

RIVM rapport 441520 021/2005

Het effect van geluid van vlieg- en wegverkeer op
cognitie, hinderbeleving en de bloeddruk van
basisschoolkinderen

auteurs:

E.E.M.M. van Kempen, I. van Kamp, R.K.
Stellato, D.J.M. Houthuijs, P.H. Fischer

Dit onderzoek werd verricht in het kader van het Vijfde Kader Programma van de Europese Unie (QLRT-2000-00197) en in opdracht en met co-financiering van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Verkeer en Waterstaat (V&W) en Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), in het kader van project 441520, Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol – Fase II - RANCH, mijlpaal M/441520/01/AA.

*RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Abstract

The effect of aircraft and road traffic noise on the cognitive performance, annoyance and blood pressure in primary school children

As part of the Health Impact Assessment Schiphol and the Fifth Framework of the EU, a multi-centre study was carried out in the Netherlands, the United Kingdom and Spain, investigating the effects of community noise on children's health and cognition.

A total of 2844 children aged 9-11 years attending 89 schools around Amsterdam-Schiphol-Airport, London Heathrow-Airport and Madrid-Barajas participated. The Dutch sample included 763 children attending the 33 schools. Cognition was measured by means of a paper-and-pencil battery administered in the classroom. In the Netherlands, also a battery of automated cognitive tests was used. Blood pressure was measured in the Netherlands and the United Kingdom. Data on annoyance and potential confounding factors were collected by means of questionnaires.

Aircraft noise exposure was associated with reading comprehension and recognition memory. Effects were also observed on the more complex attention tasks.

Road traffic noise exposure was unexpectedly related to better performance in recall memory. On the other hand effects of road traffic noise were observed in the more complex tasks of the switching attention test: children made more faults in schools with higher road traffic noise levels.

The results show that the findings of the American, British and German studies were applicable for the situation around Schiphol Airport. It is expected that about 9% of the pupils attending the last 4 classes of primary schools in the Schiphol area, will have a relatively low test result for reading comprehension, when aircraft noise levels are about 35 dB(A). It was estimated that due to aircraft noise exposure this percentage will increase with 0.1 – 2.5% in the surroundings of Schiphol (50-3000 additional pupils per school year).

There was an exposure-response relation between aircraft noise exposure at school and at home and severe annoyance in the children and their parents. It was estimated that about 3400 (2.9%) of the children who attend the last 4 classes of primary schools in the Schiphol area, were severely annoyed at school due to aircraft noise.

The relation between noise exposure and blood pressure was not quite consistent: in the Dutch sample aircraft noise exposure was related to increased blood pressure; this was not the case in the British sample. There were differences in effects found between the noise sources.

Key-words: Aircraft noise, road traffic noise, cognition, annoyance, blood pressure, children

Rapport in het kort

Het effect van geluid van vlieg- en wegverkeer op cognitie, hinderbeleving, en de bloeddruk van basisschoolkinderen.

De leesprestatie en enkele geheugenfuncties van basisschoolkinderen rondom de vliegvelden Schiphol, Heathrow (London, Verenigd Koninkrijk) en Barajas (Madrid, Spanje) blijken gemiddeld lager te zijn bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer. Ernstige hinder hing samen met de geluidsniveaus van vliegverkeer. De relatie tussen geluid van vliegverkeer en bloeddruk is niet geheel eenduidig.

Om na te gaan of bij de heersende geluidsniveaus in Nederland effecten op de leerprestaties bij basisschoolkinderen te verwachten waren, heeft het RIVM in samenwerking met TNO Voeding en Engelse en Spaanse onderzoeksinstituten en universiteiten een onderzoek onder basisschoolkinderen verricht naar de effecten van geluid afkomstig van vlieg- en wegverkeer op cognitieve functies, de bloeddruk en de hinderbeleving.

In Nederland werden 763 kinderen van 9-11 jaar, afkomstig van 33 basisscholen rondom Schiphol op school onderzocht. Het blijkt dat blootstelling aan geluid van vliegverkeer was geassocieerd met een verslechtering van de leesprestatie en een geheugenfunctie van de kinderen. Ook bleek dat kinderen meer fouten maken op de complexe onderdelen van de aandachtstest bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer.

Een aantal geheugen functies blijken gemiddeld beter te zijn bij hogere geluidsniveaus van wegverkeer. Daartegenover werd er een negatieve associatie gevonden op de complexere onderdelen van de aandachtstest: kinderen maken ze meer fouten op de aandachtstest bij hogere niveaus van wegverkeer op school.

De onderzoeksresultaten laten zien dat de bevindingen in recente buitenlandse studies ook van toepassing zijn op de situatie rondom Schiphol. Voorheen was onzeker of die gegevens vertaalbaar waren. Wanneer de blootstelling vliegtuiggeluid laag is (35 dB(A)), heeft gemiddeld 9% van alle leerlingen van de bovenbouw een relatief lage score op de leestest; door blootstelling aan vliegtuiggeluid in de omgeving van Schiphol neemt dit percentage met 0,1 – 2,5% toe. Dit zijn naar schatting 50 - 3000 extra leerlingen in de bovenbouw in de omgeving van Schiphol met een relatief lage score op de leestest.

De blootstelling aan geluid van vliegverkeer bij schoolkinderen bleek, evenals bij hun ouders, samen te hangen met de ervaren hinder. Het aantal kinderen in de bovenbouw met ernstige hinder ten gevolge van het geluid van vliegverkeer op school werd in de regio Schiphol geschat op 3.400 (2,9%).

De relatie tussen geluid en bloeddruk is niet geheel eenduidig: in Nederland nam de bloeddruk toe bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer; in Engeland was dat niet zo. Er waren verschillen in effect op de bloeddruk tussen geluid van vlieg- en wegverkeer.

Trefwoorden: Vliegtuiggeluid, wegverkeersgeluid, cognitie, hinder, bloeddruk, kinderen

Voorwoord

Dit rapport beschrijft de resultaten van een onderzoek dat in het kader van het Vijfde Kader Programma van de Europese Unie en van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) in de periode 2001-2004 is uitgevoerd. Het onderzoek, getiteld 'Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects' (acroniem: RANCH) werd uitgevoerd in Zweden, Spanje, Nederland en Groot-Brittannië. Het RIVM participeerde samen met TNO-voeding in het RANCH-project met een onderzoek naar de effecten van geluid van vlieg- en wegverkeer in de regio Schiphol op cognitieve functies, de bloeddruk en de hinderbeleving van basisschoolkinderen. Onderzoeken in het kader van de GES worden verricht in opdracht van de Ministeries van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Verkeer en Waterstaat en Volksgezondheid, Welzijn en Sport.

Zeer veel mensen hebben essentiële bijdragen geleverd aan het onderzoek en aan deze rapportage. In de eerste plaats is dank verschuldigd aan de kinderen, hun ouders en de leerkrachten van de scholen die aan deze studie hebben deelgenomen. Verder waren de bijdrage en expertise van TNO-voeding te Zeist en van het CITO te Arnhem van groot belang voor de ontwikkeling van de cognitieve testbatterij in Nederland. Hierbij gaat onze speciale dank uit naar Jan Lammers, Harry Emmen en Rehuël Michielse (TNO-Voeding) en Gerrit Staphorsius, Cor Sluiter, Frans Kleijntjes en Norman Verhelst (CITO Arnhem). Verder was de bijdrage van een aantal mensen onmisbaar. In het bijzonder dank aan Petra Sijnesael, Anne-Marie Davits, Alex Kamst, Jessica Kwekkeboom, Corrie Quant, Linda Verhoef, Gladys Anyo, Oscar Breugelmans, Ton Dassen, Jan Jabben, Carla van Wiechen, Tine Schoorlemmer, Angelique Hensing, Adriaan van Kessel, Heidi van den Ham, Wout Niezen, Edit Feskens en Lucie Viet.

Inhoud

SAMENVATTING	7
VERKLARENDE WOORDENLIJST.....	12
1. INLEIDING.....	13
1.1 ACHTERGROND	13
1.2 HET RANCH-PROJECT.....	14
1.3 DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK IN NEDERLAND	14
1.4 OPBOUW RAPPORT	15
2 EFFECTEN VAN OMGEVINGSGELUID BIJ KINDEREN	16
2.1 INLEIDING	16
2.2 COGNITIE	18
2.3 HINDER	18
2.4 BLOEDDRUK EN HARTSLAG	19
2.5 CONCLUSIE.....	20
3 MATERIAAL EN METHODEN.....	22
3.1 ONDERZOEKSOPZET	22
3.2 SELECTIE VAN DE SCHOLEN.....	23
3.2.1 <i>Identificatie van potentiële scholen</i>	23
3.2.2 <i>Selectie op sociaal economische-status en bevolkingssamenstelling</i>	24
3.2.3 <i>Selectie op basis van geluidsbelasting</i>	25
3.3 WERVING VAN DE SCHOLEN EN DE ONDERZOEKSDEELNEMERS	26
3.4 TESTEN, ONDERZOEKSINSTRUMENTEN EN PROCEDURES.....	27
3.4.1 <i>Cognitieve testen</i>	27
3.4.2 <i>Bloeddrukmeting</i>	30
3.4.3 <i>Vragenlijsten</i>	31
3.4.4 <i>Geluidsmetingen</i>	32
3.4.5 <i>Geluidsmodellering</i>	33
3.5 STATISTISCHE PROCEDURES	34
4. RESULTATEN.....	37
4.1 INLEIDING	37
4.2 BESCHRIJVENDE KARAKTERISTIEKEN.....	37
4.2.1 <i>Scholen</i>	37
4.2.2 <i>Deelnemers</i>	38
4.3 BLOOTSTELLING.....	40
4.4 EFFECTEN OP COGNITIE	42
4.4.1 <i>Kengetallen</i>	42
4.4.2 <i>Relatie tussen cognitie en geluid van vliegverkeer op school</i>	43
4.4.3 <i>Cognitie en geluid van vliegverkeer op het huisadres in vergelijking met school</i>	47
4.4.4 <i>Relatie tussen cognitie en geluid van wegverkeer op school</i>	50
4.4.5 <i>De relatie tussen cognitie en geluid van wegverkeer op het huisadres in vergelijking met school</i> . 52	
4.4.6 <i>De invloed van beglazing</i>	55
4.5 HET EFFECT VAN GELUID OP HINDER	56
4.5.1 <i>Kengetallen</i>	56
4.5.2 <i>Relatie tussen hinderbeleving en geluid van vliegverkeer op school</i>	56
4.5.3 <i>Relatie tussen hinderbeleving en geluid van vliegverkeer op het huisadres</i>	57
4.5.4 <i>Relatie tussen hinderbeleving en geluid van wegverkeer op school</i>	58
4.5.5 <i>Relatie tussen hinderbeleving en geluid van wegverkeer op het huisadres</i>	59
4.6 HET EFFECT VAN GELUID OP DE BLOEDDRUK	61
4.6.1 <i>Kengetallen</i>	61
4.6.2 <i>Relatie tussen bloeddruk en geluid van vliegverkeer op school</i>	62
4.6.3 <i>Relatie geluid van vliegverkeer op het huisadres en bloeddruk</i>	63
4.6.4 <i>Relatie geluid van wegverkeer op school en bloeddruk</i>	66
4.6.5 <i>Relatie geluid van wegverkeer op het huisadres en bloeddruk in vergelijking met school</i>	67

4.7	TOEPASSING VAN DE AFGELEIDE BLOOTSTELLING-RESPONS RELATIES VOOR BEGRIJPEND LEZEN EN	
	HINDER	68
4.7.1	<i>Kader</i>	68
4.7.2	<i>Geluidsbelasting op basisscholen in de regio Schiphol</i>	69
4.7.3	<i>Blootstelling-respons relaties</i>	71
4.7.4	<i>Berekening van het aantal kinderen met een relatief lage score op de leestest en ernstige hinder in de regio Schiphol</i>	72
5	DISCUSSIE	74
5.1	INLEIDING	74
5.2	STERKE EN ZWAKE PUNTEN VAN RANCH	74
5.2.1	<i>Sterke punten</i>	74
5.2.2	<i>Zwakke punten</i>	75
5.3	VERGELIJKING MET BEVINDINGEN VAN ANDERE STUDIES	75
5.3.1	<i>Het effect van geluid op cognitie</i>	75
5.3.2	<i>De effecten van geluid op hinder</i>	78
5.3.3	<i>De effecten van geluid op bloeddruk</i>	79
5.4	ACHTERLIGGENDE (BIOLOGISCHE) MECHANISMEN	82
5.4.1	<i>Cognitie</i>	82
5.4.2	<i>Hinder en bloeddruk</i>	83
5.5	BETEKENIS VAN DE GEVONDEN RESULTATEN	83
5.5.1	<i>Vergelijking met bestaande richtlijnen</i>	83
5.5.2	<i>Lezen</i>	85
5.5.3	<i>Hinder</i>	86
5.5.4	<i>Bloeddruk</i>	87
5.6	MONITORING	87
6	CONCLUSIES	88
5.	REFERENTIES	89

Samenvatting

Inleiding

Als onderdeel van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) is in de periode van 2001 tot 2004 in het kader van het Vijfde Kader programma van de Europese Unie een ‘multi-center’ onderzoek in drie landen uitgevoerd naar de mogelijke effecten van omgevingsgeluid op het cognitief functioneren (o.a. leesvaardigheid en aspecten van geheugen en aandacht), de bloeddruk en de hinderbeleving van basisschoolkinderen: het RANCH-project.¹ Het betreft een epidemiologisch veldonderzoek dat werd uitgevoerd onder basisschoolkinderen rond drie vliegvelden: Amsterdam-Schiphol-Airport, Madrid-Barajas (Spanje) en Heathrow-Airport te Londen (Verenigd Koninkrijk).

In de internationale literatuur zijn aanwijzingen gevonden voor effecten van geluid op het cognitief functioneren en de hinderbeleving bij kinderen. In beperkte mate zijn er aanwijzingen dat geluid bij kinderen de bloeddruk en de hartslag beïnvloedt. Tot dusver was het niet mogelijk om bronspecifieke blootstelling-respons relaties af te leiden. Daardoor was het niet duidelijk of bij de heersende geluidsniveaus in Nederland effecten op de leerprestaties, de bloeddruk en de hinderbeleving te verwachten zijn.

Doelstellingen van het in Nederland uitgevoerde deel van RANCH zijn:

- het verwerven van inzicht in de blootstelling-respons relaties tussen blootstelling aan geluid afkomstig van vlieg- en/of wegverkeer en cognitieve effecten (lezen, aandacht, geheugen), hinder en bloeddruk van kinderen; en
- het toepassen van de eventueel afgeleide blootstelling-respons relaties op de situatie rond Schiphol om de omvang van de effecten in de populatie te beschrijven.

In dit rapport worden de resultaten van het epidemiologische veldonderzoek van het RANCH-project beschreven en wordt extra aandacht gegeven aan de Nederlandse resultaten.

Gegevensverzameling

Het onderzoek vond plaats onder basisschoolkinderen in de leeftijd van 9 tot 11 jaar in de omgeving van de 3 Europese luchthavens. De basisscholen werden zodanig geselecteerd dat hiermee een zo groot mogelijk contrast in geluidsbelasting werd gecreëerd. Tevens werd erop gelet dat de geselecteerde scholen zo goed mogelijk vergelijkbaar waren voor wat betreft sociaal-economische status en etnische afkomst van hun leerlingen en/of van de wijk waarin de scholen waren gelegen.

Cognitie werd gemeten aan de hand van een klassikaal afgenomen set van tests waarmee begrijpend lezen, aspecten van geheugen en aandacht werden vastgesteld. Voor begrijpend lezen werd gebruik gemaakt van nationaal gestandaardiseerde tests. Aanvullend werd in

¹ Dit is een acroniem voor ‘Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children’s Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects’.

Nederland onder een deel van de steekproef gecomputeriseerde tests afgenomen. Verder werd in Nederland en het Verenigd Koninkrijk de bloeddruk gemeten. Met behulp van vragenlijsten werd informatie verzameld over de beleving van het geluid en demografische factoren.

In de drie landen waren gemodelleerde gegevens beschikbaar over het geluidsniveau op school en thuis, afkomstig van vliegverkeer tussen respectievelijk 7 en 23 uur ($L_{Aeq, 7-23u}$) en 23 en 7 uur ($L_{Aeq, 23-7u}$). Voor wegverkeer waren voor de drie landen gemodelleerde gegevens beschikbaar over het geluidsniveau op school tussen 7 en 23 uur ($L_{Aeq, 7-23u}$). In Nederland waren daarnaast voor zowel vlieg- als wegverkeer op school en thuis, een aantal extra geluidsmaten bekend.

De relatie tussen blootstelling en effect werd geanalyseerd met behulp van 'multilevel' analyse. Zo werd rekening gehouden met de onderlinge afhankelijkheid van de waarnemingen op schoolniveau. In de analyse werd gecorrigeerd voor een scala van mogelijk versturende variabelen zoals sociaal-economische status. Om een schatting te maken van de omvang van de effecten in een gebied van 55 bij 55 km rond Schiphol werd informatie over de geluidsniveaus van 911 basisscholen met ca. 120.000 leerlingen in de bovenbouw gecombineerd met de gevonden blootstelling-respons relaties.

De analyse en interpretatie van de vele eindpunten en blootstellingsmaten in de verschillende landen is complex. Hoofdelementen bij de interpretatie waren:

- welke effecten worden gevonden in de totale RANCH onderzoeksgroep. Hierbij wordt gelet op de richting van het effect, sterkte en eventuele significantie;
- welke effecten worden gevonden in de Nederlandse onderzoeksgroep;
- verschilt de gevonden associatie tussen eindpunt en geluidsbelasting tussen de verschillende centra ?;
- zijn de gevonden effecten consistent met wat is gevonden in de literatuur.

Resultaten

Respons en geluidsbelasting

In totaal werden 2844 leerlingen op 89 scholen in gebieden rondom de luchthavens Amsterdam-Schiphol-Airport, Heathrow-Airport en Madrid-Barajas onderzocht. In Nederland werden 763 kinderen onderzocht. De jaargemiddelde geluidsbelasting ten gevolge van vliegverkeer op school ($L_{Aeq, 7-23u}$) van de deelnemende Nederlandse scholen varieerde van 36 tot 62 dB(A); de jaargemiddelde geluidsbelasting aan wegverkeer varieerde van 34 tot 62 dB(A).

Effecten op cognitie (begrijpend lezen, geheugen en aandacht)

Er werd een associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en begrijpend lezen: de score op de leestest bleek gemiddeld lager te zijn bij hogere niveaus

van geluid van vliegverkeer op school. Dit effect werd in alle drie de landen gevonden en komt in Nederland overeen met een leesachterstand op groepsniveau van gemiddeld ca. 1 maand per 5 dB(A) toename van het geluidsniveau. Aanvullende analyses toonden dat een dergelijke leesachterstand in Nederland betekent dat het percentage kinderen met een relatief lage score voor begrijpend lezen van gemiddeld 9% op scholen met lage niveaus voor vliegtuiggeluid (35 dB(A)) oploopt tot gemiddeld 14% op de hoogst geluidsbelaste basisscholen (ca. 60 dB(A)).

Verder werd waargenomen dat de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school negatief samenhangt met het lange termijn geheugen ('recognitie'): de geheugenfunctie bleek gemiddeld lager te zijn bij hogere geluidsniveaus. Werkgeheugen, prospectief geheugen en langdurige aandacht hangen niet samen met geluid van vliegverkeer. Wel werd een associatie in Nederland gevonden met de meest complexe onderdelen van de gecomputeriseerde wisselende aandachtstest: bij hogere geluidsniveaus maakten de kinderen meer fouten op deze test. Tenslotte werd ook de relatie met de geluidsbelasting door vliegverkeer op het huisadres onderzocht. De gevonden effecten waren vergelijkbaar met het effect van geluid van vliegverkeer op school.

Voor wegverkeer werd geen associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer op school en begrijpend lezen, werkgeheugen of langdurige aandacht. De blootstelling aan geluid van wegverkeer bleek geassocieerd te zijn met aspecten van het lange termijn geheugen ('cued recall' en 'information recall'): de geheugenfunctie bleek gemiddeld beter te zijn bij hogere geluidsniveaus van wegverkeer op school. Ook was er een associatie in Nederland tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer op school en het aantal fouten op de complexere onderdelen van de gecomputeriseerde wisselende aandachtstest: bij hogere geluidsniveaus werden meer fouten gemaakt op deze test.

Effecten op hinder

Het percentage ernstig gehinderde kinderen hing statistisch significant samen met het geluidsniveau van vliegverkeer op school en op het thuisadres. In de Nederlandse onderzoeksgroep waren er bij een geluidsniveau van 55 dB(A) en hoger meer kinderen ernstig gehinderd bij een zelfde geluidsniveau dan in de Engelse en Spaanse onderzoeksgroepen. Het percentage kinderen met ernstige hinder hing in Nederland en Engeland niet samen met het geluidsniveau van wegverkeer op school; in Spanje werd wel een statistisch significant verband gevonden. Een mogelijke verklaring hiervoor zijn de relatief hoge geluidsniveaus door wegverkeer in Madrid. Er werd geen verband gevonden tussen de thuisblootstelling aan wegverkeergeluid en ernstige hinder bij kinderen.

Effecten op de bloeddruk

In de gecombineerde Nederlands en Engelse gegevens bleek dat de bloeddruk positief was gerelateerd aan het geluidsniveau van vliegverkeer op school: zowel de systolische als diastolische bloeddruk bleken gemiddeld hoger te zijn bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer op school. Beide associaties waren echter niet statistisch significant.

Voor de blootstelling in de periode van 7 tot 23 uur thuis werden wel statistisch significante verbanden gevonden: zowel de systolische als de diastolische bloeddruk bleken gemiddeld hoger te zijn bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer op het huisadres. De blootstelling aan geluid van vliegverkeer tijdens de nacht (23-7 uur) op het huisadres was alleen statistisch significant geassocieerd met de systolische bloeddruk.

Het effect van geluid van vliegverkeer op de bloeddruk verschilde enigszins tussen de beide onderzoeksgroepen: in Nederland was de relatie tussen de geluidsbelasting van vliegverkeer en de systolische en diastolische bloeddruk voor zowel de school- als de thuissituatie statistisch significant; in Engeland was dit niet zo.

Voor de blootstelling aan wegverkeer werden na samenvoeging van de Nederlandse en de Engelse data geen effecten op de systolische en diastolische bloeddruk gevonden. In Nederland bleek dat alleen de systolische bloeddruk gemiddeld statistisch significant lager was in gebieden met een hogere geluidsbelasting door wegverkeer op school; in Engeland was dit niet zo.

Het is niet duidelijk wat de oorzaak is voor de verschillen tussen de twee landen in de relatie tussen geluid van vliegverkeer en bloeddruk. Mogelijk spelen verschillen in etniciteit en blootstellingskarakterisering een rol. Een eenduidige verklaring kan echter niet worden gegeven.

Schattingen van de omvang van geluidseffecten bij schoolkinderen rond Schiphol

Er werd geschat dat door blootstelling aan geluid van vliegverkeer in een 55 bij 55 km gebied rond Schiphol er in de bovenbouw ongeveer 50 tot 3.000 (0,1-2,5%) leerlingen extra zijn die een relatief lage score op de leestest hebben; bij lage geluidsniveaus (ca. 35 dB(A)) heeft gemiddeld 9% van de leerlingen een relatief lage score en bij hoge geluidsniveaus (ca. 60 dB(A)) loopt dit op tot 14%. Wat de lange termijn effecten van deze lage score door blootstelling aan geluid zijn, is niet bekend. Uit eerder onderzoek rond het vliegveld van München komen aanwijzingen naar voren dat dit type cognitieve effecten reversibel zijn na afname van de geluidsniveaus. Het aantal kinderen met ernstige hinder ten gevolge van het geluid van vliegverkeer op school werd geschat op 3.400 (2,9%). Omdat er geen blootstelling-effect relatie kon worden afgeleid, was het niet mogelijk om schattingen te geven van de omvang van effecten op de bloeddruk bij schoolkinderen rondom Schiphol.

Conclusies

De resultaten wijzen op een ongunstig effect van blootstelling aan geluid van vliegverkeer op begrijpend lezen en het lange termijn geheugen ('recognitie'). De onderzoeksresultaten wijzen niet op een associatie tussen blootstelling aan geluid van wegverkeer op school en begrijpend lezen, werkgeheugen en langdurige aandacht; in Nederland is een samenhang tussen onderdelen van de gecomputeriseerde wisselende aandachtstest en geluid van zowel weg- als vliegverkeer gevonden. De onderzoeksresultaten laten zien dat de bevindingen in deze recente buitenlandse studies ook van toepassing zijn op de situatie rondom Schiphol. Voorheen was onzeker of die gegevens vertaalbaar waren.

Ten opzichte van eerder uitgevoerd onderzoek is de zeggingskracht van het RANCH-onderzoek relatief groot, omdat er, verspreid over drie landen, een groot aantal kinderen aan deel heeft genomen. Bovendien is in dit onderzoek gecorrigeerd voor een breed scala aan potentiële confounders en is de studie-populatie zodanig geselecteerd dat ze evenredig verdeeld is over een brede blootstellingsrange.

Met deze studie is voor het eerst systematisch de hinder bij kinderen in kaart gebracht, zowel ten gevolge van vlieg- als wegverkeersgeluid in de school en op het thuisadres. De bevindingen zijn eenduidig en gevonden verschillen tussen de centra zijn goed te verklaren. Dit laat de berekening van een bronspecifieke blootstelling-respons relatie voor kinderen toe.

De effecten op bloeddruk zijn moeilijker te duiden. De relatie tussen geluid en bloeddruk is niet geheel eenduidig: in Nederland nam de bloeddruk toe bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer; in Engeland was dat niet zo. Er waren verschillen in effect op de bloeddruk tussen geluid van vlieg- en wegverkeer. Bovendien was er in de literatuur gebrek aan eenduidigheid. Dit maakt dat er nog geen blootstelling-respons relatie voor bloeddruk kan worden opgesteld. De gezondheidskundige betekenis van de waargenomen bloeddrukveranderingen in Nederland zijn nog onduidelijk; het is niet duidelijk wat ze betekenen voor de kans op een verhoogde bloeddruk in het latere leven van de kinderen

Aanbevelingen

Omdat de effecten op cognitie specifiek zijn voor kinderen wordt aanbevolen om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren naar de mogelijkheid om de effecten van omgevingsgeluid te monitoren met gegevens die jaarlijks door het Cito op basisscholen worden verzameld.

Verklarende woordenlijst

95% BI	95% Betrouwbaarheidsinterval
CLIB	Afkorting van Cito Lees Index voor (speciaal) Basisonderwijs. Het is een vaardigheidsscore voor begrijpend lezen
Cfi	Centrale Financiële Instellingen
Df	Aantal vrijheidsgraden waarbij is getoetst
DMST_f	Digit Memory Span Test (forward)
EMPARA	Acroniem voor: Environmental Model for Population Annoyance and Risk Analysis. Dit is een geluidsmodel, waarmee de geluidssituatie op landelijke schaal in kaart gebracht wordt
GES	Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol
HECT	Hand-Eye Coordination Test
iMER	Integrale Milieu-effect Rapportage
L _{Aeq}	Equivalent geluidsniveau; dit is het gemiddeld geluidsniveau over een bepaalde periode (bijvoorbeeld van 7 tot 23 uur) waarbij hogere niveaus gedurende die periode extra zwaar meetellen
L _{den}	Equivalent geluidsniveau ten gevolge van een bepaald soort geluidsbron, buitenshuis over het etmaal, met aanpassingsfactoren voor de avond en nacht, berekend op jaarbasis. (d: day, e: evening, n: night)
L _{etmaal}	Het maximale equivalent geluidsniveau ten gevolge van een bepaald soort geluidsbron, buitenshuis over het etmaal, met aanpassingsfactoren voor de avond en nacht, berekend op jaarbasis.
LAS	Los Angeles Studie
MAS	Munich Airport studie
mmHg	Millimeter kwik; maat waarin de bloeddruk wordt uitgedrukt.
NES	Neurobehavioural Evaluation System
NLR	Nederlands Ruimtevaart Laboratorium
OR	Odds Ratio
p	p-waarde
RANCH	Acroniem voor 'Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects'.
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SAT	Switching Attention Test
SDST	Symbol Digit Substitution Test
SDQ	Strength and Difficulties Questionnaire
SE	Standard Error
SEHS	School, Environment and Health Studie
SES	Sociaal-Economische Status
SRTT	Simple Reaction Time Test
TNO	Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
V&W	Ministerie van Verkeer en Waterstaat
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
WHO	World Health Organization
WLSS	West-London School Studie

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

In 1995 is een haalbaarheidsonderzoek in de omgeving van Schiphol uitgevoerd om na te gaan welke onderzoeksopzet en methoden geschikt zijn om de mogelijke effecten van vliegtuiggeluid op het cognitief en psychomotorisch functioneren ('prestatie') van kinderen vast te stellen (Emmen et al., 1997). Dit onderzoek was onderdeel van fase II van het onderzoeksprogramma Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) dat tot doel had inzicht te geven in de huidige gezondheidstoestand van de bevolking rond Schiphol, en informatie te verzamelen over blootstelling-respons relaties tussen de milieubelasting van vliegverkeer en mogelijke gezondheidseffecten.

Het onderzoeksprogramma GES is gestart naar aanleiding van de integrale Milieu Effect Rapportage (iMER) Schiphol en Omgeving in 1993 waarin de mogelijke effecten op de gezondheid als gevolg van het vliegverkeer onder omwonenden van Schiphol werden onderzocht (iMER, 1993). Eén van de in de iMER gesignaleerde hiaten in kennis over de mogelijke effecten van geluid van vliegverkeer betrof die op het cognitief functioneren² van kinderen; de MER-commissie adviseerde nader onderzoek op dit terrein (Commissie MER, 1993). Op basis van de internationale literatuur kon niet goed worden vastgesteld of bij de heersende geluidsniveaus in Nederland effecten op het cognitief functioneren te verwachten waren.

Het haalbaarheidsonderzoek werd door TNO Voeding en het RIVM op 3 basisscholen uitgevoerd. Geconcludeerd werd dat het gebruikte testinstrumentarium grotendeels geschikt was voor onderzoek naar effecten van geluidsbelasting op cognitieve prestaties en gedrag bij kinderen. Het haalbaarheidsonderzoek leidde niet onmiddellijk tot een vervolgonderzoek. Enerzijds werd er binnen het onderzoeksprogramma GES voorrang gegeven aan de uitvoering van een slaapverstoringsonderzoek in de omgeving van Schiphol. Anderzijds werd aansluiting gezocht bij een internationaal onderzoeksvoorstel naar de relatie tussen cognitie en geluid van vliegverkeer dat voor het Vijfde Kader Onderzoek en Ontwikkeling Programma van de Europese Unie werd ingediend. Het onderzoeksvoorstel, getiteld 'Road Traffic and Aircraft Noise Exposure and Children's Cognition and Health: Exposure-Effect Relationships and Combined Effects' (voortaan aangeduid als het RANCH-project) werd in september 2000 gehonoreerd.

² Termen die in dit verband vaker worden genoemd en min of meer dezelfde betekenis hebben, zijn: leerprestaties, cognitie en leervaardigheid

1.2 Het RANCH-project

Het RANCH-project is een zogenaamd 'multi-center' onderzoek dat is uitgevoerd in Zweden³, Spanje⁴, Nederland⁵ en Groot-Brittannië⁶ dat werd uitgevoerd in het kader van het Vijfde Kader Programma van de Europese Unie en de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES). De coördinatie was in handen van Prof. S. Stansfeld⁷. Het project bestond uit verschillende componenten:

- een veldonderzoek naar de effecten van geluid van vlieg- en wegverkeer op cognitie, hinderbeleving, gedrag en gezondheid bij basisschoolkinderen rond de vliegvelden Amsterdam-Schiphol-Airport, Madrid-Barajas en Heathrow-Airport te Londen;
- een veldonderzoek naar de relatie tussen geluid van wegverkeer en slaapverstoring in Zweden;
- een quasi-experimenteel psychologisch veldonderzoek in Zweden en Groot-Brittannië; en
- een laboratoriumonderzoek naar de effecten van kortdurende geluidsblootstelling in Zweden en Groot-Brittannië.

Het RIVM heeft, in samenwerking met TNO-Voeding, aan het eerstgenoemde veldonderzoek meegewerkt. In dit onderzoek is voortgebouwd op de resultaten van de verschillende onderzoeken die in de omgeving van Heathrow naar cognitief functioneren en gedrag zijn gedaan (Haines et al., 2001a,b,c) en het in 1995 uitgevoerde haalbaarheidsonderzoek rond Schiphol (Emmen et al., 1997). Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het RANCH-project rond Schiphol. Daar waar dat relevant is, wordt ingegaan op de resultaten uit andere deelonderzoeken.

1.3 Doelstelling van het onderzoek in Nederland

De doelstellingen van het in Nederland uitgevoerde deel van het RANCH-project zijn:

- het verwerven van inzicht in de blootstelling-respons relaties tussen blootstelling aan geluid afkomstig van vlieg- en/of wegverkeer (op school en thuis) en verminderd cognitief functioneren (lezen, aandacht, geheugen), hinder en bloeddruk bij kinderen; en
- het toepassen van eventueel afgeleide blootstelling-respons relaties op de situatie in de regio Schiphol en/of in Nederland om de omvang van de effecten in de populatie te beschrijven.

³ door het Gösta Ekmans Laboratorium för Sensorisk Forskning van de Universiteit van Stockholm en de Avdelningen för Miljömedicin van de Universiteit van Göteborg;

⁴ door het Departamento de Acústica Ambiental van het Instituto de Acústica in Madrid;

⁵ door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu te Bilthoven en TNO Voeding te Zeist;

⁶ Queen Mary, Universiteit van Londen en het National Physical Laboratory (NPL);

⁷ Department of Psychiatry, Queen Mary's School of Medicine and Dentistry, Universiteit van Londen, Verenigd Koninkrijk

1.4 Opbouw rapport

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de literatuur over effecten van omgevingsgeluid bij kinderen. De onderzoeksopzet en de gebruikte methoden worden in hoofdstuk 3 verantwoord. In hoofdstuk 4 worden de afgeleide blootstelling-respons relaties gepresenteerd. Tevens worden schattingen gepresenteerd van het aantal kinderen dat een effect ondervindt. Het rapport besluit met een discussie en conclusies (hoofdstuk 5 en 6).

2 Effecten van omgevingsgeluid bij kinderen

2.1 Inleiding

Kinderen zijn mogelijk gevoeliger voor geluid dan volwassenen, omdat ze tijdens kritische ontwikkelingsfasen worden blootgesteld (bv. orgaanontwikkeling van foetussen, psychomotorische ontwikkeling van baby's, leerprocessen bij schoolgaande kinderen). Bovendien hebben zij minder mogelijkheden om het geluid te beheersen en een minder goed ontwikkeld verwerkingsgedrag dan volwassenen (Bistrup, 2003) (Stansfeld et al., 2003).

Gezondheidseffecten van geluid die bij kinderen gevonden zijn betreffen gehoorschade, hinder, stress-gerelateerde somatische effecten, verminderd welbevinden en een breed scala aan cognitieve effecten (Bistrup et al., 2001). De mogelijke effecten van geluid op cognitief functioneren zijn bij kinderen het meest frequent onderzocht. Uit de literatuur komen aanwijzingen dat langdurige blootstelling, aan voornamelijk geluid van vliegverkeer, kan resulteren in verminderd cognitief functioneren (lezen, geheugen en langdurige aandacht). In beperkte mate zijn er aanwijzingen dat geluid bij kinderen de bloeddruk en hartslag en het endocriene systeem beïnvloedt. Effecten op de mentale gezondheid en slaapkwaliteit zijn onvoldoende aangetoond. Ook is er geen overtuigend bewijs voor een direct effect van geluid op erfelijke aandoeningen, geboortegewicht en aandoeningen die in verband worden gebracht met verstoringen van het immuunsysteem. Een beperkt aantal studies heeft een verhoogd risico op laag geboortegewicht bij kinderen gevonden van aan geluid van vliegverkeer blootgestelde moeders. Echter, bij deze studies is onvoldoende rekening gehouden met de invloed van versturende variabelen zoals sociaal-economische status en het rookgedrag van de moeders (Ando, 1973) (Knipschild et al., 1981) (Passchier-Vermeer, 2000) (Stansfeld et al., 2000), (Bistrup et al., 2001) (Matsui et al., 2003).

In tabellen 2.1 en 2.2 worden overzichten gegeven van de opzet (tabel 2.1) en resultaten (tabel 2.2) uit de meest recente veldonderzoeken naar de effecten van geluid onder schoolkinderen.

Tabel 2.1 Overzicht van de onderzoeksopzet, het aantal deelnemers en de blootstellingskenmerken van enkele veldonderzoeken naar de effecten van geluid onder schoolkinderen.

Studie ^{a)}	Opzet	# scholen	# kinderen	Blootstellingskenmerken		
				Geluidsbron	Geluidsmaat	Geluidsrange
LAS	Dwarsdoorsnede/ 1-jr follow-up	7	262	Vlieg	Piek geluidsniveau	Hoog: 95 dB
MAS	Natuurlijk experiment	-	326 (9-10 jaar)	Vlieg	L _{Aeq,24u}	Gr 1 68/54 Gr 2 59/55 Gr 3 53/62 Gr 4 53/55 ^{b)}
SEHS	Dwarsdoorsnede/ 1-jr follow-up	8	340 (8-11 jaar)	Vlieg	L _{Aeq,16u}	Hoog: >66 dB Laag: <57 dB
WLSS	Dwarsdoorsnede	20	451 (8-9 jaar)	Vlieg	L _{Aeq,16u}	Hoog: >63 dB Laag: <57 dB
Tyrol	Dwarsdoorsnede	26	1230 (8-11 jaar)	Rail & weg	L _{dn}	Hoog: >60 dB Laag: <50 dB

a) LAS: Los Angeles Airport study (Cohen et al., 1980), (Cohen et al., 1981) (Cohen et al., 1986); MAS: The Munich Airport Study (Evans et al., 1995), (Evans et al., 1998), (Hygge et al., 2002); SEHS: Schools Environment and Health Study: (Haines et al., 2001a) (Haines et al., 2001c); WLSS: The West London Schools Study: (Haines et al., 2001b); Tyrol: De Tyrol Study: (Lercher et al., 2000), (Lercher et al., 2002).

b) Gr 1: geluidsniveaus van groep “oude vliegveld, geluid voor/na verhuizing –belast”; Gr 2: geluidsniveaus van groep 2 “oude vliegveld- niet belast”; Gr 3: geluidsniveaus van groep 3 “nieuwe vliegveld –belast”; Gr 4: geluidsniveaus van groep 4 “nieuwe vliegveld – niet belast”.

Tabel 2.2 Overzicht van de uitkomsten van veldonderzoeken naar de effecten van geluid onder schoolkinderen

Studie → Uitkomst ↓	LAS	MAS	SEHS	WLSS	Tyrol
Hinder		+	+	+	+
Kwaliteit van leven		-			-
Motivatie	-		0		
Stresshormonen		+	0	0	+/-
Bloeddruk	+	+/-			+/-
Lezen	0	-	-/0	-/0	
Lange termijn geheugen		-	-/0	0	-
Werkgeheugen		-		0	
Aandacht	+/-		-	0	0
Mentale gezondheid		-	0	-	

+ : een positieve associatie gevonden c.q. de score of het effect neemt toe bij hogere blootstelling; 0: geen associatie gevonden; - : een negatieve associatie gevonden c.q. de score of het effect neemt af bij een hogere blootstelling; een leeg vakje betekent dat het effect niet is onderzocht.

De onderzoeken verschillen sterk in blootstellingskarakterisering, in de correctie voor potentiële versturende variabelen (in het bijzonder sociaal-economische factoren) en voor wat betreft de statistische analyse-methodes. Zo beperkt de blootstellingskarakterisering zich vaak tot een vergelijking tussen twee (hoog versus laag) of slechts een beperkt aantal blootstellingscategorieën. Bronspecifieke blootstelling-respons relaties, waarmee effectschattingen in eventueel andere populaties te maken zijn, zijn uit de bestaande resultaten niet af te leiden. Ook kan op basis van de studies niet worden bepaald of en in welke mate effecten rondom Schiphol te verwachten zijn

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de uitkomstmaten die vermoedelijk samenhangen met de blootstelling aan omgevingsgeluid. Hierbij is gebruik gemaakt van enkele reviews (Berglund et al., 1999) (Passchier-Vermeer, 2000) (Stansfeld et al., 2003)

(Staatsen et al., 2004) en van publicaties waarin de resultaten van de recentste veldstudies zijn beschreven: de Los Angeles studie (Cohen et al., 1980), (Cohen et al., 1981), (Cohen et al., 1986), de Munich Airport Studie (Evans et al., 1995), (Evans et al., 1998), (Hygge et al., 2002), de Heathrow studies (Haines 2001a, 2001b, 2001c) en de Tyrol studie (Lercher et al., 2000), (Lercher et al., 2002).

2.2 Cognitie

Bij kinderen zijn de effecten op het cognitief functioneren het meest bestudeerd. Hierbij gaat het vooral om effecten van langdurige blootstelling aan geluid van vlieg-, rail- en wegverkeer op lezen, aandacht, probleem oplossen en geheugen. De bewijskracht voor geluid van vliegverkeer is het sterkst.

Samenvattend zijn er op basis van de internationale literatuur enige, maar geen eenduidige aanwijzingen dat kinderen die in een gebied met hoge geluidsniveaus naar school gaan in vergelijking met kinderen die naar school gaan in een gebied met een laag geluidsniveau:

- een verminderde langdurige aandacht hebben (Stansfeld et al., 2000);
- zich moeilijker kunnen concentreren (Stansfeld et al., 2000);
- een slechter(e) geluidsonderscheidend vermogen en spraakwaarneming hebben (Stansfeld et al., 2000);
- een verminderde geheugenfunctie (voor meer complexe informatie) hebben (Stansfeld et al., 2000);
- een slechtere leesvaardigheid hebben en slechter presteren op nationaal gestandaardiseerde testen (Stansfeld et al., 2000) (Stansfeld and Haines, 2002); en
- een verminderde motivatie hebben om langdurige taken vol te houden (Cohen et al., 1980) (Cohen et al., 1981) (Cohen et al., 1986) (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998) (Hygge et al., 2002).

Verder blijkt dat de gevonden effecten zich vooral voordoen op de complexe onderdelen van taken en dan voornamelijk bij begrijpend lezen en lange termijn geheugen.

2.3 Hinder

Hinder wordt omschreven als een gevoel van afkeer, boosheid, onbehagen, onvoldaanheid of gekwettheid dat optreedt wanneer geluid iemands gedachten, gevoelens of activiteiten beïnvloedt (Gezondheidsraad, 1999). Bij volwassenen is het één van de meest onderzochte effecten in relatie tot geluid.

Bij kinderen zijn slechts enkele studies bekend die naar de relatie tussen geluidsblootstelling en hinder hebben gekeken: de Munich Airport studie (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998) (Hygge et al., 2002), de studies rond Heathrow (Haines et al., 2001a,b en c) en de Tyrol studie

(Lercher et al., 2000). Deze studies vinden alle dat kinderen gehinderd worden door langdurige blootstelling aan geluid. Gestandaardiseerde methoden voor het meten van hinder bij kinderen ontbreken echter. In de verschillende studies is hinder op verschillende manieren bepaald. In de Munich Airport studie is hinder gemeten door voor een scala aan geluiden, de kinderen met een Visual Analogue Scale (VAS) een rangorde of gewicht te laten toekennen aan de ervaren hinder (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998). In andere studies is hinder gemeten aan de hand van multi-item lijsten (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998) (Lercher et al., 2000). In de studies rond Heathrow (London) van Haines et al. (Haines et al., 2001a, b en c) is gebruik gemaakt van standaardvragen die sterk overeenkomen met de standaardvragen voor volwassenen (ISO, 2001).

2.4 Bloeddruk en hartslag

Er zijn 9 studies die het effect van geluid van vlieg⁸-, weg- en/of railverkeer op de bloeddruk en de hartslag bij kinderen hebben onderzocht (Karsdorf and Klappach, 1968) (Karagodina et al., 1969) (Brackbill et al., 1982) (Roche et al., 1982) (Cohen et al., 1986) (Regecová and Kellerová, 1995) (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998) (Morrell et al., 1998) (Evans et al., 2001). Het gaat om 7 dwarsdoorsnede onderzoeken, een follow-up studie, een voor- en na studie en een experiment. In de onderzoeken is naar het effect van omgevingsgeluid gekeken bij kinderen variërend in de leeftijd van 3 tot 16 jaar. Uit de resultaten van deze studies kan worden geconcludeerd dat er aanwijzingen zijn voor een associatie tussen de geluidsbelasting en systolische bloeddruk. Voor diastolische bloeddruk en hartslag is het bewijs voor een dergelijke associatie twijfelachtiger.

Uit de literatuur is bekend dat hartvaatziekten zich meestal pas rond het 50^e levensjaar voordoen. Echter, patho-fysiologische en epidemiologische onderzoeken laten zien dat essentiële hypertensie en de voorlopers van een cardiovasculaire aandoening reeds in de kindertijd kunnen ontstaan (Raitakari et al., 2003). Er zijn studies bekend waaruit blijkt dat verhoogde bloeddrukniveaus tijdens de kindertijd een sterke voorspeller zijn voor het optreden van hypertensie tijdens de volwassen leeftijd (Stary, 1989) (Bao et al., 1995) (Mahony et al., 1996). De bloeddrukverhogingen die tot nu toe zijn gevonden in studies die het effect van geluid op de bloeddruk bij kinderen bestudeerden, hebben waarschijnlijk geen direct effect op de gezondheid van de kinderen. Echter, er kan niet worden uitgesloten dat ze een voorspeller zijn voor bloeddrukverhogingen in het latere leven.

⁸ Het gaat om de effecten op de bloeddruk ten gevolge van geluid van de civiele luchtvaart.

2.5 Conclusie

In internationale studies naar de effecten van geluidsbelasting op het verminderd cognitief functioneren, hinder, fysieke en mentale gezondheid bij kinderen zijn aanwijzingen gevonden dat langdurige blootstelling aan voornamelijk geluid van vliegverkeer kan resulteren in verminderd cognitief functioneren (lezen, geheugen en aandacht). Het gaat dan voornamelijk om de complexere onderdelen. De resultaten van de onderzoeken die de relatie met hinder onderzoeken zijn eenduidig: alle studies vonden een relatie met geluid. In beperkte mate zijn er aanwijzingen dat geluid bij kinderen de bloeddruk en de hartslag beïnvloeden. Echter, op basis van de huidige resultaten van studies die de mogelijke effecten van geluid op kinderen onderzoeken is het niet mogelijk om bronspecifieke blootstelling-respons relaties af te leiden. Een belangrijke reden voor deze omissie is gelegen in de karakterisering van de geluidsblootstelling:

- de meeste onderzoeken beperken zich tot effecten van geluid van vliegverkeer, terwijl blootstelling aan geluid van wegverkeer veel meer voorkomt;
- in de meeste gevallen worden alleen groepen met een hoge en een lage geluidsbelasting onderling vergeleken, in plaats van populaties te onderzoeken die aan een reeks van verschillende geluidsniveaus zijn blootgesteld;
- de blootstellingskarakterisering is in de meeste gevallen alleen gericht op het geluidsniveau op school, terwijl kinderen hier slechts een beperkt deel van het jaar doorbrengen; en
- de mogelijke acute invloed van de geluidsbelasting ten tijde van het maken van de testen wordt meestal niet meegenomen.

De studies naar het effect van geluid bij kinderen, hebben niet altijd de mogelijkheid om voor potentiële versturende variabelen te corrigeren. Factoren als sociaal-economische status, isolatie, blootstellingsduur en etniciteit worden als belangrijk beschouwd.

Het blijkt dat gezondheidsuitkomsten van mensen die bij elkaar in de buurt wonen gemiddeld meer met elkaar overeenkomen dan die van mensen die in een ander gebied wonen. Dit geldt ook voor studies waar de effecten bij kinderen zijn onderzocht. De statistische modellen die de meeste studies tot nu toe hebben gebruikt (LAS, Tyrol, MAS, SEHS en andere studies) veronderstellen dat hun waarnemingen onafhankelijk van elkaar zijn, maar in onderzoek met een hiërarchische structuur (kinderen binnen scholen of mensen binnen wijken) hoeven de waarnemingen binnen verschillende clusters niet geheel onafhankelijk te zijn. Tot nu toe houden de meeste epidemiologische veldstudies hiermee geen rekening (Pattenden et al., 2000) (Pattenden, 2001).

Tenslotte kan ook de diversiteit aan gehanteerde meetmethoden aan de effectkant een vergelijking in de weg staan. Het sterkste komt dit naar voren bij hinder. Zoals de resultaten in tabel 2.2 al laten zien, blijkt dat de resultaten van de onderzoeken eenduidig zijn: alle studies vinden een relatie tussen geluid en hinder bij kinderen. Maar omdat hinder in de verschillende onderzoeken steeds op een andere manier wordt gemeten, is een bronspecifieke blootstelling-

respons curve, zoals we die bij volwassenen kennen, op basis van de bestaande onderzoeken niet afleidbaar. Ook voor wat betreft ervaren en mentale gezondheid zijn de meetmethoden divers.

Door het ontbreken van bronspecifieke blootstelling-respons relaties is het niet mogelijk een schatting te maken van de omvang van de effecten op cognitie en gezondheid bij de heersende geluidsniveaus in Nederland. De gevonden lacunes zijn het gevolg van een beperkte blootstellingsrange en van een ontbrekende standaardisatie van meetmethoden voor de verschillende eindpunten (Lercher, 2003). In het RANCH-project wordt een aantal van de hierboven geschetste lacunes ondervangen waardoor het wel mogelijk wordt om blootstelling-respons relaties af te leiden en vervolgens schattingen te maken voor de Nederlandse situatie. In vergelijking met de studies die tot nu toe zijn verricht, is de totale steekproefomvang in het RANCH-project veel groter, waardoor de zeggingskracht van de studie wordt vergroot. Er wordt niet alleen naar de effecten van geluid van vliegverkeer maar tegelijkertijd ook naar geluid van wegverkeer gekeken, zowel op het huisadres als op school. Daarbij wordt er op gelet dat de deelnemers uniform verdeeld zijn over een brede blootstellingsrange. Omdat uit onderzoek is gebleken dat de sociaal-economische status en de samenstelling van de schoolpopulatie van invloed kan zijn op het cognitief functioneren (Haines et al., 2001b), is hiermee rekening gehouden bij de samenstelling van de onderzoeksgroepen. Bovendien wordt een groot aantal uitkomstmaten en mogelijk verstorende variabelen gemeten.

3 Materiaal en methoden

3.1 Onderzoeksopzet

Het veldonderzoek van het RANCH-project is een zogenaamd dwarsdoorsnede onderzoek onder kinderen in de leeftijd van 9-11 jaar die op basisscholen in de omgeving van de luchthaven Schiphol-Amsterdam-Airport, Madrid-Barajas en Heathrow-Airport te Londen zitten. De kinderen zijn via de scholen voor het onderzoek geworven. De scholen zijn geselecteerd op basis van het geluidsniveau afkomstig van vlieg- en wegverkeer zodanig dat een contrast in blootstelling mogelijk was. Aanvullende criteria voor de selectie zijn het type school, de sociaal-economische status en bevolkingssamenstelling van de wijken waarin de scholen zijn gelegen. Zo werd geprobeerd om de kans op mogelijke vertekening van de onderzoeksresultaten door deze factoren te verkleinen.

Met powerberekeningen is in eerste instantie geschat dat 1000 tot 1200 deelnemers voor het onderzoek nodig zijn.⁹ Hierbij is uitgegaan van een betrouwbaarheid van 95% en een kans van 80% (power) om een effect op het cognitief functioneren waar te nemen. Aannemende dat er op een basisschool 2 niveaugroepen voor het onderzoek in aanmerking komen, betekent dit dat er ongeveer 25 scholen dienen te worden geselecteerd. In Nederland bleek veelal dat slechts één niveaugroep op school voor het onderzoek in aanmerking kwam. Uit nieuwe powerberekeningen bleek dat het mogelijk was dezelfde effectgrootte te detecteren met 32 scholen en gemiddeld 25 kinderen per school.

De cognitieve testen werden op school afgenomen in de periode maart-oktober 2002. Dit gebeurde in Spanje en Groot-Brittannië alleen klassikaal en in Nederland zowel klassikaal als individueel met een computer. In Nederland en Groot-Brittannië werd op school ook de bloeddruk gemeten.

Informatie over de gezondheid, de hinderbeleving en het gedrag van de kinderen werd met een vragenlijst verzameld. De kinderen en de leerkracht vulden de lijst op school in. De ouders of verzorgers verschaften aanvullende informatie over kenmerken van hun woning en over indicatoren van hun sociaal-economische status.

De lange termijn geluidsbelasting, afkomstig van weg- en vliegverkeer, is met modellen vastgesteld. Als indicator voor de lange termijn blootstelling is gekozen voor het equivalent geluidsniveau voor de periode van 7 tot 23 uur op school ($L_{Aeq,7-23u}$) omdat (i) het RANCH-project zich voornamelijk op cognitieve effecten richt en (ii) omdat deze geluidsmaat op dat moment in alle deelnemende landen beschikbaar was. Later kwamen ook andere geluidsmaten

⁹ Deze aantallen gelden voor de effecten van geluid op cognitie gemeten mbv de klassikale testen. Voor de effecten van geluid gemeten mbv de computertesten was bepaald dat 500 kinderen voldoende waren. Dit verschil in benodigde aantallen heeft o.m. te maken met verschillen in gevoeligheid van de testen.

voor vlieg- en wegverkeer beschikbaar en kon de geluidsbelasting op het huisadres worden bepaald.

Parallel aan het afnemen van de klassikale cognitieve testen werden geluidsmetingen verricht om de mogelijke acute invloed van geluid op de uitvoering van de cognitieve testen te kunnen onderzoeken. Tabel 3.1 geeft aan welke onderzoeksinstrumenten rond welke luchthaven werden toegepast.

Tabel 3.1 Overzicht van de toegepaste onderzoeksinstrumenten per onderzoekslocatie

Onderzoeksinstrument	Schiphol	Heathrow	Barajas
Klassikale cognitieve testen	+	+	+
Computertesten (Neurobehavioural Evaluation System)	+	-	-
Vragenlijsten over gezondheid, hinderbeleving en gedrag	+	+	+
Bloeddrukmeting	+	+	-
Geluidsmetingen op school	+	+	+
Geluidsmodellering	+	+	+

+ = Toegepast; - = Niet toegepast.

In de volgende paragrafen wordt nader ingegaan op de werkwijze die in Nederland is gevolgd. Deze werkwijze is met de partners in Groot-Brittannië en Spanje afgestemd zodat de verzamelde resultaten zoveel mogelijk onderling vergelijkbaar zijn. Daar waar er betekenisvolle verschillen zijn in de werkwijze of methodieken tussen landen, wordt dat in de tekst vermeld.

Paragraaf 3.2 beschrijft de selectie van de scholen. De werving van de scholen en de onderzoeksdeelnemers komt in paragraaf 3.3 aan bod. In paragraaf 3.4 worden de testen, onderzoeksinstrumenten, procedures en geluidsmodellering toegelicht. Als laatste gaat paragraaf 3.5 in op de statistische procedures.

3.2 Selectie van de scholen

De selectie van de basisscholen is verlopen volgens een gemeenschappelijk protocol. Hierin worden een drietal stappen onderscheiden:

- identificatie van potentiële scholen;
- selectie van de scholen op basis van indicatoren voor sociaal-economische status en/of bevolkingssamenstelling;
- selectie op basis van geluidsbelasting.

3.2.1 Identificatie van potentiële scholen

Het onderzoek is in Nederland uitgevoerd in een gebied dat drie GGD-regio's beslaat rondom de luchthaven Schiphol. Voor de identificatie van de potentiële scholen werden de adresgegevens van alle basisscholen in de drie GGD-regio's opgevraagd. Naar aanleiding van de aanbeveling uit het haalbaarheidsonderzoek (Emmen et al., 1997) om vergelijkbare scholen

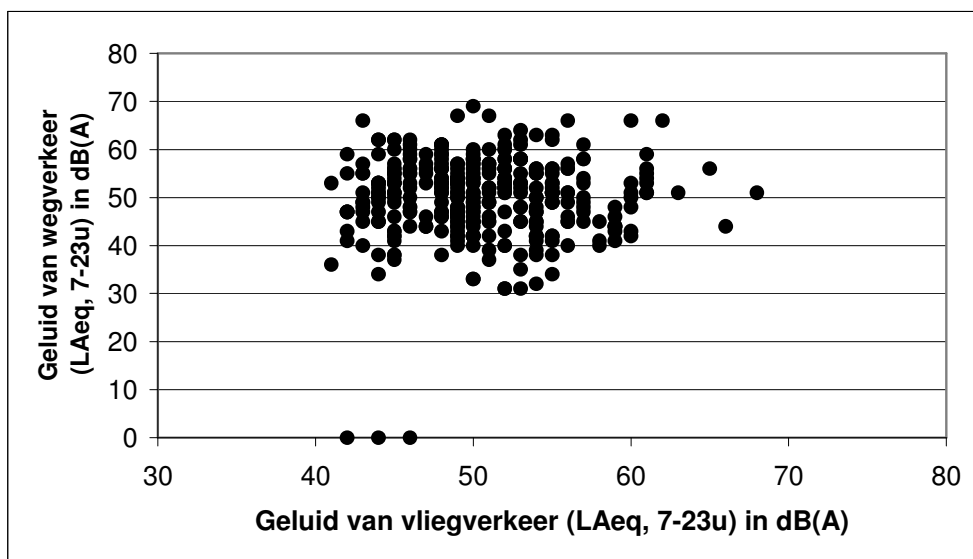
wat betreft identiteit, onderwijsmethode, klasse- en schoolgrootte in het onderzoek op te nemen, werden de volgende typen scholen van deelname uitgesloten:

- particuliere scholen;
- Jenaplanscholen, Montessorischolen, Daltononderwijs of Vrije scholen;
- scholen voor kinderen met speciale behoeften zoals LOM of ZMOK scholen¹⁰

Tevens werden scholen uitgesloten die door andere geluidsbronnen dan weg- en/of vliegverkeer werden belast. Na toepassing van deze criteria resteerden in het onderzoeksgebied 366 basisscholen (inclusief dependances).

Met een Geografisch Informatie Systeem (GIS) zijn vervolgens de adressen van deze 366 scholen gekoppeld aan gemodelleerde, jaargemiddelde equivalente geluidsniveaus van weg- en vliegverkeer uit 2000 voor de periode van 7 tot 23 uur ($L_{Aeq,7-23u}$). De geluidsmodellering wordt in paragraaf 3.4.5 nader beschreven.

In figuur 3.1 wordt het resultaat van de koppeling getoond. Voor geluid van vliegverkeer varieert de belasting van 41 tot 68 dB(A); de geluidsbelasting van wegverkeer loopt van 31 tot 69 dB(A). Voor drie scholen was het niet mogelijk om het geluidsniveau van wegverkeer te berekenen. Deze scholen werden uitgesloten van deelname, waardoor er nog 363 basisscholen overbleven.



Figuur 3.1. Geluidsbelasting afkomstig van weg- en vliegverkeer in 2000 van 366 basisscholen in het Nederlandse onderzoeksgebied

3.2.2 Selectie op sociaal economische-status en bevolkingssamenstelling

Voor de resterende 363 basisscholen is vervolgens informatie verzameld over indicatoren voor de sociaal-economische status (SES) en de bevolkingssamenstelling van de school en de wijk

¹⁰ LOM-school: school voor kinderen met leer- en opvoedingsmoeilijkheden; ZMOK-school: school voor zeer moeilijk opvoedbare kinderen

waarin de school is gelegen. Voor de basisscholen waren in 2001 twee indicatoren beschikbaar via de Centrale Financiële instellingen (CFi):

- het percentage leerlingen van wie beide ouders of verzorgers een schoolopleiding hebben genoten tot of tot en met het niveau eindexamen voorbereidend beroepsonderwijs;
- het percentage leerlingen met een niet-Nederlandse culturele achtergrond die tevens voldoen aan een van de volgende voorwaarden:
 - één van beide ouders of verzorgers heeft een schoolopleiding genoten tot of tot en met het niveau eindexamen voorbereidend beroepsonderwijs;
 - de meest verdienende ouder of verzorger oefent een beroep uit in loondienst, waarin hij/zij lichamelijke of handenarbeid verricht, of geniet geen inkomsten uit tegenwoordige arbeid.

Daarnaast zijn gegevens van het Centraal Bureau van de Statistiek (CBS) verzameld over:

- de gemiddelde WOZ-waarde¹¹ op 1 januari 1995 van een pand in de wijk waarin de school is gelegen, en
- het percentage allochtonen op 1 januari 1999 in deze wijk.

Uit oriënterende statistische analyses bleek dat er in Nederland geen sterke samenhang aanwezig was tussen de geluidsbelasting en bovengenoemde indicatoren voor sociaal-economische status of bevolkingssamenstelling. Daar in Groot-Brittannië en Spanje scholen gematched werden op dit type indicatoren, zijn in Nederland 68 scholen uitgesloten van deelname aan het onderzoek omdat ze gelegen waren in wijken waar:

- de gemiddelde WOZ-waarde groter was dan 160.000 Euro (350.000 gulden) en/of
- het percentage allochtonen groter was dan 10%.

Na toepassing van deze selectie resteerden nog 295 basisscholen.

3.2.3 Selectie op basis van geluidsbelasting

Om een zo groot mogelijk contrast in geluidsbelasting te krijgen, zijn vervolgens voor zowel geluid van vlieg- als van wegverkeer 5 blootstellingscategorieën gevormd (zie ook tabel 3.2 en 3.3). De grenzen van de blootstellingklassen zijn met de partners in Groot-Brittannië en Spanje afgestemd, zodat in de verschillende landen scholen over een zo groot mogelijke blootstellingsrange konden worden geselecteerd.

¹¹ WOZ-waarde = De waarde van de woning volgens de wet Waardering Onroerende Zaken (WOZ). De WOZ-waarde wordt elke vier jaar door de gemeente vastgesteld.

Tabel 3.2. Aantal basisscholen in het Nederlandse onderzoeksgebied per blootstellingsklasse voor geluid van vliegverkeer

Klasse	$L_{Aeq,7-23u}$ in dB(A)	Aantal scholen
1a	t/m 45 dB(A)	45
1b	46-50 dB(A)	110
2	51-56 dB(A)	102
3	57-60 dB(A)	26
4	61 dB(A) en hoger	12

Tabel 3.3. Aantal basisscholen in het Nederlandse onderzoeksgebied per blootstellingsklasse voor geluid van wegverkeer

Klasse	$L_{Aeq,7-23u}$ in dB(A)	Aantal scholen
1	t/m 41 dB(A)	33
2	42-48 dB(A)	87
3	49-54 dB(A)	96
4	55-60 dB(A)	61
5	61 dB(A) en hoger	18

Bij vergelijking van de tabellen 3.2 en 3.3 valt op dat er meer scholen met een hoge geluidsbelasting door wegverkeer (> 60 dB(A)) zijn dan voor vliegverkeer. Omdat scholen met een hoge belasting aan vliegverkeer schaarser zijn, is het selectieproces met deze scholen gestart. Allereerst werden alle scholen uit de hoogste blootstellingsklasse voor geluid van vliegverkeer (klasse 4) geselecteerd. De scholen werden met 4 scholen aangevuld uit blootstellingsklasse 3 voor geluid van vliegverkeer. De scholen uit de blootstellingsklassen 3 en 4 voor geluid van vliegverkeer vallen vrijwel alle in blootstellingsklassen 2, 3 en 4 voor geluid afkomstig van wegverkeer. Om ook voor geluid van wegverkeer een blootstellingscontrast te creëren, zijn 16 scholen geselecteerd uit de hoogste en laagste klassen voor geluid van wegverkeer. Daar er binnen deze klassen relatief veel keuze was, zijn hieruit scholen met een lage belasting voor geluid van vliegverkeer geselecteerd. Als 33^e, is een 'reserve' school toegevoegd.

3.3 Werving van de scholen en de onderzoeksdeelnemers

Het onderzoek werd allereerst geïntroduceerd bij de betreffende GGD-en en gemeenten; zij ontvingen een brief waarin de start werd aangekondigd van een onderzoek naar de mogelijke effecten van de leefomgeving op cognitie, gedrag en gezondheid van basisschoolkinderen. Vervolgens werd aan de directie van alle geselecteerde scholen een brief gestuurd met een verzoek om deelname aan het onderzoek. Binnen enkele dagen werd met de school telefonisch contact opgenomen. Wanneer een school bereid was om deel te nemen, werd een afspraak voor een schoolbezoek gemaakt. Tijdens dit schoolbezoek werd meestal gesproken met de betreffende leerkracht, werd een checklist over de school ingevuld, werden foto's genomen en

werd, indien mogelijk, een geluidsmeting met een duur van 5 minuten verricht. Ingeval een school weigerde om mee te doen, werd er een nieuwe wervingsbrief naar een, qua geluidsbelasting, vergelijkbare school gestuurd.

Nadat de school toestemming had gegeven, werd aan de ouders of verzorgers via de leerkracht een brief gestuurd met het verzoek om deelname van hun kind aan het onderzoek. Deze brief, die twee weken voor aanvang van het onderzoek op school werd verstuurd, ging vergezeld van een korte beschrijving van het onderzoek en een toestemmingsformulier dat ondertekend bij de leerkracht diende te worden ingeleverd.

3.4 Testen, onderzoeksinstrumenten en procedures

Er zijn verschillende testen en instrumenten in het onderzoek gebruikt om het cognitief functioneren, hinder, ervaren gezondheid en de geluidsbelasting vast te stellen. In paragraaf 3.4.1 worden de klassikale en de computergestuurde cognitieve testen beschreven. De bloeddrukmeting en de vragenlijsten komen achtereenvolgens in paragraaf 3.4.2 en 3.4.3 aan bod. Als laatste worden in 3.4.4 en 3.4.5 de geluidsmetingen en de geluidsmodellering beschreven.

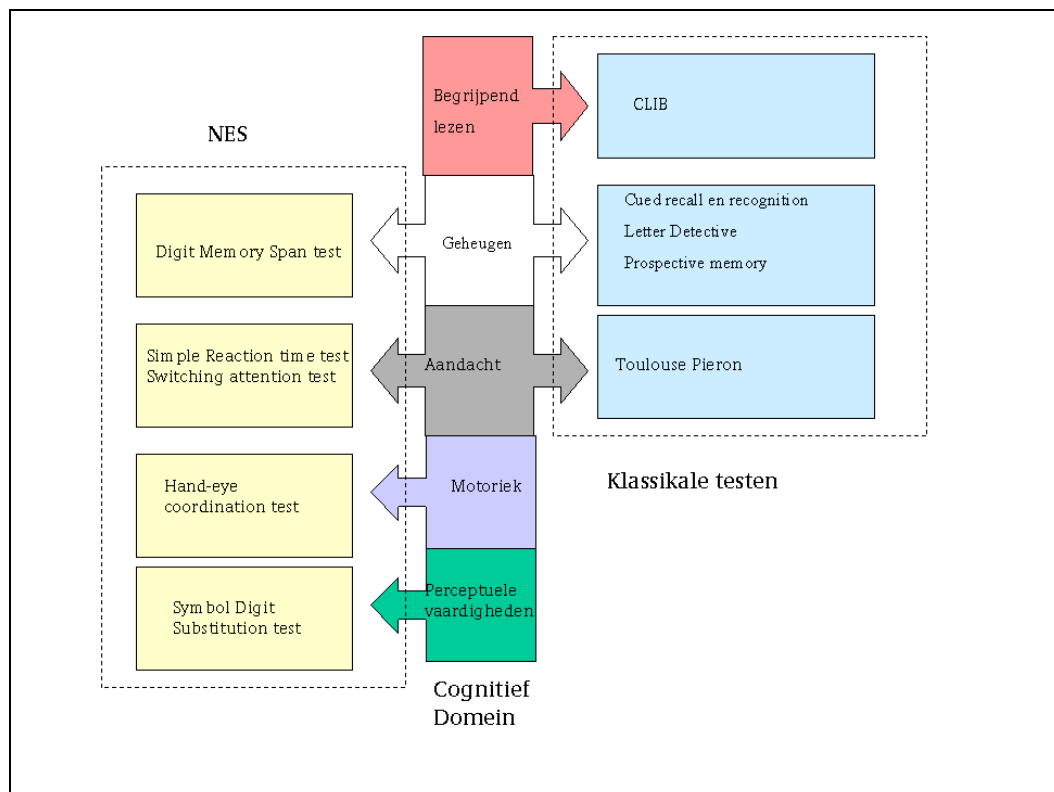
Alle testen, onderzoeksinstrumenten en procedures zijn in een pilotstudie getest. Deze vond in oktober 2001 op een tweetal basisscholen plaats. Naar aanleiding van deze pilot zijn de testen, instrumenten en procedures aangepast en verbeterd. De betrokken onderzoekers waren allen vooraf getraind en vertrouwd gemaakt met de verschillende testen, instrumenten en procedures.

3.4.1 Cognitieve testen

Cognitie omvat verschillende domeinen. In het RANCH-project worden de volgende domeinen onderzocht:

- begrijpend lezen;
- geheugen;
- aandacht;
- motoriek; en
- perceptuele vaardigheden.

De voor deze domeinen geselecteerde testen worden samengevat in figuur 3.2. Er wordt onderscheid gemaakt tussen klassikale testen en computertesten (NES).



Figuur 3.2 De in Nederland onderzochte cognitieve domeinen en de daarbij behorende testen

De klassikale testen werden tijdens de ochtend op school onder zogenaamde examencondities afgenomen. De tafeltjes werden daartoe uit elkaar gezet (elk kind met het gezicht naar het bord). De kinderen die geen toestemming hadden om aan het onderzoek deel te nemen, werden, indien mogelijk, elders in school aan het werk gezet.

De testen werden steeds in dezelfde volgorde afgenomen. Hierbij werd gebruik gemaakt van een verbale instructie. De testleider werd steeds bijgestaan door 1 of 2 surveillanten. Deze personen hielden onder meer in de gaten of de kinderen snapten wat ze moesten doen, of ze de testen goed invulden, dat ze rustig bleven en niet afkeken. Tijdens het testen werden eventuele bijzonderheden in een logboek genoteerd.

Bij een aantal scholen werden ook computertesten afgenomen. Dit gebeurde in een aparte ruimte in school, zoals een niet-gebruikt klaslokaal, een afgeschermd gedeelte van de aula of een lerarenkamer. In deze ruimte stonden de computers zodanig opgesteld dat de kinderen niet bij elkaar op het scherm konden kijken. De computertesten werden onder leiding van 2 testleiders in groepjes van 8 kinderen individueel afgenomen. De verschillende cognitieve testen worden hieronder kort besproken.

3.4.1.1 De klassikale testen

Begrijpend lezen

Voor het testen van begrijpend lezen is gekozen voor nationaal gestandaardiseerde testen. In Nederland is begrijpend lezen getest met behulp van de CLIB-test (Staphorsius, 1994). CLIB staat voor Cito Lees Index voor het (speciaal) Basisonderwijs, en het is een vaardigheidsscore op het onderdeel begrijpend lezen. Daarnaast is het een index voor de begripsmatige moeilijkheid van boeken, waardoor het mogelijk wordt om de moeilijkheid van de leesstof en de leesvaardigheid van leerlingen op elkaar af te stemmen. De CLIB bestaat uit 2 taken, die het Cito voor het RANCH-project samenstelde. Elke taak bevat 21 meerkeuzevragen met 5 antwoordmogelijkheden. Om een meerkeuzevraag te kunnen beantwoorden moet de leerling een stuk tekst lezen waarin een open plek zit. Door het lezen van de gehele tekst moet de leerling proberen uit te vinden welke van de 5 antwoorden het beste past.

In Groot-Brittannië werd de 'Suffolk Reading Scale, Level 2' met 86 items (Hagley, 2002) gebruikt en in Spanje de 'ECL-2' met 27 items (de la Cruz, 1999).

Doordat in de landen gebruik wordt gemaakt van nationaal gestandaardiseerde testen kan geen directe vergelijking tussen de testresultaten uit de verschillende landen worden gemaakt. Om de scores van de verschillende leestesten van de centra samen te kunnen analyseren, zijn deze scores getransformeerd naar een z-score. Dit is het aantal standaarddeviaties dat de leesscore van het kind afwijkt van het betreffende centrumgemiddelde; m.a.w. door per kind het verschil met de gemiddelde ruwe score op de leestest te delen door de standaarddeviatie van de ruwe score op de leestest.

Geheugen

In de klassikale testbatterij zaten drie geheugentesten waarmee de volgende geheugenfuncties werden getest: het episodisch geheugen ('episodic memory'), het werkgeheugen ('working memory') en het toekomstig geheugen ('prospective memory'). Het episodische geheugen, dat onderdeel is van ons lange termijn geheugen, werd getest met twee vertaalde verhaaltjes uit de 'Child Memory Scale' (Cohen, 1997). Dertig minuten nadat de verhaaltjes op een cd met een versterker zijn afgespeeld, worden vragen over de verhaaltjes gesteld. Met de antwoorden op open vragen wordt bepaald of de kinderen zich exact onderdelen kunnen herinneren en welke concepten kinderen missen ('cued recall'); met de antwoorden op gesloten vragen wordt bekeken of de kinderen details uit het verhaal herinneren of herkennen ('recognition'). Hoe hoger de score op deze test, hoe beter het episodisch geheugen.

Ter bepaling van het werkgeheugen of korte-termijn geheugen is gebruik gemaakt van een test genaamd 'De Letter Detective'. Het gaat hier om een gewijzigde versie van 'The Search and Memory Task' (Smith and Miles, 1987) (Hygge et al., 2003). Voor deze test moeten de kinderen 1 tot 7 letters onthouden en die vervolgens zoeken in 2 rijen willekeurige letters. De score op deze test wordt bepaald door per opgave het aantal goed aangestreepte letters ('hits') te verrekenen met het aantal verkeerd aangestreepte letters ('vals positieven').

Het toekomstig of prospectief geheugen verwijst naar het herinneren van toekomstige gebeurtenissen zoals afspraken of noodzakelijke acties. De prospectief geheugen test (Shields et al., 2002) is afgenomen in combinatie met de CLIB test: voorafgaand aan deze test werden de kinderen opgedragen om bij bepaalde opgave nummers in het tekstboek hun initialen neer te zetten.

Aandacht

Om het effect op aandacht te testen is de 'Toulouse Pieron' test gebruikt (Toulouse and Pieron, 1986). Met deze test werd de concentratie capaciteit tijdens monotone taken getest: de test bestaat uit 40 rijen waarin 40 verschillende vierkantjes zaten. Gedurende 10 minuten moesten de kinderen op zoek gaan naar 2 vierkantjes die boven aan de bladzijde vermeld stonden. De score op deze test wordt bepaald door per opgave het aantal goed aangestreepte figuren ('hits') te verrekenen met het aantal verkeerd aangestreepte figuren ('vals positieven') en het aantal nog niet aangestreepte figuren ('omissies').

3.4.1.2 Computertesten

In aanvulling op de klassikale testen is onder een deel van de Nederlandse steekproef ook een aantal gecomputeriseerde testen afgenomen. Het gaat om testen die afkomstig zijn uit het 'Neurobehavioural Evaluation System' (NES) (Letz, 1991). De NES is een testsysteem dat het mogelijk maakt om op een gevoelige en gestandaardiseerde manier aandacht, leren, geheugen en perceptueel-motorische vaardigheden te bepalen. De NES is gevoelig bevonden voor effecten van endogene en exogene factoren op het centrale zenuwstelsel.

De NES-taken zijn met behulp van een 'personal computer' en additionele hardware (joystick/drukknoppenkast) op een proefleider-onafhankelijke manier afgenomen (Emmen et al, 1997). De afnameduur per NES-test varieerde tussen de vier en tien minuten.

Voor de evaluatie van het aandachtsvermogen zijn de 'Simple Reaction Time Test' (SRTT) en de 'Switching Attention Test' (SAT) geselecteerd. Fijn-motorische vaardigheden worden bepaald met de 'Hand-Eye Coordination Test' (HECT). Als test voor perceptuele verwerkingsnelheid is de 'Symbol-Digit Substitution Test' (SDST) gekozen. Voor de evaluatie van (korte termijn) geheugenspan is een aangepaste versie van de NES 'Visual Digit Span Test' geselecteerd, te weten de 'Digit Memory Span Test' (DMST_f). De uitvoering van de geselecteerde computertesten duurde 30 minuten. In Emmen et al (1997) is een uitgebreide beschrijving van de NES-testen te vinden.

3.4.2 Bloeddrukmeting

De bloeddrukmetingen vonden plaats in de middag van de dag waarop de klassikale testen waren verricht. De bloeddruk wordt gemeten met een voor kinderen gevalideerde automatische bloeddrukmeter: de OMRON711CH. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een manchet van 16 cm. Voor de wat grotere kinderen was een voor volwassenen gevalideerde bloeddrukmeter beschikbaar: de OMRON711 met een manchet van 23 cm. De

bloeddrukmeting verloopt volgens een van te voren vastgesteld protocol. Vier tot zes kinderen moeten naar een rustige ruimte in de school komen, waar ze 5 minuten moeten wachten. Knellende bovenkleding wordt zonnodig verwijderd. Vervolgens moet het eerste kind met de rechterarm op een tafel rusten en wordt de manchet omgedaan, waarna de bloeddruk en hartslag wordt gemeten. Daarna worden de andere kinderen op dezelfde manier gemeten. Deze procedure wordt 3 maal herhaald. Aansluitend worden de lengte en het gewicht van het kind en de kamertemperatuur gemeten en wordt vastgelegd welke onderzoeker welk kind heeft gemeten en welke meter en manchet daarbij zijn gebruikt. Als uitkomstmaat in de analyses is het gemiddelde van de drie metingen gebruikt.

3.4.3 Vragenlijsten

De in dit onderzoek gehanteerde set van vragenlijsten zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op de vragenlijsten die tijdens de West London Schools Study (WLSS) (Haines et al., 2001b) zijn gebruikt. De lijsten zijn uit het Engels vertaald in het Nederlands en vervolgens weer terugvertaald en geverifieerd met het origineel om de vergelijkbaarheid tussen landen te waarborgen.

3.4.3.1 *Kindervragenlijst*

Deze set van vragen werd klassikaal afgenomen tijdens de ochtend dat de cognitieve testen werden afgenomen. De testleider las de vraag op waarna de kinderen de vraag individueel beantwoordden. Met de vragenlijst werd de volgende informatie verzameld:

- de waargenomen blootstelling aan geluid (op school en thuis) en de manier waarop het kind dit geluid ervaart ('psychological restoration');
- de mate en frequentie van hinder (ISO-vraag, 5-puntsschaal); Ernstige hinder werd hier gedefinieerd als een situatie waarin een kind zich erg of extreem veel ergert/stoort/hindert aan geluid van een bepaalde bron tijdens het afgelopen jaar;
- de algemene gezondheid;
- gezondheidsklachten;
- de sociale steun die de ouders/verzorgers bieden;
- de behoefte aan verbetering van het geluidsmilieu (school en thuis);
- de verstoring van activiteiten door geluid (thuis en op school);
- het gehanteerde verwerkingsgedrag voor geluid, en
- de talen die thuis worden gesproken.

3.4.3.2 *Oudervragenlijst*

Aan de moeder/verzorgster van het kind werd gevraagd of ze een vragenlijst wilde invullen. Verzocht werd om deze binnen 2 weken weer bij de leerkracht in te leveren. Ook werd de mogelijkheid geboden om de vragenlijst rechtstreeks terug te sturen door middel van een antwoord envelop. Na ongeveer 3 weken werd bij de leerkracht telefonisch geïnformeerd

hoeveel ouders de vragenlijst hadden ingeleverd. Na ongeveer 6 weken werden alle ouders die de vragenlijst nog niet hadden ingeleverd telefonisch benaderd, met het verzoek de lijst alsnog in te vullen. Met de oudervragenlijst werd informatie over de gezondheid en het gedrag van het kind verzameld:

- de algemeen ervaren gezondheid;
- chronische aandoeningen;
- problemen met het gehoor, en
- het geboortegewicht.

Het gedrag is vastgesteld met behulp van de ‘Strength and Difficulties Questionnaire’ (SDQ). De SDQ (Goodman, 1997) is ontwikkeld om gedrag-, emotionele of relationele problemen bij kinderen tussen 4-16 jaar op te sporen.

In de vragenlijst werd tevens informatie over de ouder en de woning ingewonnen:

- de geboden sociale ondersteuning;
- de waargenomen blootstelling aan geluid;
- de mate en frequentie van hinder (ISO-vraag, 5-puntsschaal). Ernstige hinder werd hier gedefinieerd als een situatie waarin de ouder zich erg of extreem veel ergert/stoort/hindert aan geluid van een bepaalde bron tijdens het afgelopen jaar;
- de algemeen ervaren gezondheid;
- de houding tegenover het milieu en de luchthaven Schiphol;
- de isolatievoorzieningen van de woning; en
- de opleiding, de aard van het werk en het inkomen als indicatoren voor de sociaal-economische status.

3.4.4 Geluidsmetingen

Tijdens de klassikale sessies werden simultaan in het klaslokaal en buiten aan de gevel van het lokaal 1-seconde L_{Aeq} -waarden met twee Larson and Davis 820 geluidsmeters vastgelegd. Het geluid werd tevens op een DAT-recorder (TASCAM) opgenomen. De belangrijkste doelstellingen van deze metingen waren:

- het verkrijgen van een gedetailleerde beschrijving van de geluidsbelasting tijdens het testen;
- een inschatting te maken van de mogelijke invloed van acuut geluid op het maken van de cognitieve testen; en
- het documenteren en inschatten van de aanwezigheid van eventuele andere geluidsbronnen dan die van wegverkeer en vliegverkeer.

In het lokaal werd de microfoon in het midden van de klas op 2 meter hoogte geplaatst, bij voorkeur aan het plafond. Buiten was de microfoon tenminste 2 meter van de gevel en op 2 meter hoogte geplaatst. Voorafgaand aan de meting werden de geluidsmeters met een kalibrator (114dB CAL200 met een tolerantieniveau van 0,5 dB(A)) gekalibreerd op 94 dB(A); na de meting werden eventuele afwijkingen vastgesteld. Tijdens het afnemen van de klassikale testen werd het tijdstip en de aard van eventuele geluidsgebeurtenissen genoteerd in

een logboek. Uit de opgeslagen 1-seconde L_{Aeq} -waarden werd het equivalent geluidsniveau en percentielwaarden over verschillende tijdperiodes en per testonderdeel berekend.

3.4.5 Geluidsmodellering

Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) heeft voor de jaren 2000 en 2001 met het rekenmodel ENVIRA de geluidsbelasting door vliegtuigen op een grid van 250 bij 250 meter rond de luchthaven Schiphol berekend. De geluidsblootstelling gegevens van 2000 zijn gebruikt voor de selectie van de scholen, terwijl de gegevens uit 2001 gebruikt zijn om de langtermijn blootstelling aan geluid van vliegverkeer op de scholen en de huisadressen van kinderen vast te stellen.

In Nederland is het L_{Aeq} afzonderlijk voor de dag ($L_{Aeq, 7-19u}$), avond ($L_{Aeq, 19-23u}$) en nacht ($L_{Aeq, 23-7u}$) berekend. Uit de L_{Aeq} -berekenningsresultaten voor de dagdelen dag, avond en nacht zijn vervolgens andere geluidsmaten samengesteld (L_{den} en $L_{Aeq, 7-23u}$). In Groot-Brittannië en Spanje kon de $L_{Aeq, 7-23u}$ voor geluid van vliegverkeer aan het school en later ook het huisadres worden gekoppeld. Daarnaast waren voor beide landen ook gegevens over de nachtelijke geluidsbelasting van vliegverkeer ($L_{Aeq, 23-7u}$) op het huisadres beschikbaar.

De geluidsbelasting door wegverkeer is berekend met het RIVM model EMPARA (VROM DGM, 1997) (Dassen et al., 2000). Het model berekent de L_{etmaal} . Uit recente metingen is gebleken dat de $L_{Aeq, 7-23u}$ gemiddeld 3 dB(A) lager ligt dan de L_{etmaal} . De $L_{Aeq, 7-23u}$ voor wegverkeer wordt dan ook berekend uit de L_{etmaal} door er 3 dB(A) van af te trekken. Voor de selectie van de scholen is gebruik gemaakt van een bestand waar de geluidsbelasting in 2000 op een gridgrootte van 100 bij 100 meter was berekend. Bij de statistische analyses is gebruik gemaakt van de gemiddelde geluidsbelasting op school of huisadres die berekend was over de periode 2000-2002 op een gridgrootte van 25 bij 25 meter. In Spanje en Groot-Brittannië waren alleen gegevens over de geluidsniveaus ($L_{Aeq, 7-23u}$) van wegverkeer op het schooladres beschikbaar.

Tabel 3.4 Overzicht van de beschikbare geluidsmaten per dataset

Geluidsbron	Locatie	Geluidsmaat	
		Nederlandse dataset	RANCH dataset
Vliegverkeer	School	$L_{Aeq, 7-19u}$	
		$L_{Aeq, 7-23u}$	$L_{Aeq, 7-23u}$
		L_{den}	
	Huisadres	$L_{Aeq, 19-23u}$	$L_{Aeq, 7-23u}$
		$L_{Aeq, 23-7u}$	$L_{Aeq, 23-7u}$
		L_{den}	
Wegverkeer	School	$L_{Aeq, 7-23u}$	$L_{Aeq, 7-23u}$
	Huisadres	$L_{Aeq, 7-23u}$	

3.5 Statistische procedures

In het RANCH-project zijn allereerst scholen geselecteerd en vervolgens zijn de onderzoeksgegevens bij kinderen binnen deze scholen verzameld. Deze onderzoeksopzet heeft consequenties voor de wijze waarop de statistische analyses worden uitgevoerd, omdat er sprake is van een hiërarchie in de verzamelde gegevens. Op het niveau van de kinderen is informatie voorhanden over cognitieve en gezondheidskundige eindpunten en over mogelijke verstorende variabelen. Op het niveau van de school is informatie verzameld over de lange termijn geluidsbelasting, de acute geluidsblootstelling tijdens de testen en het type beglazing van het klaslokaal; ieder kind binnen de klas krijgt dezelfde waarde voor de betreffende variabele toebedeeld.

Kinderen worden binnen hun klas aan dezelfde onderwijsmethode, leerkracht en geluidsniveau blootgesteld. Ook komen zij zeer waarschijnlijk uit dezelfde wijk. Zodoende komen kinderen binnen scholen wat betreft een aantal relevante onderzoeksaspecten meer met elkaar overeen, dan dat kinderen tussen scholen overeenkomsten met elkaar delen. Dit betekent dat de waarnemingen bij kinderen binnen dezelfde school niet geheel onafhankelijk van elkaar zijn. Deze onafhankelijkheid van waarnemingen is een eis bij de traditionele statistische procedures.

Om adequaat met de hiërarchie in de verzamelde gegevens om te gaan, is binnen RANCH gebruik gemaakt van zogenaamde ‘multilevel’ analyse. Multilevel analyse heeft zijn ‘oorsprong’ in het onderwijsonderzoek. Bij deze vorm van statistische analyse wordt expliciet rekening gehouden met het feit dat waarnemingen niet geheel onafhankelijk zijn en dat variabelen op een specifiek niveau zijn verzameld. De consequentie van de toepassing van multilevel analyse is veelal dat associaties tussen eindpunten en groepskenmerken minder snel als statistisch significant worden aangeduid dan wanneer traditionele statistische procedures zouden zijn toegepast, omdat bij deze laatste procedure de standaardfouten worden onderschat. Voor de multilevel analyse zijn SAS/STAT® Software (SAS Institute Inc., 2003) en MLwinN (Rasbash et al., 1999) toegepast.

In RANCH is in principe sprake van een derde niveau: het land. Er doen echter te weinig landen aan het onderzoek mee om van een betekenisvol niveau te kunnen spreken. Om rekening te kunnen houden met mogelijke verschillen tussen centra door de invloed van bijvoorbeeld sociaal-culturele en linguïstische factoren, is in de statistische analyses onderzoekscentrum als schoolkenmerk toegevoegd.

Om de samenhang tussen geluidsbelasting en eindpunten te beschrijven zijn lineaire en logistische regressie analyses gebruikt. Lineaire regressie is toegepast voor begrijpend lezen, geheugen, aandacht en bloeddruk. Bij lineaire regressie geeft de regressie-coëfficiënt (B) de mate weer waarin het effect verandert wanneer de blootstellingsvariabele met 1 eenheid toe of afneemt.

Logistische regressie analyse is toegepast op die eindpunten die aan- of afwezig kunnen zijn, zoals bij hinder (wel of niet ernstig gehinderd) en prospectief geheugen (wel of niet de initialen op de goede plek neergezet). Bij logistische regressie wordt de mate van invloed die de blootstellingsvariabele heeft op de uitkomstmaat weergegeven door een zogenaamde Odds

Ratio (OR). Bij een OR van 1,00 is de kans op een klacht of aandoening in de groep kinderen blootgesteld aan geluid even groot als de kans in een groep niet blootgestelde kinderen. Is de OR groter dan 1,00 dan is de kans op het rapporteren van een klacht of aandoening groter in de blootgestelde groep. In deze rapportage worden de OR per 5 dB(A) gerapporteerd.

Bij de statistische analyses zijn stapsgewijs 4 modellen voor de gehele RANCH dataset uit de verschillende onderzoekscentra berekend:

- Model 1. Eindpunt versus de geluidsbelasting op school;
- Model 2. Gelijk aan model 1 met toevoeging van leeftijd, geslacht, beglazing en onderzoekscentrum;
- Model 3. Gelijk aan model 2, met toevoeging van indicatoren van sociaal-economische status (hoogste opleiding van de moeder, beroepsstatus, woningeigendom, aantal personen per kamer), en
- Model 4. Gelijk aan model 3, met toevoeging van een aantal eindpuntspecifieke mogelijke verstorende variabelen en de geluidsbelasting van de andere bron.

Op deze wijze kan stapsgewijs de invloed van mogelijke verstorende variabelen op de relatie tussen eindpunt en geluidsbelasting worden gevolgd, zodat de specificaties van het statistische model kunnen worden gewaarborgd.

De eindpunt-specifieke mogelijk verstorende variabelen zijn deels *a-priori* gekozen op basis van de literatuur, en aangevuld met variabelen die bij oriënterende analyses statistisch significant bleken samen te hangen met het betreffende eindpunt. De eindpuntspecifieke mogelijk verstorende variabelen die in model 4 worden opgenomen zijn voor:

- Cognitie en gedrag: chronische ziekte, handicap of aandoening, ouderlijke steun en taal die thuis wordt gesproken;
- Hinderbeleving: etniciteit en aantal jaren woonachtig op adres; en
- Bloeddruk: etniciteit, geboortegewicht, vroegtijdige geboorte, familiegeschiedenis van hoge bloeddruk, manchetgrootte en kamertemperatuur

Als resultaten van de lineaire regressie multilevel analyses worden in de betreffende figuren in hoofdstuk 4 alleen de regressie-coëfficiënt (B) en de standaardfout (SE) van de associatie tussen het eindpunt en de geluidsbelasting van model 4 vermeld.¹² De statistische significantie (vermeld tussen haakjes) is geschat met behulp van Chi-kwadraat toets.¹³

Als resultaat van de logistische regressie multilevel analyses worden alleen de Odds Ratio's (OR) en het 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI) gepresenteerd. De statistische significantie (vermeld tussen haakjes) is wederom geschat met behulp Chi-kwadraat toets.¹⁴

Tenslotte is bij zowel de lineaire als de logistische regressie multilevel analyses door opname van een interactieterm in model 4 bekeken of de associatie tussen eindpunt en geluidsbelasting

¹² Zowel de regressie-coëfficiënt als de bijbehorende standaardfout zijn geschat onder zogenaamde 'Restricted Maximum Likelihood' (REML) condities.

¹³ De Chi-kwadraat is berekend door de -2 Log Likelihood van model 4 met en zonder geluid van elkaar af te trekken. Dit is gedaan onder 'full maximum likelihood estimation' (ML) condities.

¹⁴ De Chi-kwadraat is berekend door de -2 Log Likelihood van model 4 met en zonder geluid van elkaar af te trekken. Dit is gedaan onder 'full maximum likelihood estimation' (ML) condities.

tussen de centra verschilt.¹⁵ Men spreekt ook wel over heterogeniteit. De significantie van deze interactieterm is wederom getoetst behulp van een Chi-kwadraat toets.

De analyse en interpretatie van de vele eindpunten en blootstellingsmaten in de verschillende landen is complex. Hoofdelementen bij de interpretatie waren:

- welke effecten worden gevonden in de totale RANCH onderzoeksgroep. Hierbij wordt gelet op de richting van het effect, sterkte en eventuele significantie;
- welke effecten worden gevonden in de Nederlandse onderzoeksgroep;
- verschilt de gevonden associatie tussen eindpunt en geluidsbelasting tussen de verschillende centra ?;
- zijn de gevonden effecten consistent met wat is gevonden in de literatuur.

¹⁵ De heterogeniteit is vastgesteld door vergelijking van de 'goodness of fit' onder 'full maximum likelihood estimation' (ML) condities van model 4 met en zonder de interactie tussen geluid en onderzoekscentrum

4. Resultaten

4.1 Inleiding

In de paragrafen 4.2 t/m 4.6 wordt ingegaan op de resultaten van het epidemiologische veldonderzoek dat in Nederland, Spanje en Groot-Brittannië werd uitgevoerd. Hierbij worden resultaten weergegeven voor zowel de Nederlandse als voor alle RANCH-deelnemers. Dit kan suggereren dat de resultaten gelijkwaardig zijn. Echter, omdat de uitkomsten op grotere aantallen scholen en kinderen zijn gebaseerd, hebben de resultaten van de analyses op de internationale dataset meer zeggingskracht. Verder geldt dat onderlinge verschillen in coëfficiënten niet onmiddellijk moeten worden geïnterpreteerd als verschillen in uitkomsten van het onderzoek in de drie landen. Daar waar de Nederlandse coëfficiënten significant afwijken van de resultaten uit de andere landen, wordt dit in de tekst aangegeven.

4.2 Beschrijvende karakteristieken

4.2.1 Scholen

In Nederland is aan 77 basisscholen een brief gestuurd met een verzoek om deelname aan het onderzoek. Daarvan waren 33 scholen (43%) bereid om mee te doen. De overige scholen zagen van deelname af (43%), of waren onbereikbaar (14%). Tabel 4.1 geeft aan hoe de 33 deelnemende scholen zijn verdeeld over de blootstellingsklassen voor geluid van vlieg- en wegverkeer.

Tabel 4.1. Verdeling van de 33 deelnemende scholen in Nederland over de verschillende blootstellingsklassen (uitgedrukt in $L_{Aeq, 7-23u}$)

Geluid van wegverkeer→	t/m 41 dB(A)	42-48 dB(A)	49-54 dB(A)	55-60 dB(A)	61 dB(A) en hoger	Totaal
Geluid van vliegverkeer↓						
t/m 45 dB(A)	2	0	0	1	2	5
46-50 dB(A)	2	1	0	0	2	5
51-56 dB(A)	3	1	0	3	1	8
57-60 dB(A)	0	3	2	0	1	6
61 dB(A) en hoger	0	0	6	3	0	9
Totaal	7	5	8	7	6	33

In tabel 4.2 worden enkele kenmerken van de deelnemende scholen gepresenteerd, zowel voor de Nederlandse scholen als voor alle andere scholen die in het RANCH-onderzoek waren betrokken. Het percentage leerlingen met ouders met een lage opleiding en het percentage allochtone leerlingen met ouders met een lage opleiding worden normaal gesproken door het

ministerie van Onderwijs gebruikt om te bepalen hoeveel financiële middelen een school krijgt. Tevens zeggen ze iets over de sociaal-economische status en etniciteit van de kinderen die de school bezoeken.

Tabel 4.2 Kenmerken van de deelnemende Nederlandse scholen (N=33) en voor alle scholen die deelnamen aan de RANCH-studie (N=89)

	Nederlandse RANCH scholen (N=33)			Alle RANCH scholen (N=89)		
	%	Gemiddelde	Range	%	Gemiddelde	Range
% leerlingen met ouders met lage opleiding ^{a)}		6,4	0 - 26,8	-	-	-
% allochtone leerlingen met ouders met lage opleiding ^{a)}		12,6	0 - 81,9			
Beglazing						
Enkel glas	45,5			56,2		
Dubbel glas	42,4			39,3		
Meer dan dubbel glas	12,1			4,5		
Jaargemiddelde geluidsbelasting in dB(A)						
<i>Vliegverkeer op school</i>						
L _{Aeq 7-19u}		50,3	36,5 - 63,3		NB	
L _{Aeq 7-23u}		49,9	36,3 - 62,8		50,1	30 - 77
L _{den}		51,1	39,0 - 65,6		NB	
<i>Wegverkeer op school</i>						
L _{Aeq 7-23u}		49,9	34 - 62		51,4	34 - 71

a) gegevens afkomstig van de Centrale Financiële instellingen (Cfi) en geldig voor 2000; NB = data niet beschikbaar

Van de Nederlandse scholen heeft ruim 45% enkele beglazing in de klas. Dit is lager dan in de gehele steekproef van scholen in RANCH, waar 56% van de scholen enkel glas heeft. In vergelijking met de gehele steekproef, ligt de geluidsbelasting van de Nederlandse scholen voor zowel weg- als vliegverkeer gemiddeld iets lager.

4.2.2 Deelnemers

In totaal zijn er in Nederland 824 kinderen uitgenodigd. Voor 61 kinderen (7%) werd geen toestemming voor deelname aan het onderzoek verkregen. Van de 763 kinderen die wel toestemming hadden gekregen, vielen er bij de klassikale testsessie 26 gedeeltelijk of geheel uit in verband met ziekte of een doktersbezoek. De uiteindelijke onderzoeksgrootte voor de klassikale testsessie bedroeg 737 (89%). Bij de bloeddrukmeting waren 33 van de 763 kinderen niet beschikbaar. Voor deelname aan de computertesten waren 620 kinderen, verdeeld over 24 scholen uitgenodigd. Daarvan kreeg 92% toestemming voor deelname. Uiteindelijk is de test bij 557 kinderen afgenomen; 14 kinderen waren niet in de groep aanwezig. Aan 757 kinderen is een vragenlijst voor de ouders of verzorgers uitgedeeld. Daarvan zijn er 658 vragenlijsten (87%) weer ingeleverd.

In totaal zijn in Nederland, Groot-Brittannië en Spanje 3.207 kinderen uitgenodigd voor deelname aan de RANCH-studie. Deze waren verdeeld over 129 klassen en 89 scholen. Van de uitgenodigde kinderen kreeg 89% (2.844 kinderen) toestemming om mee te doen. Van hun ouders of verzorgers leverde 80% de uitgereikte vragenlijst in.

Tabel 4.3. Kenmerken van de deelnemende kinderen waarvan een oudervragenlijst beschikbaar was.

	Nederlandse RANCH deelnemers (N=658)			Alle RANCH deelnemers (N=2.276)		
	%	Gemiddelde	Range	%	Gemiddelde	Range
Leeftijd (jr)		10,5	8,9 - 12,8		10,5	8,8 - 12,8
% meisjes	50,1			52,9		
<i>Sociaal-economische status</i>						
% ouders met baan ^{a)}	92,6			85,1		
% ruimtegebrek ^{b)}	31,2			21,4		
% huiseigenaren	81,1			72,3		
Hoogste opleiding moeder (index 0 -1)		0,50	0,03 - 0,98		0,50	0,00 - 0,98
% met chronische ziekte, handicap of aandoening ^{c)}	26,8			24,1		
% huishoudens waar Nederlands, Engels, Spaans thuis de hoofdtal is	93,4			88,1		
% blank Nederlands, Engels, Spaans	89,0			79,2		
Ouderlijke steun (schaal 1-12) ^{d)}		8,8	3 - 12		10,1	3 - 12
Tijd die kind op betreffende school zit (jr)		5,9	0,0 - 8,4		5,5	0,0 - 8,4
Tijd die ouder in betreffende huis woont						
Minder dan 1 jaar	4,3			6,6		
1 tot 5 jaar	19,5			26,3		
6 tot 10 jaar	19,1			21,8		
Meer dan 10 jaar/hele leven	57,2			45,4		
<i>Jaargemiddelde geluidsbelasting in dB(A)</i>						
<i>Vliegverkeer op huisadres</i>						
L _{Aeq} 7-23u		49,0	34,5 - 64,5		50,2	31,9 - 72,8
L _{Aeq} 19-23u		48,3	34,7 - 63,5		NB	
L _{Aeq} 23-7u		39,0	28,7 - 57,9		40,7	25,6 - 66,8
L _{den}		51,1	37,7 - 66,1		NB	
<i>Wegverkeer op huisadres</i>						
L _{Aeq} 7-23u		50,5	28 - 69		NB	

a) Het betreft hier een fulltime of parttime baan; b) Het gaat hier om een maat voor het aantal personen wonend in huis per kamer in huis (de keuken, badkamer, de hal en het toilet worden niet meegerekend). In Nederland spreekt men over 'ruimtegebrek' als er per kamer 1 of meerdere mensen in huis wonen (Relou, 2003). In Spanje en het Verenigd Koninkrijk gaat het om meer dan 1,5 personen per ruimte (UK Census, 2001); c) gebaseerd op rapportage van de ouders dat hun kind lijdt aan een/meer van de volgende chronische ziektes, handicaps of aandoeningen: hyperactiviteit/ADHD, astma, bronchitis, eczeem, epilepsie, depressiviteit, diabetes, dyslexie of andere aandoening; d) Som-score verkregen door middel van 3 items in de kindervragenlijst; NB = Data niet beschikbaar

Uit tabel 4.3 blijkt dat de gemiddelde leeftijd van de Nederlandse kinderen 10,5 jaar was; de helft van de deelnemers bestond uit meisjes. De tabel geeft verder aan dat, ondanks het feit dat getracht is om op een zo uniform mogelijke manier de steekproef te trekken, er tussen de landen verschillen zijn in sociaal-economische status: dit betreft het percentage ouders met een baan en het percentage huiseigenaren. Ook zijn er verschillen wat betreft etniciteit en ouderlijke steun. In vergelijking met alle deelnemers zijn de Nederlandse deelnemers thuis gemiddeld aan lagere geluidsniveaus van vliegverkeer blootgesteld.

4.3 Blootstelling

Het RANCH-project was in de eerste plaats gericht op de mogelijke effecten van de geluidsbelasting op school. De effecten van omgevingsgeluid kunnen echter niet uitsluitend aan de belasting op school worden toegeschreven; kinderen brengen meer tijd om en in hun huis door dan op school (Freijer en de Loos, 1998). Naast de geluidsbelasting op school, hebben we de beschikking over het geluidsniveau afkomstig van vliegverkeer op het huisadres voor de periodes van 7 tot 23 uur ($L_{Aeq, 7-23u}$) en 23 tot 7 uur ($L_{Aeq, 23-7u}$). Voor Nederland hebben we ook nog de beschikking over het geluidsniveau afkomstig van vliegverkeer op het huisadres voor de periode van 19 tot 23 uur ($L_{Aeq, 19-23 u}$) en voor de L_{den} . Deze data waren niet beschikbaar voor Groot-Brittannië en Spanje. Voor geluid van wegverkeer is de $L_{Aeq, 7-23u}$ voor zowel het huis- als het schooladres beschikbaar voor de Nederlandse deelnemers. Tabel 4.3 laat zien aan welke geluidsniveaus van weg- en vliegverkeer de Nederlandse kinderen op hun huisadres worden blootgesteld. Tabel 4.4 toont hoe de verschillende indicatoren voor de blootstelling aan geluid van vlieg- en wegverkeer op school en op het huisadres bij de deelnemende Nederlandse kinderen onderling samenhangen.

Vliegverkeer

De geluidsmaten die iets zeggen over de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school correleren zeer hoog met elkaar. Ook de geluidsmaten van geluid van vliegverkeer op het huisadres correleren hoog met elkaar. Dit betekent dat een schoolgebouw of huis dat in een gebied staat met een hoge waarde op de ene (berekende) geluidsbelastingmaat ook een hoge waarde heeft op de andere (berekende) maten.

De geluidsmaten die iets zeggen over de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school zijn zeer hoog gecorreleerd met de geluidsmaten die iets zeggen over de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres. Alleen de samenhang tussen de $L_{Aeq, 23-7u}$ op het huisadres en de overige blootstellingsindicatoren voor vliegverkeer is minder groot, maar nog altijd hoog (0,70 of meer). Dit betekent dat een kind dat naar school gaat in een gebied met een hoog geluidsniveau ten gevolge van vliegverkeer ook woont in een gebied met een hoog geluidsniveau ten gevolge van vliegverkeer.

Wegverkeer

De blootstelling aan geluid van wegverkeer op school (uitgedrukt als $L_{Aeq, 7-23u}$) is redelijk (ca. 0,6) gecorreleerd met de blootstelling aan geluid van wegverkeer op het huisadres (L_{etmaal}). Dit betekent dat een kind dat naar school gaat in een gebied met een hoog geluidsniveau ten gevolge van wegverkeer waarschijnlijk ook woont in een gebied met een hoog geluidsniveau ten gevolge van wegverkeer.

Tabel 4.4. De correlatie tussen de in Nederland beschikbare blootstellingsmaten.^{a)}

Bron → ↓		Vlieg					Weg	
		L _{Aeq, 7-23u, school}	L _{Aeq, 19-23u thuis}	L _{Aeq, 23-7 thuis}	L _{den, school}	L _{den, thuis}	L _{Aeq 7-23u school}	L _{Aeq 7-23u thuis}
Vlieg	L _{Aeq, 7-19u school}	1	0,95	0,73	0,99	0,95	0,31	0,31
	L _{Aeq, 7-23u school}	1	0,95	0,72	0,99	0,94	0,31	0,32
	L _{Aeq, 19-23u thuis}		1	0,70	0,94	0,98	0,31	0,32
	L _{Aeq, 23-7 thuis}			1	0,78	0,82	0,27	0,29
	L _{den school}				1	0,95	0,31	0,31
	L _{den, thuis}					1	0,30	0,32
Weg	L _{Aeq, 7-23u school}						1	0,60

a) Het gaat om Pearsons correlatie-coëfficiënten;

4.4 Effecten op cognitie

4.4.1 Kengetallen

Tabel 4.5. Beschrijvende statistieken voor de cognitieve uitkomsten: voor de Nederlandse RANCH deelnemers en alle RANCH deelnemers

Domein	Test/conditie	Nederlandse deelnemers		Alle RANCH deelnemers	
		Gem +/- Std ^{a)}	Range	Gem +/- Std ^{a)}	Range
Begrijpend lezen	Z-score ^{b)}	0,00 +/- 1,0	-2,15 – 2,39	0,00 +/- 1,00	-3,88 – 3,10
	CLIB-score	30,3 +/- 13,1	3 – 92		
	Aantal items gemaakt	34,1 +/- 9,0	5 – 42		
	Aantal items goed	19,1 +/- 7,5	2 – 40		
Geheugen	% items goed	56,7 +/- 18,1	17 – 100		
	Episodisch geheugen				
	<i>Conceptual recall</i> ^{f)}	5,0 +/- 1,3	0,5 – 8	4,9 +/- 1,4	0 – 9
	<i>Information recall</i> ^{f)}	16,7 +/- 4,5	1 – 28	17,7 +/- 5,2	0 – 30,5
	<i>Recognition</i>	25,4 +/- 2,0	18 – 30	25,1 +/- 2,5	13 – 30
	Werkgeheugen ^{g)}				
	<i>Direct score</i>	16,7 +/- 7,1	-10 – 33	16,2 +/- 7,3	-13 – 35
	Prospectief geheugen				
	% fout bij neerzetten initialen ^{d)}	84,8		55,0	
	Digit memory span ^{e)}				
Aandacht	<i>Span-length</i>	4,78 +/- 0,63	3,3 – 7,6		
	Vasthoudende aandacht ^{g)}				
	<i>Direct score</i>	102,7 +/- 41,8	-95 – 205	101,7 +/- 42,9	-97 – 222
	Reactie tijd test (ms) ^{e)}	356 +/- 51	256 – 572		
	Wisselende aandacht (SAT) ^{e)}				
	Block:				
	<i>Aantal fouten</i>	0,85 +/- 1,01	0 – 5		
	<i>Reactietijd (ms)</i>	398 +/- 77	244 – 685		
	Arrow:				
	<i>Aantal fouten</i>	1,72 +/- 1,58	0 – 8		
<i>Reactietijd (ms)</i>	554 +/- 107	245 – 949			
Motoriek	Switch:				
	<i>Aantal fouten</i>	10,56 +/- 5,73	0 – 27		
	<i>Reactietijd (ms)</i>	690 +/- 144	247 – 1075		
Perceptuele vaardigheden	Hand-Eye Coordination ^{c)}				
	<i>Deviatie (pixels)</i>	1,76 +/- 0,43	0,77 – 3,13		
Perceptuele vaardigheden	Symbol Digit Substitution ^{c)}				
	<i>Latentie</i>	3,30 +/- 0,56	2,11 – 5,95		

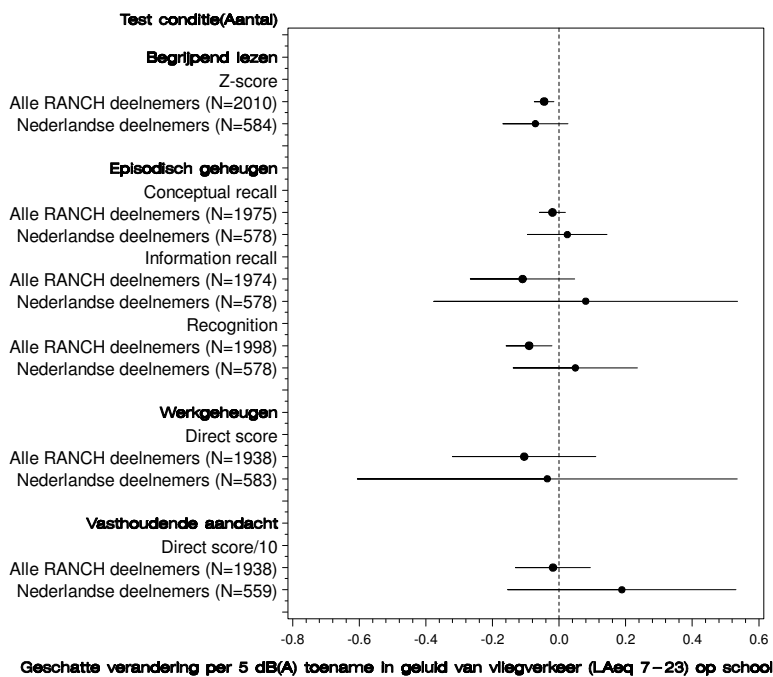
a) Gem = Gemiddelde; Std = Standaarddeviatie. b) Berekend door per kind het verschil met de gemiddelde ruwe score op de leestest te delen door de standaarddeviatie van de ruwe score op de leestest; c) maakt onderdeel uit van de NES-test; d) het percentage kinderen dat zijn/haar initialen niet goed op de aangeduide plekken had neergezet; e) Berekend door de scores op de elk afzonderlijk verhaaltje op te tellen en dit door twee te delen (zie ook paragraaf 3.4.1.1); f) gemeten met behulp van de Letter Detective test (zie ook paragraaf 3.4.1.1); g) Gemeten met behulp van de Toulouse Pieron test (zie ook paragraaf 3.4.1.1).

Tabel 4.5 laat zien dat de gemiddelde score op de Nederlandse leestest 30 CLIB-punten was. Dit was lager dan op grond van de resultaten van hun school op de Eind- en Entree toets mag worden verwacht. Ook de Spaanse en Engelse kinderen scoorden lager op hun leestest dan wat

verwacht mocht worden. In de Nederlandse onderzoeksgroep zette slechts 15% van de kinderen zijn/haar initialen op de juiste manier op de aangeduide plekken neer; in de gehele steekproef deed 45 % dat. Op de overige klassikale testen waren de scores van de Nederlandse kinderen op de verschillende testen vergelijkbaar met de scores van de totale onderzoeksgroep. De scores op de computertesten komen goed overeen met de scores die gevonden zijn tijdens het haalbaarheidsonderzoek rond Schiphol (Emmen et al., 1997).

4.4.2 Relatie tussen cognitie en geluid van vliegverkeer op school

Achtereenvolgens zullen de effecten van geluid van vliegverkeer op school op de klassikale testen (figuur 4.1) en de computertesten (NES) (figuur 4.2) worden gepresenteerd.



Figuur 4.1 De regressie-coëfficiënten en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$) op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van papier-en pen testen, na correctie voor versturende variabelen (zie ook paragraaf 3.5).

Papier- en pen taken

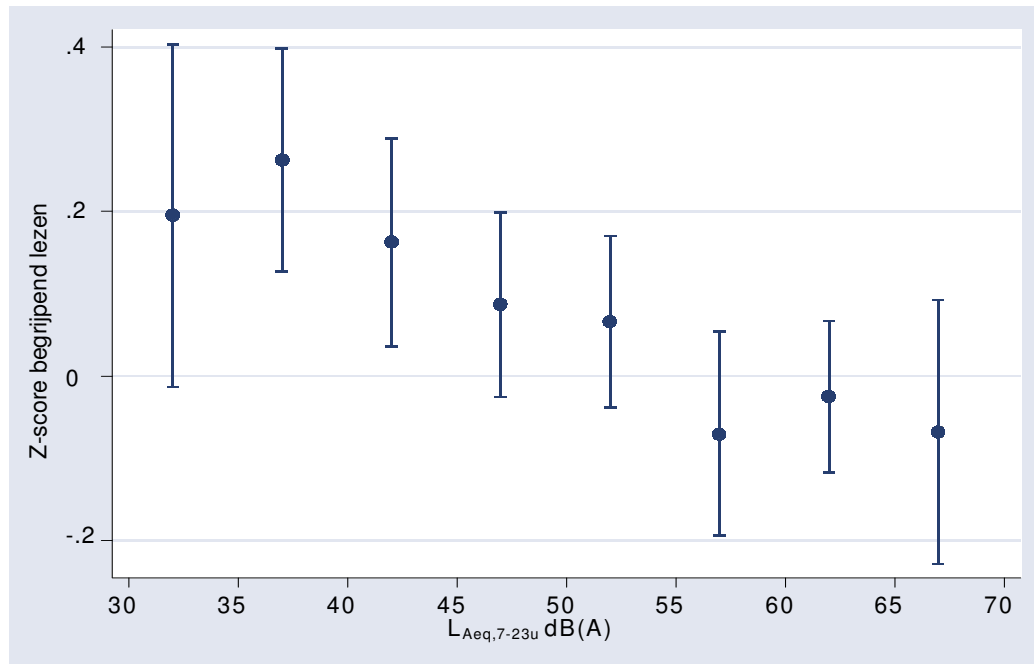
Uit figuur 4.1 blijkt dat zowel onder de Nederlandse deelnemers als onder alle RANCH-deelnemers de z-score van de leestest afneemt naarmate de kinderen naar school gaan in gebieden met een hogere geluidsbelasting door vliegtuigen. In de groep van alle RANCH-deelnemers is deze associatie statistisch significant. Voor de Nederlandse deelnemers geldt dit niet; het Nederlandse resultaat wijkt echter niet af van het resultaat van de analyse op de gehele RANCH-onderzoeksgroep. De associatie is gecorrigeerd voor versturende variabelen zoals sociaal-economische status. Apart is getoetst of de geluidsblootstelling in de klas ten tijde van het testen, de relatie tussen de langdurige blootstelling en de z-score beïnvloedt (niet in de figuur weergegeven); dit is niet het geval.

De blootstelling aan geluid van vliegverkeer is onder alle RANCH-deelnemers negatief geassocieerd met het episodische -en het werkgeheugen: de geheugenfunctie werd slechter bij hogere geluidsniveaus. Alleen de associatie met recognitie is statistisch significant. Voor de Nederlandse deelnemers geldt dit niet. Echter, de Nederlandse resultaten wijken niet statistisch significant af van de resultaten die gevonden zijn in de groep met alle RANCH-deelnemers. Onder zowel alle RANCH-deelnemers als onder alleen de Nederlandse deelnemers worden geen effecten van geluid van vliegverkeer gevonden op vasthoudende aandacht ('Sustained Attention') (zie ook figuur 4.1).

De uitkomstmaat bij de prospectief geheugen test was het al dan niet fout neerzetten van de initialen op de daarvoor aangeduide plekken. In de groep met alle RANCH-deelnemers (N=1958) is een OR voor de toename van 5 dB(A) geschat van 0,93 (95%BI = 0,85 – 1,01) ($p = 0,125$); in de groep met Nederlandse deelnemers (N = 576) is de OR voor de toename van 5 dB(A) geschat op 0,84 (95%BI = 0,60 – 1,18) ($p=0,32$).

Het gevonden effect van geluid van vliegverkeer op begrijpend lezen ($B = -0,01$ per 5 dB(A)) komt voor Nederlandse kinderen overeen met een leesachterstand van circa 1 maand per 5 dB(A) toename van het geluidsniveau. Voor de Engelse kinderen is dit ongeveer 2 maanden per 5 dB(A). Voor de Spaanse kinderen was het niet mogelijk om het effect op lezen om te rekenen naar een leesachterstand.

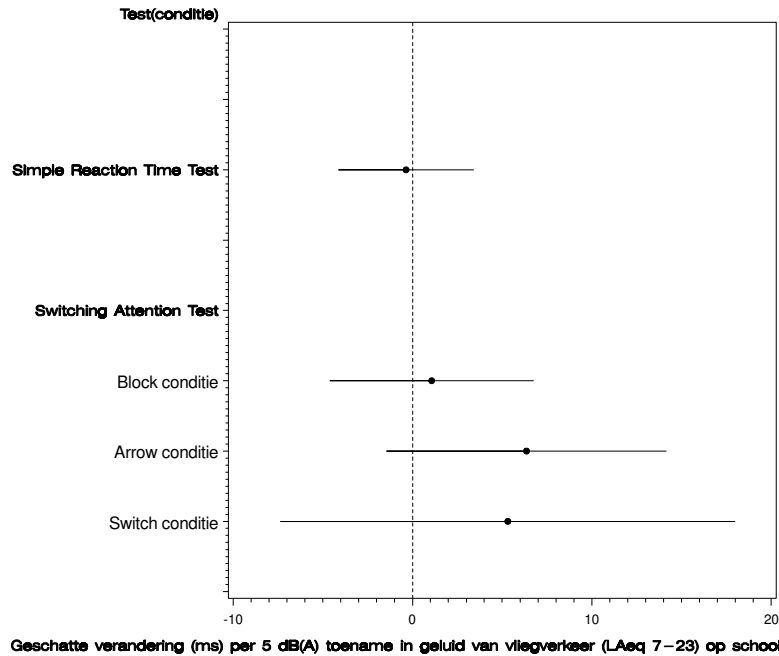
Figuur 4.2. toont de relatie tussen het geluidsniveau van vliegverkeer op school en de z-score van begrijpend lezen voor de RANCH-deelnemers. Op basis van deze figuur kan men zich afvragen of de relatie met geluid lineair is. Daarom is getoetst of de associaties tussen begrijpend lezen en recognitie en het geluidsniveau van vliegverkeer lineair dan wel niet-lineair van aard waren. Het bleek dat het in deze gevallen gaat om relaties die niet statistisch significant afwijken van een lineaire relatie.



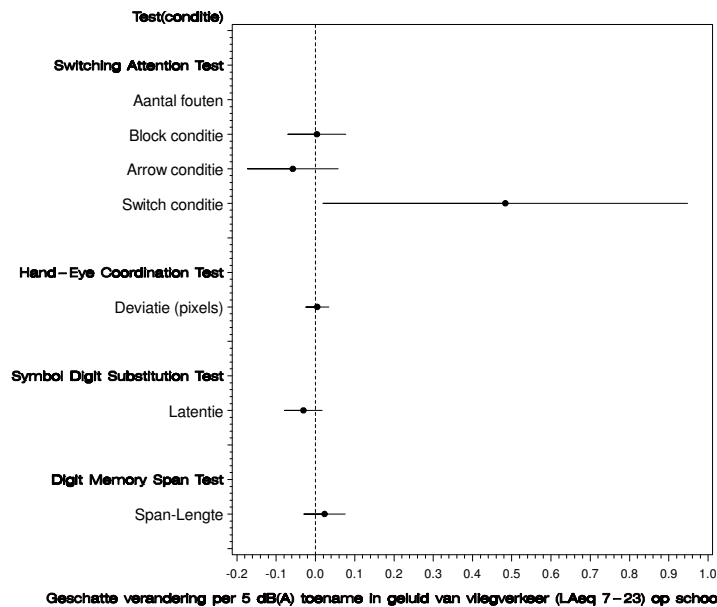
Figuur 4.2 Het gemiddelde en het 95% betrouwbaarheidsinterval van de z-score van de RANCH-deelnemers voor begrijpend lezen, na correctie voor leeftijd en geslacht, in relatie tot de geluidsbelasting van vliegverkeer op school (Zie ook paragraaf 3.4.1.1).

Computer tests.

Bij een deel van de Nederlandse deelnemers zijn computertesten afgenomen. Hierbij werd alleen voor de meest complexe delen van de wisselende aandachtstest ('Switching Attention Test') een relatie met geluid van vliegverkeer op school gevonden: naarmate het geluidsniveau stijgt, neemt het aantal fouten op de switch-conditie toe. Op de overige testen worden geen effecten gevonden (zie ook figuur 4.2a en 4.2b).



Figuur 4.2a De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$) op school en de snelheid van reageren, gemeten met behulp van de Simple Reaction Time Test (SRTT) en de Switching Attention Test, na correctie voor verstorende variabelen (zie ook paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).



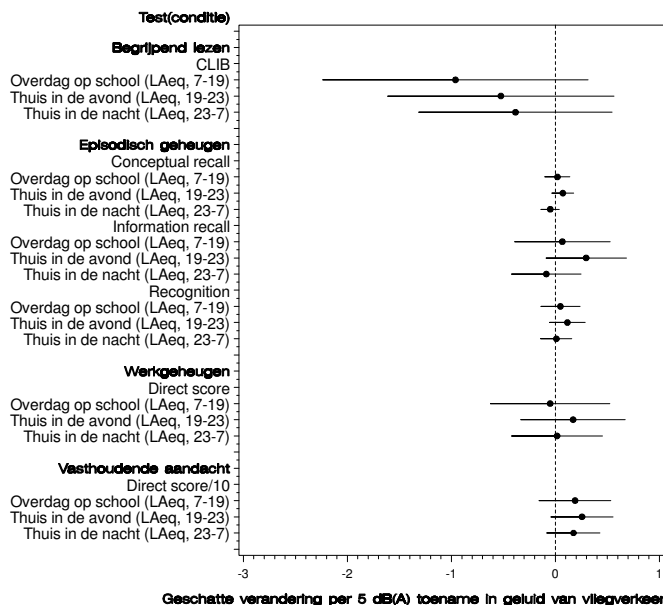
Figuur 4.2b De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$) op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van de Switching Attention Test, de Hand-Eye Coordination Test (HECT), de Symbol Digit Substitution Test (SDST) en de Digit Memory Span test (DMST), na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

4.4.3 Cognitie en geluid van vliegverkeer op het huisadres in vergelijking met school

In figuren 4.3 en 4.4 worden de resultaten van de multi-level analyses van de cognitieve uitkomsten en de verschillende indicatoren voor de geluidsbelasting van vliegverkeer gepresenteerd voor de Nederlandse onderzoeksgroep. Voor de geluidsbelasting op school is ditmaal de $L_{Aeq,7-19u}$ in plaats van de $L_{Aeq,7-23u}$ genomen. In figuur 4.3 is begrijpend lezen ditmaal uitgedrukt als CLIB-score. Tabel 4.6 geeft de geschatte OR aan voor het relatie tussen prospectief geheugen en de verschillende indicatoren voor de geluidsbelasting van vliegverkeer.

Papier- en pen taken

Begrijpend lezen lijkt wat sterker gerelateerd te zijn aan de geluidsbelasting op school dan die op het huisadres. Echter, vanwege de hoge correlatie tussen de geluidsbelastingsmaten berusten de in figuur 4.3 waargenomen verschillen waarschijnlijk op toeval. Bij de overige eindpunten in figuur 4.3 en tabel 4.6 zijn (in vergelijking met begrijpend lezen) minder sterke en minder eenduidige associaties waargenomen. Geen van de gevonden associaties waren statistisch significant.



Figuur 4.3. De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres en op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van papier- en pen testen, na correctie voor versturende variabelen (zie ook paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

Voor de gehele onderzoeksgroep (alle RANCH-deelnemers) hadden we voor het huisadres de beschikking over de blootstelling aan geluid van vliegverkeer voor de periodes van 7 tot 23

uur ($L_{Aeq, 7-23u}$) en 23 tot 7 uur ($L_{Aeq, 23-7u}$). Er wordt een negatief verband gevonden tussen de blootstelling aan vliegverkeer op het huisadres (voor zowel de $L_{Aeq, 7-23u}$ als de $L_{Aeq, 23-7u}$) en de z-score van de leestest. Dit betekent dat de score op de leestest afneemt (ongunstig effect) naarmate het geluidsniveau toeneemt. De gevonden effectgroottes komen overeen met wat is gevonden in relatie tot de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school. Verder bleek dat de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres negatief was geassocieerd met het episodisch geheugen en het werkgeheugen. Dit betekent dat de score op deze testen afneemt naarmate het geluidsniveau stijgt. Uiteindelijk was alleen de associatie met recognitie statistisch significant. Dit was het geval voor zowel de $L_{Aeq, 7-23u}$ als de $L_{Aeq, 23-7u}$. De gevonden effectgroottes komen overeen met wat is gevonden in relatie tot de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school. De resultaten van de analyse op de Nederlandse onderzoeksgroep wijken niet af van de resultaten van de analyse op de gehele RANCH-onderzoeksgroep. Er wordt geen effect van geluid van vliegverkeer op het huisadres op de vasthoudende aandacht gevonden.

*Tabel 4.6. De Odds Ratio's per toename van 5 dB(A) met 95% betrouwbaarheidsinterval voor het prospectief geheugen in relatie tot de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en thuis, na correctie voor versturende variabelen *)*

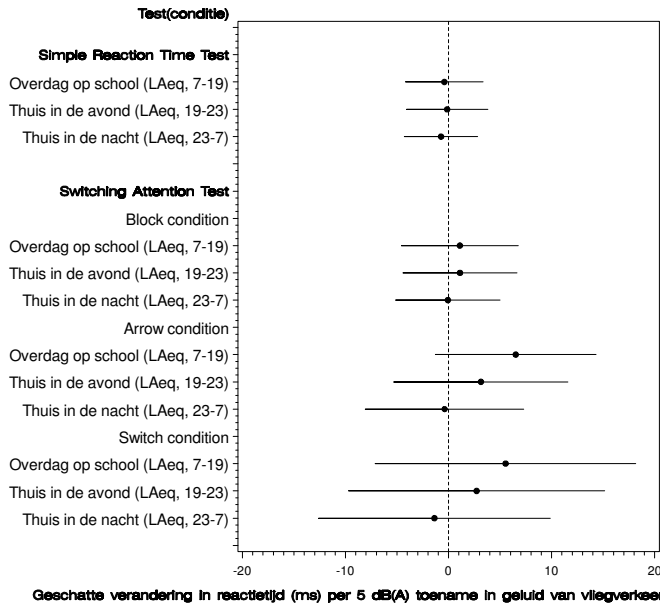
Locatie	Geluidsindicator	N	OR (95% BI) (p)
Op school	$L_{Aeq, 7-19 u}$	576	0,84 (0,60 – 1,17) (0,29)
Thuis	$L_{Aeq, 19-23 u}$	570	1,03 (0,77 – 1,37) (1,00)
	$L_{Aeq, 23-7u}$		0,87 (0,67 – 1,13) (0,25)

Afkortingen: OR = Odds Ratio; 95% BI = 95% betrouwbaarheidsinterval; p = de p-waarde verkregen met behulp van de χ^2 toets. *) correctie voor geluid van wegverkeer op school/thuis, leeftijd, geslacht, beglazing, sociaal-economische status (hoogste opleiding moeder, beroepsstatus, woningeigendom, ruimtegebrek), chronische ziekte, handicap of aandoening, ouderlijke steun, taal die thuis wordt gesproken, beglazing op school/thuis.

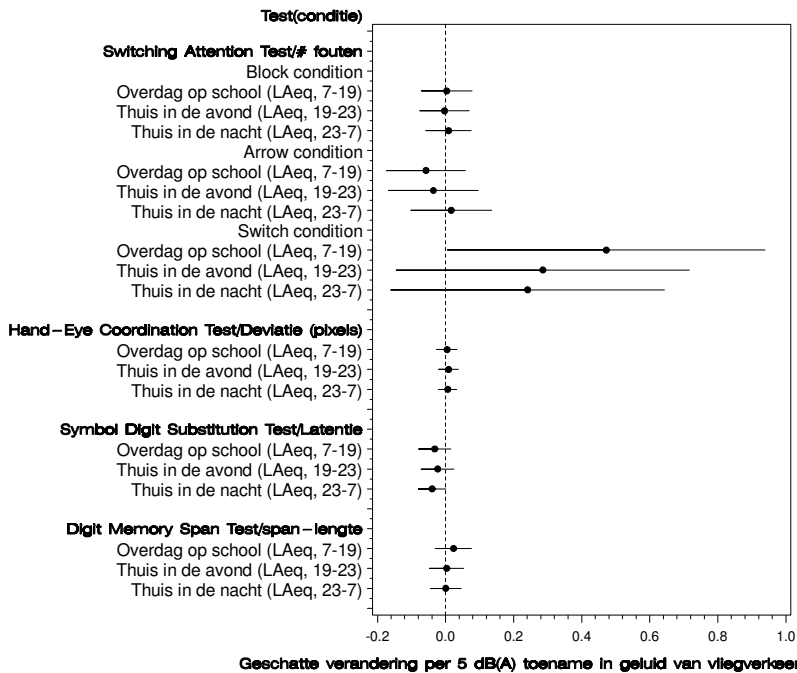
Computertesten

Met betrekking tot reactie snelheid (zie figuur 4.4.a) worden alleen op de voor de arrow- en switch conditie effecten gevonden in relatie tot de blootstelling aan geluid van vliegverkeer overdag op school ($L_{Aeq, 7-19u}$): bij een toename van het geluidsniveau neemt de reactie tijd toe; de kinderen reageren langzamer ten gevolge van een toename in geluidsniveau. Geen van de gevonden associaties was statistisch significant.

Bij de in figuur 4.4.b gepresenteerde tests wordt uitsluitend bij de meest complexe delen van de aandachtstest een effect van geluid van vliegverkeer gevonden. Uit de figuur blijkt dat bij een toename van het geluid van vliegverkeer overdag op school het aantal fouten op de switch conditie toeneemt. Deze toename is statistisch significant.

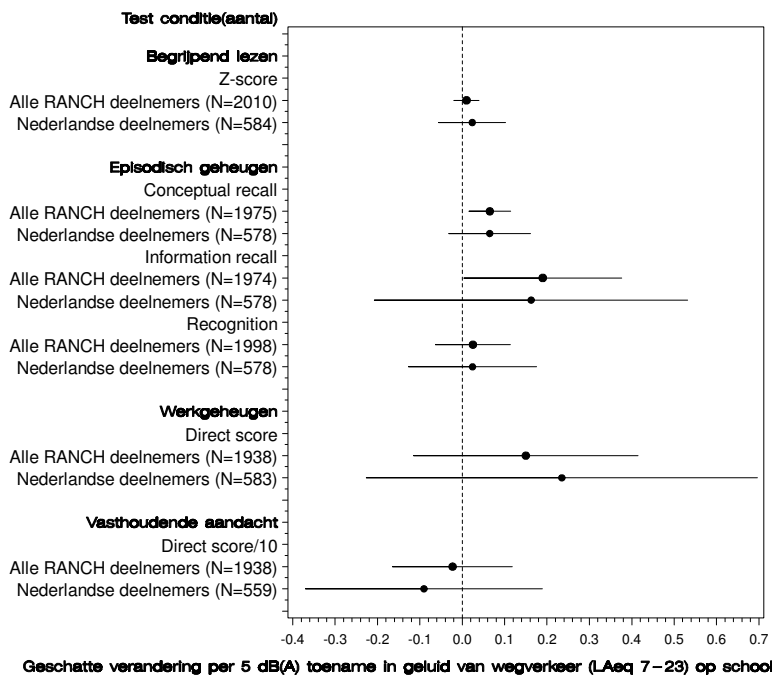


Figuur 4.4.a. De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres en op school en de snelheid van reageren, gemeten met behulp van de Simple Reaction Time Test (SRTT) en de Switching Attention Test, na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).



Figuur 4.4.b. De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres en op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van de Switching Attention Test, de Hand-Eye Coordination Test (HECT), de Symbol Digit Substitution Test (SDST) en de Digit Memory Span test (DMST) na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

4.4.4 Relatie tussen cognitie en geluid van wegverkeer op school



Figuur 4.5 De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer ($L_{Aeq, 7-23}$ u) op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van papier-en pen testen, na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5).

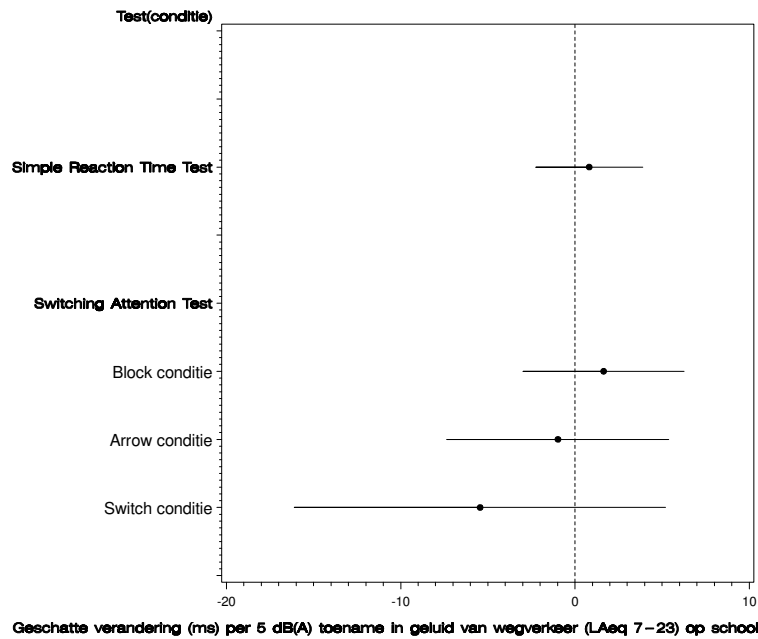
Papier-en pen taken

Uit figuur 4.5 blijkt dat in de groep met alle RANCH deelnemers de blootstelling aan geluid van wegverkeer is geassocieerd met information recall en conceptual recall (beide onderdeel van het episodisch geheugen): De score op deze tests neemt statistisch significant toe (gunstig effect) naarmate de kinderen naar school gaan in gebieden met een hogere geluidsbelasting door wegverkeer. In de groep met alleen de Nederlandse deelnemers zijn geen statistisch significante associaties gevonden; het Nederlandse resultaat wijkt echter niet af van het resultaat van de analyse op de gehele RANCH-onderzoeksgroep. Ook voor werkgeheugen wordt een verbetering gevonden ten gevolge van de blootstelling aan geluid van wegverkeer. In geen van beide groepen was deze associatie statistisch significant.

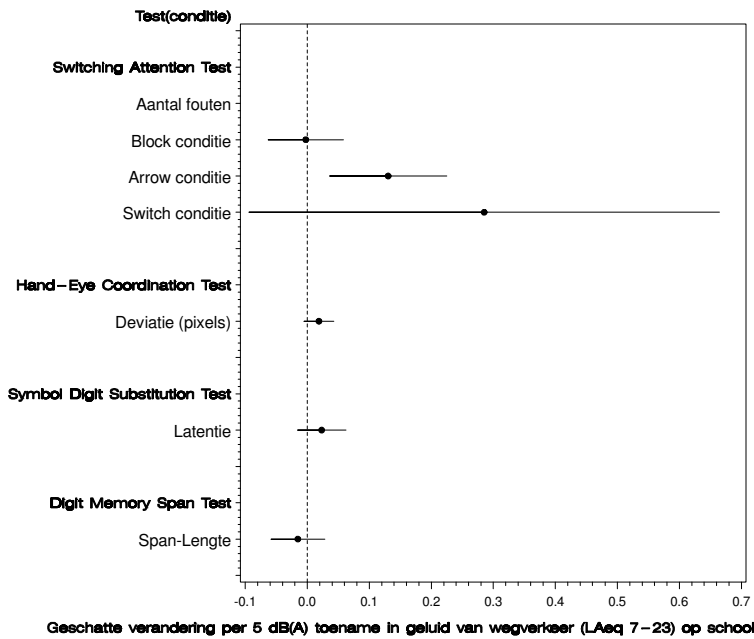
Voor vasthoudende aandacht ('sustained attention') wordt een verslechtering gevonden ten gevolge van de blootstelling aan geluid van wegverkeer. In geen van beide groepen was deze associatie statistisch significant. Prospectief geheugen blijkt niet geassocieerd te zijn met geluid van wegverkeer; de kans op het maken van een fout bij het neerzetten van zijn/haar initialen verandert niet naarmate een kind naar een school gaat in een gebied met een hogere geluidsbelasting. Onder de groep met alle RANCH-deelnemers (N=1958) is een OR voor de toename van 5 dB(A) van 1,04 (95% BI = 0,92 – 1,16) ($p = 0,14$) geschat; voor de Nederlandse deelnemers (N=576) is de OR voor de toename van 5 dB(A) 1,06 (95% BI = 0,81 – 1,40) ($p = 0,65$).

Computertesten

Met betrekking tot reactiesnelheid (zie figuur 4.6.a) worden geen statistisch significante effecten ten gevolge van geluid van wegverkeer gevonden.



Figuur 4.6.a De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$) op school en de snelheid van reageren, gemeten met behulp van de Simple Reaction Time Test (SRTT) en de Switching Attention test, na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

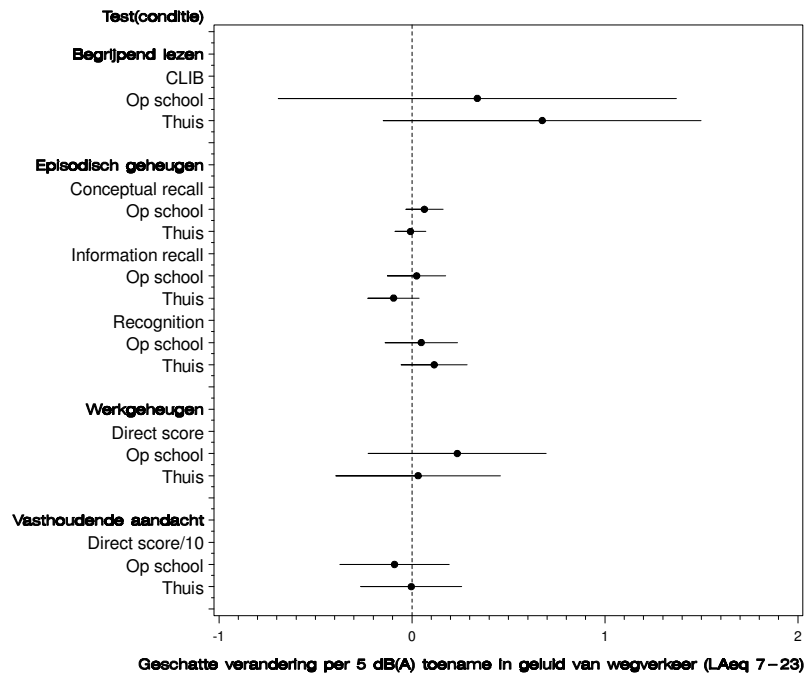


Figuur 4.6.b De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$) op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van de Switching Attention Test, de Hand-Eye Coordination Test (HECT), de Symbol Digit Substitution Test (SDST) en de Digit Memory Span test (DMST), na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

Bij de in figuur 4.6.b. gepresenteerde tests wordt een statistisch significante associatie gevonden tussen geluid van wegverkeer en het aantal fouten dat gemaakt wordt tijdens de arrow-conditie van de wisselende aandachtstest (SAT). Kinderen die naar school gaan in gebieden met een hogere geluidsbelasting door wegverkeer maken meer fouten.

4.4.5 De relatie tussen cognitie en geluid van wegverkeer op het huisadres in vergelijking met school

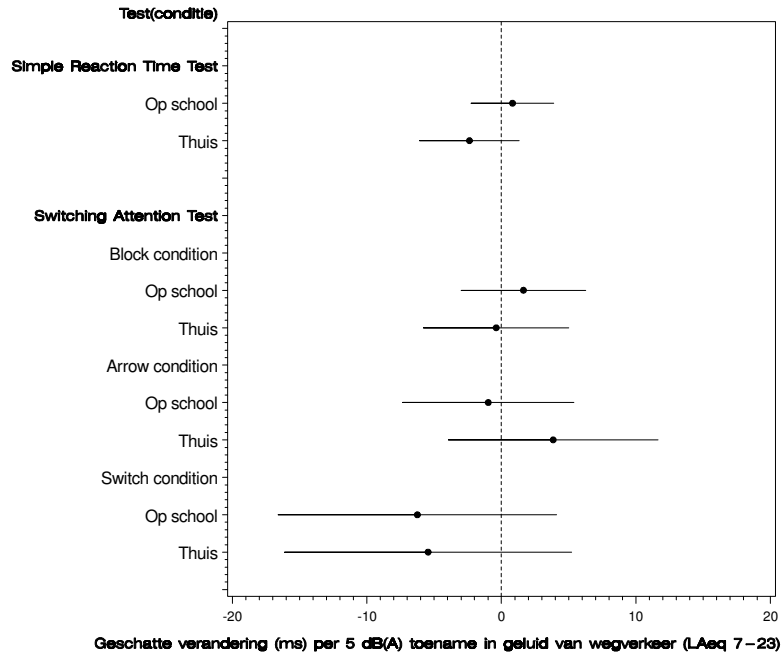
Figuur 4.7 en 4.8 geven de samenhang weer tussen de geluidsbelasting van wegverkeer op het huis- en schooladres en de verschillende cognitieve uitkomsten voor de Nederlandse onderzoeksgroep. Hierbij zij opgemerkt dat begrijpend lezen is uitgedrukt als CLIB-score.



Figuur 4.7. De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer op het huisadres ($L_{Aeq, 7-23u}$) en op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van papier- en pen testen, na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

Papier-en pen taken

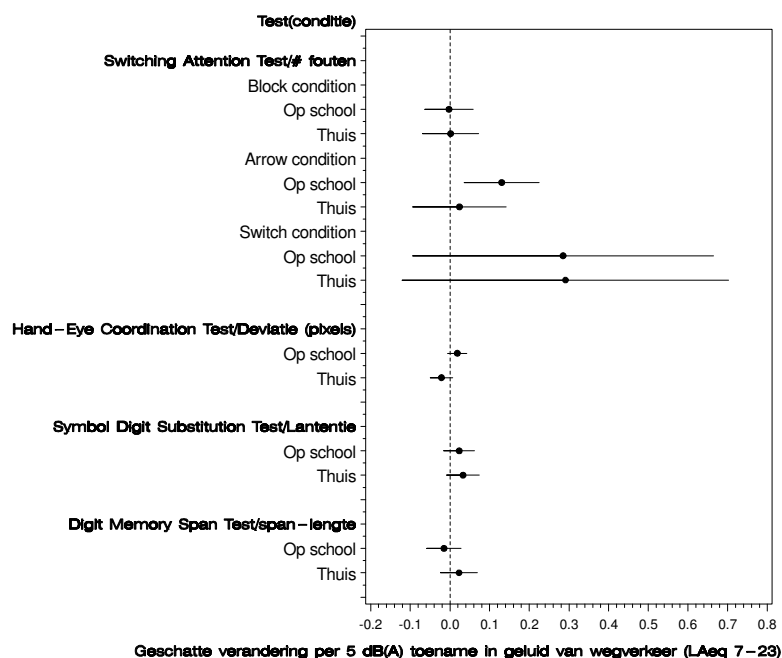
Er worden geen effecten gevonden van geluid van wegverkeer op het huisadres op geheugen (prospectief, episodisch en werkgeheugen) en vasthoudende aandacht.



Figuur 4.8.a. De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer ($L_{Aeq, 7-23u}$) op het huisadres en op school en de snelheid van reageren, gemeten met behulp van de Simple Reaction Time Test (SRTT) en de Switching Attention Test, na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

Computertesten

Geluid van wegverkeer op het huisadres hangt niet statistisch significant samen met een van de cognitieve uitkomsten, die zijn gemeten met behulp van de computertesten (zie ook figuur 4.8a. en 4.8.b).



Figuur 4.8.b. De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer ($L_{Aeq, 7-23u}$) op het huisadres en op school en verschillende cognitieve uitkomsten, gemeten met behulp van de Switching Attention test, de Hand-Eye Coordination Test (HECT), de Symbol Digit Substitution Test (SDST) en de Digit Memory Span test (DMST) na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5) (data Nederlandse onderzoeksgroep).

4.4.6 De invloed van beglazing

Voor Nederland is apart getoetst of het type beglazing van het klaslokaal van invloed is op de relatie tussen geluid en lezen. Uit deze analyse bleek dat het type beglazing niet van invloed was op de score op de leestest; evenmin wordt de relatie tussen geluid en lezen niet gemodificeerd door het type beglazing: de interactie tussen geluid en type beglazing was niet statistisch significant. Er is een redelijke correlatie tussen geluid van vliegverkeer op school en het type beglazing (zie ook tabel 4.7) ($r_{\text{pearson}} \approx 0,3$).

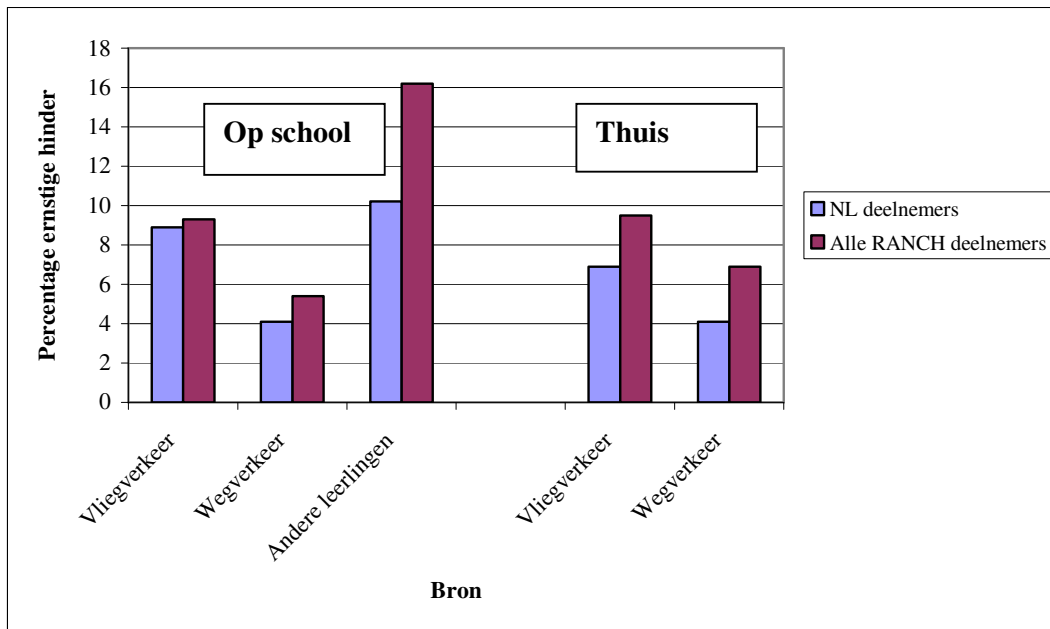
Tabel 4.7. De geluidsbelasting op de Nederlandse scholen, opgesplitst naar het type beglazing van het klaslokaal

Type beglazing (aantal scholen) →	Enkele beglazing (N=15)	Dubbele beglazing (N=14)	Driedubbele beglazing (N=4)
Geluidsbelasting op school in dB(A)			
Vliegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$)	48,2 +/- 5,7	50,0 +/- 8,4	55,7 +/- 3,5
Wegverkeer ($L_{Aeq, 7-23 u}$)	49,5 +/- 8,3	49,6 +/- 9,2	52,3 +/- 3,6

4.5 Het effect van geluid op hinder

4.5.1 Kengetallen

In figuur 4.9 worden de resultaten voor hinderbeleving voor zowel de Nederlandse deelnemers als alle RANCH-deelnemers gepresenteerd.

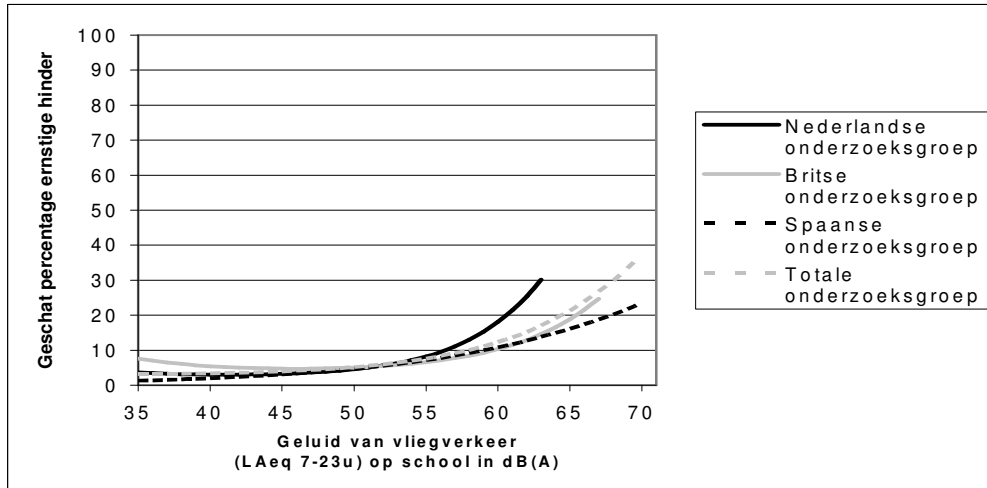


Figuur 4.9 Het percentage ernstige hinder thuis en op school bij de RANCH-deelnemers.

De Nederlandse deelnemers ondervinden minder hinder in vergelijking met alle RANCH-deelnemers.

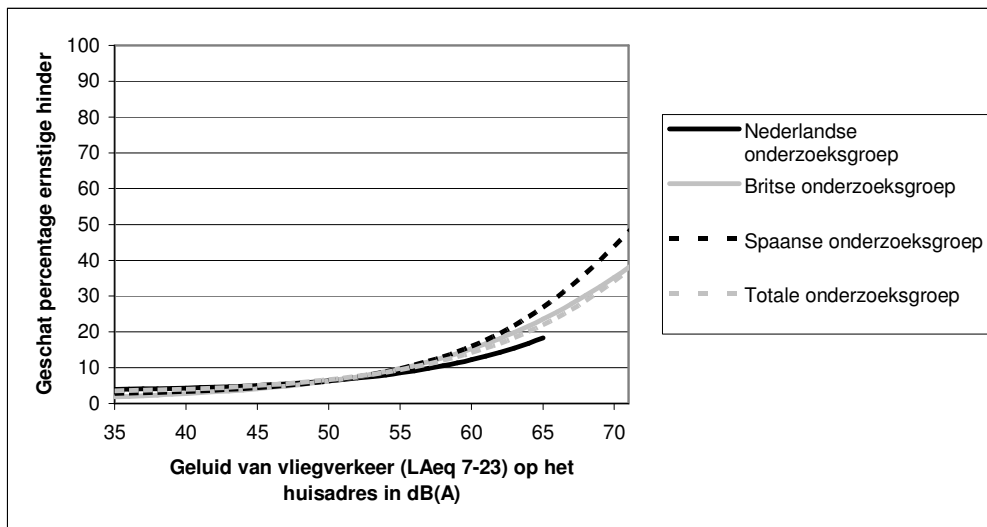
4.5.2 Relatie tussen hinderbeleving en geluid van vliegverkeer op school

De blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school is statistisch significant gerelateerd aan het percentage ernstige hinder. De Nederlandse resultaten wijken statistisch significant af van die van de resultaten gevonden onder alle RANCH-deelnemers: Onder de Nederlandse deelnemers zijn er bij een geluidsniveau van 55 dB(A) en hoger meer kinderen ernstig gehinderd dan onder de Engelse en Spaanse deelnemers. Ter verduidelijking wordt in figuur 4.10 de relatie weergegeven tussen geluid van vliegverkeer op school en het percentage ernstige hinder voor de verschillende onderzoeksgroepen.



Figuur 4.10 De relatie tussen de geluidsbelasting op school en het percentage ernstige hinder, gerapporteerd door de in RANCH-deelnemende kinderen voor geluid van vliegverkeer.

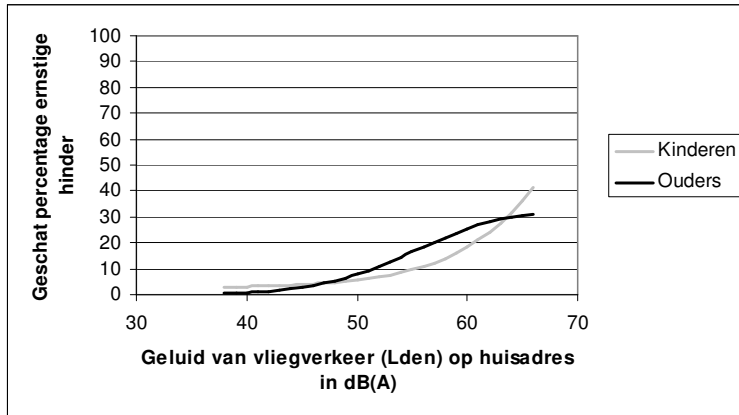
4.5.3 Relatie tussen hinderbeleving en geluid van vliegverkeer op het huisadres



Figuur 4.11 De relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres ($L_{Aeq, 7-23u}$) en het geschatte percentage ernstige hinder, gerapporteerd door de in RANCH deelnemende kinderen .

Geluid van vliegverkeer op het huisadres is statistisch significant geassocieerd met het percentage ernstige hinder. Ter verduidelijking wordt in figuur 4.11 de relatie weergegeven tussen geluid van vliegverkeer op thuis en het percentage ernstige hinder voor de verschillende

onderzoeksgroepen. Voor geluid van vliegverkeer op het huisadres wijken de Nederlandse resultaten niet af van de totale groep.

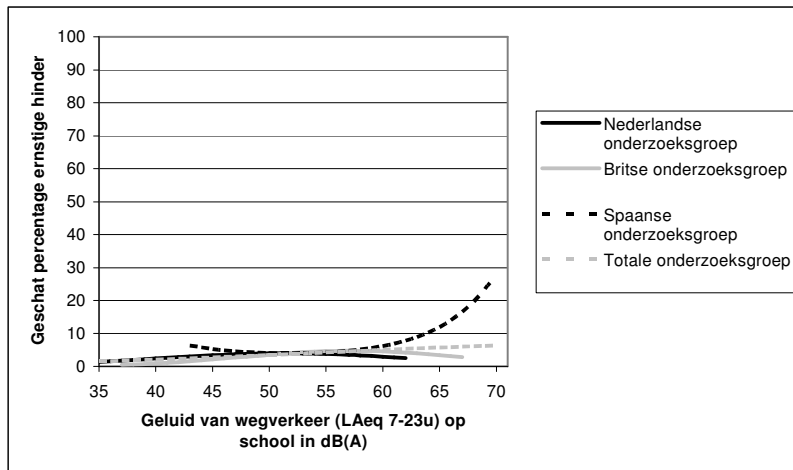


Figuur 4.12 De relatie tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres (L_{den}) en het geschatte percentage ernstige hinder, gerapporteerd door de in Nederland deelnemende kinderen en hun ouders.

In figuur 4.12 is de relatie tussen geluid van vliegverkeer op het huisadres en het geschatte percentage ernstige hinder gerapporteerd door kinderen en hun ouders/verzorgers uitgezet voor de L_{den} van vliegverkeer. Geluid van vliegverkeer op het huisadres is zowel voor de kinderen als hun ouders statistisch significant geassocieerd met het percentage ernstige hinder. Bij kinderen vindt bij hogere geluidsniveaus (meer dan 55 dB(A)) de sterkste toename van de hinder plaats, terwijl dit bij de ouders al bij lagere geluidsniveaus begint.

4.5.4 Relatie tussen hinderbeleving en geluid van wegverkeer op school

In figuur 4.13 wordt de relatie weergegeven tussen geluid van wegverkeer op school en het percentage ernstige hinder door de verschillende onderzoeksgroepen. Het percentage kinderen met ernstige hinder hangt in Nederland en Engeland niet samen met het geluidsniveau van wegverkeer op school; in Spanje werd wel een statistisch significant verband gevonden. Een mogelijke verklaring hiervoor zijn de relatief hoge geluidsniveaus door wegverkeer in Madrid.

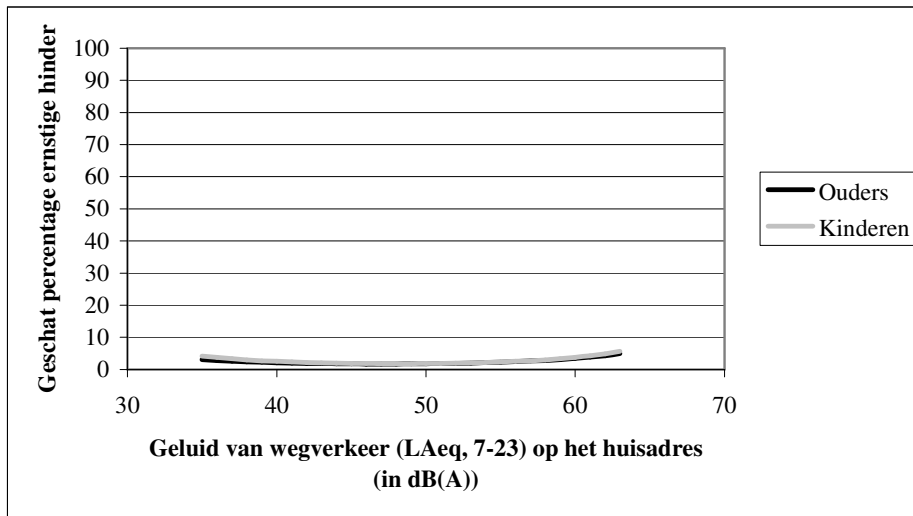


Figuur 4.13 De relatie tussen de geluidsbelasting op school en het percentage ernstige hinder, gerapporteerd door de in RANCH deelnemende kinderen voor geluid van wegverkeer.

Wanneer figuur 4.10 en 4.13 met elkaar worden vergeleken, dan blijkt dat de vorm van de relatie tussen geluid en ernstige hinder verschilt tussen de twee bronnen. Het geluid van vliegverkeer op school ervaren de kinderen bij gelijke geluidsbelasting als hinderlijker dan het geluid van wegverkeer op school.

4.5.5 Relatie tussen hinderbeleving en geluid van wegverkeer op het huisadres

In figuur 4.14 is de relatie tussen geluid van wegverkeer op het huisadres en het geschatte percentage ernstige hinder van kinderen en ouders/verzorgers uitgezet voor de $L_{Aeq, 7-23u}$ van wegverkeer.



Figuur 4.14 De relatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer op het huisadres ($L_{Aeq, 7-23}$) en het geschatte percentage ernstige hinder, gerapporteerd door de in Nederland deelnemende kinderen en hun ouders.

De verschillen in blootstelling-respons relatie tussen kinderen en ouders zijn klein. De blootstelling aan geluid van wegverkeer op het huisadres is zowel bij de kinderen als hun ouders nauwelijks gerelateerd aan het percentage ernstige hinder.

4.6 Het effect van geluid op de bloeddruk

4.6.1 Kengetallen

In tabel 4.8 worden de resultaten voor de bloeddrukmetingen en een aantal fysieke kenmerken van de kinderen voor zowel de Nederlandse als de Engelse onderzoeksgroep gepresenteerd.

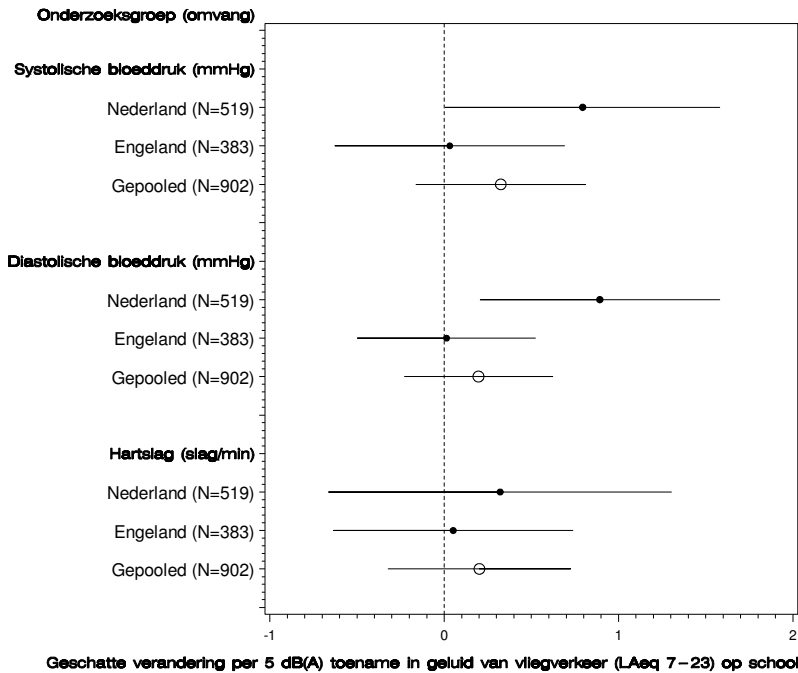
Tabel 4.8. Beschrijvende statistiek van de bloeddruk metingen en de biometrie voor de Nederlandse en de Engelse deelnemers

Domein	Omschrijving	Nederlandse RANCH deelnemers		Engelse RANCH deelnemers			
		%	Gem +/- Std ^{a)}	Range	%	Gem +/- Std ^{a)}	Range
Biometrie	Gewicht (kg)		38,4 +/- 7,3	23,8 - 87,5		36,9 +/- 8,6	18,8 - 68,8
	Lengte (cm)		147 +/- 6	129 - 167		140 +/- 7	121 - 160
	Prematuur ^{c)}	3,7			14,5		
	Geboortegewicht (gr)		3485 +/- 785	1530 - 9400		3216 +/- 686	822 - 8108
	Geboortegewicht < 2500 gr	7,6			12,3		
Bloeddruk ^{b)}	Systolisch (mmHg)		105,1 +/- 10,7	72,7 - 142,7		108,3 +/- 9,6	83,7 - 140,7
	Diastolisch. (mmHg)		65,6 +/- 8,7	43,3 - 94,0		67,3 +/- 7,6	46,0 - 105,7
	Hartslag (#slagen/min)		80,5 +/- 10,9	51,7 - 125,0		90,0 +/- 11,3	62,7 - 127,0

a) Gem = Gemiddelde; Std = Standaarddeviatie; b) Gemiddelde over 3 metingen; c) Een kind is prematuur wanneer het geboren is voor week 36 van de zwangerschap;

De gemiddelde systolische en diastolische bloeddruk verschillen nauwelijks tussen beide onderzoeksgroepen. De bloeddruk bij kinderen wordt als hoog beschouwd wanneer de systolische bloeddruk groter of gelijk is dan 135 mmHg en/of de diastolische bloeddruk groter of gelijk is aan 85 mmHg. Dit kwam voor bij 21 (3 %) kinderen in de Nederlandse onderzoeksgroep en 9 (1 %) kinderen in de Engelse onderzoeksgroep. Uit tabel 4.8 blijkt dat de Engelse onderzoeksgroep gemiddeld een lager geboortegewicht heeft en een hoger percentage kinderen dat voor week 36 van de zwangerschap is geboren.

4.6.2 Relatie tussen bloeddruk en geluid van vliegverkeer op school



Figuur 4.15 De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de bloeddruk en de hartslag per 5 dB(A) verandering in de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school ($L_{Aeq, 7-23u}$), na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5).

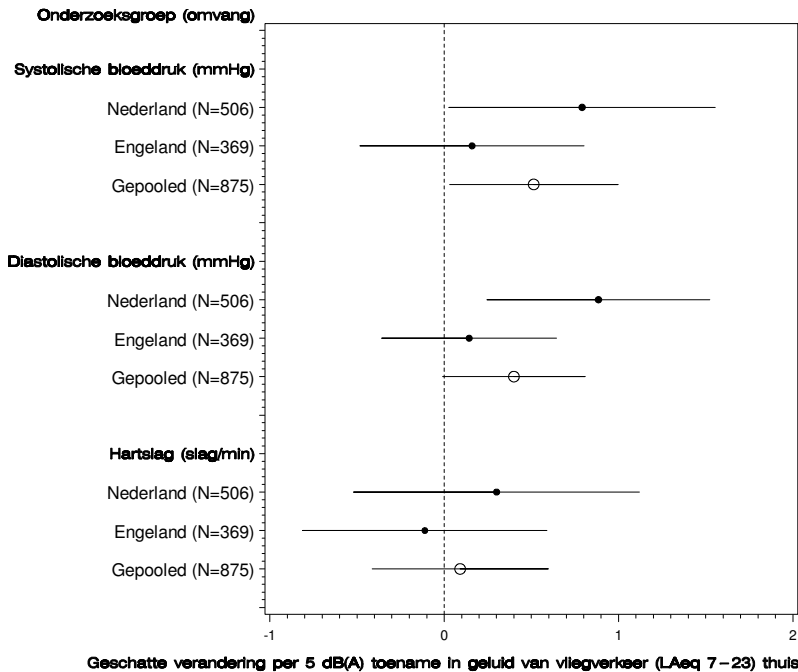
In de Nederlandse onderzoeksgroep wordt een positieve en statistisch significante associatie tussen geluid van vliegverkeer op school en de systolische bloeddruk gevonden ($\chi^2 = 4,5$, $df=1$, $p=0,03$): naarmate het geluidsniveau toeneemt, stijgt de bloeddruk. Er wordt geschat dat een toename van het geluidsniveau met 5 dB(A) leidt tot een stijging van de systolische bloeddruk met 0,79 mmHg (95% BI = 0,01 – 1,58). In de Engelse onderzoeksgroep wordt geen effect van geluid van vliegverkeer op school op de systolische bloeddruk gevonden. De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide groepen. Na samenvoeging van de beide onderzoeksgroepen, blijkt dat systolische bloeddruk positief, maar niet statistisch significant is gerelateerd aan het geluidsniveau van vliegverkeer op school.

In Nederland is de associatie tussen geluidbelasting door vliegverkeer en de diastolische bloeddruk statistisch significant ($\chi^2 = 7,2$, $df = 1$, $p=0,01$). Er wordt geschat dat een toename van het geluidsniveau met 5 dB(A) leidt tot een stijging van de diastolische bloeddruk met 0,89 mmHg (95% BI = 0,21 – 1,58). Het gevonden resultaat in Nederland wijkt statistisch significant af van het resultaat onder de Engelse deelnemers ($\chi^2 = 6$, $df = 1$, $p = 0,01$). Na samenvoeging van beide onderzoeksgroepen wordt weliswaar een positieve associatie gevonden, maar deze is niet statistisch significant.

In beide onderzoeksgroepen wordt een positieve, maar niet statistisch significante associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en de hartslag. Dit blijft het geval nadat beide onderzoeksgroepen zijn samengevoegd.

4.6.3 Relatie geluid van vliegverkeer op het huisadres en bloeddruk

Voor wat betreft de effecten van geluid van vliegverkeer op het huisadres wordt onderscheid gemaakt tussen de dag-avond periode en de nacht-periode.



Figuur 4.16 De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de bloeddruk en de hartslag per 5 dB(A) verandering in de blootstelling aan geluid van vliegverkeer ($L_{Aeq, 7-23u}$) op het huisadres, na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5).

De dag-avond periode

In Nederland wordt een positieve en statistisch significante associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres en de systolische bloeddruk tijdens de dag-avond periode (zie ook figuur 4.16). Er wordt geschat dat een toename van het geluid van 5 dB(A) leidt tot een stijging van 0,79 (95%BI = 0,03 – 1,55) mmHg. In de Engelse onderzoeksgroep wordt een veel kleinere toename van de systolische bloeddruk gevonden ten gevolge van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres; deze toename is niet statistisch significant. De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 2,5$, $df = 1$, $p = 0,11$). Na samenvoeging van de Nederlandse en Engelse onderzoeksgroepen, blijkt dat systolische bloeddruk positief, en statistisch significant is gerelateerd aan het geluidsniveau van vliegverkeer op het huisadres ($L_{Aeq, 7-23 u}$) ($\chi^2 = 4,5$, $df = 1$, $p = 0,03$). Er wordt geschat dat een toename van het geluidsniveau met 5 dB(A) leidt tot

een stijging van de systolische bloeddruk met 0,51 (95% BI = 0,03 – 1,00) mmHg (zie figuur 4.16).

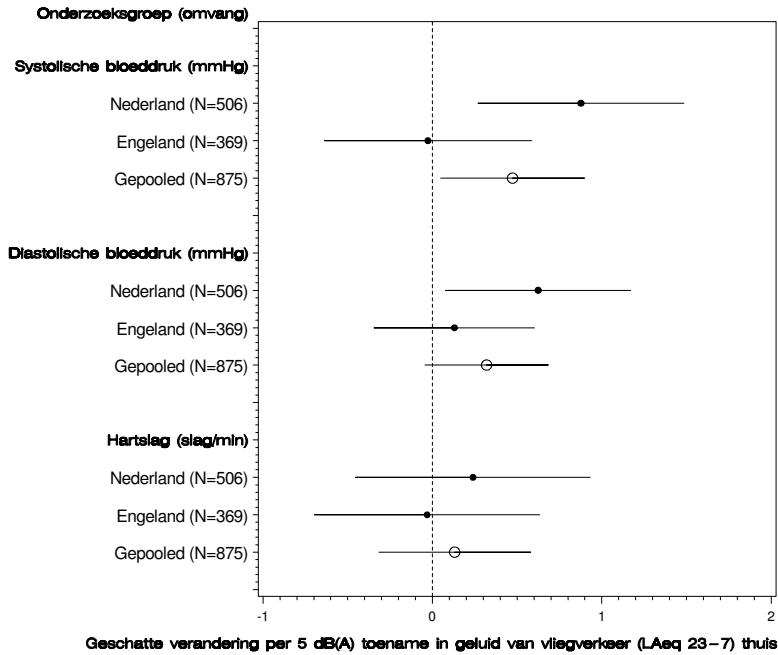
De samenhang tussen geluid van vliegverkeer op het huisadres en diastolische bloeddruk is, na samenvoeging van beide onderzoeksgroepen, significant ($\chi^2 = 3,8$, $df = 1$, $p = 0,05$). In Nederland is de associatie tussen geluidbelasting door vliegverkeer thuis en de diastolische bloeddruk statistisch significant ($\chi^2 = 7,6$, $df = 1$, $p = 0,01$). Er wordt geschat dat een toename van het geluidsniveau met 5 dB(A) leidt tot een stijging van de diastolische bloeddruk met 0,89 (95%BI= 0,25 – 1,52) mmHg. Het gevonden resultaat in Nederland wijkt significant af van het resultaat onder de Engelse deelnemers ($\chi^2 = 5,6$, $df = 1$, $p = 0,02$).

De nacht periode

Na samenvoeging van de Nederlandse en de Engelse onderzoeksgroep wordt een positieve en statistisch significante associatie gevonden tussen geluid van vliegverkeer tijdens de nacht en de systolische bloeddruk (zie ook figuur 4.17). Er is geschat dat tengevolge van een toename van het geluid van 5 dB(A), de systolische bloeddruk met 0,47 (95%BI = 0,05 – 0,90) mmHg stijgt. In de Nederlandse onderzoeksgroep wordt een positieve en statistisch significante associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer tijdens de nacht en de systolische bloeddruk. Er wordt geschat dat een toename van het geluid van 5 dB(A) leidt tot een stijging van 0,89 (95%BI = 0,27 – 1,48) mmHg. In de Engelse onderzoeksgroep wordt geen associatie gevonden. De gevonden resultaten wijken statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 4,5$, $df = 1$, $p = 0,03$).

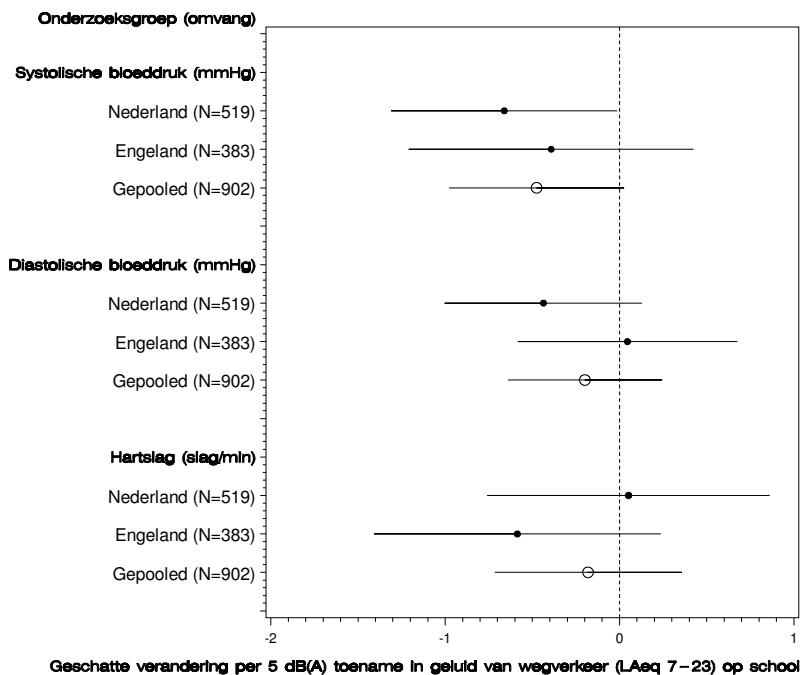
In beide onderzoeksgroepen wordt een positieve associatie gevonden tussen geluid van vliegverkeer tijdens de nacht en de diastolische bloeddruk. Alleen in de Nederlandse onderzoeksgroep was deze associatie statistisch significant: er is een stijging van 0,62 (95%BI = 0,08 – 1,17) mmHg per 5 dB(A) gevonden. De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 3,7$, $df = 1$, $p = 0,05$).

Na samenvoeging van beide groepen, werd een positieve, maar statistisch niet significante associatie gevonden tussen nachtelijk geluid van vliegverkeer en de hartslag. In de Nederlandse onderzoeksgroep wordt een positieve associatie tussen geluid van vliegverkeer tijdens de nacht en de hartslag gevonden; deze was niet statistisch significant. In de Engelse onderzoeksgroep werd een geen associatie gevonden. De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 0,1$, $df = 1$, $p = 0,75$).



Figuur 4.17 De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de bloeddruk en de hartslag per 5 dB(A) verandering in de blootstelling aan geluid van vliegverkeer ($L_{Aeq, 23-7u}$) op het huisadres gedurende de nacht, na correctie voor verstorende variabelen (zie paragraaf 3.5).

4.6.4 Relatie geluid van wegverkeer op school en bloeddruk



Figuur 4.18 De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor bloeddruk per 5 dB(A) verandering in de blootstelling aan geluid van wegverkeer op school, na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5).

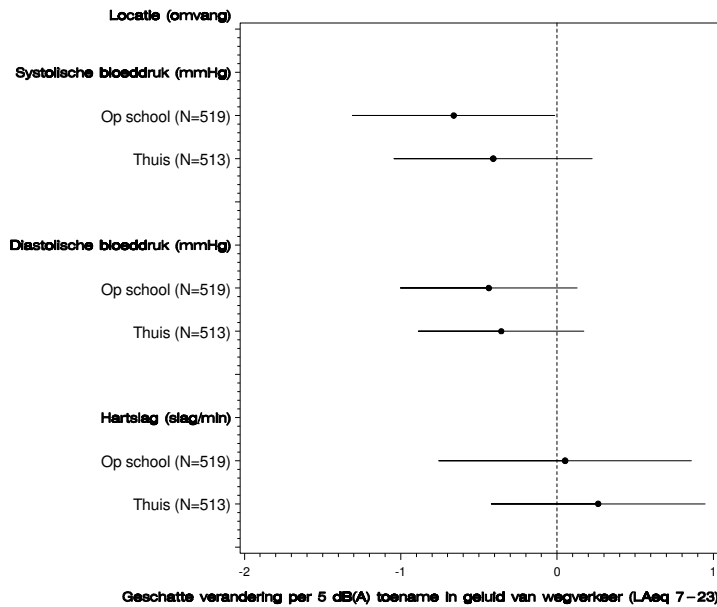
Na samenvoeging van de data van beide onderzoeksgroepen, wordt een negatieve, maar statistisch niet significante associatie gevonden tussen geluid van wegverkeer op school en de systolische bloeddruk. In zowel de Nederlandse als de Engelse onderzoeksgroep wordt een negatieve associatie gevonden tussen geluid van wegverkeer op school en systolische bloeddruk. Deze associatie was alleen in de Nederlandse onderzoeksgroep statistisch significant ($\chi^2 = 4,7$, $df = 1$, $p = 0,03$). De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 0,4$, $df = 1$, $p = 0,53$).

In de Nederlandse onderzoeksgroep wordt een negatieve associatie tussen geluid van wegverkeer op school en de diastolische bloeddruk gevonden; deze was niet statistisch significant. In de Engelse onderzoeksgroep wordt geen associatie gevonden. De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 0,7$, $df = 1$, $p = 0,40$). Na samenvoeging van beide groepen, werd een negatieve, maar statistisch niet significante associatie gevonden tussen geluid van wegverkeer op school en de diastolische bloeddruk.

In de Nederlandse onderzoeksgroep wordt geen associatie tussen geluid van wegverkeer op school en de hartslag gevonden; in de Engelse onderzoeksgroep wordt een negatieve associatie gevonden. Deze associatie was niet statistisch significant. De gevonden resultaten wijken niet statistisch significant af tussen beide onderzoeksgroepen ($\chi^2 = 1,1$, $df =$

1, $p = 0,29$). Nadat beide onderzoeksgroepen zijn samengevoegd, wordt een negatieve, maar statistisch niet significante associatie gevonden tussen geluid van wegverkeer op school en de hartslag.

4.6.5 Relatie geluid van wegverkeer op het huisadres en bloeddruk in vergelijking met school



Figuur 4.19 De regressie-coëfficiënt en het 95% betrouwbaarheidsinterval voor bloeddruk en hartslag per 5 dB(A) verandering in de blootstelling aan geluid van wegverkeer op school en op het huisadres in Nederland (uitgedrukt als $L_{Aeq, 7-23u}$), na correctie voor versturende variabelen (zie paragraaf 3.5).

Ten tijde van het schrijven van deze rapportage waren de blootstellingsgegevens voor wegverkeer op het huisadres alleen beschikbaar voor de Nederlandse onderzoeksgroep. De resultaten worden in figuur 4.19 gepresenteerd.

Er werden negatieve associaties gevonden tussen de systolische bloeddruk en de blootstelling van wegverkeer op school en respectievelijk op het huisadres. Alleen de associatie voor wegverkeer op school was statistisch significant ($\chi^2 = 4,7$, $df = 1$, $p = 0,03$).

Ook voor diastolische bloeddruk werden negatieve associaties gevonden met wegverkeer. Deze waren statistisch niet significant. Voor hartslag werden positieve, maar statistisch niet significante associaties gevonden.

4.7 Toepassing van de afgeleide blootstelling-respons relaties voor begrijpend lezen en hinder

In paragraaf 4.4.2 en 4.5.2 zijn blootstelling-respons relaties afgeleid voor de relatie tussen geluid van vliegverkeer op school en begrijpend lezen en het percentage ernstige hinder. In deze paragraaf worden deze relaties verder toegepast: met behulp van de afgeleide blootstelling-respons relaties worden schattingen gemaakt van het aantal kinderen met een afwijkende score op de leestest en het aantal ernstig gehinderde kinderen. Het doel is om te beschrijven hoe de resultaten kunnen worden geïnterpreteerd en toegepast in combinatie met blootstellingsgegevens. Om het aantal kinderen met een lage score op de leestest of ernstige hinder te kunnen schatten moet voor beide effecten de gegevens over de blootstelling-respons relatie worden gecombineerd met geluidsblootstellingsgegevens en demografische gegevens.

4.7.1 Kader

Uit het epidemiologische veldonderzoek van RANCH komen twee duidelijke bevindingen naar voren die consistent zijn met bevindingen uit de literatuur: Bij een toenemende geluidsbelasting afkomstig van vliegverkeer op school neemt de leesprestatie af en stijgt het percentage kinderen dat ernstige hinder op school rapporteert. Voor beide relaties is in het RANCH-onderzoek een blootstelling-respons relatie gevonden (zie ook figuren 4.2 en 4.10). Op basis van gegevens over het geluidsniveau op de scholen, het aantal leerlingen en de blootstelling-respons relaties kan worden geschat hoeveel leerlingen door geluid van vliegverkeer een verminderde leesprestatie hebben of ernstig gehinderd zijn. Omdat niet duidelijk is of de afgeleide blootstelling-respons relaties representatief zijn voor wat betreft etniciteit en sociaal-economische status voor alle basisschoolkinderen in de regio Schiphol (het gaat immers om schattingen), moeten de in deze paragraaf gepresenteerde schattingen worden beschouwd als een ruwe indicatie.

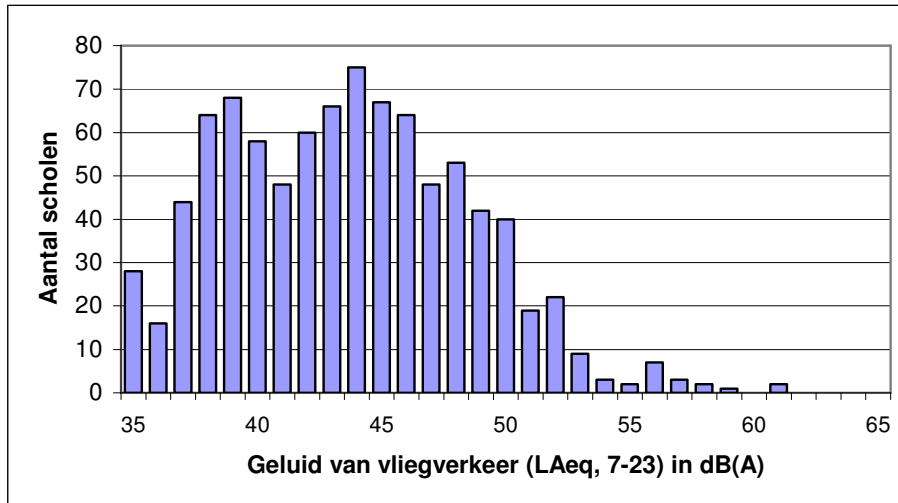
Met betrekking tot de schatting voor lezen worden nog extra aannames gedaan: In paragraaf 4.4.1. werd al aangegeven dat de Nederlandse onderzoekspopulatie een lagere score had op de leestest dan wat op grond van de resultaten van hun school op de Eind- en Entree toets mag worden verwacht. Uit onderzoek is bekend dat kinderen een test minder goed maken als ze weten dat er niks van de uitslag van de test afhangt (Cito, 2004). Dit fenomeen wordt ook wel aangeduid als het proeftoetseffect. In het kader van de schattingen die in dit hoofdstuk voor begrijpend lezen worden gepresenteerd nemen we gemakshalve aan dat het proeftoets effect niet van invloed is geweest op de gevonden blootstelling-respons relatie tussen geluid en begrijpend lezen.

In paragraaf 4.4.2 is het effect van geluid van vliegverkeer op begrijpend lezen uitgedrukt in de gemiddelde leesachterstand in maanden per 5 dB(A). Op deze manier kon de betekenis van het gemiddelde effect van geluid op begrijpend lezen voor een kind inzichtelijk worden gemaakt en was het gemakkelijker de effecten tussen de verschillende landen te vergelijken. Echter, deze omschrijving van het effect maakt het lastig om het effect op

begrijpend lezen voor alle basisschoolkinderen (dus op groepsniveau) rond Schiphol betekenisvol uit te drukken. Eenvoudiger zou het zijn om het volgende eindpunt te gebruiken: de kans dat een kind een relatief lage score heeft op de leestest van het RANCH-onderzoek. Er zijn echter geen normen beschikbaar waarin is vastgelegd hoe een relatief lage score is gedefinieerd. Zodoende hebben we uit de beschikbare onderzoeksgegevens een grenswaarde voor een relatief lage score afgeleid. Van de onderzoekspopulatie hebben we de kinderen in de lagere geluidsrange als referentie-groep bestempeld. In deze referentie-groep zijn, op basis van percentielen van de z-scores van begrijpend lezen, afkappunten voor een relatief lage score vastgesteld. Er is voor gekozen ca. 40% van de kinderen als referentie-groep aan te merken; dit kwam overeen met een geluidsbelasting op school die minder dan 50 dB(A) bedroeg. Omdat de keuze voor een bepaald percentiel arbitrair is, is nagegaan wat er gebeurt wanneer op basis van verschillende percentielen een relatief lage score wordt bepaald; te weten het 5^e en het 10^e percentiel.

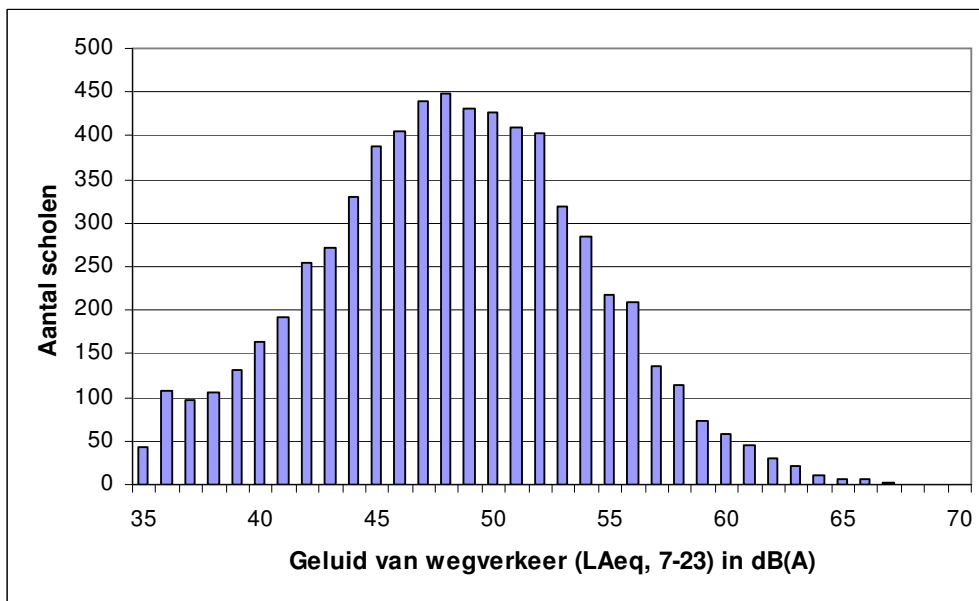
4.7.2 Geluidsbelasting op basisscholen in de regio Schiphol

Om een indruk te geven van de mogelijke omvang van de invloed van omgevingsgeluid op basisschoolkinderen in Nederland, is in het najaar van 2003 bij de Centrale Financiële instellingen (Cfi) een adressenbestand van alle basisscholen van Nederland en hun leerlingen aantallen opgevraagd en verkregen. Vervolgens zijn deze gegevens met behulp van een Geografisch Informatie Systeem gekoppeld aan gemodelleerde jaargemiddelde equivalente geluidsniveaus van weg- en vliegverkeer uit 2002 voor de periode van 7 tot 23 uur ($L_{Aeq, 7-23u}$). Van de 7173 basisscholen in Nederland konden er 7029 (98%) gekoppeld worden aan een geluidsbelasting van wegverkeer. Voor de regio Schiphol konden 1088 basisscholen gekoppeld worden aan een geluidsbelasting van vliegverkeer. In figuur 4.20 wordt het aantal basisscholen in de regio Schiphol dat een geluidsbelasting ($L_{Aeq, 7-23u}$) aan vliegverkeer heeft van 35 dB(A) of meer gepresenteerd per dB(A)-klasse. Het gaat om in totaal 911 scholen.



Figuur 4.20 Blootstellingsverdeling van basisscholen in de regio Schiphol aan geluid van vliegverkeer

In de regio Schiphol hebben vijftien van de 911 basisscholen in 2002 een belasting van geluid van vliegverkeer ($L_{Aeq,7-23u}$) hoger dan 55 dB(A)¹⁶ (figuur 4.20). Op deze 15 scholen zaten in totaal ca. 3200 leerlingen (400 per leerjaar).



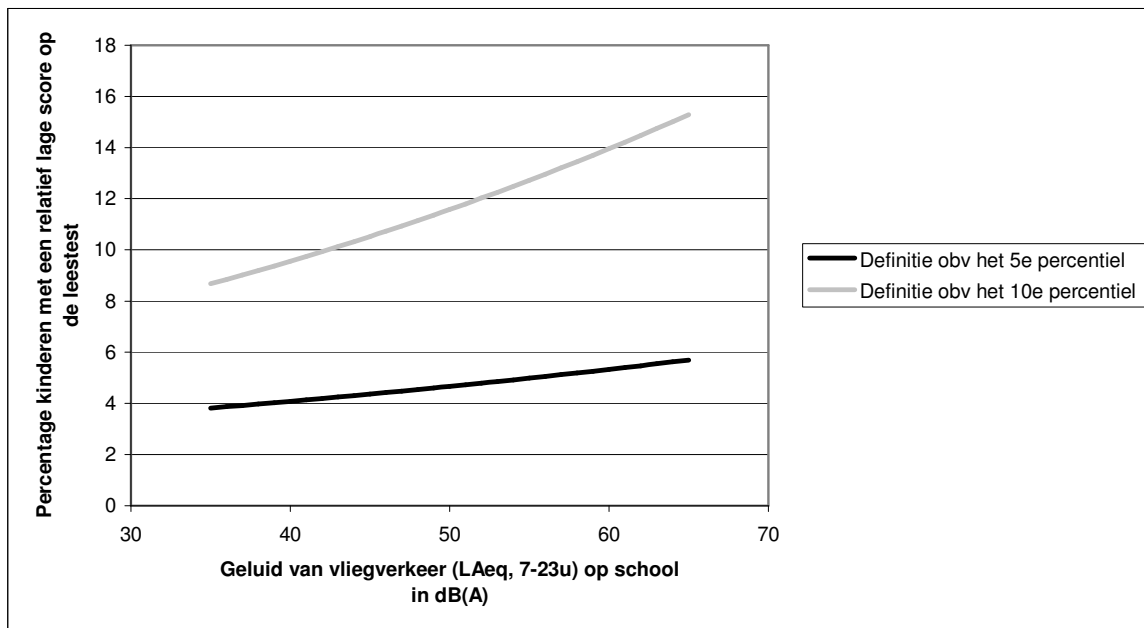
Figuur 4.21 Blootstellingsverdeling van basisscholen in Nederland aan geluid van wegverkeer.

¹⁶ De WHO richtlijn voor het omgevingsgeluidniveau buiten op school is 55 dB(A)

Geschat wordt dat ca. 717 scholen in Nederland een belasting van geluid van wegverkeer ($L_{Aeq,7-23u}$) hoger dan 55 dB(A) hebben. Op deze scholen zitten in totaal ca. 173.000 leerlingen (22.000 per leerjaar) (Zie ook figuur 4.21).

4.7.3 Blootstelling-respons relaties

Omdat voor lezen nu een andere uitkomstmaat wordt gebruikt, is met behulp van logistische multilevel analyse een blootstelling-respons relatie opgesteld tussen de geluidsbelasting op school en het al dan niet hebben van een lage score op de test voor begrijpend lezen. Hierbij is gecorrigeerd voor dezelfde mogelijk versturende variabelen als voor de analyse van de z-score (zie paragraaf 4.4.2). De relatie tussen een relatief lage score op de leestest gebaseerd op het 5^e percentiel en het geluidsniveau van vliegverkeer was in de logistische multilevel analyse niet statistisch significant, dit in tegenstelling tot in de regressie-analyse (zie ook paragraaf 3.5). Wanneer de relatief lage leesscore werd gebaseerd op het 10^e percentiel was de blootstelling-respons relatie wel statistisch significant. Figuur 4.22 geeft de blootstelling-respons relaties weer die voor de Nederlandse kinderen uit de resultaten van de multilevel analyse zijn afgeleid. Wanneer we een ‘relatief lage score’ definiëren op basis van het 10^e percentiel dan zien we dat de kans op een relatief lage score op de test voor begrijpend lezen toeneemt van ongeveer 9% bij 35 dB(A) tot ongeveer 14% bij 60 dB(A).



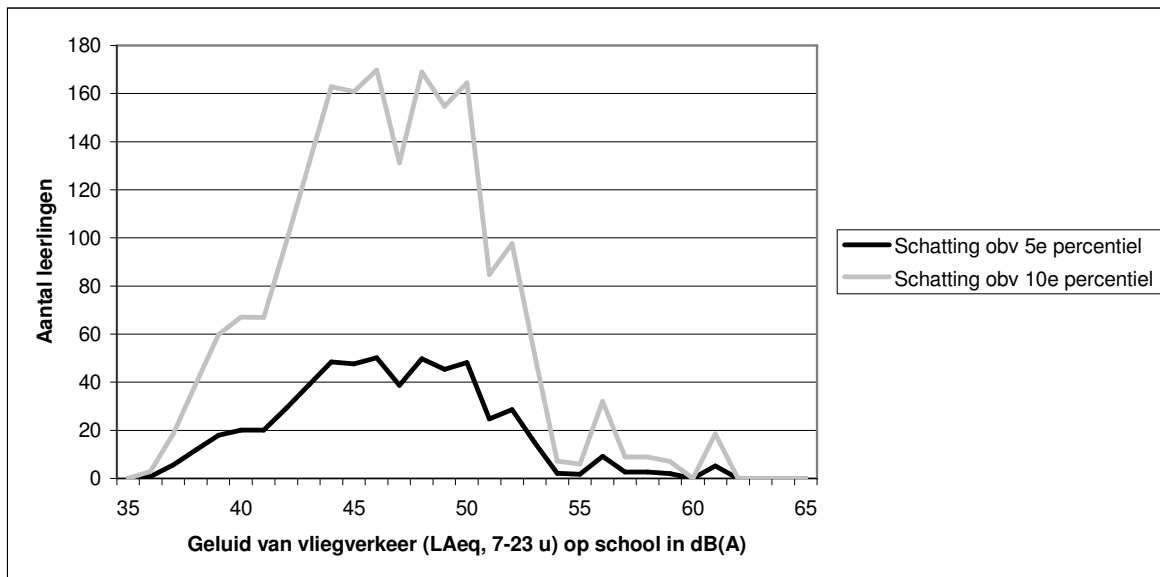
Figuur 4.22 De kans op een relatief lage score op de begrijpend lezen test van het RANCH-onderzoek versus de geluidsbelasting ten gevolge van vliegverkeer

Voor ernstige hinder is gebruik gemaakt van de blootstelling-respons relatie zoals die is gepresenteerd in figuur 4.10.

4.7.4 Berekening van het aantal kinderen met een relatief lage score op de leestest en ernstige hinder in de regio Schiphol

Op de 911 basisscholen in de regio Schiphol met een geluidsbelasting van 35 dB(A) of meer bevinden zich ca. 235.000 leerlingen (ca. 29.000 per leerjaar). Wanneer de blootstelling aan vliegtuiggeluid laag is (35 dB(A)), wordt op basis van een definitie op basis van het 10^e percentiel verwacht dat ongeveer 2.540 leerlingen per leerjaar (9%) een relatief lage score op de test voor begrijpend lezen hebben. Er wordt geschat dat door blootstelling aan geluid van vliegverkeer het aantal kinderen met een relatief lage score per leerjaar met ca. 480 toeneemt. Wanneer we veronderstellen dat er alleen in de bovenbouw van de basisschool (groepen 5-8) sprake is van een effect van geluid afkomstig van vliegverkeer op begrijpend lezen, zouden er indicatief in de regio Schiphol in de bovenbouw van basisscholen ruwweg 1900 (1,6%) leerlingen extra zijn die een relatief lage score op de leestest hebben (zie ook tabel 4.9).

Figuur 4.23 geeft de geschatte verdeling over de geluidsbelastingcategorieën weer van het aantal extra kinderen in de bovenbouw dat door blootstelling aan vliegtuiggeluid op school een relatief lage score op de leestest heeft voor de twee definities van 'relatief lage score'.



Figuur 4.23 Indicatief geschat aantal extra leerlingen in de bovenbouw met een relatief lage score op de test voor begrijpend lezen in relatie tot de geluidsbelasting ten gevolge van vliegverkeer op basisscholen in de regio Schiphol.

Er wordt geschat dat door blootstelling aan geluid van vliegverkeer (vanaf 40 dB(A)) het aantal kinderen per leerjaar dat ernstig is gehinderd door geluid van vliegverkeer op school ongeveer 850 is; ofwel 3400 kinderen voor de bovenbouw (2,9%).

Tabel 4.9 Geschatte omvang van het aantal kinderen in de bovenbouw met een relatief lage score op de leestest en ernstige hinder in de regio Schiphol

Effect	Extra aantal leerlingen bovenbouw	
	Absoluut (95% BI) ^{a)}	Als percentage van totaal (95% BI) ^{a)}
Relatief lage score op de leestest op basis van:		
5 ^e percentiel	560 (- 530 – 1220)	0,5 (-0,5 – 1,0)
10 ^e percentiel	1920 (60 – 2900)	1,6 (0,1 – 2,5)
Ernstige hinder door geluid van vliegverkeer op school	3400 (3280 – 3630) ^{b)}	2,9 (2,8 – 3,1)

a) Geschat met behulp van de regressie-coëfficiënten en bij behorende standard error; om de waardes voor het 95% betrouwbaarheidsinterval te schatten is het beter om gebruik te maken van de co-variantie-matrix. Echter, omdat het slechts om indicatieve schattingen gaat waarbij de relatie tussen blootstelling en effect niet altijd significant is, is dit niet gedaan; b) Bij deze berekening deden alleen de kinderen mee die blootgesteld waren aan geluidsniveaus > 40 dB(A);

5 Discussie

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten van het onderzoek besproken en vergeleken met de resultaten uit eerdere studies. Hierbij wordt achtereenvolgens ingegaan op een aantal zaken die voor de interpretatie van de bevindingen van belang zijn, zoals de sterke en zwakke punten van het onderzoek, de achterliggende mechanismen en de betekenis van de bevindingen.

5.2 Sterke en zwakke punten van RANCH

5.2.1 Sterke punten

Aan de RANCH-studie nam, verspreid over drie verschillende landen, een groot aantal kinderen deel. Daardoor is de zeggingskracht van het onderzoek relatief groot ten opzichte van eerder uitgevoerd onderzoek. Aan de resultaten die zijn gevonden in de internationale onderzoeksgroep moet dan ook in principe meer waarde worden gehecht dan de resultaten die over de afzonderlijke locaties van het RANCH-project zijn verkregen. Niettemin, is het aantal kinderen per lokatie voldoende groot om ook per lokatie relevante effectgroottes vast te stellen (Emmen et al., 1997). Ook kunnen er, ondanks de gestandaardiseerde selectie-procedures, verschillen optreden tussen de locaties, bijvoorbeeld in de mate van geluidsisolatie van scholen en afstand van woonadressen van de kinderen tot de school.

In tegenstelling tot eerdere studies is de onderzoekspopulatie zodanig geselecteerd dat ze evenredig is verdeeld over een breed blootstellingstraject. In eerdere studies werd de studiepoulatie vaak opgedeeld in slechts twee (laag/hoog) of drie (laag/midden/hoog) blootstellingsgroepen (Cohen et al., 1980) (Evans et al., 2001) (Haines et al., 2001a en b) (Hygge et al., 2002). In onderhavige studie zijn de individuele geluidsniveaus per school en per huisadres gebruikt.

Alhoewel de RANCH-studie oorspronkelijk gericht was op de effecten van de geluidsbelasting op school, is voor deze rapportage ook gekeken naar het effect van de blootstelling op het huisadres. De correlaties tussen de belasting op school en op het huisadres en tussen de dag- en avondbelasting op het huisadres blijken hoog te zijn. De correlatie tussen geluid van wegverkeer op het huisadres en op school was over het algemeen iets lager dan die voor vliegverkeer. Ondanks de beschikbaarheid van de gegevens, is het niet goed mogelijk de afzonderlijke effecten van school- en thuisbelasting te ontwarren. Op grond van de gegevens van het RANCH-project is het zodoende niet mogelijk uitspraken te doen over het relatieve belang van school- en thuisbelasting en de eventuele interacties hiertussen.

5.2.2 Zwakke punten

De relatie tussen geluidsblootstelling en de effecten op de leerprestaties, de hinderbeleving en de bloeddruk van de kinderen is onderzocht met behulp van een dwarsdoorsnede onderzoek. Omdat in een dergelijk onderzoeksopzet de blootstelling, het effect en mogelijke versturende variabelen tegelijkertijd zijn gemeten, is niet duidelijk wanneer, en hoe snel het effect van geluid ontstaat, en of bij een toenemend aantal jaren van blootstelling de effecten toenemen. Doordat de etnische samenstelling tussen landen verschilt en het begrip sociaal-economische status tussen landen een andere inhoud heeft, is het mogelijk dat de statistische correctie niet tot een volledige onderlinge vergelijking leidt. Het effect van deze onvolledige correctie is zeer waarschijnlijk gering, omdat de relatie tussen de geluidsblootstelling en de effecten niet of nauwelijks beïnvloed worden door de toevoeging van potentieel versturende variabelen aan de modellen (niet in de resultaten weergegeven).

Het is niet bekend hoe representatief de schatting van het niveau van geluid van wegverkeer aan de gevel van het schoolgebouw is voor de geluidsbelasting van alle klaslokalen. Een complicerende factor hierbij is dat kinderen vaak ieder schooljaar in een ander klaslokaal zitten en de blootstelling in de klas zodoende van jaar tot jaar kan variëren.

Geluid van vliegverkeer heeft hogere piekniveaus dan geluid van wegverkeer en is minder voorspelbaar dan dat van wegverkeer. Ook wordt het geluid van vliegverkeer vaker als bedreigender ervaren dan geluid van wegverkeer. In het RANCH-project is niet onderzocht of deze factoren een rol spelen bij de verschillen in het effect tussen geluid van vlieg- en wegverkeer op kinderen.

5.3 Vergelijking met bevindingen van andere studies

5.3.1 Het effect van geluid op cognitie

Geluid van vliegverkeer

Zowel in de Nederlandse als in de gehele onderzoeksgroep is een associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en begrijpend lezen: de score op de leestest neemt af naarmate de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school hoger is. Deze relatie is lineair. Op grond hiervan wordt geschat dat het effect van geluid door vliegverkeer op lezen voor de Nederlandse kinderen overeenkomt met een leesachterstand van gemiddeld ca. 1 maand per 5 dB(A) toename van het geluidsniveau (uitgedrukt als $L_{Aeq\ 7-23u}$). Over een traject van 30 dB(A) zou dit betekenen dat de gemiddelde leesachterstand kan oplopen tot 6 maanden. Ook is een associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school en lange termijn geheugen ('recognitie'): hoe hoger het geluidsniveau door vliegverkeer op school, des te lager (ongunstiger) is de score op deze test.

Er is geen associatie gevonden met prospectief geheugen en langdurige aandacht. Wel is een associatie gevonden met de meest complexe onderdelen van de wisselende aandachtstest, gemeten aan de hand van een computertest. Het aantal fouten op dit testonderdeel was hoger bij kinderen die naar een school gaan in gebieden met een hogere geluidsbelasting door vliegverkeer. Daarnaast is ook de relatie met de geluidsbelasting door vliegverkeer op het

huisadres onderzocht. De gevonden effecten komen overeen met wat is gevonden in relatie tot de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school. Door de hoge onderlinge correlatie tussen de geluidsmaten op school en die op het huisadres ($r > 0,70$) is het niet goed mogelijk onderscheid te maken tussen de mogelijke verschillen in effecten van de geluidsbelasting op een bepaalde locatie of gedurende een specifieke periode.

De resultaten van het RANCH-project over de effecten van geluid van vliegverkeer op school komen redelijk overeen met wat is gevonden in de Munich Airport Studie (Hygge et al., 2002) en de School Environment and Health Studie (Haines et al., 2001a). In de eerstgenoemde studie werd het effect op cognitie onderzocht door verandering in geluidsniveaus ten gevolge van de aanleg van een nieuwe luchthaven. Er werden effecten van geluid van vliegverkeer gevonden op lezen, episodisch geheugen, werkgeheugen en aandacht. Kinderen afkomstig uit geluidsbelaste gebieden maakten significant meer fouten op de leestest dan de kinderen afkomstig uit de controle gebieden. Bij een woordenlijst werden alleen significante verschillen gevonden op de moeilijkste onderdelen. Voor het episodisch geheugen werd een interactie gevonden tussen de meetlocatie (oude of nieuwe luchthaven), de geluidsbelasting en het tijdstip van de meting. Bij de oude luchthaven scoorde de aan geluid blootgestelde groep lager dan de controle groep tijdens de eerste meting. Deze verschillen verdwenen tijdens de tweede en de derde meting, na sluiting van de luchthaven. Bij de kinderen woonachtig bij de nieuwe luchthaven gebeurde het omgekeerde. Ook op een reactietijd test werd een vergelijkbare interactie gevonden: bij de oude luchthaven waren de blootgestelde kinderen langzamer dan de kinderen uit de controle groep tijdens de tweede meting (Hygge et al., 2002). De gevonden leesachterstand van deze studie werd geschat op 6 maanden, hetgeen vergelijkbaar is met de resultaten van het RANCH-project. De significante associatie tussen geluid en lange termijn geheugen en langdurige aandacht ('sustained attention') (Haines et al., 2001 a) werd niet gerepliceerd in de RANCH-studie. In de West London School Studie (WLSS) die qua opzet zeer vergelijkbaar is met de RANCH-studie, werden na correctie voor versturende variabelen in het algemeen geen associaties gevonden tussen geluidsbelasting op school en begrijpend lezen, geheugen en langdurige aandacht, maar wel op de complexere onderdelen van de leestest (Haines et al., 2001b). Dit laatste komt overeen met de bevindingen op de complexe taken in de RANCH-studie.

In tegenstelling tot de RANCH-studie, werden in de Los Angeles studie na correctie voor versturende variabelen, geen effecten van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school op lezen gevonden. In de Los Angeles studie werd aan de hand van de resultaten van een gestandaardiseerde leestest nagegaan hoe kinderen uit een geluidsbelast gebied (L_{\max} 95 dB(A)) scoorden vergeleken met kinderen uit een controle gebied. Net als in de Nederlandse onderzoeksgroep van de RANCH-studie is in de Los Angeles studie ook het effect van geluidsbelasting op het huisadres onderzocht. Daar werden wel effecten gevonden: kinderen die in een gebied woonden met een hogere geluidsbelasting ten gevolge van vliegverkeer scoorden slechter op de leestest dan de kinderen die in het controle gebied woonden. Als indicatie voor aandacht heeft men onderzocht of kinderen die langdurig waren blootgesteld aan geluid, onoplettend (minder gevoelig) zouden worden voor akoestische prikkels ("cues"). Evenals in het RANCH-project werd geen associatie met geluid gevonden. Wel bleek er een

interactie te bestaan: de blootgestelde kinderen werden sneller afgeleid naarmate ze langer waren blootgesteld, terwijl de controle groep juist minder snel werd afgeleid naarmate ze langer in het gebied naar de school gingen (Cohen et al., 1980).

De resultaten uit het RANCH-onderzoek bevestigen in grote lijnen de bevindingen van recentere onderzoeken: ze indiceren dat er een ongunstig effect van blootstelling aan geluid van vliegverkeer is op begrijpend lezen, dat kan oplopen tot een leesachterstand van ca. 6 maanden. Dus ook bij geluidsniveaus door vliegverkeer rond Schiphol kunnen er effecten op begrijpend lezen optreden. De resultaten over de effecten van geluid van vliegverkeer op geheugen en aandacht zijn minder eenduidig. In het algemeen lijkt het er op dat de effecten van geluid van vliegverkeer alleen bij de complexere taken zichtbaar zijn.

Geluid van wegverkeer

De resultaten uit het RANCH-onderzoek wijzen niet op een associatie tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer op school en begrijpend lezen, werkgeheugen en langdurige aandacht ('sustained attention'). Wel werd een effect van het geluid van wegverkeer op twee onderdelen van het episodisch geheugen gevonden: het bleek dat bij zowel de conceptual als information recall test de score toeneemt, naarmate de kinderen naar school gaan in gebieden met een hogere geluidsbelasting door wegverkeer. Daartegenover werd er wel een statistisch significante associatie gevonden tussen de blootstelling aan geluid van wegverkeer op school en het aantal fouten op de complexere onderdelen van de wisselende aandachtstest ('Switching Attention test'): naarmate de kinderen naar school gaan in gebieden met een hogere geluidsbelasting door wegverkeer maken ze meer fouten op de wisselende aandachtstest.

Een vergelijking met ander onderzoek is moeilijk omdat de meeste schoolstudies zich hebben beperkt tot de cognitieve effecten van geluid van vliegverkeer. In een onderzoek van Cohen et al. (1973) waaraan 73 kinderen deelnamen woonachtig in een flatgebouw met 32 verdiepingen, bleek dat kinderen die op de hoogste verdiepingen van een flat woonden beter scoorden op de leestest dan kinderen die op de laagste verdiepingen woonden. Het aantal onderzochte kinderen is echter klein. Recent zijn de effecten van geluid van weg- en railverkeer onderzocht in de Tyrol studie. Net als in het RANCH-project, is hier geen relatie tussen de blootstelling aan geluid van weg- en railverkeer en aandacht waargenomen. Wel werden effecten op het geheugen waargenomen: ten gevolge van de blootstelling aan geluid werd de geheugen functie slechter (Lercher et al, 2003). In 1997 en 2003 zijn een aantal experimenten uitgevoerd onder kinderen in de leeftijd van 12-14 jaar. Tijdens het testen werden ze blootgesteld aan geluidsfragmenten van verschillende bronnen met equivalente geluidsniveaus (L_{eq}) van respectievelijk 55 en 66 dB(A). Het bleek o.m. dat geluid van wegverkeer een sterk effect had op het zich herinneren van een tekst en een kleiner, maar statistisch significant effect op recognitie (Hygge, 1997) (Hygge, 2003).

De bevindingen in het RANCH onderzoek met betrekking tot geluid van wegverkeer zijn niet geheel logisch: aan de ene kant wordt er een verslechtering van de aandacht gevonden terwijl er aan de andere kant een verbetering van het geheugen wordt gevonden. Dit zien we bij geluid van vliegverkeer niet; daar verslechteren zowel de aandacht als het geheugen als gevolg

van de blootstelling aan geluid van vliegverkeer. Hier hebben we geen verklaring voor. Verder is er onvoldoende vergelijkingsmateriaal in de literatuur om te kunnen stellen dat het gevonden effect door geluid van wegverkeer kan worden veralgemeniseerd; met andere woorden gaat het om een effect wat nu echt door geluid van wegverkeer wordt veroorzaakt of gaat het hier slechts om een toevalsbevinding? Dit verdient dan ook verder onderzoek.

Bruikbaarheid van de gebruikte cognitieve testbatterijen

In het RANCH-onderzoek zijn de verschillende cognitieve domeinen gemeten met behulp van zowel klassikale pen- en papiertesten als computertesten. Tot nu toe was het bij studies die de relatie tussen geluid en cognitie bestuderen, heel gebruikelijk om gebruik te maken van papier- en pen testen. Echter, de onderlinge vergelijkbaarheid van dergelijke testen is niet altijd even goed: vergelijking laat zien dat niet altijd dezelfde concepten worden gemeten en dat er verschillen optreden wegens verschil in bijvoorbeeld cultuur. Dit is met name het geval bij taaltesten. Een ander nadeel is dat de data-verzameling niet erg efficiënt is, en dat de resultaten van deze testen erg afhankelijk zijn van de wijze waarop de test is afgenomen. De NES test is relatief nieuw in dit veld van onderzoek en biedt een aantal voordelen ten opzichte van de pen- en papiertesten: de uitkomst van de testen is minder testleider afhankelijk, de gevoeligheid voor interne en externe factoren die het zenuwstelsel beïnvloeden is aangetoond en de data-verzameling is veel efficiënter (Emmen et al., 2001).

5.3.2 De effecten van geluid op hinder

Het percentage ernstig gehinderde kinderen hangt statistisch significant samen met het geluid van vliegverkeer op school en op het huisadres. In de Nederlandse onderzoeksgroep zijn er bij een geluidsniveau op school van 55 dB(A) en hoger, meer kinderen ernstig gehinderd dan in de Engelse en Spaanse onderzoeksgroepen.

De blootstelling aan geluid van vliegverkeer op het huisadres is bij zowel de kinderen als hun ouders significant gerelateerd met het percentage ernstige hinder. In vergelijking met hun kinderen neemt bij de ouders bij relatief lage geluidsniveaus het percentage ernstige hinder al sterk toe; bij kinderen is dit pas het geval bij hogere niveaus.

Het percentage kinderen met ernstige hinder hangt in Nederland en Engeland niet samen met het geluidsniveau van wegverkeer op school; in Spanje werd wel een statistisch significant verband gevonden. Een mogelijke verklaring hiervoor zijn de relatief hoge geluidsniveaus voor wegverkeer in Madrid. In Nederland wordt bij zowel de kinderen als hun ouders geen verband gevonden tussen de thuisblootstelling aan wegverkeersgeluid en ernstige hinder bij kinderen.

De verschillen in blootstelling-respons relatie tussen ouders en kinderen zijn klein. Tot nu toe heeft alleen de Tyrol studie een vergelijking gemaakt tussen de blootstelling-respons relaties van kinderen en hun ouders. Het bleek dat voor de relatie tussen geluid van wegverkeer en het percentage ernstige hinder, de kinderen al bij relatief lage niveaus (tot 50 dB(A)) een grotere proportie ernstige hinder hadden dan hun moeders. In het gebied vanaf 45 dB(A) hadden de moeders een sterkere hinder-respons (Lercher et al., 2000). In een recente Zweedse studie naar

de effecten van verschillende bronnen bleek ook dat kinderen en leerkrachten niet veel van elkaar verschilden voor wat betreft de hinderreactie (Enmarker and Boman, 2004).

5.3.3 De effecten van geluid op bloeddruk

Na samenvoeging van de Nederlandse en Engelse data bleek dat de bloeddruk positief was gerelateerd aan het geluidsniveau van vliegverkeer op school: zowel de systolische als diastolische bloeddruk namen toe naarmate de kinderen naar school gingen in gebieden met een hogere geluidsbelasting door geluid van vliegverkeer. Beide associaties waren echter niet statistisch significant.

Voor de blootstelling in de periode van 7 tot 23 uur thuis werden wel statistisch significante verbanden gevonden: zowel de systolische als de diastolische bloeddruk namen statistisch significant toe naarmate de kinderen woonden in gebieden met een hogere geluidsbelasting door vliegverkeer. De blootstelling aan geluid van vliegverkeer tijdens de nacht (23-7 uur) op het huisadres was alleen statistisch significant geassocieerd met de systolische bloeddruk.

Het effect van geluid van vliegverkeer op de bloeddruk verschilde enigszins tussen de beide onderzoeksgroepen: in Nederland was de relatie tussen de geluidsbelasting van vliegverkeer en de systolische en diastolische bloeddruk voor zowel de school- als de thuissituatie statistisch significant; in Engeland was dit niet zo.

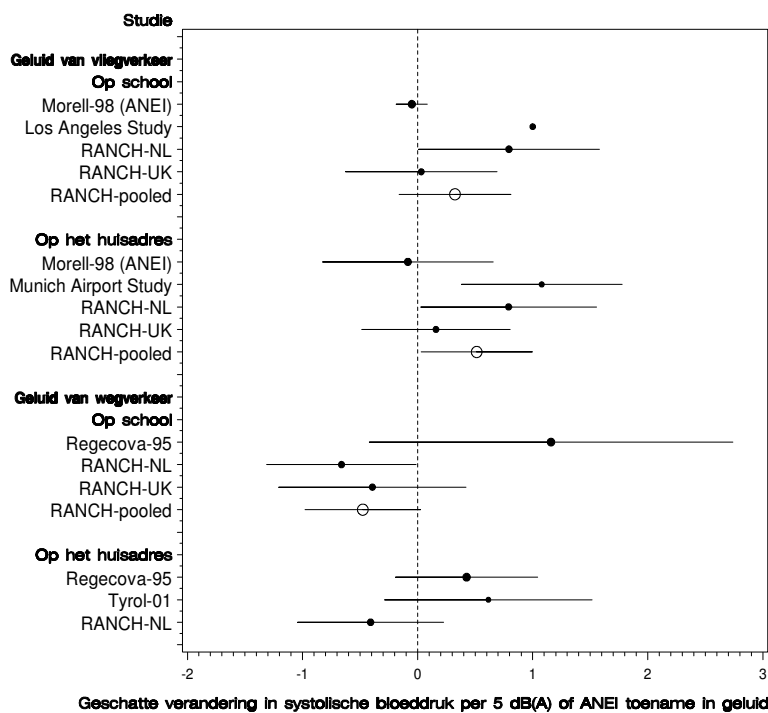
Na samenvoeging van beide onderzoeksgroepen werd geen statistisch significante associatie tussen geluid van wegverkeer en de bloeddruk gevonden. In Nederland bleek dat alleen de systolische bloeddruk statistisch significant afnam naarmate de kinderen naar school gingen in gebieden met een hogere geluidsbelasting door wegverkeer; in Engeland was dit niet zo.

Het is niet duidelijk wat de oorzaak is voor de verschillen tussen de twee onderzoeksgroepen. Mogelijk speelt etniciteit een rol: In vergelijking met de Nederlandse onderzoeksgroep, waren er in de Engelse onderzoeksgroep relatief veel niet-blanke deelnemers. Het blijkt dat de niet-blanke kinderen in de Nederlandse dataset voornamelijk van Turkse afkomst waren of een gemengde achtergrond hadden, terwijl het bij de Britse dataset vooral om Pakistaanse en Indiase kinderen gaat. Uit de literatuur blijkt dat er verschillen in bloeddruk bestaan tussen verschillende etnische groepen (Winkleby et al., 1999). Verhoogde bloeddruk komt vaak voor bij de zwarte populaties in Groot-Brittannië (Beevers et al., 2001). Volgens de Nederlandse Hartstichting varieert het voorkomen van hoge bloeddruk bij relatief jonge allochtonen (Turken, Surinamers en Marokkanen) van 2 tot 10 %; bij autochtone Nederlanders is dat 4 tot 7 % (Van Leest et al., 2002). Een andere studie rapporteerde dat de gemiddelde bloeddruk bij Turkse mannen en vrouwen hoger ligt dan bij autochtonen (Köycü et al., 1997). Dus niet alleen het verschil in etniciteit is mogelijk van invloed geweest, maar mogelijk ook het feit dat etniciteit als versturende variabele in de Nederlandse onderzoeksgroep een andere invloed had op de relatie tussen geluid en bloeddruk dan in de Engelse onderzoeksgroep.

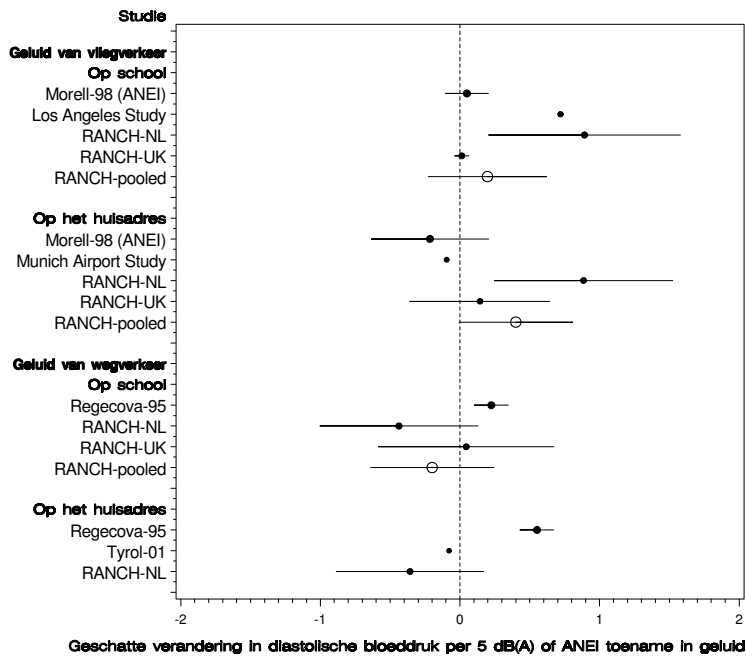
Alhoewel voor de RANCH-studie een breed scala aan versturende variabelen is vastgesteld, was deze lijst niet uitputtend. Mogelijke verschillen tussen de landen zouden mogelijk ook verklaard kunnen worden door versturende variabelen die niet gemeten zijn. Te denken valt hierbij aan voeding en lichaamsbeweging.

Op basis van de analyses die in dit rapport gepresenteerd zijn, konden er, vanwege de hoge correlaties, geen duidelijke conclusies worden getrokken over welke geluidsmaat de bloeddruk het meest beïnvloedde.

In figuur 5.1 en 5.2 worden de resultaten van de RANCH studie vergeleken met de resultaten van de Los Angeles Study (Cohen et al., 1986), de Munich Airport Study (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998), de Tyrol study (Evans et al., 2001), en studies van Morell (1998) en Regecová (1995). Het gaat bij deze figuren vooral om de richting van het effect; vanwege het verschil in blootstellingsmaten en de manier waarop al dan niet is gecorrigeerd voor confounders kunnen de effectgroottes niet een op een worden vergeleken. Na vergelijking van de resultaten van de verschillende studies is het beeld inconsistent voor wat betreft de relatie tussen geluid van vliegverkeer en bloeddruk.



Figuur 5.1 De geschatte verandering (met 95% betrouwbaarheidsinterval) in systolische bloeddruk ten gevolge van een toename van het geluid met 5 dB(A) of ANEI. Met uitzondering van de resultaten van de RANCH-studie en de resultaten van Morell et al (1998), was het niet mogelijk om de gepresenteerde schattingen te corrigeren voor versturende variabelen. Verder moet bij de interpretatie van de resultaten worden bedacht dat de blootstellingsmaten en de geluidsranges verschillen tussen de studies.



Figuur 5.2 De geschatte verandering (met 95% betrouwbaarheidsinterval) in diastolische bloeddruk ten gevolge van een toename van het geluid met 5 dB(A) of ANEI. Met uitzondering van de resultaten van de RANCH-studie en de resultaten van Morell et al (1998), was het niet mogelijk om de gepresenteerde schattingen te corrigeren voor verstorende variabelen. Verder moet bij de interpretatie van de resultaten worden bedacht dat de blootstellingsmaten en de geluidsranages verschillen tussen de studies.

In de Los Angeles studie (Cohen et al., 1986) waren zowel de systolische als de diastolische bloeddruk statistisch significant gerelateerd met de blootstelling aan geluid afkomstig van vliegverkeer; er werden verschillen gevonden van 2,9 mmHg voor systolische bloeddruk en 2,6 mmHg voor diastolische bloeddruk bij een verschil in geluidsniveau ($L_{Aeq, 16 \text{ hr}}$) van 18 dB(A) (Cohen et al., 1986). In de Munich Airport studie bleek dat na correctie voor verstorende variabelen de blootgestelde kinderen ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}} = 68,1 \text{ dB(A)}$) een hogere systolische en diastolische bloeddruk hadden dan de kinderen in de controle groep ($L_{Aeq, 24 \text{ hr}} = 59,2$). De verschillen waren 1,92 en 0,17 mmHg voor respectievelijk systolische en diastolische bloeddruk (Evans et al., 1995) (Evans et al., 1998). In een studie rond de luchthaven van Sydney werden geen effecten van geluid van vliegverkeer op de bloeddruk bij kinderen gevonden (Morrell et al., 1998).

Ook voor wegverkeer is het beeld niet consistent: Regecová en Kellerová (1995) vonden bij kinderen die naar school gingen in een gebied met geluidsniveaus hoger dan 60 dB(A) gemiddeld een hogere bloeddruk, dan bij kinderen uit rustigere gebieden. In de Tyrol studie werd eveneens een positieve relatie gevonden tussen geluid van wegverkeer en systolische bloeddruk bij kinderen (Evans et al., 2001).

5.4 Achterliggende (biologische) mechanismen

Over de achterliggende mechanismen van de effecten van blootstelling aan geluid op cognitie bij kinderen is weinig bekend. In deze paragraaf zullen de verschillende hypothesen op een rijtje worden gezet.

5.4.1 Cognitie

Tot nog toe richten de meeste studies zich op de blootstelling op school. De aanname hierbij is dat geluid het meeste van invloed is tijdens de periode dat de kinderen op school zijn omdat dan veel van hun cognitieve en communicatieve vaardigheden wordt vereist. Hierover bestaan verschillende hypothesen (Stansfeld et al., 2000) (François en Vallet, 2001):

ten eerste is geluid van invloed op de kwaliteit van de verbale communicatie waardoor:

- het kan tot moeilijkheden leiden in de geschreven en gesproken taal;
- het leidt tot vertragingen bij het leren/zich eigen maken van een taal;
- kinderen kunnen daardoor slechter lezen en het vocabulaire wordt daardoor beperkter.

Wanneer de communicatie middels spraak wordt verstoord kan dat gevolgen hebben voor de educatieve en intellectuele ontwikkeling van jonge mensen. Een bericht dat minder goed verstaanbaar is, moet worden gereconstrueerd met behulp van de wel verstaanbare fragmenten: (i) de betekenis van wat een leerkracht vertelt/uitlegt wordt minder; (ii) er treden problemen op bij het verstaan van letters, woorden en zelfs hele zinnen. Kinderen halen in een lawaaiige omgeving medeklinkers/consonanten door elkaar. Door het verdraaien tgv geluiden worden sommige delen van woorden (met name het einde van een woord) onverstaanbaar.

Een tweede hypothese die met bovenstaande verband houdt is de zogenaamde 'tuning out hypothese': kinderen die langdurig zijn blootgesteld aan geluid leren om bepaalde auditieve stimuli uit te schakelen; ze filteren alleen die stimuli eruit die van belang zijn. Dit is een manier voor de kinderen om met de verstorende en hinderlijke invloed van geluid om te gaan. Op een bepaald moment is er het risico dat dit 'coping-mechanisme' te sterk wordt, waardoor stimuli die wel belangrijk zijn ook worden "gefilterd" (Stansfeld et al., 2000).

Ten derde zijn er aanwijzingen dat het geluid negatief van invloed is op het gedrag van kinderen. Dit kan weer van invloed zijn op het sociale klimaat binnen en buiten een school. Als de kinderen drukker worden, kan dat leiden tot onrust en onenigheid.

Omgevingsgeluid is natuurlijk niet alleen van invloed op de kinderen zelf, maar ook op hun leerkrachten (en ouders). Bij verhoogde geluidsniveaus moet een leerkracht meer moeite doen om zich verstaanbaar te maken.

Het is echter de vraag of de effecten van omgevingsgeluid uitsluitend aan de belasting op school kunnen worden toegeschreven; kinderen brengen meer tijd om en in hun huis door dan op school (Freijer en de Loos, 1998). Uit tijdsbestedingsstudies blijkt dat kinderen ongeveer 44% van hun tijd slapen (Xue et al., 2004) (Freijer en de Loos, 1998). De effecten op cognitie

zouden ook het gevolg kunnen zijn van een vermindering in slaapkwaliteit, die wordt veroorzaakt door blootstelling aan geluid tijdens de nacht. Tijdens het slapen vindt aan de ene kant de energieopbouw voor de volgende dag plaats, en worden aan de andere kant emoties en ervaringen verwerkt. Slaap is ook van belang voor het goed functioneren van het geheugen. Men denkt dat slaapverstoring de effecten van geluid op aandacht en geheugen medieert (Hockey, 1984) (Sorg en Whitney, 1992).

5.4.2 Hinder en bloeddruk

Zoals in hoofdstuk 2 al werd vermeld is hinder een verzamelterm voor allerlei negatieve reacties zoals ergernis, ontevredenheid of boosheid die optreden wanneer geluid iemand in zijn dagelijkse bezigheden verstoort. Onduidelijk is wat hinder bij kinderen nu precies betekent. Sommigen zien het als een affectieve respons die wijst op een chronische afname van het welzijn. In een recente studie zijn aanwijzingen gevonden dat hinder bij kinderen hetzelfde betekent als hinder bij volwassenen: het blijkt dat de emotionele respons waarmee kinderen hinder beschrijven vergelijkbaar was met de reacties bij volwassenen (Haines et al., 2003).

Net als bij volwassenen veronderstelt men dat bloeddruk verhogingen in relatie tot geluid gezien moeten worden als het gevolg van stress. Deze hypothese wordt ondersteund door verschillende onderzoeken op het gebied van geluid en gezondheid, en door de bouw van het auditieve systeem (Passchier-Vermeer, 1993). In het kort komt het erop neer dat blootstelling aan geluid tot een stressreactie kan leiden. Deze toestand kan zowel rechtstreeks als indirect tot gezondheidseffecten leiden. Een aantal studies die het effect van geluid op de bloeddruk bij kinderen onderzochten, suggereren dat de waargenomen bloeddrukverhogingen moeten worden beschouwd als fysiologische reacties (vegetatieve responsen) die optreden onafhankelijk van de perceptie van het geluid ('appraisal') (Van Kempen et al., 2003). Een andere mogelijkheid is dat bloeddrukverhogingen in relatie tot geluid moeten worden geïnterpreteerd als een indicator voor psycho-fysiologische prikkelingen (Evans et al., 1995).

5.5 Betekenis van de gevonden resultaten

5.5.1 Vergelijking met bestaande richtlijnen

In de geluid richtlijnen van de Wereld Gezondheid Organisatie (WHO, 2000) worden kinderen als kwetsbare groep voor geluidsbelasting beschreven. Kinderen zijn mogelijk gevoeliger voor geluid dan volwassenen, omdat zij tijdens kritische ontwikkelingsfasen worden blootgesteld (orgaanontwikkeling van foetussen, psychomotorische ontwikkeling van baby's, leerprocessen bij schoolgaande kinderen). Bovendien hebben zij minder mogelijkheden om het geluid te beheersen en een minder goed ontwikkeld verwerkingsgedrag (coping) dan volwassenen (Bistrup, 2003) (Stansfeld et al., 2003). In tabel 6.1 worden de richtlijnen van de WHO voor kinderen vermeld.

Tabel 6.1 Overzicht van beschikbare richtlijnen voor kinderen met betrekking tot geluid, opgesteld door de WHO

Effect/respons	Bewijs ^{a)}	Situatie/omgeving	Bron ^{b)} Richtlijnwaarde		
			L _{Aeq} (dB)	Tijdspanne (uren)	L _{Amax} (dB)
Hinder	V	School, speelplaats, buiten	O 55	Tijdens het spelen	
Welzijn/stress	V/B	School	O 35		
Psych. Aandoening	T				
Effecten cognitief functioneren					
Lezen	V	Scholen en peuterspeelzalen, binnen	V 35 ^{c)}		
Geheugen	V	Scholen en peuterspeelzalen, binnen	V 35 ^{c)}		
Spraakwaarneming	V	Scholen en peuterspeelzalen, binnen	V 35 ^{c)}	Tijdens de les	
Leerprestatie	V	Scholen en peuterspeelzalen, binnen	V 35 ^{c)}		
Aandacht	T	Scholen en peuterspeelzalen, binnen	V 35 ^{c)}		
Motivatie	V/B	School	V 35 ^{c)}		
Secretie catecholamines	B/T		W, V 35		
Biochem. Effecten	B		O 35		
Effecten op slaap ^{d)}					
Slaap verstoring	T	In de slaapkamer	30	8	45
Gehoorschadiging ^{d)}	V	Industriële, commerciële, winkel en verkeersgebieden (binnen/buiten)	70	24	110
		Publieke adressen (binnen/buiten)	85	1	110
		Ceremonies, festivals en evenementen	100	4	110
		Muziek door koptelefoons en oordoppen	85	1	110
		Impuls geluid van speelgoed vuurwerk en alarm			120-140
Bloeddruk veranderingen	B		W, V		
Effecten immuunsysteem	O		O		
Geboortegewicht	O		O, V		

a) Bewijslast voor een causale relatie tussen geluid en het betreffende eindpunt. V = voldoende, B = beperkt, T = twijfelachtig, O = Onvoldoende

b) Geluidsbron: O = omgevingsgeluid, V = geluid van vliegverkeer, W = geluid van wegverkeer

c) Richtlijn ter voorkoming van de verstoring van de informatie overdracht

d) Voor zowel effecten op de slaap als gehoorschadiging zijn voor de verschillende situaties verschillende WHO richtlijnen opgesteld

In het RANCH-onderzoek zijn aanwijzingen gevonden dat het effect van geluid van vliegverkeer op begrijpend lezen lineair is (figuur 4.1). Binnen de onderzochte range van het buitengeluidsniveau (35 tot 70 dB(A)) zijn er geen aanwijzingen voor een drempelwaarde waarboven het effect begint op te treden. Wat er bij lagere of hogere niveaus gebeurt kon niet uit de resultaten van dit onderzoek worden afgeleid. Voor de relatie tussen blootstelling door geluid van vliegverkeer op school en ernstige hinder is een vergelijkbaar beeld gevonden, zij het dat het effect op hinder niet-lineair is (figuur 4.2). Een belangrijke kanttekening is dat uit de onderzoeksresultaten niet kan worden afgeleid of de effecten op cognitie en bloeddruk uitsluitend door geluidsbelasting op school worden veroorzaakt. Bij hinder ligt dit iets anders: Daar wordt nl. gevraagd of het kind dan wel op school dan wel op het huisadres is gehinderd door de betreffende bron. Aanbevolen wordt om de richtlijnen uit te breiden met een richtlijn voor het geluidniveau bij woningen.

5.5.2 Lezen

Uit deze studie blijkt dat blootstelling aan geluid van vliegverkeer een negatieve invloed heeft op de leesprestatie van kinderen. Geschat is dat het gaat om een effect dat gelijk is aan een gemiddelde leesachterstand van ca. 1 maand per 5 dB(A). In andere studies zijn effecten van vergelijkbare omvang gevonden (zie paragraaf 5.3.1). Om enig inzicht te krijgen in de grootte van het effect op lezen is de volgende vergelijking gemaakt: De mate waarin geluid van vliegverkeer de leesprestatie gemiddeld kan beïnvloeden is groter dan het verschil in leesprestaties dat gemiddeld tussen jongens en meisjes wordt gemeten, maar minder groot dan het gemiddelde verschil in leesprestatie tussen kinderen van hoog- en laag opgeleide ouders.

De CLIB is een index voor de leesvaardigheid van een kind en die tegelijkertijd ook de leesbaarheid van teksten uitdrukt. Wanneer gemiddeld een verschil van 0,85 CLIB-punten per 5 dB(A) wordt gevonden, wat gelijk is aan een gemiddelde leesachterstand van 1 maand per 5 dB(A), zullen kinderen dit in de praktijk niet merken. Kinderen met een dergelijk verschil kunnen in principe dezelfde boeken lezen. Op deze manier werd de betekenis van het effect van geluid op begrijpend lezen voor een gemiddeld kind inzichtelijk en was het gemakkelijker de effecten tussen de verschillende landen te vergelijken. Echter, de invloed van het geluid verschilt tussen kinderen. Daarnaast heeft niet ieder kind als uitgangspunt een gemiddelde leesprestatie (Cito, 2004).

De in hoofdstuk 4 gepresenteerde schattingen maken duidelijk wat het gevonden effect voor lezen voor alle basisschoolkinderen rond Schiphol kan betekenen. Wanneer we veronderstellen dat alleen in de bovenbouw van de basisschool sprake is van een effect van geluid afkomstig van vliegverkeer op begrijpend lezen, dan zouden er op basis van het 5^e percentiel, in de regio Schiphol in de bovenbouw van basisscholen ongeveer 560 (0,5%) leerlingen extra zijn die een relatief lage score op de leestest hebben. Wanneer een relatief lage score op de leestest wordt gedefinieerd op basis van het 10^e percentiel zou het om ongeveer 1900 kinderen (1,6%) extra gaan. Deze getallen zijn indicatief omdat niet bekend is of de in het RANCH-onderzoek gevonden blootstelling-respons relaties representatief is voor alle kinderen in het gebied. Verder geldt dat de schattingen een groot betrouwbaarheidsinterval hebben; zo omvat het betrouwbaarheidsinterval van de relatief lage score volgens het 5^e

percentiel de waarde 0 omdat de blootstelling-respons relatie niet statistisch significant is. Dit kan deels verklaard worden doordat de leesscore gedichotomiseerd wordt waarbij informatie verloren gaat ten opzichte van de analyse waarbij met de z-score wordt gerekend.

Bij de interpretatie van het effect van geluid op lezen moeten we er verder rekening mee houden dat de gevonden effecten mogelijk reversibel zijn. Aanwijzingen daarvoor zijn gevonden in de Munich Airport Studie en de SEHS (Haines et al., 2001c) (Hygge et al., 2002). In de eerstgenoemde studie verdwenen de verschillen in lezen tussen de blootgestelde en controle groep na sluiting van het vliegveld (Hygge et al., 2002). In de SEHS werden dezelfde kinderen een jaar later nogmaals onderzocht. Na controle voor confounders werden nu geen effecten op lezen gevonden (Haines et al., 2001c). Niet bekend is of ook het geluidsniveau was afgenomen. Uit de studie van Cohen et al (1973), blijkt dat hoe langer de kinderen waren blootgesteld hoe groter het effect op lezen werd.

5.5.3 Hinder

De verschillen in blootstelling-respons relatie tussen de kinderen en hun ouders zijn klein. Bij de kinderen vindt bij hogere geluidsniveaus (> 55 dB(A)) de sterkste toename van hinder plaats, terwijl dit bij de ouders al bij lagere niveaus begint. Het percentage ernstig gehinderde kinderen ten gevolge van geluid van vliegverkeer op school neemt toe van ongeveer 4% bij 40 dB(A) tot ongeveer 18% bij 60 dB(A). Dit betekent dat door blootstelling aan geluid van vliegverkeer op school in de regio Schiphol het aantal kinderen op de bovenbouw met ernstige hinder ongeveer 3400 (2,9%) is. Voor de ouders van de kinderen zijn geen schattingen gemaakt. Met behulp van de resultaten van studies rondom Schiphol uit 1996 en 2002 is geschat dat het percentage ernstige hinder onder personen van 18 jaar en ouder respectievelijk 17 en 13% is (RIVM/TNO, 1998) (Breugelmans et al., 2005). Hierbij moet worden opgemerkt dat hinder in deze twee studies was gemeten met behulp van een 11 puntsschaal; in de RANCH-studie is hinder gemeten met behulp van een 5 puntsschaal. De percentages zijn onderling dan ook niet vergelijkbaar.

Uit de literatuur is bekend dat hinder bij volwassenen tevens is gerelateerd aan een minder goede fysieke en mentale gezondheidstoestand: personen die gehinderd zijn, rapporteren vaker gezondheidsproblemen dan personen die geen hinder rapporteren; ook verslechteren de ervaren psychische en lichamelijke gezondheid en neemt het medicijngebruik toe wanneer men gehinderd is (Morrell et al., 1997) (Derkx et al., 1999) (De Jong et al., 2000) (van Kamp, 2000) (Gielkens en Roberts, 2003). Wat de betekenis van hinder bij kinderen op de lange termijn is, kan van de resultaten uit het RANCH-project niet worden afgeleid.

Verondersteld wordt dat hinder op den duur aanleiding kan geven tot zogenaamde intermediaire reacties zoals een tijdelijk verhoogde bloeddruk, en verhoogde niveaus van het stresshormoon cortisol (Gezondheidsraad, 1999). Ook wordt wel verondersteld dat vroege blootstelling aan harde niveaus van geluid, kinderen en jong-volwassenen kwetsbaarder maakt voor gezondheidseffecten door geluidsbronnen op latere leeftijd (WHO, 2003).

5.5.4 Bloeddruk

Vanwege o.m. verschillen tussen de studie locaties en tussen de effecten van de geluidsbronnen is de relatie tussen de geluidsniveaus en de bloeddruk van de kinderen niet geheel eenduidig. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is voor deze verschillen. Mogelijk spelen verschillen in (de werking van) etniciteit en blootstellingskarakterisering een rol. Het gebrek aan eenduidigheid binnen de RANCH-studie en in de wetenschappelijke literatuur met betrekking tot het effect van geluid op de bloeddruk, betekenen dat er nog geen blootstelling-respons relatie kan worden opgesteld. Bovendien weten we niet of het om effecten van tijdelijke aard gaat. Tenslotte is moeilijk aan te geven of en in welke mate de bevindingen kunnen leiden tot mogelijke gezondheidsrisico's in het latere leven van de kinderen. De bloeddrukverschillen die gevonden zijn in relatie tot geluid, zijn klein, wat maakt dat de klinische relevantie moeilijk is vast te stellen. Verder vallen de gemeten bloeddrukken van de deelnemende kinderen binnen het gebied van wat als normaal wordt beschouwd voor kinderen van die leeftijd. De bloeddruk verhogingen die zijn gevonden ten gevolge van de blootstelling aan geluid, hebben waarschijnlijk geen direct effect op de gezondheid van de kinderen. Echter, vanwege de in paragraaf 2.4 genoemde redenen kan niet worden uitgesloten dat ze een voorspeller zijn voor bloeddrukverhogingen in het latere leven en dat ze dan wel eventueel van invloed kunnen zijn op de gezondheid.

5.6 Monitoring

In het monitoringsprogramma GES dat wordt uitgevoerd om de eventuele invloed van ruimtelijke veranderingen in de milieukwaliteit rond Schiphol op gezondheidseffecten te volgen, is er geen specifieke aandacht voor effecten op kinderen (Lebret et al., 2001). Wat betreft het geluid van vliegverkeer komen de effecten op hinder en cognitief functioneren als de belangrijkste bevindingen uit het RANCH-onderzoek naar voren. Daar de verschillen in blootstelling-respons relaties voor wat betreft de relatie tussen geluid van vliegtuigen tussen kinderen en hun ouders klein zijn, en hinder al onderdeel is van het monitoringsprogramma, behoeft het programma op dit onderdeel geen bijstelling.

De effecten op de cognitie zijn wel specifiek voor kinderen. Het wordt dan ook aanbevolen een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren naar de mogelijkheid om de effecten van omgevingsgeluid te monitoren met gegevens die jaarlijks door het CITO op basisscholen worden verzameld.

6 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek zijn:

- De leesprestatie van basisschoolkinderen rondom 3 Europese vliegvelden blijken gemiddeld lager te zijn wanneer de kinderen naar school gaan of wonen in een gebied met hogere geluidsniveaus van vliegverkeer. Het geluid van wegverkeer was niet meetbaar van invloed op deze cognitieve functie.
- Er zijn geen effecten van geluid op het werkgeheugen, voortdurende aandacht ('sustained attention') en prospectief geheugen gevonden. Er zijn wel effecten van blootstelling aan geluid van vlieg- en wegverkeer op school gevonden bij de complexere aandachtstaken ('switching attention') en op het lange termijn ('episodische') geheugen.
- Het percentage ernstige hinder hangt sterk samen met de geluidsniveaus van vliegverkeer. Er zijn geen verbanden gevonden voor wegverkeer. Verder blijkt dat kinderen op een vergelijkbare manier reageren als hun ouders.
- De relatie tussen geluid en bloeddruk is niet geheel eenduidig: in Nederland nam de bloeddruk toe bij hogere geluidsniveaus van vliegverkeer; in Engeland was dat niet zo. Er waren verschillen in effect op de bloeddruk tussen geluid van vlieg- en wegverkeer.
- De onderzoeksresultaten laten zien dat de bevindingen in recente buitenlandse studies over effecten van vliegtuiggeluid op cognitie ook van toepassing zijn op de situatie rondom Schiphol. Voorheen was onzeker of die gegevens vertaalbaar waren.

Omdat de effecten op cognitie specifiek zijn voor kinderen wordt aanbevolen om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren naar de mogelijkheid om de effecten van omgevingsgeluid te monitoren met gegevens die jaarlijks door het Cito op basisscholen worden verzameld.

5. Referenties

Ando Y, Hattori H (1973). Statistical studies on the effects of intense noise during human fetal life. *Journal of Sound and Vibration*. 27: 101-10.

Bao W, Threefoot SA, Srinivasan SR, Berenson GS (1995). Essential hypertension predicted by tracking of elevated blood pressure from childhood to adulthood. *American Journal of Hypertension*. 8: 657-65.

Beevers G, Lip GYH, O'Brien E (2001). The pathophysiology of hypertension. ABC of hypertension. *British Medical Journal*. 322: 912 – 6.

Berglund B, Lindvall T, Schwela DH (eds). (1999) *Guidelines for community noise*. Geneva: World Health Organisation.

Bistrup ML, Hygge S, Keiding L, Passchier-Vermeer W (2001). *Health effects of noise on children*. National Institute of Public Health, Denmark. ISBN 87-7899-042-4.

Bistrup ML (2003). Prevention of adverse effects of noise on children. *Noise and Health*. 5(19): 59-65.

Boman E, Enmarker I (2004). *Noise in the school environment. Memory and annoyance*. Doctoral Thesis. Gävle, Sweden.

Brackbill Y, Levy CM., Schroder K (1982). Continuous stimulation across the life span. *The Journal of Psychology*. 110: 211-5.

Busby K, Pivik RT (1985). Auditory arousal thresholds during sleep in hyperkinetic children. *Sleep*. 8(4): 332-41.

Cito, 2004: *Mondelinge mededeling F. Kleijntjes*

Cohen S, Glass DC, Singer JE (1973). Apartment noise, auditory discrimination, and reading ability in children. *Journal of Experimental Social Psychology*. 9: 407-22.

Cohen S, Evans GW., Krantz D.S, Stokols D (1980). Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field. *American Psychologist*. 35: 231-43.

Cohen S, Evans GW., Krantz DS, Stokols D, Kelly S (1981). Aircraft noise and children: longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise-abatement. *Journal of Personality and Social Psychology*. 40: 331-45.

Cohen S, Evans GW, Stokols D, Krantz DS (1986). *Behaviour, Health and Environmental Stress*. New York: Plenum Press.

Cohen MJ. (1997). *Children's Memory Scale Manual*. The Psychological Corporation Harcourt Brace and Company: San Antonion. TX.

Commissie voor de Milieu-Effect Rapportage (1993). *Toetsingsadvies over het integrale milieu-effect rapport Schiphol en omgeving*. Utrecht. Rapport nr. 334-535.

Cruz V de la. (1999). *ECL-2*. Madrid: TEA Ediciones, S.A.

Dassen AGM, Jabben J, Dolmans JHJ, Hamminga NAR, Hoffmans WH, Nijland HA (2000). *Geluid in de Vijfde Milieuverkenning*. Achtergronden. Bilthoven: RIVM. Rapport nr . 408129012.

Derkx RMJ, Straetemans M, Bretveld RW (2000). Geluidshinder en ervaren gezondheid. *Geluid*. 1: 4 – 7.

Eberhardt JL. (1990). The disturbance by road traffic noise on the sleep of prepubertal children as studied in the home. In: *Berglund B, Lindvall L, eds. Proceedings of the 5th Congress on Noise as a Public Health Problem*. I. Vol. 5. Stockholm: Swedish council for Building Research. 65-79.

Emmen HH, Staatsen BAM, Deijen JB (1997). *Methodiekontwikkeling en haalbaarheidsstudie voor onderzoek naar effecten van vliegtuiggeluid op cognitieve prestaties en gedrag van schoolkinderen. Een onderzoek in de regio Schiphol*. Bilthoven: RIVM. Rapport nr. 441520 007.

Emmen HH, Staatsen BAM, Deijen JB, Fischer PH, Kamp I van (2001). Neurobehavioral measurements in children living around Schiphol Airport. Further methodological considerations. *Proceedings of the 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. The Hague, The Netherlands.

Evans GW, Hygge S, Bullinger M (1995). Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science*. 6(6): 333-8.

Evans GW, Bullinger M, Hygge S (1998). Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. *Psychological Science*. 9: 75-7.

Evans GW, Lercher P, Meis M, Ising H, Kofler WW (2001). Community noise exposure and stress in children. *Journal of the Acoustical Society of America*. 109(3): 1023 – 7.

François D, Vallet M (2001). *Noise in schools*. Local Authorities, Health and Environment Briefing Pamphlet series. Nr 38. World Health Organization.

Gezondheidsraad (1999). *Grote Luchthavens en gezondheid*. Den Haag: Gezondheidsraad Nederland. Rapport nr. 1999/14.

Gielkens C, Roberts A (2003). Geluidshinder en de ervaren gezondheid: het vervolg. *Geluid*. 1: 9-12.

Hagley F. (2002). *The Suffolk Reading Scale 2*. Windsor: NFER-Nelson.

Goodman R. (1997) The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 38: 581-6.

Haines M, Stansfeld S (2000). Measuring annoyance and health in child social surveys. In: Casserau D (ed). *Proceedings of the 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. 27-30 August 2000, Nice, France: Société Française d'Acoustique. Volume 3: 1609-14.

Haines MM, Stansfeld SA, Job RFS, Berglund B, Head J (2001a). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine*. 31, 265-77.

Haines MM, Stansfeld SA, Brentnall S, Head J, Berry B, Jiggins M, Hygge S (2001b). The West-London School Study: The effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychological Medicine*. 31, 1385-96.

Haines MM, Stansfeld SA, Job RFS, Berglund B, Head J (2001c). A follow-up of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *International Journal of Epidemiology*. 30, 839-45.

Haines MM, Brentnall SL, Stansfeld SA, Klineberg E (2003). Qualitative responses of children to environmental noise. *Noise and Health*. 5(19): 19-30.

Hockey R. Varieties of attentional state: the effects of environment. In: Parasuraman R, Davis DR (eds). *Varieties of attention*. New York: Academic Press. 1984; 449-83.

Hygge S (1997). The effects of different noise sources and noise levels on long-term memory in children 12-14 years. In: Schick A, Klatt M (eds). *Contributions to psychological acoustics. Results of the Seventh Oldenburg Symposium on psychological acoustics*. Oldenburg: Germany. Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg. pp 483-501.

Hygge S, Evans GW, Bullinger MA.(2002). Prospective study on some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*. 13(5): 469-74.

Hygge S (2003). Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology*. 17(8): 895-914.

Hygge S, Boman E, Enmarker I.(2003). Reduction of activity noise in the classroom. In: *Proceedings of the Sixth International Congress*. Arcueil, France: Institut National de Recherche sur les Transports et leur Securite. In press.

IMER (1993). *Integraal Milieu-Effect rapport Schiphol en Omgeving*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Den Haag.

ISO (2001). *Draft Technical Specification ISO/DTS 15666 "Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and soci-acoustic surveys"*. Reference nr. ISO/TC 43/SC 1 N 1313.

Jong R de, Franssen E (2000). Gezondheid in de regio Schiphol. *Geluid*. 2: 52-6.

Kamp I van. Woonsituatie, geluidshinder en subjectieve gezondheidseffecten (2000). *Geluid*. 4: 85-89.

Karagodina IL, Soldatkina SA, Vinokur IL, Klimukhin AA (1969). The effect of aircraft noise on the population living in the vicinity of airports. *Gigiena-i-sanitariia*. 34(5): 25-30.

Karsdorf G, Klappach H (1968). The influence of traffic noise on the health and performance of Secondary school students in a large city. *Zeitschrift fur die Gesamte Hygiene*. 14: 52-4.

Kempen E van, Kamp I van, Stellato R, Fischer P. Effects of aircraft noise and road traffic noise on children's health: blood pressure, perceived health and annoyance. The RANCH study. *Epidemiology*. 2003; 14(5), Supplement, S62: ISEE-311.

Knipschild P, Meijer H, Salie H (1981). Aircraft noise and birthweight. *Occupational and Environmental Health*. 48: 131-6.

Köycü B, Kara T, Camlidag O, Aydinli R, Verschuren WMM, Montfrans GA van (1997). Risicofactoren voor hart- en vaatziekten bij Turken in Amsterdam en in Ankara. *Nederlands Tijdschrift der Geneeskunde*. 141 (18): 882-8.

Lebret E ; Houthuijs DJM ; Wiechen CMAG van (2001). *Monitoring van de milieubelasting en gezondheid rondom de luchthaven Schiphol. Fase III van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol*. Bilthoven. RIVM Rapport 441520018

Leest LATM van, Koek HL, Bots ML, Verschuren WMM (2002). *Hart- en vaatziekten in Nederland 2002. Cijfers over ziekte en sterfte*. Nederlandse Hartstichting: Den Haag.

Lercher P, Brauchle G, Kofler W, Widmann U, Meis M (2000). The assessment of noise annoyance in schoolchildren and their mothers. In: Casserau D (ed). *Proceedings of the 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering*. 27-30 August 2000, Nice, France: Société Française d'Acoustique. Volume 4: 2318-22.

Lercher P, Evans GW, Meis M, Kofler WW (2002). Ambient neighbourhood noise and children's mental health. *Occupational and Environmental Medicine*. 59: 380-6.

Lercher P (2003). Annoyance, disturbance and severances in children exposed to transportation noise. In: De Jong RG, Houtgast T, Franssen E, Hofman W (eds). *Proceedings of the 8th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Rotterdam, 2003. ICBEN Foundation: Schiedam, The Netherlands: pp 241-8.

Letz R. (1991). Use of computerized test batteries for quantifying neurobehavioural outcomes. *Environmental Health Perspectives*. 90: 195-8.

Lukas JS (1972). Effects of aircraft noise on human sleep. *American Industrial Hygiene Association Journal* 33(5): 298-303.

Mahoney LT, Burns TL, Stanford W, et al. (1996). Coronary risk factors measured in childhood and young adult life are associated with coronary artery calcification in young adults. *Journal of the American College of Cardiology*. 27: 277-84.

Maschke C, Wolf U, Leitmann Th. Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. *WaBoLu-Hefte*. Forschungsbericht. 2003; 298, 62 515, UBA-FB 000387.

Matheson MP, Stansfeld SA, Haines MM (2003). The effects of chronic aircraft noise exposure on children's cognition and health: 3 field studies. *Noise and Health*. 5(19): 31-40.

Matsui T, Matsuno T, Ashimine K, Hiramatsu K, Osada Y, Yamamoto T (2003). The Okinawa study: effect of chronic aircraft noise exposure on birth weight, prematurity and intrauterine growth retardation. In: De Jong RG, Houtgast T, Franssen E, Hofman W (eds). *Proceedings of the 8th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Rotterdam, 2003. ICBEN Foundation: Schiedam, The Netherlands: pp 127-8.

Morrell S, Taylor R, Carter N, Job S, Peplow P (1998). Cross-sectional relationship between blood pressure of school children and aircraft noise. In: Carter N, Job RFS (eds). *Proceedings of the 7th International Conference on Noise as a Public Health Problem*.

Sydney: Noise Effects '98 PTY Ltd. 1998, Vol I., pp 275-9.

Morrell S, Taylor R, Lyle DA. Review of health effects of aircraft noise (1997). *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. 21: 221-36.

Muzet A, Ehrhart J, Eschenlauer R, Lienhard JP (1980). Habituation and age differences of cardiovascular responses to noise during sleep. *In: Sleep*. 212-215. Karger, Basel.

Passchier-Vermeer W. *Geluid en gezondheid. Achtergrondstudie*. Nederlands Instituut voor Preventieve Gezondheidszorg TNO, Leiden. A93/02. Den Haag, 1993.

Passchier-Vermeer W. *Noise and Health of children* (2000). TNO. Report nr PG/VGZ/2000.042

Pattenden S, Armstrong BG, Houthuijs D, Leonardi GS, Dusseldorp A, Boeva B, Hrubá F, Brunekreef B, Fletcher T. Methodological approaches to the analysis of hierarchical studies of air pollution and respiratory health. Examples from the CESAR study. Central European study of Air pollution and Respiratory health (2000). *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 10(5): 420-6.

Pattenden S. Air traffic noise and hypertension in Stockholm County (2001). *Occupational and Environmental Medicine*. 58: 761.

Poustka F, Eckermann P, Schmeck K. (1992). Effect of aircraft noise and psychosocial stressors on mental disturbances of children and adolescents: an epidemiological survey in Westphalia. *In: Remschmidt H, Schmidt MH, eds. Developmental Psychology*. Göttingen, Federal Republic of Germany: Hogrefe and Huber Publishers.

Raitakari OT, Juonala M, Kahonen M et al (2003). Cardiovascular risk factors in childhood and carotid artery intima-media thickness in adulthood. *Journal of the American Medical Association*. 290: 2277-83.

Rashbash J, Browne W, Goldstein H, Yang M, Plewis I, Healy M, Woodhouse G, Draper D, Langford I, Lewis T. (2001). *A user's guide to MLwiN*. Centre for Multilevel Modelling, Institute of Education, University of London.

Regecová V, Kellarová E. Effects of urban noise pollution on blood pressure and heart rate in pre-school children (1995). *Journal of Hypertension*. 13: 405-12.

Relou, 2003. Persoonlijke communicatie. Ministerie van VROM, Nederland.

Roche AF, Chumlea WC, Siervogel RM. *Longitudinal study of human hearing: Its relationship to noise and other factors. III. Results from the first five years*. Air Force

Aerospace Medical Research Laboratory. September 1982: AFAMRL TR 82-68.

Shields B, Dockrell J (2002). *The effects of noise on the attainments and cognitive performance of primary school children*. UK: Department of Health.

Smezcuk B. Studies on the influence of acoustic stimuli on respiratory movements (1967). *Polish Medical Journal*. 7: 1090-1100.

Smith AP, Miles C. The combined effects of occupational health hazards: an experimental investigation of the effects of noise, nightwork and meals (1987). *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 59(1): 83-9.

Sorg BA, Whithney P. The effect of trait anxiety and situational stress on working memory capacity. *Journal of Research and Personality*. 1992; 26(3): 235-41.

Staatsen BAM, Nijland HA, Kempen EEMM van, Hollander AEM de, Franssen AEM, Kamp I van. *Assessment of health impacts and policy options in relation to transport-related noise exposures. Topic paper noise*. (2004). Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment. Report nr 815120 002/2004.

Stansfeld S, Haines M, Brown B. Noise and health in the urban environment (2000). *Reviews on Environmental Health*. 15(1-2): 43-82.

Stansfeld S, Haines M. *Noise exposure from various sources - cognitive effects on children* (2002). Paper for WHO-meeting on dose-response relationships.

Stansfeld SA, Berglund B, Lopez-Barrio I, Fischer P, Öhrstrom E, Haines MM, Berry B. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: preliminary results on dose-response relationships from the RANCH-study (2003). In: *De Jong RG, Houtgast T, Franssen E, Hofman W (eds). Proceedings of the 8th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Rotterdam, 2003. ICBEN Foundation: Schiedam, The Netherlands: pp 134-139.

Staphorsius G. (1994). *Leesbaarheid en leesvaardigheid. De ontwikkeling van een domeingericht meetinstrument (Thesis)*. Arnhem: Cito. ISBN nr: 90-801795-2-3.

Stary HC (1989). Evolution and progression of atherosclerotic lesions in coronary arteries of children and young adults. *Arteriosclerosis*. 9: 119-32.

Toulouse E, Pieron H. (1986). *Toulouse-Pieron. Prueba Perceptiva y de Atencion [in Spanish] (Test of perception and attention)*. Madrid: TEA.

UK Consensus 2001. <http://www.statistics.gov.uk/census2001>.

VROM-DGM. *Naar een Landelijk Beeld van Verstoring. Publikatiereeks Verstoring.*(1997). VROM-DGM, rapport nr. 12/97.

WHO. (2000). Guidelines for community noise. (*Edited by: Berglund B, Lindvall T, Schwela DH, Goh KT*) Geneva: World Health Organization, Guideline document.

WHO. (2003). *Second technical meeting on noise and health indicators. Results of the testing and piloting in member states.* 18-19 Dec. 2003. Bonn, Germany.

Winkleby MA, Robinson Th N, Sundquist J, Kraemer HC (1999). Ethnic variation in cardiovascular disease risk factors among children and young adults. Findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *The Journal of the American Medical Association.* 281(11): 1006-13.

Xue J, McCurdy Th, Spengler J, Ozkaynak H. Understanding variability in time spent in selected locations for 7-12 year old children. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology.* 2004; 14: 222-33.