

Gezondheidskundige risicobeoordeling emissies van Nedmag en omliggende bedrijven te Veendam

6 november 2025



Colofon

De 'Gezondheidskundige risicobeoordeling emissies van Nedmag en omliggende bedrijven te Veendam' is een uitgave van GGD Groningen, in opdracht van provincie Groningen.

De informatie uit dit rapport mag niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden. Indien u informatie uit dit rapport gebruikt zorg dan altijd voor de bronvermelding: GGD Groningen (2025), Gezondheidskundige risicobeoordeling emissies van Nedmag en omliggende bedrijven te Veendam.

Contact: milieu@ggd.groningen.nl (per 1 december 2025 milieu@ggdgroningen.nl)

Publiekssamenvatting

Provincie Groningen heeft onderzoek gedaan naar de luchtkwaliteit rondom Nedmag in Veendam. Dit onderzoek werd uitgevoerd na een motie vanuit de Provinciale Staten van provincie Groningen (Motie 75 van 8 november 2023). Het onderzoek maakt gebruik van uitstootgegevens van de bedrijven Nedmag B.V., Kisuma Chemicals B.V. en Biovergister Beheer Veendam B.V., samen aangeduid als 'Nedmag en omliggende bedrijven'. Deze uitstootgegevens komen uit de periode 2009 tot en met 2023. Daarna is door Nedmag een filtersysteem geplaatst. Het onderzoek van provincie Groningen gaat over de situatie vóór de plaatsing van het filter.

De provincie heeft met behulp van modellen berekend hoeveel van verschillende stoffen in de lucht voorkomen en welk deel hiervan afkomstig is van Nedmag en omliggende bedrijven. De volgende stoffen zijn in het onderzoek meegenomen: stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$), zwaveldioxide (SO_2), koolmonoxide (CO), gasvormige chloriden (als HCl), cadmium, lood, nikkel en arseen. Daarnaast is gekeken naar de afzetting van deze stoffen vanuit de lucht op de grond. Dit wordt depositie genoemd. Voor de metalen cadmium, lood, nikkel en arseen is de depositie berekend.

De resultaten van dit onderzoek zijn te vinden in het rapport *Verkenkend onderzoek naar de luchtkwaliteit rondom Nedmag in Veendam* (mei 2025), dat is opgesteld door provincie Groningen. Dit rapport wordt hierna aangeduid als het *Rapport Luchtkwaliteit*.

Beoordeling van gezondheidsrisico's door GGD Groningen

Na het afronden van het Rapport Luchtkwaliteit heeft GGD Groningen van de provincie de opdracht gekregen een gezondheidskundige risicobeoordeling uit te voeren. Het doel hiervan is om—op basis van de bevindingen in het Rapport Luchtkwaliteit—de gezondheidsrisico's van de uitstoot te bepalen voor omwonenden en de provincie te adviseren. Dit rapport van GGD Groningen beschrijft de resultaten van de risicobeoordeling, die in twee delen is gedaan.

Het eerste deel van de gezondheidskundige risicobeoordeling gaat over luchtverontreiniging door de stoffen NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, SO_2 , CO en HCl . De bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de totale concentraties van deze stoffen is beperkt. Voor geen van de stoffen worden de wettelijke normen overschreden. De GGD gaat niet uit van wettelijke normen maar van gezondheidskundige advieswaarden. Bij de meeste stoffen blijven de totale concentraties ook onder de gezondheidskundige advieswaarden. Hoewel er voor NO_2 en $\text{PM}_{2,5}$ een lichte overschrijding van de gezondheidskundige advieswaarde mogelijk is wordt er geen extra gezondheidsrisico verwacht. In de rest van Nederland zijn de concentraties vergelijkbaar.

Het tweede deel van de beoordeling gaat over de metalen lood, arseen, cadmium en nikkel. Voor de metalen arseen, cadmium en nikkel liggen zowel de concentraties in de lucht als de geschatte blootstelling via depositie ruim onder de gezondheidskundige advieswaarden. Daarom worden voor deze metalen geen negatieve gezondheidseffecten verwacht als direct gevolg van de uitstoot door Nedmag en omliggende bedrijven.

Voor lood is een schatting gemaakt van de totale blootstelling via lucht, depositie, bodem, voeding en drinkwater. De inname van lood via voeding en drinkwater ligt bij alle kinderen in Nederland al boven het niveau waarop meetbare gezondheidseffecten kunnen optreden. De bijdrage door Nedmag en omliggende bedrijven lijkt de afgelopen jaren relatief klein te zijn geweest vergeleken met deze inname via voeding en drinkwater.

Advies

GGD Groningen adviseert in het algemeen om, waar dat kan, maatregelen te nemen die de luchtkwaliteit verder verbeteren. Elke verbetering van de luchtkwaliteit levert gezondheidswinst op. Daarnaast adviseert de GGD om blootstelling aan lood zoveel mogelijk te beperken, omdat kinderen in het algemeen al te veel lood binnenkrijgen via voeding en drinkwater. GGD Groningen ziet geen aanleiding voor het doen van vervolgonderzoek.

Inhoudsopgave

Publiekssamenvatting	3
Samenvatting.....	7
1. Inleiding	10
2. Luchtverontreiniging	11
2.1 Inleiding.....	11
2.2 Gezondheidskundige risicobeoordeling.....	12
2.2.1 Stikstofdioxide (NO ₂), fijnstof (PM ₁₀ en PM _{2,5}) en zwaveldioxide (SO ₂)	12
2.2.2 Koolmonoxide (CO) en gasvormige chloriden (als HCl)	13
2.2.3 Piekemissies van fijnstof en HCl	13
2.2.4 Cumulatieve gezondheidsrisico's	13
2.2.5 Vergelijking met concentraties op plekken elders	14
2.3 Conclusie en aanbevelingen	16
3. Lood	17
3.1 Opname van lood en lood-bloedwaarden voor kinderen.....	17
3.2 Blootstellingsschatting voor kinderen.....	18
3.2.1 Blootstelling via lucht.....	18
3.2.2 Blootstelling via depositie	20
3.2.3 Blootstelling via bodem.....	23
3.2.4 Blootstelling via voeding en drinkwater	24
3.3 Blootstellingsschatting voor volwassenen	25
3.4 Gezondheidsrisico's van blootstelling aan lood	26
3.4.1 Neurologische risico's voor kinderen	26
3.4.2 Gezondheidsrisico's voor volwassenen.....	27
3.5 Conclusie en aanbevelingen	28
3.5.1 Advies vervolgonderzoek	30
4. Arseen, cadmium en nikkel.....	31
4.1 Gezondheidseffecten en advieswaarden	31
4.1.1 Arseen.....	31
4.1.2 Cadmium	32
4.1.3 Nikkel.....	32
4.2 Depositie	32
4.3 Lucht	34
4.4 Conclusie en aanbevelingen	34
Referenties.....	36

Bijlagen	40
Bijlage 1.....	40
Bijlage 2.....	41

Samenvatting

Provincie Groningen heeft onderzoek gedaan naar de luchtkwaliteit rondom Nedmag in Veendam. Dit onderzoek werd uitgevoerd na een motie vanuit de Provinciale Staten van provincie Groningen (Motie 75 van 8 november 2023). Het onderzoek maakt gebruik van uitstootgegevens van de bedrijven Nedmag B.V., Kisuma Chemicals B.V. en Biovergister Beheer Veendam B.V., samen aangeduid als 'Nedmag en omliggende bedrijven'. Deze uitstootgegevens komen uit de periode 2009 tot en met 2023. Daarna is door Nedmag een filtersysteem geplaatst. Het onderzoek van provincie Groningen gaat over de situatie vóór de plaatsing van het filter.

De provincie heeft met behulp van modellen berekend hoeveel van verschillende stoffen in de lucht voorkomen en welk deel hiervan afkomstig is van Nedmag en omliggende bedrijven. De volgende stoffen zijn in het onderzoek meegenomen: stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$), zwaveldioxide (SO_2), koolmonoxide (CO), gasvormige chloriden (als HCl), cadmium, lood, nikkel en arseen. Daarnaast is gekeken naar de afzetting van deze stoffen vanuit de lucht op de grond, een proces dat depositie wordt genoemd. Voor de metalen cadmium, lood, nikkel en arseen is de depositie berekend.

De resultaten van dit onderzoek zijn te vinden in het rapport *Verkenkend onderzoek naar de luchtkwaliteit rondom Nedmag in Veendam* (mei 2025), dat is opgesteld door provincie Groningen. Dit rapport wordt hierna aangeduid als het *Rapport Luchtkwaliteit*.

Gezondheidskundige risicobeoordeling

Na het afronden van het Rapport Luchtkwaliteit heeft GGD Groningen van de provincie de opdracht gekregen een gezondheidskundige risicobeoordeling uit te voeren. Het doel hiervan is om—op basis van de bevindingen in het Rapport Luchtkwaliteit—de gezondheidsrisico's van de uitstoot te bepalen voor omwonenden en de provincie te adviseren. Dit rapport van GGD Groningen beschrijft de resultaten van de risicobeoordeling, die in twee delen is gedaan.

Het eerste deel gaat over de luchtverontreiniging door de stoffen stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$), zwaveldioxide (SO_2), koolmonoxide (CO) en gasvormige chloriden (als HCl). Het tweede deel van de risicobeoordeling gaat over de metalen lood, arseen, cadmium en nikkel.

Luchtverontreiniging

Voor NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, SO_2 , CO en HCl is bepaald of er gezondheidsrisico's mogelijk zijn. De GGD gaat niet uit van wettelijke normen maar van gezondheidskundige advieswaarden. De berekende concentraties in lucht zijn vergeleken met bijbehorende gezondheidskundige advieswaarden. Hiervoor is per stof de hoogste jaargemiddelde concentratie van de afgelopen vijftien jaar gebruikt. De concentraties van NO_2 en $\text{PM}_{2,5}$ zijn wat hoger dan de gezondheidskundige advieswaarden van de Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO). Voor $\text{PM}_{2,5}$ geldt echter dat deze WHO-advieswaarde nergens in Nederland wordt gehaald. Voor NO_2 geldt dit ook in de omgeving van drukke verkeerswegen. Voor PM_{10} en SO_2 blijven de jaargemiddelde concentraties onder de WHO-advieswaarden. Ook voor CO en HCl worden de gezondheidskundige advieswaarden niet overschreden. Het cumulatieve effect door blootstelling aan meerdere stoffen tegelijk kan niet worden bepaald, omdat deze stoffen verschillende gezondheidseffecten hebben. Deze effecten kunnen niet met elkaar vergeleken worden.

Naast de jaargemiddelde concentraties zijn ook piekmissies van fijnstof en HCl berekend. Omdat er voor fijnstof geen gezondheidkundige advieswaarde is voor kortdurende blootstelling, kan de piekbelasting hiervan niet worden beoordeeld. Voor HCl is wel een dergelijke gezondheidkundige advieswaarde beschikbaar; de berekende piekconcentraties van HCl blijven daar ruim onder.

De bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de jaargemiddelde luchtconcentraties van NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, CO en HCl is beperkt. In vergelijking met de rest van Nederland is er sprake van geen tot een geringe verhoging van de luchtconcentraties. De wettelijke normen worden voor geen van de stoffen overschreden. Voor de meeste stoffen blijven de concentraties onder de gezondheidkundige advieswaarden. Alleen voor NO₂ en PM_{2,5} is er mogelijk sprake van een lichte overschrijding van de gezondheidkundige advieswaarden, maar dit beeld komt overeen met de landelijke situatie. Daarom wordt er voor deze luchtverontreiniging geen extra gezondheidsrisico verwacht ten opzichte van de rest van Nederland.

Advies

Elke verbetering van de luchtkwaliteit levert gezondheidswinst op. Hoewel aan de wettelijke normen wordt voldaan, adviseert de GGD om in het algemeen waar mogelijk maatregelen te nemen die de luchtkwaliteit verbeteren (GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en gezondheid, 2019).

Metalen

De gezondheidkundige risicobeoordeling van de metalen is opgesplitst in een beoordeling van lood en van arseen, nikkel en cadmium. Voor lood wordt de totale blootstelling via lucht, depositie, bodem en voeding en drinkwater geschat op basis van beperkte gegevens in het Rapport Luchtkwaliteit. Deze geschatte blootstelling is vervolgens vergeleken met gezondheidkundige advieswaarden om te bepalen of er effecten op de gezondheid zijn. Voor de metalen arseen, cadmium en nikkel worden de concentraties in de lucht vergeleken met gezondheidkundige advieswaarden voor in lucht, en de hoeveelheid depositie omgerekend naar een verwachte blootstelling en vervolgens vergeleken met gezondheidkundige advieswaarden.

Lood

Lood is een metaal dat al bij lage concentraties schadelijke effecten op de gezondheid kan veroorzaken. Voor lood bestaat daarom geen veilige waarde waaronder geen gezondheidseffecten optreden. Mensen kunnen op verschillende manieren aan lood worden blootgesteld: via de lucht, depositie, bodem, voeding en drinkwater. Lood heeft met name effect op het zenuwstelsel, waardoor er bij kinderen een verlies van IQ-punten kan optreden. Bij volwassenen verhoogt blootstelling aan lood het risico op een verminderde nierfunctie en een verhoogde systolische bloeddruk.

Voor de gezondheidkundige risicobeoordeling van lood is de achtergrondblootstelling via lucht, bodem, voeding en drinkwater bepaald. De achtergrondblootstelling is de hoeveelheid lood waaraan men normaalgesproken in Nederland aan bloot wordt gesteld, dus waarvoor geen specifieke bron voor bekend is. Daar bovenop is de blootstelling via lucht en depositie afkomstig van Nedmag en omliggende bedrijven geschat op basis van de gemodelleerde gegevens uit het

Rapport Luchtkwaliteit. Vervolgens is de geschatte totale blootstelling omgerekend naar een loodconcentratie in het bloed. Daarbij moet worden benadrukt dat deze schatting gebaseerd is op aannames en onzekerheden in de totstandkoming van de gegevens, waardoor de exacte loodbloedwaarden niet met zekerheid vastgesteld kunnen worden. Om de impact te bepalen, zijn de geschatte loodconcentraties in het bloed vergeleken met referentiewaarden voor gezondheidseffecten, vastgesteld door de Europese voedsel- en warenautoriteit (ESFA).

Ten opzichte van de achtergrondblootstelling lijkt de bijdrage van de looduitstoot door Nedmag en omliggende bedrijven de afgelopen jaren relatief beperkt te zijn geweest. De achtergrondblootstelling via voeding en drinkwater leidt in Nederland echter al tot een loodbloedconcentratie boven het niveau waarbij een meetbaar verlies van IQ-punten kan optreden. Het is daarom van belang om elke extra blootstelling aan lood zoveel mogelijk te voorkomen. Vanaf 2025 wordt een aanzienlijke daling van de loodemissie verwacht, doordat eind 2024 een filtersysteem is geplaatst bij de schachtovens van Nedmag (Provincie Groningen, 2025). Uitstootgegevens na het plaatsen van het filtersysteem zijn op dit moment nog niet beschikbaar.

Arseen, nikkel en cadmium

Voor de gezondheidkundige risicobeoordeling van arseen, nikkel en cadmium zijn de concentraties in de lucht en de geschatte blootstelling via depositie vergeleken met de bijbehorende gezondheidkundige advieswaarden. Deze advieswaarden worden niet overschreden voor blootstelling via depositie en lucht. Schadelijke effecten op de gezondheid kunnen al optreden bij lage concentraties, dus ook onder de advieswaarden. Gezien het grote verschil tussen de gezondheidkundige advieswaarden en de berekende blootstelling via lucht en depositie, is het echter niet aannemelijk dat blootstelling aan arseen, cadmium en nikkel door uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven tot gezondheidsrisico's hebben geleid.

Advies

De bronbijdrages van Nedmag en omliggende bedrijven zijn voor lood, arseen, nikkel en cadmium relatief beperkt. Voor lood, cadmium en nikkel komt deze bronbijdrage echter bovenop een al te hoge achtergrondbelasting via voeding en drinkwater. Daarom geldt het advies om blootstelling aan zware metalen zoveel mogelijk verder te beperken. Voor lood heeft de GGD aanvullende adviezen (zie [GGD Leefomgeving | Lood](#)).

Met vervolgonderzoek kan de blootstelling aan lood mogelijk nauwkeuriger worden geschat. GGD Groningen ziet geen aanleiding voor het doen van vervolgonderzoek. Redenen hiervoor zijn dat de herkomst van lood in de omgeving of het lichaam niet kan worden achterhaald, de bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven beperkt is en er geen concrete behandelopties beschikbaar zijn. Bovendien wordt verwacht dat de loodemissie inmiddels aanzienlijk is afgenomen doordat er een filtersysteem is geïnstalleerd door Nedmag. Hierdoor zal de onderzochte situatie in dit rapport—vóór de plaatsing van de filters—niet meer van toepassing zijn.

1. Inleiding

GGD Groningen heeft van provincie Groningen de opdracht gekregen om een gezondheidkundige risicobeoordeling uit te voeren op basis van de resultaten uit het Rapport Luchtkwaliteit “Verkenkend onderzoek naar de luchtkwaliteit rondom Nedmag te Veendam” van mei 2025 (verder genoemd als het Rapport Luchtkwaliteit). Dit rapport is door provincie Groningen opgesteld naar aanleiding van een motie van de Provinciale Staten (Motie 75 van 8 november 2023) en richt zich op de uitstoot van stoffen door Nedmag B.V. De gebruikte uitstootgegevens komen uit de periode 2009 tot en met 2023. Daarna is door Nedmag een filtersysteem geplaatst. Het onderzoek van provincie Groningen gaat over de situatie vóór de plaatsing van het filter. Verder zijn door de provincie in het Rapport Luchtkwaliteit ook de emissies van de bedrijven Kisuma Chemicals B.V. en Biovergister Beheer Veendam B.V. meegenomen, aangezien deze op hetzelfde bedrijventerrein zijn gevestigd. Nedmag B.V. en bovenstaande bedrijven worden hierna gezamenlijk aangeduid als ‘Nedmag en de omliggende bedrijven’.

Op basis van het Rapport Luchtkwaliteit vraagt provincie Groningen aan GGD Groningen om:

- *‘Voor stikstofdioxide, fijnstof (PM_{10} en $PM_{2,5}$), lood, arseen, cadmium, gasvormige chloriden als HCl, zwaveldioxide, koolmonoxide en nikkel te bepalen of er een kans is dat de emissies van Nedmag en de omliggende bedrijven vanuit gezondheidkundig perspectief kunnen leiden tot een verhoogde blootstelling in de directe omgeving;*
- *Voor de stoffen waarbij deze kans aanwezig is een gezondheidkundige risicobeoordeling uit te voeren die inzicht geeft in de mogelijke risico's voor de gezondheid van omwonenden als gevolg van de (totale) blootstelling aan deze stoffen;*
- *Voor de stoffen waarvoor geen gezondheidkundige risicobeoordeling dient te worden uitgevoerd gemotiveerd toe te lichten waarom deze niet noodzakelijk wordt geacht;*
- *Indien de beschikbare gegevens dat toelaten, ook in te gaan op de mogelijke gezondheidsrisico's van piekbelastingen;*
- *De berekende concentraties van de stoffen te vergelijken met concentraties in de regio en de rest van Nederland;*
- *Een samenvatting en een publiekssamenvatting op te nemen in het rapport.’*

In dit rapport wordt de uitwerking van bovenstaande punten beschreven. Deze gezondheidkundige risicobeoordeling heeft tot doel de provincie te adviseren over de mogelijke gezondheidsrisico's voor omwonenden van de door de provincie bepaalde luchtkwaliteit en depositie. Daarbij is vanwege een verschil in gebruikte methode een onderverdeling gemaakt in de risicobeoordeling van de stoffen die in het Rapport Luchtkwaliteit in kaart zijn gebracht. De luchtverontreiniging door stikstofdioxide (NO_2), fijnstof (PM_{10} en $PM_{2,5}$), zwaveldioxide (SO_2), koolmonoxide (CO) en gasvormige chloriden (als HCl) wordt uitgewerkt in Hoofdstuk 2, het ‘hoofdstuk luchtverontreiniging’. Hoofdstuk 3 richt zich op lood, en Hoofdstuk 4 behandelt de overige drie metalen: arseen, cadmium en nikkel.

2. Luchtverontreiniging

In het Rapport Luchtkwaliteit heeft de provincie de verspreiding van verschillende stoffen in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven in kaart gebracht. In dit hoofdstuk wordt beoordeeld of er gezondheidsrisico's zijn voor omwonenden door blootstelling aan stikstofdioxide (NO₂), fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}), zwaveldioxide (SO₂), koolmonoxide (CO) en gasvormige chloriden (als HCl).

2.1 Inleiding

In het Rapport Luchtkwaliteit zijn berekeningen van de concentraties luchtverontreiniging in de omgeving van Veendam uitgevoerd met behulp van het programma Geomilieu versie 2024.1. Geomilieu bevat meteorologische data—zoals uurgemiddelden van windrichting, windsnelheid, zoninstraling en temperatuur—en ranges van jaargemiddelde achtergrondconcentraties voor NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ en CO. Deze achtergrondconcentraties weerspiegelen de algemene luchtverontreiniging, afkomstig van allerlei activiteiten en bronnen (waaronder ook buitenlandse aanvoer van luchtverontreiniging), en zijn bepaald voor het jaar 2023 (Provincie Groningen, 2025).

Boven op de achtergrondconcentraties is de lokale bijdrage door de uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven in beeld gebracht. Hiervoor is per stof de hoogste gerapporteerde jaargemiddelde emissie uit de periode 2009 tot en met 2023 als invoer gebruikt (Provincie Groningen, 2025).

De totale (cumulatieve) concentratie van achtergrond en de bijdrage van 'Nedmag en omliggende bedrijven' is gemodelleerd door Geomilieu voor woonadressen in de directe omgeving. Hierbij moet vermeld worden dat dit een conservatieve schatting is van de cumulatieve waarde; omdat de emissies van de bedrijven ook al verwerkt zijn in de achtergrondconcentraties, is er sprake van enige dubbeltelling.

In het Rapport Luchtkwaliteit zijn de jaargemiddelde achtergrondconcentraties, de bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven en de cumulatieve concentraties weergegeven voor de hoogst belaste locaties. Deze gegevens worden weergegeven in Tabel 1. Voor HCl bevat Geomilieu geen achtergrondconcentratie. Daarom is de cumulatieve waarde voor HCl in Tabel 1 berekend door de RIVM-achtergrondwaarde (Mennen M. G., 2002) op te tellen bij de berekende bedrijfsbijdrage.

Tabel 1. Berekende jaargemiddelde concentraties op de hoogst belaste locaties (Provincie Groningen, 2025).

Stof	Jaargemiddelde achtergrondconcentratie (µg/m ³)	Bijdrage bedrijven (µg/m ³)	Cumulatieve waarde (µg/m ³)
NO ₂	7,4-8,7	1,5-3,3	8,8-12
PM ₁₀	12,9-13,0	0,2-0,6	13,3-13,5
PM _{2,5}	6,2-6,4	0,2-0,5	6,6-6,7
SO ₂	0,3	0,0-0,1	0,3-0,4
CO	238-239	7,1-10,3	245,4-249,3
HCl	0,5	0,03-0,12	0,53-0,62*

* Geomilieu versie 2024.1 kan de cumulatieve waarde voor HCl niet bepalen. De cumulatieve waarde is berekend door de bedrijfsbijdrage en de RIVM-achtergrondconcentratie (Mennen M. G., 2002) bij elkaar op te tellen.

Uit Tabel 1 blijkt dat de cumulatieve concentraties voor alle stoffen hoger zijn dan de verwachte achtergrondconcentraties. Dit kan verklaard worden door de eerdergenoemde dubbeltelling, maar het betekent ook dat verhoogde blootstelling niet kan worden uitgesloten. Daarom beoordelen we in de volgende paragraaf voor alle stoffen in Tabel 1 of de cumulatieve concentraties kunnen leiden tot gezondheidsrisico's.

2.2 Gezondheidskundige risicobeoordeling

In het Rapport Luchtkwaliteit zijn voor NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂, CO en HCl de jaargemiddelde luchtconcentraties in de omgeving van Nedmag en de omliggende bedrijven berekend. Voor fijnstof en HCl zijn daarnaast ook maximale uurgemiddelde piekwaarden vastgesteld (Provincie Groningen, 2025).

De mogelijke gezondheidseffecten voor omwonenden worden beoordeeld door de gerapporteerde cumulatieve jaargemiddelde concentraties in de lucht te vergelijken met de bijbehorende gezondheidskundige advieswaarden (zie Tabel 2), en niet met wettelijke normen. De gezondheidskundige advieswaarden zijn de jaargemiddelde concentraties waaronder bij langdurige blootstelling geen schadelijke effecten voor de volksgezondheid worden verwacht. Wanneer er (tijdelijke) overschrijdingen optreden kan er sprake zijn van een gezondheidsrisico.

Tabel 2. Gezondheidskundige advieswaarden en jaargemiddelde cumulatieve waarden.

Stof	Gezondheidskundige advieswaarde	Jaargemiddelde cumulatieve waarde (µg/m ³)
NO ₂	10 µg/m ³ jaargemiddeld ^(a)	8,8-12
PM ₁₀	15 µg/m ³ jaargemiddeld ^(a)	13,3-13,5
PM _{2,5}	5 µg/m ³ jaargemiddeld ^(a)	6,6-6,7
SO ₂	50 µg/m ³ jaargemiddeld ^(b)	0,3-0,4
CO	4000 µg/m ³ dagelijks levenslang ^(a)	245,4-249,3
HCl	Voorlichtingsrichtwaarde voor een tijdsduur van 8 uur is 2700 µg/m ³ ^(c) ; Advieswaarde werknemers voor een tijdsduur van 8 uur is 8000 µg/m ³ ^(c)	0,53-0,62 ^(d)

(a) (World Health Organization, 2021)

(b) (World Health Organization, 2000)

(c) (RIVM | HCl-normen)

(d) Deze waarde is berekend door de bedrijfsbijdrage en de RIVM-achtergrondconcentratie (Mennen M. G., 2002) bij elkaar op te tellen.

Aan de hand van Tabel 2 lichten we hieronder per stof de gezondheidsrisico's toe.

2.2.1 Stikstofdioxide (NO₂), fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}) en zwaveldioxide (SO₂)

Voor NO₂ en PM_{2,5} is er mogelijk sprake van een lichte overschrijding van de advieswaarde van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO). Voor PM_{2,5} wordt deze WHO-advieswaarde overigens nergens in Nederland gehaald (zie [Atlas Leefomgeving | Fijnstof](#)). Voor NO₂ wordt in Nederland met name in de directe omgeving van drukke verkeerswegen de WHO-advieswaarde overschreden door de emissies van wegverkeer. Dit is ook het geval voor de directe omgeving van de N33. Voor PM₁₀ en SO₂ is er geen overschrijding van de WHO-advieswaarde.

Het is wel belangrijk om te noemen dat er voor PM₁₀ en PM_{2,5} geen drempelwaarde bestaat waaronder geen gezondheidseffecten kunnen optreden. Daarom zal iedere verbetering van de luchtkwaliteit gezondheidswinst opleveren (GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en gezondheid, 2019).

2.2.2 Koolmonoxide (CO) en gasvormige chloriden (als HCl)

Voor CO en HCl bestaan geen gezondheidkundige advieswaarden waaraan we de jaargemiddelde concentraties kunnen toetsen. De WHO heeft voor CO wel een gemiddelde 24-uursadvieswaarde opgesteld, die de waarde aangeeft waaraan men dagelijks levenslang aan mag worden blootgesteld. Omdat deze advieswaarde niet wordt overschreden, verwachten we geen gezondheidseffecten bij de jaargemiddelde cumulatieve concentratie van CO.

Voor HCl zijn er gezondheidkundige advieswaarden voor een kortdurend tijdsbestek bepaald (zie Tabel 2), waaronder de voorlichtingsrichtwaarde (VRW) bij een tijdsduur van 8 uur en de advieswaarde voor werknemers. De VRW is de luchtconcentratie waarbij met grote waarschijnlijkheid de eerste lichte gezondheidseffecten kunnen optreden. De berekende jaargemiddelde concentraties liggen echter ruim—meer dan een factor duizend—onder zowel de VRW als de advieswaarde voor werknemers. Hierdoor worden geen gezondheidseffecten verwacht bij de jaargemiddelde cumulatieve concentratie van HCl.

2.2.3 Piekemissies van fijnstof en HCl

Voor de emissie van fijnstof is in het Rapport Luchtkwaliteit een piekwaarde van 158,1 µg/m³ berekend (Provincie Groningen, 2025). Deze waarde kan optreden wanneer de meest ongunstige bedrijfsomstandigheden samenvallen met de meest ongunstige weersomstandigheden.

Kortdurende blootstelling aan verhoogde fijnstofconcentraties kan gezondheidsklachten geven zoals luchtwegklachten. Door het ontbreken van gezondheidkundige advieswaarden voor kortdurende blootstelling aan fijnstof is het echter niet mogelijk om een gezondheidkundige risicobeoordeling te geven van de piekbelasting voor fijnstof.

Voor de piekemissie van HCl is in het Rapport Luchtkwaliteit een waarde van 0,375 mg/m³ berekend, die naar verwachting slechts 0,01% van de tijd optreedt (Provincie Groningen, 2025). Dat is minder dan 1 uur per jaar. Deze piekwaarde kan voorkomen bij een combinatie van ongunstige bedrijfs- en weersomstandigheden.

Voor HCl zijn gezondheidkundige advieswaarden beschikbaar voor de blootstellingsduur van een uur (RIVM | HCl-normen). Bij concentraties onder 2,7 mg/m³ worden geen gezondheidseffecten verwacht. De vastgestelde piekwaarde blijft hier ruimschoots onder.

2.2.4 Cumulatieve gezondheidsrisico's

In de gezondheidkundige risicobeoordeling worden de stoffen individueel beoordeeld. In werkelijkheid is een gelijktijdige blootstelling aan meerdere stoffen mogelijk.

Iedere stof heeft eigen gezondheidsrisico's. Doordat de stoffen in dit onderzoek verschillen in gezondheidsrisico's kunnen de risico's van deze stoffen bij gelijktijdige blootstelling niet bij elkaar op kunnen worden geteld (Geelen, et al., 2023; Greven, F; Botma, R, 2020). Daarom kan in dit onderzoek geen kwantitatieve uitspraak worden gedaan over cumulatieve gezondheidsrisico's.

Cumulatieve gezondheidsrisico's zijn niet uit te sluiten, maar naar verwachting is het effect hiervan beperkt, mede omdat de berekende jaargemiddelde concentraties uit Tabel 2 weinig overschrijdingen van de gezondheidkundige advieswaarden tonen.

2.2.5 Vergelijking met concentraties op plekken elders

De GGD is gevraagd de berekende jaargemiddelde concentraties van luchtverontreiniging te vergelijken met andere locaties in Nederland. Voor de stoffen NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} en SO₂ gebruiken we daarvoor informatie uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM (Luchtmeetnet), op basis van de rapportages uit 2023 (het referentiejaar voor de berekende concentraties).

Binnen het luchtmeetnet staan meetstations op verschillende typen locaties. Regionale meetstations meten de achtergrondconcentraties in landelijke gebieden zonder directe invloed van verkeer of industrie. Daarnaast zijn er meetstations in stedelijke omgevingen en nabij drukke wegen en industrieterreinen om de invloed van deze bronnen in kaart te brengen. Voor de vergelijking selecteren we zowel regionale achtergrondstations als stations die worden beïnvloed door verkeer of industrie.

De volgende regionale achtergrondstations uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit zijn meegenomen, gelegen in of nabij de provincie Groningen. Tussen haakjes staat vermeld welke stoffen daar worden gemeten:

- Valthermond – Noorderdiep (NO₂, PM₁₀);
- Kollumerwaard – Hooge Zuidwal (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂);
- Groningen – Nijensteinheerd (NO₂, PM_{2,5}).

Tabel 3 toont de meetresultaten van deze drie achtergrondlocaties.

Tabel 3. Jaargemiddelde meetresultaten van de achtergrondmeetstations in 2023 (Luchtmeetnet, z.d.).

Station	NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)
Valthermond-Noorderdiep	7	12	-	-
Kollumerwaard	5	14	6	0
Groningen - Nijensteinheerd	7	-	6	-

Sinds eind juni 2025 is er ook een nieuw achtergrondmeetstation in de regio Delfzijl: Baasum – Oude Ae, die PM₁₀ en PM_{2,5} meet. Er zijn nog geen jaargemiddelde gegevens beschikbaar van dit meetpunt. De eerste gerapporteerde daggemiddelde waarden liggen voor PM₁₀ tussen 4,8 en 18,6 µg/m³ en voor PM_{2,5} tussen 3,9 en 12,3 µg/m³. Door de brede spreiding en het ontbreken van een jaargemiddelde waarde, nemen we dit meetpunt niet verder mee in deze beoordeling.

Voor de vergelijking met locaties belast door de aanwezigheid van drukke verkeerswegen of industriële activiteiten zijn daarnaast de volgende meetstations geselecteerd, met tussen haakjes de vermelding van de dominante bron. Op al deze locaties worden NO₂, PM₁₀ en PM_{2,5} gemeten; bij vier stations wordt tevens SO₂ gemeten:

- Groningen – Europaweg (wegverkeer);
- Maassluis – Kwartellaan (industrie en scheepvaart);
- Rotterdam – Hoek van Holland (industrie en haven);
- Zaanstad – Hoogtij (industrie en haven);
- IJmuiden – Kanaalstraat (industrie);
- Wijk aan Zee- De Banjaert (industrie).

De meetresultaten van deze stations zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Jaargemiddelde meetresultaten van meetstations nabij stad of industrie in 2023 (Luchtmeetnet, z.d.).

Station	NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)
Groningen - Europaweg	16	17	6	-
Maassluis - Kwartellaan	24	15	8	-
Rotterdam – Hoek van Holland	23	17	9	1
Zaanstad - Hoogtij	21	13	8	1
IJmuiden - Kanaalstraat	21	17	8	4
Wijk aan Zee – de Banjaert	15	22	9	4

Het Rapport Luchtkwaliteit geeft een overzicht van de concentraties op verschillende toetspunten. Daarbij is per stof een range weergegeven van concentraties bij woningen met de hoogste belasting. Per stof kan de locatie met de hoogste belasting verschillen in de directe omgeving. In de gezondheidkundige risicobeoordeling maken we de conservatieve aanname dat de hoogste belasting van alle stoffen op één en dezelfde locatie optreedt. De hoogste jaargemiddelde concentraties in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven bedragen 12 µg/m³ voor NO₂, 13,5 µg/m³ voor PM₁₀ en 6,7 µg/m³ voor PM_{2,5} (Provincie Groningen, 2025). Het is hierbij belangrijk om nogmaals te noemen dat er bij de bepaling van deze waarden sprake was van dubbeltelling (zie paragraaf 2.1) (Provincie Groningen, 2025). Deze waarden zijn dus conservatief bepaald.

Wanneer we deze waarden vergelijken met de waarden in Tabel 3, concluderen we dat de jaargemiddelde concentraties van PM₁₀ en PM_{2,5} vergelijkbaar zijn met die op onbelaste achtergrondlocaties. Voor NO₂ is er een verhoging ten opzichte van de onbelaste achtergrondlocaties in Tabel 3, maar de jaargemiddelde concentraties blijven beduidend lager dan op industrie- of verkeersbelaste meetpunten (zie Tabel 4). Een mogelijke verklaring voor een iets hogere NO₂-concentratie in de omgeving van Veendam kan de invloed van verkeersstromen op de N33 zijn.

2.3 Conclusie en aanbevelingen

Voor de luchtverontreiniging lijkt er voor alle stoffen een verhoging te zijn ten opzichte van de achtergrondconcentraties. Dit is niet onverwacht. In het rekenmodel in Geomilieu is namelijk al een bijdrage van de bedrijven opgenomen in de achtergrondconcentratie. Wanneer vervolgens de bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven afzonderlijk daarbovenop wordt doorgerekend, ontstaat enige dubbeltelling. Volgens het Rapport Luchtkwaliteit geeft dit de worst-case-situatie met de hoogste verwachte concentraties luchtverontreiniging (Provincie Groningen, 2025).

Daarnaast is voor deze worst-case-situatie per stof gekozen voor de hoogste jaargemiddelde emissie van de afgelopen vijftien jaar als invoer voor de berekening van de bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven. In het Rapport Luchtkwaliteit wordt per stof nader beschreven uit welk jaartal deze emissiegegevens afkomstig zijn. Voor de berekening van de achtergrondconcentraties zijn meteorologische gegevens uit 2023 gebruikt (Provincie Groningen, 2025). Hierdoor zijn achtergrond- en emissiewaarden mogelijk niet gebaseerd op hetzelfde jaar, en kan dit bovendien verschillen per stof.

De bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de totale concentraties van de stoffen beschreven in dit hoofdstuk lijkt beperkt. Geen van de wettelijke normen wordt overschreden. Voor de meeste stoffen blijven de concentraties onder de gezondheidkundige advieswaarden. Alleen voor NO_2 en $\text{PM}_{2,5}$ is mogelijk sprake van een lichte overschrijding, maar dit komt overeen de landelijke situatie. De jaargemiddelde concentraties van $\text{PM}_{2,5}$ zijn vergelijkbaar met die op onbelaste achtergrondlocaties in of nabij de Provincie Groningen. Voor NO_2 lijkt er een verhoging te zijn ten opzichte van de onbelaste achtergrondlocaties, maar blijven de jaargemiddelde concentraties beduidend lager dan op industrie- of verkeersbelaste meetpunten in Nederland. Daarom wordt er voor deze luchtverontreiniging geen extra gezondheidsrisico verwacht ten opzichte van vergelijkbare plekken in Nederland.

De GGD ziet—op basis van het Rapport Luchtkwaliteit—geen aanleiding om aanvullend onderzoek te doen, zoals metingen naar de luchtkwaliteit. Wel is in algemene zin bekend dat elke verbetering van de luchtkwaliteit gezondheidswinst oplevert. Daarom adviseert de GGD—ondanks het voldoen aan de wettelijke normen—om waar mogelijk verdere verbetering van de luchtkwaliteit na te streven (GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en gezondheid, 2019).

3. Lood

In het Rapport Luchtkwaliteit is de verspreiding van lood in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven in kaart gebracht. Concentratieberekeningen in de lucht zijn gedaan met behulp van het programma Geomilieu, en depositie is bepaald met het programma OPS-Pro (zie verder het Rapport Luchtkwaliteit (Provincie Groningen, 2025)). Er zitten veel aannames en onzekerheden in de totstandkoming van deze gegevens die doorwerken in de gezondheidkundige risicobeoordeling in dit hoofdstuk.

Lood is een giftig zwaar metaal en heeft al bij lage gehalten effecten op de gezondheid. Lood heeft effect op het zenuwstelsel. Jonge kinderen van 0 tot 7 jaar zijn de meest kwetsbare groep: zij nemen lood makkelijker op en hun hersenen zijn nog volop in ontwikkeling. De verstoring van de ontwikkeling van het centraal zenuwstelsel, als gevolg van blootstelling aan lood, kan worden uitgedrukt in de mate van IQ-verlies. Daarnaast geeft blootstelling aan lood bij volwassenen een verhoogd risico op verstoring van de nierfunctie en hart- en vaataandoeningen (EFSA, 2010).

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 3.1 en 3.2 beschreven in welke mate kinderen kunnen worden blootgesteld aan lood en hoeveel daarvan in het lichaam kan worden opgenomen. De blootstellingsschatting voor volwassenen wordt toegelicht in paragraaf 3.3. In paragraaf 3.4 worden de mogelijke gezondheidsrisico's voor zowel kinderen als volwassenen beschreven. Tot slot volgt in paragraaf 3.5 de conclusie met bijbehorende discussiepunten en advies over vervolgonderzoek.

GGD Groningen heeft voor dit hoofdstuk van de gezondheidkundige risicobeoordeling advies ingewonnen bij het RIVM.

3.1 Opname van lood en lood-bloedwaarden voor kinderen

Mensen kunnen op verschillende manieren lood binnenkrijgen: via de lucht, depositie, bodem, voeding en drinkwater. Niet al het lood dat het lichaam binnenkomt wordt daadwerkelijk opgenomen. Alleen het deel dat in het bloed terechtkomt, heeft invloed op de gezondheid.

Voor kinderen van 0 tot 7 jaar is er door de United States Environmental Protection Agency (EPA) een speciaal rekenmodel ontwikkeld: het '*Integrated Exposure Uptake Biokinetic* (IEUBK)'-model (EPA, 1994). Dit model berekent hoe lood zich in het lichaam van een kind verspreidt (bijvoorbeeld in bloed, weefsels en botten) en hoe het uiteindelijk wordt uitgescheiden. Op basis van de loodinnname voorspelt dit model de geometrisch gemiddelde waarde¹ van de hoeveelheid lood die in het bloed terechtkomt.

Met het IEUBK-model berekende de Europese voedsel- en warenautoriteit (EFSA) dat een dagelijkse inname van ongeveer 0,5 microgram lood per kilogram lichaamsgewicht ($\mu\text{g}/\text{kg lg}$) via alleen voeding en drinkwater leidt tot een geometrisch gemiddelde waarde van 12 $\mu\text{g}/\text{liter}$ bloed bij kinderen (EFSA, 2010). Deze lood-bloedwaarde van 12 $\mu\text{g}/\text{l}$ geldt als de 95%-

¹ Het geometrisch gemiddelde van n getallen wordt berekend door de getallen met elkaar te vermenigvuldigen en vervolgens de n -de-machtswortel te nemen. In vergelijking met het "normale" rekenkundige gemiddelde, geeft het geometrisch gemiddelde een betere schatting van de centrale tendens voor de hoeveelheid lood in bloed. Het geometrisch gemiddelde wordt namelijk minder beïnvloed door uitschieters met extreem hoge waarden (zoals voor kan komen bij lood-bloedwaardes).

betrouwbaarheidsondergrens waarbij gemiddeld één IQ-punt verlies bij kinderen optreedt (EFSA, 2010).

De berekening door ESFA hield alleen rekening met blootstelling via voeding en drinkwater. Blootstelling via andere routes (lucht, depositie en bodem) werd niet meegenomen (EFSA, 2010). De standaardwaarde van het IEUBK-model voor opname door blootstelling via voeding is 50% (EPA, 1994). Dit betekent dat een dagelijkse *loodopname* van 0,5 µg/kg lg/dag via alleen voeding en drinkwater—gekoppeld aan een geometrisch gemiddelde lood-bloedwaarde van 12 µg/l—overeenkomt met een *opname* van 0,25 µg/kg lg/dag.

De relatie tussen loodopname en de lood-bloedwaarde is niet volledig rechtlijnig (lineair). Bij hoge blootstelling (100 µg/dag of meer) vakt de stijging af, omdat de bindingsplaatsen voor lood in rode bloedcellen geleidelijk verzadigd raken (EPA, 1994; EFSA, 2010). Bij lagere blootstellingsniveaus verloopt de relatie echter vrijwel lineair (EPA, 1994). Uitgaande van een bloedwaarde van 12 µg/l bij een loodopname van 0,25 µg/kg lg/dag, geldt voor kinderen bij blootstellingsniveaus onder 100 µg/dag de volgende vergelijking:

$$\text{lood-bloedwaarde (}\mu\text{g/l)} = 48 \cdot \text{loodopname (}\mu\text{g/kg lg/dag)}. \quad (1)$$

Deze vergelijking wordt in paragraaf 3.2.2, 3.2.3 en 3.2.4 toegepast om de bijdrage van depositie, bodem, voeding en drinkwater aan de lood-bloedwaarde te berekenen voor kinderen.

Het IEUBK-model kan alleen gebruikt worden bij een schatting van de lood-bloedwaarde bij kinderen (EPA, 1994). Om een inschatting te maken van de bloed-loodwaarde bij volwassenen, hanteert ESFA (2010) het model van Carlisle en Wade (1992). Aan de hand van dit model, schatten we in paragraaf 3.3 de lood-bloedwaarde bij volwassenen.

3.2 Blootstellingsschatting voor kinderen

In deze paragraaf schatten we hoeveel lood via de verschillende bronnen in het bloed van kinderen terechtkomt: in paragraaf 3.2.1 bespreken we de bijdrage van lood in lucht, in paragraaf 3.2.2 de bijdrage van depositie, in paragraaf 3.2.3 de bijdrage van bodem en in paragraaf 3.2.4 de bijdrage van voeding en drinkwater.

3.2.1 Blootstelling via lucht

De maximale bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de lood-luchtconcentratie bedraagt $2 \cdot 10^{-3} \mu\text{g/m}^3$ (Provincie Groningen, 2025). We berekenen de totale loodconcentratie in lucht als de som van deze waarde en de achtergrondconcentratie. Als achtergrondwaarde hanteren we de jaargemiddelde loodconcentratie die in 2022 is gemeten op de onbelaste achtergrondlocatie De Rijp: $3,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g/m}^3$ (de Jonge, 2023). Lood wordt vrijwel volledig opgenomen na inhalatie.

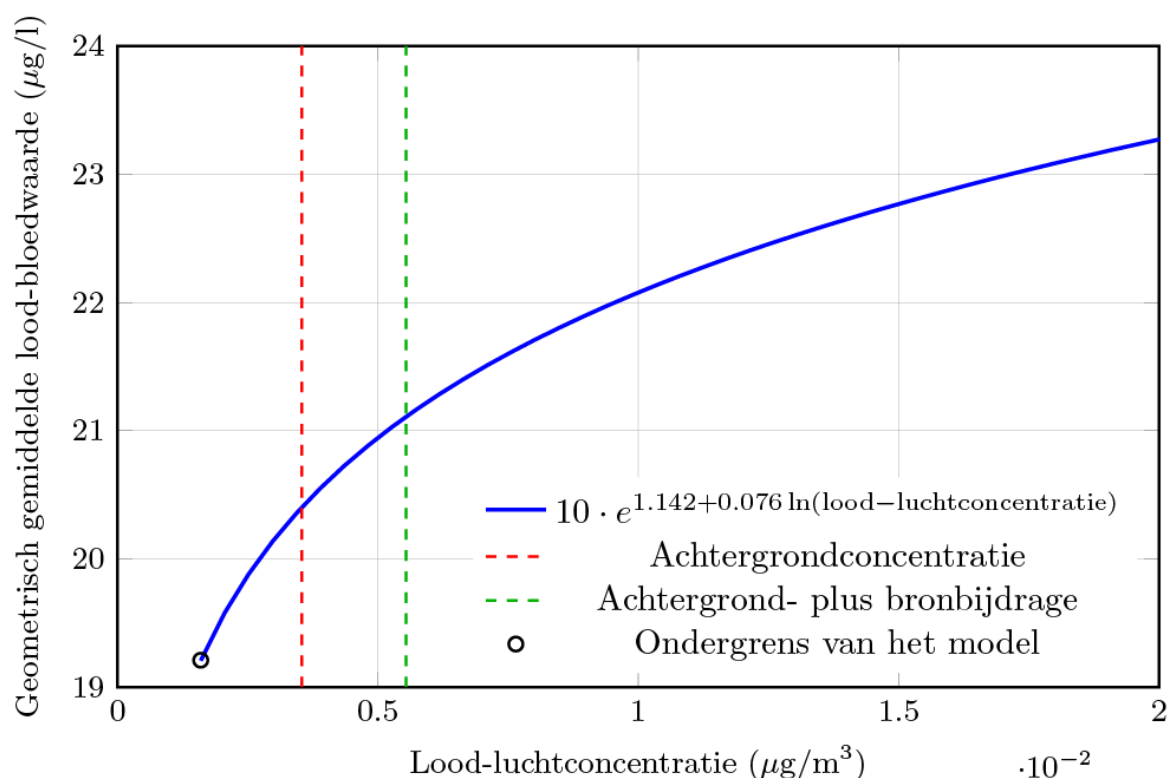
Het onderzoek van Richmond-Bryant et al. (2014) richtte zich op de relatie tussen lood in lucht en lood in bloed bij kinderen van twee leeftijdsgroepen: 1-5 jaar en 6-11 jaar. Voor de schatting van de blootstelling door lood in lucht gebruiken we de volgende vergelijking (Richmond-Bryant, et al., 2014), voor kinderen van 1 tot 5 jaar:

$$\text{Geometrisch gemiddelde lood-bloedwaarde (}\mu\text{g/l)} = 10 \cdot e^{1.142 + 0.076 \ln(\text{lood-luchtconcentratie (}\mu\text{g/m}^3))}. \quad (2)$$

De relatie tussen lood in lucht en lood in bloed wordt weergegeven in Figuur 1. Een nadere toelichting op bovenstaande vergelijking is opgenomen in Bijlage 1. De grafiek laat zien dat deze relatie niet rechtlijnig is: bij lagere luchtconcentraties is de helling steiler. Dit betekent dat eenzelfde toename in lood-luchtconcentratie bij lage waarden leidt tot een relatief grotere stijging van de lood-bloedwaarde dan bij hogere concentraties.

Richmond-Bryant et al. (2014) stellen dat de relatie tussen lood in lucht en lood in bloed zowel directe inhalatie als indirecte blootstelling via lood in lucht—bijvoorbeeld door depositie—omvat. Omdat we de overige blootstellingsroutes afzonderlijk behandelen in dit rapport, kan dit leiden tot een overschatting. Het is niet met zekerheid vast te stellen hoe groot deze overschatting is. We hanteren in dit hoofdstuk dus een 'worst case'-benadering van de schatting van de totale blootstelling.

Vergelijking (2) is ontwikkeld op basis van luchtmetingen en is vooral betrouwbaar binnen het bereik van de metingen: 90% van de jaargemiddelde lood-luchtconcentraties lagen tussen $1,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $9,3 \cdot 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Richmond-Bryant, et al., 2014). Waarden onder $1,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ vallen buiten het gemeten bereik en berusten op extrapolatie. Deze waarden bevatten daardoor onzekerheden. Daarnaast is vergelijking (2) door de aanwezigheid van de ln-term niet bruikbaar voor een luchtconcentratie van $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naarmate de concentratie dicht bij nul komt, wordt de helling van de grafiek steeds steiler. Om bovenstaande redenen, kiezen we $1,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ als ondergrens voor betrouwbaar gebruik van vergelijking (2).



Figuur 1. De relatie tussen het geometrisch gemiddelde van de lood-bloedwaarde en de lood-luchtconcentratie. De rode stippellijn geeft de achtergrondconcentratie van $3,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ weer (de Jonge, 2023), terwijl de groene stippellijn de achtergrond plus de bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven toont ($3,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3 + 2 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3 = 5,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$). De zwarte cirkel markeert de modelondergrens van $1,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ lood in lucht.

Bij de modelondergrens van $1,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ geeft vergelijking (2) een lood-bloedwaarde van $19,21 \mu\text{g}/\text{l}$. Bij de achtergrondconcentratie van $3,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt de lood-bloedwaarde $20,40 \mu\text{g}/\text{l}$. De achtergrondconcentratie geeft daarmee een geschatte toename van $20,40 \mu\text{g}/\text{l} - 19,21 \mu\text{g}/\text{l} = 1,19 \mu\text{g}/\text{l}$.

Vervolgens combineren we de achtergrondconcentratie met de maximale bijdrage van Nedmag: $3,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3 + 2 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3 = 5,54 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Invulling van deze waarde in vergelijking (2) resulteert in een lood-bloedwaarde van $21,11 \mu\text{g}/\text{l}$. Dit betekent dat de bijdrage van Nedmag, boven op de achtergrond, neerkomt op $21,11 \mu\text{g}/\text{l} - 20,40 \mu\text{g}/\text{l} = 0,71 \mu\text{g}/\text{l}$.

3.2.2 Blootstelling via depositie

In dit onderzoek beperken we ons tot de gemodelleerde depositie van de uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven (Provincie Groningen, 2025), aangevuld met de blootstelling door achtergronddepositie zoals gemeten op een locatie zonder industriële invloed (Wijten, et al., 2025). Er zijn geen depositie-veegmonsters genomen in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven. De depositie is berekend met het programma OPS-Pro. Er zijn tot dusver nog geen studies bekend waarin een berekende depositiewaarde met OPS-Pro is vertaald naar blootstelling. Deze vertaling is in andere studies wel gedaan voor depositie-veegmonsters (Mennen, 2021). De methodiek die in deze gezondheidkundige risicobeoordeling wordt gebruikt is hieronder beschreven en is aangepast naar het gebruik van depositieberekeningen.

De depositieberekeningen in het Rapport Luchtkwaliteit (Provincie Groningen, 2025) houden geen rekening met het wegspoelen van depositie door neerslag. Uit onderzoek van Mennen et al. (2021) blijkt dat gemiddeld 45% van de metalen wordt weggespoeld, met grote variatie in de mate van afspoeling. Als worst-case scenario gaan we, net als Mennen et al. (2021), ervan uit dat ook de weggespoelde depositie beschikbaar is geweest voor blootstelling (Mennen M. G., 2021).

Kinderen kunnen tijdens het spelen, zowel binnen als buiten, in contact komen met depositie. Uit onderzoek van Mennen et al. (2021) blijkt dat de depositie van metalen binnenshuis over het algemeen veel lager is dan buitenshuis: voor lood en arseen gemiddeld 50–100 keer lager, en voor cadmium en nikkel gemiddeld 10–30 keer lager. Omdat depositie buitenshuis aanzienlijk hoger is en er geen meetgegevens van depositie binnenshuis beschikbaar zijn, richt dit onderzoek zich uitsluitend op depositie buitenshuis.

Kinderen hebben een hogere blootstelling aan depositie door hun gedrag—zoals kruipen, spelen op de grond en hand-mond-contact—én door hun relatief lage lichaamsgewicht. Ten opzichte van de orale blootstelling via hand-mond-contact wordt de opname via de huid als verwaarloosbaar beschouwd voor metalen (Florence, Lilley, & Stauber, 1988; Wester, et al., 1992; Lowney, et al., 2007; Filon, et al., 2025). Voor lood, schatten Moore et al. (1980) dat de opname via onbeschadigde huid slechts 0 tot 0.3% bedraagt (Moore, et al., 1980). Om deze reden nemen we in dit onderzoek alleen de orale blootstelling via hand-mond-contact mee.

Orale blootstelling via hand-mond-contact is vooral relevant voor kinderen tot zes jaar (ter Burg, Bremmer, & van Engelen, 2007). Voor een conservatieve schatting van de orale blootstelling—uitgedrukt in hoeveelheid per kg lichaamsgewicht (lg)—gaan we uit van het lichaamsgewicht van een kind van één tot twee jaar. Een lager lichaamsgewicht leidt namelijk tot een hogere blootstelling per kilogram lichaamsgewicht. Als conservatieve aanname nemen we het 25^e

percentiel voor het lichaamsgewicht van een kind van één tot twee jaar, namelijk 9,8 kg (te Biesebeek, Nijkamp, Bokkers, & Wijnhoven, 2014).

Om de orale blootstelling via hand-mond-contact te schatten, moet eerst worden bepaald hoeveel lood tijdens het buitenspelen op de huid van de handen terecht komt. De effectieve overdracht van een chemische stof naar de huid per tijdseenheid wordt beschreven met de zogenaamde *transfer-coëfficiënt* (TC) (m^2/uur). Deze coëfficiënt wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de blootstellingsnelheid—de hoeveelheid chemische stof die per uur naar de huid wordt overgedragen ($\mu\text{g}/\text{uur}$)—en de mate van verontreiniging van het oppervlak waarmee contact plaatsvindt ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) (EPA, 2012).

De TC wordt in studies vastgesteld door gelijktijdig de hoeveelheid chemische stof op de huid en de mate van oppervlakkige verontreiniging te meten. Dit is gedaan voor verschillende activiteiten, zoals bijvoorbeeld appels plukken, grasmaaien, binnenshuis spelen op tapijt of buitenspelen (EPA, 2012). Hoewel de TC is vastgesteld in studies naar blootstelling aan pesticiden, geeft de EPA aan dat deze waarden in principe generiek toepasbaar zijn (EPA, 2012). Dat betekent dat transfercoëfficiënten, gekoppeld aan specifieke activiteiten (zoals buitenspelen), ook representatief zijn voor andere chemische stoffen (EPA, 2012). In dit onderzoek wordt daarom aangenomen dat de voor pesticiden vastgestelde TC ook gebruikt kan worden voor lood.

Op basis van (ECHA, 2016) neemt Mennen et al. (2021) aan dat de overdracht van een chemische stof naar onbedekte handen, onderarmen, voeten en benen bij kinderen $0,2 \text{ m}^2/\text{uur}$ bedraagt (Mennen M. G., 2021). Deze waarde is echter gebaseerd op blootstelling binnenshuis (spelen op een tapijt) (EPA, 2012; ECHA, 2016). In dit rapport hanteren we de conservatievere TC die geldt voor overdracht van pesticiden bij buitenspelen op gras. Voor kinderen van 1 tot 2 jaar adviseert de EPA een TC van $54.000 \text{ cm}^2/\text{uur}$ (oftewel $5,4 \text{ m}^2/\text{uur}$) (EPA, 2012).

De genoemde TC is bepaald voor de overdracht naar onbedekte handen, onderarmen, voeten en benen samen (EPA, 2012). Om de overdracht naar alleen de handen te bepalen, wordt deze waarde gecorrigeerd: de handen vormen 20% van dit totale huidoppervlak (factor 0,2) (Bremmer, et al., 2006; Mennen M. G., 2021). Daarnaast wordt aangenomen dat 50% van de chemische stof op de handen beschikbaar is voor orale blootstelling via hand-mond-contact (factor 0,5) (Bremmer, et al., 2006; Mennen M. G., 2021). Dit leidt tot een correctiefactor van 0,1 voor de orale inname via hand-mond-contact (Mennen M. G., 2021), zoals weergegeven in vergelijking (3).

De jaargemiddelde orale inname per dag ($\mu\text{g}/\text{kg}$ lg) via hand-mond-contact tijdens het buiten spelen wordt gegeven door (Mennen M. G., 2021):

$$\frac{\text{jaargemiddelde concentratie} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^2} \right) \cdot 0,1 \cdot \text{TC} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{uur}} \right) \cdot \text{DF} \cdot \text{speelduur (uur)} \cdot \frac{\text{dagen per jaar}}{365}}{\text{lichaamsgewicht (kg)}}, \quad (3)$$

waarbij DF staat voor de *dislodgeable fraction*: het deel van een chemische stof op een oppervlak dat door contact kan worden overgedragen naar de huid. Net als Mennen et al (2021), hanteren we de conservatieve aanname dat huidcontact met een gecontamineerd oppervlak leidt tot een volledige overdracht van de chemische stof. Met andere woorden: we nemen aan dat de DF gelijk is aan 1 is (Mennen M. G., 2021).

Verder gaan we, op basis van rapporten van het Mulier Instituut, uit van het volgende speelpatroon: kinderen spelen vijf keer per week gedurende twee uur per dag buiten (Dellas, Van den Dool, & Collard, 2018; Lucassen, Singh, Heijnen, & Slot-Heijs, 2020; Mennen M. G., 2021). Dit komt neer op ongeveer $(5/7) \cdot 365 \approx 261$ buitenspeeldagen per jaar. Als worst-case scenario wordt

er hierbij vanuit gegaan dat kinderen altijd met onbedekte handen buiten spelen (zonder handschoenen) (Mennen M. G., 2021).

Tabel 5 toont een samenvatting van de invoerwaarden die gebruikt worden voor vergelijking (3).

Tabel 5. Invoerwaarden voor de blootstellingsschatting.

Parameter	Invoerwaarde	Toelichting of bron
Speelduur buiten	2 uur per dag	(Dellas, Van den Dool, & Collard, 2018) (Lucassen, Singh, Heijnen, & Slot-Heijs, 2020) (Mennen M. G., 2021)
Dagen per jaar buitenspelen	261 dagen buiten spelen per jaar	(Dellas, Van den Dool, & Collard, 2018) (Lucassen, Singh, Heijnen, & Slot-Heijs, 2020) (Mennen M. G., 2021)
Transfer-coëfficiënt (TC)	5,4 m ² /uur	(EPA, 2012)
Dislodgeable fraction (DF)	1	Aanname uit (Mennen M. G., 2021)
Lichaamsgewicht	9,8 kg	(te Biesebeek, Nijkamp, Bokkers, & Wijnhoven, 2014)

Met behulp van vergelijking (3) en de invoerwaarden uit Tabel 5, schatten we de blootstelling via zowel achtergronddepositie als de bronbijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven.

Bijdrage achtergronddepositie

De blootstelling via achtergronddepositie is bepaald op basis van depositieonderzoek dat in het najaar van 2024 is uitgevoerd (Wijten, et al., 2025). In dit onderzoek zijn veegmonsters genomen van depositie op locaties die niet direct worden beïnvloed door grote emissiebronnen, zoals industrie, scheepvaart of drukke verkeerswegen. Dit is dus een andere methodiek dan de berekende depositie rondom Nedmag en omliggende bedrijven, maar er zijn geen andere inzichten of gegevens uit Nederland beschikbaar.

In Bijlage 2 wordt beschreven hoe de gemiddelde achtergronddepositie per dag is berekend, op basis van de meetlocaties De Zilk, De Rijp en Amersfoort. Met vergelijking (3) en de invoerwaarden uit Tabel 5 berekenen we vervolgens de orale inname per dag via hand-mond-contact. De resultaten hiervan staan weergegeven in Tabel 6.

Voor blootstelling via depositie nemen we aan dat 28% van het lood opgenomen wordt (von Lindern, Spalinger, Stifelman, Stanek, & Bartrem, 2016). Bij een opname van 28% is de geschatte hoeveelheid opgenomen lood weergegeven in de derde kolom van Tabel 6. Met behulp van vergelijking (1) rekenen we deze waarde vervolgens om naar de verwachte stijging van de loodbloedwaarde (zie de vierde kolom van Tabel 6).

Tabel 6. Schatting van de blootstelling aan lood via hand-mond-contact van achtergronddepositie.

Gemiddelde achtergronddepositie per dag ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$)	Orale inname via achtergronddepositie ($\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$)	Orale opname ($\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$)	Bijdrage lood-bloedwaarde ($\mu\text{g}/\text{l}$)
4,39	0,35	0,10	4,65

Bronbijdrage Nedmag en omliggende bedrijven

De maximale gemodelleerde bronbijdrage per jaar in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven is gegeven in de eerste kolom van Tabel 7 (Provincie Groningen, 2025). Op basis hiervan berekenen we de jaargemiddelde bronbijdrage per dag, zoals te zien is in kolom 2. Door deze jaargemiddelde waarde per dag in te vullen in vergelijking (3)—samen met de invoerparameters uit Tabel 5—berekenen we de extra orale blootstelling per dag via hand-mond-contact. Deze resultaten zijn weergegeven in kolom 3 van Tabel 7.

Bij een orale opname van 28% (von Lindern, Spalinger, Stifelman, Stanek, & Bartrem, 2016) wordt de geschatte hoeveelheid opgenomen lood weergegeven in kolom 4. Met behulp van vergelijking (1) rekenen we dit vervolgens om naar de verwachte toename in de lood-bloedwaarde door de bronbijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de depositie (zie de vijfde kolom van Tabel 7).

Tabel 7. Schatting van de blootstelling aan lood door de bronbijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan depositie.

Maximale bronbijdrage depositie ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jaar}$)	Jaargemiddelde bronbijdrage depositie ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$)	Orale inname ($\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$)	Orale opname ($\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$)	Bijdrage lood-bloedwaarde ($\mu\text{g}/\text{l}$)
269	0,74	$5,8 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	0,78

3.2.3 Blootstelling via bodem

Het gebruik van lood heeft een lange geschiedenis. Omdat de gezondheidsrisico's vroeger niet bekend waren, is lood op verschillende manieren in het milieu terecht gekomen. Het langdurige en grootschalige gebruik van lood heeft op veel plaatsen geleid tot lokaal verontreinigde bodems (Otte, Bakker, Lijzen, Versluijs, & Zeilmaker, 2015).

Vooral in stedelijke gebieden zijn verhoogde loodconcentraties aangetroffen, vaak aanzienlijk hoger dan de natuurlijke achtergrondwaarde. Dit komt niet alleen door het langdurige gebruik van lood, maar ook doordat stadsbodems in het verleden regelmatig zijn opgehoogd met vervuilde grond en stadsafval. Deze kunstmatige ophogingen komen vooral voor in oudere stadsdelen (Otte, Bakker, Lijzen, Versluijs, & Zeilmaker, 2015).

Blootstelling aan lood uit de bodem vindt voornamelijk plaats via twee routes: i) het inslikken van gronddeeltjes en ii) het eten van groenten en aardappelen die zijn geteeld op verontreinigde grond. De mate van blootstelling hangt sterk samen met het bodemgebruik en de loodconcentratie in de bovenste bodemlaag. Jonge kinderen lopen het grootste risico, omdat zij tijdens het spelen relatief veel gronddeeltjes binnenkrijgen (Otte, Bakker, Lijzen, Versluijs, & Zeilmaker, 2015).

De beleidsmatig vastgestelde achtergrondwaarde voor lood in de bodem bedraagt 50 mg/kg. Deze waarde komt overeen met de 95^e percentielwaarde van metingen in onverdachte landbouw- en natuurgebieden in Nederland, uitgevoerd in de bovenste 0,1 meter van de bodem (Lamé, Brus, & Nieuwenhuis, 2004; Otte, Bakker, Lijzen, Versluijs, & Zeilmaker, 2015).

Voor het scenario ‘wonen met tuin’ berekenen we met het Nederlandse risicomodel (CSOIL, 2020) de loodopname van een kind bij een bodemconcentratie gelijk aan achtergrondwaarde van 50 mg/kg. Dit scenario gaat uit van intensief contact met de bodem en een beperkte consumptie van eigen geteelde gewassen (10% bladgroente en 10% knolgroente). Voor blootstelling aan lood via het eten van eigen geteelde gewassen gaan we uit van een loodopname van 50% (EPA, 1994). Voor blootstelling via de ingestie van grond nemen we aan dat 33% wordt opgenomen (von Lindern, Spalinger, Stifelman, Stanek, & Bartrem, 2016). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 8. Met behulp van vergelijking (1) vinden we een totale bijdrage aan de lood-bloedwaarde van 4,48 µg/l.

Tabel 8. Schatting van de blootstelling van kinderen aan lood door bodem- en gewas ingestie bij een bodem met een onbelaste achtergrondwaarde van 50 mg/kg lood.

Blootstellingsroute	Inname (µg/kg lg/dag)	Opname (µg/kg lg/dag)	Bijdrage lood-bloedwaarde (µg/l)
Ingestie gronddeeltjes	$2,47 \cdot 10^{-1}$	$8,15 \cdot 10^{-2}$	3,91
Ingestie gewas	$2,35 \cdot 10^{-2}$	$1,18 \cdot 10^{-2}$	0,56
Totaal		$9,33 \cdot 10^{-2}$	4,48

In deze beoordeling zijn geen loodbodemconcentraties uit de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven meegenomen, omdat dergelijke gegevens ontbreken. Daardoor kan de daadwerkelijke blootstelling via bodemcontact en consumptie van gewassen niet betrouwbaar worden vastgesteld. Het is echter zeer waarschijnlijk dat de belasting via de bodem in dit gebied door diverse activiteiten in het verleden hoger is dan in onbelaste landbouw- en natuurgebieden. Dit impliceert dat de bijdrage aan de lood-bloedwaarde waarschijnlijk hoger ligt dan 4,48 µg/l. Wanneer er in de toekomst eventueel wel bodemgegevens beschikbaar zijn, dan kan de bijdrage beter geschat worden, maar kan er vervolgens geen onderscheid worden gemaakt in de herkomst van de loodverontreiniging.

3.2.4 Blootstelling via voeding en drinkwater

Via voedsel en drinkwater worden mensen blootgesteld aan lood. Bij Nederlandse kinderen van 2 tot 6 jaar neemt de blootstelling aan lood via voeding en drinkwater—uitgedrukt per kilogram lichaamsgewicht—af naarmate de leeftijd toeneemt. De mediane blootstelling (P50) daalt van 1,0 µg/kg lg/dag bij 2-jarigen tot 0,74 µg/kg lg/dag bij 6-jarigen. Voor hoge blootstelling (P95) waren de waarden respectievelijk 1,5 µg/kg lg/dag en 1,0 µg/kg lg/dag. Voor de gehele groep van 2 tot 6 jaar bedroegen de mediane en hoge blootstelling respectievelijk 0,88 µg/kg lg/dag (P50) en 1,3 µg/kg lg/dag (P95) (Boon, Te Biesebeek, & Van Donkersgoed, 2016). In dit rapport hanteren we de mediane blootstelling bij 2-jarigen—1,0 µg lood per kg lichaamsgewicht per dag—als conservatieve maar realistische aanname voor de blootstellingsschatting bij kinderen in Nederland.

Kinderen nemen via het maag-darmstelsel meer lood op dan volwassenen. Bij volwassenen wordt gemiddeld 15 tot 20% opgenomen (EFSA, 2010), terwijl bij kinderen van 2 weken tot 8 jaar wordt geschat dat dit 40-50% is voor blootstelling via voeding en drinkwater (ATSDR, 2020). Voor een orale opname van 50% bij kinderen, komt een inname van 1,0 µg/kg lg/dag neer op een loodopname van 0,5 µg/kg lg/dag. Wanneer we deze waarde invullen in vergelijking (1), resulteert dit in een geschatte stijging van de lood-bloedwaarde van 24,0 µg/l.

3.3 Blootstellingsschatting voor volwassenen

In deze paragraaf schatten we hoeveel lood via de verschillende bronnen in het bloed van volwassenen terechtkomt. Voor volwassenen is blootstelling via bodem en stofdepositie te verwaarlozen (EFSA, 2010). Om de bijdrage aan de lood-bloedwaarde door lood in lucht en lood in voeding en drinkwater te schatten, hanteren we net als de EFSA het model van Carlisle en Wade (Carlisle & Wade, 1992; EFSA, 2010).

Voor personen van 16 jaar of ouder is de mediane inname via voeding en drinkwater 0,39-0,43 µg/kg lg/dag. Voor volwassenen met een hoge inname (P95) wordt dit geschat op 0,64-0,72 µg/kg lg/dag (Boon, Te Biesebeek, & Van Donkersgoed, 2016). In dit rapport gebruiken we de mediane inname bij 16-jarigen—0,43 µg lood per kg lichaamsgewicht per dag—voor de blootstellingsschatting voor volwassenen.

Zoals beschreven in paragraaf 2.3.2 zijn er geen bodemgegevens beschikbaar uit de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven. Daarom kunnen we voor de blootstelling via beperkte consumptie van zelfgeteelde gewassen (10% eigen bladgroente en 10% eigen knolgroente) uitsluitend uitgaan van de onbelaste achtergrondwaarde van 50 mg/kg. Met behulp van CSOIL schatten we de inname via beperkte consumptie van zelfgeteelde gewassen op een onbelaste bodem met 50 mg lood/kg op circa 0,01 µg/kg lg. In werkelijkheid kan de blootstelling door het eten van eigen geteelde gewassen hoger zijn. Wanneer we 0,01 µg/kg lg optellen bij de mediane inname van 16-jarigen, komen we uit op 0,44 µg lood per kg lichaamsgewicht per dag via voeding en drinkwater.

De bijdrage van voeding en drinkwater aan de lood-bloedwaarde bij volwassenen wordt geschat met de volgende vergelijking (Carlisle & Wade, 1992; EFSA, 2010):

$$\begin{aligned} \text{bijdrage lood-bloedwaarde (}\mu\text{g/l)} \\ = 0.4 \cdot \text{inname (}\mu\text{g lood/kg lg/dag)} \cdot \text{lichaamsgewicht (kg)}. \end{aligned} \quad (4)$$

ESFA (2010) gebruikt voor deze berekening een lichaamsgewicht van 60 kg voor volwassenen. Wanneer we een inname van 0,44 µg/kg lg/dag invullen in vergelijking (4), vinden we een bijdrage aan de lood-bloedwaarde van 10,56 µg/l via voeding en drinkwater.

De bijdrage via inhalatie van lucht aan de lood-bloedwaarde bij volwassenen wordt geschat met de volgende formule (Carlisle & Wade, 1992; EFSA, 2010):

$$\text{bijdrage lood-bloedwaarde (}\mu\text{g/l)} = 16.4 \cdot \text{lood-luchtconcentratie (}\mu\text{g/m}^3\text{)}. \quad (5)$$

We hanteren als achtergrondwaarde van de lood-luchtconcentratie de jaargemiddelde loodconcentratie die in 2022 is gemeten op de onbelaste achtergrondlocatie De Rijk: $3,54 \cdot 10^{-3}$ µg/m³ (de Jonge, 2023). Wanneer we deze waarde invullen in vergelijking (5), vinden we een bijdrage aan de lood-bloedwaarde van 0,058 µg/l.

De maximale bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de lood-luchtconcentratie bedraagt $2 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Provincie Groningen, 2025). Het invullen van $2 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^3$ in vergelijking (5) resulteert in een bijdrage van ongeveer 0,033 $\mu\text{g}/\text{l}$ aan de lood-bloedwaarde.

In totaal schatten we de bijdrage van de luchtconcentratie aan de lood-bloedwaarde dus op ongeveer 0,09 $\mu\text{g}/\text{l}$. Wanneer we de geschatte bijdrage van voeding en drinkwater en de geschatte bijdrage van lucht bij elkaar optellen, vinden we een totale lood-bloedwaarde van ongeveer 10,7 $\mu\text{g}/\text{l}$.

3.4 Gezondheidsrisico's van blootstelling aan lood

Op basis van de bevindingen in paragraaf 3.2 en 3.3, verduidelijken we in deze paragraaf wat deze resultaten betekenen voor de gezondheid.

Lood heeft effect op vrijwel elk systeem in het lichaam, waaronder het bloed, het hart- en vaatstelsel, de nieren, het hormoonstelsel, het maag-darmkanaal, het immuunsysteem en het voortplantingsstelsel (EFSA, 2010). Het centrale zenuwstelsel—en in het bijzonder de zich ontwikkelende hersenen—lijkt echter het meest kwetsbare doelwit. Voor blootstelling aan lood bestaat geen veilige waarde: zelfs bij lage blootstellingsniveaus kan het de cognitieve ontwikkeling en intellectuele prestaties van kinderen aantasten (Lanphear, et al., 2005; World Health Organization, 2021; EFSA, 2010). Dit zijn neurologische effecten. Daarom geldt het principe dat de blootstelling aan lood zo veel mogelijk moet worden beperkt. In paragraaf 3.4.1 gaan we in op deze neurologische risico's bij kinderen.

Voor volwassenen leidt blootstelling aan lood tot een verhoogd risico op verminderde nierfunctie en hart- en vaatziekten. In paragraaf 3.4.2 bespreken we voor volwassenen respectievelijk de gezondheidsrisico's voor de nieren en het hart- en vaatstelsel.

3.4.1 Neurologische risico's voor kinderen

De 'Benchmark Dose Lower Confidence Limit for 1% response' (BMDL_{01}) is de 95%-betrouwbaarheidsondergrens van de lood-bloedwaarde waarbij gemiddeld een verlies van één IQ-punt optreedt bij kinderen. EFSA stelde deze BMDL_{01} -waarde vast op 12 $\mu\text{g}/\text{l}$ (EFSA, 2010; Budtz-Jørgensen, Bellinger, Lanphear, & Grandjean, 2013). Een daling van slechts één IQ-punt heeft al meetbare maatschappelijke consequenties. Zo gaat dit gepaard met een 4,5% hogere kans om de middelbare school niet af te ronden (Schwartz, 1994) en een daling van circa 2% in de arbeidsproductiviteit van de samenleving (Grosse, Matte, Schwartz, & Jackson, 2002).

Tabel 9 vat de bevindingen uit paragraaf 3.2 samen en toont hoeveel elke blootstellingsroute bijdraagt aan de lood-bloedwaarde van kinderen. Het is van belang om te benadrukken dat de resultaten in Tabel 9 gebaseerd zijn op het gemiddelde kind. Voor een individueel kind kan het effect groter of kleiner zijn. Dit komt doordat kinderen verschillen in gedrag (en dus blootstelling), in de manier waarop hun lichaam lood verwerkt en in hun gevoeligheid voor lood.

Tabel 9. Geschatte bijdrage aan de lood-bloedwaarde van kinderen per blootstellingsroute.

Blootstellingsroute		Schatting bijdrage lood-bloedwaarde (µg/l)
Lucht	Achtergrond	1,19
	Bijdrage Nedmag	0,71
Depositie	Achtergrond	4,65
	Bijdrage Nedmag	0,78
Bodem*		>4,48
Voeding en drinkwater		24,0
Totaal		>35,8

* Er zijn in deze beoordeling geen bodemgegevens van de omgeving rondom Nedmag en omliggende bedrijven meegenomen. Daarom is alleen een achtergrondconcentratie meegenomen bij bodem als blootstellingsroute (zie ook 3.2.3). Omdat nadere bodeminformatie mist, wordt de blootstelling via bodem weergegeven met het 'groter dan'-teken (>). Nadere bodeminformatie zal geen inzicht geven in de herkomst van het aanwezige lood.

Uit Tabel 9 blijkt dat voor kinderen in heel Nederland de BMDL₀₁-waarde van 12 µg/l lood in bloed wordt overschreden. Alleen de blootstelling via voeding en drinkwater leidt al tot een lood-bloedwaarde boven deze grens. Hierdoor treedt op samenlevingsniveau een verlies van meer dan één IQ-punt op. Dit onderstreept het belang van het zoveel mogelijk voorkómen van elke aanvullende blootstelling aan lood.

3.4.2 Gezondheidsrisico's voor volwassenen

Blootstelling aan lood wordt bij volwassenen in verband gebracht met een verminderde nierfunctie. De 'Benchmark Dose Lower Confidence Limit for 10% response' (BMDL₁₀) is de lood-bloedwaarde waarbij het aantal gevallen van chronische nierziekte met 10% toeneemt (EFSA, 2010). Chronische nierziekte wordt hierbij gedefinieerd als een glomerulaire filtratiesnelheid van minder dan 60 mL per minuut per 1,73 m² lichaamsoppervlak (EFSA, 2010). Een verschil van 10% is gekozen omdat deze zowel meetbaar is als relevant voor de volksgezondheid (EFSA, 2010). EFSA heeft de BMDL₁₀-waarde vastgesteld op 15 µg lood per liter bloed, wat overeenkomt met een inname van 0,63 µg per kg lichaamsgewicht per dag via alleen voeding en drinkwater (EFSA, 2010).

Loodblootstelling wordt bij volwassenen ook in verband gebracht met diverse schadelijke effecten op het hart- en vaatstelsel, waaronder een verhoging van de systolische bloeddruk (SBD). Een gemiddelde stijging van 1% in de systolische bloeddruk van de bevolking wordt als zorgwekkend beschouwd (EFSA, 2010). De lood-bloedwaarde waarbij gemiddeld een stijging van 1% in SBD optreedt (de BMDL₀₁) is door EFSA vastgesteld op 36 µg/l, overeenkomend met een inname van 1,5 µg per kg lichaamsgewicht per dag via alleen voeding en drinkwater (EFSA, 2010).

In paragraaf 3.3 is de totale lood-bloedwaarde voor volwassenen geschat op circa 10,7 µg/l. Daarbij is een mogelijke extra bijdrage via consumptie van zelfgeteelde gewassen op meer verontreinigde bodem niet meegenomen. Omdat de waarde van 10,7 µg/l echter ruim onder zowel de BMDL₁₀-waarde van 15 µg/l voor verminderde nierfunctie als de BMDL₀₁-waarde van 36 µg/l voor een verhoogde systolische bloeddruk ligt, wordt het risico op een toename van chronische nierziekte en het risico op een stijging van de bloeddruk als laag ingeschat.

3.5 Conclusie en aanbevelingen

Bij Nederlandse kinderen ligt de geschatte totale lood-bloedwaarde boven de referentiewaarde waarbij gemiddeld een verlies van één IQ-punt optreedt (12 µg/l; (EFSA, 2010)). Een daling van één IQ-punt op populatieniveau kan al leiden tot maatschappelijke gevolgen. Alleen al de achtergrondblootstelling via voeding en drinkwater resulteert in een geschatte lood-bloedwaarde van 24 µg/l, ruim boven dit niveau. De aanvullende bijdrage vanuit de uitstoot door Nedmag en omliggende bedrijven lijkt relatief beperkt ten opzichte van de achtergrondblootstelling. Omdat de achtergrondblootstelling al te hoog is, blijft het echter belangrijk om extra blootstelling aan lood zoveel mogelijk te voorkomen.

Bij volwassenen ligt de geschatte lood-bloedwaarde onder de door ESFA vastgestelde referentiewaarden voor zowel een verhoogd risico op verminderde nierfunctie als voor een verhoogde systolische bloeddruk. Het risico op een toename van chronische nierziekte of een stijging van de bloeddruk wordt dan ook als laag ingeschat.

Nedmag heeft inmiddels een filtersysteem geïnstalleerd waardoor de looduitstoot wordt gereduceerd (Provincie Groningen, 2025). Het daadwerkelijke effect hiervan op de jaarlijkse emissies—en daarmee op de gezondheidsrisico's—is op dit moment nog onbekend.

De provincie heeft verzocht om een vergelijking te maken met concentraties lood op andere locaties in Nederland. Vanwege verschillen in methodiek—waaronder het gebruik van OPS-Pro en een andere transfer-coëfficiënt en het toepassen van gemodelleerde data in plaats van veegmonsters (zie paragraaf 3.2.2)—is een dergelijke vergelijking niet mogelijk.

De risicobeoordeling in dit hoofdstuk is gebaseerd op diverse aannames en gaat gepaard met onzekerheden. Zo ontbraken gegevens over de bodemconcentraties in de omgeving, waardoor de bijdrage vanuit de bodem aan het totale risico niet goed kon worden geschat. Daarnaast baseert het onderzoek zich op door OPS-Pro gemodelleerde depositiedata en zijn er geen veegmonsters genomen van neergedaald stof in de omgeving van Nedmag. Het is daardoor onzeker in hoeverre de berekende concentraties overeenkomen met de werkelijke situatie. In Tabel 10 is een overzicht opgenomen van de belangrijkste onzekerheden in het onderzoek en hun mogelijke invloed op de geschatte gezondheidsrisico's.

Door de onzekerheden in Tabel 10 kunnen de lood-bloedwaarden niet exact worden vastgesteld. Om die reden is er gekozen om de lood-bloedwaarden niet door te rekenen naar een verwacht verlies aan IQ-punten. Een dergelijke kwantificering zou een mate van nauwkeurigheid suggereren die met de huidige gegevens niet mogelijk is.

Tabel 10. Overzicht van de belangrijkste bronnen van onzekerheid en hun invloed op de geschatte gezondheidsrisico's.

Beschrijving	Effect op risico
Er zijn geen veegmonsters genomen van neergedaald stof in de omgeving van Nedmag. Het onderzoek baseert zich op door OPS-Pro gemodelleerde depositiedata. De bijdrage van andere bronnen is niet meegenomen. Er is geen rekening gehouden met wegspoelen van depositie door neerslag. Het is dus onduidelijk of de berekende concentraties in werkelijkheid in dezelfde mate aanwezig zijn in de omgeving.	?
De gebruikte achtergrondconcentraties voor depositie zijn bepaald aan de hand van veegmonsters en verschillen daardoor van methodiek in vergelijking met de door OPS-Pro berekende depositiewaardes. Daarnaast is de vertaling van depositiedata berekend met OPS-Pro naar blootstelling niet eerder gedaan.	?
Er zijn geen veegmonsters genomen van neergedaald stof in woningen. Orale blootstelling via binnenshuis gedeponeerd stof wordt dan ook niet meegenomen in de blootstellingsschatting voor kinderen. Voor lood is de depositie van metalen binnenshuis gemiddeld echter wel 50-100 keer lager dan buitenshuis (Mennen M. G., 2021). Dit geeft naar verwachting dus slechts een kleine onderschatting.	↑
Er wordt een worst-case-aanname gemaakt dat de hoogste blootstelling via elke route op dezelfde locatie plaatsvindt. In werkelijkheid is deze aanname een overschatting.	↓
Er zijn geen bodemconcentraties bekend. Het is wel zeer waarschijnlijk dat de belasting via de bodem in dit gebied hoger ligt dan in onbelaste landbouw- en natuurgebieden.	↑
Voor volwassenen wordt de BMDL ₁₀ -waarde van 15 µg/l voor verminderde nierfunctie mogelijk wel behaald wanneer er veel zelfgeteelde gewassen gegeten worden die geteeld zijn op een extreem verontreinigde bodem (>1500 mg lood/kg droge stof). Dit is echter geen waarschijnlijke situatie.	-
Het wordt aangenomen dat huidcontact met een gecontamineerd oppervlak resulteert in een volledige overdracht van de chemische stof van het gecontamineerd oppervlak naar de huid (dislodgeable fraction = 1).	↓
Voor de overdracht van depositie naar de huid hebben we een conservatieve waarde voor de transfer-coëfficiënt gebruikt.	↓
Nedmag heeft inmiddels een filtersysteem geïnstalleerd waardoor de looduitstoot gereduceerd wordt (Provincie Groningen, 2025). Het daadwerkelijke effect hiervan op de jaarlijkse emissies—en daarmee het effect op de gezondheidsrisico's—is momenteel nog onbekend.	↓
De bijdrage aan de lood-bloedwaarde via lucht als blootstellingsroute is bepaald met een model van Richmond-Bryant et al. (2014). Richmond-Bryant et al. (2014) stellen dat de relatie tussen lood in lucht en lood in bloed zowel directe inhalatie als indirecte blootstelling via lood in lucht—bijvoorbeeld door depositie—omvat. Omdat wij de overige blootstellingsroutes afzonderlijk behandelen in dit rapport, kan dit leiden tot een overschatting van de totale blootstelling.	↓

(↑): het risico kan hoger en dus onderschat zijn

(↓): het risico kan lager en dus overschat zijn

(-): de impact op het risico is minimaal

(?): het is onduidelijk wat het effect is

3.5.1 Advies vervolgonderzoek

Provincie Groningen heeft gevraagd om een advies te geven of vervolgonderzoek nodig is. Vanuit medisch oogpunt ziet de GGD geen meerwaarde van vervolgonderzoek (bijvoorbeeld een bepaling van loodconcentraties in bloed). Het bepalen van lood-bloedwaarden wordt alleen overwogen bij zeer hoge blootstelling, en dat is hier niet te verwachten. Bovendien is de herkomst van lood in het lichaam niet te achterhalen en ontbreken concrete behandelopties (GGD-richtlijn Bodem en gezondheid, 2023).

Aanvullende gegevens, zoals veegmonsters van depositie of meetwaarden van de bodem, zouden kunnen bijdragen aan een nauwkeurigere inschatting van de totale blootstelling. De herkomst van het lood kan daarmee echter niet worden vastgesteld. De bijdrage van lokale bronnen lijkt bovendien relatief beperkt ten opzichte van blootstelling via voeding en drinkwater. Daarnaast heeft Nedmag inmiddels een filter geïnstalleerd bij de schachtovens (Provincie Groningen, 2025), waardoor de blootstelling via huidige emissies waarschijnlijk lager zijn dan in dit onderzoek is geschat. Hierdoor zal de onderzochte situatie in dit rapport—vóór de plaatsing van de filters—niet meer van toepassing zijn.

Het algemene advies blijft om blootstelling aan lood zoveel mogelijk te beperken. De GGD kan hierover aanvullend handelingsadviezen geven (zie ggdleefomgeving.nl/schadelijke-stoffen/lood).

4. Arseen, cadmium en nikkel

In het Rapport Luchtkwaliteit is ook de verspreiding van de zware metalen arseen, cadmium en nikkel in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven in kaart gebracht. De concentraties in de lucht zijn berekend met behulp van het programma Geomilieu versie 2024.1, en depositie is bepaald met het programma OPS-Pro (zie het Rapport Luchtkwaliteit (Provincie Groningen, 2025)).

In dit hoofdstuk wordt de gezondheidkundige risicobeoordeling van de uitstoot van deze zware metalen uitgevoerd door blootstelling door depositie te schatten. Vervolgens vergelijken we de geschatte depositie en de concentraties in de lucht met de bijbehorende gezondheidkundige advieswaarden. Arseen, cadmium en nikkel hebben andere gezondheidseffecten dan lood, word. In paragraaf 4.1 worden de gezondheidseffecten en advieswaarden beschreven. Vervolgens wordt in paragraaf 4.2 ingegaan op de blootstelling via depositie, en in paragraaf 4.3 op de blootstelling via lucht. Paragraaf 4.4 bevat de conclusie.

4.1 Gezondheidseffecten en advieswaarden

Arseen, cadmium en nikkel komen van nature in meer of mindere mate voor in het milieu en hebben verschillende gezondheidseffecten. Alle drie metalen zijn kankerverwekkend en daarom geclassificeerd als Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS). Voor kankerverwekkende stoffen bestaan geen veilig geachte drempelwaarden waaronder geen gezondheidsschade mogelijk is. In plaats daarvan worden Maximaal Toelaatbare Risico's (MTR's) vastgesteld, gebaseerd op een beleidsmatig geaccepteerd extra kankerrisico van 1 op 10.000 per leven bij levenslange blootstelling, wat ruwweg gelijk is aan een extra kankerrisico van 1 op een miljoen per jaar (Smit, Janssen, Janssen, & Lijzen, 2009). Voor arseen, cadmium en nikkel zijn EU-streefwaarden in lucht bekend. Deze EU-streefwaarden fungeren als MTR's. Dit in tegenstelling tot lood, waarvoor geen MTR bestaat. Daarnaast zijn er advieswaarden vastgesteld voor de totale blootstelling of inname van arseen, cadmium en nikkel. Zowel de MTR's als deze advieswaarden worden in dit hoofdstuk gebruikt voor de beoordeling van de gezondheidsrisico's.

4.1.1 Arseen

Arseen is kankerverwekkend. Er is tot dusver geen grens bekend waaronder er geen schadelijke effecten optreden (JECFA, 2011). De 'Benchmark Dose Lower Confidence Limit' voor 0,5% extra risico op longkanker (de $BMDL_{0,5}$) is vastgesteld op een opname van 3 µg arseen/kg lg/dag (JECFA, 2011). De MTR voor arseen in lucht bedraagt 6 ng/m³ (RIVM | Arseen, z.d.).

Arseen komt van nature voor in de bodem en het grondwater. Blootstelling vindt voornamelijk plaats via voeding en drinkwater. In Nederland wordt de gemiddelde dagelijkse inname van anorganisch arseen via voeding en drinkwater geschat op 0,4 µg/kg lg/dag (Sprong, et al., 2023); dat is ruim onder de $BMDL_{0,5}$.

De absorptie van arseen is in de range van 70-98% (JECFA, 2011). Voor de schatting van de blootstelling via depositie (zie paragraaf 4.2) maken we de conservatieve aanname dat de concentratie waaraan men wordt blootgesteld volledig door het lichaam wordt opgenomen.

4.1.2 Cadmium

Cadmium komt van nature voor in de bodem en kan daarnaast vrijkomen bij industriële processen. In Nederland zijn voeding en roken de belangrijkste bronnen van blootstelling aan cadmium. De gemiddelde dagelijkse inname via voeding daalt van 0,57 µg/kg lg/dag bij tweejarigen tot ongeveer 0,20 µg/kg lg/dag voor volwassenen (Sprong, R C; Boon, P E, 2015). De aanvaardbare wekelijkse inname (TWI) is vastgesteld op 2,5 µg/kg lg/week (EFSA, 2011).

Bij jonge kinderen—tot een leeftijd van ongeveer 10 jaar—overschrijdt de mediane voedingsinname deze TWI door hun lagere lichaamsgewicht (Sprong, R C; Boon, P E, 2015). Voor volwassenen is een overschrijding niet waarschijnlijk: een dagelijkse inname van 0,20 µg/kg lg komt neer op een wekelijkse inname van 1,4 µg/kg lg, ruim onder de TWI.

Hoewel jonge kinderen via voeding gemiddeld meer cadmium binnenkrijgen dan wenselijk is, is de hoeveelheid cadmium die mensen gedurende hun leven binnenkrijgen zodanig laag dat het risico op schadelijke gezondheidseffecten verwaarloosbaar wordt geacht door het RIVM (Sprong, R C; Boon, P E, 2015).

De MTR voor cadmium in lucht bedraagt 5 ng/m³ (RIVM | Cadmium).

4.1.3 Nikkel

Blootstelling aan nikkel vindt voornamelijk plaats via voeding. Bij inhalatie kan nikkel neus- en longtumoren veroorzaken; voor andere blootstellingsroutes—zoals orale inname via voeding—is deze relatie niet aangetoond (EFSA, 2015). Volgens ESFA is het dan ook onwaarschijnlijk dat blootstelling via voeding of drinkwater leidt tot een verhoogd kankerrisico (EFSA, 2015).

De aanvaardbare dagelijkse inname van nikkel bedraagt 2,8 µg/kg lg/dag (EFSA, 2015). De gemiddelde blootstelling via voeding varieert van 2,0 µg/kg lg/dag bij ouderen tot 13,1 µg/kg lg/dag bij peuters (EFSA, 2015). Voor een aanzienlijk deel van de bevolking wordt de aanvaardbare dagelijkse inname overschreden door blootstelling via voeding.

Huidcontact met nikkel kan bij gevoelige personen een nikkelallergie veroorzaken. Nikkelallergie wordt in deze gezondheidkundige risicobeoordeling buiten beschouwing gelaten, omdat direct huidcontact gerelateerd aan de uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven onwaarschijnlijk is.

De MTR voor nikkel in lucht bedraagt 20 ng/m³ (RIVM | Nikkel).

4.2 Depositie

De bepaling van de blootstelling aan arseen, cadmium en nikkel via depositie wordt op dezelfde manier uitgevoerd als voor lood (zie paragraaf 3.2.2). Zoals eerder benoemd in het hoofdstuk over lood, geldt hiervoor weer dat er geen andere studies bekend zijn waarin deze methode wordt toegepast op door OPS-Pro berekende depositiewaardes (zie ook de discussiepunten in paragraaf 3.5).

Opname via de huid wordt als relatief verwaarloosbaar beschouwd voor metalen (Florence, Lilley, & Stauber, 1988; Wester, et al., 1992; Lowney, et al., 2007; Filon, et al., 2025).

De orale inname van kinderen via hand-mond-contact met achtergronddepositie is bepaald op basis van depositieonderzoek dat in het najaar van 2024 is uitgevoerd (Wijten, et al., 2025). In dit onderzoek zijn veegmonsters genomen van depositie op onbelaste achtergrondlocaties. In Bijlage 2 wordt beschreven hoe de gemiddelde achtergronddepositie per dag is berekend, op basis van de meetlocaties De Zilk, De Rijk en Amersfoort. Met vergelijking (3) uit Hoofdstuk 3 en de invoerwaarden uit Tabel 5 berekenen we vervolgens de orale inname per dag via hand-mond-contact. De resultaten hiervan staan weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11. Schatting van de blootstelling via achtergronddepositie voor kinderen. Zie Bijlage 2 voor de bepaling van de gemiddelde achtergronddepositie per dag.

	Gemiddelde achtergronddepositie per dag ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$)	Inname via achtergronddepositie ($\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$)
Arseen	0,35	$2,8 \cdot 10^{-2}$
Cadmium	0,11	$8,8 \cdot 10^{-3}$
Nikkel	0,83	$6,6 \cdot 10^{-2}$

De maximale gemodelleerde bronbijdrage per jaar in de omgeving van Nedmag en omliggende bedrijven is gegeven in Tabel 12 (Provincie Groningen, 2025). Op basis hiervan berekenen we de jaargemiddelde bronbijdrage per dag (zie Tabel 12). Door deze jaargemiddelde waarde per dag in te vullen in vergelijking (3)—samen met de invoerparameters uit Tabel 5—berekenen we de extra orale inname per dag via hand-mond-contact. Deze resultaten zijn weergegeven in de laatste kolom van Tabel 12.

Tabel 12. De maximale bronbijdrage van depositie per jaar, jaargemiddelde bronbijdrage per dag, en extra blootstelling per dag door de bronbijdrage van de depositie.

	Maximale bronbijdrage depositie ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{jaar}$)	Jaargemiddelde bronbijdrage depositie ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$)	Jaargemiddelde inname via bronbijdrage ($\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$)
Arseen	1,37	$3,75 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Cadmium	18,6	$5,10 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Nikkel	21,4	$5,86 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$

Uit Tabellen 11 en 12 blijkt dat de bronbijdrage veel kleiner is dan de bijdrage van de achtergrondconcentratie. De totale blootstelling via depositie—som van achtergrond en bronbijdrage—is weergegeven in Tabel 13, en vergeleken met gezondheidkundige advieswaarden. We maken hierbij voor arseen de conservatieve aanname dat de inname via depositie volledig opgenomen wordt door het lichaam. Voor cadmium en nikkel kunnen de resultaten direct worden vergeleken met de gezondheidkundige advieswaarden voor inname.

Tabel 13. Totale blootstelling via depositie en gezondheidkundige advieswaarden.

	Gezondheidkundige advieswaarde	Totale blootstelling via depositie
Arseen	3 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$ opname	0,028 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$
Cadmium	2,5 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{week}$ inname	0,013 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$, wat neerkomt op ruwweg 0,09 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{week}$
Nikkel	2,8 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$ inname	0,071 $\mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag}$

Tabel 13 toont dat voor arseen, cadmium en nikkel de blootstelling via depositie door Nedmag en omliggende bedrijven ver onder de gezondheidkundige advieswaarden ligt.

4.3 Lucht

De maximale bronbijdrages van arseen, cadmium en nikkel in lucht zijn berekend in het Rapport Luchtkwaliteit (Provincie Groningen, 2025). Als achtergrondwaarde voor de luchtconcentraties gebruiken we wederom de jaargemiddelde concentraties die in 2022 zijn gemeten op achtergrondlocatie De Rijp (de Jonge, 2023). Om de totale luchtconcentratie te schatten, tellen we de hoogste concentraties afkomstig van de uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven op bij de achtergrondconcentraties. Dit totaal wordt vergeleken met de MTR-waardes in lucht (zie paragraaf 4.1). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14. Concentraties arseen, cadmium en nikkel in lucht, in vergelijking met de MTR-waardes.

Metaal	Achtergrond-concentratie (ng/m ³)	Bronbijdrage (ng/m ³)	Totale concentratie in lucht (ng/m ³)	MTR (ng/m ³)
Arseen	0,04	0,008	0,05	6
Cadmium	0,02	0,13	0,15	5
Nikkel	0,61	0,11	0,72	20

Geen van de MTR-waarden wordt overschreden. Voor arseen, cadmium en nikkel verwachten we daarom een verwaarloosbaar gezondheidsrisico via inhalatie.

4.4 Conclusie en aanbevelingen

Voor lood is in Hoofdstuk 3 de totale blootstelling via voeding, drinkwater, lucht, depositie en bodem geschat. Voor arseen, cadmium en nikkel is uitsluitend gekeken naar de blootstelling via depositie, voeding en drinkwater. Er is gekozen voor deze andere aanpak omdat: i) er voor arseen, cadmium en nikkel MTR-waarden voor lucht beschikbaar zijn om direct aan te toetsen; en ii) de bijdrage van Nedmag en omliggende bedrijven aan de totale blootstelling van deze metalen veel kleiner is dan bij lood.

Omdat zowel de luchtconcentraties van arseen, cadmium en nikkel als de geschatte blootstelling via depositie ruim onder de gezondheidkundige advieswaarden liggen, is het risico op schadelijke gezondheidseffecten als direct gevolg van de emissies van Nedmag en omliggende bedrijven verwaarloosbaar.

Een belangrijke nuance is wel dat uit paragraaf 4.1.2 blijkt dat jonge kinderen—vanwege hun lagere lichaamsgewicht—via voeding al een te hoge blootstelling aan cadmium en nikkel hebben. Hoewel deze achtergrondblootstelling niet wordt veroorzaakt door de uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven, is het vanwege dit verhoogde niveau wenselijk om aanvullende blootstelling aan zware metalen zoveel mogelijk te voorkomen.

Arseen, cadmium en nikkel zijn geclassificeerd als Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS). Daarom geldt dat hun verspreiding zoveel mogelijk moet worden beperkt. Inmiddels is er een filtersysteem geïnstalleerd in de schachtovens, waardoor een reductie van emissies wordt verwacht (de uitstootgegevens van het jaar 2025 zijn nog niet bekend). Verder verwacht de provincie Groningen

dat nikkel niet langer vrijkomt door de vervanging van oude installatieonderdelen (Provincie Groningen, 2025).

Omdat het risico op negatieve gezondheidseffecten van de uitstoot van Nedmag en omliggende bedrijven verwaarloosbaar wordt geacht voor de metalen arseen, cadmium en nikkel, ziet de GGD geen aanleiding voor vervolgonderzoek. Verdere argumentatie voor het niet aanbevelen van vervolgonderzoek komt overeen met de argumentatie in paragraaf 3.5.1 over lood.

Referenties

- ATSDR. (2020). Toxicological Profile for Lead. Opgehaald van <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13.pdf>
- Boon, P. E., Te Biesebeek, J. D., & Van Donkersgoed, G. (2016). Dietary exposure to lead in the Netherlands. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0206.pdf>
- Bremmer, H. J., Blom, W. M., Van Hoeven-Arentzen, P. H., Prud'homme de Lodder, L. C., Van Raaij, M. T., Straetmans, E. H., . . . Van Engelen, J. G. (2006). Pest Control Products Fact Sheet: To assess the risks for the consumer. Updated version for ConsExpo 4. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320005002.pdf>
- Budtz-Jørgensen, E., Bellinger, D., Lanphear, B., & Grandjean, P. (2013). An international pooled analysis for obtaining a benchmark dose for environmental lead exposure in children. *Risk Analysis*, pp. 450-461. doi:10.1111/j.1539-6924.2012.01882.x
- Carlisle, J. C., & Wade, M. J. (1992). Predicting blood lead concentrations from environmental concentrations. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, pp. 280-289.
- CSOIL. (2020). Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/csoil>
- de Jonge, D. (2023). Datarapport Luchtkwaliteit IJmond 2022. Opgehaald van <https://www.noord-holland.nl/bestanden/pdf/Luchtkwaliteit%20IJmond%202022.pdf>
- Dellas, V., Van den Dool, R., & Collard, D. (2018). Ontwikkeling buitenspelen bij kinderen in Nederland: Factsheet 2018/4. Opgehaald van <https://www.mulierinstituut.nl/publicaties/23494/ontwikkeling-buitenspelen-bij-kinderen-in-nederland/>
- ECHA. (2016). Recommendation no. 12 of the BPC Ad hoc Working Group on Human Exposure: New default values for indoor Transfer Coefficient. Opgehaald van https://echa.europa.eu/documents/10162/1154636/recommendation_12_default_values_en.pdf
- EFSA. (2010). Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM)*, p. 1570. doi:10.2903/j.efsa.2010.1570
- EFSA. (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. Opgehaald van <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2011.1975>
- EFSA. (2015). Scientific opinion on the risks to public health related to the presence of nickel in food and drinking water. Opgehaald van <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4002>
- EPA. (1994). United States Environmental Protection Agency: IEUBK-model. Opgehaald van <https://www.epa.gov/superfund/lead-superfund-sites-software-and-users-manuals>
- EPA. (2012). United States Environmental Protection Agency: Standard Operating Procedure for Residential Exposure and Risk Assessment for Pesticides. Opgehaald van <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/standard-operating-procedure-residential-exposure>

- Filon, F. L., Marussi, G., Payet, M., Debellemanniere, O., Parodi, P. C., Zingaretti, N., . . . Crosera, M. (2025). Skin absorption of metals derived from hydrogenated stainless particles in human skin: Results from the TITANS project. *Environmental Pollution*, p. 125327.
- Florence, T. M., Lilley, S. G., & Stauber, J. L. (1988). Skin absorption of lead. *The Lancet*, pp. 157-158. doi:10.1016/s0140-6736(88)90702-7
- Geelen, L. M., Bogers, R. P., Elberse, J. E., Houthuijs, D., Montforts, M. H., Schuijf, M., . . . Wijten, J. H. (2023). De bijdrage van Tata Steel Nederland aan de gezondheidsrisico's van omwonenden en de kwaliteit van hun leefomgeving. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/publicaties/bijdrage-van-tata-steel-nederland-aan-gezondheidsrisicos-van-omwonenden-en-kwaliteit>
- GGD-richtlijn Bodem en gezondheid. (2023). GGD-richtlijn medische milieukunde: Bodem en gezondheid. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-bodem-en-gezondheid#metalen>
- GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en gezondheid. (2019). GGD-richtlijn medische milieukunde: Luchtkwaliteit en gezondheid. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid>
- Greven, F; Botma, R. (2020). Gezondheidskundige risicobeoordeling luchtkwaliteit in het industriegebied Oosterhorn en omgeving.
- Grosse, S. D., Matte, T. D., Schwartz, J., & Jackson, R. J. (2002). Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental health perspectives*, pp. 563-569.
- JECFA. (2011). Safety evaluation of certain contaminants in food. Opgehaald van <https://www.who.int/publications/i/item/9789241209595>
- Lamé, F. P., Brus, D. J., & Nieuwenhuis, R. H. (2004). Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport AW2000 fase 1.
- Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D. C., . . . Graziano, J. (2005). Erratum: Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental health perspectives*, p. 099001. Opgehaald van <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/EHP5685>
- Lowney, Y. W., Wester, R. C., Schoof, R. A., Cushing, C. A., Edwards, M., & Ruby, M. V. (2007). Dermal absorption of arsenic from soils as measured in the rhesus monkey. *Toxicological sciences*, pp. 381-392. doi:10.1093/toxsci/kfm175
- Lucassen, J., Singh, A., Heijnen, E., & Slot-Heijs, J. (2020). Buitenspelen 2020: Een verkenning van het beleid in Nederland en Europa.
- Luchtmeetnet. (z.d.). <https://www.luchtmeetnet.nl/rapportages>.
- Mennen, M. G. (2002). Resultaten van metingen door de Milieuongevallendienst bij branden. RIVM Rapport 609100002/2002.
- Mennen, M. G. (2021). Depositieonderzoek IJmond 2020. Monsternamen, analyse en risicobeoordeling van PAK en metalen in neergedaald stof binnen- en buitenshuis in de IJmondregio.

- Moore, M. R., Meredith, P. A., Watson, W. S., Sumner, D. J., Taylor, M. K., & Goldberg, A. (1980). The percutaneous absorption of lead-203 in humans from cosmetic preparations containing lead acetate, as assessed by whole-body counting and other techniques. *Food and Cosmetics Toxicology*, pp. 399-405.
- Otte, P. F., Bakker, M. I., Lijzen, J. P., Versluijs, C. W., & Zeilmaker, M. J. (2015). Diffuse loodverontreiniging in bodem. Advies voor een gemeenschappelijk beleidskader. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2015-0204.pdf>
- Provincie Groningen. (2025). Verkennend onderzoek naar de luchtkwaliteit rondom Nedmag, Veendam, provincie Groningen. Rapport luchtkwaliteit.
- Richmond-Bryant, J., Meng, Q., Davis, A., Cohen, J., Lu, S.-E., Svendsgaard, D., . . . Hines, E. P. (2014). The Influence of Declining Air Lead Levels on Blood Lead–Air Lead Slope Factors in Children. *Environmental Health Perspectives*, pp. 754-760.
- RIVM | Arseen. (z.d.). *Risico's van stoffen: Arseen*. Opgehaald van <https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/278>
- RIVM | Cadmium. (z.d.). *Risico's van stoffen: Cadmium*. Opgehaald van <https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/377>
- RIVM | HCl-normen. (z.d.). *Risico's van stoffen: Zoutzuur*. Opgehaald van <https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/1338>
- RIVM | Nikkel. (z.d.). *Risico's van stoffen: Nikkel*. Opgehaald van <https://rvszoeksysteem.rivm.nl/stof/detail/1007>
- Schwartz, J. (1994). Societal benefits of reducing lead exposure. *Environmental Research*, pp. 105-124.
- Smit, C. E., Janssen, M. P., Janssen, P. J., & Lijzen, J. (2009). Road-map Normstelling Normafleiding voor genotoxisch carcinogene stoffen: Humaan-toxicologische risicogrenzen en het MTR. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601782027.pdf>
- Sprong, R C; Boon, P E. (2015). Dietary exposure to cadmium in the Netherlands. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2015-0085.pdf>
- Sprong, R. C., van den Brand, A. D., van Donkersgoed, G., Blaznik, U., Christodoulou, D., Crépet, A., . . . Mengelers, M. J. (2023). Combined chronic dietary exposure to four nephrotoxic metals exceeds tolerable intake levels in the adult population of 10 European countries. *Food Additives & Contaminants: Part A*, pp. 1568-1588. Opgehaald van <https://doi.org/10.1080/19440049.2023.2272716>
- te Biesebeek, J. D., Nijkamp, M. M., Bokkers, B. G., & Wijnhoven, S. W. (2014). General Fact Sheet: General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090013003.pdf>
- ter Burg, W., Bremmer, H. J., & van Engelen, J. G. (2007). Oral exposure of children to chemicals via hand-to-mouth contact. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320005004.pdf>

- von Lindern, I., Spalinger, S., Stifelman, M. L., Stanek, L. W., & Bartrem, C. (2016). Estimating children's soil/dust ingestion rates through retrospective analyses of blood lead biomonitoring from the Bunker Hill Superfund Site in Idaho. *Environmental Health Perspectives*, pp. 1462-1470.
- Wester, R. C., Maibach, H. I., Sedik, L., Melendres, J., Dizio, S., & Wade, M. (1992). In vitro percutaneous absorption of cadmium from water and soil into human skin. *Toxicological Sciences*, pp. 1-5. doi:10.1016/0272-0590(92)90021-9
- Wijten, J. H., Mahieu, C. M., Elberse, J. E., Heezen, P. A., van Putten, E. M., Boshuis-Hilverdink, M. E., & Masselink, N. J. (2025). Depositie-onderzoek IJmond najaar 2024. Monsternamen en analyse van PAK en metalen in neergedaald stof in de IJmond-regio. Opgehaald van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2025-0054.pdf>
- World Health Organization. (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd edition. Opgehaald van <https://www.who.int/publications/i/item/9789289013581>
- World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Opgehaald van <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- World Health Organization. (2021). WHO guideline for the clinical management of exposure to lead. Opgehaald van <https://www.who.int/publications/i/item/9789240037045>

Bijlagen

Bijlage 1

Richmond-Bryant et al. (2014) analyseerden de relatie tussen loodgehaltes in de lucht (PbA) en de loodgehaltes in het bloed (PbB) (Richmond-Bryant, et al., 2014). Voor de periode 1999–2008, werden hierbij gegevens uit grootschalige, doorlopende onderzoeken in de Verenigde Staten gecombineerd met meetgegevens over lood in lucht. Op basis van het wiskundige model beschreven in (Richmond-Bryant, et al., 2014), modelleren we voor kinderen van 1 tot 5 jaar de relatie tussen de lood-luchtconcentratie en lood-bloedwaarde als volgt op gemiddeld populatieniveau:

$$\overline{\ln(\text{PbB}(\mu\text{g/dl}))} = 1.142 + 0.076\overline{\ln(\text{PbA}(\mu\text{g/m}^3))},$$

waarbij $\overline{\ln(\text{PbB})}$ en $\overline{\ln(\text{PbA})}$ respectievelijk de gemiddelde waarden zijn van $\ln(\text{PbB})$ en $\ln(\text{PbA})$. Bovenstaande vergelijking is equivalent aan de volgende relatie:

$$\text{Geometrisch gemiddelde PbB } (\mu\text{g/dl}) = e^{\overline{\ln(\text{PbB}(\mu\text{g/dl}))}} = e^{1.142 + 0.076\overline{\ln(\text{PbA}(\mu\text{g/m}^3))}}.$$

Wanneer we de geometrische gemiddelde lood-bloedconcentratie in $\mu\text{g/l}$ in plaats van $\mu\text{g/dl}$ willen schrijven geeft dit:

$$\text{Geometrisch gemiddelde PbB } (\mu\text{g/l}) = 10 \cdot e^{1.142 + 0.076\overline{\ln(\text{PbA}(\mu\text{g/m}^3))}}.$$

Omdat we binnen dit onderzoek alleen werken met de lood-luchtconcentratie van de maximale bijdrage van Nedmag—en niet met een reeks aan meetdata—is $\overline{\ln(\text{PbA})}$ gelijk aan $\ln(\text{PbA})$ en resulteert dit in vergelijking (2) in paragraaf 3.2.1.

Bijlage 2

Tabel 15. Achtergronddepositie van de metalen op basis van gemiddelde meetgegevens op onbelaste achtergrondlocaties De Zilk, De Rijk en Amersfoort (Wijten, et al., 2025).

	Meetperiode van 18 dagen	Gemiddelde achtergrond- depositie^(a)	Gemiddelde achtergrond- depositie per dag^(b) (µg/m²/dag)	Gemiddelde achtergrond- depositie per dag^(c) (µg/m²/dag)
Lood	1 t/m 18 oktober 2024	64	3,56	4,39
	18 oktober t/m 4 november 2024	105	5,83	
	4 t/m 21 november 2024	68	3,78	
Arseen	1 t/m 18 oktober 2024	2	0,11	0,35
	18 oktober t/m 4 november 2024	2	0,11	
	4 t/m 21 november 2024	15	0,83	
Cadmium	1 t/m 18 oktober 2024	2	0,11	0,11
	18 oktober t/m 4 november 2024	2	0,11	
	4 t/m 21 november 2024	2	0,11	
Nikkel	1 t/m 18 oktober 2024	20	1,11	0,83
	18 oktober t/m 4 november 2024	12	0,67	
	4 t/m 21 november 2024	13	0,72	

(a) Locaties De Zilk, De Rijk en Amersfoort. Bron voor depositiewaardes: (Wijten, et al., 2025).

(b) Berekend door de gemiddelde achtergronddepositie gedurende een meetperiode te delen door het aantal dagen van de meetperiode (18 dagen).

(c) Berekend door een gemiddelde te nemen over de meetperiodes van de gemiddelde achtergronddepositie per dag.