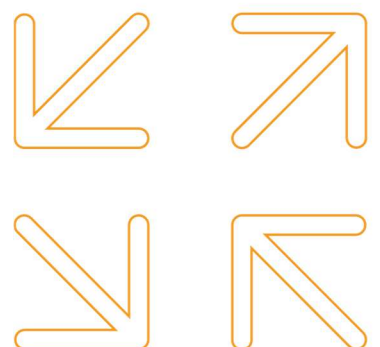
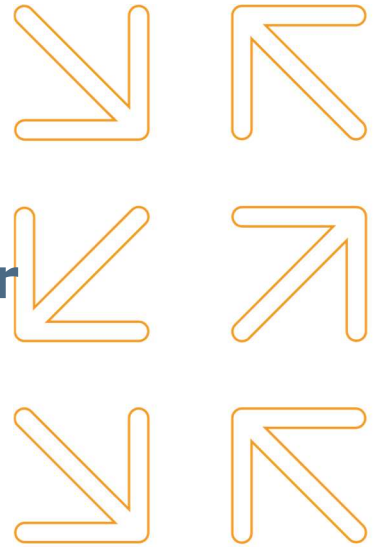


Prevalentie van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid

Onderzoek onder Rotterdamse jeugd



Over VeiligheidNL

VeiligheidNL is hét kenniscentrum voor letselpreventie. Wij zetten ons in om het leven van mensen veilig(er) te maken door veilig gedrag in een veilige omgeving te stimuleren.

Veiligheid is niet vanzelfsprekend. Het is het resultaat van onderzoek, van wetenschap, van interventies, van gedrag. Wij richten ons op de meest voorkomende en meest ernstige letsels, waar preventie belangrijk én mogelijk is. Dit doen we vanuit de thema's Kinderveiligheid, Valpreventie, Gezond gehoor, Sportblessurepreventie, Verkeersveiligheid en Productveiligheid.

We werken in een doelgerichte cyclus aan onderzoek, strategie- en interventieontwikkeling, implementatie en evaluatie. Relevante kennis en inzichten zetten wij om in hoogwaardige gedragsinterventies en slimme veiligheidso oplossingen en we verbinden wetenschappelijke inzichten met de dagelijkse praktijk. En, dat doen we niet alleen. We werken samen met partners en professionals en samen strijden we voor maximale impact.

Voor de monitoring van letsels werken we met ons eigen Letsel Informatie Systeem (LIS). Een uniek systeem dat letsels registreert bij een representatieve steekproef van Spoedeisende Hulpafdelingen van ziekenhuizen in Nederland.

Veiligheid is niet per ongeluk.

Prevalentie gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid

Onderzoek onder Rotterdamse jeugd

Rapport 1066

Projectnummer 43.0001/009/001

Katalin Katona

Marieke Pronk

In samenwerking met de Generation R onderzoeksgroep:

Stefanie Reijers (Erasmus MC)

Jantien Vroegop (Erasmus MC)

André Goedegebure (Erasmus MC)

Marc van der Schroeff (Erasmus MC)

Uitgegeven door

VeiligheidNL

Postbus 75169

1070 AD Amsterdam

www.veiligheid.nl

november 2025

Inhoudsopgave

	Pagina
Samenvatting	1
1 Inleiding	2
1.1 Aanleiding	2
1.2 Achtergrond: het Generation R cohort	2
1.3 Het doel van het project	3
2 Onderzoeksmethode	4
2.1 Definitie van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid	4
2.2 Data voorbereiding	5
2.3 Statistische methode	5
2.4 Het onderzoeksproces en geraadpleegde experts	6
3 Resultaten	8
4 Conclusie, discussie en vervolg	9
4.1 Prevalentie in eerdere Generation R studies	9
4.2 Interpretatie van de resultaten	9
4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek en preventie	11
Referenties	12
Bijlage 1 Databewerking	14
Bijlage 2 Statistische methode	16
Bijlage 3 Aanvullende resultaten	22



Samenvatting

Het monitoren van de prevalentie van gehoorschade door hard geluid is belangrijk om preventiebeleid gericht in te zetten en gehoorschade door hard geluid zoveel mogelijk te voorkomen. VeiligheidNL onderzoekt daarom sinds enkele jaren hoe de prevalentie van gehoorschade door hard geluid op landelijke schaal gemonitord kan worden. Bestaande cohortonderzoeken waarin gehoormetingen worden afgenomen lijken hiervoor een waardevolle bron. Deze rapportage beschrijft een onderzoek waarin gebruik werd gemaakt van reeds verzamelde gegevens uit het Generation R-cohortonderzoek van het Erasmus MC om meer inzicht te krijgen in de prevalentie van gehoorverlies door hard geluid.

In dit onderzoek zijn representatieve prevalentiecijfers voor Rotterdam berekend op basis van gehoormetingen (toonaudiometrie) uit het Generation R-cohortonderzoek, gecombineerd met (openbare) demografische gegevens van het CBS. Daarbij is gebruikgemaakt van een definitie van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid, wat een vroeg teken kan zijn van onomkeerbare gehoorschade — zelfs wanneer het gehoor in het dagelijks leven nog als normaal wordt ervaren.

De prevalentieschattingen vanuit het Generation R-cohort zijn vertaald naar de Rotterdamse populatie in de jaren 2014 (voor 9-jarigen), 2018 (voor 13-jarigen) en 2022 (voor 18-jarigen). Uit het onderzoek blijkt dat naar schatting 10,6% (9,3–12,0%) van de 9-jarigen, 12,3% (10,7–14,0%) van de 13-jarigen en 12,7% (10,9–14,6%) van de 18-jarigen in die jaren tekenen van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid had. Vanwege methodologische verschillen wijken de prevalentieschattingen voor 9-jarigen en 13-jarigen af van steekproefprevalenties uit eerdere Generation R-studies.

De resultaten dragen bij aan een eerste inzicht in de omvang van gehoorverlies door hard geluid onder kinderen en jongeren, en kunnen mogelijk gebruikt worden om richting te geven aan toekomstig preventiebeleid. De drie prevalentieschattingen zijn afzonderlijke, cross-sectionele momentopnames, waarmee het niet mogelijk is om uitspraken te doen over trends of veranderingen over de tijd.



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het monitoren van de prevalentie van gehoorschade is essentieel om tijdig trends te signaleren. Gehoorschade ontstaat vaak geleidelijk en blijft in de vroege stadia onopgemerkt, terwijl de gevolgen op lange termijn ingrijpend kunnen zijn voor communicatie, onderwijs, werk en kwaliteit van leven. Door structureel gegevens te verzamelen over gehoorschade in verschillende leeftijdsgroepen, kan preventiebeleid beter worden afgestemd op de praktijk.

De afgelopen jaren heeft VeiligheidNL onderzocht hoe gehoorschade op landelijke schaal gemonitord kan worden. In 2019 bleek uit een haalbaarheidsstudie dat bestaande databronnen, zoals cohortonderzoeken, hiervoor het meest geschikt zijn. Daarom is in 2020, in samenwerking met het Erasmus MC, een eerste inschatting gemaakt van de landelijke prevalentie van gehoorverlies bij 40-plussers op basis van toonaudiometriedata uit het ERGO-cohortonderzoek. Deze cijfers gaven vooral ouderdoms-gerelateerd gehoorverlies weer, maar gedeeltelijk ook gehoorverlies door hard geluid.

Om specifiekere zicht te krijgen op gehoorschade door hard geluid, en ook jongere leeftijdsgroepen te betrekken, is sinds 2021/2022 ingezet op aanvullende databronnen. In 2022 werd hierover advies ingewonnen bij het Expertpanel Gehoorschadepreventie. De meest impactvolle en veelvoorkomende vormen van gehoorschade door hard geluid zijn gehoorverlies, tinnitus en overgevoeligheid voor geluid (hyperacusis). De experts benadrukten het belang van objectieve gehoormetingen, zoals toonaudiometrie, voor het meten van gehoorverlies bij jongeren en jongvolwassenen (10–35 jaar). Zo is toonaudiometrie beter in staat om vroege gehoorschade door hard geluid te signaleren dan zelfrapportage. Ook kan het toonaudiogram informatie geven over de ontstaanswijze van het gehoorverlies, zoals hard geluid, in tegenstelling tot veel andere gangbare gehoormaten.

Een waardevolle bron hiervoor is het Generation R (Next) cohortonderzoek, waarin toonaudiometrie al onderdeel is van de periodieke metingen bij Rotterdamse jongeren. De beschikbare data van metingen rond de leeftijden 9, 13 en 18 jaar bieden een unieke kans om gehoorverlies door hard geluid in deze leeftijdsgroep in kaart te brengen.

1.2 Achtergrond: het Generation R cohort

Generation R is een grootschalige, multi-etnische, prospectieve cohortstudie die kinderen en jongeren volgt over langere tijd. Het onderzoek is opgezet om te achterhalen hoe erfelijke en omgevingsfactoren bijdragen aan normale en afwijkende groei, ontwikkeling en gezondheid vanaf de zwangerschap tot in de volwassenheid (Kooijman et al. 2016).

De cohortstudie startte met het includeren van zwangere vrouwen met een uitgerekende datum tussen april 2002 en januari 2006, wonende in de zogenaamde 'study area'. Voor de huidige studie



wordt ruwweg het 'midden' van de wervingsperiode, het jaar 2005, als het 'basismeetmoment' beschouwd.

Vanaf de geboorte werden er bij het kind verschillende lichamelijke metingen uitgevoerd en werden de ouders via verschillende vragenlijsten over zichzelf en hun kind bevraagd. Vanaf de leeftijd van 5-6 jaar werden de kinderen uitgenodigd om elke 3-4 jaar naar het Generation R onderzoekscentrum in het Sophia Kinderziekenhuis te komen. Hier vond een uitgebreide testsessie plaats, bestaande uit lichamelijke metingen en observaties. Tot nu toe zijn op drie meetmomenten gehoormetingen uitgevoerd als onderdeel van deze testsessie:

- rond de leeftijd van 9 jaar (de 'Focus op 9'-meting; de meeste metingen werden uitgevoerd in 2014),
- rond de leeftijd van 13 jaar (de 'Focus op 13'-meting; 2018)
- rond de leeftijd van 18 jaar (de 'Focus op 17'-meting, 2022). De metingen van dit meetmoment gebeurden vertraagd door COVID-19, waardoor de meeste kinderen geen 17 maar 18 waren ten tijde van de meting.

Voor deze drie leeftijden en bijbehorende meetmomenten (jaren) hebben we prevalentieschattingen uitgevoerd. Deze zijn als afzonderlijke metingen (cross-sectioneel) geanalyseerd en geïnterpreteerd. We hebben niet gekeken naar ontwikkelingen in de prevalentie over de tijd, en de data dus niet longitudinaal geïnterpreteerd.

1.3 Het doel van het project

Dit onderzoek heeft als doel om prevalentieschattingen te maken voor de ongeveer 9-, 13-, en 18-jarige Rotterdamse jongeren (zie Onderzoeksvraag 1 hieronder) in de jaren van de gehoormetingen, respectievelijk 2014, 2018 en 2022.

De onderzoeksvraag luidt als volgt:

"Wat zijn de prevalentieschattingen van 'gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid' ('probable noise-induced hearing loss'; pNIHL) onder ongeveer 9-, 13- en 18-jarige Rotterdamse tieners, respectievelijk in de jaren 2014, 2018 en 2022?"

Het project geeft een eerste inzicht in de prevalentie van pNIHL onder tieners. Het project moet gezien worden als één van de bronnen die gezamenlijk een beeld geven van hoe vaak en bij wie pNIHL voorkomt. Met dit inzicht kan o.a. meer richting worden gegeven aan het ontwikkelen van preventiebeleid.



2 Onderzoeksmethode

2.1 Definitie van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid

Gehoorverlies komt in drie vormen voor: conductief (CHL), sensorineuraal (SNHL) en gemengd. CHL ontstaat door problemen in de geleiding van geluid naar het binnenoor, zoals oorsmeer of een beschadigd trommelvlies. SNHL is het gevolg van schade aan het binnenoor of de gehoorzenuw, vaak door veroudering, harde geluiden of erfelijkheid. Gemengd gehoorverlies combineert beide vormen. Dit onderzoek richt zich op een subtype van SNHL dat veroorzaakt wordt door (langdurige) blootstelling aan harde geluiden, wat door eerdere gehooronderzoekers ook wel 'probable noise-induced hearing loss' (pNIHL) genoemd (LeClercq et al., 2018; Paping et al., 2021).

Bij kinderen uit het Generation R-cohort werd het gehoor gemeten met behulp van toonaudiometrie, een standaardmethode om gehoorverlies vast te stellen. Hierbij kregen beide oren zuivere tonen van verschillende frequenties (Hz) aangeboden. Voor ieder oor werd de gehoordrempel (het zachtste geluid dat werd gehoord) bepaald voor elke frequentie en vergeleken met die van een gemiddelde 18-jarige om gehoorverlies vast te stellen.

Ter onderscheiding van SNHL en CHL werd tympanometrie toegepast. Deze methode beoordeelt de beweeglijkheid van het trommelvlies en geeft inzicht in de toestand van het middenoor. Indien toonaudiometrie gehoorverlies aantoonde én tympanometrie wees op afwijkingen in het middenoor, werden deze metingen als ongeldig beschouwd en als ontbrekende waarden (missing data) meegenomen in de analyses.

Om pNIHL te definiëren, zijn we uitgegaan van audiometrische patronen zoals beschreven door LeClercq et al. (2018) en Paping et al. (2021). Hierbij werd pNIHL gedefinieerd als de aanwezigheid van één of beide van de volgende kenmerken in ten minste één oor, in combinatie met een normaal tympanogram:

1. Een 'notch' in het audiogram, oftewel een karakteristieke dip in de gehoordrempel bij specifieke hoge frequenties. Volgens de definitie van Niskar et al. (2001) is sprake van een 'notch' wanneer:
 - de gehoordrempels bij 0,5 en 1 kHz maximaal 15 dB gehoorverlies zijn;
 - én de slechtste drempel bij 3, 4 of 6 kHz minstens 15 dB slechter is dan de slechtste drempel bij 0,5 en 1 kHz;
 - én de drempel bij 8 kHz minstens 10 dB beter is dan de slechtste drempel bij 3, 4 of 6 kHz.
2. Gehoorverlies in de hoge frequenties (high-frequency hearing loss, HFHL), gedefinieerd als:
 - gehoordrempels van maximaal 15 dB gehoorverlies bij 0,5 en 1 kHz;
 - én een gemiddelde gehoordrempel van meer dan 15 dB HL over de frequenties 3, 4, 6 en 8 kHz.



Wanneer een van deze patronen — of beide — aanwezig was, werd dit geïnterpreteerd als een mogelijke indicatie van pNIHL. Voor de analyse is een indicatorvariabele 'pNIHL ja/nee' gebruikt, gebaseerd op audiometrie en tympanometrie, volgens de bovenstaande definities.

Het is belangrijk om te benadrukken dat een 'notch' en/of HFHL in het audiogram ook kan voorkomen bij kinderen die in het dagelijks leven (nog) geen merkbaar gehoorverlies ervaren. Zowel een 'notch' als HFHL zouden kunnen wijzen op beginnende, mogelijk onomkeerbare schade als gevolg van (langdurige) blootstelling aan harde geluiden. Omdat dergelijke schade zich in de loop van de tijd kan opstapelen, zou dit een vroeg signaal kunnen zijn van een verhoogd risico op cumulatief gehoorverlies op latere leeftijd. Daarnaast kunnen ook factoren als genetische aanleg, bestaande gezondheidsproblemen en andere (ototoxische) omgevingsfactoren bijdragen aan SNHL en daarmee mogelijk ook de prevalentie van pNIHL beïnvloeden.

2.2 Data voorbereiding

We gebruikten gegevens van vier verschillende meetmomenten: basismeting (rondom de geboorte; deze hebben we nodig om een uitval-analyse te kunnen maken), rond 9 jaar, rond 13 jaar en rond 18 jaar. Datavoorbereiding werd in de statistische software SPSS versie 28.01.0 gedaan.

Voor geslacht en etniciteit gebruikten we elke keer dezelfde variabelen aangezien deze niet veranderen met de tijd. Voor huishoudinkomen, namen we elke keer de actuele waarde mee. Bij de 9/ 13/ 18 jaar metingen converteerden we deze variabele naar gestandaardiseerd huishoudinkomen om rekening te kunnen houden met het aantal personen dat van het inkomen moest leven. Dit helpt om deze variabele als een benadering voor de economische positie van het gezin te gebruiken.

Het opleidingsniveau hebben we gemeten op 3 niveaus (laag, middel, hoog) en op de volgende manier meegenomen: bij de basismeting gebruikten we het opleidingsniveau van de moeder bij de geboorte van het kind. Bij de meting rond 9 jaar gebruikten we de meest recente meting van het opleidingsniveau van de moeder aangezien kinderen in deze leeftijd nog allemaal op basisschool zitten, zonder differentiatie. Bij de meting rond 13 jaar gebruikten we het opleidingsniveau van het kind, dat we benaderden met het type school waar de leerling op zat. Bij de meting rond 18 jaar gebruikten we het opleidingsniveau van het kind. Voor kinderen die niet meer op school zaten, gebruikten we de indeling van volwassenen, terwijl we voor kinderen die nog op school zaten de indeling van kinderen hebben toegepast. Zie Bijlage 1 voor de indeling van verschillende schooltypes voor volwassenen en kinderen.

2.3 Statistische methode

Onze analysestrategie bestond uit twee stappen.

In **stap 1** was het doel om de drie steekproeven (rond de leeftijden 9, 13 en 18 jaar) zo representatief mogelijk te maken voor de oorspronkelijke situatie bij aanvang van de studie, rond 2005. We corrigeerden hierbij zo veel mogelijk voor eventuele vertekeningen in de steekproef die waren ontstaan, bijvoorbeeld door uitval. Hiervoor gebruikten we de achtergrondkenmerken geslacht, etniciteit, huishoudinkomen (bij basismeting) en het opleidingsniveau van de moeder (bij



basismeting). Op basis van deze variabelen werd de steekproef gewogen, zodat deze zo goed mogelijk overeenkwam met de steekproef bij de start van het cohortonderzoek.

In **stap 2** corrigeerden we vervolgens voor verschillen tussen de (in stap 1 gewogen) steekproef en de populatie waarnaar we wilden extrapoleren: kinderen van 9, 13 en 18 jaar die in respectievelijk 2014, 2018 en 2022 in de gemeente Rotterdam woonden. Omdat de oorspronkelijke steekproef niet representatief was voor deze populaties, was aanvullende kalibratie nodig. Hiervoor gebruikten we de variabelen geslacht, etniciteit, opleidingsniveau (bij 9 jaar dat van de moeder; bij 13 en 18 jaar dat van het kind), type huishouden, gestandaardiseerd huishoudinkomen (ten tijde van de gehoormeting) en stedelijkheid van het woonadres.

Voor stap 1 beschikten we over relatief veel informatie, waaronder gegevens van respondenten die in de beginjaren van het onderzoek deelnamen maar later uitvielen. Deze informatie uit de basismeting helpt bij het herstellen van de representativiteit ten opzichte van de oorspronkelijke steekproef. Voor stap 2 was minder gedetailleerde informatie beschikbaar; we baseerden ons hier op openbare, geaggregeerde bronnen over de Rotterdamse populatie. Hierdoor vond de kalibratie vooral plaats op hoofdlijnen, voor de totale populatie, en niet op subgroepen.

Bij beide stappen werden ontbrekende waarden aangevuld met multiële imputatie. Alle statistische analyses werden uitgevoerd met behulp van de software R versienummer 4.3.2 (R Core Team, 2024).

2.4 Het onderzoeksproces en geraadpleegde experts

Dit onderzoek sluit aan op eerder werk van het Erasmus MC naar gehoorschade, gebaseerd op gegevens uit het Generation R-cohort. De definitie van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid en de manier waarop deze is afgeleid uit toonaudiometrie- en tympanometriemetingen, is overgenomen uit deze eerdere studies. Om de interpretatie van de gegevens goed te onderbouwen, hebben we meerdere sessies georganiseerd met audiologen en KNO-artsen van het Erasmus MC.

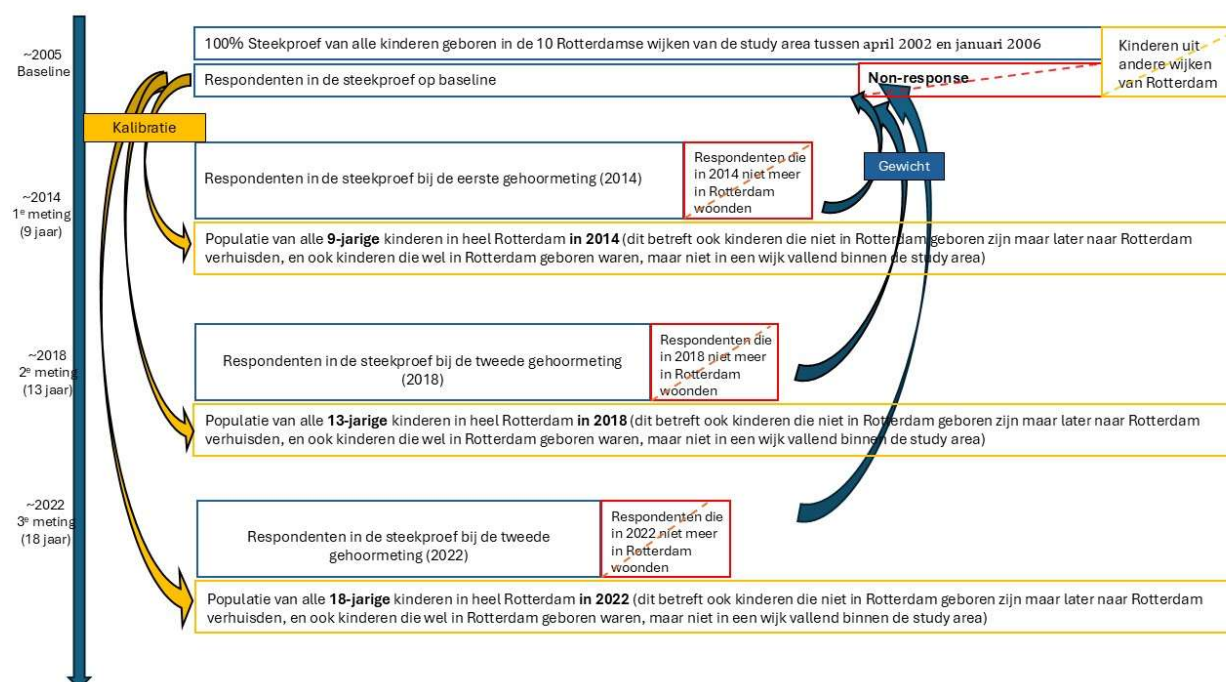
Daarnaast hebben we een klankbordgroep van statistici van de Amsterdam UMC (locatie VUmc) en het RIVM gevraagd mee te denken over de methodologie. Zij gaven waardevolle input over het herstellen van de representativiteit van de steekproef (bijvoorbeeld bij uitval) en het vertalen van de resultaten naar de bredere Rotterdamse populatie.

Voor het gebruik van demografische variabelen en de indeling in categorieën hebben we aanvullend advies ingewonnen bij experts van verschillende Nederlandse universiteiten.

We zijn alle betrokken experts en leden van de klankbordgroep dankbaar voor hun bijdrage.



Figuur 1.1: Schematische weergave van de relatie tussen steekproef en doelpopulatie



Bovenstaande figuur geeft een overzicht van de analysemethode. De tijdlijn loopt van boven naar beneden: van de basismeting rond 2005 tot de derde gehoormeting rond 18 jaar in 2022. Blauwe vierkanten representeren de steekproef, gele vierkanten de doelpopulatie, en rode vierkanten onderdelen van de steekproef die zijn uitgesloten of waarvoor geen gegevens beschikbaar zijn. Blauwe pijlen tonen stap 1: het aanmaken van gewichten om representativiteit ten opzichte van de basismeting te herstellen. Gele pijlen tonen stap 2: de kalibratie waarmee de steekproef representatief wordt gemaakt voor de Rotterdamse populatie. In de bijlage worden de stappen in meer detail toegelicht.



3 Resultaten

In de onderstaande drie tabellen staan de resultaten. De kolom 'Prevalentie' van de tabellen geeft aan welk deel van de kinderen in Rotterdam wel of geen tekenen van pNIHL had in de betreffende leeftijdscategorie en het bijbehorende jaartal. De kolommen 'BI laag' en 'BI hoog' geven de onder- en bovengrens van de 95% betrouwbaarheidsinterval van de prevalentieschatting aan.

De prevalentieschatting van tekenen van pNIHL voor 9-jarige kinderen in 2014 was 10,6% (9,3 – 12,0%). Dezelfde schatting voor 13-jarigen in 2018 was 12,3% (10,7 – 14,0%) en voor 18-jarigen in 2022 was 12,7% (10,9 – 14,6%).

Tabel 3.1: Prevalentie pNIHL onder kinderen rond 9 jaar in 2014 in Rotterdam

	Prevalentie	BI laag	BI hoog
Geen pNIHL	89,4%	88,0%	90,7%
pNIHL	10,6%	9,3%	12,0%

Tabel 3.2: Prevalentie pNIHL onder kinderen rond 13 jaar in 2018 in Rotterdam

	Prevalentie	BI laag	BI hoog
Geen pNIHL	87,7%	86,0%	89,3%
pNIHL	12,3%	10,7%	14,0%

Tabel 3.3: Prevalentie pNIHL onder kinderen rond 18 jaar in 2022 in Rotterdam

	Prevalentie	BI laag	BI hoog
Geen pNIHL	87,3%	85,4%	89,1%
pNIHL	12,7%	10,9%	14,6%



4 Conclusie, discussie en vervolg

Deze rapportage beschrijft een onderzoek naar de prevalentie van gehoorverlies vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid (pNIHL) onder Rotterdamse kinderen van 9, 13 en 18 jaar. De schattingen zijn gebaseerd op toonaudiometriegegevens uit het Generation R-cohort en zijn vertaald naar de Rotterdamse populatie in de jaren 2014 (voor 9-jarigen), 2018 (voor 13-jarigen) en 2022 (voor 18-jarigen). Uit het onderzoek blijkt dat naar schatting 10,6% (9,3–12,0%) van de 9-jarigen, 12,3% (10,7–14,0%) van de 13-jarigen en 12,7% (10,9–14,6%) van de 18-jarigen in die jaren tekenen van pNIHL had. Dit betekent niet dat al deze kinderen gehoorverlies ervoeren. pNIHL kan een vroeg teken zijn van onomkeerbare gehoorschade, zelfs als het gehoor in het dagelijks leven nog als normaal wordt ervaren.

In dit rapport wordt gebruik gemaakt van een internationaal geaccepteerde definitie van pNIHL, gebaseerd op de classificatie van Niskar et al. (2001). In de literatuur worden diverse definities beschreven en de gerapporteerde prevalentie is altijd afhankelijk van de gekozen definitie. Daarnaast is het niet mogelijk een causaal verband met blootstelling aan hard geluid aan te tonen, zonder dat deze blootstelling daadwerkelijk is gemeten. Andere oorzaken van het waargenomen gehoorverlies kunnen niet volledig uitgesloten worden. Daarnaast is er sprake van meeton nauwkeurigheid, inherent aan toonaudiometrie en versterkt door de jonge leeftijd van de populatie en de context van grootschalige dataverzameling.

4.1 Prevalentie in eerdere Generation R studies

Deze bevindingen sluiten aan bij eerdere analyses binnen hetzelfde cohort. Zo rapporteerde Le Clercq et al. (2018) dat 14,2% (13,0–15,5%) van de kinderen rond 9 jaar pNIHL had. Dit percentage ligt iets hoger dan in ons onderzoek, wat deels verklaard kan worden door verschillen in de steekproefselectie. Le Clercq et al. sloten kinderen uit bij wie tympanometrie geen duidelijkheid gaf over mogelijke middenoorproblemen. Wij namen daarentegen alle kinderen zonder gehoorverlies mee, en markeerden kinderen met gehoorverlies die eveneens geen duidelijke tympanometrie-resultaten hadden als 'ontbrekende waarde'.

Ook Paping et al. (2021) vonden vergelijkbare cijfers: 12,4% (11,5–13,4%) van de 13-jarigen had pNIHL. De steekproefdefinitie in dat onderzoek komt grotendeels overeen met de onze. Een verschil is dat wij kinderen met gehoorverlies en een tympanometrie-uitkomst die geen duidelijkheid gaf over mogelijke middenoorproblemen niet uitsluiten, maar hun pNIHL-status imputeren. Daarnaast zijn onze resultaten geëxtrapoleerd naar de gehele Rotterdamse populatie.

4.2 Interpretatie van de resultaten

Bij de interpretatie van deze cijfers is voorzichtigheid geboden. Technologie en luistergewoonten van kinderen kunnen in de loop der jaren sterk veranderen. Daardoor zijn de resultaten van 9-jarigen in 2014 of 13-jarigen in 2018 niet zomaar te vertalen naar de situatie van kinderen in dezelfde leeftijdsgroep vandaag de dag.



Daarnaast is er nog veel onbekend over hoe omgevingsfactoren en gedrag op de lange termijn het gehoor beïnvloeden. Wel is uit eerder onderzoek van het Erasmus MC gebleken dat een slechter gehoor samenhangt met een lager opleidingsniveau van de moeder (Le Clercq et al., 2017; Paping et al., 2023). Dit sluit aan bij andere studies die laten zien dat jongeren met een lagere sociaaleconomische status vaker risicovol luistergedrag vertonen, zoals het luisteren naar harde muziek (Paping et al., 2022).

Voor andere factoren is het bewijs minder eenduidig. Zo werd in Generation R geen verband gevonden tussen laag inkomen en gehoorverlies (Paping et al., 2023), terwijl dit in sommige Amerikaanse studies wel werd aangetoond. Ook over het effect van stedelijkheid is geen consensus: sommige internationale studies wijzen op meer gehoorschade bij kinderen in landelijke gebieden, andere juist in stedelijke omgevingen, en weer andere vinden geen verband.

Het oorspronkelijke plan was om de Generation R prevalentieschattingen voor de kinderen te extrapoleren naar heel Nederland. Bij nader inzien is van dit plan afgestapt omdat Generation R een lokaal cohort is. Het omvat een grootstedelijke populatie vanuit één stad. De meer landelijke gebieden in Nederland zijn niet vertegenwoordigd in de steekproef, net zoals andere steden en andere delen van Nederland ontbreken. Door de lokale steekproef is het niet mogelijk om voor (mogelijke) risicofactoren te corrigeren die in meer landelijke gebieden of in andere delen van het land voorkomen en in theorie het gehoor kunnen beïnvloeden.

We extrapoleerden de resultaten van het cohort wel naar heel Rotterdam. We achten deze extrapolatie wel mogelijk omdat we minder verschillen verwachten tussen de wel en niet geïnccludeerde wijken van Rotterdam dan tussen Rotterdam en heel Nederland. In dit onderzoek is bij de extrapolatie rekening gehouden met factoren zoals opleidingsniveau, inkomen en mate van stedelijkheid, ook al is niet altijd bewezen dat deze pNIHL beïnvloeden. Geslacht en etniciteit zijn eveneens meegenomen, voor de volledigheid en 'face validity', hoewel eerdere analyses binnen Generation R geen verband met pNIHL aantoonde (Le Clercq et al., 2017; Paping et al., 2023).

Desondanks moeten we bij de interpretatie er rekening mee houden dat extrapolatie naar buiten de steekproef nooit 100% zeker kan zijn. Er kunnen ongemeten verschillen zitten tussen de wel en niet geïnccludeerde wijken die de resultaten beïnvloeden maar waarvoor correctie niet mogelijk is. Hoewel we ons niet bewust zijn van dergelijke ongemeten verschillen, kunnen we de mogelijkheid van vertekend beeld niet uitsluiten.

Tot slot zijn de drie gehoormetingen als afzonderlijke, cross-sectionele datasets geanalyseerd. Hierdoor is het niet mogelijk om uitspraken te doen over trends of veranderingen in de prevalentie van pNIHL over de tijd. Een onlangs gepubliceerd artikel van Erasmus MC werpt daar wel enig licht op (Reijers et al. 2025). In dat onderzoek werden de gehoorverlies-gegevens van de ongeveer 13- en 18-jarigen uit de Generation R-steekproef vergeleken (dus: longitudinaal). Hoewel de prevalentie van pNIHL op beide meetmomenten stabiel leek, was er selectieve uitval die een mogelijk toename zou kunnen hebben gemaskeerd. Daarnaast was het gehoorverlies op 18-jarige leeftijd verergerd bij de jongeren die al tekenen van pNIHL hadden op 13-jarige leeftijd.



4.3 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek en preventie

Als basis voor effectief preventiebeleid is het belangrijk om uitgebreid inzicht te hebben in de prevalentie van gehoorschade door hard geluid, en daarmee goed te weten hoe vaak en bij wie het voorkomt. Met deze kennis kunnen gerichtere preventiemaatregelen worden ontwikkeld, waardoor de impact ervan kan worden vergroot. De uitkomsten van dit onderzoek dragen bij aan het vergroten van het inzicht in de prevalentie van gehoorschade door hard geluid. Om het inzicht in de prevalentie verder uit te breiden is het waardevol om de uitkomsten van dit onderzoek te verrijken met aanvullende gegevens, zoals toekomstige metingen vanuit Generation R en gegevens uit andere delen van Nederland. Naast gehoorverlies zijn hierbij ook inzichten in de prevalentie van tinnitus en hyperacusis van belang, omdat ook deze vormen van gehoorschade relatief veelvoorkomend én impactvol zijn voor het individu en maatschappij. Daarnaast is zicht op de prevalentie en monitoring van risicovolle blootstelling aan hard geluid minstens zo belangrijk. Dit is van belang omdat gehoorschade zich pas na langere tijd (soms jaren) openbaart in gehoormetingen, terwijl de blootstelling dus al langere tijd te hoog én ook meetbaar was. Zorgvuldige monitoring van risicovolle blootstelling maakt tijdig ingrijpen via preventiemaatregelen dus mogelijk. Met deze informatie in het achterhoofd is er een consortium gevormd om in Noord-Nederland gegevens rondom gehoorschade door en blootstelling aan hard geluid te verzamelen bij kinderen, jongeren en jongvolwassenen, via het cohortonderzoek Lifelines. Daarnaast is er behoefte aan gegevens waarmee ontwikkelingen in prevalentie over de tijd kunnen worden gevolgd, zodat mogelijk een inschatting kan worden gemaakt van de effecten van uitgerolde preventiemaatregelen (VWS, 2025). Daarom wordt vanaf 2025 de Leefstijlmonitor ingezet om structureel gegevens te verzamelen met vragenlijsten over risicovolle blootstelling aan hard geluid en zelfgerapporteerde gehoorschadeklachten (gehoorverlies, tinnitus, hyperacusis) bij 10-35-jarigen.

VeiligheidNL zet zich in om bovenstaande inzichten te verzamelen en daarmee bestaande kennishiaten steeds verder in te vullen. Daarnaast draagt VeiligheidNL bij aan het ontwikkelen en implementeren van gerichte interventies. In het kader van preventie is het belangrijk om voorlichting te geven en veilig luistergedrag te stimuleren, bijvoorbeeld via campagnes (I Love My Ears en Héél gewoon bij een eerste telefoon), voorlichtingswebsites zoals www.oorcheck.nl en lespakketten (Hoortoren). Daarbij helpt het om handvatten voor preventie aan te reiken aan professionals in relevante werkvelden, zoals overheden, GGD'en, scholen en de muziekindustrie. Verder is het van belang om bewustwording te vergroten en reeds opgelopen (beginnende) gehoorschade tijdig te signaleren. Dit kan op een laagdrempelige manier via online hoortesten, zoals de online Oorcheck (www.oorcheck.nl).



Referenties

- Hofman, A., Jaddoe, V. W., Mackenbach, J. P., Moll, H. A., Snijders, R. F., Steegers, E. A., Verhulste, F. C., Witteman, J. C. M., Büller, H. A. (2004). Growth, development and health from early fetal life until young adulthood: the Generation R Study. *Paediatric and perinatal epidemiology*, 18(1), 61-72.
- Jaddoe, V. W., van Duijn, C. M., van der Heijden, A. J., Mackenbach, J. P., Moll, H. A., Steegers, E. A., Tiemeier, H., Uitterlinden, A. G., Verhulst, F. C., Hofman, A. (2008). The Generation R Study: design and cohort update until the age of 4 years. *European journal of epidemiology*, 23, 801-811.
- Kooijman, M. N., Kruithof, C. J., van Duijn, Jaddoe, V. W. (2016). The Generation R Study: design and cohort update 2017. *European journal of epidemiology*, 31(12), 1243-1264.
<https://doi.org/10.1007/s10654-016-0224-9>
- Le Clercq, C. M., Van Ingen, G., Ruytjens, L., Goedegebure, A., Moll, H. A., Raat, H., Jaddoe, V. W. V., Baatenburg de Jong, R. J., van der Schroeff, M. P. (2017). Prevalence of hearing loss among children 9 to 11 years old: the generation R study. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 143(9), 928-934.
- Le Clercq, C. M. P., Goedegebure, A., Jaddoe, V. W. V., Raat, H., Baatenburg de Jong, R. J., & van der Schroeff, M. P. (2018). Association Between Portable Music Player Use and Hearing Loss Among Children of School Age in the Netherlands. *JAMA otolaryngology-- head & neck surgery*, 144(8), 668-675. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2018.0646>
- Lumley, T. (2024) "survey: analysis of complex survey samples". R package version 4.4.
- Niskar, A. S., Kieszak, S. M., Holmes, A. E., Esteban, E., Rubin, C., Brody, D. J. (2001). Estimated prevalence of noise-induced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994, United States. *Pediatrics*, 108(1), 40-43. <https://doi.org/10.1542/peds.108.1.40>
- Paping, D. E., Vroegop, J. L., Le Clercq, C. M. P., Baatenburg de Jong, R. J., & van der Schroeff, M. P. (2021). A 4-year follow-up study of hearing acuity in a large population-based cohort of children and adolescents. *Laryngoscope investigative otolaryngology*, 6(2), 302-309.
<https://doi.org/10.1002/lio2.529>
- Paping, D. E., Vroegop, J. L., El Marroun, H., Baatenburg de Jong, R. J., & van der Schroeff, M. P. (2022). The association of sociodemographic factors and risk behavior with unsafe use of personal listening devices in adolescents. *International Journal of Environmental Health Research*, DOI: 10.1080/09603123.2022.2047901



- Paping, D. E., Oosterloo, B. C., El Marroun, H., Homans, N. C., Baatenburg de Jong, R. J., van Der Schroeff, M. P., & Vroegop, J. L. (2023). Risk factors for hearing decline from childhood to early adolescence. *The Laryngoscope*, 133(2), 389-395.
- R Core Team (2024). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Reijers, S. N. H., Vroegop, J. L., Paping, D. E., Pronk, M., Goedegebure, A., Kremer, B., & van der Schroeff, M. P. (2025). Longitudinal Insights into Sensorineural and Noise-Induced Hearing Loss in Adolescents Aged 13-18 Years. *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 10.1002/ohn.70042. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/ohn.70042>
- Seaman, S. R., White, I. R., Copas, A. J., Li, L. (2012). Combining multiple imputation and inverse-probability weighting. *Biometrics*, 68(1), 129-137.
- Stef van Buuren, Karin Groothuis-Oudshoorn (2011). mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(3), 1-67. DOI 10.18637/jss.v045.i03.
- Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS, 2025) Samenhangende preventiestrategie. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/06/13/samenhangende-preventiestrategie>



Bijlage 1 Databewerking

Tabel B1.1: Indeling hoogst behaalde opleidingsniveau volwassenen

Schooltype	Niveau
Geen afgeronde opleiding	Laag
Lagere school, bijzonder lager onderwijs, speciaal lager onderwijs, school voor lichamelijk, visueel of auditief gehandicapten	Laag
Voortgezet speciaal onderwijs, VBO, VMBO en middelbaar algemeen onderwijs	Laag
voortgezet algemeen onderwijs, MBO	Middel
HBO	Hoog
WO	Hoog

Deze indeling is gebruikt voor moeders van kinderen rond 9 jaar en deelnemers rond 18 jaar die geen opleiding meer volgen.

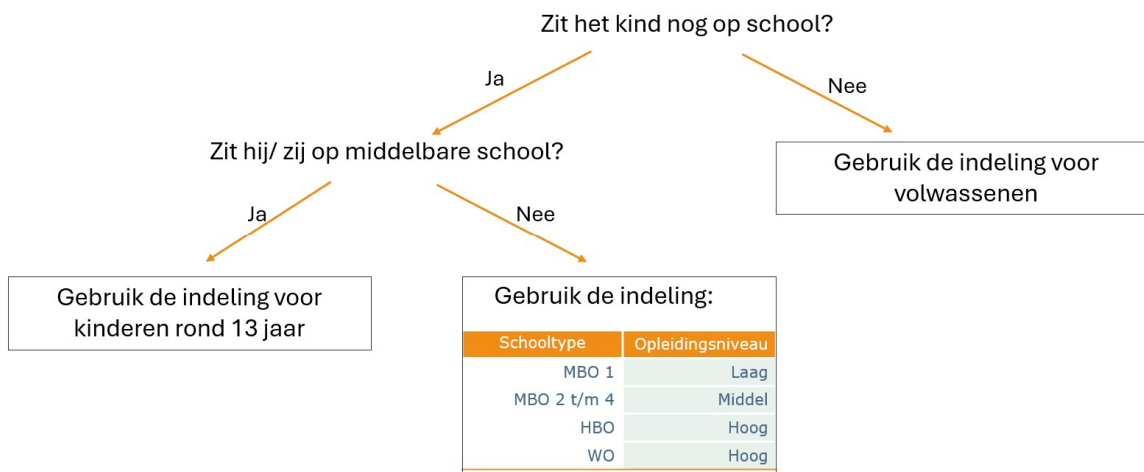
Tabel B1.2: Indeling opleidingsniveau kinderen rond 13 jaar

Schooltype	Niveau
Basisschool	Laag
Speciaal onderwijs (cluster 1 t/m 4)	Laag
Praktijkschool	Laag
VMBO-basis	Laag
VMBO-kader	Laag
VMBO basis/ kader	Laag
VMBO kader/ theoretisch	Laag
VMBO gemengde of theoretische leerweg	Middel
VMBO/ HAVO	Middel
HAVO	Hoog
HAVO/ VWO	Hoog
VWO – atheneum	Hoog
VWO – gymnasium	Hoog
VWO tweetalig	Hoog
VWO niet gespecificeerd	Hoog
Anders	Laag

Deze indeling is gebruikt voor kinderen rond 13 jaar, en deelnemers rond 18 jaar op de middelbare school.



Figuur B1.1: Schema voor indeling opleidingsniveau rond 18 jaar



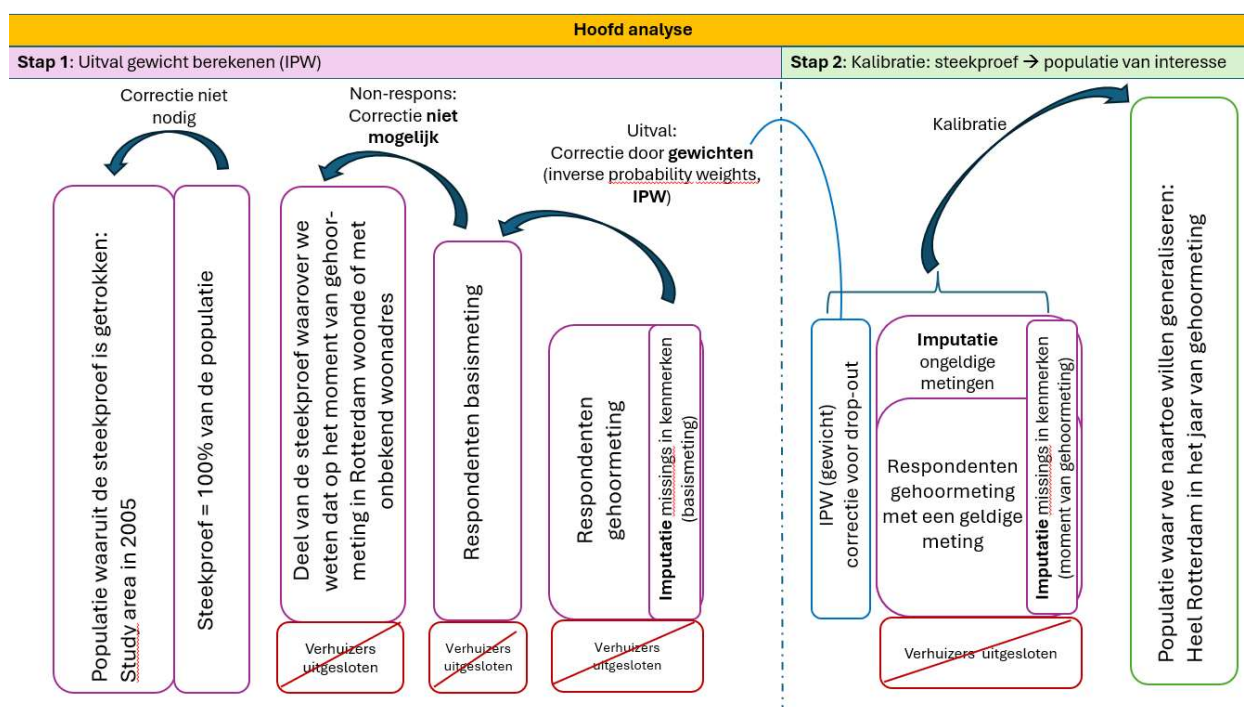
Bijlage 2 Statistische methode

Bij het berekenen van de prevalentie hebben we rekening gehouden met de volgende drie punten:

1. de beschikbare gegevens van respondenten zijn niet per se representatief voor de oorspronkelijke steekproef door eventuele design-effecten, non-respons en uitval
2. de variabele die gehoorschade vermoedelijk veroorzaakt door hard geluid aangeeft, heeft ontbrekende of ongedige waarden
3. we willen de steekproef extrapoleren naar heel Rotterdam

Om rekening te houden met bovenstaande punten hebben we in de hoofdanalyse twee stappen toegepast (Figuur B2.1). Stap 1 gaat in op punt 1 en bij Stap 2 worden punt 2 en 3 behandeld. Een uitgebreidere beschrijving van de toegepaste methodes volgt in de onderstaande paragrafen. Alle analyses in dit hoofdstuk werden met de statistische software R 4.3.2 gedaan.

Figuur B2.1: Overzicht van de hoofdanalysemethode





Stap 1: Representativiteit van steekproef herstellen

De eerste stap was het representatief maken van de steekproef naar de situatie zoals het bij het nemen van de steekproef was (geboorte van het kind). Zoals in alle cohortonderzoeken moeten we ook in het Generation R cohort rekening houden met eventuele design-effecten, non-respons en uitval.

Design-effecten

Design-effecten hadden kunnen optreden op als niet iedere zwangere in de 'study area' van Rotterdam werd uitgenodigd voor het onderzoek. Voor het Generation R cohortonderzoek werden echter alle zwangere vrouwen uitgenodigd met een uitgerekende datum tussen april 2002 en januari 2006 die in geselecteerde postcodes van Rotterdam (de study area) woonden. De uitnodiging liep via verschillende zorgkanalen (zoals verpleegkundigen) en kan als volledig dekkend worden gezien. Bij de opzet van het cohort had dus elke zwangere vrouw evenveel kans (100%) om uitgenodigd te worden (Hofman et al. 2004). Dit betekent dat er geen bias (vertekening) in de gegevens zit. Hier hoeven we dus niet voor te corrigeren.

Non-respons

Non-respons treedt op als niet alle uitgenodigden wilden deelnemen. In het Generation R cohortonderzoek was het algemene response percentage (het percentage zwangere vrouwen dat uitgenodigd was en besloot aan de studie deel te nemen) 61% (Kooijman et al, 2016). Er zijn geen gegevens beschikbaar over de vrouwen die uitgenodigd waren maar niet wilden deelnemen. Door een vergelijking te maken tussen de persoonskenmerken van alle baby's in Rotterdam (zoals bekend bij CBS) en de gegevens van de respondenten blijkt dat zowel het huishoudensinkomen als het opleidingsniveau bij moeders in de sample hoger ligt dan in de populatie. Dit suggereert een selectiebias richting een hogere sociaal-economische status van respondenten (Jaddoe et al, 2008).

We verwachtten dus non-respons bias in de gegevens. Hiervoor konden we niet direct corrigeren omdat er geen gegevens beschikbaar waren van non-responders. In de tweede stap van de analyse, na de correctie voor uitval, kalibreerden we de gegevens zodat de kenmerken van de sample overeenkomen met de algehele populatie in Rotterdam in het desbetreffende moment (jaar). Deze kalibratie heeft meerdere doelen en het zorgt er voor dat non-respons bias zover mogelijk gecorrigeerd wordt. De correctie kan natuurlijk nooit volledig zijn, onder andere omdat er altijd onbekende factoren kunnen zijn die zowel gehoorschade als uitval kunnen beïnvloeden. Hoewel we ons niet bewust zijn van dergelijke factoren, kunnen we dit niet uitsluiten.

Uitval

Uitval is vastgesteld per meting. Wanneer de oorspronkelijke uitnodiging wel was geaccepteerd maar er geen data beschikbaar was voor een respondent in een gegeven jaar, dan werd dat geregistreerd als uitval. Het kan voorkomen dat respondenten bij de volgende meting wel weer mee hebben gedaan. Strikt genomen is dat geen uitval, maar bij het onafhankelijk analyseren van de drie datasets van de drie metingen, konden we dit niet vaststellen.



Hiernaast zijn er ook respondenten uitgevallen doordat ze Rotterdam uit zijn verhuisd tussen meetmomenten in. Deze respondenten zijn uitgesloten van de steekproef omdat we alleen de prevalentie van pNIHL onder Rotterdamse kinderen wilden meten.

Voor uitval kan op twee manieren gecorrigeerd worden: met weging of met imputatie. Bij weging worden bepaalde respondenten in de steekproef zwaarder meegeteld om te compenseren voor ondervertegenwoordigde groepen. Dit gebeurt op basis van bekende kenmerken (zoals leeftijd, geslacht of opleidingsniveau) waarvan de verdeling in de populatie bekend is. Als bijvoorbeeld jongeren met laag opleidingsniveau minder vaak hebben deelgenomen, krijgen de jongeren met laag opleidingsniveau die wél hebben meegedaan een hoger gewicht. Op die manier wordt de steekproef alsnog representatief gemaakt voor de totale populatie.

Imputatie houdt in dat ontbrekende gegevens worden geschat en ingevuld op basis van informatie van andere respondenten en van andere variabelen binnen dezelfde respondent. Bij multiple imputatie worden meerdere plausibele waarden per ontbrekende waarde gegenereerd, waardoor verschillende complete datasets ontstaan. De analyses worden afzonderlijk uitgevoerd op deze datasets, en het eindresultaat wordt berekend als een combinatie van de resultaten uit de verschillende datasets. Imputatie wordt vaak toegepast wanneer er wel gegevens beschikbaar zijn van non-respondenten op sommige variabelen, maar niet op alle.

Van de uitgevallen respondenten ontbraken de meest relevante variabelen (pNIHL ja/nee, inkomen, opleiding en woonplaats) over het relevante jaar, we hadden enkel gegevens over geslacht en etniciteit (welke niet per meting kunnen veranderen). In onderstaande tabel is te zien dat het percentage uitval relatief hoog was. We misten dus veel gegevens in onze dataset. Door het hoge percentage uitval en het ontbreken van relevante gegevens, werd besloten om met gewichten, berekend met de IPW-methode (inverse probability weights), te corrigeren voor uitval.

Om voor alle respondenten gewichten te kunnen berekenen, is een complete dataset zonder ontbrekende waarden nodig. Daarom is multiple imputatie toegepast voordat de gewichten berekend werden. Deze imputatie is alleen gebruikt om ontbrekende waarden in de basismeting aan te vullen, en niet om kenmerken van uitvallers of pNIHL op latere meetmomenten te schatten.

Tabel B2.1: Percentage uitval op het moment van de drie gehoormetingen

Meting	Aantal respondenten uit Rotterdam	Aantal uitval	Percentage uitval
Basismeting	9.745	0	0,0
Rond 9 jaar	4.127	5.618	57,7
Rond 13 jaar	3.349	6.396	65,6
Rond 18 jaar	2.420	7.325	75,2

Het model

Voordat de gewichten werden berekend werd de dataset eerst klaargemaakt: categorieën binnen variabelen die weinig voorkwamen werden samengevoegd voor meer stabiliteit van het model, daarnaast werden ontbrekende waardes aangevuld met multiple imputatie. Er werden 40 datasets



gegenereerd, in lijn met de vuistregel dat het aantal imputaties gelijk moet zijn aan het percentage ontbrekende data. Het doel van dit imputatiemodel was om de ontbrekende waarden aan te vullen zodat er voor alle respondenten gewichten berekend konden worden.

De volgende logistische regressie werd geschat op de geïmputeerde datasets met de glm functie in stats package van R.

Meegedaan aan gehoormeting ~ Geslacht + Inkomen + Opleiding_moeder + Etniciteit

De geschatte waarden van 'Meegedaan aan gehoormeting' werden berekend op response schaal (probabilites) met de predict functie op de 40 geïmputeerde datasets. De 40 afzonderlijke waarden werden daarna gepoold volgens Rubin's rule.

De gewichten (voor uitval) zijn de inverse van de geschatte waarde van 'Meegedaan aan gehoormeting' en zijn berekend op de gepoolde waarde (dus niet meer op de 40 datasets apart). De gewichten werden daarna geschaald op de steekproef die we in de verdere analyse mee gaan nemen (het gedeelte van de steekproef dat naar de gehoormeting kwam).

Stap 2a: Correctie voor ontbrekende pNIHL waarden van niet-uitvallers

Voor de ontbrekende of ongeldige waarden van pNIHL bij kinderen die wel hebben deelgenomen aan de gehoormeting (dus geen uitvallers), passen we multiple imputatie (MI) toe. Deze kinderen zijn meegenomen in de uitvalanalyse als deelnemers, waardoor het IPW-gewicht niet corrigeerde voor ontbrekende gehoorgegevens binnen deze groep. Daarom is het noodzakelijk om aanvullend te corrigeren met imputatie, zodat ook deze ontbrekende waarden meegenomen zouden worden in de analyse. Overige achtergrondvariabelen zoals inkomen en opleidingsniveau zijn bij deze kinderen vaak wél beschikbaar en kunnen dus worden gebruikt in het imputatiemodel.

Belangrijk om te vermelden is dat dit een ander imputatiemodel is dan het model dat in de vorige stap (uitvalanalyse) is gebruikt. In deze stap werd alleen geïmputeerd binnen de groep deelnemers en met de variabelen van de gegeven gehoormeting, terwijl in de uitvalanalyse de variabelen van basismeting werden gebruikt voor de hele steekproef.

Voor de multiple imputatie maakten we wederom gebruik van de mice functie uit de mice package (Van Buuren, Karin Groothuis-Oudshoorn, 2011) in R. Omdat ongeveer 40% van de informatie ontbrak, genereerden we 40 geïmputeerde datasets.

- Binomiale variabelen werden geschat met logistische regressie.
- Multinomiale variabelen werden geschat met multinomiale logistische regressie.
- De IPW-gewichten werden meegenomen als regressiegewichten binnen het imputatieproces.
- Alle variabelen werden gebruikt bij de imputatie van alle andere variabelen.
- Het maximumaantal iteraties was ingesteld op 20; overige instellingen zijn standaard gebleven.

In deze imputatie namen we ook de demografische variabelen mee die in de kalibratiestap werden gebruikt en waarvoor ontbrekende waarden aanwezig waren. Dit betreft: geslacht, etniciteit, huishoudenstype, huishoudinkomen, stedelijkheid en opleidingsniveau.



Stap 2b: Steekproef extrapoleren naar Rotterdam (kalibratie)

Omdat onze doelpopulatie niet overeen kwam met de oorspronkelijke steekproef van de studie én omdat we niet voor non-respons bias konden corrigeren, verwachtten we een discrepantie tussen de kenmerken van de populatie en de gegevens in de dataset na weging. Deze discrepantie verbeterden we door middel van kalibratie.

Om de prevalentie vanuit de dataset te bepalen gebruikten we de survey package (Lumley, 2024) van R. Met de functie svydesign stelden we de belangrijke eigenschappen van de dataset in:

- geen clustering in de sampling
- geen strata gedefinieerd
- weights = IPW-gewichten zoals berekend in stap 1
- geen finite data correction

Frequentietabellen van de Rotterdamse populatie zijn gebruikt om kalibratiefactoren te berekenen waarmee de gegevens representatief werden gemaakt voor de bevolkingssamenstelling van Rotterdam. De kalibratie werd met de rake functie gedaan afzonderlijk op de 40 geïmputeerde datasets. De volgende frequentietabellen zijn gebruikt:

- crossclassificatie van geslacht en etniciteit
- crossclassificatie van huishoudenstype en huishoudensinkomen
- stedelijkheid
- opleiding

Na kalibratie kregen we in een aantal gevallen heel hoge gewichten. Dit is niet wenselijk omdat op deze manier individuele personen het resultaat konden beïnvloeden. Om dit te voorkomen hebben we de gewichten getrimd bij het hoogste en laagste percentiel. Hierdoor is de aansluiting op de doelpopulatie iets minder goed, maar in de resultaten van prevalentiecijfers gaf dit geen relevante verschillen.

De resultaten voor het gemiddelde (en betrouwbaarheidsinterval) van de indicatorvariabele pNIHL werd met behulp van de MIcombine package gepoold volgens Rubin's rules. De MIcombine package werkt samen met de survey package waardoor alle bijzonderheden van de dataset (zoals de IPW-gewichten) goed werden meegenomen in de berekeningen.

Sensitiviteitsanalyse: alternatieve methode

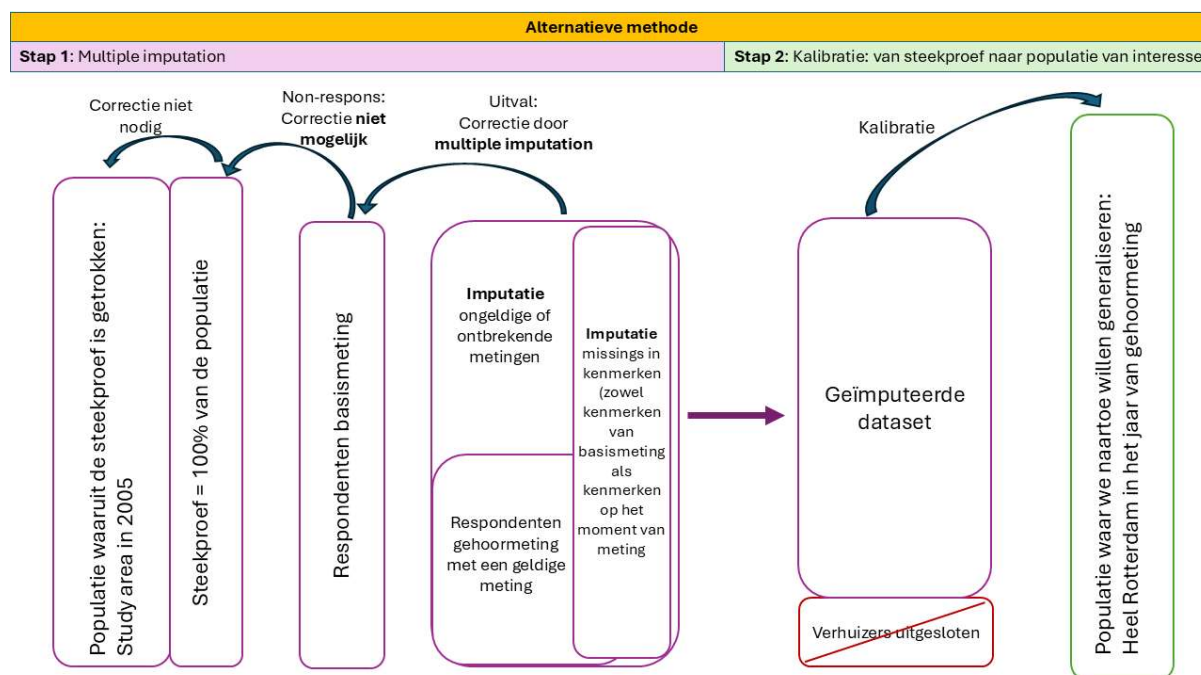
De methode die in de hoofdanalyse is toegepast, wordt in het artikel van Seaman et al. (2012) omschreven als de IPW/MI-methode. Deze benadering combineert twee stappen: eerst wordt gecorrigeerd voor uitval met behulp van inverse probability weighting (IPW), waarna ontbrekende waarden in de uitkomstvariabele onder de niet-uitvallers worden aangevuld via multiple imputation (MI).

In een sensitiviteitsanalyse hebben we daarnaast een alternatieve methode toegepast, waarbij we de representativiteit van de steekproef herstelden door direct alle ontbrekende gegevens — zowel

door uitval als binnen de groep deelnemers — aan te vullen met multiple imputation. Deze aanpak werd in hetzelfde artikel aangeduid als de MI/MI-methode.

Deze alternatieve analyse is uitgevoerd als controle op de hoofdanalyse. De onderstaande figuur geeft een overzicht van de stappen binnen de alternatieve methode.

Figuur B2.2: Overzicht van de alternatieve methode



De analyse bestond uit minder stappen dan de hoofdanalyse, omdat er slechts één keer werd geïmputeerd en het berekenen van weegfactoren niet nodig was. Bij de imputatie zijn zowel variabelen uit de basismeting (rond de geboorte) als variabelen van het betreffende gehoormeetmoment meegenomen. Daarnaast zijn ook de indicatorvariabelen 'deelname aan onderzoek' en 'woonachtig in Rotterdam ten tijde van de meting' opgenomen. Hierdoor hielden de geïmputeerde waarden rekening met zowel uitval als mogelijke verhuizingen van respondenten, ook wanneer daar geen directe informatie over beschikbaar was.

In tegenstelling tot de hoofdanalyse werden respondenten die mogelijk verhuisd zijn niet vooraf uitgesloten. Pas na de imputatie werden alleen die respondenten meegenomen die volgens de imputatieresultaten nog in Rotterdam woonden. Op deze manier hoefden we respondenten met een onbekend woonadres niet automatisch mee te nemen, maar konden we op basis van de imputatie een realistischere selectie maken.

Het aantal geïmputeerde datasets lag in deze analyse aanzienlijk hoger dan in de hoofdanalyse: 69 in de dataset van 9-jarigen, 75 voor 13-jarigen en 85 voor 18-jarigen. Dit hoge aantal was nodig omdat ook respondenten zijn meegenomen die niet deelnamen aan de gehoormeting, waardoor veel variabelwaarden voor hen ontbraken.

De kalibratiestap is identiek aan die in de hoofdanalyse.



Bijlage 3 Aanvullende resultaten

In deze bijlage rapporteren we de beschrijvende statistieken van de gebruikte datasets en de resultaten van de alternatieve methode die we als sensitiviteitsanalyse hebben uitgevoerd. In de verschillende stappen van de analyse zijn verschillende datasets en steekproefselecties gebruikt. De bijbehorende beschrijvende statistieken worden in aparte paragrafen toegelicht:

- **Analyse van uitval:**
Hierbij is gebruikgemaakt van variabelen uit de basismeting (rond de geboorte), aangevuld met de indicatorvariabelen 'Deelname aan gehoormeting' en 'Woonachtig in Rotterdam ten tijde van de gehoormeting'. Met deze laatste variabele zijn kinderen buiten Rotterdam uitgesloten. De daadwerkelijke uitvalanalyse is dus uitgevoerd op de groep kinderen die in Rotterdam woonde, of waarvan de woonplaats onbekend was.
- **Kalibratiestap:**
In deze stap zijn variabelen geanalyseerd die horen bij het specifieke meetmoment (9, 13 of 18 jaar). Kinderen die niet aan de gehoormeting deelnamen zijn hierbij uitgesloten. Wel zijn de weegfactoren uit de uitvalanalyse toegepast om te corrigeren voor deze uitval.

Analyse van uitval

Uit onderstaande tabel blijkt dat 60,1% van de kinderen deelnam aan de gehoormeting rond de leeftijd van 9 jaar. Dit percentage daalde naar 50,6% bij de meting rond 13 jaar en verder naar 37,2% bij de meting rond 18 jaar.

Daarnaast is te zien dat het aandeel kinderen waarvan bekend is dat zij in Rotterdam wonen, eveneens afneemt: van 42,3% bij de meting rond 9 jaar, naar 34,4% rond 13 jaar, en uiteindelijk tot 24,8% bij 18 jaar.

Het is belangrijk hierbij te realiseren dat het woonadres alleen bekend is voor kinderen die daadwerkelijk naar de meting zijn gekomen. Dit verklaart het toenemende aandeel ontbrekende waarden ('missings') en afnemende percentage woonachtig in Rotterdam op deze variabele bij latere metingen.



Tabel B3.1: Beschrijvende statistiek van indicator variabelen Deelname aan gehoormeting en Woonachtig in Rotterdam ten tijde van gehoormeting

Variabele	Level	Aantal	Aandeel
Deelname gehoormeting rond 9 jaar	Nee	3885	0,399
	Ja	5860	0,601
Deelname gehoormeting rond 13 jaar	Nee	4817	0,494
	Ja	4928	0,506
Deelname gehoormeting rond 18 jaar	Nee	6115	0,628
	Ja	3630	0,372
Woont in Rotterdam rond 9 jaar	Nee	1708	0,175
	Ja	4127	0,423
	missing	3910	0,401
Woont in Rotterdam rond 13 jaar	Nee	1557	0,160
	Ja	3349	0,344
	missing	4839	0,497
Woont in Rotterdam rond 17 jaar	Nee	1200	0,123
	Ja	2420	0,248
	missing	6125	0,629

De volgende drie tabellen tonen de beschrijvende statistieken van de demografische variabelen die zijn gebruikt in de uitvalanalyse. In de tabellen zijn zowel de aantallen en percentages opgenomen van de volledige steekproef (exclusief kinderen waarvan bekend is dat zij uit Rotterdam zijn verhuisd), als die van de groep kinderen die deelnam aan de gehoormeting én op dat moment in Rotterdam woonachtig waren.

Door deze twee groepen met elkaar te vergelijken, krijgen we inzicht in de effecten van uitval op de representativiteit van de steekproef. Zo zien we bijvoorbeeld dat het aandeel moeders met een hoog opleidingsniveau in de volledige steekproef 34,3% bedraagt, terwijl dit onder de deelnemers aan de gehoormeting rond 9 jaar 43,3% is. Dit wijst op selectieve uitval tussen de basismeting en de gehoormeting op 9-jarige leeftijd.



Tabel B3.2: Beschrijvende statistiek voor en na uitval (rond 9 jaar)

Variabele	Level	Aantal binnen wonend in Rotterdam (of onbekend) rond 9 jaar	Aandeel	Aantal binnen deelname gehoormeting en wonend in Rotterdam rond 9 jaar	Aandeel
Geslacht	Man	4095	0,511	2071	0,502
	Vrouw	3916	0,489	2056	0,498
	missing	1	0,000	-	-
Etniciteit	Western (incl. Nederlands)	4376	0,546	2583	0,626
	Niet-western	3007	0,375	1421	0,344
	missing	629	0,079	123	0,030
Opleiding moeder	Laag	2043	0,255	824	0,200
	Middel	2125	0,265	1140	0,276
	Hoog	2748	0,343	1788	0,433
	missing	1096	0,137	375	0,091
Huishoudinkomen	Laag	1255	0,157	533	0,129
	Middel	1389	0,173	788	0,191
	Hoog	2693	0,336	1789	0,433
	missing	2675	0,334	1017	0,246

Tabel B3.3: Beschrijvende statistiek voor en na uitval (rond 13 jaar)

Variabele	Level	Aantal binnen wonend in Rotterdam (of onbekend) rond 13 jaar	Aandeel	Aantal binnen deelname gehoormeting en wonend in Rotterdam rond 13 jaar	Aandeel
Geslacht	Man	4175	0,511	1657	0,495
	Vrouw	3990	0,489	1692	0,505
	missing	1	0,000	-	-
Etniciteit	Western (incl. Nederlands)	4512	0,553	2182	0,652
	Niet-western	3023	0,370	1082	0,323
	missing	631	0,077	85	0,025
Opleiding moeder	Laag	2070	0,253	632	0,189
	Middel	2163	0,265	897	0,268
	Hoog	2830	0,347	1534	0,458
	missing	1103	0,135	286	0,085



Variabele	Level	Aantal binnen wonend in Rotterdam (of onbekend) rond 13 jaar	Aandeel	Aantal binnen deelname gehoormeting en wonend in Rotterdam rond 13 jaar	Aandeel
Huishoudinkomen	Laag	1252	0,153	401	0,120
	Middel	1421	0,174	614	0,183
	Hoog	2787	0,341	1524	0,455
	missing	2706	0,331	810	0,242

Tabel B3.4: Beschrijvende statistiek voor en na uitval (rond 17 jaar)

Variabele	Level	Aantal binnen wonend in Rotterdam (of onbekend) rond 18 jaar	Aandeel	Aantal binnen deelname gehoormeting en wonend in Rotterdam rond 18 jaar	Aandeel
Geslacht	Man	4393	0,515	1157	0,478
	Vrouw	4141	0,485	1263	0,522
	missing	1	0,000	-	-
Etniciteit	Western (incl. Nederlands)	4786	0,561	1648	0,681
	Niet-western	3110	0,364	712	0,294
	missing	639	0,075	60	0,025
Opleiding moeder	Laag	2119	0,248	387	0,160
	Middel	2273	0,266	664	0,274
	Hoog	3011	0,353	1174	0,485
	missing	1132	0,133	195	0,081
Huishoudinkomen	Laag	1295	0,152	255	0,105
	Middel	1486	0,174	433	0,179
	Hoog	2983	0,350	1171	0,484
	missing	2771	0,325	561	0,232



Kalibratie stap

In onderstaande tabellen staan de demografische kenmerken die zijn meegenomen in de kalibratiestap, waarbij de steekproef representatief is gemaakt voor de Rotterdamse populatie. In de eerste kolom staat het betreffende kenmerk, gevolgd door de mogelijke waarden in de tweede kolom. De derde kolom ('Aantal') toont hoeveel kinderen in de steekproef binnen elke categorie vallen. Zo zien we bijvoorbeeld dat de steekproef rond de leeftijd van 9 jaar bestond uit 2071 jongens en 2056 meisjes.

De kolom 'Aandeel' geeft het percentage van elk kenmerk binnen de oorspronkelijke steekproef weer (bijv. 50,2% jongens). De twee kolommen daarna tonen hoe deze verdeling verandert na het toepassen van gewichten:

- 'Na stappen 1 en 2a': na correctie voor uitval en aanvulling van ontbrekende waarden via multiple imputatie;
- 'Na stappen 1, 2a en 2b': na aanvullende kalibratie van de gewichten.

De laatste kolom geeft het aandeel van elk kenmerk in de totale Rotterdamse populatie weer. Idealiter zouden de laatste twee kolommen gelijk zijn, maar kleine verschillen blijven bestaan. Dit komt doordat het gewicht na kalibratie is deels aangepast om te voorkomen dat een klein aantal kinderen met extreem hoge gewichten een onevenredig grote invloed op de uitkomsten heeft. Hierdoor werd de invloed van deze kinderen beperkt, maar nam de representativiteit van de steekproef iets af.

Na het doorlopen van analysestappen 1 en 2a zijn er geen ontbrekende waarden meer in de dataset, omdat alle missende gegevens zijn aangevuld via multiple imputatie. Dit is ook zichtbaar in de tabel: de rijen met 'missings' bevatten vanaf dat moment geen waarden meer.

Er zijn nog twee rijen waarin vanaf kolom 5 geen waarden meer staan:

- 'Andere meerpersoonshuishoudens': deze categorie is samengevoegd met 'Eenoudergezin' om lage aantallen en instabiliteit in het model te voorkomen.
- 'Weinig stedelijk': deze categorie is samengevoegd met 'Matig stedelijk', om dezelfde reden.



Tabel B3.5: beschrijvende statistiek meting rond 9 jaar

Variabele	Level	Aantal	Aandeel	Na stappen 1 en 2a*	Na stappen 1, 2a en 2b*	In Rotterdam 2014
Geslacht	Man	2071	0,502	0,511	0,516	0,514
	Vrouw	2056	0,498	0,489	0,484	0,486
Etniciteit	Western (incl. Nederlands)	2583	0,626	0,584	0,520	0,510
	Niet-western	1421	0,344	0,416	0,480	0,490
	missing	123	0,030	-	-	-
Opleiding moeder	Laag	676	0,164	0,231	0,157	0,153
	Middel	1243	0,301	0,332	0,511	0,532
	Hoog	2052	0,497	0,438	0,332	0,315
	missing	156	0,038	-	-	-
Gestandaardiseerd huishoudinkomen	Laag	1173	0,284	0,489	0,41	0,402
	Middel	1018	0,247	0,292	0,352	0,36
	Hoog	893	0,216	0,219	0,237	0,238
	missing	1043	0,253	-	-	-
Type huishouden	Eenoudergezin	581	0,141	0,28	0,381	0,401
	Paar met kinderen	2482	0,601	0,72	0,619	0,599
	Andere meerpersoons-huishouden	162	0,039	-	-	-
	missing	902	0,219	-	-	-
Stedelijkheid	Zeer sterk stedelijk	3096	0,75	0,774	0,801	0,794
	Sterk stedelijk	994	0,241	0,22	0,171	0,165
	Matig stedelijk	7	0,002	0,006	0,028	0,041
	Weinig stedelijk	17	0,004	-	-	-
	missing	13	0,003	-	-	-
pNIHL	Geen	3035	0,735	0,894	0,894	-
	Wel	354	0,086	0,106	0,106	-
	missing	738	0,179	-	-	-

* Stap 1 is het wege naar de steekproef in de baseline situatie; stap 2a is de imputatie van de ontbrekende of ongeldige waarden van indicator pNIHL voor kinderen die wel meededen met de gehoormeting; stap 2b is de kalibratie van de gewichten (berekend in stap 1) naar de populatie van Rotterdam.



Tabel B3.6: beschrijvende statistiek meting rond 13 jaar

Variabele	Level	Aantal	Aandeel	Na stappen 1 en 2a*	Na stappen 1, 2a en 2b*	In Rotterdam 2014
Geslacht	Man	1657	0,495	0,509	0,514	0,512
	Vrouw	1692	0,505	0,491	0,486	0,488
Etniciteit	Western (incl. Nederlands)	2182	0,652	0,588	0,502	0,492
	Niet-western	1082	0,323	0,412	0,498	0,508
	missing	85	0,025	-	-	-
Opleiding kind	Laag	386	0,115	0,176	0,223	0,226
	Middel	616	0,184	0,244	0,422	0,435
	Hoog	1760	0,526	0,580	0,356	0,339
	missing	587	0,175	-	-	-
Gestandaardiseerd huishoudinkomen	Laag	808	0,241	0,472	0,371	0,364
	Middel	727	0,217	0,295	0,366	0,372
	Hoog	660	0,197	0,233	0,264	0,264
	missing	1154	0,345	-	-	-
Type huishouden	Eenoudergezin	584	0,174	0,275	0,392	0,406
	Paar met kinderen	2163	0,646	0,725	0,608	0,594
	Andere meerpersoons-huishouden	94	0,028	-	-	-
	missing	508	0,152	-	-	-
Stedelijkheid	Zeer sterk stedelijk	2510	0,749	0,775	0,796	0,787
	Sterk stedelijk	814	0,243	0,218	0,177	0,172
	Matig stedelijk	8	0,002	0,007	0,026	0,041
	Weinig stedelijk	13	0,004	-	-	-
	missing	4	0,001	-	-	-
pNIHL	Geen	2742	0,819	0,883	0,877	-
	Wel	362	0,108	0,117	0,123	-
	missing	245	0,073	-	-	-

* Stap 1 is het wege naar de steekproef in de baseline situatie; stap 2a is de imputatie van de ontbrekende of ongeldige waarden van indicator pNIHL voor kinderen die wel meededen met de gehoormeting; stap 2b is de kalibratie van de gewichten (berekend in stap 1) naar de populatie van Rotterdam.



Tabel B3.7: beschrijvende statistiek meting rond 18 jaar

Variabele	Level	Aantal	Aandeel	Na stappen 1 en 2a*	Na stappen 1, 2a en 2b*	In Rotterdam 2014
Geslacht	Man	1157	0,478	0,508	0,502	0,502
	Vrouw	1263	0,522	0,492	0,498	0,498
Etniciteit	Western (incl. Nederlands)	1648	0,681	0,601	0,516	0,503
	Niet-western	712	0,294	0,399	0,484	0,497
	missing	60	0,025	-	-	-
Opleiding kind	Laag	66	0,027	0,053	0,051	0,051
	Middel	557	0,230	0,382	0,490	0,500
	Hoog	1004	0,415	0,565	0,458	0,449
	missing	793	0,328	-	-	-
Gestandaardiseerd huishoudinkomen	Laag	442	0,183	0,382	0,327	0,324
	Middel	577	0,238	0,350	0,374	0,380
	Hoog	521	0,215	0,268	0,299	0,297
	missing	880	0,364	-	-	-
Type huishouden	Eenoudergezin	342	0,141	0,288	0,403	0,418
	Paar met kinderen	1254	0,518	0,712	0,597	0,582
	Andere meerpersoons-huishouden	69	0,029	-	-	-
	missing	755	0,312	-	-	-
Stedelijkheid	Zeer sterk stedelijk	1806	0,746	0,772	0,852	0,850
	Sterk stedelijk	597	0,247	0,220	0,122	0,117
	Matig stedelijk	7	0,003	0,008	0,025	0,033
	Weinig stedelijk	10	0,004	-	-	-
pNIHL	Geen	1950	0,806	0,870	0,873	-
	Wel	292	0,121	0,130	0,127	-
	missing	178	0,074	-	-	-

* Stap 1 is het wegen naar de steekproef in de baseline situatie; stap 2a is de imputatie van de ontbrekende of ongeldige waarden van indicator pNIHL voor kinderen die wel meededen met de gehoormeting; stap 2b is de kalibratie van de gewichten (berekend in stap 1) naar de populatie van Rotterdam.



Disclaimer

Bij de samenstelling van deze publicatie is de grootst mogelijke zorgvuldigheid in acht genomen. VeiligheidNL aanvaardt echter geen verantwoordelijkheid voor eventuele, in deze uitgave voorkomende, onjuistheden of onvolkomenheden. Overname van tekst of gedeelten van tekst is toegestaan, mits met de juiste bronvermelding. Indien tekst gebruikt wordt voor commerciële doelstellingen dient altijd vooraf schriftelijke toestemming verkregen te zijn.

Privacy en gegevensbescherming

VeiligheidNL gaat zorgvuldig om met persoonsgegevens en behandelt deze vertrouwelijk. Zo worden persoonsgegevens alleen verwerkt door personen met een geheimhoudingsplicht en voor het doel waarvoor deze gegevens zijn verzameld. Daarbij zorgt VeiligheidNL voor passende beveiliging van persoonsgegevens. VeiligheidNL behandelt uw persoonlijke gegevens conform de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) zoals deze sinds 25 mei 2018 geldt. Lees meer over onze privacy verklaring op www.veiligheid.nl/privacy

