidcontouren voor de tracéalternatieven is gebaseerd op gemiddeld 6,75 hogesnelheidstreinstellen en 4 InterCity-treinen per uur in beide richtingen samen gedurende de avondperiode in het jaar 2015^{7,8}. Ook is voor de berekening van de geluidcontouren uitgegaan van de rijsnelheid en de hoogteligging van de spoorbaan ter plaatse. De tracering en de hoogteligging zijn het resultaat van een integraal ontwikkelingsproces, waarbij voor elk tracé is gezocht naar een optimum tussen

³ NS; Ontwikkeling van een categorie 'Hoge Snelheids Trein' in de Standaard Rekenmethode II op basis van geluidmetingen aan de Franse 'TGV-Atlantique'; 1 april 1993.

⁴ NIPG-TNO; Geluideffecten Hogesnelheidstrein; januari 1993.

⁵ dB(A): 'A-gewogen' decibel, maat voor het geluidniveau, die rekening houdt met de karakteristieke gevoeligheid van het menselijk oor.

⁶ Effectief zijn de grenswaarden in de avondperiode met 5 dB(A) verlaagd, dus als het ware aangescherpt naar 52 dB(A).

⁷ Nieuwe HSL-nota, deelrapport 10: Vervoersaspecten van de tracévarianten; 1994.

⁸ 2015 is het referentiejaar voor de effectbeschrijving in de Nieuwe HSL-nota.

zo goed mogelijke vervoerswaarde, zo min mogelijk nadelige effecten en zo laag mogelijke kosten⁹.

Wanneer de geluidcontouren - berekend zonder nog rekening te houden met geluidbeperkende maatregelen - daartoe aanleiding gaven, werden in een hernieuwde berekening geluidschermen opgenomen van - naar behoefte - 2 of 4 m hoog. Die aanleiding bestaat voor gevallen waarin zich clusters van geluidgevoelige objecten¹⁰ bevinden binnen de contour van 57 dB(A), de voorkeursgrenswaarde voor de woonomgeving, die in de Nieuwe HSL-nota wordt aangehouden en die geldt vanaf het jaar 2000¹¹. Op plaatsen waar zich zonder schermen delen van stiltegebieden binnen de contour van 40 dB(A) dagwaarde bevinden, is de hoogte van schermen beperkt tot 2 m, om de openheid van het landschap zoveel mogelijk te handhaven.

Het aantal gehinderden is bepaald, door de woningen te tellen die zich tussen de 50 en 57 resp. tussen de 57 en 70 dB(A)-contouren bevinden, deze te vermenigvuldigen met 2,5 inwoners per woning en met de percentages gehinderden tussen die geluidniveaus¹². Binnen de contour van 70 dB(A) kunnen geen woningen of andere geluidgevoelige objecten gehandhaafd blijven. Deze zullen meestal moeten worden aangekocht en afgebroken. Het verlies aan hectaren stiltegebied is bepaald door de oppervlakte vast te stellen van delen van stiltegebieden die binnen de 40 dB(A) dagwaarde zijn gelegen.

⁹ Nieuwe HSL-nota, deelrapporten 7 & 8: Tracé-ontwerpen ten noorden, resp. ten zuiden van Rotterdam.

¹⁰ Voor de berekening van de contouren is uitgegaan van de plaatsing van geluidschermen in (ver)stedelijk(t) gebied, in het buitengebied bij clusters van 10 of meer woningen, waar lintbebouwing wordt doorsneden en door of langs stiltegebieden en geluidarme zones (in N-B).

¹¹ Tot het jaar 2000 geldt een voorkeursgrenswaarde van 60 dB(A).

¹² NIPG-TNO (Miedema, H.M.E.); Response functions for environmental noise in residential areas; 1992.

Verder is het aantal voorzieningen voor verblijfsrecreatie bepaald dat zich geheel of gedeeltelijk binnen de 50 dB(A)-contour bevindt¹³.

Waar de HSL bundelt met autosnelwegen zal de geluidhinder nauwelijks toenemen, omdat het geluid van de weg blijft overheersen. Bovendien wordt het geluid van treinen als minder hinderlijk ervaren dan wegverkeerslawaai. Om dit voordeel van bundeling te illustreren zijn zowel de 50 dB(A)-contouren van het rijkshoofdwegennet als die van de HSL tracé-alternatieven in beeld gebracht. Waar wordt gebundeld gaan de geluidcontouren van de HSL praktisch geheel schuil achter die van de autosnelweg.

Ook waar de HSL bundelt met de bestaande spoorlijn neemt het aantal geluidgehinderden niet toe, omdat in dergelijke gevallen het bestaande geluidniveau in beginsel niet mag toenemen. Daartoe zijn in de bebouwde omgeving wel extra of hogere geluidbeperkende schermen noodzakelijk, waardoor de visuele hinder kan toenemen.

In deze fase van voorbereiding van een Planologische kernbeslissing (PKB) en een keuze uit mogelijke tracé-varianten, kan met de geschetste - vrij globale - benadering worden volstaan. In de volgende fase waarin het gekozen tracé verder in detail wordt uitgewerkt ten behoeve van het Ontwerp tracé-besluit (OTB), dient opnieuw een akoestisch onderzoek te worden uitgevoerd. Hierin wordt voor individuele woningen en voor andere geluidgevoelige objecten de geluidbelasting aan de 57 dB(A) voorkeursgrenswaarde getoetst. Geluidbeperkende maatregelen, die voorkomen dat deze grenswaarden worden overschreden, worden dan in het ontwerp opgenomen. Wanneer dat technisch niet mogelijk is, uit stedenbouwkundig of landschappelijk oogpunt ongewenst is, of economisch niet realiseerbaar is, kunnen Gedeputeerde Staten (GS) van de

¹³ VROM; Concept-circulaire openluchtrecreatie; 16 april 1992.

provincie een hogere grenswaarde toestaan¹⁴. In zulke gevallen moet door gevelisolatie een aanvaardbaar geluidniveau binnenshuis worden gerealiseerd. GS moeten bij hun beslissing om al of niet een hogere grenswaarde toe te staan, rekening houden met cumulatie van geluidhinder door verschillende bronnen (zoals wegverkeerslawaaï en industrielawaai), om te voorkomen dat een onaanvaardbare situatie ontstaat¹⁵.

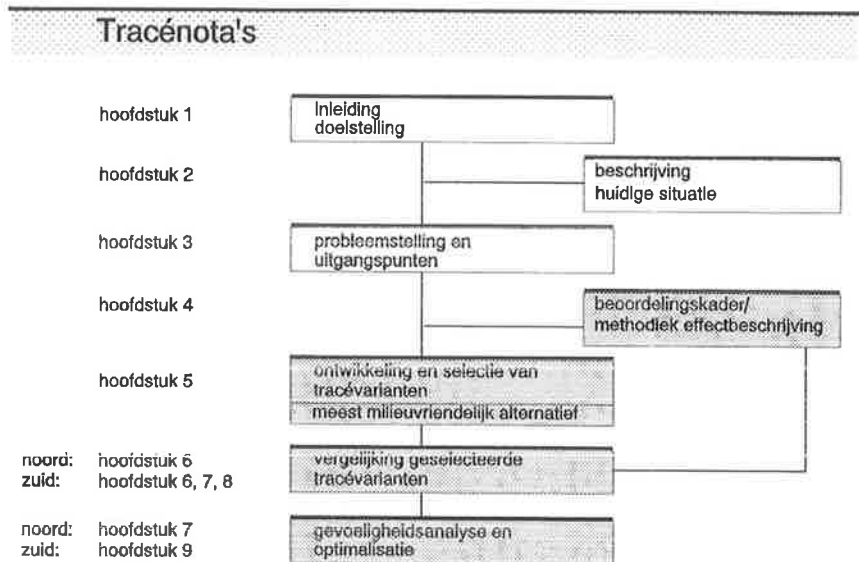
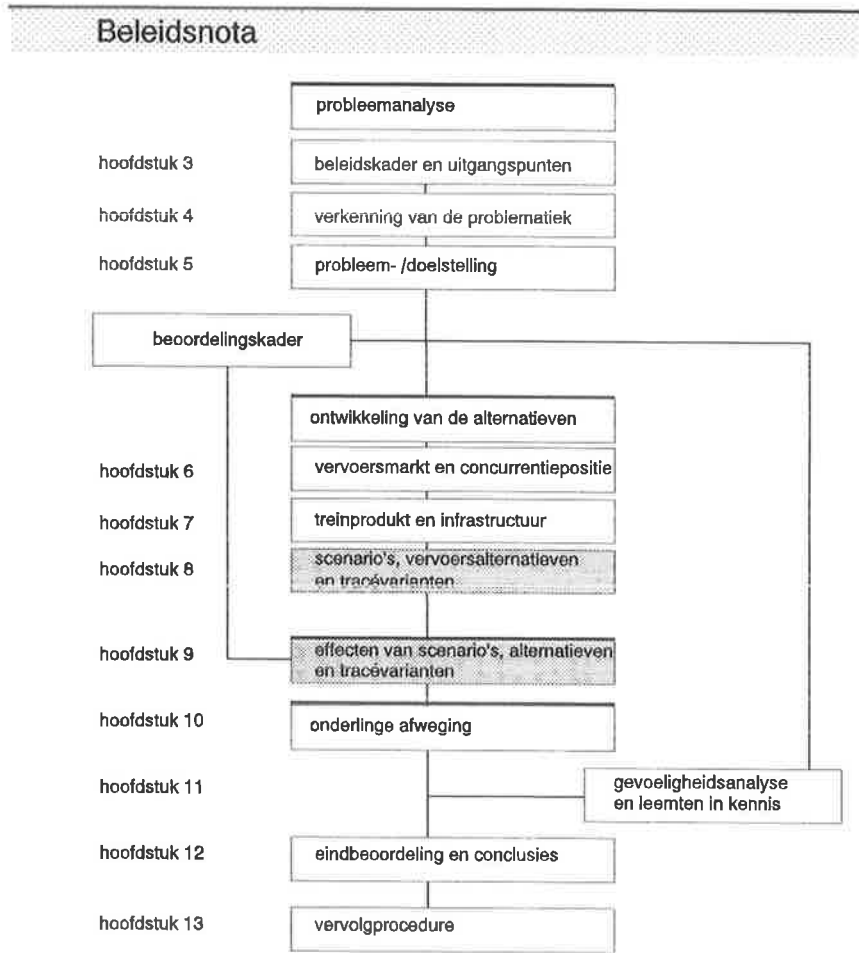
Door treinverkeer kan, naast geluidhinder, ook trillinghinder optreden. Bij bestaande spoorwegen blijven klachten beperkt tot ca. 50 m vanaf de spoorbaan en hebben vooral betrekking op goederentreinen. Schade door trillingen van treinverkeer komt in ons land niet voor. Bij nieuwe tracés waar de hogesnelheidstrein met 300 km per uur rijdt, zullen trillingen tot ten hoogste 50 à 60 m afstand voelbaar zijn. Waar de hogesnelheidstrein met lagere snelheid over bestaand spoor rijdt zal hij zeker niet méér trillingen veroorzaken dan gewone goederen- en personentreinen¹⁶. Het aantal mogelijk door trillingen gehinderde personen is voor de tracé-varianten bepaald door telling van de woningen gelegen binnen 60 m vanaf het tracé, vermenigvuldigd met 2,5 inwoners per woning. Het aantal woningen binnen die afstand blijkt overigens zeer gering.

¹⁴ Tot ten hoogste 70 dB(A) (tot het jaar 2000 nog 73 dB(A)).

¹⁵ Artikel 157 van de Wet geluidhinder voorziet in een Regeling bepaling gecumuleerde geluidbelasting en leggen de zorg voor onderlinge afstemming en samenhang van te treffen maatregelen bij GS.

¹⁶ TNO-Bouw; Trillingen als gevolg van de hogesnelheidslijn, resultaten van de trillingsmetingen langs het tracé van de TGV; november 1992.

Dit deelrapport heeft in de **Beleidsnota** en de beide **Tracénota's** betrekking op:



2 INLEIDING

2.1 Algemeen

Voor u ligt deelrapport 15 van de Nieuwe HSL-Nota, de herziene versie van de nota "Nederlands deel hogesnelheidsspoorverbinding Amsterdam-Brussel-Parijs", de HSL-nota van 28 maart 1991. Deze Nieuwe HSL-nota is naar aanleiding van de vele inspraakreacties, de reacties van de adviesorganen van de regering, externe ontwikkelingen en op basis van nader onderzoek op veel punten aangevuld en gewijzigd. Dat gekozen is voor het uitbrengen van een geheel herziene Nieuwe HSL-nota, en niet voor een afzonderlijke nota met uitsluitend aanvullende informatie, is om te voorkomen dat het zicht op het totaal verdwijnt. Deze herziene nota vervangt dus integraal de HSL-nota van 28 maart 1991 (Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 22026 nrs 2 en 3).

De Nieuwe HSL-Nota bestaat uit de volgende onderdelen:

- ▶ De **Samenvatting, Inspraakwijzer en ontwerp-Planologische Kernbeslissing**.
De PKB deel 1 geldt als startpunt ("inzet van het kabinet") van de procedure voor een Planologische Kernbeslissing (artikel 2a van de Wet RO).
- ▶ De **Beleidsnota**, die de strategische en vervoerskundige elementen behandelt en op basis van alle informatie de onderbouwing geeft van de keuze tussen de verschillende mogelijkheden.
- ▶ Een tweetal **Tracénota's**, waarin de verschillende tracévarianten respectievelijk ten noorden en ten zuiden van Rotterdam worden behandeld.
- ▶ Een 23-tal **deelrapporten**, die de onderbouwing en achtergrondinformatie bevatten waarop de hoofdtekst van het beleidsvoornemen en de tracénota's is gebaseerd. Een lijst van deze deelrapporten is opgenomen in de bijlage.

Dit deelrapport bevat de informatie over geluid en trillingen die kunnen ontstaan door de hogesnelheidslijn.

In de Beleidsnota en de beide Tracénota's is de informatie uit de deelrapporten geïntegreerd opgenomen. Op de pagina hiernaast is aangegeven in welke onderdelen van beide hoofdnota's de informatie uit dit deelrapport is opgenomen.

2.2 Doel

Dit deelrapport gaat over geluidhinder en trillinghinder door hogesnelheidstreinen. Het behandelt de verschijnselen geluid en trilling, de mogelijke effecten ervan en wat gedaan moet of kan worden om die effecten zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Het bevat tevens de verantwoording omtrent de wijze waarop in de *Nieuwe HSL-nota* de effecten geluid- en trillinghinder zijn beschreven ten behoeve van de beoordeling en onderlinge vergelijking van de beschouwde tracévarianten.

De effecten zijn voor de verschillende tracés beschreven in de deelrapporten 11 en 12: *RO- en milieu-effecten ten noorden en ten zuiden van Rotterdam*. De vergelijking van de tracévarianten is in deelrapport 9: *Vergelijking van de tracévarianten*, en in de beide Tracénota's opgenomen.

Voor de aspecten geluid- en trillinghinder is de effectbeschrijving gericht op de volgende beoordelingscriteria:

- *geluidhinder in de woonomgeving* (toename van het aantal door het geluid van de HSL gehinderden);
- *aantasting van stiltegebieden* (afname van het oppervlak aan stiltegebied);
- *geluidhinder voor (verblijfs)recreatie* (toename van het aantal inrichtingen voor verblijfsrecreatie binnen de 50 dB(A) etmaalwaarde contour);
- *toename geluidbelast oppervlak* (toename van het oppervlak belast met meer dan 50 dB(A) etmaalwaarde);
- *trillinghinder* (aantal gehinderden door trillingen).

De aspecten geluid- en trillinghinder worden besproken voor de *gebruiksfase* van het project; tijdens de aanlegfase van dit omvangrijke project zal langs het uit te voeren tracé tijdelijk geluid- en trillinghinder kunnen optreden door heien of "in trillen" van funderingen en damwanden en door het aan- en afvoeren van grond en bouwmaterialen. Omdat de wijze van uitvoering, waaronder de wijze van het grondtransport nog niet zijn uitgewerkt, kunnen de effecten daarvan in deze fase nog niet worden gekwantificeerd. De bouwhinder zal zich vooral overdag en in de bebouwde gebieden doen gevoelen, niet uit te sluiten is dat soms werkzaamheden 's-nachts zullen moeten plaatsvinden, b.v. om stremming van het (overige trein)verkeer zo nodig te beperken.

2.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 3 is informatie opgenomen over geluidhinder. Hoofdstuk 4 bevat een uiteenzetting over trillingen.

In bijlage 8 is een tabel opgenomen met de absolute scores op de aspecten geluid en trillingen voor de verschillende beschouwde tracés. De geluidcontouren op topografische ondergrond van de verschillende tracévarianten zijn opgenomen in de deelrapporten 11 en 12: *RO- en milieueffecten ten noorden resp. ten zuiden van Rotterdam*.

In deelrapport 9: *Beoordelingskader en vergelijking van de tracévarianten*, zijn de effecten geluid- en trillinghinder opgenomen en spelen een rol bij de vergelijking van de varianten.

3 GELUIDHINDER

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het verschijnsel geluid en geluidhinder beschreven tegen een algemene achtergrond, doch toegespitst op spoorweggeluid en in het bijzonder op geluid van hogesnelheidstreinen.

Na een beschouwing over het ontstaan, de verspreiding en de waarneming van geluid, wordt nader ingegaan op spoorweggeluid in het algemeen en meer in het bijzonder op het geluid van hogesnelheidstreinen. Aandacht wordt besteed aan de invloed van het baanconcept en van de omgevingskenmerken. Aangegeven wordt met welke maatregelen de geluidbelasting voor de omgeving kan worden beperkt, zoals door maatregelen aan de bron, door afscherming en door isolatie. Vervolgens wordt ingegaan op de hinder die door geluid, spoorweggeluid en geluid van hogesnelheidstreinen wordt ervaren en op de factoren die bij die hinderbeleving een rol spelen. Ingegaan wordt ook op de vraag of de hinderbeleving door het geluid van hogesnelheidstreinen vergelijkbaar is met de hinder die wordt ervaren van conventionele treinen.

Vervolgens wordt aandacht besteed aan het beleid van de overheid gericht op het voorkomen en beperken van geluidhinder en aan het wettelijk kader ter bescherming van de omgeving tegen geluidhinder. Daarbij zijn de wijze van berekening van het geluidniveau, de voor de geluidbelasting hoogst toelaatbare grenswaarden en de te volgen procedures voor het vaststellen van geluidrelevante voorschriften in bestemmingsplannen, belangrijke aandachtspunten. Tenslotte wordt uiteengezet welke methodiek is gevolgd voor de vergelijking van de verschillende tracévarianten.

3.2 Ontstaan, verspreiding en waarneming van geluid

Geluid bestaat uit trillingen die zich in lucht als drukgolven voortplanten. Geluid kan trillingen van verscheidene frequenties (of: golven van verscheidene golflengten) bevatten. Bij ongestoorde ruimtelijke uitbreiding (voortplanting van de geluidgolven) neemt de energie-dichtheid van het geluid af met het kwadraat van de afstand vanaf een puntvormige geluidbron en recht evenredig met de afstand vanaf een lijnvormige geluidbron. Een spoorlijn is voor beschouwingen omtrent de gemiddelde geluidbelasting die men ervan ondervindt, op te vatten als een lijnbron. In de praktijk neemt de geluidsterkte sneller af dan recht evenredig met de afstand, door demping en absorptie.

De geluidsterkte op een bepaalde plaats wordt steeds mede bepaald door afscherming, verstrooiing en reflecties door objecten, die zich tussen de geluidbron en de waarnemer en in de omgeving daarvan bevinden. Hoe sterk geluid op een bepaalde afstand van een geluidbron wordt waargenomen hangt niet alleen af van de energie-dichtheid, die het geluid op die afstand nog heeft, maar ook van de gevoeligheid van het oor. De gevoeligheid van het menselijk oor is namelijk niet dezelfde voor verschillende geluidsterkten. Een geluid

dat tweemaal zoveel energie bevat wordt daardoor niet als tweemaal zo luid waargenomen: Naarmate het aanwezige geluid zwakker is wordt een toename ervan sterker waargenomen, omgekeerd wordt naarmate een geluid luider is, een toename ervan minder waargenomen.

Geluidsterkte wordt daarom afgezet op een logaritmische schaal en uitgedrukt in de eenheid *decibel*, afgekort *dB*. Voor het nulpunt van deze schaal is de *gehoorgrens* gekozen, dat is het geluidenergie-niveau dat door de gemiddelde mens nog juist kan worden waargenomen (overeenkomend met 10^{-12} joule per seconde en per meter²). Een verdubbeling, respectievelijk een halvering, van de geluidsterkte betekent op deze schaal altijd een toename, respectievelijk een afname van 3 dB. (Immers: Een toename van de geluidsterkte van I_0 tot I betekent een toename van $10 \log I/I_0 = 10 \log 2 = 3$ dB).

Het menselijk oor is bovendien niet even gevoelig voor alle frequenties (toonhoogten).

Omdat de gevoeligheid van het oor frequentie-afhankelijk is, wordt de geluidbelasting in relatie tot geluidhinder daarvoor steeds gecorrigeerd: het geluidniveau wordt in dat verband beschouwd als gefilterd door een filter met dezelfde karakteristiek als van het oor. Men spreekt dan van het *A-gewogen geluidniveau*, dat wordt aangeduid als *dB(A)*.

3.3 Spoorweggeluid en geluid van hogesnelheidstreinen

Spoorweggeluid kan ontstaan door een aantal oorzaken, waarvan de belangrijkste zijn:

- *Rolgeluid:*
wiel en spoorstaaf worden in trilling gebracht en stralen geluid af, de oppervlakte-ruwheid van wiel en rail zijn hierbij de belangrijkste bronnen van aanstoting. Hierbij kunnen onder meer wielruwheid (waaronder vlakke plaatsen of polygonisatie) van de wielen en golfslijtage van de rails een rol spelen. Het toegepaste remsysteem is hierbij ook van belang; blokkremmen dragen bij aan de wielruwheid en veroorzaken zo rolgeluid. De HST is, zoals reeds opgemerkt, uitgerust met schijfremmen op de rijtuigen (personenwagens). De motorwagens (locomotieven) hebben vooralsnog blokkremmen op de motordraaistellen. De schijfremmen en het anti-blokkeersysteem van de HST (TGV) kunnen onregelmatige slijtage van het loopvlak der wielen beperken.
- *Motorgeluid:*
aandrijf- en hulpmotoren veroorzaken geluid. De HST zal zijn uitgerust met draaistroom-motoren. Daarvoor zijn, afhankelijk van het te kiezen stroomverzorgingssysteem, stroomomvormers nodig, bijvoorbeeld om op de 1500 volt gelijkstroom van het bestaande net te kunnen rijden. Deze stroomomvormers produceren soms *tonaal geluid*: geluid waarin één toon sterk overheerst. De hulpmotoren zullen deels ook draaien tijdens stilstand op stations.
- *Booggeluid:*
het soms sterk tonale geluid, hoorbaar bij het passeren van een krappe bocht of 'boog' in de spoorlijn. Voor de HSL worden steeds ruime boogstralen toegepast (bij hoge snelheden

vragen krappe bogen een sterke verkanting, die - wanneer met lage snelheid bereden - het comfort voor de reizigers nadelig beïnvloeden).

- *Remgeluid:*
het (extra) geluid dat de trein tijdens het remmen veroorzaakt; dit is erg afhankelijk van het rij-regime en de wijze van remmen door de machinist.
- *Aërodynamisch geluid:*
door wrijving met de lucht neemt bij toenemende snelheid het aandeel van het aërodynamisch geluid toe. Daaraan dragen alle delen van de trein bij, ook de hoger gesitueerde delen, waaronder de pantograaf (stroomafnemer). Door zorgvuldige vormgeving (stroomlijning) is men er in geslaagd zowel bij de Franse TGV als bij de Duitse ICE er voor te zorgen dat het aërodynamisch geluid tot 300 km/h het rolgeluid niet overheerst.
- *Overige geluiden, zoals:*
het geluid van bruggen en viaducten (betonnen kunstwerken met doorlopend ballastbed produceren minder geluid dan stalen kunstwerken en directe bevestiging van de spoorstaven¹⁷); rangeergeluid (waarvan bij de HST nauwelijks of geen sprake zal zijn) en geluid van onderhoudswerkzaamheden aan de spoorbaan (die bij de HSL meestal 's-nachts zullen moeten gebeuren).

Bij elektrisch aangedreven treinen met een goede aërodynamische vormgeving - waartoe de hogesnelheidstrein gerekend mag worden - die met ongeveer constante snelheid rijden op een normale rechte horizontale baan, is - in een onafgeschermd situatie - het rolgeluid tot circa 300 km/h vrijwel altijd dominerend; pas bij snelheden boven 300 km/h kan *aërodynamisch geluid* het rolgeluid gaan overheersen.

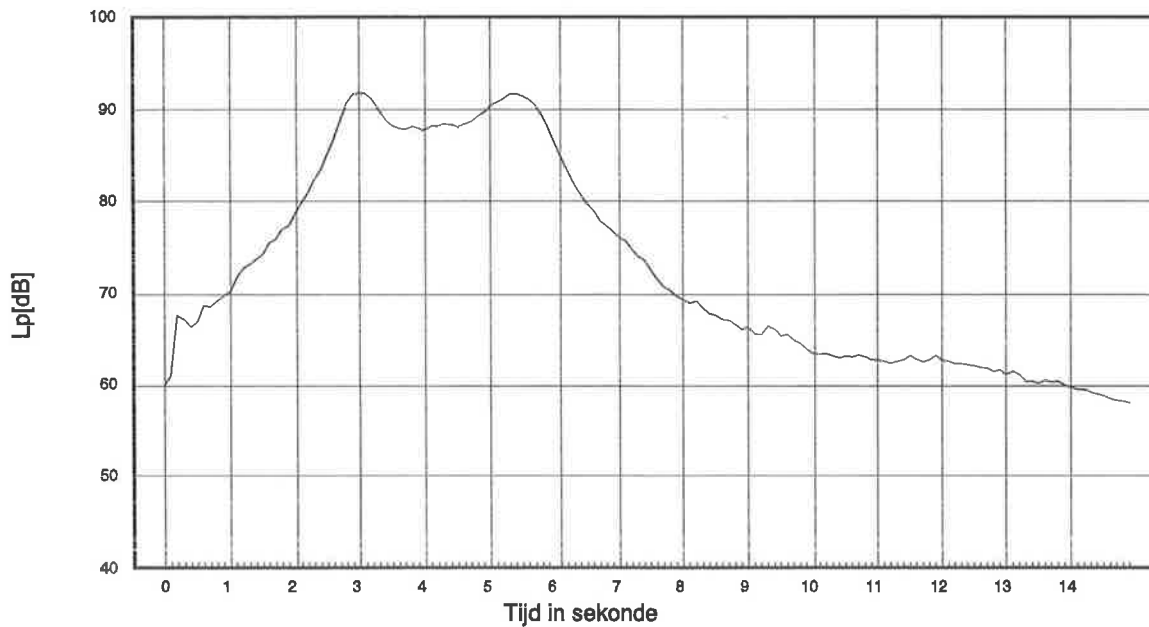
Hoewel het aërodynamisch geluid van de HST bij snelheden lager dan 300 km/h nog niet domineert, levert het bij snelheden boven 250 km/h wel een niet te verwaarlozen bijdrage aan de totale geluidemissie van de HST. Bovendien wijkt de constructie van de trein sterk af van die van het tot nu toe in Nederland gebruikelijke NS-materieel. Om die reden was het nodig te onderzoeken in hoeverre de in Nederland gebruikelijke methode voor het berekenen van de geluidbelasting voor de omgeving (de standaard rekenmethoden van het Besluit geluidhinder spoorwegen) toepasbaar is.

Gezamenlijk door TNO, de Franse spoorwegen SNCF en de Nederlandse spoorwegen NS, zijn daarom uitgebreide geluidmetingen aan de TGV-Atlantique in Frankrijk uitgevoerd. Deze TGV-A lijkt zeer veel op het materieel dat eventueel in ons land zal gaan rijden. De metingen betroffen zowel het verloop van de totale geluidemissie tijdens passage van de hogesnelheidstrein (figuur 1), als het bepalen van de hoogte van de geluidbronnen (figuur 2) en de verdeling van de geluidenergie over de verschillende frequenties (toonhoogten) (figuur 3).

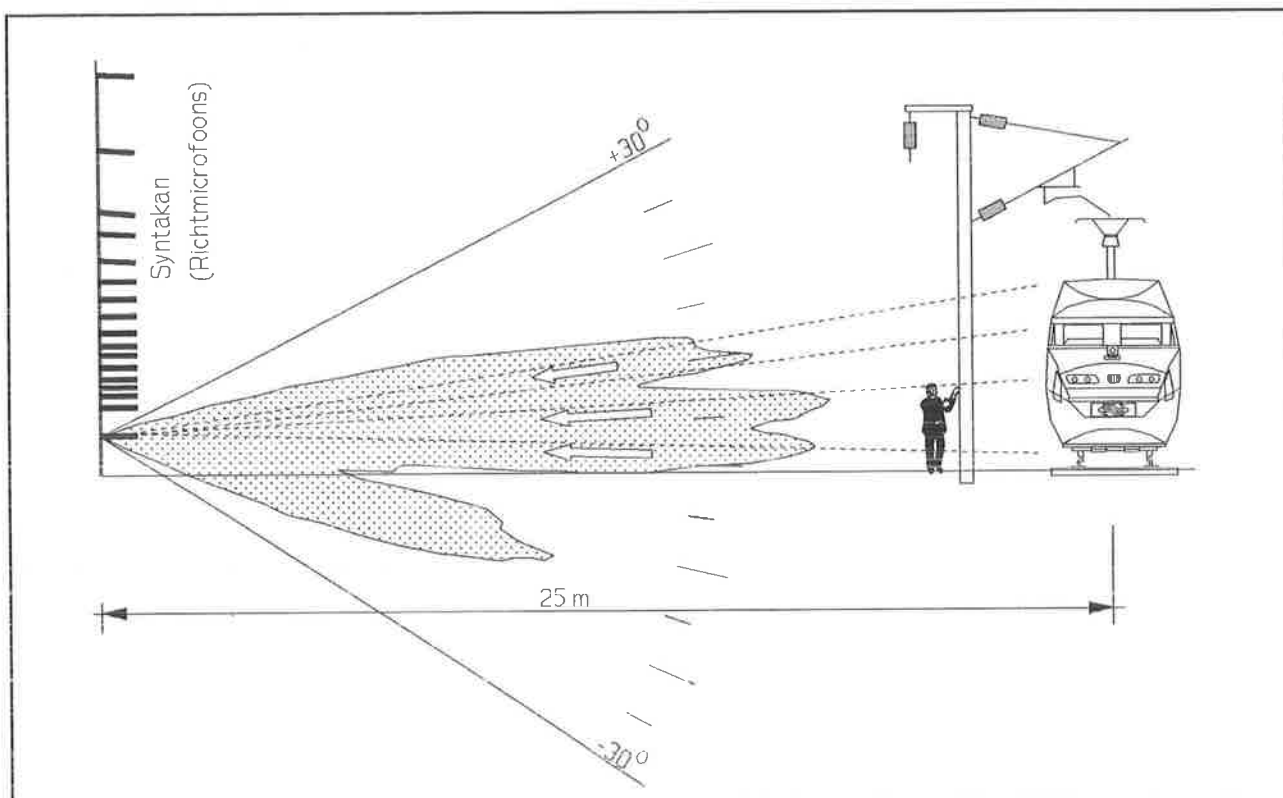
¹⁷ Nader onderzoek wordt voorgesteld naar de voor- en nadelen van verschillende methoden van spoorstaafbevestiging, zie deelrapport 18 (par. 9.2.8).

Passage enkel treinstel TGV-A met 282 km/h

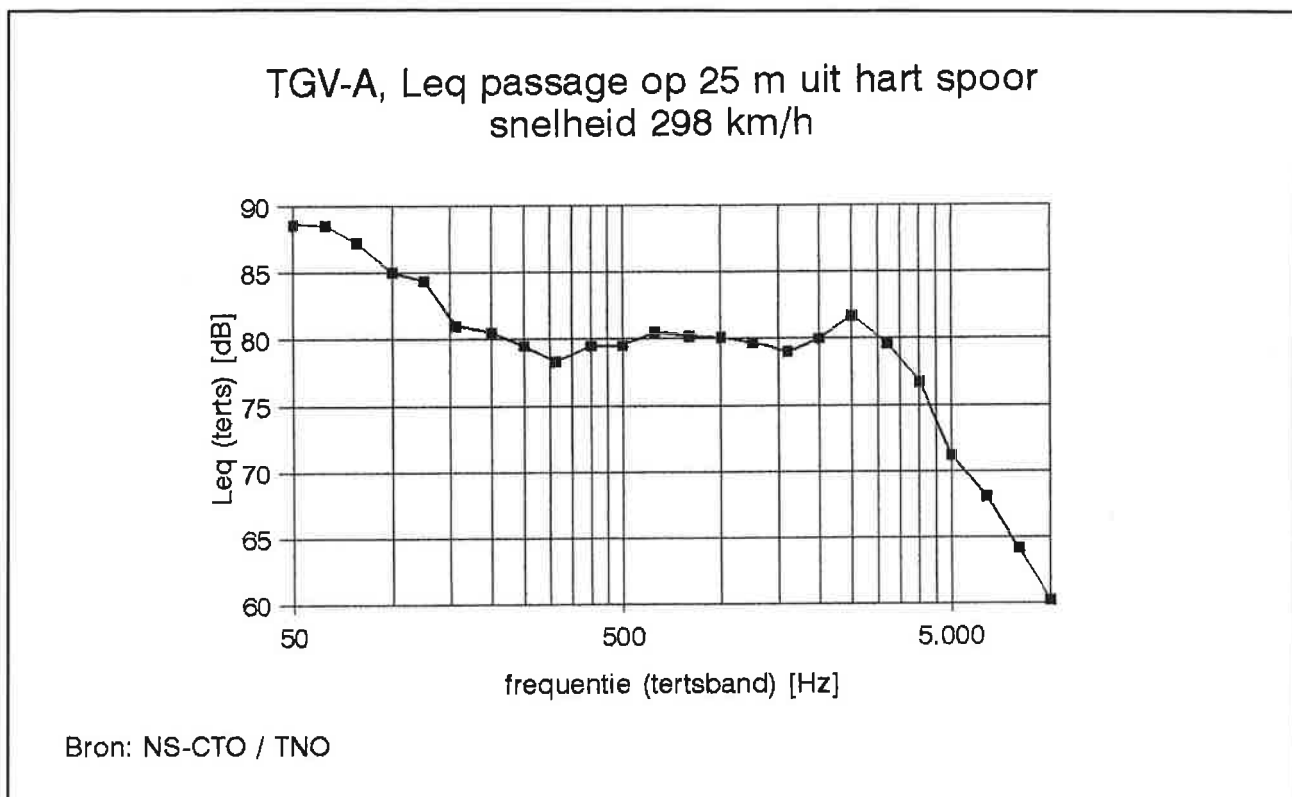
Geluidniveau in dB(A) op 25 m afstand



Figuur 1: Geluidniveau op 25 m afstand, tijdens passage TGV.



Figuur 2: Illustratie van geluidmeting met richtmicrofoons, aan de TGV-Atlantique.

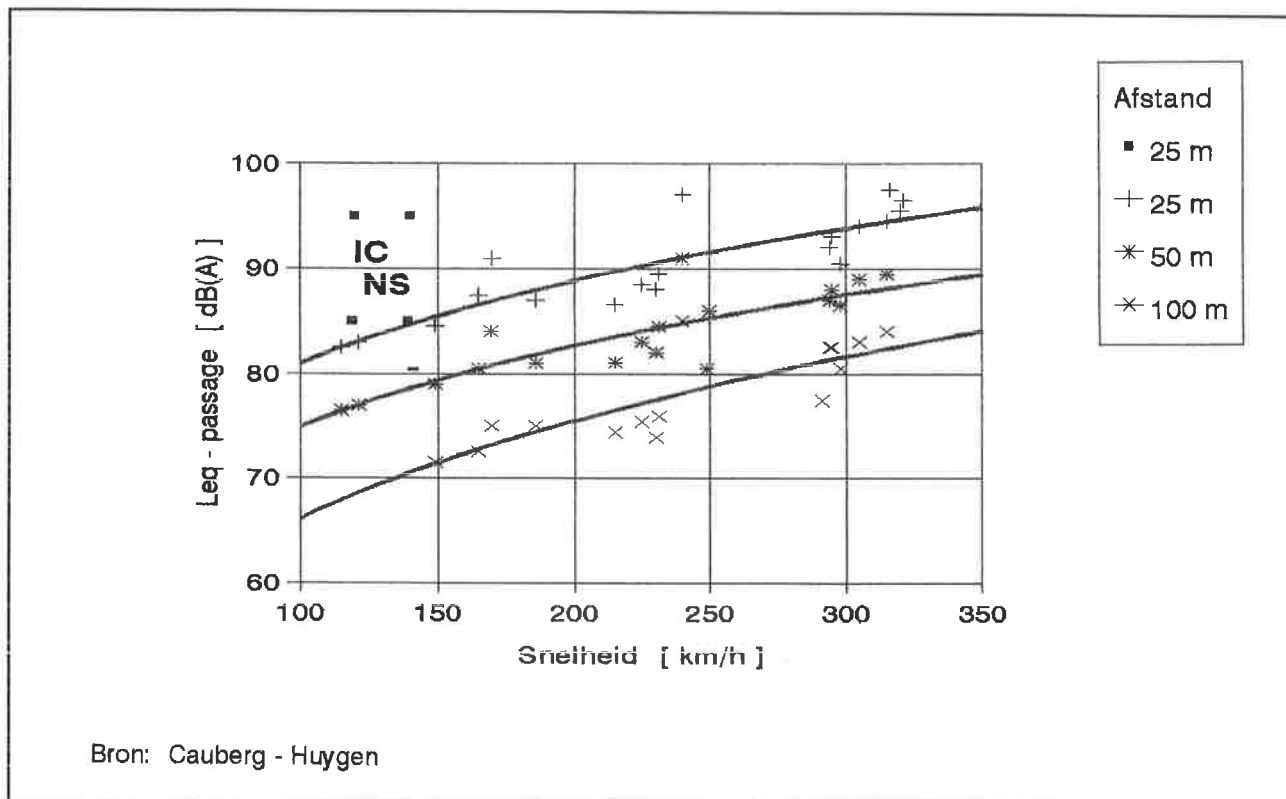


Figuur 3: Frequentieverdeling van het geluid van de TGV-Atlantique.

(De figuren 1 t/m 3 zijn gebaseerd op het rapport waarin de belangrijkste resultaten van de geluidmetingen zijn opgenomen: *Ontwikkeling van een categorie 'Hoge Snelheids-Trein' in de Standaard Rekenmethode II op basis van geluidsmetingen aan de TGV-Atlantique in Frankrijk (NS, Centrum voor Technisch Onderzoek, april 1993)*).

De metingen hebben uitgewezen dat het energetisch gemiddeld geluidniveau tijdens passage van één hogesnelheidstrein bij hoge snelheid (ca. 300 km/h) niet hoger is dan dat tijdens passage van een NS InterCity-trein (ca. 90 dB(A)¹⁸). Bij vergelijkbare snelheden is de TGV-Atlantique zelfs beduidend stiller dan het huidige NS InterCity-materieel, zoals blijkt uit figuur 4, welke is ontleend aan *Geluidniveaumetingen aan de 2^e generatie Franse "Hogesnelheidstreinen", de TGV-Atlantique, langs de westelijke route; Cauberg Huygen, september 1990*.

¹⁸ Een HSL is, door het geavanceerde materieel en door een hogere kwaliteit van de uitlijning van het spoor, qua geluidproductie aanzienlijk gunstiger dan een gewone spoorbaan. Op een bestaand spoor rijdt de HST minder snel en zal dan stiller zijn dan "gewone" treinen, die met dezelfde snelheid over dat bestaande spoor rijden. Wanneer de HSL mede wordt gebruikt door "gewone" IC-treinen, zullen dit moderne, relatief stille treinen zijn.



Figuur 4: Geluidniveau tijdens het passeren van de TGV-Atlantique en van NS InterCity treinen.

Tevens bleek dat die totale geluidemissie van een HST kan worden opgevat als afkomstig van een aantal geluidbronnen van verschillende sterkte, die zich bevinden tussen 0,5 en 5 meter boven bovenkant spoor (BS). Zowel de onderlinge sterkteverhouding als het frequentiespectrum van die geluidbronnen is snelheidsafhankelijk.

Het bleek mogelijk om voor de HST de *emissiekentallen* vast te stellen die nodig zijn voor de berekening van de geluidbelasting en van de hoogte van eventueel benodigde geluidschermen of -wallen¹⁹. Deze emissiekentallen leveren - bij toepassing van de wettelijk voorgeschreven rekenmethoden - voor de HST een minstens even goede overeenstemming op tussen de berekende en gemeten geluidbelasting, als het geval is voor andere materieelcategorieën en hun emissiekentallen.

Om ook de vraag te beantwoorden of het geluid van hogesnelheidstreinen een andere hinderbeleving met zich mee brengt dan het geluid van 'gewone' treinen, is door het Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde van TNO (TNO/NIPG) een studie verricht naar een mogelijk verband tussen hinderbeleving en snelheid van

¹⁹ Waar in dit deelrapport sprake is van "geluidschermen of -wallen", wordt meer in het algemeen bedoeld: "geluidbeperkende voorzieningen". Deze kunnen bestaan uit schermen of wallen, maar evenzeer uit combinaties daarvan of - in bijzondere gevallen uit speciale constructies als overkluisingen. Overigens is bij het integraal ontwerpen van de tracés (tracering en lengteprofiel) reeds mede rekening gehouden met de geluidgevoeligheid van de omgeving.

treinen of andere vergelijkbare geluidbronnen met een snel aanzwellend geluid (*NIPG-TNO, 'Geluideffecten Hogesnelheidstreinen', NIPG publicatienr. 93001, januari 1993*). Dit onderzoek concludeert dat bij gelijk geluidniveau het geluid van de HST niet méér hinder zal veroorzaken dan het geluid van 'gewone' treinen.

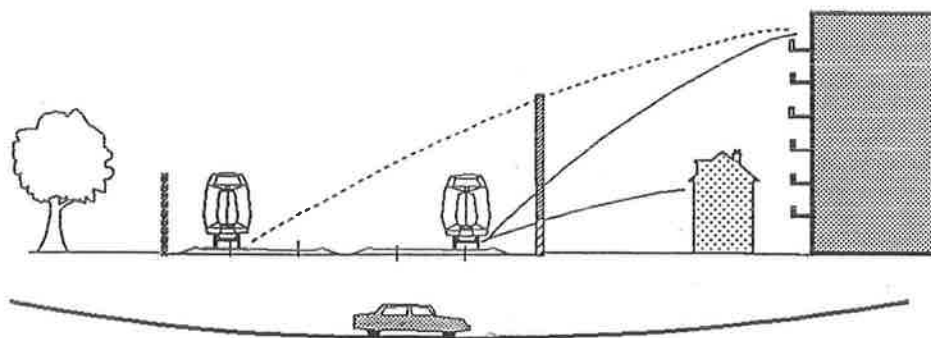
Bij hoge snelheden van de HST wordt het aandeel van de hoger gesitueerde geluidbronnen groter. Indien geluidschermen of -wallen nodig zijn op plaatsen waar met hoge snelheid wordt gereden, zullen deze schermen of wallen daarom in het algemeen hoger moeten zijn dan bij tot nu toe gebruikelijk treinverkeer, om het gewenste resultaat te bereiken.

De resultaten van beide bovengenoemde onderzoeken, zowel naar de hinderbeleving als de meetresultaten leiden er toe dat het Besluit geluidhinder spoorwegen (Bgs) een gelijkwaardig instrument vormt voor het beoordelen van het geluid van zowel de HST als van andere treinen.

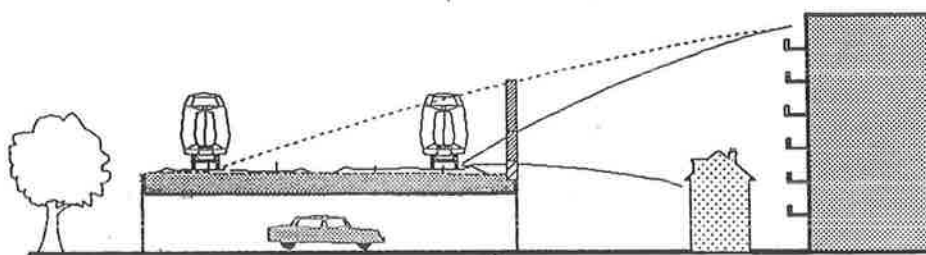
Naarmate men zich verder van de spoorbaan bevindt, neemt de geluidbelasting af. Het geluid van één passerende HST zal in een geheel open en vlak gebied, als er geen andere overheersende geluiden zijn - zoals bijvoorbeeld in een stiltegebied - nog juist tegen het achtergrondgeluid (ca. 30 dB(A)) waarneembaar zijn op een afstand van circa 2,5 km vanaf de spoorbaan. Hieruit volgt dat in nieuwe situaties de afstand tussen spoorlijn en geluidgevoelige bestemmingen in beginsel zo groot mogelijk moet worden gekozen. Nieuwe situaties betreffen nieuwe tracés en geplande geluidgevoelige bestemmingen (zoals woningen, scholen, ziekenhuizen en stiltegebieden).

3.4 Invloed van het baanconcept

Voor een waarnemer die zich op maaiveldhoogte en op minder dan circa 200 m afstand van de baan bevindt, is de geluidbelasting minder wanneer de trein over een *hoge baan* rijdt dan bij een spoorbaan op maaiveld. Het geluid gaat in dat geval als het ware over de waarnemer heen. Dit effect treedt vooral op als langs het hoog gelegen spoor geluidschermen zijn geplaatst. Met andere woorden: om hetzelfde effect te bereiken, kunnen geluidschermen bij een hoge ligging van de spoorbaan lager blijven dan bij lage ligging van de spoorbaan. Wat dit betreft is een viaduct of fly-over vergelijkbaar met een (hoge) aardebaan. Dit effect wordt geïllustreerd in figuur 5. Weliswaar draagt het geluid bij een hoog gelegen baan wat verder door een verminderd effect van de bodemdemping, maar het geluidniveau is dan als geheel al zoveel lager, dat op grotere afstand dan ca. 200 m de hoogte van de baan in akoestisch opzicht geen rol van betekenis meer speelt.

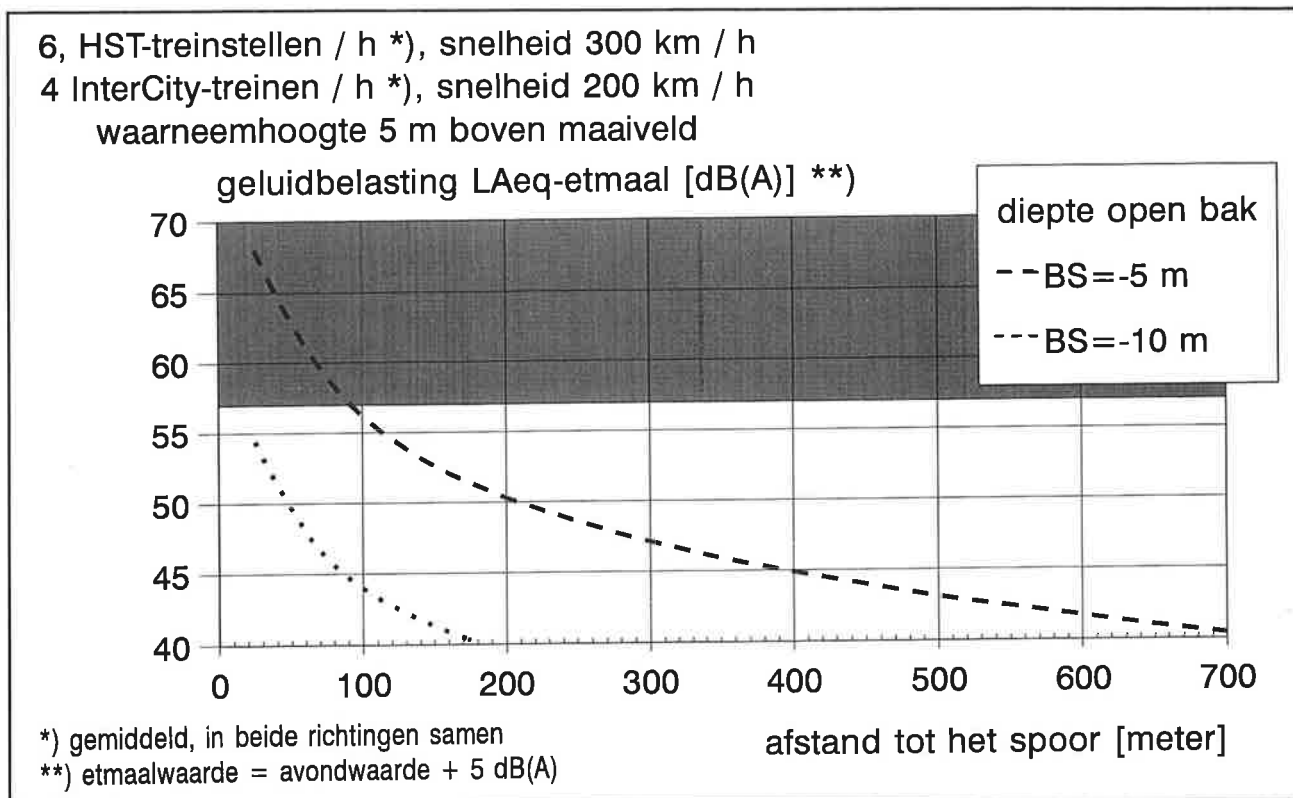


Maaiveldligging:
 Lage bebouwing = lage schermen,
 Hoge bebouwing = hoge schermen.



Verhoogde ligging:
 Schermhoogte blijft beperkt.

Figuur 5: Illustratie van de invloed van de hoogteligging van het spoor op de effectiviteit van geluidschermen.



Figuur 6: Geluidbelasting ten gevolge van de HSL in een open tunnelbak.

Wanneer de hoog gelegen spoorbaan wordt gevormd door een brug of viaduct, heeft uit akoestisch oogpunt een constructie met *doorlopend ballastbed* - in plaats van directe railbevestiging - de voorkeur²⁰.

Een spoorbaan *beneden maaiveldniveau* is in akoestisch opzicht eveneens gunstiger dan een lage aardebaan (zie figuur 6).

Bij een open tunnelbak - mits voorzien van een doorlopend ballastbed en *geluidabsorberende wanden* die een *scherpe hoek met het maaiveld* maken - is bij een diepte van 10 tot 5 m beneden maaiveld, vanaf circa 50 respectievelijk 200 m geen hinder meer te verwachten (geluidbelasting < 50 dB(A)) en wordt vanaf 25 respectievelijk 100 m zonder verdere maatregelen aan de voorkeursgrenswaarde (57 dB(A)) van de Wet geluidhinder voldaan (zie eveneens figuur 6). Bij de voorkeursgrenswaarde is het aantal geluidgehinderden gering.

Vanzelfsprekend is een *tunnel of overkapte tunnelbak* akoestisch gezien het gunstigst: het geluid dringt in het geheel niet tot de omgeving door. Wel moet extra aandacht worden besteed aan het geluidniveau in de trein en aan de geluideffecten van de tunnelbakken die naar de tunnelmonden leiden.

²⁰ Zie ook deelrapport 18 "Spoorbaanconcepten".

3.5 Omgevingsinvloeden

De aard en de geometrie van de omgeving hebben grote invloed op de verspreiding van het geluid. Zo wordt door een zacht bodemoppervlak (gras) het geluid sterker gedempt dan door een verharde bodem. Door objecten die zich tussen de spoorbaan en de waarne-mer bevinden kan afscherming, verstrooiing, absorptie en reflectie optreden. Daarom dient in de fase van voorbereiding van het ontwerp-tracébesluit voor elke specifieke situatie door een akoestisch onderzoek te worden vastgesteld of door het aanbrengen van geluidbeperkende voorzieningen (geluidschermen of -wallen) kan worden voorkomen dat geluidgevoelige bestemmingen aan een hogere geluidbelasting worden blootgesteld dan de voorkeursgrenswaarde (57 dB(A) voor woningen). Voor het gebied binnen de contour van de voorkeursgrenswaarde gelden beperkingen voor geluidgevoelige bestemmingen. Indien een hogere grenswaarde (tot ten hoogste 70 dB(A)) wordt toegestaan door Gedeputeerde Staten van de provincie vormen deze beperkingen aanleiding voor het treffen van isolerende maatregelen, of - indien geen hogere grenswaarde wordt toegestaan - tot het onttrekken van objecten aan de geluidgevoelige bestemming (door het toekennen van een andere bestemming of door sloop).

3.6 Maatregelen ter beperking van geluidbelasting

Indien geluidgevoelige bestemmingen worden blootgesteld aan een geluidbelasting boven de grenswaarden van de Wet geluidhinder, dienen geluidbeperkende maatregelen te worden getroffen of geluidwerende voorzieningen te worden aangebracht. De mogelijk te treffen maatregelen ter voorkoming en beperking van geluidhinder zijn in te delen in drie categorieën: bronmaatregelen, afscherming en isolatie.

3.6.1 Maatregelen aan de bron

Het betreft hier technische voorzieningen aan de opbouw van de spoorbaan en aan de trein zelf, gericht op het verminderen van de geluidemissie.

Vooraf bij nieuwe lijnen die voornamelijk door het relatief lichte HSL-materieel worden bereden doen zich mogelijkheden voor, te denken is hierbij aan geluidisolierende bevestiging van de spoorstaven. Ook zijn proeven genomen met geluidabsorberende ballastmatten. Het effect daarvan is niet groot en zij vervuilen snel.

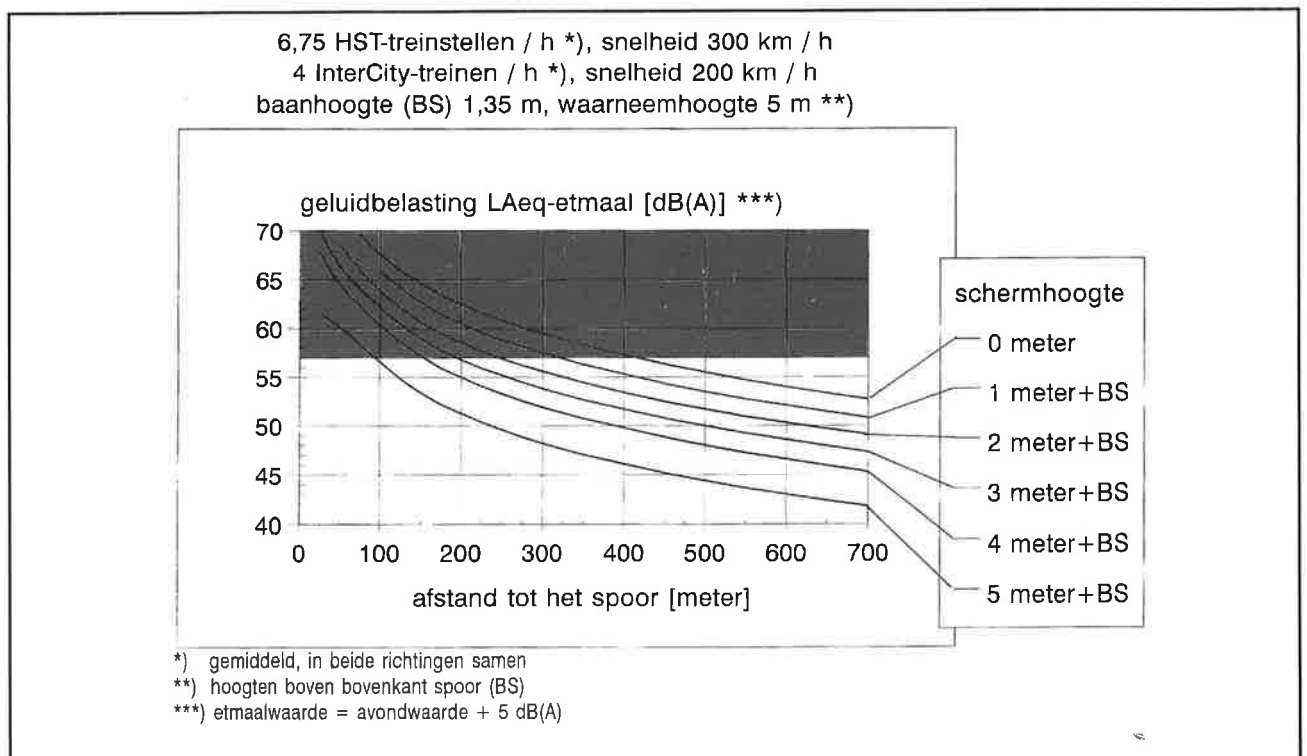
Bij de verdere ontwikkeling van het treinmaterieel kan aandacht worden geschonken aan het geheel elimineren van blokremmen en aan het introduceren van elektromagnetische remsystemen, het aanbrengen van wioldempers, het omkassen van de wielen, het verbeteren van de ventilatie-uitblaasopeningen, het omkassen van geluidproducerende apparatuur binnen de motorwagens en het verbeteren van de aërodynamische vormgeving van de trein, met inbegrip van de stroomafnemers. Tussen de nationale Franse, Belgische, Duitse en Nederlandse spoorwegmaatschappijen vindt gestructureerd overleg plaats omtrent de mogelijkheden voor verde-

re reductie van de geluidemissie van het hogesnelheidsmaterieel dat te zijner tijd tussen Parijs, Brussel, Keulen en Amsterdam zal gaan rijden (het zogenoemde "PBKA-materieel"). Hierbij kan de invloed van Nederland als relatief kleine afnemer van hogesnelheidsmaterieel licht worden overschat.

Een theoretische mogelijkheid, wel geopperd ter bestrijding van geluidhinder, is de toepassing van *anti-geluid*. Hierbij wordt het hinderlijke geluid uitgedoofd, door het te mengen met speciaal daarvoor opgewekt anti-geluid, dat voor alle frequenties even sterk is en op de plaats van waarneming in tegenfase aankomt. Voor stationaire bron-ontvanger situaties heeft men hiermee succesvolle proeven genomen, voor ontvangers op meerdere posities ten opzichte van een bewegende bron is het probleem veel ingewikkelder; omtrent onderzoek op dit gebied is nog niets bekend. Anti-geluid ter bestrijding van (rail)verkeerslawaai moet dan ook voorlopig als utopisch worden beschouwd.

3.6.2 Afscherming

Door het aanbrengen van geluidschermen of -wallen dicht langs de spoorlijn kan de geluiduitstraling aanzienlijk worden beperkt. Wel zijn, waar de HST met snelheden boven de 200 km/h rijdt dikwijls hoge schermen of wallen nodig om het gewenste effect te bereiken. In figuur 7 is voor verschillende hoogten van een geluidscherm of -wal de geluidbelasting grafisch uitgezet als functie van de afstand tot de baan.



Figuur 7: Geluidbelasting ten gevolge van de HSL, zonder en met scherm.

Voor uitgebreide informatie over regels en procedures betreffende de plaatsing van geluidschermen, zie de publikatie *Geluidbeperkende voorzieningen langs spoorbanen; NS, mei 1993*.

Binnen de technische randvoorwaarden die gelden voor de fase van vergelijking, beoordeling en keuze van tracévarianten zijn, om redenen van veiligheid en vanwege de grote nadelige gevolgen voor de landschappelijk-visuele inpassing, geen schermen hoger dan 4 m toegepast. In bijzondere situaties kunnen in de realisatiefase eventueel, na een goede analyse en afweging van kosten en baten, bijzondere oplossingen (hogere schermen, luifels, overkluisingen of overkappingen, bovengrondse tunnels e.d.) worden gekozen.

3.6.3 Woningisolatie

Wanneer door GS een hogere grenswaarde dan de voorkeursgrenswaarde (57 dB(A)) wordt toegestaan (tot ten hoogste 70 dB(A)), dan dienen de betreffende geluidgevoelige gebouwen (meestal woningen) te worden voorzien van gevelisolatie, zodanig dat het geluidniveau binnen aan de eisen van de Wet geluidhinder voldoet: in nieuwe situaties 37 dB(A) voor woningen en 30 dB(A) voor andere geluidgevoelige bestemmingen als scholen, ziekenhuizen en dergelijke.

3.7 Factoren die bij de hinderbeleving een rol spelen

De HSL verhoogt in de omgeving van het tracé het reeds aanwezige geluidniveau. Van dit bestaande geluidniveau hangt het af in welke mate extra geluid van de HSL ook als een verhoging van het geluidniveau wordt ervaren en aanleiding geeft tot extra geluidhinder.

Om de geluidbelasting akoestisch te karakteriseren staan onder meer de volgende elkaar aanvullende begrippen ter beschikking:

- *dB(A)*.
Decibel (A-gewogen), algemeen gebruikte eenheid voor geluidsterkte. 'A-gewogen' betekent, dat rekening wordt gehouden met het feit dat de gevoeligheid van het menselijke oor niet hetzelfde is voor de verschillende frequenties van het geluid.
- *LAeq*.
Dit is het 'equivalent geluidniveau', dat wil zeggen: het voor een bepaalde periode energetisch gemiddelde geluidniveau in dB(A). Het geeft het continue geluidniveau weer, dat met evenveel geluidenergie overeenkomt als het in werkelijkheid variërende niveau gedurende de beschouwde periode. Het is dus als het ware het 'gemiddelde' geluidniveau.
Uit onderzoeken naar de hinderbeleving door spoorweggeluid is gebleken dat de geluidbelasting uitgedrukt als equivalent geluidniveau (*LAeq*) de beste correlatie geeft met de ervaren geluidhinder. De voorkeursgrenswaarden voor de toelaatbare geluidniveaus in de leefomgeving zijn dan ook als equivalent niveau aangegeven.
- *L₉₅*.
Dit is de waarde van het geluidniveau (uitgedrukt in dB(A)) die, gemeten over een bepaalde periode, gedurende 95% van

de tijd wordt overschreden. Tijdens de betreffende periode is het optredende geluidniveau derhalve gedurende 95% van de tijd hoger dan het vastgestelde L_{95} -niveau. L_{95} is een indicatie van het achtergrondniveau.

Etmaalwaarde.

Dit is de hoogste van de volgende drie waarden:

- * A-gewogen equivalent geluidniveau over de *dagperiode* (van 7.00 uur tot 19.00 uur);
- * A-gewogen equivalent geluidniveau over de *avondperiode* (van 19.00 tot 23.00 uur) *vermeerderd met 5 dB(A)*;
- * A-gewogen equivalent geluidniveau over de *nachtperiode* (van 23.00 tot 07.00 uur) *vermeerderd met 10 dB(A)*.

3.8 Hinder van spoorweggeluid

3.8.1 LAeq en LAeq-passage

Een lagere treindienstfrequentie levert een groter verschil op tussen de geluidbelasting tijdens passage (LAeq-passage) en het over een periode van de dag gemiddelde (equivalent) geluidniveau (LAeq). Andersom: hoe frequenter de trein rijdt, des te meer zullen "piekniveau" en "gemiddeld" geluidniveau elkaar benaderen. Een equivalent geluidniveau dat uitgesproken piekniveaus bevat, zal eerder worden opgemerkt en daardoor wellicht meer hinder veroorzaken dan eenzelfde equivalent geluidniveau zonder pieken. Daar staat tegenover dat gedurende de tijd tussen de treinpassages, het geluidniveau aanzienlijk lager kan zijn dan het equivalent geluidniveau. Uit belevingsonderzoeken in Nederland naar geluidhinder van (spoor)wegverkeer is steeds weer het equivalent geluidniveau (LAeq) de meest betrouwbare maatstaf voor de hinderbeleving gebleken. De grenswaarden ("normen") zijn daarom op het equivalent geluidniveau afgestemd. (De grenswaarden zouden zeker hoger zijn gesteld indien zij waren afgestemd op de piekniveaus).

3.8.2 Geluidbelasting en hinderbeleving van hogesnelheidstreinen

Het geluidniveau *tijdens passage van één HST 'LAeq-passage'*, ook wel (ten onrechte) aangeduid als het 'piekniveau', is bekend, o.m. uit metingen aan de TGV-Atlantique, die in september 1992 met medewerking van de SNCF gezamenlijk zijn uitgevoerd door NS en TNO/TPD. Bij een passage op volle snelheid (300 km/h) bedraagt dit LAeq-passage, gemeten op een afstand van 25 m uit het hart van het spoor (de standaard meetafstand volgens voorschrift), gemiddeld 90,4 dB(A) en duurt, eveneens op 25 m afstand, circa 10 seconden²¹.

²¹ In figuur 1 is te zien dat tijdens passage van een enkel TGV-treinstel het geluidniveau op 25 m afstand van de spoorbaan binnen ruim 4 seconden met meer dan 10 dB(A) - dat betekent met een factor 10 - afneemt. Voor een dubbel treinstel duurt dat daarom ca. 10 seconden.

Met behulp van *Standaard Rekenmethode II (SRM II)* van het *Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï* als bedoeld in artikel 23 van het *Besluit geluidhinder spoorwegen (Bgs)* en rekening houdend met de te verwachten treindienstfrequenties, kan ook het (logaritmisch) *gemiddelde geluidniveau* (de z.g. "etmaalwaarde van het equivalent geluidniveau (LAeq-etmaal)") worden berekend. Ter indicatie: zonder nog rekening te houden met geluidschermen of -wallen bedraagt dit 70 dB(A) op circa 75 m afstand uit het hart van de baan en 57 dB(A) op circa 400 m afstand. Hierbij is uitgegaan van:

- een zodanige dienstregeling dat de *avondperiode maatgevend* is voor de etmaalwaarde van het equivalent geluidniveau, d.w.z.: $LA_{eq-etmaal} = LA_{eq-avond} + 5 \text{ dB(A)}$;
- een treindienstfrequentie gedurende de avondperiode (van 19.00 tot 23.00 uur) van *gemiddeld 6,75 hogesnelheidstreinstellen per uur in beide richtingen samen* (waarbij een treinstel steeds bestaat uit twee motorwagens met daartussen 8 rijtuigen) en *4 InterCity-treinen (IC's)* per uur eveneens in beide richtingen samen (waarbij een IC bestaat uit 1 loc met 6 rijtuigen);
- een *gereden snelheid van 300 km/h voor de HST en 200 km/h voor de IC*;
- een baan met *bovenkant spoor (BS) op 1.35 meter* boven maaiveldniveau;
- een *waanneemhoogte van 5 meter* boven maaiveldniveau (verdiepingshoogte).

Zoals reeds opgemerkt moeten eventueel maatregelen worden getroffen, zoals het plaatsen van geluidschermen of -wallen, wanneer zich woningen of andere - krachtens de Wet geluidhinder - geluidgevoelige bestemmingen binnen de contour van de voorkeursgrenswaarde (voor woningen: binnen de 57 dB(A)-contour) bevinden, tenzij Gedeputeerde Staten van de provincie een hogere waarde (tot ten hoogste 70 dB(A)) toestaan. Wanneer dit laatste het geval is zal gevelisolatie moeten worden toegepast.

Bij de berekeningen van de naar verwachting werkelijk te verwachten geluidbelastingen langs de verschillende tracés is dan ook rekening gehouden met de aanwezigheid van geluidbeperkende maatregelen, maar ook met de baanhoogte, met medegebruik door InterCity-treinen, en met de snelheid die ter plaatse wordt gereden (baanvaksnelheid).

In *specifieke situaties* is daarvoor, ter voorbereiding van het tracébesluit, middels een *akoestisch onderzoek*, een nauwkeurige bepaling van de werkelijk te verwachten geluidbelasting noodzakelijk. Zo'n onderzoek vraagt nadere gedetailleerde gegevens omtrent de plaatselijke omstandigheden, niet alleen de feitelijke baanvaksnelheid, hoogte en constructie van de baan, maar ook de afstand en de hoogte van de geluidgevoelige gebouwen, de hoogte van eventueel noodzakelijke geluidschermen of -wallen en de aanwezigheid van andere afschermende, absorberende of reflecterende objecten die zich tussen de baan en het punt van waarneming bevinden. Een dergelijk akoestisch onderzoek maakt deel uit van de wettelijke procedure die moet worden doorlopen voor het vaststellen en in het bestemmingsplan opnemen van geluidrelevante voorschriften voor gebieden langs de HSL. Dit onderzoek dient te worden uitgevoerd

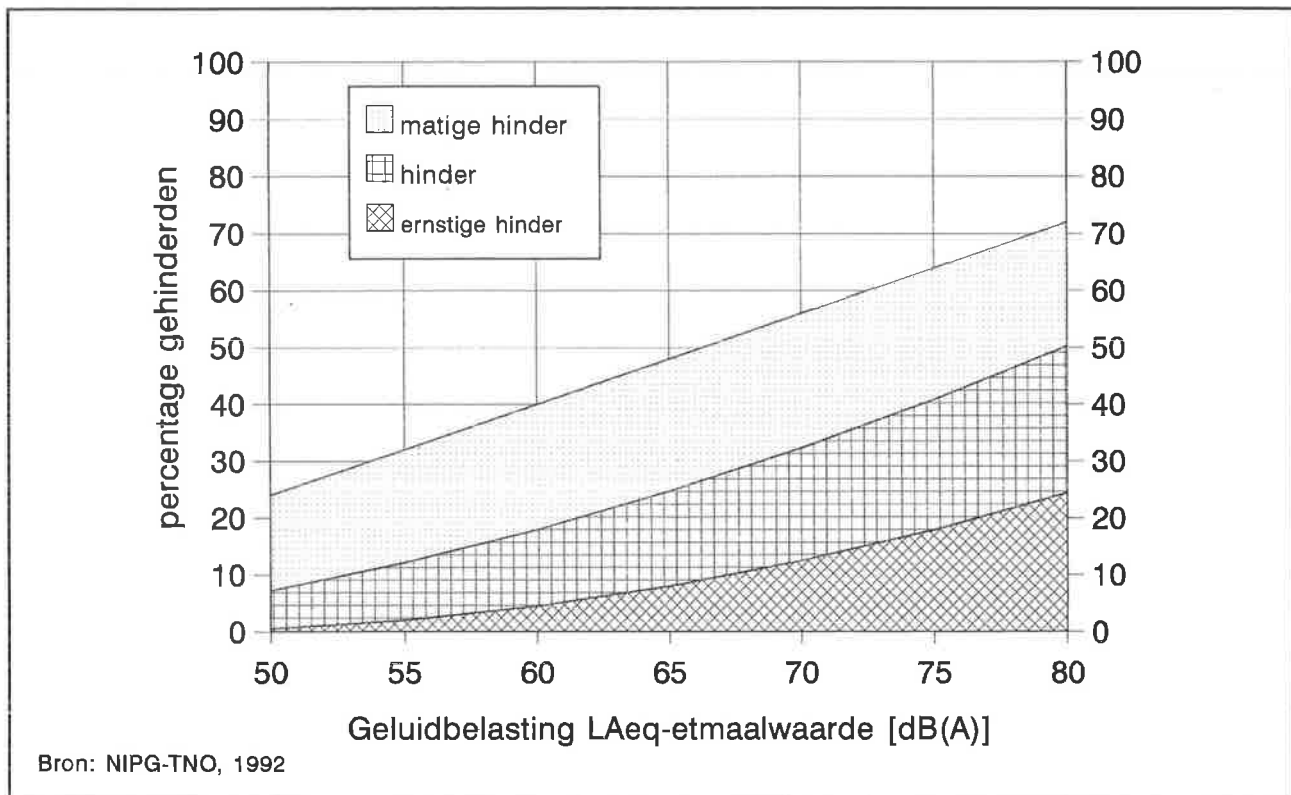
tijdens de voorbereiding van het ontwerp-tracébesluit en dus alvorens met de aanleg van de spoorbaan kan worden begonnen. Bij de tracéprocedure is inspraak door belanghebbenden mogelijk.

Het *karakter* van het geluid van een HSL (hoe het geluid klinkt) wijkt *bij vergelijkbare snelheden* niet wezenlijk af van dat van tot nu toe in Nederland gebruikelijke treinen. Bij hogere snelheden zijn er twee punten van verschil: het geluid zwelt sneller aan (en neemt ook weer sneller af) en er komt een nieuwe geluidbron bij: de wrijving met de lucht langs de verschillende onderdelen aan de buitenzijde van de trein (het zogenaamde 'aërodynamisch geluid'). Hoewel daarvoor geen aanwijzingen zijn, was het toch niet op voorhand geheel uit te sluiten dat het geluid van hogesnelheidstreinen bij hogere snelheden een sterkere hinderbeleving met zich mee zou brengen dan die door het geluid van 'gewone' treinen. Daarom is door het Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde van TNO (TNO/NIPG) in opdracht van NS en in samenwerking met de ministeries van Verkeer en Waterstaat (V&W) en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) een studie verricht naar wat bekend is omtrent een mogelijk verband tussen hinderbeleving en snelheid van treinen of andere vergelijkbare geluidbronnen met een snel aanzwellend geluid (NIPG-TNO, 'Geluideffecten Hogesnelheidstreinen', NIPG publicatienr. 93001, januari 1993). Dit onderzoek leidt tot de samenvattende conclusie dat "aan de hand van de beschikbare gegevens en eigen impressies de hypothese dat bij gelijk geluidniveau geluid van de HSL niet meer hinder zal veroorzaken dan het geluid van 'gewone' treinen, vooralsnog kan worden bevestigd". Deze conclusie berust ondermeer op de volgend constatering:

- de piekniveaus van hogesnelheidstreinen bij 300 km/h zullen niet of nauwelijks hoger zijn dan die van het huidige NS-materieel bij 160 km/h, per passage zijn nauwelijks meer verstoringen en niet meer hinder te verwachten;
- de korte passagetijden en als gevolg daarvan lange stille perioden zullen leiden tot minder hinder dan op conventionele lijnen met een gelijk equivalent geluidniveau;
- uit de beschrijving van het HSL-geluid door omwonenden in Frankrijk blijken spectrale kenmerken bij de waarneming wel een rol te spelen, in welke richting (gunstige of ongunstige) dit uitwerkt blijft echter onzeker;
- er is geen extra hinder te verwachten door een eventueel plotseling aanzwellen van het geluid, men hoort de trein tijdig aankomen.

3.8.3 Dosis-effectrelaties

In het rapport *Response functions for environmental noise in residential areas* (Miedema H.M.E., NIPG-TNO, 1992) worden dosis-effect-curven van verschillende geluidsoorten gepresenteerd. Deze curven zijn gebaseerd op een analyse van ongeveer 4.000 verschillende enquêtes. Daaruit is voor railverkeerslawaaï het verband tussen de geluidbelasting en de percentages "ernstig gehinderden", "gehinderden" en "matig gehinderden" af te leiden, zoals weergegeven in figuur 8.



Figuur 8: Hinder door railverkeerslawaai.

Op basis van de vorige paragraaf mag als uitgangspunt worden genomen dat bij gelijke geluidbelasting HSL-geluid even hinderlijk is als ander railverkeersgeluid.

Uit figuur 8 kan het totale percentage gehinderden worden afgeleid voor de geluidbelastingklassen 50 - 57 dB(A) en 57 - 70 dB(A), namelijk respectievelijk gemiddeld 30 en 46 procent. Deze percentages zijn bij de vergelijking van de tracé-varianten gehanteerd voor het bepalen van het aantal gehinderden tussen de geluidcontouren van 50 en 57 dB(A), dat is in het gebied waar de gevelbelasting beneden de voorkeursgrenswaarde blijft, en tussen de contouren van 57 en 70 dB(A), het gebied waarbinnen eventueel gevelisolatie nodig is om binnenshuis een aanvaardbaar geluidniveau te realiseren. Ook hier kan gesproken worden van een *worst case* benadering, omdat met gevelisolatie in elk geval de hinder binnenshuis wordt bestreden, waardoor de effectpercentages in werkelijkheid lager zullen zijn.

Er is van uitgegaan dat in het, overigens smalle, gebied langs een tracé waar de geluidbelasting meer dan 70 dB(A) bedraagt, zich geen gehinderden zullen bevinden, omdat de in deze strook aanwezige woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen aan die bestemming dienen te worden onttrokken (hetgeen meestal sloop in zal houden).

3.9 Cumulatie van geluidhinder

3.9.1 Cumulatie van geluidbelasting door geluidbronnen van verschillende aard

Er kunnen zich situaties voordoen, waarin de woonomgeving is blootgesteld aan de *gezamenlijke geluidbelasting door geluidbronnen van verschillende aard*, zoals buitenstedelijk en/of binnenstedelijk wegverkeerslawaai, industrielawaai, luchtvaartlawaai en railverkeerslawaai. Voor geluidbelasting door elk van die verschillende geluidbronnen kunnen verschillende perioden van het etmaal maatgevend zijn. Daarnaast kunnen de dosis-effect relaties verschillen voor de betreffende geluidsoorten, waardoor ook de grenswaarden ervoor niet gelijk zijn. Voor het bepalen van de *cumulatieve hinder* door geluidbelasting tengevolge van twee of meer geluidbronnen van verschillende aard, en het met het oog daarop vaststellen van geïntegreerde maatregelen, was daarom tot voor kort geen oplossing.

Door wijziging van de *Wet geluidhinder* (in werking getreden per 1 maart 1993, Stb. 1992, 348) is daarin verandering gekomen: de minister van VROM kan, ingevolge artikel 157, derde lid, bepalen dat op de resultaten van de berekening en meting van de onderscheidene geluidbelastingen van de gevels van woningen, een door hem aan te geven correctie kan worden toegepast, overeenkomstig de *Concept Regeling bepaling gecumuleerde geluidbelasting*. Op deze wijze kan de som van de geluidbelastingen van bij cumulatie betrokken geluidbronnen, door toepassing van de correctiefactoren, worden uitgedrukt in de *etmaalwaarde van de milieukwaliteitsmaat (MKM)*. De MKM biedt een grondslag voor een beoordeling van de totale akoestische situatie.

Om de methode voor de bepaling van de gecumuleerde geluidbelasting te kunnen toepassen, is het nodig de geluidbelastingen van de verschillende geluidbronnen te kennen voor elke periode van de dag en voor het te onderzoeken gebied.

Bij de nieuwe tracévarianten voor de HSL doen zich hoofdzakelijk twee typen situaties voor waarin cumulatie van geluidhinder door verschillende bronnen van belang kan zijn, te weten: bij *kruising van en bundeling met verkeerswegen*.

- *Kruising met verkeerswegen.*

In het geval van *kruising* is het geografisch gebied waarbinnen zich cumulatie van hinder kan voordoen gering; het cumulatieveffect zal daardoor in deze gevallen niet op de tracékeuze van invloed zijn, maar later, in het stadium van het akoestisch onderzoek voor de tracévaststelling, zal er wel rekening mee worden gehouden bij het bepalen van de noodzakelijke geluidwerende voorzieningen.

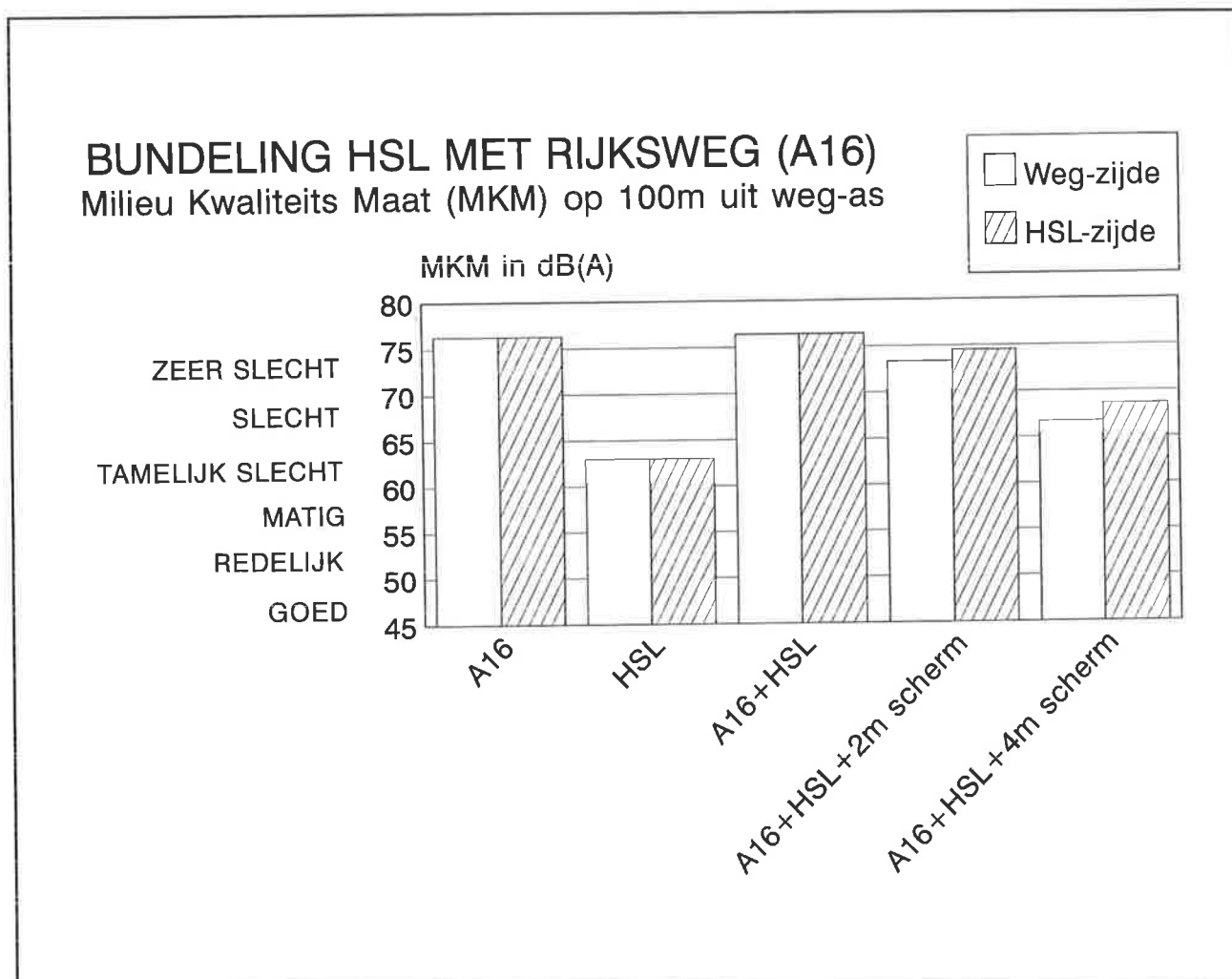
Door bij de tracévergelijking bij kruisingen geen rekening te houden met reeds door rail- en wegverkeersgeluid gehinderden, is sprake van een *worst case* benadering, omdat het aantal nieuw gehinderden wordt overschat.

- *Bundeling met verkeerswegen.*

Anders is het bij *bundeling* met wegverkeer, immers in dergelijke situaties kunnen de geluidzones van de weg en van het nieuwe tracé elkaar over een aanzienlijk gebied overlappen. En

juist omdat het aantal gehinderden in zo'n situatie minder sterk toeneemt dan in een geheel nieuwe situatie, waar nog nauwelijks of geen sprake van geluidbelasting was, is bundeling met verkeerswegen in akoestisch opzicht aantrekkelijk.

Figuur 9 illustreert (schematisch) de invloed van de HSL op de milieu-kwaliteitsmaat op een afstand van 100 m vanuit de as van Rijksweg A16, wanneer de HSL daarmee strak bundelt. Aangegeven is de situatie zonder en met HSL alsmede zonder en met geluidschermen van 2 en 4 m hoog aan beide zijden van de bundel A16 / HSL.



Figuur 9: Invloed van bundeling HSL met Rijksweg op de milieu-kwaliteitsmaat (MKM)

Het blijkt dat de HSL de bestaande milieukwaliteit t.g.v. de A16 nauwelijks verslechtert, wel is het effect van geluidschermen aan de HSL-zijde van de bundel A16 / HSL iets minder dan aan de weg-zijde, doordat in het eerste geval de afstand van het scherm tot de weg groter is. Om hetzelfde effect te bereiken zal een scherm aan de HSL zijde dan ook wat hoger moeten zijn dan aan de weg-zijde.

Om reeds nu enig inzicht te verschaffen in het overall effect van bundeling met verkeerswegen is het *met meer dan 50 dB(A) geluidbelast oppervlak* door rijkswegen in het jaar 2015 berekend met en zonder het met meer dan 50 dB(A) belast oppervlak door de nieuwe HSL tracévarianten. Voor de berekening is gebruik gemaakt van het rekenmodel van het ministerie van Verkeer en Waterstaat, waarmee de geluidcontouren van het rijkshoofdwegennet kunnen worden bepaald. De toename van het geluidbelast oppervlak in ha is één van de criteria bij de tracévergelijking, conform het beleid zoals dat omschreven is in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer.

Een en ander is weergegeven in de tabel van de figuren 10a en 10b op pagina 50 en 51 en in de deelrapporten 11 en 12.

In de na de PKB en tracékeuze volgende fase van voorbereiding van het ontwerp-tracébesluit en het akoestisch onderzoek ter vaststelling van de geluidcontouren en de te treffen geluidbeperkende maatregelen (hoogte van geluidschermen), dient de (thans nog concept-) Regeling bepaling gecumuleerde geluidbelasting te worden toegepast. Daarbij dienen gedeputeerde staten (GS) er zorg voor te dragen dat voldoende aandacht wordt geschonken aan de noodzakelijke onderlinge afstemming en samenhang van de onderscheidene te treffen maatregelen voor geluidwering van de gevel van woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen die aan geluidbelasting door meerdere bronnen zijn blootgesteld. Een verzoek aan GS voor een hogere grenswaarde kan slechts worden toegestaan indien dit naar hun mening niet leidt tot onaanvaardbare cumulatieve geluidbelasting.

Specifieke situaties die in die fase aandacht verdienen zijn cumulatie van het geluid van de HSL met dat van Rijkswegen (A4, A16, A17 en A29), het rangeerterrein Kijfhoek, het vliegveld Zestienhoven en industrieterrein bij Zwijndrecht.

3.9.2 Cumulatie van geluidbelasting door bundeling met bestaande spoorlijnen

Zowel in het geval van Rail-21 en Rail-21 Cargo, als in het geval dat de HST gebruik maakt van de bestaande spoorlijn, of wanneer de HSL strak daarmee bundelt, gaat het in de zin van het *Besluit geluidhinder spoorwegen (Bgs)* om een *wijziging van die bestaande spoorweg*.

In zulke gevallen mag de geluidbelasting van bestaande woningen in beginsel niet met meer dan 2 dB(A) toenemen ten opzichte van de "huidige" geluidbelasting (referentiejaar 1987), indien deze in 1987 reeds tussen de 60 en 65 dB(A) bedroeg.

De geluidbelasting mag bij wijziging van een bestaande spoorweg in het geheel niet toenemen als die reeds 65 dB(A) of meer bedraagt, of als de geluidbelasting na reconstructie meer dan 65 dB(A) zou bedragen.

Indien in het verleden in het kader van sanering een maximum toelaatbare geluidbelasting is vastgesteld, dient deze gehandhaafd te worden (*gekoppelde of vervroegde sanering*).

Kort gezegd: in bestaande situaties mag de geluidbelasting niet of niet significant toenemen (*"stand still" beginsel*). Dit dient eventueel door extra geluidbeperkende (afschermende) maatregelen te worden bewerkstelligd. In bepaalde - in het Bgs genoemde - situaties kunnen Gedeputeerde Staten een ten hoogste 5 dB(A) hogere waarde toestaan (tot ten hoogste 70 dB(A)), namelijk wanneer de maatregelen niet doeltreffend, of om stedenbouwkundige, vervoerskundige, landschappelijke of financiële redenen ongewenst zijn.

Voor de volgende situaties waar één of meer tracé-alternatieven bundelen met de bestaande spoorweg, is berekend hoeveel schermhoogte in de woonomgeving nodig zal zijn om toename van de geluidbelasting door de HSL te voorkomen, wanneer geen andere maatregelen zouden worden genomen, zoals een verdiepte aanleg. Eén en ander is berekend voor een afstand van 50 meter vanaf de spoorweg.

Situatie	1987	1987 Rail-21 Rail- 21C	1987 Rail-21 Rail-21C HSL
<i>Schiphollijn</i>			
geluidbelasting zonder schermen [dB(A)]	70,0	71,5	73,5
schermhoogte om niveau 1987 te handhaven [m]	0	1	3
<i>Hofpleinlijn</i>			
geluidbelasting zonder schermen [dB(A)]	59,0	60,0	65,0
schermhoogte om niveau 1987 te handhaven [m]	0	1	4
<i>B(B)LN-zuid</i>			
geluidbelasting zonder schermen [dB(A)]	69,0	75,0	75,5
schermhoogte om niveau 1987 te handhaven [m]	0	2	2,5

Uit bovenstaand overzicht blijkt, dat bij bundeling met de bestaande lijn zuid, waar reeds druk treinverkeer plaatsvindt, nog een aanzienlijke autonome groei wordt verwacht en waar bovendien de nachtperiode maatgevend is, de HSL - die voornamelijk overdag en 's-avonds rijdt - tot nauwelijks hogere schermen aanleiding geeft. Waar daarentegen relatief weinig treinverkeer op de bestaande lijn plaatsvindt en weinig autonome groei wordt verwacht, zoals op de Hofpleinlijn, kunnen voor de HSL aanzienlijk hogere schermen nodig zijn, wanneer in de woonomgeving boven maaiveld wordt gebundeld.

3.10 Het beleid van de overheid ter beperking van geluidhinder

In het voorgaande is op verschillende plaatsen aangesloten bij de toepassing van het beleid van de overheid op het gebied van het voorkomen of beperken van geluidhinder. In deze paragraaf worden de belangrijkste beleidsdocumenten op dit gebied in het kort besproken.

3.10.1 Geluidhinder in de woonomgeving

Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II)

Met het oog op een duurzame ontwikkeling stelt het SVV II grenzen aan de externe effecten van het verkeer en vervoer: tot het jaar 2010 zal het oppervlak blootgesteld aan een geluidbelasting van meer dan 50 dB(A) als gevolg van lawaai door interlokaal verkeer ten opzichte van het jaar 1986 niet mogen toenemen; het aantal woningen met een geluidbelasting aan de gevel van meer dan 55 dB(A) dient - eveneens t.o.v. het jaar 1986 - met de helft vermindert te worden.

Nationaal Milieubeleidsplan (NMP-plus)

Als hoofdlijn voor het beleid voor het jaar 2000 wordt voor het thema *verstoring* aangegeven dat het aantal geluidgehinderden niet mag toenemen ten opzichte van het jaar 1985. Deze doelstelling zal worden nagestreefd door voortzetting van het huidige beleid, met nadruk op brongerichte maatregelen en door het stimuleren van structurele maatregelen ter voorkoming van de toename van de verstoring. Een deel van de brongerichte normstellingen - zoals onder meer die voor voertuigen - vindt plaats in internationaal verband. Beleid dat volumes van verstorende bronnen - met name van voertuigen en vliegtuigen - kan beïnvloeden (bijvoorbeeld door beïnvloeding van de mobiliteit) wordt dan ook van groot belang geacht voor de terugdringing van de verstoring. Bij het voorgaande kan ook gedacht worden aan beïnvloeding van de *modal split*.

Wet geluidhinder (Wgh)

De Wgh omvat uitgebreide en gedetailleerde regelgeving ter voorkoming of beperking van geluidhinder. In het kader van deze wet zijn *grenswaarden* vastgesteld voor de toegestane geluidbelasting in de woonomgeving.

Speciaal voor spoorweggeluid is binnen het kader van de Wgh het *Besluit geluidhinder spoorwegen (Bgs)* van toepassing. Ingevolge dit besluit is het *Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai* opgesteld, waarmee de uitbreiding van het geluid moet worden berekend, alsmede de hoogte van geluidschermen of -wallen, die eventueel nodig zijn om de geluidbelasting beneden de in het Bgs genoemde grenswaarden te brengen.

Het Bgs geeft 57 dB(A) als *voorkeursgrenswaarde* voor de geluidbelasting van de gevels van woningen (tot het jaar 2000 nog 60 dB(A)). (Het verschil met de voorkeursgrenswaarde voor geluidbelasting door wegverkeer (50 dB(A)) berust op het feit dat geluid van

railverkeer als minder hinderlijk dan dat van wegverkeer wordt ervaren.)²²

Omdat in de Nieuwe HSL-nota het jaar 2015 als maatgevend is aangenomen voor de beschrijving van de mogelijk te verwachten milieu-effecten, zijn - ten behoeve van de tracévergelijking, vooruitlopend op de voor het jaar 2000 aangekondigde aanscherping - de grenswaarden voor na het jaar 2000 aangehouden en zijn - eveneens ten behoeve van de tracévergelijking - de eventueel noodzakelijke geluidbeperkende voorzieningen daarop gedimensioneerd. Voor woonbestemmingen is de voorkeursgrenswaarde vanaf het jaar 2000 57 dB(A).

Afhankelijk van een aantal factoren, kan de geluidbelasting ten gevolge van de HSL, de voorkeursgrenswaarde overschrijden binnen een strook van enkele honderden meters aan weerszijden van de baan.

Indien zich woonbestemmingen (aanwezige of geplande woningen) bevinden binnen het gebied, waarvoor berekend is dat de geluidbelasting meer dan de voorkeursgrenswaarde (57 dB(A)) kan bedragen, dan moeten er aan de spoorbaan zodanige *geluidbeperkende voorzieningen* worden aangebracht, dat de geluidbelasting van de gevels van de (geplande) woningen tot 57 dB(A) daalt.

Bij deze geluidbeperkende voorzieningen is in het algemeen te denken aan geluidschermen of -wallen (tot maximaal 4 m hoog, afhankelijk van de plaatselijke situatie), die op korte afstand naast de rails worden geplaatst.

In gevallen waarin het niet mogelijk is - met behulp van de beste beschikbare technieken en met inachtneming van de financieel-economische mogelijkheden - het geluidniveau buiten - aan de gevel van de woning(en) - door afscherming tot 57 dB(A) terug te brengen, kan er één van twee wegen worden gevolgd:

- in bijzondere situaties kan door de provincie voor de woonomgeving een *hogere waarde*, tot maximaal 70 dB(A) (tot het jaar 2000 nog 73 dB(A)) worden toegestaan. Daartoe dient een verzoek te worden gericht aan Gedeputeerde Staten van de provincie (GS). GS kunnen hierin slechts toestemmen indien geluidbeperkende maatregelen *onvoldoende doeltreffend* zijn, of indien het toepassen van geluidbeperkende maatregelen *bezwaarlijk is om stedenbouwkundige, vervoerskundige, landschappelijke of financiële redenen*. In zo'n geval moet door isolerende maatregelen aan de gevel van de betreffende woningen (dubbel glas e.d.) het geluidniveau binnen (met gesloten ramen, maar met geopende ventilatievoorziening) worden teruggebracht tot 37 dB(A). Voor andere geluidgevoelige objecten, zoals scholen, ziekenhuizen en dergelijke gelden lagere niveaus tot 30 dB(A), afhankelijk van het object. De

²² Tot nader order mag voor wegverkeerslawaai een correctie worden toegepast op de gemeten of berekende geluidbelasting, van 5 of 3 dB(A) voor wegen waarop de toegestane snelheid onder, resp. boven de 70 km/h ligt. Deze correctie is gebaseerd op de verwachting dat motorvoertuigen in de toekomst stiller zullen worden. Om dezelfde reden is voor railverkeerslawaai een aanscherping van de voorkeursgrenswaarde vastgesteld van 60 naar 57 dB(A) vanaf het jaar 2000.

voorstellen tot wijziging van bestemmingsplannen worden steeds ter visie gelegd, waarbij inspraak en beroep mogelijk zijn.

- als niet om een hogere grenswaarde wordt verzocht, als deze niet wordt toegestaan, of als het technisch of economisch niet mogelijk is door isolerende maatregelen het geluidniveau binnenshuis tot het bovengenoemde toegestane niveau terug te brengen, dient de woning *aan de woonbestemming te worden onttrokken*. Dat wil zeggen dat de woning moet worden aangekocht om een andere, niet geluidgevoelige bestemming te kunnen krijgen, of om te worden afgebroken.

Wanneer er sprake is van een *zich wijzigende bestaande situatie* ten aanzien van spoorweggeluid, dan dient er een (hernieuwd) akoestisch onderzoek plaats te vinden om de maatregelen vast te stellen die nodig zijn om te voorkomen dat de geluidbelasting toeneemt indien deze reeds 65 dB(A) of meer bedraagt, of dat de geluidbelasting met meer dan 2 dB(A) toeneemt wanneer deze reeds tussen de 60 en 65 dB(A) bedraagt. Daar waar er reeds sprake is van een *bestaande saneringssituatie* dient elke toename van de geluidbelasting te worden teruggebracht tot het oorspronkelijke saneringsniveau. Van een zich wijzigende situatie is sprake wanneer, hetzij door *reconstructie* van een spoorlijn waarbij spoorstaven over een afstand van meer dan 2 meter in horizontale of meer dan 1 meter in verticale richting worden verplaatst, hetzij doordat de *dienstregeling* zodanig wordt gewijzigd dat de frequentie met meer dan 45% of de snelheid met meer dan 20% wordt verhoogd of doordat ander materieel wordt ingezet, er sprake kan zijn van een toename van de geluidbelasting met 2 dB(A) of meer.

Na de definitieve tracékeuze, in de fase van de voorbereiding van het (ontwerp)tracébesluit, zal nader aandacht worden besteed aan de inpassing van het tracé met geluidschermen, met het oog op de aspecten landschap en leefbaarheid. Daarbij dient in overleg met Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland en Noord-Brabant de afweging te worden gemaakt tussen de wens om de geluidhinder zoveel mogelijk te beperken door het plaatsen van geluidschermen en de wens om de visuele hinder te beperken en de openheid van het landschap te sparen door het toestaan van hogere grenswaarden, gecombineerd met woningisolatie. Het betreft hier in het bijzonder de situaties waar lintbebouwing door de HSL boven maaiveldniveau wordt doorsneden. Daartoe zal, na de tracékeuze, binnen de geluidzone langs de HSL een door de Wet geluidhinder voorgeschreven 'akoestisch onderzoek' plaatsvinden. Daarbij zal de situaties meer in detail worden beschouwd, zullen de geluidcontouren nauwkeurig worden berekend en zullen de consequenties daarvan in de bestemmingsplannen worden vastgelegd. Met reeds aanwezige geluidbelasting ten gevolge van andere geluidbronnen als industrie en/of verkeerswegen (met name bij kruising daarvan en bundeling daarmee) wordt dan tevens rekening gehouden. De breedte van de geluidzones langs een eventueel nieuw tracé zal t.z.t. nog door de minister van VROM worden vastgesteld.

Wanneer zich in gevallen van bundeling van de HSL met (Rijks)wegen reeds saneringssituaties voordoen kunnen de betrokken verantwoordelijke en bevoegde instanties overeenstemming zoeken met betrekking tot in samenhang te nemen geluidbeperkende en geluid-

werende maatregelen. Daarbij kan de eerdergenoemde *Regeling bepaling gecumuleerde geluidbelasting* een aanknopingspunt vormen.

Indien in de toekomst het vervoersaanbod verder toeneemt, zal de lengte van de treinen en/of het aantal treinen naar behoefte worden verhoogd. Ook kan in dat geval aan de inzet van dubbeldeks-hogesnelheidstreinen worden gedacht zoals in Frankrijk reeds het geval is. Wanneer de intensiteit met 45% of meer toeneemt, is volgens het Bgs een nieuw akoestisch onderzoek noodzakelijk, waaruit (aanvullende) geluidbeperkende maatregelen kunnen voortvloeien.

3.10.2 Geluidhinder verblijfsrecreatie

In de *Concept-Circulaire houdende de richtwaarde ter bescherming van openluchtrecreatie tegen geluidhinder vanwege weg- en railverkeerslawaai* (concept van 16 april 1992) dient voor *geluidgevoelige* voorzieningen voor openluchtrecreatie de etmaalwaarde van het equivalent geluidniveau als gevolg van weg- en spoorweglawaai aan de *richtwaarde* van 50 dB(A) te worden getoetst.

Bij de toetsing van effecten van de HSL wordt beoordeeld in hoeverre de geluidbelasting van terreinen voor *verblijfsrecreatie* (bungalowparken, kampeerterreinen en jachthavens met overnachtingsfaciliteiten) aan de richtwaarde voldoen.

Voor *zeer geluidgevoelige* openluchtrecreatie wordt het instrument van stiltegebieden aanbevolen voor bescherming tegen geluidhinder door het equivalent geluidniveau te toetsen aan het *rustniveau* (achtergrondniveau) voor het betreffende stiltegebied.

3.10.3 Stiltegebieden en geluidarme zones

In het *provinciaal milieubeleidsplan* dat de provincie eens in de 4 jaar dienen vast te stellen krachtens de *Wet milieubeheer (Wm)*, kunnen gebieden worden aangewezen waar het milieu bijzondere bescherming behoeft, zogenoemde *milieubeschermingsgebieden*. Dit betreft in elk geval de gebieden die krachtens de *Natuurbeschermingswet* zijn aangewezen als beschermd natuurmonument of als staatsnatuurmonument en gebieden die zijn aangewezen ter uitvoering van de Overeenkomst inzake watergebieden van internationale betekenis (Conventie van Ramsar). De Wm opent de mogelijkheid door middel van een *Algemene maatregel van bestuur (Amvb)* grenswaarden danwel richtwaarden te stellen ten aanzien van onderdelen van het milieu, zoals het geluidniveau. Deze Amvb is op dit moment nog niet verschenen.

Krachtens artikel 122 van de *Wet geluidhinder (Wgh)* hebben de provincies zogenoemde *stiltegebieden* aangewezen. Middels provinciale verordeningen werden regels gesteld aan de geluidemissie (geluidproductie) en de geluidimmissie (geluidbelasting) in het stiltegebied. Met de wijziging van de Wgh, sinds 1 maart 1993 van kracht, is dit artikel van de Wgh vervallen. Krachtens artikel XIX van de Wm blijven de provinciale verordeningen voor stiltegebieden echter nog maximaal 2 jaar - dus tot 1 maart 1995 - geldig. Voor aanwijzing als *stiltegebied* kwamen in aanmerking de gebieden waar

het geluid van verkeer, industrie en ander 'cultuurlijke' (in tegenstelling tot 'natuurlijke') geluidbronnen hoogstens incidenteel uitkomt of mag uitkomen boven het *natuurlijke* achtergrondniveau, dat bestaat uit het geluid van de wind, het zingen van vogels, het kwaken van kikkers en dergelijke geluiden. Dit achtergrondniveau bedraagt in het algemeen 30 à 40 dB(A).

Het aanwijzen van stiltegebieden door de provincies is tot uiting gekomen in het vaststellen van provinciale *Intentieprogramma's en Verordeningen Stiltegebieden*, waarvan de functie in het kader van de Wm is overgegaan naar de provinciale milieubeleidsplannen en milieuverordeningen. De door de provincies aangewezen stiltegebieden zijn in de *streekplannen* vastgelegd en voor het merendeel ook in de gemeentelijke *bestemmingsplannen* opgenomen.

De provincie Noord-Brabant heeft naast stiltegebieden, ook geluidarme zones aangeduid, waarbinnen het stiltekarakter globaal behouden dient te blijven.

3.11 Methodiek effectbeschrijving

In deze paragraaf wordt achtereenvolgens behandeld de methodiek die gevolgd is bij de beschrijving van geluidhinder in de woonomgeving, van geluidhinder bij verblijfsrecreatie en van aantasting van stiltegebieden. Van deze geluidgevoelige bestemmingen zijn gegevens beschikbaar en deze bestemmingen komen algemeen voor. Andere geluidgevoelige bestemmingen, zoals ziekenhuizen, scholen en woonwagencentra komen minder algemeen voor; voor zover daarover gegevens beschikbaar zijn is met deze geluidgevoelige bestemmingen rekening gehouden bij het ontwerpen van de tracés.

3.11.1 Geluidhinder in de woonomgeving

Berekeningsmethode geluidbelasting

Voor het berekenen van de geluidbelasting in de omgeving van spoorwegen en van de effectiviteit van geluidschermen of -wallen, met betrekking tot geluid van treinen, wordt Standaard Rekenmethode II van het besluit Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaier van het Besluit Geluidhinder Spoorwegen toegepast. Voor het berekenen van de geluidbelasting door de HST als functie van de snelheid en voor afstanden tot enige honderden meters vanaf de spoorbaan zijn gegevens beschikbaar van metingen aan de TGV-Atlantique (TGV-A) in Frankrijk (*Cauberg-Huygen september 1990, TNO-NS-SNCF september/oktober 1992*).

Door gebruik te maken van de meetresultaten van 1992 voor de HST en van SRM II, wordt voor de overeenstemming van rekenresultaten met meetresultaten tenminste dezelfde nauwkeurigheid bereikt als voor conventioneel treinmaterieel het geval is. Ook de schermwerking blijkt op deze wijze goed berekend te kunnen worden, indien vergeleken met metingen aan schermen in Frankrijk (door Mauclaire, zie *Internoise '90, Proceedings*).

Onderdeel van de toegepaste rekenmethode is een *set emissieketallen voor een nieuwe materieelcategorie 'hogesnelheidstrein' in*

SRM II. Het ministerie van VROM is verzocht deze materieelcategorie met bijbehorende emissiekentallen in SRM II van het Reken- en meetvoorschrift Railverkeerslawaai van het Bgs te doen opnemen.

Uitgangspunten voor de berekening van de geluidbelasting

Voor de berekening van de geluidbelasting met SRM II is gebruik gemaakt van resultaten van geluidmetingen aan de *TGV-Atlantique*. Verwacht mag worden dat het feitelijk in Nederland in te zetten materieel, door technische verbeteringen stiller zal zijn, terwijl ook van toekomstige ontwikkelingen nog verdere verbeteringen op akoestisch gebied kunnen worden verwacht.

Eén hogesnelheidstrein bestaat in deze berekeningen steeds uit acht rijtuigen tussen twee motorwagens. (De HST'n die op het deel van het net tussen Parijs, Brussel, Keulen en Amsterdam zullen gaan rijden - het zgn. PBKA materieel - is namelijk korter dan het TGV-A materieel waaraan in Frankrijk is gemeten. Dat materieel bestaat per enkel treinstel uit 2 motorbakken en 10 tussenbakken. Met dit verschil is bij de berekening rekening gehouden).

Nieuwe tracévarianten

Voor het berekenen van de geluidbelasting langs de nieuwe tracévarianten is van belang het aantal HST'n en eventueel medegebruik door binnenlands InterCity-materieel, de beoogde dienstregelingen daarvan en de beoogde rij-snelheid voor de verschillende baanvakken. Daarnaast zijn de geometrie (hoogte- en vorm) van de baan en de eventueel geprojecteerde geluidschermen van invloed op de uitkomst van de berekeningen.

Uitgaande van de resultaten en conclusies van de Beleidsnota van de Nieuwe HSL-nota en van deelrapport 10 'Vervoersaspecten van de Tracévarianten', zullen naar verwachting in het jaar 2015 de volgende aantallen treinen rijden *in beide richtingen samen*:

**** Hogesnelheidstreinen***

- . over de dagperiode (7.00-19.00 uur) 84 HST-treinstellen, dat is gemiddeld 7 per uur²³;
- . over de avondperiode (19.00-23.00 uur) 27 treinstellen, dat is gemiddeld 6,75 per uur en
- . over de nachtperiode (23.00-7.00 uur) 6 treinstellen, dat is gemiddeld 0,75 per uur.

(zie deelrapport 10: Vervoersaspecten van de tracévarianten).

**** InterCity-treinen***

Naast hogesnelheidstreinen wordt gerekend met medegebruik van de binnenlandse dienst door getrokken

²³ Voor de geluidberekeningen is het gemiddeld totaal aantal treinstellen dat per uur passeert van belang. Soms zullen twee treinstellen zijn gekoppeld, b.v. een uit Den-Haag komend treinstel naar Parijs wordt te Rotterdam met het uit Amsterdam komend treinstel gekoppeld.

InterCity-materieel²⁴ voor de verbindingen Amsterdam-Rotterdam/Breda, Eindhoven-Den Haag, alsmede Nijmegen-Brussel. Op basis van de in deelrapport 10 voor het jaar 2015 verwachte treinaantallen, is voor de berekeningen van de bijdrage aan de geluidbelasting door het binnenlands medegebruik, in beide richtingen samen, bij wijze van *worst case benadering*, uitgegaan van de volgende verdeling over de dag-, avond- en nachtperiode, voor alle nieuwe tracé-varianten, met uitzondering van de tracés H en FH waarvoor geen medegebruik is voorzien²⁵:

- gedurende de dagperiode 7 treinen (elk 1 loc met gemiddeld 9 rijtuigen) per uur;
- gedurende de avondperiode 4 treinen (elk 1 loc met gemiddeld 6 rijtuigen) per uur;
- gedurende de nachtperiode 1,5 trein (elk 1 loc met gemiddeld 6 rijtuigen) per uur.

Voor de nieuwe tracévarianten is - in deze worst case benadering - *de avondperiode nog maatgevend voor de etmaalwaarde van het equivalent geluidniveau*, ondanks het feit dat het gemiddeld totaal aantal treinen per uur over de avondperiode zoveel minder is dan over de dagperiode. Dit betekent dat voor toetsing aan de grenswaarden, het berekende LAeq-avond met 5 dB(A) werd verhoogd.

Er is in dit geval uiteraard sprake van een "nieuwe situatie" in de zin van de Wet geluidhinder en zijn de grenswaarden en regels, alsmede de procedures voor nieuwe situaties van kracht.

Gebruik van of bundeling met bestaande spoorlijnen

In situaties waarbij de HST gebruik maakt van bestaande spoorlijnen, of waar de HSL strak daarmee bundelt, zijn voor het berekenen van de (extra) hoogte van geluidschermen - nodig om toename van de geluidbelasting te voorkomen - naast de te verwachten aantallen HST'n, ook de soorten en aantallen treinen die reeds gebruik maken van de betreffende spoorlijn, alsmede de dienstregeling daarvan, van belang. Voor de berekeningen is uitgegaan van het volgende scenario voor het referentie-jaar 2015:

- * hogesnelheidstreinen: als voor nieuwe tracévarianten;
- * overige reizigerstreinen: de prognoses van het door het ministerie van VROM uitgegeven "Akoestisch spoorboekje 2000" (versie 7.3), *vermeer-*

²⁴ Gerekend is met de emissiegetallen voor het huidige IC-materieel van NS. Aangenomen mag worden dat in het referentiejaar 2015 een nieuwe generatie binnenlandse IC-treinen medegebruik zal maken van de HSL. Dat nieuwe - nog te ontwikkelen - materieel zal waarschijnlijk stiller zijn dan de huidige getrokken IC-treinen.

²⁵ Het reizigersaanbod op de relatie Rotterdam-Roosendaal-Vlissingen is onvoldoende om een IC-verbinding te rechtvaardigen.

- derd met 10%. Aangenomen wordt dat in het jaar 2015 de intensiteit met 10% zal toenemen t.o.v. 2010.*
- * goederentreinen; de prognoses neergelegd in de notitie "*Cargo toekomstplan 2010*" van NS. Aangenomen wordt dat in het jaar 2015 dezelfde intensiteit zal optreden als in 2010.

Rekening houdend met het bovenstaande is voor de bestaande spoorlijnen tussen Amsterdam en Rotterdam in de "huidige situatie" (referentiejaar 1987) de nachtperiode, en in de "toekomstige situatie" (referentiejaar 2015) de avondperiode maatgevend voor de etmaalwaarde van het equivalent geluidniveau. Tussen Rotterdam en de Belgische grens is en blijft de nachtperiode maatgevend.

Om na te gaan aan welke schermhoogten moet worden gedacht om het *stand still beginsel* te honoreren, worden de volgende situaties met elkaar vergeleken:

- de geluidbelasting in de "huidige situatie", aan de hand van het akoestisch spoorboekje 1987;
- de geluidbelasting in de "situatie Rail-21 + 10% plus Rail-21 Cargo";
- de hoogte van schermen of wallen nodig om de laatstgenoemde geluidbelasting terug te brengen tot het niveau van 1987;
- de geluidbelasting in de "situatie Rail-21 + 10% plus Rail-21 Cargo plus HST", met deze schermen of wallen;
- de extra scherm- of walhoogte nodig om ook de toename ten gevolge van de HST teniet te doen.

Bepaling van de geluidgevoeligheid van de omgeving van de nieuwe tracévarianten

Om - ten behoeve van een tracékeuze - de geluidgevoeligheid van de omgeving van de verschillende tracévarianten te kunnen vergelijken en beoordelen, is in eerste instantie een berekening van de 57 dB(A) geluidcontour aan weerszijden van de tracés uitgevoerd, gebruik makend van SRM II en de emissie-getallen voor het TGV-materieel. Hierbij is rekening gehouden met de hoogteligging van de spoorbaan en met de treinfrequenties en rijsnelheid ter plaatse, echter nog niet met de geluidbeperkende werking van geluidschermen of -wallen.

De aldus berekende contouren, weergegeven op een recente topografische ondergrond (schaal 1 : 25.000), verschaffen inzicht waar geluidbeperkende voorzieningen noodzakelijk zijn in verband met aanwezige woningbouw, in vastgestelde bestemmingsplannen ge-projecteerde woningbouw en vastgestelde stiltegebieden.

Vervolgens is met het rekenmodel de plaats en hoogte van geluidschermen of -wallen berekend die nodig zijn om de geluidbelasting zoveel mogelijk tot de voorkeursgrenswaarde terug te brengen.

Vervolgens zijn, rekening houdend met de benodigde schermen, de

70, 57 en 50 dB(A)²⁶ contour op dezelfde topografische ondergrond geplot.

Wanneer de benodigde geluidschermen of -wallen daartoe aanleiding geven, wordt bij de landschappelijke inpassing van de voorgestelde tracévarianten rekening gehouden met de effecten van geluidbeperkende voorzieningen (zie *deelrapport 16: Landschap en de Hoge Snelheidslijn*).

In dit stadium van de onderlinge vergelijking van de tracévarianten ten behoeve van de tracékeuze, moet en kan met een zekere globaliteit worden volstaan.

In een later stadium, bij de uitwerking van het gekozen tracé, zal met gebruikmaking van SRM II een *akoestisch onderzoek* in het kader van de Wet geluidhinder (Wgh) uitgevoerd worden om de gewenste exacte hoogte van eventueel benodigde schermen, wallen of andere geluidbeperkende voorzieningen te bepalen, rekening houdend met alle *akoestische details van een specifieke omgeving* (reflecties, demping, enz.).

In dit stadium - de voorbereiding van de tracékeuze - is uitgegaan van de plaatsing van geluidschermen of -wallen:

- in (ver)stedelijk(t) gebied, waar woningen liggen binnen de 57 dB(A) LAeq-etmaal contour zonder schermen;
- in het buitengebied waar clusters van meer dan circa tien woningen liggen binnen de 57 dB(A)-etmaal contour zonder schermen;
- waar bebouwingslinten worden doorsneden;
- waar zonder schermen de 40 dB(A) dagwaardecontour binnen een stiltegebied of geluidarme zone zou komen te liggen.

In deze gevallen is naar behoefte gerekend met 2 of 4 meter hoge schermen (schermhoogte gemeten boven "bovenkant spoor"). Voor individuele woningen zal in de vervolgfase (ontwerp tracébesluit) worden bezien welke voorzieningen zullen worden getroffen. Om in stiltegebieden en geluidarme zones de openheid van het landschap zoveel mogelijk te ontzien is op die plaatsen de hoogte van geluidschermen tot 2 m beperkt.

De voor de bepaling van de geluidgevoeligheid van de omgeving van de tracés gevolgde werkwijze wordt hierna nog eens stapsgewijs samengevat:

Stap 1: Langs de in de Nieuwe HSL-nota vergeleken tracévarianten is voor het ter plaatse voorgestelde baanconcept (hoogteligging en dwarsprofiel) en de ter plaatse beoogde feitelijke rijnsnelheid²⁷, berekend op welke afstanden

²⁶ De betekenis van de contouren is als volgt:
70 dB(A), vanaf het jaar 2000 bovengrens voor de geluidbelasting van woningen, toe te staan door GS.
57 dB(A), vanaf het jaar 2000 voorkeursgrenswaarde voor de toelaatbare geluidbelasting van woningen.
50 dB(A), geluidbelasting (equivalent geluidniveau) waarbij nog nauwelijks of geen hinder wordt ervaren.

²⁷ Voor het baanconcept en de rij-snelheid ter plaatse dienden lengte-profiel en snelheids-wegdiagrammen als basis.

- zich de contour van 57 dB(A) ter weerszijden van de spoorbaan zou bevinden wanneer geen geluidbeperkende schermen zouden worden aangebracht²⁸. Deze contouren zijn ingetekend op een topografische ondergrond met een schaal 1 : 25.000 ter beoordeling waar zich woningen binnen de 57 dB(A) contour bevinden. Bij onduidelijkheid leverden luchtfoto's meer informatie.
- Stap 2:** Wanneer er zich binnen de aldus berekende contouren geluidgevoelige objecten bevinden die aan een hogere geluidbelasting zijn blootgesteld dan de voorkeursgrenswaarde voor de woonomgeving van 57 dB(A) etmaalwaarde of voor stiltegebieden en geluidarme zones van 40 dB(A) dagwaarde, dan werden de berekeningen herhaald met geluidschermen van 2 of 4 meter hoog en van een zodanige lengte dat daarmee de geluidbelasting tot de toegestane waarden kan worden teruggebracht. Vervolgens zijn, rekening houdend met deze schermen, de contouren van 70, 57 en 50 dB(A) berekend en geplot op een topografische ondergrond, schaal 1 : 25.000. Deze geluidcontouren zijn opgenomen in de themakaarten bij de RO- en milieu-effecten (deelrapporten 11 en 12).
- Stap 3:** Met de berekende contouren en een gegevensbestand van de woningdichtheid zijn de aantallen woningen tussen de contouren en daarmee het aantal gehinderden bepaald. Voor het woningbestand is gebruik gemaakt van het gegevensbestand de Rijks Planologische Dienst dat de gemiddelde woningdichtheid bevat met een raster van 500 x 500 meter. Voor het schatten van het aantal mogelijk door geluid gehinderden is uitgegaan van een gemiddelde woningbezetting in het jaar 2015 van 2,5 personen per woning (rekening houdend met een te verwachten woningverdunding tussen 1994 en 2015)²⁹. Bij wijze van *worst case* benadering is voor specifieke situaties in bebouwde gebieden *nog geen rekening gehouden met de afscherming door de eerstelijns bebouwing* voor de achterliggende bebouwing, waarvoor in de praktijk in veel gevallen een verlaging van de geluidbelasting met circa 5 dB(A) mag worden verwacht. Evenmin is rekening gehouden met de (de potentiële toename van) het aantal gehinderden ter plaatse van *kruisende infrastructuur*. In het akoestisch onderzoek zal hiermee te zijner tijd rekening worden gehouden.
- Stap 4:** De 50 dB(A)-contouren van de onderzochte HSL-tracés zijn tezamen met de in het jaar 2015 te verwachten 50 dB(A)-contouren van rijks-hoofdwegen op één kaart aangegeven, waarbij de toename van het met meer dan

²⁸ Voor de berekening werden de tracés in elementen van steeds 300 m opgedeeld.

²⁹ De voor het jaar 2010 verwachte gemiddelde woningbezetting loopt in de provincie Zuid-Holland uiteen van 2,1 in b.v. de gemeente Vlaardingen tot 3,0 in Zoeterwoude.

- 50 dB(A) belast oppervlak voor elk van de tracévarianten is berekend³⁰;
- Stap 5: Voor het gebruik van en bundeling met de bestaande spoorlijnen, ook waar nieuwe tracés daarop aansluiten, is aan de hand van een vergelijking met het "*akoestisch spoorboekje 2000*" van VROM en het "*Cargo toekomstplan 2010*" van NS, geverifieerd waar de toename van de geluidbelasting door de HST ten opzichte van die door het bestaande treinverkeer (Rail-21 + 10% plus Rail-21 Cargo) marginaal (< 2 dB(A)) is. Waar dat niet het geval bleek is indicatief berekend welke extra schermhoogte nodig is voor de HST ten opzichte van Rail-21 en Rail-21 Cargo. Voor zowel nieuwe tracédelen als voor de bestaande lijn, is naast het geluid van de HST, ook dat van eventueel medegebruik door InterCity-treinen beschouwd.
- Stap 6: Door gebruik te maken van geautomatiseerde gegevensverwerking (tracering, contourberekening en woningdichtheden) kunnen op het moment dat er meer uitgebreide gegevens beschikbaar komen snel de effecten van afscherming, cq. de benodigde schermhoogten worden berekend en kunnen effecten van veranderingen in het baanconcept, rijnsnelheden en beoogde treinfrequenties snel worden geëvalueerd.

Ten behoeve van de tracékeuze is voor elke onderzochte tracévariant het aantal gehinderde personen geschat volgens de hierboven uiteengezette methode. Deze kwantificering maakt vergelijking op tracéniveau goed mogelijk.

3.11.2 Geluidhinder verblijfsrecreatie

Voor het bepalen van het aantal bungalowparken, campings en jachthavens met overnachtingsmogelijkheden gelegen binnen de geluidcontour van 50 dB(A) *etmaalwaarde*, werd gebruik gemaakt van gegevens van de ANWB en van de provincies. Een dergelijke situering van terreinen voor verblijfsrecreatie blijkt langs de beschouwde tracés slechts enkele malen voor te komen.

3.11.3 Aantasting stiltegebieden en geluidarme zones

Voor de bepaling van de geluideffecten op stiltegebieden is uitgegaan van een referentieniveau van het achtergrondgeluid (rustniveau) aan de randen van deze gebieden van 40 dB(A), op basis van in de provinciale *Intentieprogramma's Stiltegebieden* en bijbehorende Uitwerkingsplannen, waarin de begrenzing van de stiltegebieden wordt gemotiveerd.

³⁰ Deze berekening is gemaakt met het oog op één van de milieudoelstellingen van het SVV II, namelijk dat het - ten gevolge van het interlokale verkeer - met meer dan 50 dB(A) belast oppervlak ten opzichte van 1986 niet mag toenemen. Bij deze doelstelling is geen rekening gehouden met het verschil in voorkeursgrenswaarden voor wegverkeerslawaaai (50 dB(A)) en railverkeerslawaaai (57 dB(A)).

Een situatie waarin de HST op zodanige afstand passeert dat dit rustniveau slechts weinig wordt overschreden en het gemiddeld niveau nauwelijks wordt verhoogd, zal door vrijwel niemand als hinderlijk worden ervaren. Het geluid voegt zich dan in de overige relatief onbelangrijke "cultuurlijke geluiden", zoals dat van een tractor, een incidentele auto, of een op grotere hoogte overvliegend vliegtuig.

Is de geluidbelasting zodanig dat het gemiddelde niveau (L_{Aeq}) daardoor duidelijk wordt beïnvloed, dan zal er voor relatief veel mensen sprake zijn van een (nadelige) verandering van de belevingswaarde van het stiltegebied: het geluid in het gebied wordt niet meer gedomineerd door "de natuur", maar "het verkeer" gaat er een belangrijke rol spelen. Op dat moment is er niet werkelijk meer sprake van een stiltegebied.

Nagegaan is welke gedeelten van stiltegebieden (en alleen door de provincie Noord-Brabant aangewezen geluidarme zones), uitgedrukt in ha, binnen de L_{Aeq} -dagwaarde contour van 40 dB(A) van de beschouwde tracés vallen. De hoogte van de bepaling van het geluidniveau bedraagt 1,5 m (waarneemhoogte). Hiervoor is gekozen omdat de geluidbelasting vooral van belang is voor de recreanten, die overdag aanwezig zijn en wier waarneemhoogte circa 1,5 m bedraagt. De effecten voor de fauna worden bij ecologie beschouwd. Deze aanpak is analoog aan die van rijksweg A4 (RW19) in het stiltegebied Midden-Delfland.

Wanneer daartoe met het oog op stiltegebieden en geluidarme zones aanleiding was, is gerekend met geluidschermen of -wallen langs het tracé van de HSL. In verband met de *openheid* waardoor het landschap van de stiltegebieden in het algemeen wordt gekenmerkt, is in deze gevallen de hoogte van geluidbeperkende schermen of wallen beperkt tot 2 meter boven bovenkant spoor.

Wanneer een stiltegebied op grotere afstand dan circa 500 meter van de HSL ligt, zal het aandeel van de hogere frequenties in het geluidsspectrum door bodem- en luchtdemping relatief sterk zijn afgenomen. Dit laatste is vooral van belang waar de HSL wordt bereden met snelheden dicht bij 300 km/h.

Stiltegebieden zijn geïnventariseerd aan de hand van de provinciale *Intentieprogramma's Stiltegebieden* en de *Streekplannen* van de betreffende provincies.

Om de onderzochte tracédelen te vergelijken op het punt van aantasting van stiltegebieden is de totale oppervlakte aan stiltegebied bepaald, dat binnen de 40 dB(A)-dagwaarde contour van de HSL valt. Deze contour ligt, bij een baan op circa 1,5 meter boven maaiveld en een waarneemhoogte van 1,5 meter, zonder geluidscherm op circa 1.500 meter en met 2 meter hoge schermen op 900 à 1000 meter afstand van het tracé.

4 TRILLINGHINDER

4.1 Inleiding

Voor de woonsituatie kan als uitgangspunt gelden dat trillingen zodra ze worden waargenomen ook als hinderlijk worden ervaren en daarom zo veel mogelijk dienen te worden vermeden.

In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens ingegaan op het ontstaan en de voortplanting van trillingen, op mogelijke schade en hinder van trillingen en op de mate waarin trillingen zijn te verwachten van treinverkeer, in het bijzonder van hogesnelheidstreinverkeer.

4.2 Ontstaan, overdracht en waarneming van trillingen

In beginsel kunnen door de HST op twee verschillende wijzen trillingen in de omgeving worden veroorzaakt:

- door *mechanische trillingen* via de rails, het ballastbed, een eventueel kunstwerk en via de bodem aan de omgeving medegedeelde bewegingen.

Trillingen van deze categorie geven bij bestaande spoorlijnen in Nederland, waarover zowel personentreinen als goederentreinen rijden, geregeld aanleiding tot hinder, maar leiden nergens tot schade.

Door de *Commissie voor Uitvoering van Research (CUR)* is onlangs een onderzoek gestart naar de mogelijkheden voor een prognosemodel voor het berekenen van trillingen in de omgeving van trillingbronnen zoals industriële installaties en verkeer. De resultaten van deze studie worden eerst na een aantal jaren verwacht.

- door *luchtwervelingen* via laagfrequente drukgolven aan de omgeving overgedragen trillingen.

4.3 Schade en hinder van trillingen

4.3.1 Grenswaarden

De Wet geluidhinder verstaat onder trillingen: niet voor het menselijk oor waarneembare lucht- en contacttrillingen. Geluid wordt in de Wgh gedefinieerd als: met het menselijk oor waarneembare trillingen. Door de waarneembaarheid met het oor als grens tussen geluid en trillingen aan te houden kunnen trillingen met frequenties < 20 hertz (trillingen per seconde, afgekort: Hz) uitsluitend als trillingen worden beschouwd, omdat ze niet hoorbaar zijn. Boven de 20 Hz is het afhankelijk van de waarneming of de trilling als trilling of als geluid dient te worden beoordeeld.

Trillingen zijn dus meestal niet hoorbare maar wel voelbare *laagfrequente* bewegingen van media (bodem, water en/of lucht) en objecten (zoals gebouwen). Hierbij moet gedacht worden aan frequenties tot ca. 100 Hz.

De Wet geluidhinder verstaat onder trillinghinder: *gevaar, schade of hinder* ten gevolge van trillingen. In Nederland gelden geen wettelijke voorschriften ter voorkoming of beperking van trillinghinder.

Veelal wordt voor het beoordelen en beperken van de kans op trillinghinder in gebouwen de Duitse norm *DIN-4150 (Erschütterungen im Bauwesen)* gehanteerd. In deze DIN-norm worden grenswaarden voor trillingniveaus onder verschillende omstandigheden gegeven. Vergelijkbare grenswaarden worden gegeven in andere normen zoals de eveneens *Duitse VDI-2057*, de Britse *BSI-6472* en de internationale *ISO-2631*.

Begin 1993 werden door de Stichting Bouwresearch (SBR) te Rotterdam *Beoordelingsrichtlijnen met betrekking tot schade aan bouwwerken door trillingen* uitgegeven, waarin meet- en beoordelingsvoorschriften alsmede streefwaarden voor het voorkomen of beperken van schade en hinder door trillingen worden gegeven. Deze streefwaarden hebben geen wettelijke status. Zij beogen een inspanningsverplichting op te leggen om te trachten aan de streefwaarden te voldoen. De SBR-richtlijnen sluiten overigens nauw aan bij de reeds geruime tijd gehanteerde eerdergenoemde DIN-norm.

De trillingsterkte wordt meestal aangegeven als de *snelheid* van de (overigens op zichzelf zeer geringe) verplaatsingen en wordt dan uitgedrukt in mm/s.

Uit trillingsmetingen uitgevoerd door het Centrum voor Technisch Onderzoek (CTO) van NS naar aanleiding van klachten verspreid over Nederland betreffende *vermeende schade* door trillingen ten gevolge van treinverkeer blijkt dat de ondergrens van 5 mm/s voor normale woonhuizen nooit wordt bereikt en op afstanden > 10 m zelfs de streefwaarde van 0,3 mm/s voor zeer gevoelige huizen bij lange na niet wordt bereikt.

Een aspect dat bij een beschouwing over trillinghinder niet in rekening kan worden gebracht is de onvoorspelbare overdracht van trillingen in gebouwen, onder meer in de woning. Met name door het optreden van toevallige resonanties kunnen aanzienlijke versterkingen optreden.

In de SBR-richtlijn wordt opgemerkt dat bij herhaald voorkomende trillingen als gevolg van treinverkeer blijkt dat er in de praktijk sprake kan zijn van een zekere mate van "geaccepteerde" hinder, hierdoor kunnen wellicht - met name voor bestaande situaties maar mogelijk ook voor nieuwe situaties - hogere waarden toelaatbaar zijn dan de in de richtlijn genoemde streefwaarden. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen of, en in welke mate dit het geval is.

4.3.2 Trillingen door hogesnelheidstreinverkeer

Er zijn verschillende redenen om aan te nemen dat ten gevolge van de HSL minder trillingen zullen optreden dan bij klassieke spoorlijnen. Voor het rijden met hoge snelheid worden immers veel hogere eisen gesteld aan de uitlijning van de baan (rails en bovenleiding) en aan het onderhoud van het materieel (zoals loop- en remvlakken van de wielen en remschijven) en zijn de aslasten en onafgeveerde massa's geringer, zeker in vergelijking met goederentreinen. Bovendien zullen bij hogere snelheden de frequenties waarmee de baan door de trein wordt aangestoten hoger zijn, waardoor een sterkere demping van de opgewekte trillingen in de bodem mag worden verwacht.

Omdat over het ontstaan en de voortplanting van trillingen door de bodem momenteel nog weinig bekend is, kan trillinghinder in de directe omgeving van de HSL niet met zekerheid worden voorspeld, noch op voorhand geheel worden uitgesloten. Om deze reden zijn door TNO-Bouw - in opdracht van het Centrum voor Technisch Onderzoek (CTO) van NS - in Frankrijk trillingsmetingen uitgevoerd in de directe omgeving van de TGV. Met het oog op de verschillen in bodemmechanische eigenschappen is door TNO een poging gedaan de meetresultaten te 'vertalen' naar de Nederlandse situatie (TNO-bouw, "Trillingen als gevolg van de hogesnelheidslijn", rapport nr. B-92-1095, november 1992. Enkele van de belangrijkste conclusies luiden:

- de passage van een hogesnelheidstrein zal in Nederland geen schade veroorzaken aan gebouwen gelegen op afstanden van meer dan circa 30 meter, ook dichterbij het spoor is er waarschijnlijk geen schade aan gebouwen. (Op plaatsen waar met 300 km/h gereden wordt zullen op zo'n korte afstand praktisch geen gebouwen voorkomen).
- met name de horizontale trillingen in het frequentiegebied van 10 à 20 Hz zullen tot afstanden van 50 à 60 m nog juist voelbaar zijn.
Waar de HST met lagere snelheden over een bestaand spoor rijdt zal hij zeker niet méér trillingen veroorzaken dan klassieke goederen- en personentreinen.

Door de Commissie Uitvoering Research (CUR) wordt een studie uitgevoerd naar de mogelijkheid van een prognosemodel voor het voorspellen van trillingen in de omgeving van trillingsbronnen. De resultaten van dit onderzoek zullen naar verwachting in 1994 beschikbaar komen. Of dit model bruikbaar zal zijn voor het vooraf inschatten van trillinghinder door treinverkeer en in het bijzonder door hogesnelheidstreinen, is thans nog niet te voorzien.

Over trillingen ten gevolge van luchtverplaatsing door de met hoge snelheid passerende HST zijn geen gegevens voorhanden. De omgeving van de HST is er door stroomlijning op gericht zo weinig mogelijk luchtwervelingen op te wekken om energieverlies zoveel mogelijk te voorkomen. Aangenomen mag daarom worden dat reeds op enige tientallen meters vanaf de baan geen trillinghinder door luchtwervelingen meer te verwachten is, zeker niet waar door toegepaste geluidschermen of -wallen ook luchtwervelingen zullen worden opgevangen.

4.4 Methodiek effectbepaling

Ondanks onderzoek naar de overdracht van trillingen ten gevolge van spoorwegverkeer, bestaat nog geen bruikbaar model voor het tevoren berekenen van het trillingsniveau in relatie tot de afstand tot een spoorweg. Het klachtenpatroon, zoals zich dat thans bij NS voordoet, beperkt zich tot een afstand van circa 50 meter vanuit de spoorbaan. Naar verwachting zal de HSL minder trillingen veroorzaken dan het huidige gemiddelde exploitatiepatroon van bestaande spoorlijnen, door een noodzakelijk grotere perfectie van de uitlijning, geringere onafgeveerde massa en hogere frequenties bij hogere snelheid.

Om evenwel toch een indruk te kunnen geven van de *verschillen in potentiële trillinghinder* voor de tracévarianten is, naar aanleiding van de resultaten van genoemd TNO-onderzoek, het aantal woningen dat op een afstand van 60 m of minder vanaf de baan is gelegen zo nauwkeurig mogelijk geschat. Dit is gebeurd door aan weerszijden van het tracé een lijn op 60 m afstand te snijden met het VROM/RPD woningbestand.

Voor het schatten van het aantal mogelijk door trillingen gehinderden is - evenals voor geluidhinder - uitgegaan van een gemiddelde woningbezetting in het jaar 2015 van 2,5 personen per woning, ook weer rekening houdend met te verwachte woningverdunning tussen 1993 en 2015.

Als figuur 10a en 10b zijn opgenomen de tabellen "Absolute scores geluid en trillingen", voor de tracés ten noorden en ten zuiden van Rotterdam. Deze scores en effecten zijn ook opgenomen in de deelrapporten 11 en 12 "Milieu en ruimtelijke-ordering effecten ten noorden en ten zuiden van Rotterdam".

In deelrapport 9 "Beoordelingskader en vergelijking van alternatieven", wordt de vergelijking gemaakt tussen de verschillende tracévarianten. In de beide Tracénota's, zijn de finale vergelijkingen tussen tracévarianten opgenomen.

Figuur 10a: Absolute scores geluid en trillingen ten noorden van Rotterdam

		Tracé – varianten ten noorden van Rotterdam							
		BLN	BBLN	A	A1	A1v	B	B3	MN8
geluidhinder woonomgeving									
aantal woningen	> 70 dB(A)	0	0	14	15	18	4	7	4
	70–57 dB(A)	0	0	213	294	342	529	208	107
	57–50 dB(A)	0	0	3006	3147	3926	2315	2505	1147
aantal te amoveren woningen		0	0	14	15	18	4	7	4
gemiddeld aantal personen per woning		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
geluidgehinderden									
ernstig gehinderden		0	0	193	216	265	222	167	79
gehinderden		0	0	762	826	1020	732	647	301
matig gehinderden		0	0	1545	1657	2053	1391	1304	604
totaal aantal geluidgehinderden		0	0	2499	2698	3338	2345	2118	983
geluidhinder verblijfsrecreatie									
aantal voorzieningen >50 dB(A)		0	0	0	0	0	1	1	0
aantasting stiltegebieden									
opp. > 40 dB(A) (ha)		0	0	614	425	425	18	64	0
toename geluidbelast oppervlak *)									
opp. > 50 dB(A) (ha)		0	0	4129	3828	3200	3030	2994	2048
trillinghinder									
aantal woningen <60 m vanaf de baan		0	0	341	361	377	616	870	341
aantal mogelijk trillinggehinderden		0	0	853	903	943	1540	2175	853

*) toename t.o.v. door het rijkshoofdwegennet met meer dan 50 dB(A) belast gebied

Figuur 10b: Absolute scores geluid en trillingen ten zuiden van Rotterdam

		Tracé-varianten ten zuiden van Rotterdam												
		BLZ	BBLZ	Fn- Fzw	Fn- Fzo	F1- Fzw	F1- Fzo	Fn- FH	Fn- FH-GH	F1- FH	F1- FH-GH	H	H- GH	MZ8
geluidhinder woonomgeving														
aantal woningen	> 70 dB(A)	16	16	22	14	9	1	22	23	9	10	20	21	3
	70-57 dB(A)	218	218	330	257	340	267	364	475	374	485	343	454	164
	57-50 dB(A)	1862	1862	2303	1940	2170	1807	4420	4612	4287	4479	2314	2506	2175
aantal te amoveren woningen		16	16	22	14	9	1	22	23	9	10	20	21	3
gemiddeld aantal personen per woning		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
geluidgehinderden														
ernstig gehinderden		137	137	181	148	177	144	294	326	289	321	184	216	142
gehinderden		506	506	650	539	624	513	1140	1228	1114	1202	658	745	555
matig gehinderden		1004	1004	1275	1063	1218	1005	2300	2452	2242	2394	1288	1440	1123
totaal aantal geluidgehinderden		1647	1647	2107	1751	2019	1662	3734	4005	3645	3917	2130	2402	1820
geluidhinder verblijfsrecreatie														
aantal voorzieningen >50 dB(A)		0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0
aantasting stiltegebieden														
opp. > 40 dB(A) (ha)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
toename geluidbelast oppervlak *)														
opp. > 50 dB(A) (ha)		3211	3211	2490	2476	2657	2643	4428	5564	4595	5731	3345	4418	1531
trillinghinder														
aantal woningen <60 m vanaf de baan		45	45	67	104	56	93	39	37	28	26	41	39	30
aantal mogelijk trillinggehinderden		113	113	168	260	140	233	98	93	70	65	103	98	75

*) toename t.o.v. door het rijkshoofdwegennet met meer dan 50 dB(A) belast gebied

5 GEVOELIGHEIDSANALYSE

5.1 Geluidarmer materieel

De verdere ontwikkeling van het hogesnelheidsmaterieel in de komende jaren lijkt mogelijkheden te bieden voor verdere reductie van de geluidproductie. De mate waarin het hogesnelheidsmaterieel stiller zal worden is niet met zekerheid aan te geven, maar een reductie van 3 dB(A) mag technisch haalbaar worden geacht, op grond van het inzicht dat metingen hebben verschaft in de bijdrage van verschillende geluidbronnen aan de totale geluidproductie. Tussen de betrokken Europese spoorwegmaatschappijen en fabrikanten van hogesnelheidstreinen vindt overleg plaats omtrent de mogelijkheden voor beperking van de geluidemissie bij nieuwe typen hogesnelheidsmaterieel.

De verwachte geluidvermindering kan, bij gelijkblijvende treinfrequentie, in zijn geheel ten goede komen aan de reductie van de milieu-effecten en daarmee aan de vermindering van het aantal gehinderden. Dit zou betekenen dat de 57 dB(A)-contour circa 150 m (onafgeschermd) opschuift in de richting van de HSL. De mogelijke reductie kan deels teniet worden gedaan door toename van de treinfrequentie, wanneer daar in de toekomst behoefte aan bestaat. De 3 dB(A) komt overeen met een verdubbeling van de geluidproductie en daarmee met een verdubbeling van de treinfrequentie.

5.2 Maximum aantal reizigers

Bij de geluidberekeningen voor het HSL-project is uitgegaan van (in beide richtingen samen) 6,75 hogesnelheidstreinstellen (en 4 Inter-City-treinen) gemiddeld per uur gedurende de (maatgevende) avondperiode, in het jaar 2015.

Dit aantal is gebaseerd op de in het Beleidsvoornemen voor dat jaar genoemde verwachting van het aantal reizigers van 8,8 mln. In het maximum internationaal treindienstmodel dat eveneens in het Beleidsvoornemen is opgenomen, wordt uitgegaan van een maximum aantal reizigers van circa 11 mln in 2015. De vraag is welke gevolgen dat laatstgenoemde aantal zou hebben voor de te verwachten geluidbelasting.

Het aantal hogesnelheidstreinstellen in de avondperiode zal in dat geval toenemen van gemiddeld 6,75 naar 8,75 per uur in beide richtingen samen. Er komen in de avondperiode dus 2 hogesnelheidstreinstellen per uur bij, wanneer de maximale prognose aangehouden wordt.

Behalve de 6,75 hogesnelheidstreinstellen is in de avondperiode ook voorzien in medegebruik door 4 "shuttles" (of IC's) per uur in beide richtingen samen.

Wanneer als input voor de geluidberekening niet 6,75 hogesnelheidstreinen en 4 shuttles genomen wordt, maar 8,75 hogesnelheidstreinen en 4 shuttles, dan blijkt een toename van de geluidbelasting op te treden van 0,9 dB(A). Afhankelijk van de afstand en

eventuele aanwezigheid van schermen komt de 57 dB(A)-contour 10 tot maximaal 50 m verder van het spoor te liggen (uitgaande van een baanhoogte van 1,35 m boven maaiveld en een snelheid van 300 km/h). Mocht een dergelijke ontwikkeling zich voordoen, dan zal de 57 dB(A)-contour op dezelfde plaats gehouden worden. Daartoe zullen eventueel aanwezige geluidschermen met maximaal 0,50 m verhoogd moeten worden.

Uit de in paragraaf 3.11.1 aangegeven verdeling van de treinen over de verschillende perioden van de dag, volgt dat de avondperiode maatgevend is voor de etmaalwaarde van de geluidbelasting. Ook wanneer gedurende de nachtperiode enkele treinen meer (tot circa 14 treinen over de gehele nachtperiode, of gemiddeld 1,75 per uur) zouden rijden dan thans verwacht, blijft de avondperiode maatgevend.

5.3 Het materieel voor de shuttles

Voor de "shuttles" is als *worst case* gerekend met de emissiekentallen van het huidige getrokken InterCity-materieel van NS. Het materieel dat tegen het jaar 2015 daadwerkelijk voor de shuttles zal worden ingezet zal mogelijk moderner en wellicht hogesnelheidsmaterieel zijn, om ook de binnenlandse reiziger zoveel mogelijk tijdswinst te bieden en daarmee meer reizigers aan te trekken. Zelfs als dat hogesnelheidsmaterieel niet stiller zou zijn dan de huidige TGV-Atlantique, zou het bij 300 km/h zeker minder geluid produceren dan het huidige getrokken IC-materieel bij 200 km/h, waarmee de geluidcontouren zijn berekend. Dit geldt voor de situaties waarvoor contouren zonder geluidbeperkende voorzieningen zijn berekend. Waar deze wel dienen te worden toegepast, zal mogelijk een (beperkte) correctie van de hoogte van het geluidscherm moeten plaatsvinden, afhankelijk van de mate waarin het tegen die tijd nieuw ontwikkelde materieel stiller zal zijn.

6 SAMENVATTING

Inleiding

Dit deelrapport gaat over de effecten van geluid en trilling door hogesnelheidstreinen en hoe die zoveel mogelijk voorkomen kunnen worden. Ingegaan wordt op de vraag of de thans gebruikelijke methode³¹ voor het berekenen van de geluidbelasting van de omgeving ook toepasbaar is voor dit type treinen en of de hinder vergelijkbaar is met die van "gewone" treinen. Daarnaast wordt de kans op trillinghinder besproken.

Dit deelrapport bevat alleen de achtergrondinformatie omtrent de wijze waarop de effecten van de alternatieve tracés zijn bepaald, de effecten zelf zijn beschreven in de deelrapporten 11 en 12. De effectbeschrijving is gericht op de volgende beoordelingscriteria:

- *geluidhinder in de woonomgeving*
- *aantasting van stiltegebieden en geluidarme zones*
- *geluidhinder voor (verblijfs)recreatie*
- *toename geluidbelast oppervlak*
- *trillinghinder*

Het beleid van de rijksoverheid ter beperking van geluidhinder

Als hoofdlijn voor het beleid tot het jaar 2000 wordt in het *Nationaal Milieubeleidsplan Plus* voor het thema *verstoring* aangegeven dat het aantal geluidgehinderden niet mag toenemen ten opzichte van het jaar 1985. Daarbij wordt ondermeer gedacht aan brongeerichte maatregelen die voor een deel - zoals die voor voertuigen - plaats vindt in internationaal verband. Beleid dat volumes van verstorende bronnen - met name van voertuigen en vliegtuigen - kan beïnvloeden (bijvoorbeeld door beïnvloeding van de mobiliteit) wordt dan ook van groot belang geacht. Bij het voorgaande kan ook gedacht worden aan beïnvloeding van de *modal split*.

Met het oog op een duurzame ontwikkeling stelt het *Structuurschema Verkeer en Vervoer II* dat tot het jaar 2010 het oppervlak blootgesteld aan een geluidbelasting van meer dan 50 dB(A) als gevolg van lawaai door interlokaal verkeer ten opzichte van het jaar 1986 niet mag toenemen en dat het aantal woningen met een geluidbelasting aan de gevel van meer dan 55 dB(A) met de helft verminderd dient te worden.

Spoorweggeluid

De belangrijkste oorzaken van spoorweggeluid zijn:

- *Rolgeluid*; trilling van wiel en spoorstaaf
- *Motorgeluid*; van aandrijf- en hulpmotoren
- *Booggeluid*; bij het passeren van een krappe bocht
- *Remgeluid*; veroorzaakt door blok- en schijfremmen
- *Aërodynamisch geluid*; door wrijving met de lucht.

Tot snelheden van circa 300 km/h domineert het rolgeluid.

Bij ongestoorde ruimtelijke uitbreiding neemt de geluidbelasting van de omgeving rechtevenredig af met de afstand tot de spoorlijn. Een verdubbeling van de afstand, respectievelijk een halvering van de geluidbelasting betekent een afname met 3 decibel (dB). Door

³¹ Standaard rekenmethoden I en II van het Meet- en rekenvoorschrift Railverkeerslawaai van het Besluit geluidhinder spoorwegen.

demping en absorptie neemt de geluidsterkte in de praktijk echter af met ca. 5 dB per afstandsverdubbeling.

Hinder van spoorweggeluid

Uit belevingsonderzoeken in Nederland naar geluidhinder van (spoor)wegverkeer is keer op keer gebleken dat het equivalent (gemiddeld) geluidniveau de meest betrouwbare maatstaf is voor de hinderbeleving. De grenswaarden van de Wet geluidhinder zijn daar ook op afgestemd.

Door TNO wordt een dosis-effect-curve voor spoorweggeluid gepresenteerd. Deze is bij de vergelijking van de tracé-varianten gehanteerd voor het bepalen van het aantal gehinderden in het gebied waar de gevelbelasting meer dan 50 dB(A) bedraagt.

Om de vraag te beantwoorden of het geluid van hogesnelheidstreinen een andere hinderbeleving met zich mee brengt dan het geluid van 'gewone' treinen, is door het Nederlands Instituut voor Preventieve Geneeskunde van TNO een studie verricht naar een mogelijk verband tussen hinderbeleving en snelheid van treinen of andere geluidbronnen met een snel aanzwellend geluid. De conclusie daarvan luidt, dat bij gelijke geluidbelasting, het geluid van de HST niet méér hinder zal veroorzaken dan het geluid van "gewone" treinen.

Het geluid van HST en HSL

Eind 1992 zijn gezamenlijk door TNO, de SNCF en de NS, uitgebreide geluidmetingen verricht aan de TGV-Atlantique in Frankrijk³².

De metingen betroffen zowel het totale geluid tijdens passage als de hoogte van de geluidbronnen en de frequentieverdeling.

De metingen wezen uit dat een hogesnelheidstrein die met ca. 300 km/h passeert niet meer lawaai maakt dan een NS InterCity-trein bij 130 km/h. Bij vergelijkbare snelheden is de TGV-Atlantique zelfs beduidend stiller dan het huidige NS InterCity-materieel.

Tevens bleek dat de totale geluidemissie van een HST afkomstig is van een aantal geluidbronnen van verschillende sterkte, die zich tussen 0,5 en 5 meter boven de bovenkant van de rails bevinden. Zonder afscherming bedraagt de geluidbelasting tijdens passage met 300 km/h voor korte duur op 25 m afstand 90 dB(A) en op 250 m ca. 70 dB(A).

De equivalent geluidbelasting bedraagt, nog zonder rekening te houden met geluidschermen: 70 dB(A) op circa 75 m en 57 dB(A) op circa 400 m afstand vanuit het hart van de spoorbaan. Deze geluidbelasting is dan reeds verhoogd met 5 dB(A) in verband met de strengere eis van de Wet geluidhinder voor de avondperiode, die voor de HSL de maatgevende periode van de dag is.

De berekeningen zijn voor de nieuwe tracé-alternatieven gebaseerd op gemiddeld 6,75 HogeSnelheidsTreinstellen en 4 InterCity-treinen, per uur in beide richtingen samen gedurende de avondperiode, op de werkelijke snelheid en op de hoogte van de spoorbaan en van eventuele geluidschermen.

In situaties waarbij de HST gebruik maakt van bestaande spoorlijnen, of waar de HSL strak daarmee bundelt, zijn voor het berekenen

³² Verwacht mag worden dat het feitelijk in Nederland in te zetten materieel, door technische verbeteringen, stiller zal zijn, terwijl ook van toekomstige ontwikkelingen nog verdere verbeteringen op akoestisch gebied kunnen worden verwacht.

van de (extra) hoogte van geluidschermen nodig om toename van de geluidbelasting te voorkomen, naast de te verwachten aantallen HST'n, ook de andere treinen die gebruik maken van die bestaande spoorlijn in de berekeningen betrokken.

Voor zowel bestaande als nieuwe lijnen geldt, dat indien in de toekomst het vervoersaanbod verder toeneemt, de lengte van de treinen en/of het aantal treinen naar behoefte zal worden verhoogd. Ook kan in dat geval aan de inzet van dubbeldeks-hogesnelheidstreinen worden gedacht zoals in Frankrijk reeds het geval is. Wanneer de intensiteit met 45% of meer toeneemt, is een nieuw akoestisch onderzoek noodzakelijk, waaruit (aanvullende) geluidbeperkende maatregelen kunnen voortvloeien.

De Wet geluidhinder (Wgh)

De Wgh omvat de regelgeving ter voorkoming of beperking van geluidhinder. In het kader van deze wet zijn *grenswaarden* voor de toegestane geluidbelasting in de woonomgeving vastgesteld. Speciaal voor spoorweggeluid is het *Besluit geluidhinder spoorwegen (Bgs)* van toepassing. Ingevolge dit besluit is het *Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaa*i opgesteld, waarmee de uitbreiding van het geluid moet worden berekend, alsmede de hoogte van geluidschermen of -wallen, die eventueel nodig zijn om de geluidbelasting beneden de in het Bgs genoemde grenswaarden te brengen. Het Bgs geeft tot het jaar 2000 de *voorkeursgrenswaarde* van 60 dB(A) voor de geluidbelasting van de gevels van woningen. Vanaf het jaar 2000 wordt de voorkeursgrenswaarde aangescherpt naar 57 dB(A). Omdat in de Nieuwe HSL-nota het jaar 2015 als maatgevend is aangenomen voor de beschrijving van de mogelijk te verwachten milieu-effecten, zijn - vooruitlopend op de voor het jaar 2000 aangekondigde aanscherping - de grenswaarden voor na het jaar 2000 aangehouden en zijn de eventueel noodzakelijke geluidbeperkende voorzieningen daarop gedimensioneerd. Afhankelijk van een aantal factoren, kan de geluidbelasting ten gevolge van de HSL, de voorkeursgrenswaarde overschrijden binnen een strook van enkele honderden meters aan weerszijden van de baan.

Indien zich woonbestemmingen (aanwezig of gepland) bevinden binnen het gebied, waarvoor berekend is dat de geluidbelasting meer dan de voorkeursgrenswaarde (57 dB(A)) kan bedragen, dan moeten er aan de spoorbaan zodanige *geluidbeperkende voorzieningen* worden aangebracht, dat de geluidbelasting van de gevels van de (geplande) woningen tot 57 dB(A) daalt.

Bij deze geluidbeperkende voorzieningen is te denken aan geluidschermen of -wallen tot maximaal 4 m hoog, afhankelijk van de plaatselijke situatie. In bijzondere situaties kunnen in de realisatiefase eventueel, na een goede analyse en afweging van kosten en baten, bijzondere oplossingen (hogere schermen, luifels, overkluizingen of overkappingen e.d.) worden gekozen.

In gevallen waarin het niet mogelijk is - met behulp van de beste beschikbare technieken en met inachtneming van de financieel-economische mogelijkheden - het geluidniveau aan de gevel van bepaalde woningen, of andere in de Wet geluidhinder genoemde geluidgevoelige bestemmingen, door afscherming tot 57 dB(A) terug te brengen, kan aan GS worden gevraagd een hogere grenswaarde (tot ten hoogste 70 dB(A)) toe te staan. Indien hieraan geen gehoor

wordt gegeven dienen de betreffende woningen en gebouwen een andere bestemming te krijgen of te worden gesloopt.

De HSL en het Besluit geluidhinder spoorwegen

Het bleek mogelijk om aan de hand van genoemde meetresultaten de *emissiegetallen voor de HST* vast te stellen die nodig zijn voor de berekening van de geluidbelasting en van de hoogte van eventueel benodigde geluidschermen of -wallen. Deze emissiegetallen leveren - bij toepassing van de wettelijk voorgeschreven rekenmethoden - voor de HST een minstens even goede overeenstemming op tussen de berekende en gemeten geluidbelasting, als het geval is voor andere materieelcategoriën en hun emissiegetallen.

De resultaten van de metingen in Frankrijk en het onderzoek van TNO leiden tot de conclusie dat het Besluit geluidhinder spoorwegen een gelijkwaardig instrument vormt voor het beoordelen van het geluid van zowel de HST als van andere treinen: Met gebruik van de HST-emissiegetallen, is toepassing van het Meet- en rekenvoorschrift railverkeerslawaai van het Besluit geluidhinder spoorwegen zeker verantwoord en kunnen de grenswaarden voor de toelaatbare geluidbelasting door railverkeerslawaai ook gelden voor de HSL. Inmiddels heeft de minister van Verkeer en Waterstaat de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer gevraagd de emissiegetallen van de HST in het Besluit geluidhinder spoorwegen op te nemen.

Maatregelen ter voorkoming of beperking van geluidhinder

Indien geluidgevoelige bestemmingen worden blootgesteld aan een geluidbelasting boven de grenswaarden van de Wet geluidhinder, dienen geluidbeperkende maatregelen te worden getroffen of geluidbeperkende maatregelen te worden getroffen, zoals:

- *Maatregelen aan de bron;*
door - waar nodig - geluidisolerende bevestiging van de spoorstaven toe te passen. Bij de verdere ontwikkeling van het treinmaterieel dient aandacht te worden geschonken aan vermindering van de geluidproductie
- *Akoestisch baanontwerp;*
door in geluidgevoelige omgeving een zo laag mogelijke ligging van de spoorbaan na te streven. Een spoorbaan *beneden maaiveldniveau* is in akoestisch opzicht gunstiger dan een lage aardebaan. Vanzelfsprekend is een *tunnel of overkapte tunnelbak* akoestisch gezien het gunstigst: het geluid dringt in het geheel niet tot de omgeving door.
- *Afscherming;*
door het - in de omgeving van geluidgevoelige bestemmingen - aanbrengen van geluidschermen of -wallen dicht langs de spoorlijn. Hierdoor kan de geluiduitstraling aanzienlijk worden beperkt. Bij toenemende snelheid van de HST wordt het aandeel van de hoger gesitueerde geluidbronnen groter. Indien geluidschermen of -wallen nodig zijn op plaatsen waar met *hoge sneiheid* wordt gereden, zullen deze daarom hoger moeten zijn dan voor tot nu toe gebruikelijk treinverkeer. Om hetzelfde effect te bereiken, kunnen geluidschermen bij een hoge ligging van de spoorbaan lager blijven dan bij lage ligging. Wanneer de benodigde geluidschermen of -wallen daartoe aanleiding geven, wordt bij de landschappelijke inpas-

sing van de voorgestelde tracévarianten rekening gehouden met de effecten van geluidbeperkende voorzieningen.

- *Gevelisolatie*

in situaties waar het redelijkerwijs niet mogelijk is om aan de voorkeursgrenswaarden te voldoen.

De aard en de geometrie van de omgeving hebben grote invloed op de verspreiding van het geluid. De geluidbelasting op een bepaalde plaats wordt steeds mede bepaald door afscherming, verstrooiing en reflecties door objecten (zoals geluidschermen en gebouwen), die zich tussen de geluidbron en de waarnemer en in de omgeving daarvan bevinden.

In dit stadium van de onderlinge vergelijking van de tracévarianten ten behoeve van de tracékeuze, moet en kan met een zekere globaliteit worden volstaan. Uitgegaan is van de plaatsing van geluidschermen of -wallen van naar behoefte 2 of 4 meter hoog:

- in (ver)stedelijk(t) gebied, waar woningen liggen binnen de 57 dB(A) LAeq-etmaal contour zonder schermen;
- in het buitengebied waar clusters van meer dan circa tien woningen liggen binnen de 57 dB(A)-etmaal contour zonder schermen;
- waar bebouwingslinten worden doorsneden.

In een later stadium, bij de uitwerking van het gekozen tracé, zal een *akoestisch onderzoek* in het kader van de Wet geluidhinder uitgevoerd worden om de gewenste exacte hoogte van eventueel benodigde schermen, wallen of andere geluidbeperkende voorzieningen te bepalen, rekening houdend met alle *akoestische details van een specifieke omgeving*. Voor individuele woningen zal in die fase worden gezien welke voorzieningen zullen worden getroffen.

Cumulatie van geluidbelasting door verschillende geluidbronnen

De *Wet geluidhinder* biedt door een recente wijziging de mogelijkheid de som van de geluidbelastingen door geluidbronnen van verschillende aard, uit te drukken in de *etmaalwaarde van de milieukwaliteitsmaat*. Deze maat biedt een grondslag voor een beoordeling van de totale akoestische situatie.

Bij de nieuwe tracévarianten voor de HSL doen zich hoofdzakelijk twee soorten situaties voor waarin cumulatie van geluidhinder door verschillende bronnen van belang kan zijn:

- *Kruising met verkeerswegen;*
door bij de tracévergelijking bij kruisingen geen rekening te houden met reeds door rail- en wegverkeersgeluid gehinderden, is sprake van een *worst case* benadering, omdat het aantal nieuw gehinderden wordt overschat.
- *Bundeling met verkeerswegen.*
de geluidzones van de weg en van het nieuwe tracé kunnen elkaar over een aanzienlijk gebied overlappen. Omdat het aantal gehinderden in zo'n situatie minder sterk toeneemt dan in een geheel nieuwe situatie, waar nog nauwelijks of geen sprake van geluidbelasting was, is bundeling met verkeerswegen in akoestisch opzicht aantrekkelijk. Het blijkt bijvoorbeeld dat de HSL bij bundeling met de A16 de bestaande milieukwaliteit t.g.v. de A16 nauwelijks verslechtert.
Om inzicht te verschaffen in het overall effect van bundeling met verkeerswegen is voor het jaar 2015 het *met meer dan*

50 dB(A) geluidbelast oppervlak door rijkshoofdwegen berekend, met en zonder het met meer dan 50 dB(A) belast oppervlak door de nieuwe HSL tracévarianten.

Na de PKB en tracékeuze, in de fase van voorbereiding van het ontwerp-tracébesluit zal akoestisch onderzoek plaatsvinden ter vaststelling van de geluidcontouren en de te treffen geluidbeperkende maatregelen (hoogte van geluidschermen). Daarbij dient de (thans nog concept-) Regeling bepaling gecumuleerde geluidbelasting te worden toegepast. Gedeputeerde staten (GS) dienen er zorg voor te dragen dat voldoende aandacht wordt geschonken aan de noodzakelijke onderlinge afstemming en samenhang van de onderscheidene te treffen maatregelen voor geluidwering van de gevel van woningen en andere geluidgevoelige bestemmingen die aan geluidbelasting door meerdere bronnen zijn blootgesteld. Een verzoek aan GS voor een hogere grenswaarde kan slechts worden toegestaan indien dit naar hun mening niet leidt tot onaanvaardbare cumulatieve geluidbelasting.

Specifieke situaties die in die fase aandacht verdienen zijn cumulatie van het geluid van de HSL met dat van Rijkswegen (A4, A16, A17 en A29), het rangeerterrein Kijfhoek, het vliegveld Zestienhoven en industrieterrein bij Zwijndrecht.

De geluidbelasting bij bundeling met bestaande spoorlijnen

In het geval dat de HST gebruik maakt van de bestaande spoorlijn, of wanneer de HSL strak daarmee bundelt, gaat het in de zin van het *Besluit geluidhinder spoorwegen om een wijziging van die bestaande spoorweg*.

In zulke gevallen mag de geluidbelasting van bestaande woningen in beginsel niet met meer dan 2 dB(A) toenemen ten opzichte van de geluidbelasting in het referentiejaar 1987, indien deze toen reeds tussen de 60 en 65 dB(A) bedroeg.

De geluidbelasting mag bij wijziging van een bestaande spoorweg in het geheel niet toenemen als die reeds 65 dB(A) of meer bedraagt, of als de geluidbelasting na reconstructie meer dan 65 dB(A) zou bedragen. Indien in het verleden in het kader van sanering een maximum toelaatbare geluidbelasting is vastgesteld, dient deze gehandhaafd te worden (*gekoppelde of vervroegde sanering*). Dit dient eventueel door extra geluidbeperkende (afschermende) maatregelen te worden bewerkstelligd. In bepaalde - in het Bgs genoemde - situaties kunnen Gedeputeerde Staten een ten hoogste 5 dB(A) hogere waarde toestaan (tot ten hoogste 70 dB(A)), namelijk wanneer de maatregelen niet doeltreffend, of om stedenbouwkundige, vervoerskundige, landschappelijke of financiële redenen ongewenst zijn.

Geluidhinder verblijfsrecreatie

In de *Concept-Circulaire houdende de richtwaarde ter bescherming van openluchtrecreatie tegen geluidhinder vanwege weg- en railverkeerslawaai, van 16 april 1992* dient voor *geluidgevoelige* voorzieningen voor openluchtrecreatie de etmaalwaarde van het equivalent geluidniveau als gevolg van weg- en spoorweglawaai aan de *richtwaarde* van 50 dB(A) te worden getoetst.

Voor de tracévergelijking is het aantal bungalowparken, campings en jachthavens met overnachtingsmogelijkheden gelegen binnen de geluidcontour van 50 dB(A) *etmaalwaarde* geïnventariseerd. Een

dergelijke situering van terreinen voor verblijfsrecreatie komt langs de beschouwde tracés slechts enkele malen voor.

Stiltegebieden en geluidarme zones

Krachtens de *Wet geluidhinder* hebben de provincies zogenoemde *stiltegebieden* aangewezen; gebieden waar het geluid van verkeer, industrie en ander '*cultureel*' geluidbronnen hoogstens incidenteel uitkomt boven het *natuurlijke* achtergrondniveau, dat in het algemeen 30 à 40 dB(A) bedraagt. De provincie Noord-Brabant heeft naast stiltegebieden, ook *geluidarme zones* aangeduid, waarbinnen het stilte karakter globaal behouden dient te blijven.

Voor de bepaling van de geluideffecten op deze gebieden is uitgegaan van een niveau van het achtergrondgeluid aan de randen van deze gebieden van 40 dB(A).

Nagegaan is welke (gedeelten van) stiltegebieden en (in N-B) geluidarme zones (uitgedrukt in ha) binnen de *LAeq-dagwaarde* contour van 40 dB(A) van de beschouwde tracés vallen. Deze contour ligt, bij een baan op circa 1,5 meter boven maaiveld en een waarneemhoogte van 1,5 meter, zonder geluidscherm op circa 1.500 meter en met 2 meter hoge schermen op 900 à 1000 meter afstand van het tracé.

Wanneer daartoe met het oog op stiltegebieden en geluidarme zones aanleiding was, is gerekend met geluidschermen of -wallen langs het tracé van de HSL. In verband met de *openheid* waardoor het landschap van de stiltegebieden in het algemeen wordt gekenmerkt, is in deze gevallen de hoogte van geluidbeperkende schermen of wallen beperkt tot 2 meter boven bovenkant spoor.

Trillingen door railverkeer

Trillingen zijn meestal niet hoorbare maar wel voelbare *laagfrequente* bewegingen van de bodem en gebouwen. Hierbij moet gedacht worden aan frequenties tot ca. 100 Hz.

Door treinverkeer kunnen *mechanische trillingen* via de rails, het ballastbed, een eventueel kunstwerk en via de bodem aan de omgeving worden medegedeeld.

Schade en hinder van trillingen

Onder trillinghinder wordt verstaan: *gevaar, schade of hinder* ten gevolge van trillingen.

In Nederland gelden geen wettelijke voorschriften ter voorkoming of beperking van trillinghinder. Veelal wordt voor het beoordelen en beperken van de kans op trillinghinder in gebouwen de Duitse DIN-norm gehanteerd. Daarin worden grenswaarden voor trillingniveaus onder verschillende omstandigheden gegeven.

Begin 1993 werden door de Stichting Bouwresearch (SBR) te Rotterdam *Beoordelingsrichtlijnen met betrekking tot schade aan bouwwerken door trillingen* uitgegeven, die een inspanningsverplichting beogen op te leggen om aan de daarin genoemd streefwaarden te voldoen. De SBR-richtlijnen sluiten overigens nauw aan bij de reeds geruime tijd gehanteerde DIN-norm.

In de SBR-richtlijn wordt opgemerkt dat bij herhaald voorkomende trillingen als gevolg van treinverkeer blijkt dat er in de praktijk sprake kan zijn van een zekere mate van "geaccepteerde" hinder, hierdoor kunnen wellicht - met name voor bestaande situaties maar mogelijk ook voor nieuwe situaties - hogere waarden toelaatbaar zijn

dan de in de richtlijn genoemde streefwaarden. Nader onderzoek is nodig om vast te stellen of, en in welke mate dit het geval is.

Bij bestaande spoorlijnen in Nederland, waarover zowel personen-treinen als goederentreinen rijden, geven trillingen geregeld aanleiding tot hinder, maar leiden nergens tot schade. Het klachtenpatroon, zoals zich dat thans bij NS voordoet, beperkt zich tot een afstand van circa 50 meter vanuit de spoorbaan.

Uit trillingsmetingen uitgevoerd door het Centrum voor Technisch Onderzoek van NS naar aanleiding van klachten verspreid over Nederland betreffende *vermeende schade* door trillingen ten gevolge van treinverkeer, blijkt dat de ondergrens van 5 mm/s voor normale woonhuizen nooit wordt bereikt en op afstanden > 10 m zelfs de streefwaarde van 0,3 mm/s voor zeer gevoelige huizen bij lange na niet wordt bereikt.

Trillingen door hogesnelheidstreinverkeer

Behalve mechanische trillingen kunnen bij de HST door *luchtwervelingen* via laagfrequente drukgolven trillingen aan de omgeving worden overgedragen.

Er zijn verschillende redenen om aan te nemen dat ten gevolge van de HSL minder trillingen zullen optreden dan bij klassieke spoorlijnen. Voor het rijden met hoge snelheid worden immers veel hogere eisen gesteld aan de uitlijning van de baan (rails en bovenleiding) en aan het onderhoud van het materieel (zoals loop- en remvlakken van de wielen en remschijven) en zijn de aslasten en onafgeveerde massa's geringer, zeker in vergelijking met goederentreinen. Bovendien zullen bij hogere snelheden de frequenties waarmee de baan door de trein wordt aangestoten hoger zijn, waardoor een sterkere demping van de opgewekte trillingen in de bodem mag worden verwacht.

Omdat over het ontstaan en de voortplanting van trillingen door de bodem momenteel nog weinig bekend is, kan trillinghinder in de directe omgeving van de HSL niet op voorhand geheel worden uitgesloten. Om deze reden zijn door TNO-Bouw in Frankrijk trillingsmetingen uitgevoerd in de directe omgeving van de TGV. Met het oog op de verschillen in bodemmechanische eigenschappen is door TNO een poging gedaan de meetresultaten te 'vertalen' naar de Nederlandse situatie. Enkele van de belangrijkste conclusies luiden:

- de passage van een hogesnelheidstrein zal in Nederland geen schade veroorzaken aan gebouwen gelegen op afstanden van meer dan circa 30 meter, ook dicht bij het spoor is er waarschijnlijk geen schade aan gebouwen. (Op plaatsen waar met 300 km/h gereden wordt zullen op zo'n korte afstand praktisch geen gebouwen voorkomen).
- met name de horizontale trillingen in het frequentiegebied van 10 à 20 Hz zullen tot afstanden van 50 à 60 m nog juist voelbaar zijn.
- Waar de HST met lagere snelheden over een bestaand spoor rijdt zal hij zeker niet méér trillingen veroorzaken dan klassieke goederen- en personentreinen.

Over trillingen ten gevolge van luchtverplaatsing door de met hoge snelheid passerende HST zijn geen gegevens voorhanden. De vormgeving van de HST is er door stroomlijning op gericht zo weinig

mogelijk luchtwervelingen op te wekken om energieverlies zoveel mogelijk te voorkomen. Aangenomen mag daarom worden dat reeds op enige tientallen meters vanaf de baan geen trillinghinder door luchtwervelingen meer te verwachten is, zeker niet waar door toegepaste geluidschermen of -wallen ook luchtwervelingen zullen worden opgevangen.

Naar verwachting zal de HSL daarom minder trillingen veroorzaken dan het huidige gemiddelde exploitatiepatroon van bestaande spoorlijnen. Om evenwel toch een indruk te kunnen geven van de *verschillen in potentiële trillinghinder* voor de tracévarianten is, naar aanleiding van de resultaten van genoemd TNO-onderzoek, het aantal woningen dat op een afstand van 60 m of minder vanaf de baan is gelegen geschat.

LITERATUURLIJST

- Barsikow, B.; Schallabstrahlung spurgebundener Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge bis 500 km/h; DAGA '89, Fortschritte der Akustik.
- Berg, ir. M van den; Cumulatie van geluid in de gewijzigde Wet geluidhinder; 'Geluid', maart 1993.
- Besluit geluidhinder spoorwegen; Staatsblad 58, 26 januari 1993.
- Cauberg-Huygen; Geluidniveaumetingen aan de tweede generatie Franse 'Hogesnelheidstreinen', de TGV-Atlantique, langs de westelijke route; 27 september 1990.
- Erschütterungen im Bauwesen; DIN 4150; Mei 1986.
- King III, W.F. en Lettman, H.J.; On locating and identifying sound sources generated by the German ICE train at speeds up to 300 km/h; Internoise 1988, Proceedings.
- Mauclaire, M. Bernard; Noise generated by high speed trains; Internoise 1990, Proceedings.
- Ministerie van VROM; Concept-circulaire houdende de richtwaarde ter bescherming van openluchtrecreatie tegen geluidhinder vanwege weg- en railverkeerslawaaï; 16 april 1992.
- Ministerie van VROM; Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï; juni 1987.
- Nederlands deel hogesnelheidsspoorverbinding Amsterdam-Brussel-Parijs, Bijlage 4: Milieu-effecten; Tweede Kamer 1990-'91, 22 026, nr. 4.
- NIPG-TNO; Geluideffecten Hogesnelheidstrein; januari 1993.
- NS; Ontwikkeling van een categorie 'Hoge Snelheids Trein' in de Standaard Rekenmethode II op basis van geluidmetingen aan de Franse 'TGV-Atlantique'; 1 april 1993.
- NS-CTO; Specificaties geluidschermen; maart 1993.
- NS-CTO; Akoestische consequenties van de hoogteligging; januari 1993.
- Provincie Zuid-Holland; Geluidwerende voorzieningen langs recreatie- en natuurterreinen, Inventarisatienota; september 1989.
- Provincie Zuid-Holland; Verordening Stiltegebieden - Streekplan: West, Oost, Rijnmond, Zuid; augustus 1991.
- Provincie Noord-Brabant; Stiltegebieden, Uitwerkingsplan, Verordening en kaarten; november 1988.

Stichting Bouw-Research, Rotterdam;
Schade aan bouwwerken door trillingen, meet- en beoordelingsrichtlijn,
Hinder voor personen in gebouwen door trilling, meet- en beoordelingsrichtlijn,
Storing aan apparatuur door trillingen, meet- en beoordelingsrichtlijn; 1993.

TNO-bouw; Hinder ten gevolge van trillingen voor mensen; 1991.

TNO-Bouw; Trillingen als gevolg van de hogesnelheidslijn, resultaten van de trillingsmetingen langs het tracé van de TGV; november 1992.

TPD-TNO; Geluidemissie Hogesnelheidstreinen; 12 juli 1991.

Walker, dr. John G.; Technology tames the noise problem; Institute of sound and vibration research, University of Southampton, Railway Gazette International juli 1989.

Wet geluidhinder; Staatsblad 415; 2 juli 1992.

BEGRIPPENLIJST

Aërodynamisch	De luchtweerstand betreffend
Amoveren	Verwijderen, afbreken
Autonome ontwikkeling	De te verwachten ontwikkeling (b.v. van het milieu) als de voorgenomen activiteit, of één van de alternatieven, niet wordt uitgevoerd
Avondwaarde	Het equivalente geluidniveau gedurende de periode van 19.00-23.00 uur
A-weging (A)	Correctie op de fysisch gemeten geluidsterkte om rekening te houden met de frequentieafhankelijke gevoeligheid van het menselijk oor
Baanconcept	Kenmerkend type baanconstructie
Boogstraal	Maat voor de kromming van het spoor
Bovenbouw	Deel van de spoorbaanconstructie, bestaande uit spoorstaven met dwarsliggers en ballastbed
Contour	Lijn van gelijk (geluid)niveau
Cultuurlijk	De cultuur betreffend
Cumulatief	Opéénstapelend
Dagwaarde	Het equivalente geluidniveau over de periode van 07.00-19.00 uur
Emissie	Uitstoot, het in het milieu brengen
Equivalent geluidniveau	Het energetisch gemiddelde geluidniveau (LAeq)
Etmaalwaarde	De hoogste van de volgende drie waarden: <ul style="list-style-type: none">- de dagwaarde- de avondwaarde + 5 dB(A)- de nachtwaarde + 10 dB(A)
Frequentie	Aantal per eenheid van tijd
Geluidgevoelige bestemmingen, objecten	Bestemmingen en objecten waarvoor grenswaarden of richtwaarden voor de toegestane geluidbelasting gelden, zoals woningen, ziekenhuizen en scholen
Grenswaarde	Het kwaliteitsniveau dat ten minste moet worden bereikt of gehandhaafd
GS	Gedeputeerde Staten
Immissie	Belasting van het milieu met verontreinigingen of geluid
Infrastructuur	Systeem van voorzieningen en verbindingen als (spoor- en vaar)wegen, (hoogspannings- en water-)leidingen, kabels, enz.
Kunstwerk	Bouwconstructie in weg, spoorlijn of watergang (viaduct, tunnel, brug, enz.)
Laagfrequent geluid	Geluid in het frequentiegebied van ca. 20 tot ca. 100 Hz
LAeq	A-gewogen equivalent geluidniveau

Leefmilieu	In deze nota: de omgeving waarin de menselijke schaal en het bewonersperspectief centraal staan
Maaiveld	Oppervlak van het land
Maximum geluidniveau	Het momentaan hoogste geluidniveau
Mitigerende maatregel	Maatregel om de nadelige gevolgen voor het milieu van een voorgenomen activiteit te voorkomen of te beperken
Nachtwaarde	Het equivalent geluidniveau over de periode van 23.00 tot 07.00 uur
Parameter	Kenmerkende grootte
PKB	Planologische kernbeslissing
Reconstructie van een spoorweg	In dit deelrapport: één of meer wijzigingen op of aan een aanwezige spoorweg, ten gevolge waarvan de geluidbelasting vanwege de spoorweg met 2 dB(A) of meer toeneemt
Referentie	Vergelijking(smaatstaf)
Richtwaarde	Het kwaliteitsniveau waarnaar gestreefd moet worden
Saneringssituatie	Bij spoorweglawaaï van toepassing indien de huidige geluidbelasting 65 dB(A) of hoger is, en door GS geen hogere waarde is toegestaan
Shuttle	Trein die, zonder onderweg te stoppen, tussen twee stations heen en weer rijdt
Slechtst denkbare situatie	Combinatie van omstandigheden waarin de milieu-effecten mogelijk het grootst zijn ("worst case")
Stiltegebied	Een door de Provincie vastgesteld gebied, waarin de heersende natuurlijke geluiden niet of nauwelijks door die van menselijke activiteit worden verstoord en waarvoor in een Verordening beperkende voorschriften zijn opgenomen ten aanzien van nieuwe activiteiten
Tracé	Ligging in horizontale en verticale zin (van een weg of spoorlijn)
Tracé-alternatief	Grotendeels anders liggend tracé
Tracénota	Besluitvormingsdocument ten behoeve van de tracévaststelling; in deze Projectnota gecombineerd met MER
Verkanting	Hoogteverloop in dwarsrichting (van spoorbaan of weg)
Visueel	Betreffende het zichtbare, het uiterlijk
Woningverdunding	Het afnemen van het aantal bewoners per woning
Woonmilieu	Zie leefmilieu
Worst case-benadering	Uitgaan van het ongunstigste geval
Zonering	Het aangeven van een aandachtsgebied rond (spoor)wegen en industrie-terreinen, waarbinnen (onderzocht moet worden of) bepaalde beperkingen gelden

LIJST VAN DEELRAPPORTEN

1. Vervoersprognoses
2. Exploitatieplan
3. Hogesnelheidslijn en Ruimtelijke Ordening
4. Verkenning van de tracévarianten
5. Mogelijkheden van de bestaande lijn
6. Voorlopige resultaten van de Belgisch/Vlaams/Nederlandse studies
7. Tracé-ontwerpen ten noorden van Rotterdam
8. Tracé-ontwerpen ten zuiden van Rotterdam
9. Beoordelingskader en vergelijking van de tracévarianten
10. Vervoersaspecten van de alternatieven
11. Milieu en Ruimtelijke Ordening: effecten ten noorden van Rotterdam
 - Bijlage 1: Toelichting huidige situatie
 - Bijlage 2: Toelichting autonome ontwikkeling
 - Bijlage 3: Toelichting effecten
 - Bijlage 4: Thematische kaarten
12. Milieu en Ruimtelijke Ordening: effecten ten zuiden van Rotterdam
 - Bijlage 1: Toelichting huidige situatie
 - Bijlage 2: Toelichting autonome ontwikkeling
 - Bijlage 3: Toelichting effecten
 - Bijlage 4: Thematische kaarten
13. Economische effecten
14. Meest milieuvriendelijke alternatieven
15. Geluid en trillingen
16. Hogesnelheidslijn en landschap
17. Hogesnelheidslijn en stedelijke gebieden
18. Spoorbaanconcepten
19. De grote kunstwerken
20. Geotechnische en waterstaatkundige aspecten
21. Kostenramingen
22. Inspraakreacties op de oude HSL-nota
23. Richtlijnen Milieu-effectrapportage



9 789039 05432

Uitgave: Sdu Uitgeverij Plantijnstraat
Productie: Sdu Digitale DataProductie
Druk: Sdu Grafische Projecten
Omslag: Sacha van Geest bNO
ISBN: 90 399 0543 6
NUGI: 661, 693, 825, 834
Bestelling: (070) 378 98 80, fax (070) 378 97 83 of via de boekhandel
Order: 319025F