



Vlaanderen
is zorgzaam en
gezond samenleven

VOLKSGEZONDHEIDSKUNDIGE INTERPRETATIE VAN LUCHT- EN DEPOSITIEMETINGEN IN BEERSE, PERIODE 2021-2024

Chloë Zevgaridis
Milieugezondheidkundige
Afdeling Preventief Gezondheidsbeleid

e-mail: aandachtsgebieden@vlaanderen.be

Publicatiedatum
22 augustus 2025

**DEPARTEMENT
ZORG**

departementzorg.be

INHOUD

1	INLEIDING	3
2	(VOLKS)GEZONDHEIDSKUNDIGE INTERPRETATIE PER VERVUILENDE STOF	5
2.1	(Zware) metalen	5
2.1.1	Overzicht (zware) metalen	5
2.1.2	Lood	6
2.1.3	Arseen	8
2.1.4	Cadmium	11
2.1.5	Chroom	14
2.1.6	Mangaan	17
2.1.7	Nikkel	19
2.1.8	Zink	21
2.1.9	Antimoon	23
2.1.10	Koper	24
2.2	Depositie van dioxines en dioxineachtige PCB	26
2.2.1	Beschrijving en omschrijving van de blootstelling	26
2.2.2	Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling	26
2.2.3	Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling	27
3	(VOLKS)GEZONDHEIDSKUNDIGE INTERPRETATIE VOOR COMBINATIE VAN STOFFEN	28
3.1	Screening naar niet-carcinogene effecten door de combinatie van blootstelling	28
3.1.1	Screeningsresultaat Tool Gecombineerde Blootstelling	28
3.1.2	Berekening eindpunt-specifieke Hazard Index	29
3.2	Total Cancer Risk	31
4	VOLKSGEZONDHEIDSKUNDIGE CONCLUSIE	32

1 INLEIDING

De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) voert lucht- en depositiemetingen uit in de omgeving van het industriegebied Beerse. In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de meetposten in de woonzones met vermelding van de benaming, de locatie en de gemeten parameters.

Tabel 1: Overzicht van de (lucht)meetposten van VMM in woonzones in Beerse.

Benaming meetpost	Adres	Gemeten parameters
BE01	Absheide, Beerse	(Zware) metalen in PM ₁₀ -stof (Zware) metalen in neervallend stof Dioxines en PCB's
BE02	Lange Kwikstraat, Beerse	(Zware) metalen in PM ₁₀ -stof
BE07	Heidestraat, Beerse	(Zware) metalen in PM ₁₀ -stof (Zware) metalen in neervallend stof vanaf 2020
BE17	Lage Heide, Beerse	(Zware) metalen in neervallend stof vanaf 2020
BE18	Heidestraat, Beerse	(Zware) metalen in neervallend stof

In dit rapport wordt de (volks)gezondheidkundige interpretatie beschreven van de meetresultaten van de Vlaamse Milieumaatschappij voor de periode 2021-2024. De betekenis voor de volksgezondheid wordt nagegaan door de meetresultaten van de meetposten in de woonzones te toetsen aan gezondheidkundige advieswaarden (GAW) voor (inhalatoire) blootstelling op lange termijn.

Keuze gezondheidkundige advieswaarden (GAW)

Gezondheidkundige toetsingswaarden en wettelijke grenswaarden zijn niet altijd hetzelfde. Bij het vaststellen van wettelijke normen is niet alleen het belang van de volksgezondheid bepalend. Ook de technische haalbaarheid, de wenselijkheid en het economisch aspect spelen een rol in de bepaling ervan. Gezondheidkundige toetsingswaarden, welke enkel vanuit het oogpunt van de bescherming van de volksgezondheid zijn opgemaakt, zijn daarom in vele gevallen strenger dan de wettelijke normen.

(Zware) metalen worden in Beerse gemeten in PM₁₀-stof in de lucht én in het neervallend stof (totale depositie). Enkel de concentratie van (zware) metalen in PM₁₀-stof wordt getoetst aan gezondheidkundige advieswaarden, omdat er voor (zware) metalen in neervallend stof geen gezondheidkundige toetsingswaarden bestaan.

Het afleiden van gezondheidkundige toetsingswaarden is een complex werk dat door grote (internationale) instanties wordt uitgevoerd op basis van beschikbaar epidemiologische studies en/of proefdieronderzoek. In de internationale literatuur vindt men vaak een waaier aan gezondheidkundige toetsingswaarden van verschillende instanties (bv. WHO¹, ATSDR², US EPA³, etc.). Om op een uniforme en transparante manier de te gebruiken gezondheidkundige advieswaarde (GAW) te selecteren, wordt een protocol gehanteerd, dat in 2016 werd opgemaakt en herzien werd in 2020.

Voor meer dan 20 parameters werden diepteanalyses door VITO uitgevoerd om een GAW te selecteren voor toepassing in milieueffectenrapporten (MER's). Indien dit het geval is, worden deze gebruikt.

¹ De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is de leidende en coördinerende autoriteit voor volksgezondheid binnen de Verenigde Naties. De WHO geeft o.a. internationale richtlijnen omtrent luchtkwaliteit (Air Quality Guidelines, 2000 en 2005). De gezondheidkundige advieswaarden worden door experts opgesteld op basis van beschikbaar wetenschappelijk onderzoek.

² Het Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) is het Amerikaanse Departement, o.a. bevoegd voor milieugebonden volksgezondheidsrisico's. ATSDR maakt o.a. toxicologische profielen op die de belangrijkste studies over de gezondheidseffecten van stoffen samenvatten. ATSDR stelt Minimal Risk Levels (MRL's) op voor (o.a. inhalatoire) blootstelling aan stoffen. Een MRL is een concentratie van een stof waaraan de mens gedurende een bepaalde termijn kan blootgesteld worden waarbij geen risico op nadelige, niet-kanker gezondheidseffecten verondersteld wordt.

³ Het Environmental Protection Agency (US EPA) is het federale agentschap van de Verenigde Staten dat belast is met de bescherming van de volksgezondheid en het milieu. US EPA leidt referentieconcentraties (RfC) en eenheidsrisico's af voor inhalatoire blootstelling aan stoffen.

Volksgezondheidkundige risico-inschattingen

Bij volksgezondheidkundige risico-inschattingen wordt een onderscheid gemaakt tussen eventuele **niet-kankereffecten** én eventuele **kankerrisico's** van lange termijnblootstelling aan een bepaalde stof:

Meestal hebben niet-kankereffecten een "drempel": bij blootstelling aan een concentratie lager dan de gezondheidkundige toetsingswaarde is er géén effect op de gezondheid te verwachten.

Kankerverwekkende stoffen hebben meestal geen drempel-concentratie waaronder het kankerrisico nul is, tenzij de blootstelling ook nul is. Indien er een unit risk / eenheidsrisico beschikbaar is en de blootstelling gekend is, kan het extra risico op kanker dat de blootstelling aan een kankerverwekkende stof met zich meebrengt ingeschat worden. Onderstaande tabel licht het onderscheid beknopt toe.

Tabel 2: Onderscheid tussen niet-kankereffecten en kankereffecten, waarbij de kleurschakering het gezondheidsrisico visueel weergeeft.

	niet-kankereffecten (cf. veelal drempel effecten)	kankereffecten (cf. veelal niet-drempel effecten)
benodigde kennis	Kennis omtrent de mogelijke gezondheidseffecten, verschillend van kanker, van een stof.	Kennis omtrent de kankerverwekkende eigenschappen van een stof.
(volks-) gezondheidkundige toetsing	Toetsingswaarden voor niet-kankereffecten bij langdurige blootstelling aan een bepaalde stof.	Indien er een unit risk / eenheidsrisico (= <i>extra risico op het ontwikkelen van kanker bij levenslange blootstelling aan 1 µg/m³ van een bepaalde stof</i>) beschikbaar is, kan het extra risico op kanker ingeschat worden.
	<u>concentratie ≤ gezondheidkundige advieswaarde</u> Bij langdurige blootstelling aan een concentratie lager dan de gezondheidkundige advieswaarde zijn geen negatieve gezondheidseffecten te verwachten.	<u>risico ≤ 1 op 1.000.000 (10⁻⁶)</u> Bij elke blootstelling is er bij (genotoxische) carcinogenen een bepaald risico. Wanneer dit extra risico op kanker kleiner of gelijk is aan 1 op 1.000.000 (10 ⁻⁶) bij levenslange blootstelling, spreken we van een "quasi nul" gezondheidseffect.
	<u>concentratie ≥ gezondheidkundige advieswaarde</u> Bij blootstelling aan een concentratie hoger dan de gezondheidkundige advieswaarde zijn er gezondheidseffecten <u>mogelijk</u> .	<u>1 op 1.000.000 (10⁻⁶) ≤ risico ≤ 1 op 10.000 (10⁻⁴)</u> Bij toenemende blootstelling stijgt het extra risico op kanker. Wanneer dit extra risico op kanker groter is dan 1 op 1.000.000 (10 ⁻⁶) bij levenslange blootstelling, wordt dit als gezondheidkundig niet verwaarloosbaar beschouwd. Het is aangewezen om te streven naar een risico 'As Low As Reasonably Achievable' (ALARA). Naarmate het risico groter, wordt het nemen van maatregelen dwingender. <u>risico ≥ 1 op 10.000 (10⁻⁴)</u> Een extra risico groter dan 1 op 10.000 (10 ⁻⁴) wordt als gezondheidkundig onaanvaardbaar beschouwd buiten arbeidssituaties.

2 (VOLKS)GEZONDHEIDSKUNDIGE INTERPRETATIE PER VERVUILENDE STOF

2.1 (ZWARE) METALEN

2.1.1 Overzicht (zware) metalen

In onderstaande tabel worden de jaargemiddelde concentraties weergegeven voor de verschillende (zware) metalen in fijn stof die in 2021, 2022, 2023 en 2024 door VMM werden gemeten.

Tabel 3: Overzicht van de meetresultaten (zware) metalen in PM₁₀-stof.

Stof	Meetplaats	Jaargemiddelde concentratie (ng/m ³)			
		2021	2022	2023	2024
Lood	BE01, Absheide	159,0	177,3	233,6	238,9
	BE02, Lange Kwikstraat	39,4	44,5	39,2	43,9
	BE07, Heidestraat	130,8	128,6	161,8	173,9
Arseen	BE01, Absheide	3,6	4,4	5,9	5,4
	BE02, Lange Kwikstraat	1,2	1,1	1,2	0,9
	BE07, Heidestraat	3,5	3,9	5,0	4,4
Cadmium	BE01, Absheide	4,1	3,4	4,1	4,2
	BE02, Lange Kwikstraat	0,2	0,3	0,2	0,2
	BE07, Heidestraat	3,5	2,6	3,0	3,0
Chroom	BE01, Absheide	3,6	4,1	3,5	3,1
	BE02, Lange Kwikstraat	2,1	2,2	1,9	2,5
	BE07, Heidestraat	3,4	3,3	3,0	2,9
Koper	BE01, Absheide	70,0	81,6	103,8	84,3
	BE02, Lange Kwikstraat	7,9	9,7	9,0	7,6
	BE07, Heidestraat	53,7	58,8	72,8	60,5
Mangaan	BE01, Absheide	11,0	12,4	8,6	7,6
	BE02, Lange Kwikstraat	5,7	6,4	5,1	4,2
	BE07, Heidestraat	10,8	11,3	7,9	6,6
Nikkel	BE01, Absheide	4,5	5,0	5,6	4,5
	BE02, Lange Kwikstraat	3,0	1,9	1,5	1,7
	BE07, Heidestraat	3,7	3,9	4,4	3,6
Zink	BE01, Absheide	230,1	242,5	306,6	319,1
	BE02, Lange Kwikstraat	24,3	26,0	19,1	20,8
	BE07, Heidestraat	159,3	127,0	160,0	179,4
Antimoon	BE01, Absheide	3,0	3,6	1,7	2,5
	BE02, Lange Kwikstraat	11,3	16,8	10,2	11,7
	BE07, Heidestraat	4,6	4,4	2,4	2,8

In onderstaande tabel worden voor de volledigheid naast de gezondheidkundige advieswaarden ook de Europese grens- en streefwaarden en de Vlaamse grenswaarde uit VLAREM (milieuwetgeving) weergegeven. De toetsing aan wettelijke grenswaarden maakt geen deel uit van de volksgezondheidkundige inschatting.

Tabel 4: EU grenswaarde, EU streefwaarde, VLAREM grenswaarde en gezondheidkundige advieswaarde (GAW) voor de (zware) metalen in Beerse.

Stof	EU grenswaarde	EU streefwaarde	VLAREM grenswaarde	GAW
	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)	(ng/m ³)
Lood	500			150
Arseen		6		15
Cadmium		5	30	10
Chroom ⁶⁺				100
Koper				Niet beschikbaar
Mangaan				300
Nikkel		20		14
Zink				Niet beschikbaar
Antimoon				300

2.1.2 Lood

2.1.2.1 Blootstelling

In het algemeen kan lood (Pb) in het milieu aanwezig zijn door historische vervuiling, bv. van non-ferro bedrijven, door gebruik van loodhoudende benzine in het verleden (nu verboden), via loden waterleidingen en loodhoudende verf. Ondertussen zijn veel van deze problemen grotendeels aangepakt, waardoor er in het algemeen in Vlaanderen in veel mindere mate lood aanwezig is in het milieu dan vroeger.

Voor volwassenen is het inademen van met lood beladen stof een belangrijke opnameroute (dus ook voor zwangere vrouwen), maar voor kinderen is het inslikken van met lood beladen stof belangrijker, bv. bij duimzuigen of door met stof bevuilde voorwerpen in de mond te steken. Lood kan zich opstapelen in het lichaam in bot en tanden.

2.1.2.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Kinderen zijn de gevoeligste groep voor blootstelling aan lood. Een hoge lood-inname kan aanleiding geven tot een gestoorde ontwikkeling van het zenuwstelsel met effecten op het IQ en bij toenemende blootstelling ook bloedarmoede, verstoring van de nierfunctie en van de mannelijke vruchtbaarheid.

Gezondheidkundige toetsingswaarden

De EU-grenswaarde bedraagt net als de toetsingswaarde van de WHO 500 ng/m³ als jaargemiddelde voor lood in fijn stof (Air Quality Guidelines for Europe, 2000). Deze waarde moet worden herzien door de WHO, omdat al geruime tijd wetenschappelijk duidelijk is dat er geen veilige concentratie van lood in bloed is. In 2000 werd voor het bepalen van de toetsingswaarde nog een lood-in-bloed-waarde van 10 µg/dl (= 100 µg/L) als veilig beschouwd.

Bij de diepte-analyse van lood, uitgevoerd door VITO (2017), werd als meest geschikte gezondheidkundige toetsingswaarde de NAAQS van US EPA (2016) geselecteerd. Dit omdat de US EPA rekening houdt met effecten bij lage bloedwaarden (<5 µg/dl) en dit bovendien doet voor de meest gevoelige groep (kinderen) en omdat de afleiding rekening houdt met een aantal recente studies. De waarde van 150 ng/m³ moet bescherming bieden aan 99,5% van de populatie van kinderen.

De hantering van effecten bij lage bloedwaarden komt tegemoet aan de algemene consensus dat er geen drempelwaarde voor lood in bloed bestaat voor het veroorzaken van neurologische effecten.

Tabel 5: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige advieswaarde lood.

Meetplaats	[Pb in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige advieswaarde niet-kankereffecten NAAQS van EPA
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	159	177	234	239	150 ng/m ³
BE02, Lange Kwikstraat	39	45	39	44	
BE07, Heidestraat	131	129	162	174	

De gemeten concentraties lood in de lucht overschreden in meetpost Absheide de gezondheidkundige advieswaarde van 150 ng/m³ (NAAQS van US EPA 2016) over de periode 2021-2024. Voor de meetpost Heidestraat vond in 2023 en 2024 een overschrijding plaats. Enkel op de meetpost Lange Kwikstraat lag de concentratie onder de GAW over de gemeten periode. **Lood blijft een aandachtspunt vanuit volksgezondheidkundig oogpunt. Voor de volksgezondheid zijn immers zo laag mogelijke concentraties van lood in fijn stof wenselijk.**

2.1.2.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Het International Agency for Research on Cancer (IARC) van de WHO klasseert anorganisch lood als "waarschijnlijk carcinogeen voor mensen" (klasse 2A). Organisch lood behoort tot IARC groep 3: het is niet indeelbaar wat zijn kankerverwekkende eigenschappen betreft.

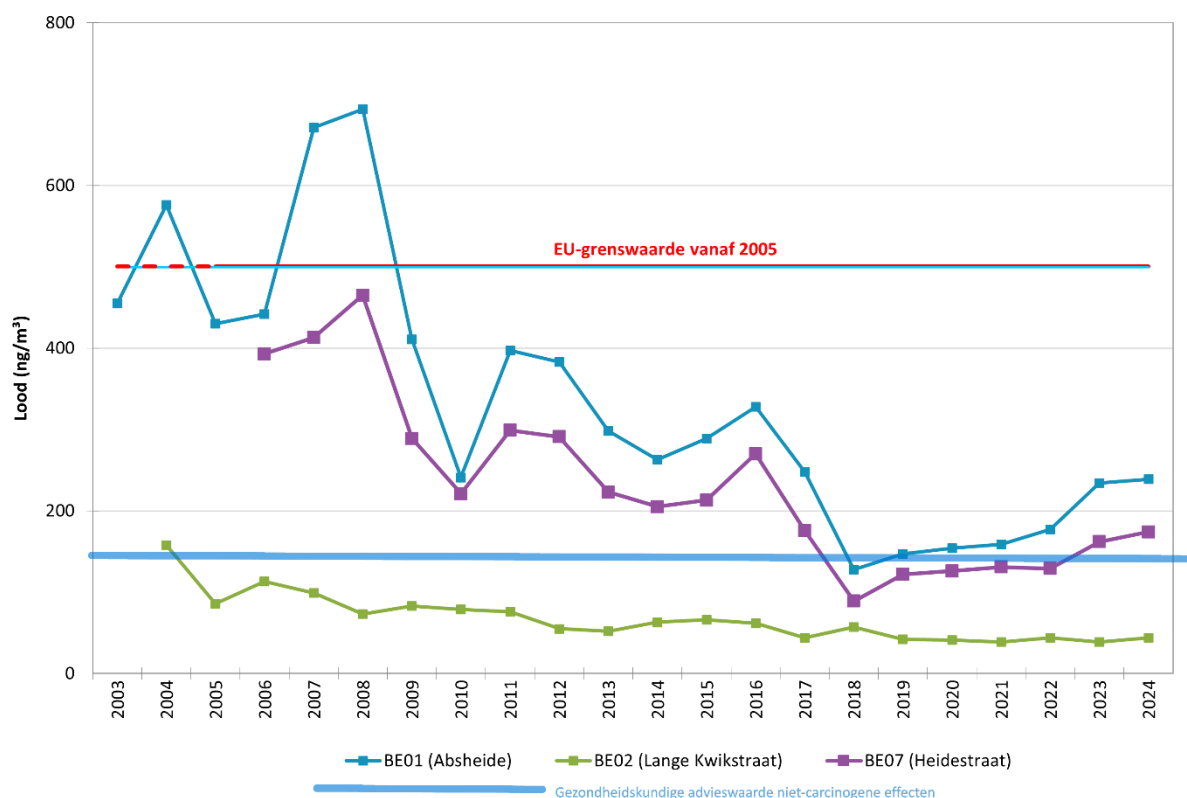
De US EPA en ECHA klasseren anorganisch lood ook als carcinogeen voor de mensen.

De meeste internationale instanties wagen zich niet aan het vaststellen van een unit risk of veilige grenswaarde door de vele onzekerheden die er zijn. Enkel OEHHA⁴ heeft een eenheidsrisico afgeleid, maar geeft zelf aan dat de onzekerheden bij de beoordeling van kankereffecten veel hoger zijn dan bij de niet-kankereffecten zoals neurologische ontwikkelingseffecten en stijgende bloeddruk. Daarom werd bij de selectie van de geschikte gezondheidkundige advieswaarde (diepte-analyse VITO, 2017) geen gezondheidkundige advieswaarde voorgesteld voor kankereffecten en wordt in dit rapport geen risico-inschatting uitgevoerd over de kankereffecten van lood.

2.1.2.4 Besluit lood

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de loodconcentraties in PM₁₀-stof weer sinds 2003. De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald, maar in twee meetposten (Absheide en Heidestraat) gaan de waarden terug in stijgende lijn sinds 2018. Op de meetpost Lange Kwikstraat wordt de gezondheidkundige advieswaarde (GAW) voor niet-carcinogene effecten sinds 2005 niet meer overschreden. Op de meetpost Heidestraat ligt de waarde in de periode 2018-2022 lager dan de GAW, op de meetpost Absheide enkel in 2018 en 2019. De EU grenswaarde wordt in alle meetposten sinds 2009 niet meer overschreden. Aangezien de waarden nog steeds hoger liggen dan de GAW voor niet-carcinogene effecten zijn niet-carcinogene gezondheidseffecten ten gevolge van langdurige blootstelling niet uit te sluiten.

⁴ Office of Environmental Health Hazard Assessment d.i. een Agentschap van de Californische EPA die chronische toetsingswaarden afleidt.



Grafiek 1: Evolutie van de jaargemiddelde loodconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten). De EU grenswaarde is vanaf 2005 500 ng/m³ (bron: VMM). De blauwe lijn geeft de gezondheidskundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten weer; onder die lijn worden er geen niet-carcinogene effecten verwacht.

2.1.3 Arseen

2.1.3.1 Blootstelling

Burgers kunnen worden blootgesteld aan arseen (As) via de lucht, drinkwater en voeding. Arseenverbindingen komen vooral voor in de fijnere stoffracties (< 1 µm), hebben daardoor een langere verblijftijd in de atmosfeer en kunnen diep in de longen worden afgezet. Toxicologisch gezien kunnen As-verbindingen in drie groepen worden ingedeeld: anorganische arseenverbindingen, organische arseenverbindingen en arsinegas.

Meestal is voeding de grootste bron en is het aandeel dat wordt ingeademd beperkt. In voeding komt arseen bijvoorbeeld voor in vis- en zeevruchten, maar voornamelijk als organische en dus onder onschadelijke vorm. Daarnaast bevatten rijst en granen ook arseen, met name anorganisch arseen. Rijst kan in sommige Aziatische landen hoge arseenconcentraties bevatten. Sigarettenrook bevat ook arseen. Sommige bodems bevatten van nature meer arseen dan gemiddeld en dit kan dan in drinkwater terecht komen. In Vlaanderen komt arseen van nature in lagere concentraties voor in het diepe grondwater, vooral in de Noorderkempen, waar het in putwater terecht kan komen. In de Kempen is in het 3xG onderzoek⁵ het gebruik van putwater voor bereiding van voeding en drinken geassocieerd met hogere arseenwaarden in urine van de deelnemers.

Professionele arseenblootstelling kan optreden bij metaalsmelten, en in de buurt van metaalnijverheid kan de omgevingslucht meer dan gemiddeld arseen bevatten. Uit een studie, uitgevoerd door VITO in opdracht van de VMM in de buurt van Hoboken, bleek dat het gemeten As in de PM₁₀-fractie hoofdzakelijk aanwezig

⁵ [Rapport-Arseen en putwater 2017.pdf](#)

is als arseniet (As(III)) en arsenaat (As(V)) die beiden een vorm van anorganisch arseen zijn⁶. De verschillende arseenvormen kunnen in het milieu en in het lichaam in elkaar worden omgezet.

2.1.3.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Gezondheidskundige toetsingswaarden

Geen enkele instantie heeft een toetsingswaarde voor de verschillende arseenvormen apart afgeleid. Voor chronische blootstelling aan arseen in de omgevingslucht voor niet-carcinogene effecten heeft enkel OEHHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment van California Environmental Protection Agency) een gezondheidskundige toetsingswaarde: 15 ng/m³ (REL = Reference Exposure Level). De afleiding van deze chronische toetsingswaarde is goed gedocumenteerd, en werd na herevaluatie door OEHHHA in 2014 behouden. Deze waarde is gebaseerd op het eindpunt “neurologische ontwikkeling” als kritisch effect. Het werd afgeleid naar aanleiding van de vaststelling van verminderde intellectuele functies bij 10-jarige kinderen die blootgesteld worden aan arseen in drinkwater. Bij het Departement Zorg wordt deze toetsingswaarde (15 ng/m³ OEHHHA) gehanteerd als gezondheidskundige advieswaarde.

Tabel 6: Vergelijking VMM-metresultaten met gezondheidskundige toetsingswaarde arseen.

Meetplaats	[As ^{totaal} in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidskundige toetsingswaarde niet-kankereffecten van OEHHHA voor [As ^{totaal}]
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	4	4	6	5	15 ng/m ³
BE02, Lange Kwikstraat	1	1	1	1	
BE07, Heidestraat	3	4	5	4	

Bij toetsing aan de chronische REL van OEHHHA van 15 ng/m³ blijken in de 3 meetposten de resultaten onder de gezondheidskundige toetsingswaarde te liggen in de periode 2021-2024, waardoor de mogelijke impact van arseen op de intellectuele functie bij kinderen en andere niet-carcinogene gezondheidseffecten niet verwacht worden bij de huidige gemeten arseen concentratie in Beerse.

2.1.3.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Alle instanties klasseren anorganisch arseen als bewezen carcinogeen voor mensen. De inademing van anorganisch arseen verhoogt het risico op longkanker. De meeste studies waarop dit bewijs steunt, hebben betrekking op arbeiders, die vooral blootgesteld werden aan arseentrioxide stof bij kopersmelters.

Kankereenheidsrisico

Geen enkele instantie heeft een eenheidsrisico voor specifieke arseenverbindingen afgeleid. WHO, US EPA, Health Canada en OEHHHA hebben elk een eenheidsrisico voor arseen afgeleid gebaseerd op epidemiologische studies van arbeiders in smelterijen. Ook DECOS (Dutch Expert Committee on Occupational Safety 2012) heeft een aantal van deze epidemiologische studies geëvalueerd en een recente studie van Lubin and Moore (2008), waarin de onderzoekers een analyse van het interne-blootstellingseffect gebruikten binnen de beroepshalve blootgestelde groep. Bij de diepte-analyse van arseen voor toepassing in milieueffectenrapporten (VITO, 2017) werd het eenheidsrisico van DECOS geselecteerd. **Het eenheidsrisico van DECOS (2012) bedraagt $1,0 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.** De hierbij horende concentratie voor een extra kankerrisico van 1 per 10⁶ bij levenslange blootstelling is **1 ng/m³**. Dit is vergelijkbaar met de toetsingswaarde van 0,66 ng/m³ van WHO (2000).

⁶ Berghmans P., Cornelis C., Peters J., Geerts L., Vanhoof C., Tirez K. (2014): Speciatie van arseen in luchtmonsters van Hoboken.

Tabel 7: Berekening extra kankerrisico bij levenslange blootstelling op basis van meetresultaten 2021-2024 arseen.

Meetplaats	Extra individueel risico op longkanker uitgaande van UR = $1,0 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (DECOS, 2012)			
	2021	2022	2023	2024
BE01, Absheide	4×10^{-6}	4×10^{-6}	6×10^{-6}	5×10^{-6}
BE02, Lange Kwikstraat	$1,2 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-6}$	$0,9 \times 10^{-6}$
BE07, Heidestraat	3×10^{-6}	4×10^{-6}	5×10^{-6}	4×10^{-6}

Het geschatte extra risico op kanker door levenslange blootstelling aan de gemeten arseen-concentraties is volgens het eenheidsrisicogetal van DECOS op alle meetposten, m.u.v. meetpost Lange Kwikstraat in 2024, in Beerse groter dan 1 op 1 miljoen (dus niet gezondheidkundig verwaarloosbaar), maar kleiner dan 1 op 10.000 (dus niet onaanvaardbaar). De hoogst gemeten concentratie de afgelopen 4 jaar (2021-2024), nl. $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ komt overeen met een extra kankerrisico van 6 op 1.000.000. Dit is gezondheidkundig niet verwaarloosbaar, maar niet onaanvaardbaar.

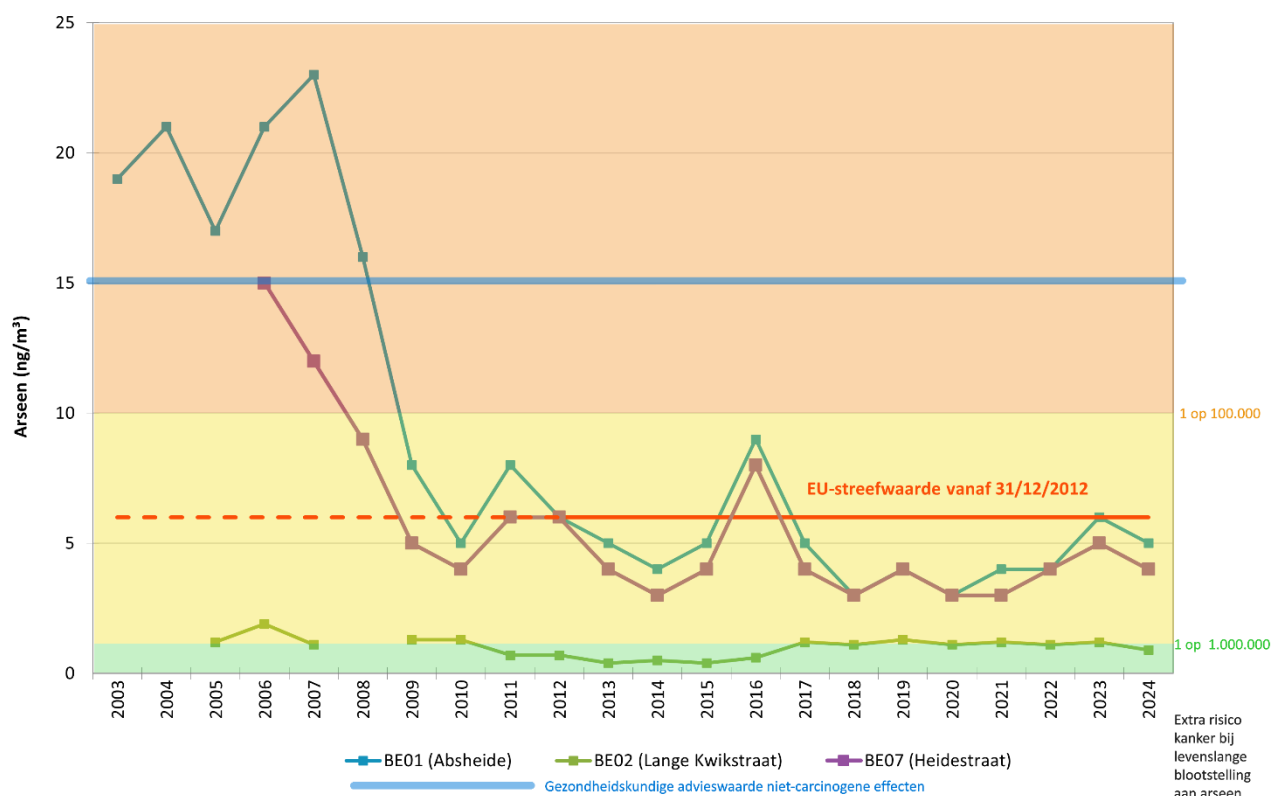
Het is gezondheidkundig noodzakelijk om te streven naar een daling van het risico en dus van de arseen-concentratie, volgens het zo laag als redelijkerwijze haalbaar principe (ALARA: As Low As Reasonably Achievable).

Op meetpost Lange Kwikstraat is in 2024 het extra individueel risico kleiner dan 1 op 1 miljoen. Hier kan gesproken worden van een “quasi nul” gezondheidseffect.

2.1.3.4 Besluit arseen

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de arseenconcentraties in PM_{10} -stof weer ten opzichte van gezondheidkundige risico's op basis van het eenheidsrisicogetal (weergegeven als achtergrondkleur). De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald, waarbij de waarden voor 2008 boven de Europese streefwaarde en de gezondheidkundige advieswaarde⁷ voor niet-carcinogene effecten lagen. Niet-carcinogene gezondheidseffecten ten gevolge van langdurige blootstelling aan die hogere waarden waren met andere woorden niet uit te sluiten. Tot 2017 schommelden de waarden rond de Europese streefwaarde en onder de gezondheidkundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten, waardoor er momenteel geen niet-carcinogene gezondheidseffecten verwacht worden. De oranje en gele achtergrondkleur geven weer dat het extra individueel risico op kanker gezondheidkundig niet verwaarloosbaar, maar ook niet onaanvaardbaar is.

⁷ Bij het Departement Zorg wordt de toetsingswaarde van $15 \text{ ng}/\text{m}^3$ (OEHA) gehanteerd als gezondheidkundige advieswaarde.



Grafiek 2: Evolutie van de jaargemiddelde arseenconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten). De EU streefwaarde is vanaf 31/12/2012 6 ng/m³ (bron: VMM). De achtergrondkleuren geven een indicatie van het extra individueel risico op kanker bij levenslange blootstelling aan arseen volgens het eenheidsrisicogetal van DECOS. Groen (risico kleiner dan 1/1 000 000) is vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt verwaarloosbaar; geel en oranje (1/1 000 000 < risico (geel) < 1/100 000 < risico (oranje) < 1/10 000) zijn vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt niet verwaarloosbaar, er dient gestreefd te worden naar een lager risico volgens het ALARA-principe; rood (risico > 1/10 000) is vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt onaanvaardbaar (maar komt niet voor in deze figuur). De blauwe lijn geeft de gezondheidskundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten weer; onder die lijn worden er geen niet-carcinogene effecten verwacht.

2.1.4 Cadmium

2.1.4.1 Blootstelling

Cadmium (Cd) is een zwaar metaal dat van nature uit in lage concentraties in de aardkorst aanwezig is. In het verleden werd cadmium voornamelijk uitgestoten door non-ferro bedrijven en verbrandingsovens. Mensen worden vooral via voeding en inademing blootgesteld aan cadmium. Eén van de voornaamste blootstellingsbronnen van cadmium is sigarettenrook.

2.1.4.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Cadmium stapelt zich op in het lichaam. Kleine hoeveelheden geven na inname geen onmiddellijke gezondheidsproblemen, maar bij langdurige blootstelling kan de werking van de nieren verstoord raken en kan de botdichtheid afnemen.

Gezondheidskundige toetsingswaarden

Een aantal instanties, waaronder de WHO (Air Quality Guideline 2000), ATSDR en OEHA, hebben een gezondheidskundige toetsingswaarde voor cadmium in omgevingslucht. In 2017 werd door VITO een diepte-analyse uitgevoerd om de gezondheidskundige advieswaarde van cadmium te bepalen. De toetsingswaarde

van ATSDR (2012) werd geselecteerd, omdat deze toetsingswaarde is gebaseerd op een interne dosis (reflecteert de concentratie die werkelijk in het lichaam is opgenomen) en zich baseert op de meta-analyse van meerdere (zowel industriële als niet-industriële) inhalatiestudies.

Tabel 8: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige toetsingswaarde cadmium.

Meetplaats	[Cd in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige toetsingswaarde niet-kankereffecten ATSDR (2012)
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	4	3	4	4	10 ng/m ³
BE02, Lange Kwikstraat	0,2	0,3	0,2	0,2	
BE07, Heidestraat	3	3	3	3	

De gemeten waarden liggen de afgelopen 4 jaren onder de gezondheidkundige toetsingswaarde van ATSDR. Er worden dan ook geen nadelige gezondheidseffecten door inhalatie van cadmium verwacht.

2.1.4.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Cadmium wordt door een heel aantal instanties, waaronder het IARC (Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek), geklasseerd als bewezen kankerverwekkend voor de mens (IARC groep 1). Uit wetenschappelijke studies is gebleken dat het inademen van cadmium longkanker kan veroorzaken. Vier instanties hebben een toetsingswaarde voor carcinogene effecten afgeleid: ANSES, Health Canada, US EPA en OEHHA.

Kankereenheidsrisico

In de diepte-analyse van VITO (2017) werd het **eenheidsrisico van US EPA (1,8.10⁻³ (µg/m³)⁻¹** geselecteerd, omdat deze gebaseerd is op epidemiologische studies i.p.v. ratstudies en omdat de WHO (2000) meent dat er aanwijzingen zijn in studies (die in 2000 recent waren) dat het eenheidsrisico van US EPA (1987) mogelijk een substantiële overschatting is van het risico omwille van een verstoring, gelijktijdige blootstelling aan arseen.

Zonder deze eventuele verstoring door simultane blootstelling aan arseen in aanmerking te nemen, schat de US EPA dat een levenslange blootstelling aan 1 µg/m³ cadmium overeenstemt met een extra individueel kankerrisico van 1,8 x 10⁻³. Een eenheidsrisico van 1,8.10⁻³ per µg/m³ komt overeen met een luchtconcentratie van **0,56 ng/m³** voor een extra kankerrisico van 1 op 1 miljoen. Deze waarde wordt door US EPA afgerond naar 0,6 ng/m³.

Tabel 9: Berekening extra kankerrisico op basis van de meetresultaten 2021 – 2024 cadmium.

Meetplaats	Extra individueel risico op longkanker uitgaande van UR = 1,8 x 10 ⁻³ (µg/m ³) ⁻¹ (US EPA, 1987)			
	2021	2022	2023	2024
BE01, Absheide	7,31 x 10 ⁻⁶	6,03 x 10 ⁻⁶	7,36 x 10 ⁻⁶	7,49 x 10 ⁻⁶
BE02, Lange Kwikstraat	4,14 x 10 ⁻⁷	4,86 x 10 ⁻⁷	3,42 x 10 ⁻⁷	4,32 x 10 ⁻⁷
BE07, Heidestraat	6,25 x 10 ⁻⁶	4,63 x 10 ⁻⁶	5,40 x 10 ⁻⁶	5,35 x 10 ⁻⁶

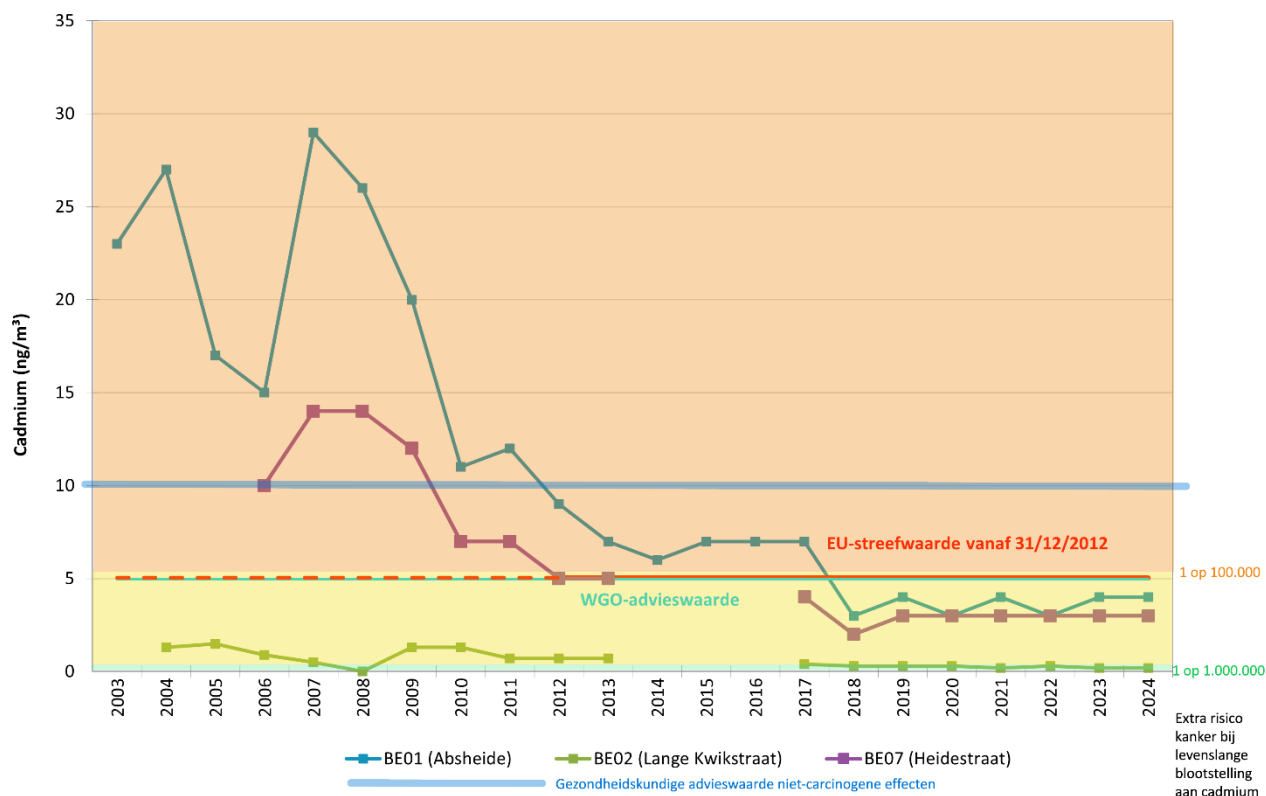
Op meetpost Absheide en Heidestraat is het extra individueel risico op longkanker ten gevolge van levenslange blootstelling aan cadmium in de afgelopen 4 jaren groter dan 1 op 1 miljoen en kleiner dan 1 op 10.000 volgens het eenheidsrisico van US EPA. Vanuit volksgezondheidkundig standpunt is dit een niet verwaarloosbaar risico, maar naar internationaal gebruik niet onaanvaardbaar.

Er moet gestreefd worden naar een daling van het risico, volgens het ALARA-principe.

Op meetpost Lange Kwikstraat is het extra individueel risico kleiner dan 1 op 1 miljoen volgens het eenheidsrisico van US EPA. Hier kan gesproken worden van een “quasi nul” gezondheidseffect.

2.1.4.4 Besluit cadmium

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de cadmiumconcentraties in PM₁₀-stof weer ten opzichte van gezondheidskundige risico's op basis van het eenheidsrisicogetal (weergegeven als achtergrondkleur). De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald. Tot voor 2018 lagen de waarden op de meetpost Absheide en Heidestraat boven de Europese streefwaarde. Sinds 2012 wordt de gezondheidskundige advieswaarde op geen enkele meetpost meer overschreden voor niet-carcinogene effecten. Niet-carcinogene gezondheidseffecten waren met andere woorden niet uit te sluiten. Momenteel worden er geen nadelige niet-carcinogene gezondheidseffecten meer verwacht. De oranje en gele achtergrondkleur geven weer dat het extra individueel risico op kanker gezondheidskundig niet verwaarloosbaar, maar ook niet onaanvaardbaar is.



Grafiek 3: Evolutie van de jaargemiddelde cadmiumconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten). De EU streefwaarde is vanaf 31/12/2012 5 ng/m³ (bron: VMM). De achtergrondkleuren geven een indicatie van het extra individueel risico op kanker bij levenslange blootstelling aan cadmium volgens het eenheidsrisicogetal van US EPA. Groen (risico kleiner dan 1/1 000 000) is vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt verwaarloosbaar; geel en oranje (1/1 000 000 < risico (geel) < 1/100 000 < risico (oranje) < 1/10 000) zijn vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt niet verwaarloosbaar, er dient gestreefd te worden naar een lager risico volgens het ALARA-principe; rood (risico > 1/10 000) is vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt onaanvaardbaar (maar komt niet voor in deze figuur). De blauwe lijn geeft de gezondheidskundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten weer; onder die lijn worden er geen niet-carcinogene effecten verwacht.

2.1.5 Chroom

2.1.5.1 Blootstelling

Chroom (Cr) is overal in het milieu aanwezig. Het komt voor onder verschillende vormen, waaronder elementair chroom, chroom³⁺, en in mindere mate chroom⁶⁺. Niet elke vorm van chroom is even schadelijk: de oplosbare fractie (zeswaardig chroom – chroom⁶⁺ – Cr⁶⁺) is duizend maal toxischer dan de onoplosbare fractie (driewaardig chroom – chroom³⁺ – Cr³⁺). Chroom⁶⁺ is afkomstig van menselijke activiteit, zoals industrie, afval- en brandstofverbranding, de behandeling van hout en leder, maar ook van roken.

2.1.5.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Daar waar chroom³⁺ een essentieel element is, en ons lichaam er dus een beperkte hoeveelheid van nodig heeft om gezond te blijven, is chroom⁶⁺ giftig en kankerverwekkend. De luchtwegen zijn het gevoeligste voor de blootstelling aan chroom⁶⁺: irritatie van neus en luchtwegen, daling van de longfunctie en longkanker komen voor bij personen die beroepsmatig aan hoge concentraties zijn blootgesteld. Blootstelling aan chroom kan ook aanleiding geven tot allergische symptomen ter hoogte van de luchtwegen of ter hoogte van de huid.

De VMM meet routinematig enkel totaal chroom; de verschillende vormen van chroom worden niet apart gemeten. In 2012 voerde VITO in opdracht van VMM een monitoring uit van de gehalten Cr⁶⁺ en Cr^{totaal} in de omgevingslucht van Hoboken en Beerse⁸. Uit die meetcampagne (VITO, 2012) werd afgeleid dat in Beerse bij Cr^{totaal} 7,8 ng/m³ de concentratie Cr⁶⁺ zich bevindt tussen 0,14 – 0,41 ng/m³ (of met andere woorden het aandeel van Cr⁶⁺ is 1,8 – 5,3 % van het Cr^{totaal}). Bij het toepassen van dezelfde verhouding wordt de concentratie Cr⁶⁺ in de periode 2021-2024 in Beerse ingeschat op basis van de gemeten totale chroomconcentratie (zie tabel vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige toetsingswaarde).

Gezondheidkundige toetsingswaarden

Drie instanties (ATSDR, US EPA en OEHHA) hebben een toetsingswaarde afgeleid voor Cr⁶⁺.

US EPA en ATSDR spreken over partikels, OEHHA spreekt over oplosbaar Cr⁶⁺. Bij de diepte-analyse voor chroom, uitgevoerd door VITO (2017) werd de gezondheidkundige toetsingswaarde van US EPA (1998) als meest geschikte geselecteerd. Deze toetsingswaarde is immers afgeleid voor chronische inademing (dagelijkse concentratie die levenslang mag ingeademd worden) terwijl de toetsingswaarde van ATSDR bedoeld is voor blootstellingen van 14 dagen tot 1 jaar, maar niet voor langdurige blootstellingen.

⁸ Rapport: VITO (2013): Monitoring van het Cr⁶⁺ en totaal Cr gehalte in omgevingslucht in Hoboken en Beerse in 2012.

Tabel 10: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige toetsingswaarde chroom.

Meetplaats	[Cr ^{totaal} in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde	[Cr ⁶⁺ in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde Indien Cr ⁶⁺ = 1,8%	[Cr ⁶⁺ in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde Indien Cr ⁶⁺ = 5,3%	Gezondheidkundige toetsingswaarde Cr ⁶⁺ niet-kankereffecten US EPA
	2021			
BE01, Absheide	3,6	0,07	0,19	100 ng/m ³ Cr ⁶⁺
BE02, Lange Kwikstraat	2,1	0,04	0,11	
BE07, Heidestraat	3,4	0,06	0,18	
	2022			
BE01, Absheide	4,1	0,07	0,22	100 ng/m ³ Cr ⁶⁺
BE02, Lange Kwikstraat	2,2	0,04	0,12	
BE07, Heidestraat	3,3	0,06	0,17	
	2023			
BE01, Absheide	3,5	0,06	0,18	100 ng/m ³ Cr ⁶⁺
BE02, Lange Kwikstraat	1,9	0,03	0,10	
BE07, Heidestraat	3,0	0,05	0,16	
	2024			
BE01, Absheide	3,1	0,06	0,17	100 ng/m ³ Cr ⁶⁺
BE02, Lange Kwikstraat	2,5	0,04	0,13	
BE07, Heidestraat	2,9	0,05	0,15	

Op alle meetplaatsen in Beerse respecteert de berekende jaargemiddelde Cr⁶⁺ concentratie de gezondheidkundige toetsingswaarde voor niet-carcinogene effecten van Cr⁶⁺ ruimschoots. Er worden bijgevolg geen nadelige gezondheidseffecten (verschillend van kanker) bij de omwonenden verwacht door blootstelling aan chroom via inademing.

2.1.5.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Cr⁶⁺ verbindingen worden door IARC, US EPA en NTP ingedeeld als carcinogeen voor de mens via inhalatie: inademing van Cr⁶⁺ verhoogt het risico op longkanker.

Kankereenheidsrisico chroom⁶⁺

Bij de diepte-analyse van chroom, uitgevoerd door VITO (2017), werd als meest geschikte gezondheidkundige toetsingswaarde voor chroom⁶⁺ die van de WHO geselecteerd. De WHO neemt het gemiddelde van de vier eenheidsrisico's, namelijk $4 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$, als uiteindelijk eenheidsrisico voor levenslange blootstelling aan een concentratie van $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Cr⁶⁺. De Cr⁶⁺ concentratie die geassocieerd is met een extra kankerrisico van 1 op 1 miljoen is **0,025 ng Cr⁶⁺/m³**. De WHO benadrukt dat het hier gaat om Cr⁶⁺ in omgevingslucht en niet om totaal chroom (WHO, 2000). De WHO verwijst bij haar advieswaarde niet expliciet naar PM₁₀.

Kankereenheidsrisico totaal chroom

Voor totaal chroom werd het eenheidsrisico van Health Canada (1996) geselecteerd, nl. $1,1 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ als gezondheidkundige advieswaarde, omdat deze waarde gebaseerd is op Cr^{totaal} en niet op Cr⁶⁺ en een factor voor de verhouding Cr⁶⁺/Cr^{totaal} in rekening brengt. De chroom-concentratie die geassocieerd is met een extra kankerrisico van 1 op 1 miljoen is **0,092 ng Cr^{totaal}/m³**.

Tabel 11: Berekening extra kankerrisico door $\text{Cr}^{\text{totaal}}$ en Cr^{6+} op basis van de meetresultaten 2021-2024 totaal chroom.

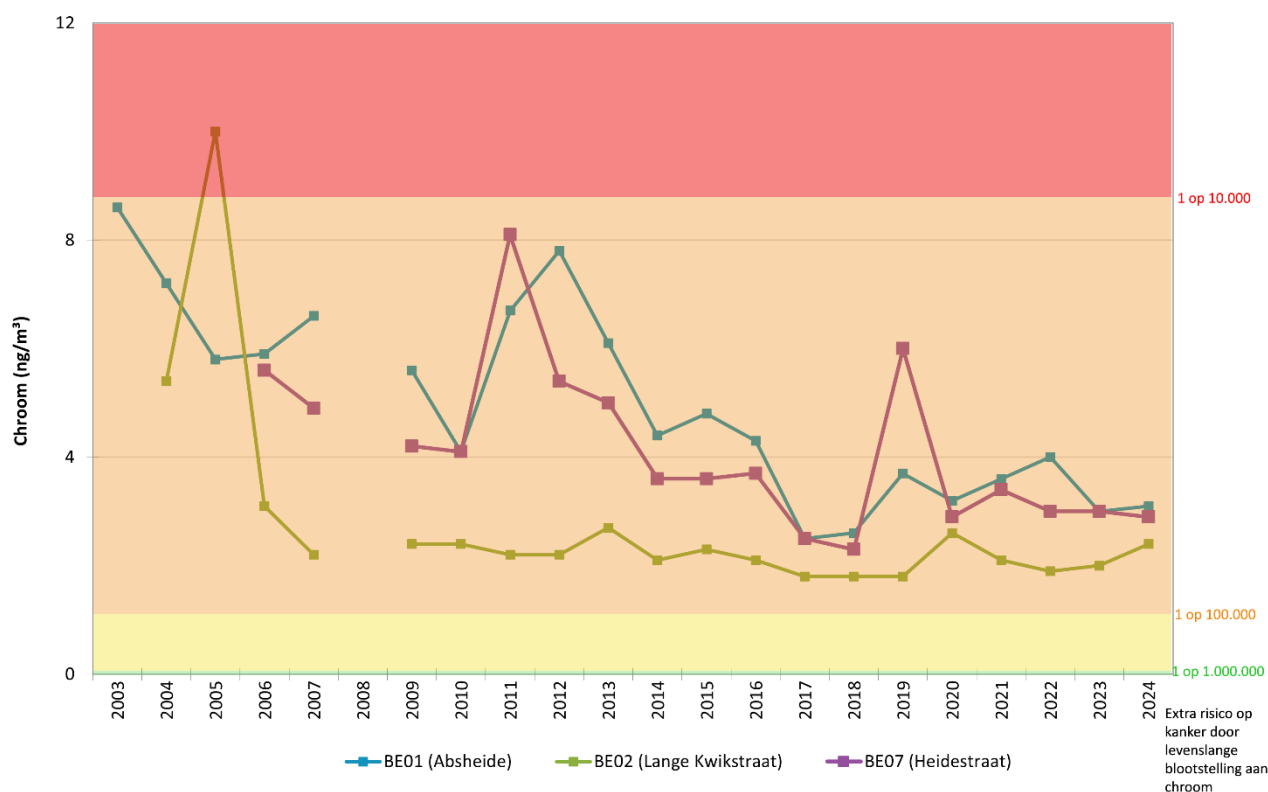
Meetplaats	[Cr ^{totaal} in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde	Extra individueel risico op longkanker uitgaande van UR = 4 x 10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹ voor Cr ⁶⁺ (WHO, 2000)		Extra individueel risico op longkanker uitgaande van UR = 1,1 x 10 ⁻² (µg/m ³) ⁻¹ voor Cr ^{totaal} (Health Canada, 1996)
	2021			
		indien aandeel Cr ⁶⁺ = 1,8%	indien aandeel Cr ⁶⁺ = 5,3%	Totaal chroom
BE01, Absheide	3,6	2,61 x 10 ⁻⁶	7,67 x 10 ⁻⁶	39,82 x 10 ⁻⁶
BE02, Lange Kwikstraat	2,1	1,54 x 10 ⁻⁶	4,54 x 10 ⁻⁶	23,54 x 10 ⁻⁶
BE07, Heidestraat	3,4	2,43 x 10 ⁻⁶	7,17 x 10 ⁻⁶	37,18 x 10 ⁻⁶
	2022			
		indien aandeel Cr ⁶⁺ = 1,8%	indien aandeel Cr ⁶⁺ = 5,3%	Totaal chroom
BE01, Absheide	4,1	2,94 x 10 ⁻⁶	8,67 x 10 ⁻⁶	44,99 x 10 ⁻⁶
BE02, Lange Kwikstraat	2,2	1,58 x 10 ⁻⁶	4,66 x 10 ⁻⁶	24,20 x 10 ⁻⁶
BE07, Heidestraat	3,3	2,35 x 10 ⁻⁶	6,91 x 10 ⁻⁶	35,86 x 10 ⁻⁶
	2023			
		indien aandeel Cr ⁶⁺ = 1,8%	indien aandeel Cr ⁶⁺ = 5,3%	Totaal chroom
BE01, Absheide	3,5	2,51 x 10 ⁻⁶	7,38 x 10 ⁻⁶	38,28 x 10 ⁻⁶
BE02, Lange Kwikstraat	1,9	1,38 x 10 ⁻⁶	4,07 x 10 ⁻⁶	21,12 x 10 ⁻⁶
BE07, Heidestraat	3,0	2,17 x 10 ⁻⁶	6,38 x 10 ⁻⁶	33,11 x 10 ⁻⁶
	2024			
		indien aandeel Cr ⁶⁺ = 1,8%	indien aandeel Cr ⁶⁺ = 5,3%	Totaal chroom
BE01, Absheide	3,1	2,25 x 10 ⁻⁶	6,61 x 10 ⁻⁶	34,32 x 10 ⁻⁶
BE02, Lange Kwikstraat	2,5	1,76 x 10 ⁻⁶	5,19 x 10 ⁻⁶	26,95 x 10 ⁻⁶
BE07, Heidestraat	2,9	2,05 x 10 ⁻⁶	6,04 x 10 ⁻⁶	31,35 x 10 ⁻⁶

Het extra individueel kankerrisico in de woonzones is op geen enkele van de 3 meetposten onaanvaardbaar, maar ook niet verwaarloosbaar. De berekende risico's zijn immers hoger dan 1×10^{-6} , wat als grens voor gezondheidskundig verwaarloosbaar wordt gehanteerd. De berekende risico's zijn echter niet hoger dan 1×10^{-4} , hetgeen algemeen als grens voor gezondheidskundig onaanvaardbaar (buiten de arbeidssituatie) wordt gehanteerd.

Vanuit gezondheidskundig oogpunt zijn verdere inspanningen om de emissies van chroom te doen dalen aangewezen met het oog op een daling in extra risico op longkanker (ALARA-principe).

2.1.5.4 Besluit chroom

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de chroomconcentraties (totaal chroom) in PM_{10} -stof weer ten opzichte van gezondheidskundige risico's op basis van het eenheidsrisicogetal voor totaal chroom (weergegeven als achtergrondkleur). Opdat niet elke vorm van chroom even schadelijk (en ook kankerverwekkend) is, is het vanuit gezondheidskundig standpunt relevanter om de impact van chroom^{6+} in te schatten, zoals hierboven gebeurde. De VMM meet echter totaal chroom, waardoor onderstaande grafiek de concentraties van totaal chroom (en niet die van chroom^{6+}) in kaart brengt. Bij de jaargemiddelden van totaal chroom is er een dalende tendens zichtbaar tot 2017. Sinds 2017 blijven de jaargemiddelden van dezelfde grootte-orde. De oranje achtergrondkleur geeft weer dat het extra individueel risico op kanker gezondheidskundig niet verwaarloosbaar, maar ook niet onaanvaardbaar is. Vanaf de rode achtergrondkleur is er sprake van een gezondheidskundig onaanvaardbaar risico.



Grafiek 4: Evolutie van de jaargemiddelde chroomconcentratie (Cr_{totaal}) in PM_{10} -stof in Beerse (3 meetposten) (bron: VMM). De achtergrondkleuren geven een indicatie van het extra individueel risico op kanker bij levenslange blootstelling aan Cr_{totaal} volgens het eenheidsrisicogetal van US EPA. Groen (risico kleiner dan 1/1 000 000) is vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt verwaarloosbaar; geel en oranje ($1/1\ 000\ 000 < \text{risico (geel)} < 1/100\ 000 < \text{risico (oranje)} < 1/10\ 000$) zijn vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt niet verwaarloosbaar, er dient gestreefd te worden naar een lager risico volgens het ALARA-principe; rood ($\text{risico} > 1/10\ 000$) is vanuit (volks)gezondheidskundig standpunt onaanvaardbaar. Er is geen niet-carcinogene gezondheidskundige advieswaarde voor totaal chroom.

2.1.6 Mangaan

2.1.6.1 Blootstelling

Mangaan (Mn) is een essentieel element, waarvan het lichaam een kleine hoeveelheid nodig heeft voor een goede werking van meerdere enzymsystemen. Mangaan komt voor bij ijzer- en staalindustrie, droge celbatterijen, lassen. Mangaan kent nog vele andere toepassingen. Zo komt het voor in diesel als brandstofadditief, in schimmelwerende middelen, ... Het komt ook voor vanuit natuurlijke bronnen. Voeding, zoals granen en noten, kan mangaan bevatten.

2.1.6.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Uit internationale literatuur blijkt dat door toenemende concentraties mangaan in de eerste plaats effecten op het zenuwstelsel (neurologische gedragingen) kunnen optreden. Men heeft dit waargenomen bij werknemers die aan hoge concentraties werden blootgesteld.

Bij de diepte-analyse van mangaan, uitgevoerd door VITO (2017), werd de toetsingswaarde van ATSDR (2012) als meest geschikte gezondheidskundige advieswaarde geselecteerd. Hoewel de WHO vertrekkende van dezelfde studies een toetsingswaarde voor chronische blootstelling in omgevingslucht heeft vastgelegd op een jaargemiddelde van $150\ \text{ng/m}^3$ (WHO, 2000), wordt toch de toetsingswaarde voor chronische blootstelling in omgevingslucht geselecteerd van $300\ \text{ng/m}^3$ (ATSDR, 2012). Dit omdat voor de grote

gevoeligheid van kinderen het reeds voldoende is om met een onzekerheidsfactor 10 te rekenen i.p.v. 50 en omdat er rekening werd gehouden met mogelijk grotere toxiciteit van meer oplosbare vormen van mangaan. Het is ook de meest recente afleiding die gebaseerd is op persoonlijke metingen bij arbeiders.

Tabel 12: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige advieswaarde mangaan.

Meetplaats	[Mn in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige advieswaarde niet-kankereffecten ATSDR (2012)
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	11	12	9	8	300 ng/m ³
BE02, Lange Kwikstraat	6	6	5	4	
BE07, Heidestraat	11	11	8	7	

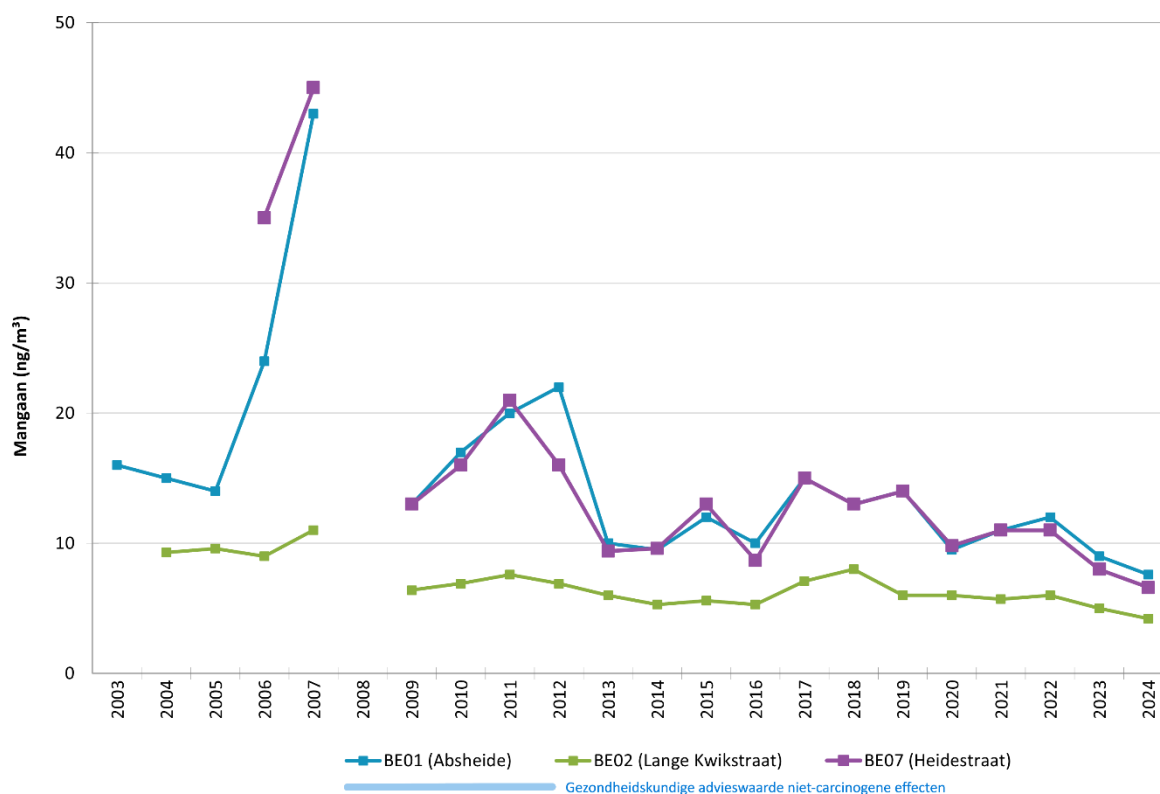
De gemeten concentraties in de meetposten in Beerse zijn een factor 25 tot 75 lager dan de gezondheidkundige advieswaarde van ATSDR. Dit betekent dat potentiële effecten van mangaan ter hoogte van het zenuwstelsel, zoals beven, gangstoornissen, spierspasmen in het gelaat niet zullen optreden. Dergelijke symptomen ziet men pas verschijnen bij hoge blootstelling (bv. beroepsmatig) en ook dan is dat nog uitzonderlijk.

2.1.6.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Het IARC heeft mangaan niet geëvalueerd en US EPA stelt dat mangaan niet klasseerbaar is voor wat zijn kankerverwekkend vermogen betreft.

2.1.6.4 Besluit mangaan

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de mangaanconcentraties in PM₁₀-stof weer sinds 2003. De jaargemiddelden schommelen over de ganse periode rond eenzelfde waarde. De GAW wordt in alle meetposten over de volledige periode nergens overschreden voor niet-carcinogene effecten. De waarden liggen ruimschoots onder de GAW van 300 ng/m³. Niet-carcinogene gezondheidseffecten kunnen dan ook uitgesloten worden.



Grafiek 5: Evolutie van de jaargemiddelde mangaanconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten) (bron: VMM). De blauwe lijn geeft de gezondheidkundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten weer; onder die lijn worden er geen niet-carcinogene effecten verwacht. De gezondheidkundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten wordt niet overschreden, en valt zelfs buiten het bereik van de grafiek.

2.1.7 Nikkel

2.1.7.1 Blootstelling

Nikkel (Ni) is een natuurlijk element dat onder meer voorkomt in de aardkorst. Nikkel wordt gebruikt voor de productie van roestvrij staal en andere metaallegeringen. In de buurt van dergelijke industrie kan milieuvervuiling met nikkel voorkomen. Nikkel kan zich binden aan luchtpartikels, kan zich neerzetten op de bodem en kan het drinkwater verontreinigen.

2.1.7.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Nikkel komt voor in een waaier aan vormen. Grofweg kunnen deze individuele verbindingen worden ingedeeld in oplosbare, sulfidische, oxidische en metallische vormen. Het is moeilijk om gezondheidseffecten, vastgesteld in epidemiologische studies, eenduidig te associëren met individuele nikkelverbindingen.

Gezondheidkundige toetsingswaarden

Bij de diepte-analyse van nikkel, uitgevoerd door VITO (2017), werd er per nikkel-verbinding de volgende meest geschikte gezondheidkundige toetsingswaarde geselecteerd als keuze voor gezondheidkundige advieswaarde:

- Metallisch Ni: 14 ng/m³ (OEHA, 2012; Reference Exposure Level (REL), chronisch)
- Ni-verbindingen met uitzondering van Ni-oxide en Ni-subsulfide: 14 ng/m³ (OEHA, 2012; Reference Exposure Level (REL), chronisch)
- Ni-subsulfide: 18 ng/m³ (Health Canada, 1996; Tolerable Concentration (TC))

- Ni-oxide: 20 ng/m³ (OEHHA, 2012; Reference Exposure Level (REL), chronisch)

Aangezien de VMM nikkel en nikkelverbindingen meet, worden de resultaten vergeleken met de gezondheidkundige toetsingswaarde van OEHHA (2012), namelijk 14 ng/m³.

Tabel 13: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige toetsingswaarde nikkel.

Meetplaats	[Ni in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige toetsingswaarde niet-kankereffecten OEHHA (2012)
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	4	5	6	5	14 ng/m ³
BE02, Lange Kwikstraat	3	2	1	2	
BE07, Heidestraat	4	4	4	4	

In alle meetposten blijft de jaargemiddelde concentratie voor nikkel voldoende onder de gezondheidkundige toetsingswaarde van OEHHA (2012) van 14 ng/m³. Dit wil zeggen dat er géén nadelige effecten van nikkel op de gezondheid verwacht worden, zoals contact dermatitis (huidaandoening door overgevoeligheid voor nikkel) of ontstekingsreacties ter hoogte van de luchtwegen.

2.1.7.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Metallisch nikkel wordt door heel wat instanties als vermoedelijk of mogelijk kankerverwekkend ingedeeld. Nikkel ("nickel compounds") daarentegen is volgens IARC bewezen kankerverwekkend (2012).

Kankereenheidsrisico

Meerdere instanties hebben een eenheidsrisico afgeleid. Deze liggen allemaal dicht bij elkaar, omdat ze geheel of gedeeltelijk gebaseerd zijn op dezelfde studies.

Bij de diepte-analyse van nikkel, uitgevoerd door VITO (2017), werd de gezondheidkundige toetsingswaarde voor nikkel en nikkelverbindingen van OEHHA (2011) als meest geschikt geselecteerd, omdat deze de meest recente is. Op basis van het eenheidsrisico van OEHHA ($2,6 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$) komt de gezondheidkundige advieswaarde overeen met een luchtconcentratie van **3,9 ng Ni/m³** bij een levenslang extra kankerrisico van 1 op 10⁶.

Tabel 14: Berekening extra kankerrisico op basis van de meetresultaten 2021-2024 nikkel.

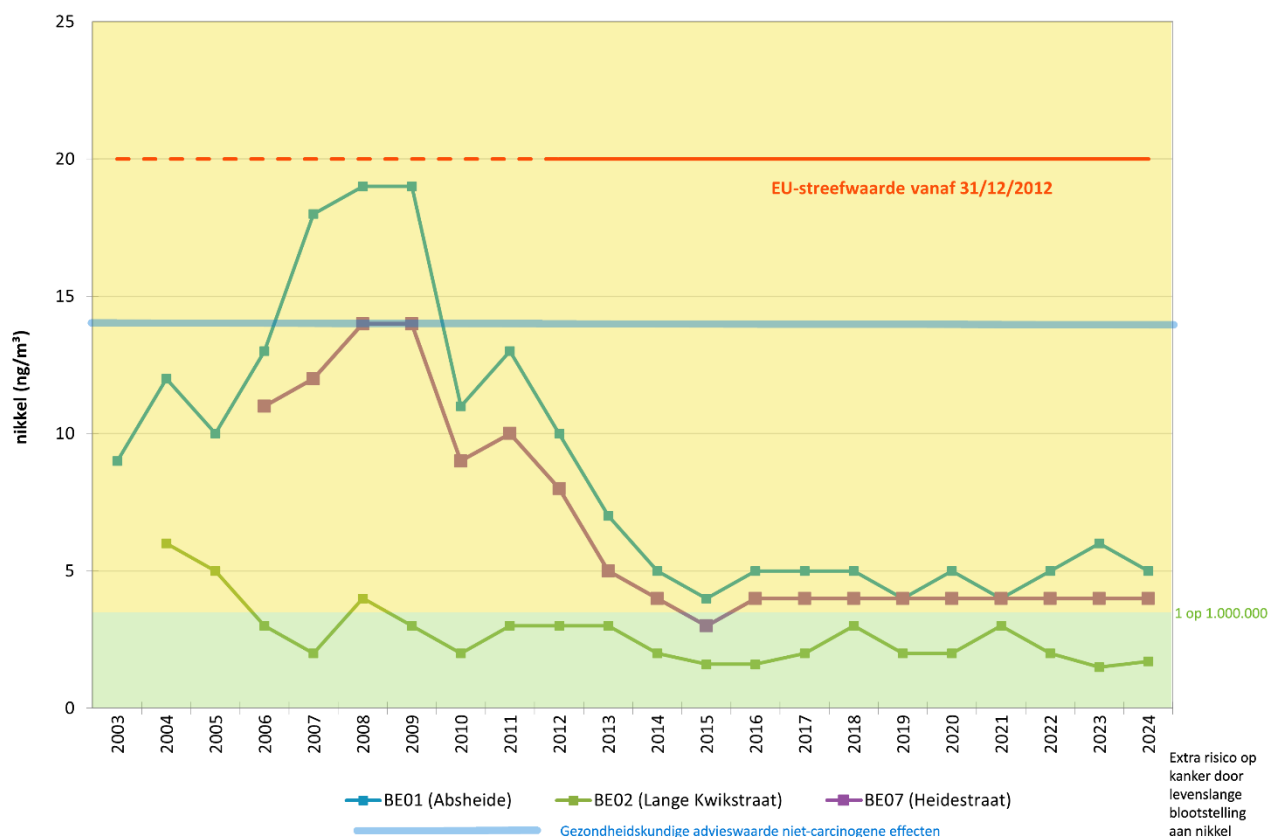
Meetplaats	Extra individueel risico op kanker uitgaande van UR = $2,6 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (OEHHA, 2011)			
	2021	2022	2023	2024
BE01, Absheide	$1,17 \times 10^{-6}$	$1,29 \times 10^{-6}$	$1,45 \times 10^{-6}$	$1,18 \times 10^{-6}$
BE02, Lange Kwikstraat	$0,78 \times 10^{-6}$	$0,48 \times 10^{-6}$	$0,38 \times 10^{-6}$	$0,45 \times 10^{-6}$
BE07, Heidestraat	$0,97 \times 10^{-6}$	$1,01 \times 10^{-6}$	$1,14 \times 10^{-6}$	$0,93 \times 10^{-6}$

De berekende extra kankerrisico's door de blootstelling aan nikkel zijn gezondheidkundig niet overal helemaal verwaarloosbaar, maar wel laag en wellicht nog lager dan hier ingeschat, aangezien metallisch nikkel werd meegerekend.

2.1.7.4 Besluit nikkel

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de nikkelconcentraties in PM₁₀-stof weer ten opzichte van gezondheidkundige risico's op basis van het eenheidsrisicogetal (weergegeven als achtergrondkleur). De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald en kennen een stagnerende trend sinds 2016. De EU streefwaarde wordt nergens overschreden. De gezondheidkundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten wordt in de periode 2007-2009 overschreden op de meetpost Absheide. Niet-carcinogene gezondheidseffecten waren met andere woorden niet uit te sluiten over deze periode. De gele

achtergrondkleur geeft weer dat het extra individueel risico op kanker gezondheidkundig niet verwaarloosbaar, maar ook niet onaanvaardbaar is. De groene achtergrondkleur geeft weer vanaf welke gemiddelde concentratie er een verwaarloosbaar effect is.



Grafiek 6: Evolutie van de jaargemiddelde nikkelconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten). De EU streefwaarde is vanaf 31/12/2012 20 ng/m³ (bron: VMM). De achtergrondkleuren geven een indicatie van het extra individueel risico op kanker bij levenslange blootstelling aan nikkel volgens het eenheidsrisicogetal van OEHHA. Groen (risico kleiner dan 1/1 000 000) is vanuit (volks)gezondheidkundig standpunt verwaarloosbaar; geel en oranje (1/1 000 000 < risico (geel) < 1/100 000 < risico (oranje) < 1/10 000) zijn vanuit (volks)gezondheidkundig standpunt niet verwaarloosbaar, er dient gestreefd te worden naar een lager risico volgens het ALARA-principe; rood (risico > 1/10 000) is vanuit (volks)gezondheidkundig standpunt onaanvaardbaar (oranje en rood komen niet voor in deze figuur). De blauwe lijn geeft de gezondheidshoudkundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten weer; onder die lijn worden er geen niet-carcinogene effecten verwacht.

2.1.8 Zink

2.1.8.1 Blootstelling

De bevolking komt met zink (Zn) in contact via de omgevingslucht, via voeding en drinkwater. Zink is in tegenstelling tot andere (zware) metalen niet zo schadelijk voor de mens, tenzij bij erg hoge blootstellingen die bijvoorbeeld kunnen voorkomen bij metaalarbeiders. Zink is ook een essentieel element: het lichaam heeft een kleine hoeveelheid nodig. Bij een gebrek aan zink kunnen symptomen ontstaan zoals een gestoorde groei.

2.1.8.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Tabel 15: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige toetsingswaarde zink.

Meetplaats	[Zn in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige toetsingswaarde niet-kankereffecten
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	230	243	307	319	Geen beschikbaar
BE02, Lange Kwikstraat	24	26	19	21	
BE07, Heidestraat	159	127	160	179	

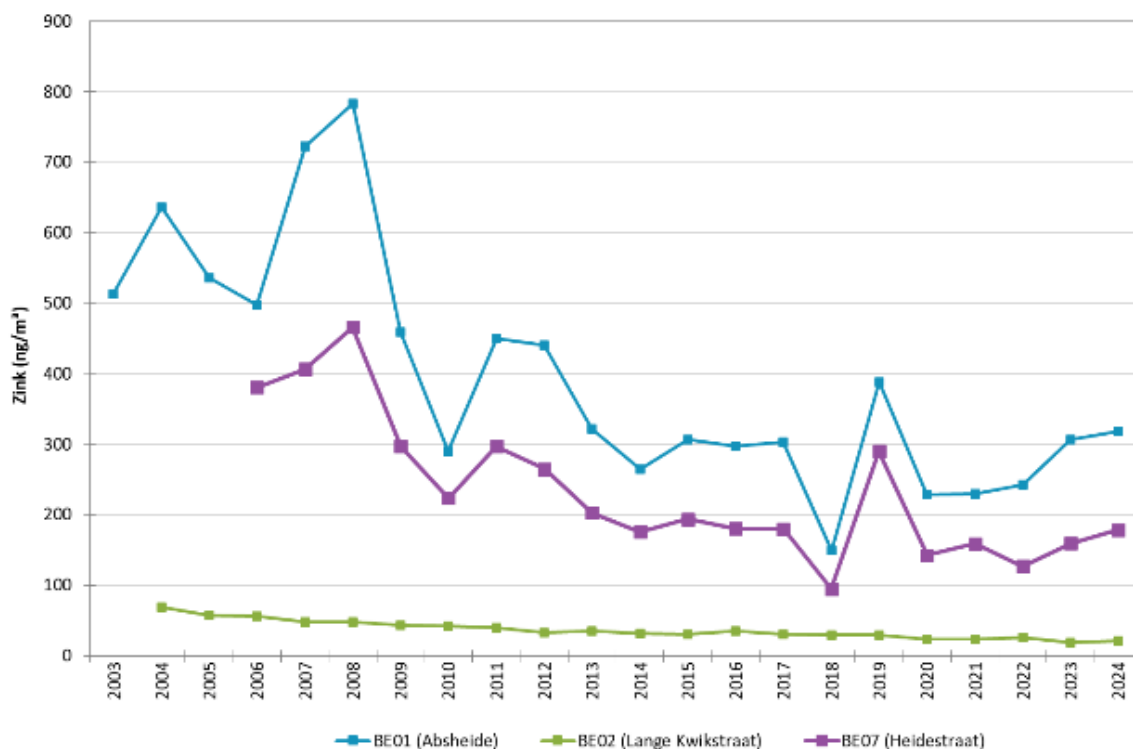
Noch WHO, noch ATSDR, noch EPA heeft een gezondheidkundige toetsingswaarde voor chronische blootstelling aan zink in omgevingslucht afgeleid. Zink is namelijk relatief onschadelijk, tenzij bij zeer hoge concentraties die zich quasi niet voordoen bij milieublootstelling. Ondanks het gebrek aan toetsingswaarden kan men stellen dat, gezien de erg beperkte schadelijkheid van zink, en het niet voorkomen van extreme concentraties in de lucht, er geen gezondheidseffecten te verwachten zijn door zink in Beerse.

2.1.8.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Zink kreeg géén IARC-classificatie van kankerverwekkend vermogen en ook US EPA besluit dat zink niet klasseerbaar is wat kankerverwekkende eigenschappen betreft.

2.1.8.4 Besluit zink

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de zinkconcentraties in PM₁₀-stof weer sinds 2003. De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald. Sinds 2018 is een lichte stijging waarneembaar voor de meetposten Absheide en Heidestraat. Zoals reeds eerder aangegeven, werd geen gezondheidkundige toetsingswaarde (en dus ook geen gezondheidkundige advieswaarde) voor chronische blootstelling aan zink in omgevingslucht afgeleid. Er worden geen gezondheidseffecten verwacht door zink in Beerse.



Grafiek 7: Evolutie van de jaargemiddelde zinkconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten) (bron: VMM). Er is geen gezondheidkundige toetsingswaarde voor zink beschikbaar.

2.1.9 Antimoon

2.1.9.1 Blootstelling

Antimoon (Sb) komt van nature voor in de aardkorst en wordt in kleine hoeveelheden teruggevonden in onze bodem, water en lucht. Via inademing, huidcontact, water- en voedselopname kan de mens in contact komen met één van de vormen van antimoon. De concentraties in de omgeving zijn veelal laag en vaak niet meetbaar.

2.1.9.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Via toepassing van een standaard-analyse in 2019, zoals beschreven in het protocol selectie gezondheidkundige toetsingswaarden, werd de gezondheidkundige toetsingswaarde voor antimoon van ATSDR (2017) als meest geschikt geselecteerd, omdat deze de meest recente is.

Tabel 16: Vergelijking VMM-meetresultaten met gezondheidkundige advieswaarde antimoon.

Meetplaats	[Sb in fijn stof] (ng/m ³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige advieswaarde niet-kankereffecten ATSDR (2017)
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	3	4	2	3	300 ng/m ³
BE02, Lange Kwikstraat	11	17	10	12	
BE07, Heidestraat	5	4	2	3	

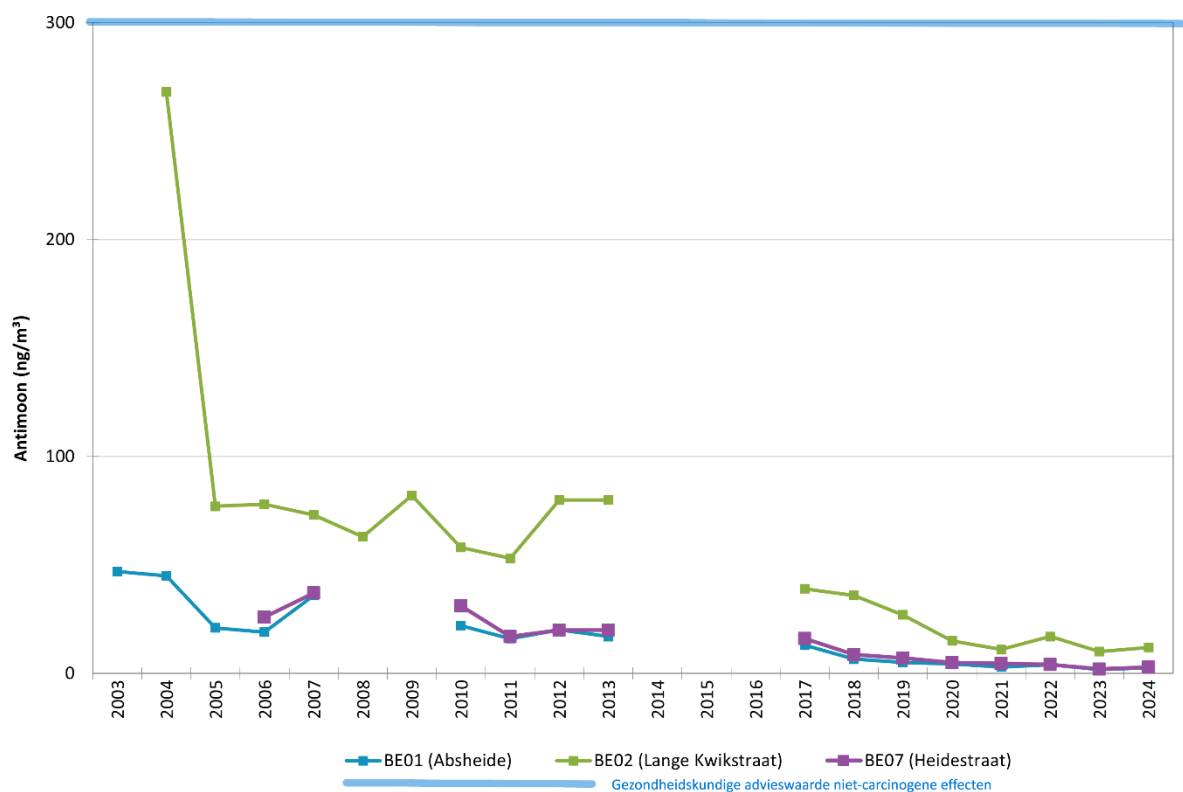
De gemeten concentraties in de meetposten in Beerse variëren sterk mede door de meetonzekerheid en liggen een factor 17-150 lager dan de gezondheidkundige advieswaarde van ATSDR. Dit betekent dat potentiële chronische effecten van antimoon zoals oogirritatie, hart- en longproblemen, haarverlies en vruchtbaarheidsproblemen niet zullen optreden. Dergelijke symptomen treden pas op bij hoge blootstelling (bv. beroepsmatig).

2.1.9.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Het IARC heeft antimoon niet geëvalueerd en US EPA stelt dat antimoon niet klasseerbaar is voor wat zijn kankerverwekkend vermogen betreft. Enkel ECHA en NTP vermelden de mogelijke carcinogeniteit, maar er werd door geen enkele instantie een toetsingswaarde afgeleid voor carcinogene effecten.

2.1.9.4 Besluit antimoon

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de antimoonconcentraties in PM₁₀-stof weer sinds 2003. De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald. De GAW wordt in alle meetposten over de volledige periode nergens overschreden voor niet-carcinogene effecten. De waarden liggen ruimschoots onder de GAW van 300 ng/m³. Niet-carcinogene gezondheidseffecten kunnen dan ook uitgesloten worden.



Grafiek 8: Evolutie van de jaargemiddelde antimoonconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten) (bron: VMM). De blauwe lijn geeft de gezondheidkundige advieswaarde voor niet-carcinogene effecten weer; onder die lijn worden er geen niet-carcinogene effecten verwacht.

2.1.10 Koper

2.1.10.1 Blootstelling

Koper (Cu) komt van nature voor in het milieu: in gesteente, in water, in bodem en in lucht. Het is net als zink, mangaan en chroom³⁺ een essentieel element voor de mens. Vervuiling met koper komt voor rond stortplaatsen en rond sommige industrie zoals afvalverwerking, kopersmelterijen, koperraffinaderijen,

2.1.10.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Tabel 17: Vergelijking VMM-meetresultaten met de gezondheidkundige toetsingswaarde koper.

Meetplaats	[Cu in fijn stof] (ng/m³) jaargemiddelde				Gezondheidkundige toetsingswaarde niet-kankereffecten
	2021	2022	2023	2024	
BE01, Absheide	70	82	104	84	Geen beschikbaar
BE02, Lange Kwikstraat	8	10	9	8	
BE07, Heidestraat	54	59	73	61	

Noch WHO, noch ATSDR, noch US EPA heeft een gezondheidkundige toetsingswaarde voor chronische blootstelling aan koper in omgevingslucht afgeleid. Dit heeft te maken met de relatieve onschadelijkheid van koper bij milieublootstellingen. Enkel bij erg hoge concentraties die accidenteel kunnen optreden bij werknemers van hogervermelde industrie zullen gezondheidseffecten optreden. Ondanks het gebrek aan toetsingswaarden kan men stellen dat, gezien de erg beperkte schadelijkheid van koper, en het niet

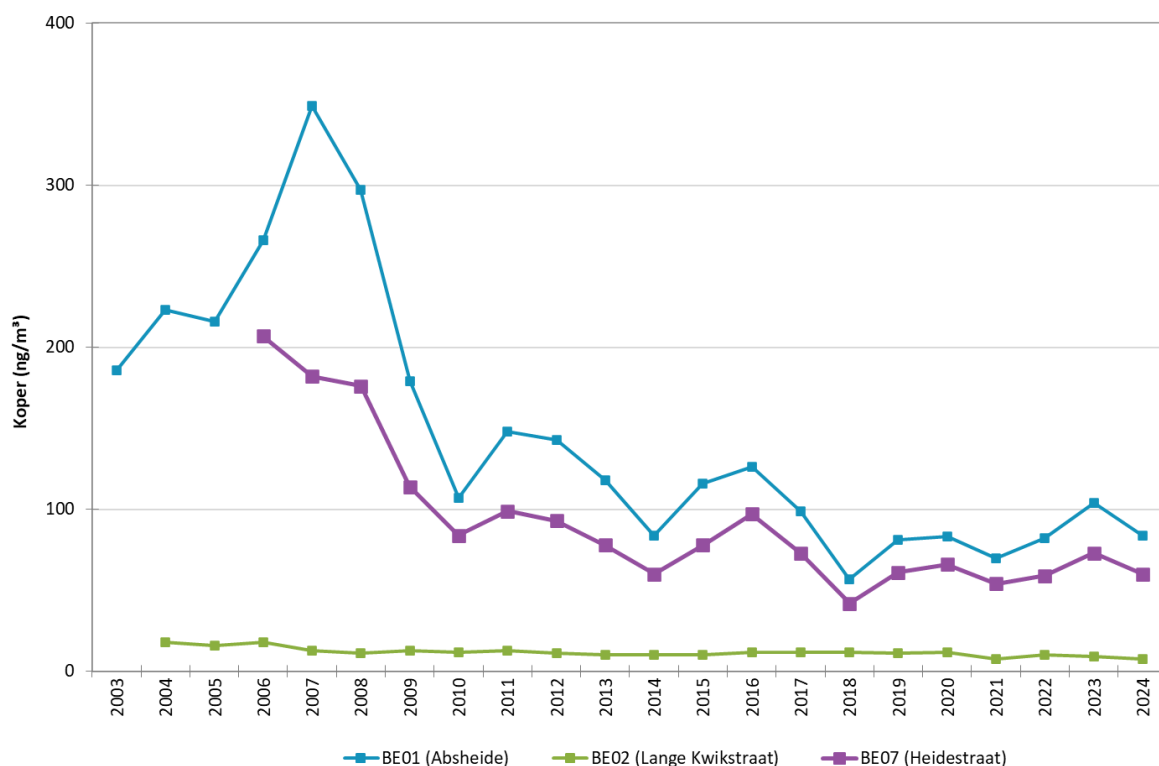
voorkomen van extreme concentraties in de lucht, er geen gezondheidseffecten ten gevolge van blootstelling aan koper te verwachten zijn bij de gemeten concentraties in Beerse.

2.1.10.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Koper kreeg ook geen IARC-classificatie van kankerverwekkend vermogen en ook US EPA besluit dat koper niet klasseerbaar is wat kankerverwekkende eigenschappen betreft.

2.1.10.4 Besluit koper

Onderstaande grafiek geeft de evolutie van de koperconcentraties in PM₁₀-stof weer sinds 2003. De jaargemiddelden zijn doorheen de tijd gedaald. Zoals reeds eerder aangegeven, werd geen gezondheidkundige toetsingswaarde (en dus ook geen gezondheidkundige advieswaarde) voor chronische blootstelling aan koper in omgevingslucht afgeleid. Er worden geen gezondheidseffecten verwacht door koper in Beerse.



Grafiek 9: Evolutie van de jaargemiddelde koperconcentratie in PM₁₀-stof in Beerse (3 meetposten) (bron: VMM). Er is geen gezondheidkundige toetsingswaarde voor koper beschikbaar.

2.2 DEPOSITIE VAN DIOXINES EN DIOXINEACHTIGE PCB

2.2.1 Beschrijving en omschrijving van de blootstelling

Dioxines is een verzamelnaam voor 210 scheikundige stoffen waaronder enkel toxische. Dioxines ontstaan als bijproduct bij onvolledige verbranding. Dit kan bij natuurlijke processen, maar ook door menselijke activiteit. De dioxine-uitstoot die bij afvalverbrandingsovens en industrie vrijkomt, is de laatste decennia sterk gedaald, waardoor nu vooral de huishoudens door hout- en andere verwarming, opstoken van groenafval en/of huishoudelijk afval verantwoordelijk zijn voor de hoogste dioxine-uitstoot in Vlaanderen.

Polychloorbifenylen (PCB's) zijn gehalogeneerde aromatische koolwaterstoffen; 12 van de 209 zijn toxisch en omdat deze op dezelfde manier als dioxines aan cellen binden, worden ze ook dioxineachtige PCB genoemd (DL-PCB). PCB 126 is de meest toxische. PCB's werden tot 1985 geproduceerd om te gebruiken in o.a. transformatoren en condensatoren. Lokaal kunnen schrootverwerkende bedrijven een belangrijke bron van dioxines en PCB's zijn.

Het zijn de 17 meest toxische dioxines die samen met de DL-PCB gemeten worden, en het resultaat wordt uitgedrukt in TEQ/m².dag. Het zijn beiden persisterende organische pollutanten die kunnen opstapelen in de voedselketen.

2.2.2 Risico-inschatting niet-kankereffecten bij chronische blootstelling

Voor dioxines en PCB's is de cumulatieve blootstelling belangrijker dan de acute blootstelling, omdat deze stoffen zich opstapelen in het lichaam. Blootstelling aan dioxines en PCB's kan aanleiding geven tot verstoorde weerstand, verstoorde ontwikkeling van o.a. het zenuwstelsel, hormoonniveaus (schildklier, steroidhormonen) en stoornissen van de voortplanting. Kinderen en zeker zuigelingen die borstvoeding krijgen, zijn de gevoeligste groep.

Gezondheidskundige toetsingswaarden

Internationale instanties zoals de WHO, US EPA en ATSDR hebben geen luchtkwaliteitswaarden voor dioxines en DL-PCB's in de lucht of in depositie neervallend stof, omdat directe inhalatie maar een klein deel uitmaakt van de totale blootstelling. Het overgrote deel komt in de mens terecht via voeding, zoals via vette vis, volle melk en melkproducten, vet vlees, waarin het zich opstapelt. Bij verschillende instanties zijn er daarom wel toetsingswaarden voor de maximaal toelaatbare inname van dioxines en PCB's per maand in voeding, zoals van JECFA, US EPA en WHO. De depositie-meetresultaten kunnen daaraan echter niet rechtstreeks getoetst worden.

Om toch te kunnen aftoetsen, liet de VMM door VITO een toetsingswaarde berekenen, afgeleid van de maximale hoeveelheid dioxines en dioxine-achtige PCB's (DL-PCB's) die men wekelijks mag innemen via voeding volgens de advieswaarde van het Europees Wetenschappelijk Comité voor menselijke voeding. De hiervan afgeleide **maandgemiddelde drempelwaarde** voor depositie is **21 pg TEQ/(m².dag)** voor de som van dioxines en DL-PCB's. De **jaargemiddelde drempelwaarde t.e.m. 2023** voor depositie bedroeg **8,2 pg TEQ_{WGO1998}/(m².dag)**. Deze drempelwaarden gelden voor woonzones en agrarische gebieden, omdat ze beide een link hebben met de voedselketen.

Vanaf 2024 geldt volgende jaardrempel voor andere locaties dan industriegebied, waarmee in dit rapport rekening mee dient worden gehouden: **6,3 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag)**⁹. Deze jaardrempel, tezamen met de jaardrempels in industriegebied, zijn een maatregel uit het '[Actieplan Dioxines/PCB's](#)'. Uit de herziening van de VMM-drempelwaarden bleek dat de achtergrondblootstelling in Vlaanderen reeds zorgt voor een overschrijding van de nieuwe gezondheidskundige advieswaarde¹⁰ van 2 pg TEQ_{WGO2005}/(kg lichaamsgewicht.week): er kan geen veilige drempelwaarde voor depositie afgeleid worden. Daarom kiest de

⁹ Deze drempelwaarde daalt naar 4,3 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag) in 2030.

¹⁰ Gebaseerd op het advies van het Europese Voedselagentschap uit 2018.

VMM ervoor om zo laag mogelijke haalbare drempelwaarden in te voeren, én ernaast beleid te voeren om de achtergrondblootstelling in Vlaanderen te doen dalen. In vergelijking met de VMM toetst het Departement Zorg uit voorzorg af aan eenzelfde waarde, namelijk 6,3 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag), ongeacht de locatie van de meetpost in woonzone, agrarisch gebied of industrieel gebied ligt.

Tabel 18: VMM-metresultaten dioxines en DL-PCB's ter hoogte van meetpost BE01 Absheide in de periode 2021-2024.

BE01, Absheide	pg TEQ _{WGO1998} /(m ² .dag)			pg TEQ _{WGO2022} /(m ² .dag)
	2021	2022	2023	2024
jaardrempel	8,2			6,3
som 17 dioxines + 12 DL-PCB's	8,1	14,2	12,2	7,0
som 17 dioxines	6,4	6,7	8,4	6,0
som 12 DL-PCB's	1,7	7,5	3,8	1,0

Uit de metingen van 2022 en 2023 blijkt dat in het neervallend stof op de meetpost de jaargemiddelde drempelwaarde van 8,2 pg TEQ/(m².dag) voor dioxines en PCB's werd overschreden (TEQ = toxisch equivalent). In 2021 heeft er geen overschrijding plaatsgevonden. De jaargemiddelde in 2024 overschrijdt de verstrengde afgeleide toetsingswaarde van 6,3 pg TEQ/(m².dag). Het beoordelen van het jaarlijkse gemiddelde heeft een indicatief karakter, omdat de VMM niet het hele jaar door metingen uitvoert (slechts gedurende zes maanden per jaar).

Uit voorzorg wordt aan de bewoners tot op 1 km van de meetpost Absheide, waar de verhoogde waarde werd gemeten, aangeraden:

- geen eieren van eigen scharreלקippen te eten, omdat deze stoffen zich kunnen opstapelen in eieren.
- groenten en fruit uit eigen tuin goed te wassen, buitenste bladeren of schil te verwijderen met specifieke aandacht voor de komkommerfamilie (zoals komkommer, meloen, pompoen, courgette...), omdat dioxines en PCB's in hun schil worden opgenomen.

2.2.3 Risico-inschatting kankereffecten bij chronische blootstelling

Het IARC klasseert TCDD¹¹ in groep 1 (bewezen kankerverwekkend voor mensen), en sommige andere dioxines in de niet-klasseerbare groep (groep 3). PCB's worden als groep geklasseerd in groep 2A, dus als waarschijnlijk kankerverwekkend voor mensen. Recent klasseerde het IARC 2 specifieke PCB's ook in groep 1. Bijzonder is dat dioxines en PCB's niet-genotoxische carcinogenen zijn, en dat men er van uitgaat dat er voor het ontstaan van kanker door dioxines en PCB's een drempelwaarde bestaat. De getolereerde maximale intake die de WHO vooropstelt (70 pg/kg LG/maand voor PCDD¹², PCDF¹³ en coplanaire PCB uitgedrukt als TEF, toxische equivalentiefactor) wordt als voldoende laag beschouwd om ook te beschermen voor kanker (WHO, 2010). De depositieresultaten van VMM kunnen hier echter niet rechtstreeks aan getoetst worden.

¹¹ 2,3,7,8-tetrachloordibenzodioxine

¹² polychloordibenzodioxines

¹³ polychloordibenzofuranen

3 (VOLKS)GEZONDHEIDSKUNDIGE INTERPRETATIE VOOR COMBINATIE VAN STOFFEN

Meestal wordt in een milieugezondheidskundige risicoanalyse enkel stof per stof gekeken of er al dan niet een probleem verwacht wordt voor de (volks)gezondheid. In het “echte leven” worden mensen echter blootgesteld aan een mengsel van vervuilende stoffen. Dit kan een invloed hebben op het effect van de blootstelling op de gezondheid. Een stof-per-stof aanpak kan de risico's van gecombineerde blootstelling in sommige gevallen onderschatten, zeker wanneer verschillende pollutanten gezamenlijk effecten uitoefenen op hetzelfde orgaan(systeem).

In opdracht van het Departement Zorg werd door VITO in 2014 een tool ontwikkeld om te screenen naar effecten van gecombineerde blootstelling. Deze Tool Gecombineerde Blootstelling is vooral nuttig indien bij stof-per-stof aanpak geen gezondheidseffecten verwacht worden. De tool is gebaseerd op de benadering van de WHO-IPCS (International Program on Chemical Safety) voor de beoordeling van mengseltoxiciteit. De tool situeert zich in de screeningsfase die rekening houdt met gemeenschappelijke gezondheidseffecten van stressoren in mengsels, zonder evenwel rekening te houden met overeenkomsten in werkingsmechanismes van de gezondheidseffecten. Dit wordt beschouwd als een voorzichtige benadering. Deze tool kreeg begin 2020 een update; de meest recente versie van de tool werd gebruikt.

Voor Beerse werd gescreend naar effecten door gecombineerde blootstelling aan volgende stoffen¹⁴:

- Arseen (anorganisch)
- Cadmium
- Chroom⁶⁺ (aandeel van 5,3% t.o.v. totaal chroom)
- Lood
- Mangaan
- Nikkel

De resultaten van meetpost BE01 (Absheide) in 2024 werden gebruikt daar deze globaal de hoogste waren ten opzichte van de andere meetposten en ten opzichte van 2021, 2022 en 2023.

Net zoals bij een stof-per-stof aanpak worden ook bij het screenen naar effecten door gecombineerde blootstelling de niet-drempel effecten en de drempel effecten apart beschouwd.

3.1 SCREENING NAAR NIET-CARCINOGENE EFFECTEN DOOR DE COMBINATIE VAN BLOOTSTELLING

3.1.1 Screeningsresultaat Tool Gecombineerde Blootstelling

Om overeenkomsten in gezondheidseffecten van stoffen in een mengsel te bepalen, moet er per stof bepaald worden wat de kritische¹⁵ en subkritische¹⁶ effecten zijn. De Tool Gecombineerde Blootstelling (VITO) gebruikt voornamelijk de (sub)kritische effecten uit de toxicologische profielen van ATSDR.

¹⁴ Fijn stof is niet in de Tool Gecombineerde Blootstelling opgenomen, omdat dit zou leiden tot een overschatting/dubbeltelling van de blootstelling aan bv. (zware) metalen in fijn stof; Dioxines en PCB's kunnen enkel via waarden voor orale inname in de tool worden meegenomen. De depositiewaarden omrekenen, is complex en heeft een grote onzekerheid.

¹⁵ Kritische effecten zijn effecten waarop de effecten voorkomen vanaf een lagere dosis dan andere effecten; referentiewaarden zijn meestal gebaseerd op de laagste dosis waarbij het kritisch effect geaffecteerd wordt; deze informatie kan gemakkelijk teruggevonden worden in de documenten die de afleiding van referentiewaarden beschrijven.

¹⁶ Subkritische effecten zijn effecten die vanaf een licht hogere dosis geaffecteerd worden, dan de kritische effecten. Het is echter belangrijk om ook informatie over subkritische effecten mee te nemen in mengselbeoordeling. Het verwaarlozen van (sub)kritische effecten zou tot een onderschatting van de eindpuntspecifieke HI's kunnen leiden.

Om te screenen op een mogelijk effect door gecombineerde blootstelling aan stoffen berekent de Tool Gecombineerde Blootstelling (VITO) een algemene 'hazard index' voor het mengsel:

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_i \text{ waarbij } HQ_i = \frac{exp_i}{ref_i}$$

De Hazard Index (HI) van een mengsel is de som van de component-specifieke 'Hazard Quotients' (HQ_i). De HQ van een stressor i wordt op zijn beurt berekend als de ratio van de blootstelling (exp_i) over de refentiewaarde (ref_i) van stressor i . Voor stoffen met niet-carcinogene effecten is ref_i de dosis waar beneden geen negatieve effecten te verwachten zijn op menselijke gezondheid (bvb. ATSDR MRL, US EPA RfD of RfC, REACH DNELs, TTC waardes: zie de toetsingswaarden in bovenstaande bespreking per pollutant).

De ref_i is meestal specifiek voor blootstellingsduur (chronisch, acuut) en route (oraal, inademing, dermaal). De tool bevat in zijn huidige versie ref_i waardes voor chronische blootstellingsduur, en dit zowel voor orale als inhalatoire routes.

Met de Hazard Index kan men screenen of er kans is op effecten door gecombineerde blootstelling:

- Indien $HI < 1$ zijn er geen effecten door gecombineerde blootstelling te verwachten.
- Indien $HI > 1$ geeft dit enkel aan dat er **mogelijk** een gezondheidkundig risico kan zijn ten gevolge van blootstelling aan het mengsel; de HI zegt echter niets over de ernst en de aard van de effecten veroorzaakt door de componenten in het mengsel.

Resultaten Beerse

Bij gelijktijdige inhalatoire blootstelling aan hoger vermelde concentraties geeft de Tool Gecombineerde Blootstelling (VITO) een hazard index (HI) groter dan 1 aan. Dit betekent dat, op basis van een eerste screening, gezondheidseffecten door blootstelling aan de combinatie van bovenvermelde stoffen en hun gemeten concentraties niet uit te sluiten zijn.

Voor wat betreft de niet-kankereffecten door de combinatie van blootstelling aan verschillende stoffen geeft de screeningstool aan dat volgende gezondheidseffecten door een gecombineerde blootstelling aan de gemeten concentraties in de omgeving van Beerse niet uit te sluiten zijn:

- renale effecten: Het verhoogde risico op renale effecten (effecten op de nieren) wordt bepaald door inhalatoire blootstelling aan het mengsel cadmium, chroom⁶⁺ en lood. Effecten op de nieren zijn het kritisch effect door blootstelling aan cadmium.
- cardiovasculaire effecten: Het verhoogde risico op de cardiovasculaire effecten wordt bepaald door inhalatoire blootstelling aan het mengsel arseen en lood.
- neurologische effecten: Het verhoogde risico op neurologische effecten wordt bepaald door inhalatoire blootstelling aan het mengsel arseen, mangaan en lood. Deze 3 stoffen hebben als kritisch eindpunt de neurologische effecten.
- effecten op de ontwikkeling: Het verhoogde risico op effecten op de ontwikkeling wordt bepaald door inhalatoire blootstelling aan lood en mangaan.

De blootstelling aan lood draagt het meest (59%) bij aan het risico van het mengsel.

3.1.2 Berekening eindpunt-specifieke Hazard Index

Verfijning op basis van eindpuntspecifieke Ref_i

Naar aanleiding van het resultaat van de Tool Gecombineerde Blootstelling werd het risico op de bovenvermelde 4 niet-kankereffecten verder onderzocht.

Om het risico op de (subkritische) effecten beter in te schatten werd de Target Toxicity Doses methode¹⁷ gebruikt en een eindpuntspecifieke 'hazard index' berekend per niet-kankereffect, m.n. de 'hazard index' voor niet-kankereffecten ($HI_{\text{niet-kankereff}}$):

$$HI (\text{niet} - \text{kankereff}) = \sum_{i=1}^n HQ_i (\text{niet} - \text{kankereff}) \text{ waarbij}$$

$$HQ_i(\text{niet} - \text{kankereff}) = \frac{exp_i}{TTD_i (\text{niet-kankereff})}$$

Deze afgeleide TTD-waarden kunnen per stof hoger zijn dan de toetsingswaarden die in de Tool Gecombineerde Blootstelling (VITO, 2020) worden gebruikt, omdat het niet-kankereffect niet het kritische effect is en dus pas optreedt bij hogere concentraties.

Renale effecten

Op basis van de ATSDR-profielen kunnen renale effecten voorkomen bij inhalatoire blootstelling aan de stoffen cadmium, chroom⁶⁺ en lood. Er werden specifieke toetsingswaarden (zogenaamde TTD-waarden) voor de renale effecten door blootstelling aan deze stoffen afgeleid om de hazard index van het mengsel specifieker te kunnen berekenen.

Dit resulteert in een specifieke hazard index voor het eindpunt renale effecten $HI_{\text{renale}} > 1$ bij een gecombineerde blootstelling aan de gemeten concentraties cadmium, chroom⁶⁺ en lood in de omgeving van Beerse. Renale effecten door blootstelling aan de combinatie van stoffen in de omgeving van Beerse kunnen bijgevolg niet uitgesloten worden.

Cardiovasculaire effecten

Op basis van de ATSDR-profielen kunnen cardiovasculaire effecten voorkomen bij inhalatoire blootstelling aan de stoffen arseen en lood. Er werden specifieke toetsingswaarden (zogenaamde TTD-waarden) voor de cardiovasculaire effecten door blootstelling aan deze stoffen afgeleid om de hazard index van het mengsel specifieker te kunnen berekenen.

Dit resulteert in een specifieke hazard index voor het eindpunt cardiovasculaire effecten $HI_{\text{cardio}} < 1$ bij een gecombineerde blootstelling aan de gemeten concentraties arseen en lood in de omgeving van Beerse. Cardiovasculaire effecten door blootstelling aan de combinatie van stoffen in de omgeving van Beerse worden bijgevolg niet verwacht.

Neurologische effecten

Op basis van de ATSDR-profielen kunnen neurologische effecten voorkomen bij inhalatoire blootstelling aan de stoffen arseen, mangaan en lood. Er werden specifieke toetsingswaarden (zogenaamde TTD-waarden) voor de neurologische effecten door blootstelling aan deze stoffen afgeleid om de hazard index van het mengsel specifieker te kunnen berekenen.

Dit resulteert in een specifieke hazard index voor het eindpunt neurologische effecten $HI_{\text{neur}} > 1$ bij een gecombineerde blootstelling aan de gemeten concentraties arseen, mangaan en lood in de omgeving van Beerse. Neurologische effecten door blootstelling aan de combinatie van stoffen in de omgeving van Beerse kunnen bijgevolg niet uitgesloten worden.

Effecten op ontwikkeling

Op basis van de ATSDR-profielen kunnen effecten op ontwikkeling voorkomen bij inhalatoire blootstelling aan lood (subkritisch effect) en ook zeer beperkt aan mangaan. Er werden specifieke toetsingswaarden (zogenaamde TTD-waarden) voor de ontwikkelingseffecten door blootstelling aan lood en mangaan afgeleid om de eindpuntspecifieke hazard index specifiek te kunnen berekenen.

¹⁷ GUIDANCE FOR THE PREPARATION OF AN INTERACTION PROFILE

Dit resulteert in een specifieke hazard index voor het eindpunt effecten op de ontwikkeling $HI_{ontw} < 1$ bij een blootstelling aan de gemeten concentratie van lood in de omgeving van Beerse. Effecten op ontwikkeling door blootstelling aan de combinatie van stoffen in de omgeving van Beerse worden bijgevolg niet verwacht.

Samengevat:

Er worden geen cardiovasculaire effecten en effecten op de ontwikkeling verwacht door combinatie van de blootstelling aan de verschillende stoffen die gemeten worden in de omgeving van Beerse.

De renale en neurologische effecten door blootstelling aan de combinatie van stoffen in de omgeving van Beerse kunnen niet uitgesloten worden.

3.2 TOTAL CANCER RISK

Het Total Cancer Risk van het mengsel is gebaseerd op het effect-additie principe en wordt berekend als de som van de extra kankerrisico's van de verschillende componenten:

$$\text{Total Cancer Risk} = \sum_{i=1}^n \text{Risk}_i = \sum_{i=1}^n d_i B_i$$

Waarbij Risk_i het risico is, d_i de dosis en B_i een potency parameter (slope factor of unit risk) van de i^{de} carcinogene stof.

In de screening naar de gecombineerde effecten op het individuele kankerrisico kunnen enkel deze stoffen worden geïnccludeerd waar een kwantitatieve risicomaat voor bestaat: nikkel, anorganisch arseen, cadmium en chroom⁶⁺. De resultaten van meetpost Absheide in 2024 werden ingevoerd daar deze globaal de hoogste waren. Voor chroom⁶⁺ werd voorzichtigheidshalve uitgegaan van een aandeel van 5,3% Cr⁶⁺ in het totaal chroom.

Het totale extra kanker risico bij levenslange blootstelling aan nikkel, arseen, cadmium en chroom⁶⁺ was bij de gemeten concentraties in Beerse zeker niet verwaarloosbaar, maar ook niet onaanvaardbaar hoog. Er moet gestreefd worden naar een daling van de blootstelling aan nikkel, arseen, cadmium en chroom⁶⁺ volgens het ALARA-principe, want bij géén van de parameters is het risico verwaarloosbaar.

Tabel 19: Individueel extra kankerrisico voor Ni, As, Cd, Cr⁶⁺ en gesommeerde risico's (total cancer risk).

	Blootstelling (ng/m ³)	Blootstelling (µg/m ³)	Toetsingswaarde (UR)	Individueel extra kankerrisico
Nikkel	4,5	0,0045	$2,6 \times 10^{-4} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (OEHHA, 2011)	$1,18 \times 10^{-6}$
Arseen (anorganisch)	5,4	0,0054	$1,0 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (DECOS, 2012)	$5,39 \times 10^{-6}$
Cadmium	4,2	0,0042	$1,8 \times 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (US EPA, 1987)	$7,49 \times 10^{-6}$
Chroom ⁶⁺ *	0,17	0,00017	$4 \times 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (WHO, 2000)	$6,61 \times 10^{-6}$
TOTAL CANCER RISK				$20,67 \times 10^{-6}$

* Voor Cr⁶⁺ werd voorzichtigheidshalve uitgegaan van een aandeel van 5,3% Cr⁶⁺ in Cr^{totaal}.

4 VOLKSGEZONDHEIDSKUNDIGE CONCLUSIE

In dit rapport wordt de (volks)gezondheidskundige interpretatie beschreven van de meetresultaten van de Vlaamse Milieumaatschappij voor de periode 2021-2024. De betekenis voor de volksgezondheid wordt nagegaan door enerzijds de concentratie van (zware) metalen in PM₁₀-stof in de 3 meetposten in de woonzones te Beerse te toetsen aan gezondheidskundige advieswaarden (GAW) voor (inhalatoire) blootstelling op lange termijn en anderzijds te screenen naar effecten van gecombineerde blootstelling aan deze stoffen, want in de werkelijkheid worden we aan een mengsel van deze stoffen blootgesteld.

Bij volksgezondheidskundige risico-inschattingen wordt een onderscheid gemaakt tussen eventuele **niet-kankereffecten** én eventuele **kankerrisico's** van lange termijnblootstelling aan een bepaalde stof.

Gezondheidskundig zijn er in Beerse volgende aandachtspunten op basis van de meetresultaten van de Vlaamse Milieumaatschappij in 2021, 2022, 2023 én 2024:

1. Op meetpost Absheide lag de jaargemiddelde loodconcentratie over de periode 2021-2024 boven de gezondheidskundige advieswaarde van 150 ng/m³ (NAAQS van US EPA 2016) voor niet-kankereffecten. Voor meetpost Heidestraat vond in 2023 en 2024 een overschrijding plaats. Enkel op meetpost Lange Kwikstraat lag de concentratie onder de GAW over de gemeten periode. Kinderen zijn het gevoeligste voor lood, met name hun neurologische ontwikkeling wordt bedreigd, waardoor de overschrijding een aandachtspunt blijft vanuit volksgezondheidskundig oogpunt. Voor de volksgezondheid zijn zo laag mogelijke concentraties van lood in fijn stof wenselijk.
2. Arseen, cadmium, chroom⁶⁺, mangaan en nikkel respecteren elk hun respectievelijke gezondheidskundige advieswaarde voor niet-kankereffecten. Bij gelijktijdige inhalatoire blootstelling aan arseen, mangaan én lood zijn neurologische effecten door blootstelling aan de combinatie van deze stoffen in de omgeving van Beerse niet uitgesloten. Hetzelfde geldt voor renale effecten bij gelijktijdige inhalatoire blootstelling aan cadmium, chroom⁶⁺ en lood. Andere niet-kankereffecten (cardiovasculaire effecten en effecten op de ontwikkeling) worden niet verwacht.
3. Voor de blootstelling aan **arseen, cadmium, chroom⁶⁺ en nikkel** is het extra individueel kankerrisico in de woonzones op geen enkele van de 3 meetposten onaanvaardbaar, maar ook niet verwaarloosbaar (op enkele uitzonderingen na een "quasi nul" gezondheidseffect). De berekende extra individuele risico's op kanker door levenslange blootstelling zijn immers hoger dan 1 op 1 miljoen (10⁻⁶), wat als grens voor gezondheidskundig verwaarloosbaar wordt gehanteerd. De berekende risico's zijn echter niet hoger dan 1 op 10.000 (10⁻⁴), hetgeen algemeen als grens voor gezondheidskundig onaanvaardbaar (buiten de arbeidssituatie) wordt gehanteerd. **Het is gezondheidskundig aangewezen om de inspanningen om de emissies en immissies te doen dalen verder te zetten en zo te streven naar een daling van het extra risico op longkanker volgens het zo laag als redelijkerwijze haalbaar principe (ALARA: As Low As Reasonably Achievable).**
4. In 2022 en 2023 wordt de jaargemiddelde drempelwaarde voor depositie van dioxines en dioxineachtige PCB's overschreden. De drempelwaarde van 8,2 pg TEQ_{WGO1998}/(m².dag) gold t.e.m. 2023 voor woonzones en agrarische gebieden, omdat ze beide een link hebben met de voedselketen. Vanaf 2024 geldt voor de aftoetsing een verstrengde jaardrempel van 6,3 pg TEQ_{WGO2022}/(m².dag) voor andere locaties dan industriegebied en ook daar werd een overschrijding vastgesteld. In vergelijking met de VMM toetst het Departement Zorg uit voorzorg af aan eenzelfde waarde, ongeacht de locatie van de meetpost in woonzone, agrarisch gebied of industrieel gebied. Aangezien voeding de belangrijkste blootstellingsroute is voor de mens, en omwille van de overschrijdingen wordt de omwonenden tot op 1 km van de meetpost Absheide aangeraden om geen eieren van eigen scharreלקippen te eten én groenten en fruit uit eigen tuin goed te wassen, buitenste bladeren of schil te verwijderen met specifieke

aandacht voor de komkommerfamilie (zoals komkommer, meloen, pompoen, courgette...), omdat dioxines en PCB's in hun schil worden opgenomen.

Preventietips om de blootstelling aan (zware) metalen te beperken zijn terug te vinden via de volgende link:
<https://www.departementzorg.be/nl/mgag-beerse-0>