

# **Bijdragen van beroepsmatige blootstellingen aan kanker in Nederland**

TNO2025 R10144 – 17 januari 2025

## Bijdragen van beroepsmatige blootstellingen aan kanker in Nederland

Auteurs	T.O.E. de Crom I. Eekhout C. Ge A. Pronk C. Lanting E. Lebbink
Rubricering rapport	TNO Public
Aantal pagina's	46 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	2
Oprachtgever	KWF Kankerbestrijding

### **Alle rechten voorbehouden**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2025 TNO

# Samenvatting

## Inleiding

### *Doel van het onderzoek*

Diverse beroepsmatige blootstellingen zijn kankerverwekkend, maar het is onbekend hoeveel deze blootstellingen precies bijdragen aan het totale aantal nieuwe kankergevallen in Nederland. Om effectief preventieve maatregelen te kunnen nemen, is inzicht in deze impact cruciaal. In dit onderzoek berekenden we wat de jaarlijkse kankerlast is van beroepsmatige blootstellingen in Nederland.

### *Uitkomsten*

We schatten percentages en absolute aantallen kanker die in het peiljaar 2021 konden worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstelling.

## Methode

### *Bestudeerde beroepsmatige blootstellingen en kankersoorten*

We hebben ons gericht op beroepsmatige blootstellingen die aan twee criteria voldeden. Ten eerste moesten deze door het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek (IARC) geclassificeerd zijn als bewezen kankerverwekkend (groep 1 carcinogeen). Ten tweede moesten ze in een eerdere landelijke studie in Groot-Brittannië geïdentificeerd zijn als een blootstelling met een hoge kankerlast. Op basis van deze criteria hebben we vier kankerverwekkende beroepsmatige blootstellingen geselecteerd om mee te nemen in het onderzoek—namelijk asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies en UV-straling van zonlicht—en twee beroepen met hoge blootstellingsrisico's—namelijk schilder en lasser. Deze beroepen zijn specifiek meegenomen omdat ze een breed scala aan kankerverwekkende blootstellingen omvatten, die niet tot één specifieke stof te herleiden zijn. Deze blootstellingen en beroepen worden in dit rapport samengevat onder de term “beroepsmatige blootstellingen”.

Wat betreft de kankersoorten hebben we ons uitsluitend gericht op soorten waarvoor de IARC heeft geconcludeerd dat er voldoende bewijs is dat deze door de geselecteerde blootstellingen worden veroorzaakt. Deze kankersoorten zijn longkanker, eierstokkanker, mesothelioom, niet-melanoom huidkanker, strottenhoofdkanker, blaaskanker en melanoom van het oog.

### *Populatie-attributieve fractie*

De percentages kankergevallen die konden worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstelling (ook wel populatie-attributieve fracties, PAF's, genoemd) werden berekend per beroepsmatige blootstelling-kankertypetcombinatie, per geslacht en per 10-jaars leeftijdsklasse. Vervolgens werden alle afzonderlijke PAF's gecombineerd om de PAF te bepalen van het totale aantal gevallen van kanker. Absolute aantallen kankergevallen die toe te schrijven zijn aan beroepsmatige blootstellingen werden berekend door de PAF's te vermenigvuldigen met het aantal nieuwe diagnoses per kankertype in het peiljaar 2021.

### *Benodigde gegevens*

PAF's werden berekend op basis van de proportie van de populatie die beroepsmatig aan de carcinogenen is blootgesteld en het relatieve risico (RR), dat de sterkte van het verband tussen de blootstelling en het ontstaan van kanker weergeeft. Voor het berekenen van de absolute aantallen is het aantal nieuwe diagnoses nodig van de bestudeerde kankersoorten en van alle kanker in het peiljaar 2021.

### *Gegevensverzameling*

De proportie van de Nederlandse bevolking die was blootgesteld aan de geselecteerde beroepsmatige blootstellingen, werd per geslacht en 10-jaar leeftijdsklasse geschat op basis van gegevens uit de Nederlandse Volkstelling uit 1971 en de Enquête Beroepsbevolking van het Centraal Bureau voor de Statistiek. Deze gegevens werden gebruikt om vast te stellen in welke beroepen mensen hebben gewerkt, waarna aan deze beroepen blootstellingen zijn gekoppeld. Hiervoor werden systematische methodes gebruikt waarbij, op basis van bestaande kennis en expertbeoordelingen, typische blootstellingsniveaus worden toegewezen aan specifieke beroepen. Vervolgens werd in de internationale wetenschappelijke literatuur gezocht naar gegevens over de sterkte van het verband tussen beroepsmatige blootstelling en het ontstaan van kanker. Het aantal jaarlijkse nieuwe diagnoses van de bestudeerde kankertypes en van alle kanker werd verkregen uit de Nederlandse Kankerregistratie. Onder het totaal van alle kankersoorten verstaan wij, volgens de definitie van de Nederlandse Kankerregistratie, alle invasieve kankers, exclusief basaalcelcarcinoom van de huid. Basaalcelcarcinomen werden apart gerapporteerd, omdat deze vaak in de eerstelijnszorg worden behandeld, zelden levensbedreigend zijn en daardoor niet volledig worden geregistreerd.

## Resultaten

Een gedetailleerd overzicht van alle in dit onderzoek gebruikte data en de resultaten zijn online beschikbaar via de volgende link: [Supplemental tables](#). Voor een meer visuele weergave van de resultaten is een interactief dashboard beschikbaar via de volgende link: [Interactief Dashboard](#).

In 2021 werden 126.717 nieuwe kankerdiagnoses geregistreerd onder Nederlanders van 25 jaar en ouder, waarvan 67.093 bij mannen en 59.624 bij vrouwen. Dit omvat alle invasieve kankers, exclusief basaalcelcarcinoom van de huid. Van het totaal konden naar schatting 3.932 kankerdiagnoses (3,1%) worden toegeschreven aan de onderzochte beroepsmatige blootstellingen, met een aanmerkelijk hoger risico bij mannen (5,4%) dan bij vrouwen (0,5%).

Van de zes bestudeerde beroepsmatige blootstellingen droeg blootstelling aan UV-straling van zonlicht het hoogste aantal kankergevallen bij. Dit leidde in 2021 tot 1.720 diagnoses van plaveiselcelcarcinoom van de huid (1,4% van het totaal aantal invasieve kankers), naast 3.111 diagnoses van basaalcelcarcinoom van de huid, die niet in het totaal zijn opgenomen. Na UV-straling draagt asbest aan de meeste gevallen bij, met 1.406 diagnoses (1,1% van het totale aantal invasieve kankers), waaronder 925 gevallen van longkanker, 463 van mesothelioom, 10 van eierstokkanker en 9 van strottenhoofdskanker. Hierna volgden blootstelling bij schilders, met 156 longkankerdiagnoses en 83 blaaskankerdiagnoses (0,2% van het totale aantal invasieve kankers), lassers met 201 longkankerdiagnoses en 11 diagnoses van melanoom van het oog (0,2% van het totale aantal invasieve kankers), kristallijn silica met 233 longkankerdiagnoses (0,2% van het totale aantal invasieve kankers), en dieselmotoremissies met 187 longkankerdiagnoses (0,2% van het totale aantal invasieve kankers).

## Beschouwing

Beroepsmatige blootstellingen dragen bij aan de totale kankerlast in Nederland, waarbij UV-straling van zonlicht en asbest de belangrijkste veroorzakers zijn onder de zes onderzochte blootstellingen. De kankerlast door beroepsmatige blootstellingen was bij mannen aanzienlijk hoger dan bij vrouwen, wat verklaard kan worden doordat mannen vaker werkzaam zijn in beroepen met blootstelling. Gerichte preventieve interventies in beroepen waar mensen worden blootgesteld bieden een kans om de ziektelast te verlagen.

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	3
Inhoudsopgave .....	6
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>8</b>
1.1 Achtergrond en doel van het onderzoek .....	8
1.2 Uitkomsten .....	8
1.3 Verklarende woordenlijst .....	9
<b>2 Methode .....</b>	<b>10</b>
2.1 Bestudeerde beroepsmatige blootstellingen en kankersoorten .....	10
2.2 Populatie .....	11
2.3 Populatie-attributieve fractie .....	11
2.4 Benodigde gegevens .....	12
2.4.1 Proportie van de populatie dat is blootgesteld .....	12
2.4.2 Relatieve Risico's .....	15
2.4.3 Nieuwe diagnoses per kankertype .....	18
2.5 Combineren van populatie-attributieve fracties .....	18
2.6 Exacte werkwijze per beroepsmatige blootstelling .....	19
2.6.1 Asbest .....	19
2.6.2 Kristallijn silica .....	20
2.6.3 Dieselmotoremissies .....	20
2.6.4 UV-straling van zonlicht .....	20
2.6.5 Schilder .....	21
2.6.6 Lasser .....	22
2.7 Populatie-attributieve fracties opgesplitst in beroepen .....	22
<b>3 Resultaten .....</b>	<b>24</b>
3.1 Asbest .....	25
3.2 Kristallijn silica .....	26
3.3 Dieselmotoremissies .....	26
3.4 UV-straling van zonlicht .....	26
3.5 Schilder .....	27
3.6 Lasser .....	27
<b>4 Beschouwing .....</b>	<b>30</b>
4.1 Vergelijking van risicofactoren voor kanker in Nederland .....	30
4.2 Vergelijking met andere landen .....	31
4.3 Trend .....	32
4.4 Kracht van dit onderzoek .....	33
4.5 Onzekerheden .....	34
4.6 Onvolledig totaalbeeld .....	34
4.7 Overwegingen voor beleidsmakers .....	35
4.8 Conclusie .....	36
<b>5 Dankwoord .....</b>	<b>38</b>
<b>6 Ondertekening .....</b>	<b>40</b>
<b>7 Referenties .....</b>	<b>401</b>

Bijlage A Verklarende woordenlijst.....	45
Bijlage B Beroepsmatige blootstellingen: overzicht en selectiecriteria.....	46

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond en doel van het onderzoek

In 2023 heeft KWF Kankerbestrijding door TNO onderzoek laten uitvoeren naar de bijdrage van de risicofactoren leefstijl, leefomgeving, infecties en reproductieve factoren aan kanker in Nederland (TNO, 2023). Uit dit onderzoek bleek dat in het peiljaar 2019, 34% van alle kankerdiagnoses in Nederland konden worden toegeschreven aan leefstijl (roken, alcoholconsumptie, ongezonde voeding, overgewicht en te weinig bewegen), leefomgeving (UV-straling van zonlicht, fijnstof en radon), infecties (HPV, H. pylori, hepatitis B en C en hiv) en reproductieve factoren (het niet geven van borstvoeding, gebruik van orale anticonceptie en perimenopauzale hormoonsuppletie). Het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek (IARC) heeft daarnaast vastgesteld dat er aannemelijk bewijs is dat ook verschillende beroepsmatige blootstellingen kankerverwekkend zijn (IARC, z.j.).

Volgens schattingen van Doll & Peto uit de jaren zeventig was ongeveer 4% van alle kankersterfte in de Verenigde Staten toe te schrijven aan beroepsmatige blootstellingen (Doll & Peto, 1981). Sindsdien zijn diverse studies uitgevoerd om de impact van beroepsmatige blootstellingen op kanker verder in kaart te brengen. Zo werd in een Britse studie geschat dat in 2005 5,3% van alle kanker in Groot-Brittannië te wijten was aan beroepsmatige blootstellingen, met aanzienlijke verschillen tussen mannen (8,2%) en vrouwen (2,3%) (Rushton et al., 2010). In een Canadese studie werd berekend dat in 2011 tussen de 3,9% en 4,2% van alle kankergevallen te wijten waren aan beroepsmatige blootstellingen (Labreche et al., 2019).

Om effectief preventieve maatregelen te kunnen nemen, is het essentieel om een goed beeld te hebben van de impact van beroepsmatige blootstellingen op kanker binnen Nederland. Dit hangt echter af van de landspecifieke beroepsstructuur, blootstellingsniveaus, wetgeving en arbeidsomstandigheden. Wat voor de Verenigde Staten, het Groot-Brittannië en Canada geldt, is daardoor niet zondermeer van toepassing voor de Nederlandse situatie. Bovendien veranderen beroepen en de aard van werkzaamheden voortdurend. Nieuwe technologieën, automatisering en veranderingen in de industrie zorgen ervoor dat sommige beroepen verdwijnen, terwijl andere ontstaan, met veranderende blootstellingsrisico's als gevolg. Ook worden richtlijnen en wet- en regelgeving rondom blootstellingen op de werkvloer voortdurend aangepast. Kortom: Wat in het verleden relevant was, hoeft dat vandaag de dag of in de toekomst niet meer te zijn. Een landspecifieke en tijdgebonden aanpak is daarom cruciaal om gerichte preventiestrategieën te kunnen ontwikkelen, die aansluiten bij de unieke kenmerken van de arbeidsmarkt en de veranderingen daarin. Daarom heeft KWF Kankerbestrijding TNO gevraagd om onderzoek te doen naar de bijdrage van beroepsmatige blootstellingen aan kanker in Nederland in 2021.

## 1.2 Uitkomsten

In deze studie werd de bijdrage van beroepsmatige blootstellingen aan kanker vastgesteld door het percentage kankergevallen te berekenen dat aan een beroepsmatige blootstelling



toe te schrijven is. Dit percentage wordt in de epidemiologische literatuur aangeduid als de populatie-attributieve fractie (PAF). Daarnaast werden ook de absolute aantallen kankergevallen berekend die toe te schrijven zijn aan beroepsmatige blootstellingen, door de PAF's te vermenigvuldigen met het aantal nieuwe diagnoses per kankertype in het peiljaar 2021.

Berekeningen met betrekking tot sterfte door beroepsmatige blootstellingen zijn in dit onderzoek niet uitgevoerd.

## 1.3 Verklarende woordenlijst

In bijlage A van dit rapport staat een verklarende woordenlijst.

## 2 Methode

### 2.1 Bestudeerde beroepsmatige blootstellingen en kankersoorten

In dit onderzoek hebben we ons gericht op beroepsmatige blootstellingen die door de IARC zijn geclassificeerd als bewezen kankerverwekkend (Groep 1 carcinogeen). Uit deze lijst beroepsmatige blootstellingen hebben we een selectie gemaakt door in een eerdere studie uit Groot-Brittannië te onderzoeken welke blootstellingen de grootste bijdrage leverden aan de kankerlast (Rushton et al., 2010). Hierbij hanteerden we een afkappunt van 150 kankergevallen die konden worden toegeschreven aan de betreffende beroepsmatige blootstelling. Daarnaast hebben we beroepsmatige blootstellingen waarvoor geen geschikte methodes beschikbaar waren om de blootstelling in de Nederlandse populatie op een betrouwbare manier te bepalen uitgesloten. Een overzicht van potentiële beroepsmatige blootstellingen, samen met de overwegingen waarom deze blootstellingen wel of niet in onze studie zijn opgenomen, is samengevat in Bijlage B.

We hebben vier kankerverwekkende beroepsmatige blootstellingen geselecteerd—namelijk asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies en UV-straling van zonlicht—en twee beroepen met verhoogde blootstellingsrisico's—namelijk schilder en lasser. Net als in de Britse studie zijn deze twee beroepen meegenomen in plaats van specifieke kankerverwekkende stoffen waaraan mensen worden blootgesteld binnen deze beroepen, omdat deze beroepen een breed scala aan blootstellingen omvatten die niet tot één enkele stof te herleiden zijn. Zo worden schilders blootgesteld aan verschillende oplosmiddelen, pigmenten en, in sommige gevallen, aan lood en isocyanaten in verf. Lassers worden blootgesteld aan lasrook, een mengsel van verschillende metalen en gassen die kankerverwekkend kunnen zijn, en aan UV-straling die vrijkomt tijdens het lasproces. De onderzochte blootstellingen en beroepen worden in dit rapport samengevat onder de term “beroepsmatige blootstellingen”.

We hebben ons uitsluitend gericht op kankersoorten waarvoor de IARC heeft geconcludeerd dat er voldoende bewijs is dat deze door de geselecteerde blootstellingen worden veroorzaakt. Zo concludeert de IARC dat asbest geassocieerd is met longkanker, eierstokkanker, mesothelioom en strottenhoofdkanker (IARC, 2012). Kristallijn silica (IARC, 2012) en dieselmotoremissies (IARC, 2013) veroorzaken longkanker. UV-straling veroorzaakt niet-melanoomhuidkanker en melanoomhuidkanker (IARC, 1992). Verfgelateerde chemische stoffen, zoals oplosmiddelen, pigmenten en additieven, veroorzaken longkanker en blaaskanker (IARC, 2010). Mesothelioom kan ook worden veroorzaakt door schilderwerkzaamheden, maar dit wordt uitsluitend veroorzaakt door asbest in verfproducten en valt daarom onder blootstelling aan asbest. Tot slot veroorzaakt lasrook longkanker (IARC, 2017) en UV-straling die vrijkomt bij lasprocessen melanoom van het oog (IARC, 2018).

Tabel 1 biedt een overzicht van de combinaties van beroepsmatige blootstellingen en gerelateerde kankersoorten die in dit onderzoek zijn geïncludeerd.

**Tabel 1:** Overzicht van combinaties van beroepsmatige blootstellingen en kankersoorten die meegenomen zijn in het onderzoek.

Kankersoorten	Asbest	Kristallijn silica	Dieselmoto remissies	UV-straling van zonlicht	Schilder	Lasser
Longkanker	X	X	X		X	X
Eierstokkanker	X					
Mesotheliom*	X					
Niet-melanoom huidkanker**				X		
Strottenhoofdkanker	X					
Blaaskanker					X	
Melanoom van het oog						X

\*Hieronder vallen mesotheliom van de pleura (longvlies), peritoneum (buikvlies), pericard (hartzakje), tunica vaginalis (buikvlies van de teelbal).

\*\*Hieronder vallen het basaalcelcarcinoom en het plaveiselcelcarcinoom.

## 2.2 Populatie

Voor dit onderzoek hebben we een schatting gemaakt van de bijdrage van beroepsmatige blootstellingen aan kanker in Nederland voor het peiljaar 2021. Dit is het meest recente jaar waarvoor betrouwbare gegevens beschikbaar zijn over het aantal vastgestelde kankerdiagnoses. Er wordt doorgaans aangenomen dat beroepsmatige blootstellingen een latentietijd van 10 tot 50 jaar hebben, wat betekent dat deze blootstellingen na deze periode tot kanker kunnen leiden.

We hebben in dit onderzoek aangenomen dat personen (mannen en vrouwen) vanaf 15 jaar tot de beroepsbevolking behoren. Hierdoor kan kanker door beroepsmatige blootstelling theoretisch optreden vanaf de leeftijd van 25 jaar. Om die reden hebben alle schattingen, absolute aantallen en percentages in dit rapport betrekking op de kankerincidentie bij mannen en vrouwen van 25 jaar en ouder, woonachtig in Nederland in 2021.

## 2.3 Populatie-attributieve fractie

De PAF wordt berekend op basis van: de proportie ( $p$ ) van de populatie die is blootgesteld aan de risicofactor; en het relatieve risico (RR) dat de sterkte van het verband tussen de blootstelling en het ontstaan van kanker weergeeft.

Voor het berekenen van de PAF's werd de formule van Levin toegepast (Levin, 1953):

$$PAF = 1 - 1/(p \cdot RR)$$

Of in het geval van meerdere blootstelling categorieën of continue blootstellingen:

$$PAF = 1 - 1/(p_0 \cdot RR_0 + p_1 \cdot RR_1 + \dots + p_k \cdot RR_k)$$

Hierbij verwijst  $p_i$  naar het aandeel van de populatie in het peiljaar dat tijdens de relevante blootstellingsperiode is blootgesteld aan blootstellingscategorie  $i$ , inclusief de niet-

blootgestelde categorie ( $p_0$ ), en  $RR_i$  naar het relatieve risico op kanker geassocieerd met die categorie ( $RR_0=1$  voor de niet-blootgestelde referentiegroep).

Het absolute aantal kankergevallen veroorzaakt door de blootstellingen werd berekend door de PAF te vermenigvuldigen met het totale aantal nieuwe kankerdiagnoses in het peiljaar.

## 2.4 Benodigde gegevens

Voor het berekenen van de PAF's en het absolute aantal kankergevallen veroorzaakt door de beroepsmatige blootstellingen in het peiljaar 2021 zijn de volgende gegevens vereist:

- De proportie van de Nederlandse populatie dat tijdens de relevante blootstellingsperiode beroepsmatig werd blootgesteld en in het peiljaar 2021 nog in leven was. Deze gegevens berekenden we afzonderlijk voor mannen, vrouwen en per 10-jaars leeftijdsklasse, en waar mogelijk en relevant uitgesplitst naar de mate van blootstelling ( $p_{1\ t/m\ k}$ ).
- RR's voor alle combinaties van beroepsmatige blootstellingen en kankersoorten, waar mogelijk en relevant uitgesplitst naar de mate van blootstelling ( $RR_{1\ t/m\ k}$ ).
- Absolute aantallen nieuwe diagnoses per kankertype in het peiljaar 2021, eveneens uitgesplitst naar mannen, vrouwen en per 10-jaars leeftijdsklasse.

### 2.4.1 Proportie van de populatie dat is blootgesteld

#### Populatiemodellering

Zoals eerder vermeld, was 2021 als peiljaar genomen om de PAF's te berekenen van verschillende soorten kanker toe te schrijven aan beroepsmatige blootstelling in Nederland. Hierbij werd uitgegaan van een latentietijd van 10 tot 50 jaar, wat overeenkomt met de periode 1971 tot 2011 als relevante blootstellingsperiode.

Om het aandeel van de populatie dat tijdens de relevante blootstellingsperiode werd blootgesteld te berekenen, gebruikte we niet-openbare microdata van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), zoals in meer detail beschreven onder het kopje "Bronnen".

We stelde eerst het aantal werknemers per beroep vast in 1971 (het begin van de relevante blootstellingsperiode). Vervolgens bepaalden we voor alle opeenvolgende jaren tot 2011 (het einde van de blootstellingsperiode) het aantal nieuwe instromers per beroep. Daarna berekenden we op basis van levenstabellen welk percentage van deze personen in het peiljaar 2021 naar alle waarschijnlijkheid nog in leven was. De som van het aantal werknemers in 1971 en het aantal nieuwe instromers per beroep in elk opeenvolgend jaar gaf een schatting van het aantal personen dat tijdens de relevante blootstellingsperiode werkzaam was in het betreffende beroep en nog steeds in leven was in 2021. Deze gegevens dienden als uitgangspunt om blootstelling aan asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies en UV-straling van zonlicht toe te schrijven en om te bepalen hoeveel mensen werkzaam waren in beroepen waarin schilder- of laswerkzaamheden werden uitgevoerd.

Beroepen werden geclassificeerd volgens de International Standard Classification of Occupations (ISCO) codes, een internationaal systeem ontwikkeld door de Internationale

Arbeidsorganisatie (ILO) voor een gestandaardiseerde indeling van beroepen. Dit systeem kent verschillende versies, waaronder ISCO-68, ISCO-88 en ISCO-08, waarbij de nummers verwijzen naar het jaar van introductie (1968, 1988, en 2008). Elke versie weerspiegelt een update om beter aan te sluiten bij de veranderende omstandigheden op de arbeidsmarkt en binnen de beroepsstructuur.

## Bronnen

Voor het vaststellen van het aantal werkers per ISCO code in 1971 werd de Algemene Volkstelling gebruikt, een nationale telling die informatie verzamelt over demografische, economische en sociale kenmerken van de Nederlandse bevolking. Deze volkstelling bevat gegevens over beroepsstatus, gecodeerd volgens een aangepaste versie van ISCO-68 (CBS, 1971).

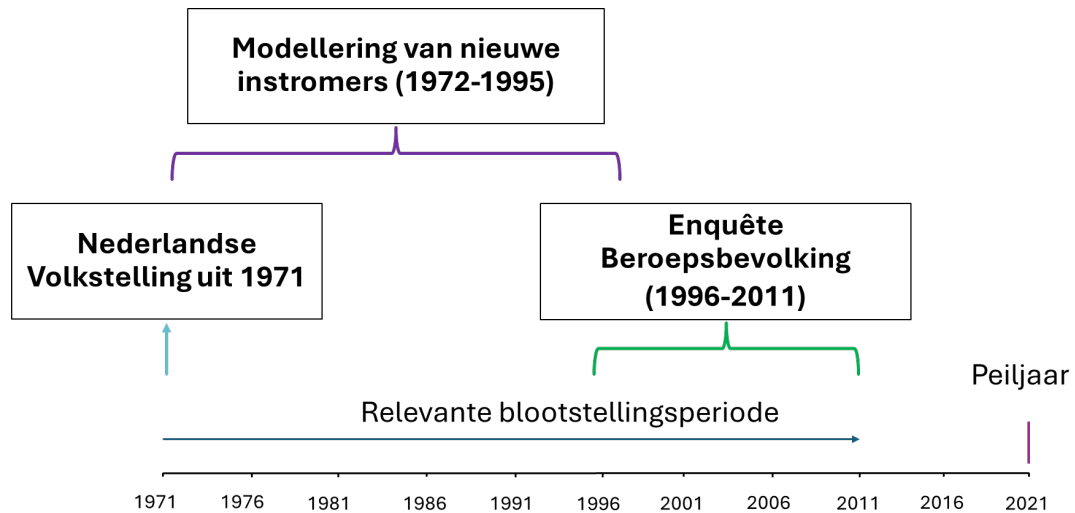
Om het aantal nieuwe instromers te bepalen, werden data gebruikt van de Enquête Beroepsbevolking (EBB), voor de periode 1996-2011 (CBS, 1996-2011). De EBB wordt jaarlijks uitgevoerd onder een representatieve steekproef van de Nederlandse populatie, waarin informatie wordt verzameld over het beroep, gecodeerd in het ISCO-08-formaat, en de aanvangsdatum van de huidige functie van de respondenten. Nieuwe instromers werden bepaald door alleen personen jonger dan 40 jaar mee te nemen, aangezien wisselingen binnen hetzelfde beroep met dezelfde blootstellingen op latere leeftijd meer waarschijnlijk zijn. Met deze aanpak konden we het aantal unieke individuen per ISCO-code berekenen voor de relevante blootstellingsperiode, terwijl het risico op dubbeltellingen binnen dezelfde ISCO-code tot een minimum werd beperkt. Een van de vragen in de EBB luidde: "Sinds welk jaar werkt de persoon in dit beroep?" Deelnemers die aangaven tussen 12 en 24 maanden in de sector te hebben gewerkt, werden beschouwd als nieuwe instromers. Er werd gekozen voor de periode van 12-24 maanden in plaats van de afgelopen 12 maanden, omdat het tijdelijke of proefmedewerkers uitsluit en de schommelingen vermindert die gepaard gaan met seizoensgebonden of kortdurend werk. Hierdoor werd overschatting als gevolg van dubbeltellingen en kortdurende dienstverbanden geminimaliseerd.

Voor de periode 1972 tot 1995 waren er geen gegevens beschikbaar over het aantal werkenden per beroepssector. Om deze ontbrekende gegevens te schatten, pasten we lineaire interpolatie toe op basis van gegevens uit de Algemene Volkstelling van 1971 en de EBB over de periode 1996-2000. De gegevens van de Algemene Volkstelling waren gecodeerd volgens een aangepaste versie van het ISCO-68-formaat, terwijl voor de EBB het ISCO-08-formaat werd gebruikt. Om consistente analyses mogelijk te maken en de interpolatie te ondersteunen, werden de oorspronkelijke ISCO-codes omgezet naar het ISCO-88-formaat. Deze omzetting werd uitgevoerd door een deskundige op het gebied van beroepsclassificatie.

Daarnaast werd het gemiddelde percentage nieuwe instromers per ISCO-code voor de jaren 1996-2000 berekend. Dit gemiddelde percentage werd vervolgens gebruikt om het aantal nieuwe instromers in de jaren zonder gegevens te schatten, door het percentage per ISCO-code te vermenigvuldigen met het geïnterpoleerde aantal werknemers per ISCO-code voor de periode 1972 tot 1995.

Figuur 1 geeft een visueel overzicht van de gebruikte bronnen en de bijbehorende tijdsperiodes voor het bepalen van de proportie van de populatie die gedurende de relevante blootstellingsperiode werkzaam was per ISCO-code.

De kans om in leven te zijn in het peiljaar 2021 werd berekend met behulp van leeftijds- en jaarspecifieke levenstabellen van het CBS (StatLine, 2023). Deze overlevingskansen werden vermenigvuldigd met het geschatte aantal werknemers in 1971 en de nieuwe instromers in de daaropvolgende jaren. Het uiteindelijk gemodelleerde aantal werknemers in de blootstellingsperiode omvatte daarmee alle werknemers uit 1971 en de nieuwe instromers tot en met 2011, mits zij in 2021 nog in leven waren.



**Figuur 1:** Overzicht van gebruikte bronnen en tijdsperiodes voor het bepalen van de proportie van de populatie die gedurende de relevante blootstellingsperiode werkzaam was per ISCO-code.

## Beroepsmatige blootstellingen

Aan de hand van gegevens over het aantal mensen dat binnen een ISCO-code heeft gewerkt tijdens de relevante blootstellingsperiode en nog in leven was in 2021, werd het aantal personen vastgesteld dat blootgesteld was aan beroepsmatige carcinogenen. Onder het kopje "Exacte werkwijze per beroepsmatige blootstelling" wordt uitgebreid beschreven welke methode is gebruikt per blootstelling en hoe deze is toegepast in het onderzoek.

Kort samengevat werd blootstelling aan asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies en UV-straling van zonlicht geschat door gebruik te maken van job-exposure matrices (JEM's), die gekoppeld zijn aan de ISCO-codes. JEM's zijn gestandaardiseerde instrumenten die worden gebruikt om de blootstelling aan gevaarlijke stoffen voor specifieke beroepen te kwantificeren. De gebruikte JEM's voor het classificeren van blootstelling aan asbest en UV-straling resulteerden in een categorische indeling van blootstellingsniveaus. Blootstelling aan asbest werd geclassificeerd in drie categorieën: geen, lage, of hoge blootstelling. Voor UV-straling werd blootstelling ingedeeld in twee categorieën: wel of niet beroepsmatig blootgesteld. Voor blootstelling aan kristallijn silica en dieselmotoremissies werd de cumulatieve blootstelling gemodelleerd. Hierbij koppelen de JEM's beroepen aan geschatte blootstellingsniveaus, waarbij zowel de intensiteit (de concentratie van de stof op de werkplek) als de duur van de blootstelling wordt meegenomen. De cumulatieve blootstelling werd berekend door de gemiddelde jaarlijkse blootstellingsconcentraties, verkregen uit de JEM's, te vermenigvuldigen met de geslachtsspecifieke gemiddelde beroepsduur in jaren. De gegevens over de gemiddelde beroepsduur werden verkregen uit de EBB en waren gebaseerd op de vraag: "Sinds welk jaar

werkt de persoon in dit beroep?”. Aangezien deelnemers de vragenlijst op willekeurige tijdstippen invulden, werd aangenomen dat de gerapporteerde duur gemiddeld halverwege hun totale beroepsduur lag. De beroepsduur per ISCO-code werd berekend door het gemiddelde te nemen van het verschil tussen het aanvangsjaar en het jaar van de afname van de EBB (verzameld tussen 1996 en 2011) en dit te vermenigvuldigen met twee. Om de berekening te verfijnen, werd de beroepsduur begrensd zodat perioden na de relevante blootstellingsperiode buiten beschouwing bleven. Daarnaast werd een pensioenleeftijd van 65 jaar gehanteerd, waarbij de beroepsduur werd bijgesteld indien het verschil tussen de huidige leeftijd en de pensioenleeftijd kleiner was dan de geschatte beroepsduur.

Voor het berekenen van cumulatieve blootstelling werd aangenomen dat alle werknemers fulltime werkten, wat overeenkomt met 40 uur per week. Dit is een gebruikelijke aanname in epidemiologische studies, waarvan de RR's zijn geselecteerd. Door deze aanname over te nemen, sluiten de RR's goed aan bij onze berekeningen. Hoewel de aanname van fulltime werken mogelijk tot een overschatting van de cumulatieve blootstelling leidt, verwachten we geen vertekening in onze kankerlastberekeningen, omdat een vergelijkbare overschatting ook in de RR-berekeningen is meegenomen.

Voor schilders en lassers werd het aantal werkenden geteld binnen geselecteerde ISCO-codes die specifiek deze beroepen representeren. De classificatie werd gebaseerd op expertbeoordelingen. Schilders werden ingedeeld als werkzaam als schilder of niet. Lassers werden geclassificeerd als incidenteel werkzaam, frequent werkzaam, of niet werkzaam als lasser.

## Onderscheid naar leeftijd en geslacht

De prevalentie van beroepsmatige blootstellingen aan carcinogenen verschillen doorgaans aanzienlijk tussen mannen en vrouwen. Dergelijke blootstellingen komen voornamelijk voor in praktische beroepen, die in Nederland vaker door mannen worden uitgeoefend. Hierdoor is de mate van blootstellingen doorgaans hoger bij mannen dan bij vrouwen. Daarnaast varieert de incidentie van verschillende kankersoorten aanzienlijk tussen de geslachten. Zo komt longkanker bijvoorbeeld vaker voor bij mannen, terwijl eierstokkanker uitsluitend bij vrouwen voorkomt. Vanwege deze verschillen werden alle berekeningen in dit onderzoek afzonderlijk uitgevoerd voor mannen en voor vrouwen.

Ook op basis van leeftijd zijn dergelijke verschillen zichtbaar. Cumulatieve blootstelling neemt toe met de leeftijd, omdat de kans op langdurige blootstelling groter wordt, terwijl het risico op kanker eveneens sterk stijgt naarmate men ouder wordt. Voor een nauwkeurige berekening van het aantal nieuwe kankergevallen dat aan een beroepsblootstellingen toe te schrijven is, werd daarom een voor leeftijd gestratificeerde aanpak toegepast met 10-jaars leeftijdsklassen.

## 2.4.2 Relatieve Risico's

De RR's voor de verschillende beroepsmatige blootstelling en kankertypecombinaties werden geselecteerd met als uitgangspunt de RR's uit een recente Canadese studie waarin het aandeel van beroepsmatige blootstellingen aan kanker werd geschat (Labreche et al., 2019). De RR's in deze studie waren gebaseerd op een uitgebreide review van de bestaande

wetenschappelijke literatuur, met voorkeur voor onderzoeken die gebruik maakten van meta-analyses en waarin was gecorrigeerd voor belangrijke confounders.

Voor onze selectie hebben we de Canadese RR's beoordeeld en, waar nodig, vervangen door recentere studies die beter aansluiten bij de Nederlandse situatie. Daarbij gaven we de voorkeur aan studies die dezelfde methode gebruikten om blootstelling te definiëren als in onze studie, zodat de geselecteerde RR's consistent zijn met onze blootstellingsdefinities. Een overzicht van alle geselecteerde RR's voor beroepsmatige blootstelling en kankertypecombinaties, inclusief de onderbouwing van de keuzes, is opgenomen in Tabel 2.

Voor de combinaties asbest en mesothelioom en asbest en longkanker werden geen RR's geselecteerd, omdat een alternatieve methode werd gebruikt om de PAF's te berekenen, zoals in detail beschreven onder het kopje "Asbest" bij "Exacte werkwijze per beroepsmatige blootstelling." Kort samengevat wordt mesothelioom vrijwel uitsluitend veroorzaakt door asbest, met naar schatting 85% van de gevallen bij mannen en 60% bij vrouwen toe te schrijven aan beroepsmatige blootstelling (Labreche et al., 2019). Deze PAF's werden direct toegepast. Voor longkanker door asbest werd een 2:1 verhouding met mesothelioom gehanteerd, waarbij twee gevallen van longkanker per mesothelioomdiagnose worden aangenomen (McCormack et al., 2012). Deze verhouding werd gebruikt om de PAF te berekenen.



**Tabel 2:** Relatieve risico's voor beroepsmatige blootstellingen en kankertypescombinaties

Blootstelling en kankertypescombinatie	Relatief risico*	Referentie	Argumentatie
Asbest: longkanker	Niet van toepassing**		
Asbest: eierstokkanker	1,79 voor zowel hoge als lage blootstelling	Turati et al., 2023	De RR voor deze combinatie werden niet gerapporteerd in de studie van Labreche et al. (2019). Deze studie is een van de weinige systematische reviews en meta-analyses voor deze blootstelling-kankertypescombinatie. De studie omvatte gegevens uit 20 studiepopulaties, waarvan 16 afkomstig uit Europa.
Asbest: mesothelioom	Niet van toepassing**		
Asbest: strottenhoofd­kanker	1,38 voor hoge blootstelling 1,00 voor lage blootstelling	Brown et al., 2012	Deze blootstelling-kankertypescombinatie is niet onderzocht door Labreche et al. (2019). De RR zijn afkomstig uit een meta-analyse van negen patiënt-controle studies (acht populatiegebaseerde en één industriegebaseerde studie uit Europa en de Verenigde Staten), waarin is gecorrigeerd voor tabaks- en alcoholgebruik.
Dieselmotoremissies: longkanker	1,00034 per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ toename over de duur van één jaar.	Ge et al., 2020	De geselecteerde RR is afkomstig uit een studie die de cumulatieve beroepsmatige blootstelling aan dieselmotoremissies onderzocht, waarbij dezelfde methodologie werd gebruikt om blootstelling te bepalen als in onze studie, zodat de definities op elkaar aansluiten. Deze studie was uitgevoerd in 13 EU-landen en Canada.
UV-straling: huid basaalcelcarcinoom	1,43	Bauer et al., 2011	De RR is overgenomen van Labreche et al. (2019). Deze studie is een van de weinige beschikbare systematische reviews en meta-analyses voor deze blootstelling-kankertypescombinatie. De studie omvatte gegevens uit 23 studies.
UV-straling: Huid plaveiselcelcarcinoom	1,77	Schmitt et al., 2011	De RR is overgenomen van Labreche et al. (2019). Deze studie is een van de weinige beschikbare systematische reviews en meta-analyses voor deze blootstelling-kankertypescombinatie. De studie omvatte gegevens uit 18 studies.
Kristallijn silica: longkanker	1,06 per $\text{mg}/\text{m}^3$ toename over de duur van één jaar.	Ge et al., 2020	De geselecteerde RR is afkomstig uit een studie die de cumulatieve beroepsmatige blootstelling aan kristallijn silica onderzocht, waarbij dezelfde methodologie werd gebruikt om blootstelling te bepalen als in onze studie, zodat de definities op elkaar aansluiten. Deze studie was uitgevoerd in 13 EU-landen en Canada.
Schilderen: longkanker	1,35	Guha, Merletti, et al., 2010	De RR is overgenomen van Labreche et al. (2019). Deze studie is een van de weinige beschikbare systematische reviews en meta-analyses voor deze blootstelling-kankertypescombinatie. De studie omvatte gegevens uit 29 studiepopulaties.
Schilderen: blaaskanker	1,28	Guha, Steenland, et al., 2010	De geselecteerde RR is afkomstig uit een studie waarbij dezelfde methodologie werd gebruikt om blootstelling te bepalen als in onze studie, zodat de definities op elkaar aansluiten. Deze studie was uitgevoerd in 13 EU-landen en Canada. Deze blootstelling-kankertypescombinatie is niet onderzocht door Labreche et al. (2019).
Lassen: longkanker	1,19 voor incidenteel 1,44 voor frequent	Kendzia et al., 2013	De RR is overgenomen van Labreche et al. (2019). Deze studie is. De geselecteerde RR is afkomstig uit een studie waarbij dezelfde methodologie werd gebruikt om blootstelling te bepalen als in onze studie, zodat de definities op elkaar aansluiten. Deze studie was uitgevoerd in 13 EU-landen en Canada.
Lassen: melanoom van het oog	2,05	Shah et al., 2005	De RR voor deze combinatie werden niet gerapporteerd in de studie van Labreche et al. (2019). Deze studie is een van de weinige beschikbare meta-analyses voor deze blootstelling-kankertypescombinatie.

\*Relatief risico voor blootgestelde versus niet-blootgestelde personen, tenzij anders aangegeven.

\*\*Mesothelioom wordt vrijwel uitsluitend veroorzaakt door asbest, met naar schatting 85% van de gevallen bij mannen en 60% bij vrouwen toe te schrijven aan beroepsmatige blootstelling. Voor longkanker door asbest wordt een 2:1 verhouding met mesothelioom gehanteerd, waarbij twee gevallen van longkanker per mesothelioomdiagnose worden aangenomen.

### 2.4.3 Nieuwe diagnoses per kankertype

Absolute aantallen nieuwe diagnoses per kankertype en het totaal van alle kankersoorten voor het peiljaar 2021 werden verkregen via de Nederlandse Kankerregistratie (NKR, 2024).

Bij het aantal nieuwe diagnoses werd per patiënt uitsluitend de eerste invasieve tumor meegeteld. Dit is in overeenkomst met internationale afspraken om vergelijkbaarheid tussen landen te waarborgen. Onder het totaal van alle kankersoorten verstaan wij, in overeenstemming met de definitie van de Nederlandse Kankerregistratie, alle invasieve vormen van kanker, met uitzondering van basaalcelcarcinoom van de huid.

Basaalcelcarcinoom van de huid werd apart gerapporteerd omdat deze vorm van kanker vaak in de eerstelijnszorg wordt behandeld, zelden levensbedreigend is en daardoor niet volledig wordt geregistreerd. De nieuwe diagnoses voor basaalcelcarcinoom zijn daarom waarschijnlijk een onderschatting en grotendeels gebaseerd op de meest ernstige, histopathologisch bevestigde gevallen.

## 2.5 Combineren van populatie-attributieve fracties

De absolute aantallen van kanker die zijn toe te schrijven aan beroepsmatige blootstellingen werden, evenals de PAF's, berekend voor elke combinatie van beroepsmatige blootstelling en kankertype, uitgesplitst naar 10-jaars leeftijdsklasse en afzonderlijk voor mannen en vrouwen. Om per beroepsmatige blootstelling en kankertype een totaal absoluut aantal en een totale PAF te verkrijgen, werden de absolute aantallen kanker over alle leeftijdsklassen en geslachten opgeteld. De gecombineerde PAF's werden vervolgens berekend door het totaal aantal aan de blootstelling toe te schrijven diagnoses van kanker te delen door het totale aantal kankerdiagnoses van het betreffende kankertype in de populatie.

Met dezelfde methode werden PAF's ook gecombineerd voor alle kankersoorten per beroepsmatige blootstelling. Daarnaast werden gecombineerde PAF's berekend voor alle kankersoorten en alle beroepsmatige blootstellingen samen. Voor deze laatste berekening werd echter een alternatieve aanpak toegepast, omdat een eenvoudige optelling zou leiden tot een overschatting door de interacties tussen verschillende blootstellingen. Om deze overschatting te voorkomen, werd de volgende formule gebruikt:

$$PAF_{\text{overall}} = 1 - (1 - PAF_1) * \dots * (1 - PAF_k)$$

De berekende cumulatieve PAF nadert asymptotisch de waarde van 100% zonder deze te overschrijden. Bij deze aanpak werd aangenomen dat blootstellingen statistisch onafhankelijk voorkomen en dat interactie-effecten multiplicatief zijn.

Gedurende alle stappen in de berekeningen werden aantallen en percentages nauwkeurig gehouden en niet afgerond.

## 2.6 Exacte werkwijze per beroepsmatige blootstelling

Hieronder volgt een beschrijving van de gevolgde werkwijze per beroepsmatige blootstelling.

### 2.6.1 Asbest

De omgang met asbest in Nederland is de afgelopen decennia sterk veranderd. Tussen 1900 en 1980 werd asbest veelvuldig toegepast vanwege de isolerende, brandwerende en slijtvastheidseigenschappen, met name in dakbedekking, cement, isolatie en vloerbedekking. Tussen 1960 en 1970 werd het bewustzijn van de gezondheidsrisico's groter, wat uiteindelijk resulteerde in een verbod op het gebruik van asbest in Nederland in 1993.

Blootstelling werd bepaald met behulp van een JEM die blootstellingsniveaus indeelde in geen, laag of hoog (Peters et al., 2011). Deze classificatie is gebaseerd op expertbeoordelingen, waarbij lage blootstelling verwijst naar incidenteel contact met asbest en hoge blootstelling naar frequent of intensief contact. Het is daarmee een maat voor de combinatie van blootstellingsniveaus en blootstellingskans, zonder duidelijke afbakening van de definities. De JEM was oorspronkelijk gecodeerd in het ISCO-68-formaat en werd voor deze studie geconverteerd naar het ISCO-88-formaat. Daarnaast werd de JEM aangepast aan de Nederlandse arbeidsmarkt op basis van beoordelingen van twee experts (Dr. Calvin Ge en Dr. Susan Peters), zodat de blootstellingsinschattingen beter aansluiten bij de nationale werkomstandigheden. De experts stelden tevens een blootstellingswaarschijnlijkheidsfactor per ISCO-code vast om te bepalen hoe groot de kans is dat werknemers daadwerkelijk aan de betreffende stoffen zijn blootgesteld. Voor deze blootstellingswaarschijnlijkheidsfactor werd onderscheid gemaakt tussen de periode voor en na 1993, met een hogere kans voor de periode vóór 1993. Op basis van de blootstellingswaarschijnlijkheidsfactoren werd per ISCO-code een correctie toegepast, waarbij slechts een proportie van de werknemers binnen een blootgestelde code als daadwerkelijk blootgesteld werd beschouwd. Bijvoorbeeld, bij een waarschijnlijkheidsfactor van 0,25 werd 25% van de werknemers als blootgesteld geclassificeerd.

Mesothelioom is vrijwel uitsluitend gerelateerd aan asbestblootstelling en wordt gezien als een kenmerkende "signatuurtumor" van deze stof (Lanphear & Buncher, 1992). Blootstellingsniveaus met kankerverwekkend risico komen voornamelijk voor op de werkvloer, waarbij naar schatting 85% van de mesothelioomgevallen bij mannen en 60% bij vrouwen het gevolg is van beroepsmatige blootstelling. In overeenstemming met eerdere studies hanteerde we daarom voor de berekening van de PAF's een alternatieve benadering, waarbij we aannamen dat 85% van de gevallen van mesothelioom bij mannen en 60% bij vrouwen direct toe te schrijven was aan asbest (Labreche et al., 2019). Het voordeel van deze methodologie is dat hierbij rekening wordt gehouden met de lange latentietijd van mesothelioom (Lanphear et al., 1992).

Voor het berekenen van de PAF's van longkanker gebruikte we eveneens een alternatieve benadering, ditmaal gebaseerd op een meta-analyse die aantoonde dat het risico op mesothelioom en longkanker door asbestblootstelling zich verhoudt als 1:2 (McCormack et al., 2012). Deze ratio werd gebruikt om de impact van asbestblootstelling op longkankerincidentie te kwantificeren, waarbij mesothelioom wordt beschouwd als een directe indicator van historische blootstelling aan asbest.

## 2.6.2 Kristallijn silica

Kristallijn silica is een mineraal dat voorkomt in verschillende vormen, zoals kwarts, cristobaliet en tridymiet. Het is een belangrijk bestanddeel van materialen zoals zand, steen, beton en klei. Blootstelling aan kristallijn silica ontstaat vooral wanneer deze materialen worden gebroken, gesneden of bewerkt, waardoor fijnstof vrijkomt dat ingeademd kan worden. Dit type blootstelling komt vooral veel voor in bouwsectoren, bij het zagen van beton en metselwerk, en in de mijnbouw, waar erts en gesteente worden gewonnen en verwerkt.

Blootstelling aan kristallijn silica werd bepaald op basis van een JEM die blootstellings-schattingen levert in  $\text{mg}/\text{m}^3$ -jaar per ISCO-code (Peters et al., 2016). Deze schattingen variëren per kalenderjaar en zijn specifiek ontwikkeld voor de Nederlandse context, waardoor rekening werd gehouden met nationale arbeidsomstandigheden en tijdsgebonden veranderingen in blootstelling. Dit is essentieel voor nauwkeurige blootstellings-schattingen, aangezien blootstellingsniveaus voortdurend worden beïnvloed door technologische vooruitgang, regelgeving, veranderende werkmethoden en nationale trends (Hedges, 2004). De JEM was oorspronkelijk gecodeerd in het ISCO-68-formaat en werd voor deze analyse omgezet naar het ISCO-88-formaat. Voor iedere persoon die gedurende de relevante blootstellingsperiode werkzaam was in een beroep met blootstelling aan kristallijn silica en in 2021 nog in leven was, werden de individuele blootstellingsniveaus berekend. Deze berekeningen combineren de geschatte blootstellingsniveaus met de duur van de functie om een nauwkeurige inschatting van de cumulatieve blootstelling te maken.

## 2.6.3 Dieselmotoremissies

Om blootstelling aan dieselmotoremissies te bepalen, gebruikten we een kwantitatieve dieselmotoremissies JEM (Ge et al., 2020). Deze JEM biedt continue maten van blootstelling in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en bevat ook blootstellingswaarschijnlijkheidsfactoren. De JEM was oorspronkelijk gecodeerd in het ISCO-68-formaat en werd voor onze analyse geconverteerd naar het ISCO-88-formaat. Voor elke persoon die gedurende de relevante blootstellingsperiode werkzaam was in een beroep met dieselblootstelling en in 2021 nog in leven was, konden de continue blootstellingsniveaus worden bepaald. Dit gebeurde door de blootstellingsniveaus te combineren met de duur van de functie. Op basis van de blootstellingswaarschijnlijkheidsfactoren werd per ISCO-code een correctie toegepast, waarbij slechts een proportie van de werknemers binnen een blootgestelde beroepsgroep als daadwerkelijk blootgesteld wordt beschouwd. Bijvoorbeeld, bij een waarschijnlijkheidsfactor van 0,25 werd 25% van de werknemers als blootgesteld geclassificeerd.

## 2.6.4 UV-straling van zonlicht

Om UV-blootstelling door zonlicht te bepalen, gebruikten we een JEM ontwikkeld voor Europa (Würtz ET, 2025). Deze JEM classificeert ISCO-codes in vier categorieën van waarschijnlijkheid op blootstelling, gebaseerd op expertbeoordelingen. Hogere categorieën vertegenwoordigen een grotere kans op blootstelling aan UV-straling door zonlicht. Voor onze analyse gebruikten we de hoogste blootstellingscategorie om te bepalen of een werknemer wel of niet als blootgesteld werd beschouwd, omdat deze definitie grotendeels overeenkomt met de manier waarop epidemiologische studies, waarop de geselecteerde RR's zijn gebaseerd, blootstelling aan UV-straling hebben gedefinieerd. Hoewel de UV-stralingsniveaus sterk kunnen variëren

tussen Europese landen, is de waarschijnlijkheid van blootstelling in termen van wel of geen blootstelling vergelijkbaar tussen landen.

Bij niet-melanoomhuidkanker werd onderscheid gemaakt tussen de twee meest voorkomende vormen: basaalcelcarcinoom en plaveiselcelcarcinoom. Dit onderscheid is van belang omdat basaalcelcarcinomen vaak niet goed gerapporteerd worden. Deze vorm van kanker is vrijwel nooit dodelijk en wordt daarom niet meegenomen in de definitie van het totaal aantal kankergevallen zoals gehanteerd in dit rapport.

Hoewel UV-straling ook geassocieerd wordt met melanoomhuidkanker, is deze vorm van kanker niet meegenomen in onze analyse. Melanomen worden namelijk niet sterk geassocieerd met langdurige cumulatieve beroepsmatige UV-blootstelling, maar vooral met korte periodes van intense UV-blootstelling of zonverbranding (Gandini et al., 2005). Op basis van de methode die wij gebruiken om blootstelling aan UV-straling te bepalen, gaan we uit van gemiddelde blootstellingsniveaus over langere tijdsperiodes. Hierdoor kunnen piekintensiteiten en momenten van verbranding door de zon niet worden vastgesteld. Door deze beperking is onze data onvoldoende gedetailleerd om het aandeel van beroepsmatige blootstelling aan UV-straling in het risico op melanoomhuidkanker te schatten.

## 2.6.5 Schilder

In dit onderzoek werden schilders gedefinieerd op basis van een expertbeoordeling van relevante ISCO-codes. De classificatie uit de SYNERGY-studie en de IARC Monograph 98 dienden hierbij als basis. De SYNERGY-studie gebruikte een eenvoudige benadering door alle ISCO-codes op te nemen waarin schilderen als hoofdberoep werd vermeld (Guha, Bouaoun, et al., 2021), IARC Monograph 98 identificeert schilders als een beroepsgroep met een verhoogd risico op kanker door blootstelling aan verferelateerde chemische stoffen en voegt daarbij ook ISCO-codes toe voor beroepen in de productie-industrie waar werknemers incidenteel schilderen, evenals voor kunstenaars die professioneel schilderen (IARC, 2010). Wij hebben een conservatievere benadering gehanteerd door uitsluitend werknemers mee te nemen waarvan met grote zekerheid kan worden aangenomen dat zij schilderactiviteiten uitvoeren. Dit omvat, naast werknemers voor wie schilderen het hoofdberoep is, ook werknemers in productieprocessen die regelmatig schilderen en kunstenaars die professioneel schilderen. Een overzicht van de ISCO-codes die in deze definitie zijn opgenomen, is te vinden in Tabel 3.

**Tabel 3:** Overzicht van ISCO-codes voor schilders gebruikt voor blootstellingsclassificatie.

ISCO	Beschrijving
2452	Beeldhouwers, schilders en verwante kunstenaars
7140	Schilders, reinigers van bouwconstructies en verwante vakarbeiders
7141	Schilders en verwante vaklieden
7142	Lakspuiters en verwante schilders
7324	Glas-, keramiek- en verwante decoratieve schilders
8131	Operators van ovens voor glas en keramiek en verwante machinebedieners
8340	Dekbemanningen en verwante werknemers op schepen
9313	Bouwarbeiders in de constructie

## 2.6.6 Lasser

In dit onderzoek werden ook lassers gedefinieerd op basis van een expertbeoordeling van relevante ISCO-codes, waarbij de SYNERGY-studie en de IARC Monograph 118 als basis dienden. De SYNERGY-studie definieert lassers als een beroepsgroep met verhoogde blootstelling aan lasrook, bestaande uit zowel beroepsmatige lassers als incidentele lassers (Kendzia et al., 2013). IARC Monograph 118 evalueert de carcinogene risico's van lasrook en voegt aanvullende ISCO-codes toe waarin wordt verwacht dat werknemers incidenteel lassen, om zo een bredere groep blootgestelde werknemers te omvatten (IARC, 2018). Wij hebben in dit onderzoek alle ISCO-codes uit de SYNERGY-studie en IARC Monograph 118 overgenomen en deze aangepast aan de Nederlandse arbeidsmarkt. Dit deden we om de beroepsdefinitie verder te verfijnen, waarbij uitsluitend beroepen werden meegenomen die vrijwel zeker betrokken waren bij laswerkzaamheden. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen incidenteel en frequent lassen. Een overzicht van de ISCO-codes die in deze definitie zijn opgenomen, is te vinden in Tabel 4.

**Tabel 4:** Overzicht van ISCO-codes voor lassers gebruikt voor blootstellingsclassificatie.

ISCO	Beschrijving	Intensiteit
7136	Loodgieters en pijpfitters	Incidenteel
7212	Lassers en snijbranders	Frequent
7213	Plaatwerkers	Incidenteel
7214	Constructiestaalvoorbereiders en monteurs	Incidenteel
7221	Smidsen, hamer-smidsen en arbeiders aan smeedpersen	Incidenteel
7224	Metaalslijpers, polijsters en gereedschapsslijpers	Incidenteel
7232	Vliegtuigmotor monteurs en reparateurs	Incidenteel
8281	Monteurs van mechanische machines	Incidenteel

## 2.7 Populatie-attributieve fracties opgesplitst in beroepen

Als extra stap onderzochten we welke beroepen de grootste bijdrage leveren aan de zes onderzochte beroepsmatige blootstellingen en de bijbehorende kankerlast. Dit deden we door per beroep de PAF en het absolute aantal toe te schrijven kankergevallen te berekenen.

Voor deze berekeningen is dezelfde methode toegepast als bij de berekenen van de PAF's en absolute aantallen per beroepsmatige blootstelling en kankertype. De berekeningen van de proportie van de populatie dat was blootgesteld werden herhaald per beroep, geassocieerd volgens de ISCO-code, en per beroepsmatige blootstelling. Een individu werd alleen als blootgesteld beschouwd als hij of zij werkzaam was in het betreffende beroep (ISCO-code) én blootgesteld was aan de desbetreffende beroepsmatige blootstelling.

Voor asbest in combinatie met longkanker of mesothelioom werd een alternatieve methode gebruikt om de PAFs en absolute aantallen kanker te berekenen, waarbij het aandeel van individuele beroepen niet kon worden bepaald.

Deze aanvullende analyse biedt inzicht in hoe de kankerlast door beroepsmatige blootstellingen is verdeeld over verschillende beroepen en helpt te bepalen of deze wordt gedomineerd door enkele specifieke beroepen of juist verspreid is over een bredere beroepsgroep.

### 3 Resultaten

Een gedetailleerd overzicht van alle in dit onderzoek gebruikte data en de resultaten zijn online beschikbaar via de volgende link: [Supplemental tables](#). Voor een meer visuele weergave van de resultaten is een interactief dashboard beschikbaar via de volgende link: [Interactief Dashboard](#).

Tabel 5 geeft een overzicht van het absolute aantal en de percentages van de bevolking dat tijdens de relevante blootstellingsperiode (1971–2011) van werkende leeftijd was ( $\geq 15$  jaar), in 2021 nog in leven was, en beroepsmatig werd blootgesteld. De tabel onderscheidt niet tussen blootstellingsniveaus voor kristallijn silica en dieselmotoremissies. Het geeft alleen weer of blootstelling heeft plaatsgevonden. Blootstelling aan dieselmotoremissies kwam het vaakst voor, gevolgd door blootstelling aan UV-straling van zonlicht, kristallijn silica, asbest en werken als lasser en schilder. Voor alle beroepsmatige blootstellingen was het aandeel blootgestelde aanzienlijk hoger onder mannen dan onder vrouwen.

In het peiljaar 2021 werden in totaal 126.717 nieuwe kankerdiagnoses geregistreerd onder Nederlanders van 25 jaar en ouder, waarvan 67.093 onder mannen en 59.624 onder vrouwen. Deze cijfers omvatten alle vormen van invasieve kanker, met uitzondering van basaalcelcarcinoom van de huid. Van het totale aantal nieuwe diagnoses kunnen op basis van de huidige studie 3.932 gevallen worden toegeschreven aan de bestudeerde beroepsmatige blootstellingen, wat overeenkomt met 3,1% van het totale aantal nieuwe diagnoses. Er werd een duidelijk verschil waargenomen tussen mannen en vrouwen: bij mannen was 5,5% van de nieuwe kankerdiagnoses gerelateerd aan bestudeerde beroepsmatige blootstellingen, terwijl dit percentage bij vrouwen 0,5% bedroeg.

**Tabel 5:** Absolute aantal en percentage van de populatie dat beroepsmatig werd blootgesteld.

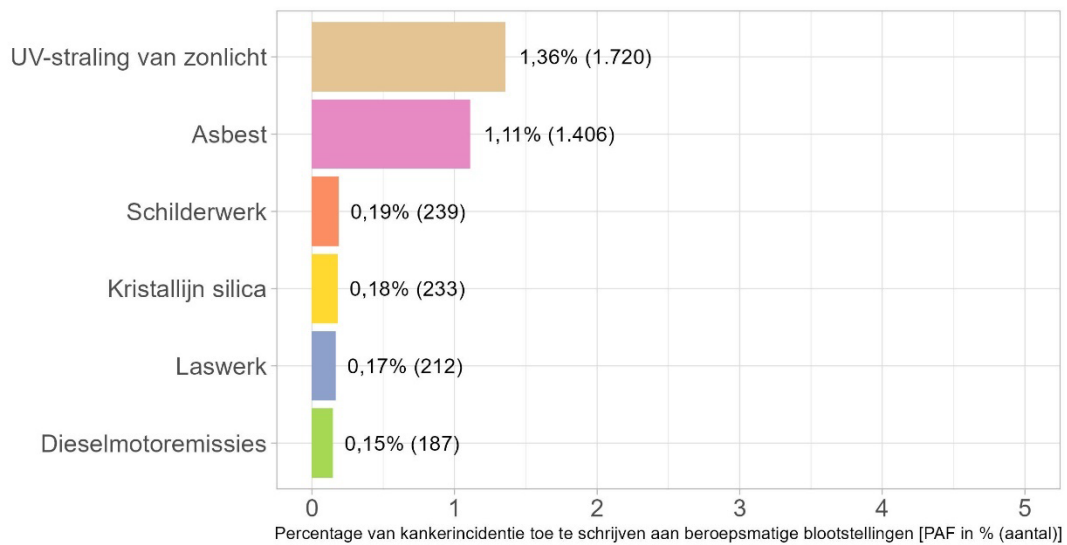
	Mannen blootgesteld, n (%)	Vrouwen blootgesteld, n (%)
Asbest		
Laag	757.667 (12,0)	42.243 (0,7)
Hoog	174.206 (2,8)	233 (0,0)
Kristallijn silica	898.469 (14,3)	86.990 (1,3)
Dieselmotoremissies	1.906.797 (30,3)	304.280 (4,7)
UV-straling van zonlicht	1.546.234 (24,6)	205.690 (3,2)
Schilder	245.970 (3,9)	18.058 (0,3)
Lasser		
Incidenteel	361.458 (5,8)	10.944 (0,2)
Frequent	129.316 (2,1)	3.929 (0,1)

*De tabel toont het absolute aantal en percentage van de bevolking dat tijdens de relevante blootstellingsperiode (1971–2011) van werkende leeftijd was ( $\geq 15$  jaar), in 2021 nog in leven was, en beroepsmatig werd blootgesteld. De tabel onderscheidt niet tussen blootstellingsniveaus voor kristallijn silica en dieselmotoremissies en geeft alleen weer of blootstelling heeft plaatsgevonden.*



Figuur 2 toont de bijdrage van de zes bestudeerde beroepsmatige blootstellingen aan het totale aantal kankergevallen, en Figuur 3 de bijdrage per combinatie van beroepsmatige blootstelling en kankertype, uitgedrukt in PAF's en absolute aantallen, apart voor mannen, vrouwen en de totale populatie.

Figuur 4 toont de beroepen die de grootste bijdrage hebben aan elk van de onderzochte combinaties van beroepsmatige blootstelling en kankertype, waarbij alleen beroepen zijn weergegeven die bijdragen aan minimaal 10 extra kankergevallen.



**Figuur 2: De bijdrage van beroepsmatige blootstellingen aan kanker in Nederland, 2021.** De figuur toont de populatie-attributieve fractie (PAF) in % en tussen haakjes het absolute aantal van verschillende beroepsmatige blootstellingen voor het totale aantal kankergevallen in Nederland in 2021.

### 3.1 Asbest

Naar schatting konden 1.406 nieuwe kankerdiagnoses in Nederland (1,1% van het totaal) worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstelling aan asbest (Figuur 2). Specifiek betroffen deze schattingen 925 gevallen van longkanker (6,5% van alle longkankergevallen), 463 gevallen van mesothelioom (81,0% van alle mesothelioomgevallen), 10 gevallen van eierstokkanker (0,7% van alle eierstokkankergevallen), en 9 gevallen van strottenhoofdkanker (1,3% van alle strottenhoofdkankergevallen) (Figuur 3).

Voor de combinaties van beroepsmatige blootstelling aan asbest met longkanker en mesothelioom konden de beroepen die de grootste bijdragen leverden niet worden vastgesteld, aangezien voor deze combinaties een alternatieve methode is toegepast om de PAF's te berekenen. Voor de combinaties van asbest met eierstokkanker en strottenhoofdkanker droegen alle betrokken beroepen individueel bij aan minder dan 10 extra gevallen.

## 3.2 Kristallijn silica

Naar schatting konden 233 nieuwe longkankerdiagnoses in Nederland (1,6% van het totale aantal longkankergevallen en 0,2% van het totale aantal kankerdiagnoses) worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstellingen aan kristallijn silica (Figuur 2 & 3).

Het beroep dat het grootste aandeel van de longkankerdiagnoses door blootstelling aan kristallijn silica had, was "metselaars en steenhouwer" (ISCO-88 code: 7122), met 31 extra gevallen, wat overeenkomt met 0,2% van het totaal aantal longkankergevallen (Figuur 4). Andere beroepen die meer dan 10 gevallen van longkanker door silica-exposure konden verklaren, waren "bouwconstructie- en aanverwante vaklieden, niet elders geclassificeerd" (ISCO-88 code: 7129), "tuiniers, tuinbouwers en kwekers" (ISCO-88 code: 6113), en "akkerbouwers en groentetelers" (ISCO-88 code: 6111).

## 3.3 Dieselmotoremissies

Naar schatting konden 187 nieuwe longkankerdiagnoses in Nederland (1,3% van het totale aantal longkankergevallen en 0,2% van het totale aantal kankerdiagnoses) worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstelling aan dieselmotoremissies (Figuur 2 & 3).

Het beroep dat het grootste aandeel van de longkankerdiagnoses door blootstelling aan dieselmotoremissies had, was "monteurs en fitters van motorvoertuigen" (ISCO-88 code: 7231), met 52 extra gevallen, wat overeenkomt met 0,4% van het totaal aantal longkankergevallen (Figuur 4). Andere beroepen die meer dan 10 gevallen van longkanker door blootstelling aan dieselmotoremissies konden verklaren, waren "goederenverladers" (ISCO-88 code: 9333), "machinebankwerker-motormonteur (nieuwbouw en installatie)" (ISCO-88 code: 7233), "chauffeurs van auto's, taxi's en bestelwagens" (ISCO-88 code: 8322).

## 3.4 UV-straling van zonlicht

Naar schatting konden 1.720 nieuwe gevallen van plaveiselcelcarcinoom van de huid in Nederland worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstelling aan UV-straling, wat overeenkomt met 11,7% van het totale aantal plaveiselcelcarcinomen en 1,4% van alle kankerdiagnoses (Figuur 2 & 3). Daarnaast konden nog eens 3.111 nieuwe gevallen van basaalcelcarcinoom van de huid worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstelling aan UV-straling (6,5% van het totale aantal basaalcelcarcinomen; Tabel 6).

Voor zowel plaveiselcelcarcinoom als basaalcelcarcinoom van de huid was het beroep "timmermannen en meubelmakers" (ISCO-88 code: 7124) verantwoordelijk voor het grootste aandeel van de diagnoses die verklaard konden worden door beroepsmatige blootstelling aan UV-straling van de zon (Figuur 4). Dit beroep verklaarde 619 gevallen van basaalcelcarcinoom en 379 gevallen van plaveiselcelcarcinoom. Daarnaast waren er nog negen andere beroepen die elk verantwoordelijk waren voor meer dan 10 extra gevallen van basaalcelcarcinoom en plaveiselcelcarcinoom, namelijk "loodgieters en pijpfitters" (ISCO-88 code: 7136), "metselaars en steenhouwer" (ISCO-88 code: 7122), "postbodes en sorteerders" (ISCO-88 code: 4142), "constructiestaalvoorbereiders en monteurs" (ISCO-88 code: 7214), "bouwconstructie- en aanverwante vaklieden, niet elders geclassificeerd" (ISCO-88 code: 7129), "zuivel- en veehouders" (ISCO-88 code: 6121), "betontimmerman, bekistingmaker" (ISCO-88 code:

7123), “grondverzet- en aanverwante machinisten” (ISCO-88 code: 8332), en “glazenwasser” (ISCO-88 code: 9142).

**Tabel 6:** De bijdrage van beroepsmatige blootstellingen aan UV-straling van zonlicht aan basaalcelcarcinoom in Nederland, 2021.

	Totaal incidenten (n)	Extra incidenten (n)	Populatie-attributieve fractie (%)
Mannen	23,298	2,804	12,0
Vrouwen	24,971	307	1,2
Personen	48,269	3,111	6,5

## 3.5 Schilder

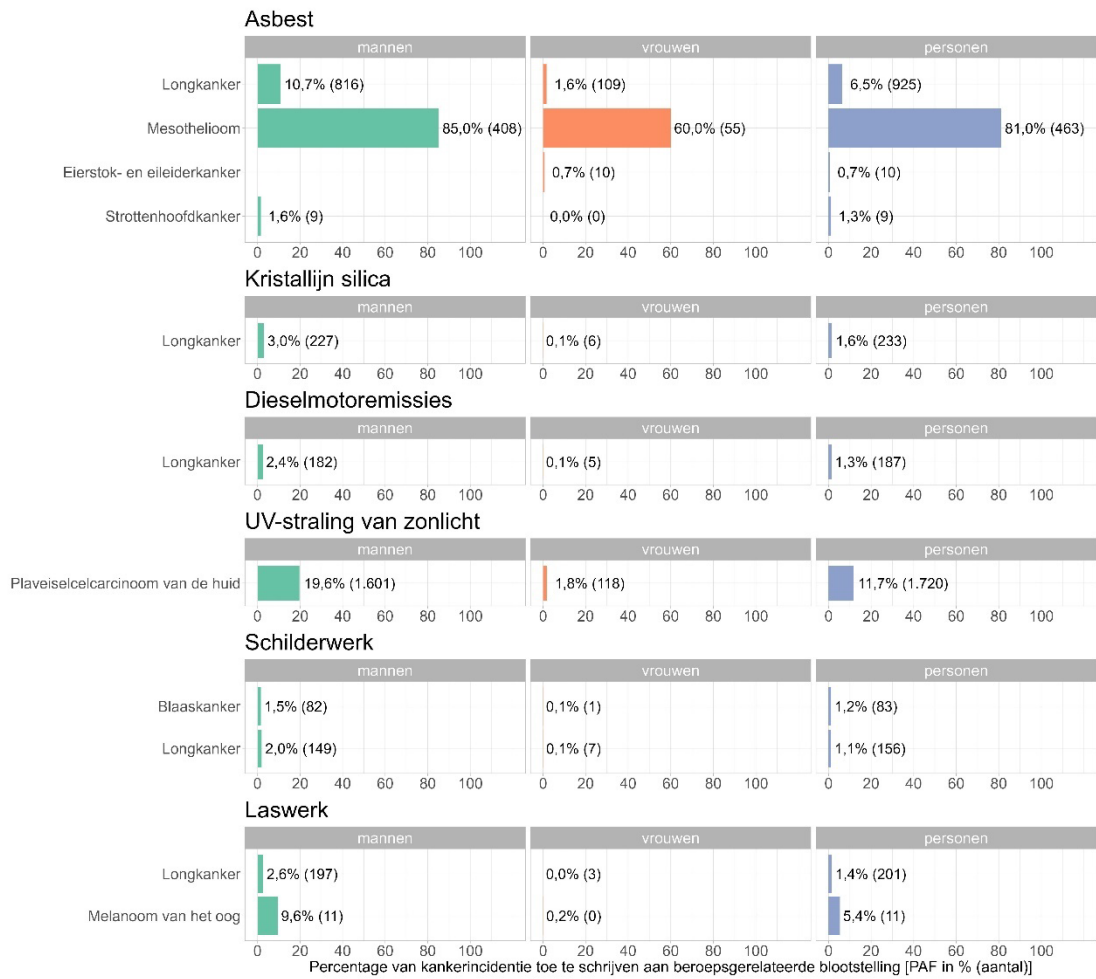
Werken als schilder kon naar schatting 156 nieuwe gevallen van longkanker en 83 gevallen van blaaskanker in Nederland verklaren, wat overeenkomt met 1,1% van het totale aantal longkankergevallen en 1,2% van het totale aantal blaaskankergevallen (Figuur 2 & 3).

Het beroep dat het grootste aandeel van de door schilderwerkzaamheden veroorzaakte longkanker- en blaaskankerdiagnoses had, was "schilders en aanverwante werkers" (ISCO-88 code: 7141), met 50 extra longkankerdiagnoses en 27 extra blaaskankerdiagnoses (Figuur 4). Het beroep "Bouwarbeiders in de constructie" (ISCO-88 code: 9313) leverde daarna het grootste aandeel, met 20 extra longkankerdiagnoses en 11 extra blaaskankerdiagnoses. Daarnaast verklaarden voor longkanker ook de beroepen "lakspuiters en aanverwante schilders" (ISCO-88 code: 7142) en "dekbemanningen en aanverwante werknemers op schepen" (ISCO-88 code: 8340) elk 14 extra diagnoses door schilderwerkzaamheden.

## 3.6 Lasser

Werk als lasser werd geschat verantwoordelijk te zijn voor 201 nieuwe gevallen van longkanker en 11 gevallen van melanoom van het oog in Nederland, wat neerkomt op 1,4% van alle longkankergevallen en 5,4% van alle gevallen van melanoom van het oog (Figuur 2 & 3).

Met 70 extra longkankerdiagnoses had het beroep "lassers en snijbranders" (ISCO-88 code: 7212) het grootste aandeel longkankerdiagnoses door laswerkzaamheden (Figuur 4). Dit werd gevolgd door "loodgieters en pijpfitters" (ISCO-88 code: 7136) met 40 extra diagnoses, "constructiestaalvoorbereiders en monteurs" (ISCO-88 code: 7214) met 24 extra diagnoses, en "plaatmetaalbewerkers" (ISCO-88 code: 7213) met 13 extra diagnoses. Beroepen die het aantal nieuwe diagnoses van melanoom van het oog konden verklaren door laswerkzaamheden droegen elk minder dan 10 extra gevallen bij.



**Figuur 3: De bijdrage van beroepsmatige blootstellingen per kankersoort in Nederland, 2021.** De figuur toont de populatie-attributieve fractie (PAF) in % en tussen haakjes het absolute aantal van verschillende beroepsmatige blootstellingen per kankertype in Nederland in 2021.



**Figuur 4: Beroepen met de grootste bijdrage aan beroepsmatige blootstelling en kankertypes.** De figuur toont het aandeel van beroepen die met minimaal 10 extra kankergevallen bijdragen aan de berekende PAF voor elke combinatie van beroepsmatige blootstelling en kankertype. Voor asbest in combinatie met longkanker of mesotheliom werd een alternatieve methode gebruikt, waardoor het aandeel van individuele beroepen niet kon worden bepaald. Asbest in combinatie met eierstokkanker of strottenhoofdkanker en laswerkzaamheden in combinatie met melanoom van het oog zijn niet opgenomen, omdat deze combinaties minder dan 10 extra gevallen per beroep verklaarden.

## 4 Beschouwing

We schatten dat jaarlijks in Nederland 3.932 kankerdiagnoses (3,1% van alle invasieve kankerdiagnoses, met uitzondering van basaalcelcarcinoom van de huid) toe te schrijven zijn aan beroepsmatige blootstellingen. Het aandeel is aanzienlijk hoger bij mannen (3.616 diagnoses, 5,4%) dan bij vrouwen (316 diagnoses, 0,5%), doordat mannen vaker werkzaam zijn in beroepen met blootstelling aan carcinogenen.

Van de zes bestudeerde beroepsmatige blootstellingen droeg blootstelling aan UV-straling van zonlicht tijdens werk het hoogste aantal kankergevallen bij. Deze blootstelling leidt jaarlijks tot 1.720 nieuwe gevallen van kanker (1,4% van het totale aantal invasieve kankers), naast nog eens 3.111 gevallen van basaalcelcarcinoom van de huid, die niet zijn meegenomen in het totaal. Na UV-straling volgt beroepsmatige blootstelling aan asbest (1.406 diagnoses, 1,1%), gevolgd door beroepsmatige blootstelling bij schilders (239 diagnoses, 0,2%), bij lassers (212 diagnoses, 0,2%), aan kristallijn silica (233 diagnoses, 0,2%), en aan dieselmotoremissies (187 diagnoses, 0,2%).

### 4.1 Vergelijking van risicofactoren voor kanker in Nederland

Onze studie is een vervolg op eerder onderzoek dat de bijdrage van de risicofactoren leefstijl, leefomgeving, infecties en reproductieve factoren aan kanker in Nederland heeft geschat (TNO, 2023). In dat onderzoek werd gevonden dat jaarlijks 25% van de kankerdiagnoses kon worden toegeschreven aan leefstijl (roken, alcoholconsumptie, ongezonde voeding, overgewicht en te weinig bewegen), 8% aan leefomgevingsfactoren (UV-straling van zonlicht, fijnstof en radon), 2% aan de bestudeerde infecties (HPV, H. pylori, hepatitis B en C, en hiv) en 0,3% aan reproductieve factoren (het niet geven van borstvoeding, gebruik van orale anticonceptie en perimenopauzale hormoonsuppletie). Onze studie toont aan dat beroepsmatige blootstellingen verantwoordelijk zijn voor 3,1% van alle kankerdiagnoses in Nederland.

De percentages van alle onderzochte risicofactoren kunnen niet direct worden opgeteld om het totale aandeel van risicofactoren te bepalen, omdat interacties tussen verschillende risicofactoren een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van kanker. Daarnaast overlappen leefomgevingsfactoren gedeeltelijk met beroepsmatige blootstellingen. Zo valt beroepsmatige blootstelling aan UV-straling van zonlicht binnen de bredere categorie van UV-straling als leefomgevingsfactor, en zijn kristallijn silica (als kwartstof) en lasrook specifieke vormen van fijnstof, die onder fijnstofblootstelling als leefomgevingsfactor vallen. Desondanks kunnen vergelijkingen tussen risicofactoren de rol van beroepsmatige blootstellingen in perspectief plaatsen.

Leefstijl en leefomgevingsfactoren leveren de grootste bijdragen aan de totale kankerlast, gevolgd door beroepsmatige blootstellingen. Deze bijdrage is vooral relevant voor mannen, waarbij 5,4% van de nieuwe kankerdiagnoses gerelateerd is aan de bestudeerde beroepsmatige blootstellingen, terwijl dit bij vrouwen slechts 0,5% bedraagt. Dit verschil kan

worden verklaard doordat mannen vaker werkzaam zijn in sectoren zoals de bouw, scheepsbouw, mijnbouw en industrie, waar blootstelling aan asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies en UV-straling veel voorkomt en schilder- en laswerkzaamheden worden uitgevoerd. Bij gelijke blootstellingsniveaus zou, op basis van onze berekeningen, de kankerlast voor vrouwen even hoog zijn als bij mannen. Dit komt doordat we geen onderscheid maken in de geselecteerde RR's tussen geslachten, vanwege het ontbreken van gespecificeerde risico-inschattingen in de literatuur.

## 4.2 Vergelijking met andere landen

Eerdere studies in Groot-Brittannië (Rushton et al., 2010), Canada (Labreche et al., 2019), en Frankrijk (Boffetta et al., 2010) hebben op vergelijkbare wijze de bijdrage van beroepsmatige blootstellingen aan kanker geschat. Net als in onze studie werd ook hier vastgesteld dat beroepsmatige blootstelling aan UV-straling en asbest de grootste bijdragen leverden, waarbij UV-straling voornamelijk bijdroeg aan niet-melanoom huidkanker en asbest vooral aan mesothelioom en longkanker.

Hoewel de algemene trends overeenkomen, zijn er verschillen door nationale werkstructuren en blootstellingspatronen. Zo verschillen de percentages blootgestelde werknemers per land, onder andere door de aanwezigheid van specifieke sectoren. In Nederland zijn bijvoorbeeld de haven van Rotterdam, met relatief veel blootstelling aan dieselmotoremissies, en de grote agrarische sector met een sterke export, unieke factoren (Kasifa et al., 2002 & RIVM, 2025). Daarnaast is in Nederland de blootstelling aan asbest anders dan in Canada, waar biopersistente amfiboolvezels vaker voorkomen, wat bijdraagt aan een hoger risico op longkanker (Ramada Rodilla et al., 2022). Ook heeft Nederland geen mijnbouwsector, wat in Canada juist een belangrijke bron van blootstelling aan asbest en kristallijn silica is (Labreche et al., 2019).

Verschillen tussen landen kunnen ook worden toegeschreven aan verschillen in de gebruikte methoden, wat samenhangt met de beschikbaarheid van bronnen zoals gegevens over populatiedynamica en recente wetenschappelijke inzichten op het gebied van JEMs. Ook verschillen de geselecteerde RR's per land, deels door nieuwe bevindingen uit recente studies en deels doordat de gekozen RR's beter aansluiten bij de gebruikte JEMs.

Vergelijkbare studies in de Verenigde Staten (Doll & Peto, 1981), Finland (Nurminen & Karjalainen, 2001) en wereldwijd (Driscoll et al., 2005) richtten zich op kankersterfte in plaats van incidentie. Ook hier kwamen de resultaten in grote lijnen overeen met onze studie, met uitzondering van UV-straling, die in deze studies minder prominent wordt genoemd omdat het voornamelijk niet-melanoom huidkanker veroorzaakt, een vorm die zelden dodelijk is.

Dat de algemene resultaten, zoals de prominente rol van UV-straling en asbest, in grote lijnen overeenkomen tussen verschillende landen, bevestigt de consistentie van onze bevindingen. Echter benadrukken verschillen tussen landen tegelijkertijd het belang van nationale contexten bij beleidsvorming.

## 4.3 Trend

In deze studie hebben we aangenomen dat de latentietijd voor het ontwikkelen van kanker door beroepsmatige blootstellingen 10 tot 50 jaar bedraagt. Dit houdt in dat we ervan uitgingen dat mensen die in de periode 1971–2011 beroepsmatig zijn blootgesteld, in het peiljaar 2021 kanker hadden kunnen ontwikkelen. Aangezien blootstellingspatronen voortdurend veranderen door ontwikkelingen in de arbeidsmarkt en door maatregelen naar aanleiding van adviesrapporten en aanpassingen in wet- en regelgeving, zijn de resultaten van deze studie niet zonder meer toepasbaar op toekomstige situaties. De afgelopen decennia zijn er namelijk veel adviesrapporten gepubliceerd en is er wet- en regelgeving ingevoerd die heeft bijgedragen aan het verlagen van de blootstelling aan diverse carcinogenen. Toch is er nog veel ruimte voor verbetering, aangezien niet alle adviesrapporten hebben geleid tot concrete wetgeving en grenswaarden in de wet- en regelgeving vaak hoger liggen dan de aanbevolen advieswaarden. In deze sectie worden de trends in blootstelling per onderzochte carcinogeen verder toegelicht.

Zo werd asbest tussen 1900 en 1980 veelvuldig gebruikt in toepassingen zoals dakbedekking, cement, isolatie en vloerbedekking. In de jaren 1960–1970 groeide echter het bewustzijn over de gezondheidsrisico's, wat in 1993 leidde tot een verbod. Sindsdien is de beroepsmatige blootstelling aan asbest drastisch afgenomen. Dit is echter nog niet duidelijk zichtbaar in het aantal kankergevallen die aan asbest kunnen worden toegeschreven, vanwege de doorgaans lange latentietijd (Lanphear et al., 1992). Wel zien we dat het aantal mesothelioomgevallen momenteel stagneert, wat een belangrijke indicator is aangezien mesothelioom vrijwel uitsluitend door asbest wordt veroorzaakt. Naar verwachting zal daarom het aantal asbestgerelateerde kankergevallen in de toekomst verder afnemen (Burdorf, 2018).

Een vergelijkbare trend wordt waargenomen bij kristallijn silica, waaraan mensen worden blootgesteld in sectoren zoals de bouw en mijnbouw. Door aangescherpte regelgeving en verbeterde veiligheidsmaatregelen, zoals stofreductie en persoonlijke beschermingsmiddelen, is de blootstelling in veel sectoren de afgelopen jaren verminderd. De nieuwe gezondheidskundige advieswaarden, vastgesteld door de Gezondheidsraad in september 2024, zullen naar verwachting bijdragen aan een verdere daling van blootstellingsniveaus (Gezondheidsraad, 2024). Specifieke wet- en regelgeving om deze advieswaarden juridisch afdwingbaar te maken ontbreekt echter nog, waardoor de daadwerkelijke implementatie onzeker blijft.

Voor dieselmotoremissies is ook een vergelijkbare afname zichtbaar. Sinds de jaren '70 hebben EU-emissienormen en nationale maatregelen, zoals grenswaarden en verplichte roetfilters, de beroepsmatige blootstelling sterk teruggedrongen. In Nederland geldt sinds 2020 een wettelijke grenswaarde van  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor elementair koolstof (EC) als maat voor dieselmotoremissies (Ministerie van SZW, 2020). Deze grenswaarde ligt echter tien keer hoger dan de in 2019 door de Gezondheidsraad aanbevolen grenswaarde van  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC (Gezondheidsraad, 2019). Hier is dus nog aanzienlijke ruimte voor verbetering om de beroepsmatige blootstelling aan dieselmotoremissies verder te reduceren.

In tegenstelling tot andere blootstellingen zijn er in Nederland geen specifieke wettelijke grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling aan UV-straling, hoewel werkgevers wel worden aangemoedigd om preventieve maatregelen te nemen (Ministerie van SZW, 2025). Dergelijke maatregelen bieden belangrijke kansen om de risico's te beperken, vooral omdat het aandeel van niet-melanoomhuidkanker door beroepsmatige UV-blootstelling naar verwachting stabiel blijft of zelfs zal toenemen. Dit is mede het gevolg van de historische afname van de ozonlaag, waardoor de UV-stralingsniveaus zijn verhoogd (European



Environment Agency, 2024). Hoewel de ozonlaag zich herstelt, blijven de effecten van langdurige blootstelling de komende jaren naar verwachting zichtbaar door de lange latentieperiode.

Voor schilders hebben verbeteringen in verfproducten, zoals watergedragen verf, en strengere regelgeving sinds de jaren '80 geleid tot een aanzienlijke afname van blootstelling aan oplosmiddelen en zware metalen. Lassers profiteren van technologische vooruitgang en maatregelen tegen lasrook, zoals betere ventilatie en bescherming tegen chroom-6.

Voor het bepalen van de toekomstige kankerlast door beroepsmatige blootstellingen moet rekening worden gehouden met nieuwe, nog te identificeren carcinogenen. Deze blootstellingen ontstaan door veranderingen in de arbeidsmarkt, zoals de groei van de technologie- en kunststofindustrie en de toename van recyclingactiviteiten. Daarnaast worden dankzij verbeterd onderzoek en nieuwe wetenschappelijke inzichten in de toekomst mogelijk nieuwe beroepsmatige blootstellingen als kankerverwekkend erkend door de IARC. Zo wijst steeds meer onderzoek bijvoorbeeld op schadelijk effecten van PFAS (Steenland & Winqvist, 2021). Andere voorbeelden van mogelijke nieuwe carcinogenen zijn nanodeeltjes, isocyanaten in de kunststofindustrie en schadelijke stoffen uit elektronisch afval.

## 4.4 Kracht van dit onderzoek

In dit onderzoek hebben we een zes beroepsmatige blootstellingen geanalyseerd die bewezen kankerverwekkend zijn, met als doel de effecten op de incidentie van kanker zo nauwkeurig mogelijk te schatten. Hierbij is niet alleen onderscheid gemaakt naar de specifieke blootstellingen, maar ook naar de specifieke beroepen die deze kankersoorten veroorzaken. De resultaten bieden beleidsmakers een waardevolle basis om prioriteiten te stellen in het aanpakken van beroepsmatige blootstellingen en om gerichte maatregelen te nemen.

Om deze berekeningen mogelijk te maken, hebben we een methodologie toegepast die breed erkend is door experts in het veld en getoetst is door een externe adviesgroep, waarvan sommige leden betrokken waren bij vergelijkbare onderzoeken in Groot-Brittannië (Rushton et al., 2010) en Canada (Labreche et al., 2019). Deze adviesgroep bestond uit Prof. Dr. Martie van Tongeren, Dr. Cheryl Peters, Dr. Paul Demers, Prof. Dr. Lex Burdorf, Em. Prof. Dr. André Knottnerus en Dr. Susan Peters. We hebben diverse kwaliteitscontroles uitgevoerd die zijn beoordeeld door de leden van de externe adviesgroep, en daarnaast hebben de leden ook actief meegedacht over de interpretatie van de resultaten.

Wat onze studie uniek maakt ten opzichte van eerdere studies in andere landen, is dat we cumulatieve blootstelling aan zowel dieselmotoremissies als kristallijn silica hebben geschat in plaats van deze blootstellingen in brede categorieën te groeperen. Hierdoor konden we een gedetailleerdere en meer realistische inschatting maken van de risico's. Daarnaast maakt het gebruik van diverse databronnen voor het uitvoeren van de populatiemodellering onze studie uniek, waarbij vooral de beschikbaarheid van de Algemene Volkstelling van 1971 een sterk punt was. Hiermee konden we zeer nauwkeurig vaststellen hoeveel mensen in 1971 werkzaam waren in beroepen met blootstellingen.

## 4.5 Onzekerheden

Om de PAF's te kunnen berekenen, hebben we aannames gedaan, wat mogelijk heeft bijgedragen aan onder- of overschattingen van de daadwerkelijke PAF's. We hebben gekozen voor een zo conservatief mogelijke benadering, waarbij we aannemen dat de schattingen eerder een onderschatting dan een overschatting zijn.

De belangrijkste methodologische uitdaging lag voornamelijk in het schatten van het aantal mensen dat blootgesteld was gedurende de relevante blootstellingsperiode van 1971 tot 2011. Voor de periode tussen 1996 en 2011 konden we, op basis van de EBB, bepalen hoeveel nieuwe werknemers in deze jaren in de blootgestelde beroepen werkzaam waren. Echter konden we niet achterhalen of deze nieuwe werknemers ook daadwerkelijk nieuw waren in de beroepsgroep, aangezien zij zich als nieuwe instromer zouden kunnen definiëren bij een wisseling van werkgever binnen dezelfde beroepsgroep. Om dubbeltellingen te minimaliseren, hebben we alleen nieuwe instromers jonger dan 40 jaar meegeteld die aangaven 12-24 maanden in hun huidige functie te werken. Verder was voor de periode van 1972 tot 1995 geen directe informatie beschikbaar. Daarom hebben we lineaire interpolatie toegepast op basis van de beschikbare data. Naar verwachting levert dit een realistische schatting op.

Het selecteren van de voor deze studie meest passende RR's is belangrijk, omdat kleine verschillen in de gekozen waarden grote invloed kunnen hebben op de uitkomsten. Om deze reden hebben wij, in overeenstemming met een vergelijkbare studie uitgevoerd in Canada, een systematische aanpak gehanteerd om RR's te selecteren die het best aansluiten bij de Nederlandse bevolking en arbeidsmarkt. Bij deze selectie is de voorkeur gegeven aan RR's afkomstig uit meta-analyses, waarbij correctie is toegepast voor belangrijke confounders. Voor deze selectie kon echter geen onderscheid worden gemaakt tussen mannen en vrouwen door een gebrek aan wetenschappelijke studies, waardoor RR's gebaseerd op mannen ook op vrouwen zijn toegepast. Daarnaast waren meerdere RR's gebaseerd op studies die mortaliteit als uitkomstmaat gebruikten in plaats van incidentie, wat mogelijk heeft geleid tot een onderschatting van het risico. Tot slot zijn de RR's mogelijk beïnvloed door het "healthy worker effect", waarbij werknemers doorgaans gezonder zijn dan de algemene bevolking. Deze factoren resulteren in lagere risicoschattingen en leiden waarschijnlijk tot een onderschatting van de werkelijke beroepsgebonden kankerlast.

In onze studie hanteerden we een latentietijd van 10-50 jaar, wat in overeenstemming is met eerdere studies op dit gebied. Dit is echter een aanname die we moesten maken vanwege het gebrek aan gedetailleerde informatie over de exacte latentieperiodes tussen beroepsmatige blootstelling en het ontstaan van kanker. Het gebruik van een andere latentietijd kan de resultaten aanzienlijk beïnvloeden, waardoor dit een belangrijke bron van onzekerheid blijft in de schattingen.

## 4.6 Onvolledig totaalbeeld

In deze studie zijn uitsluitend combinaties van beroepsmatige blootstellingen en kankertypes opgenomen waarvoor de IARC een bewezen causaal verband heeft vastgesteld en die in een eerdere landelijke studie in Groot-Brittannië zijn geïdentificeerd als blootstellingen met een hoge kankerlast (Rushton et al., 2010). Combinaties die door de IARC als "mogelijk" causaal zijn aangemerkt of die niet door de Britse studie als hoog-risicoblootstellingen zijn geïdentificeerd, zijn niet meegenomen. Hierdoor beschrijven onze bevindingen uitsluitend de

bijdrage van de zes onderzochte beroepsmatige blootstellingen aan de kankerlast van kankersoorten met een bewezen causaal verband.

Nachtdienst en ploegendienst zijn bijvoorbeeld niet meegenomen in ons onderzoek, omdat deze blootstellingen door de IARC zijn geclassificeerd als mogelijk carcinogeen (Groep 2A). In de eerdere landelijke studie in Groot-Brittannië werden deze blootstellingen echter wel meegenomen. Doordat nachtdienst en ploegendienst daar veel voorkomen, leverden ze in die studie een aanzienlijke bijdrage aan de totale kankerlast (Rushton et al., 2010). Daarnaast is het lastig om duidelijk af te bakenen welke carcinogenen beroepsmatig zijn en welke niet. Rushton et al. (2010) onderzochten bijvoorbeeld de kankerlast door passief roken als beroepsmatige blootstelling. Hoewel de IARC passief roken als bewezen kankerverwekkend classificeert, beschikken wij niet over betrouwbare informatie om deze blootstelling binnen een beroepsmatige context vast te stellen. Verder zijn er meerdere beroepsmatige carcinogenen die bewezen kankerverwekkend zijn, maar een relatief lage kankerlast hebben, zoals chroom en benzine. Deze zijn daarom niet opgenomen in onze analyse.

Daarnaast zijn de absolute aantallen niet-melanoomhuidkankerdiagnoses die aan UV-straling kunnen worden toegeschreven onderschat. Dit komt doordat deze vorm van kanker vaak wordt behandeld in de eerstelijnszorg of door dermatologen zonder dat de diagnoses systematisch worden geregistreerd. Ook is melanoomhuidkanker, waarvoor UV-straling een belangrijke risicofactor is, niet meegenomen in deze studie, aangezien dit type kanker vooral wordt veroorzaakt door korte, intense periodes van UV-blootstelling en zonverbranding (Gandini et al., 2005). Onze methodologie meet echter gemiddelde UV-intensiteit over langere tijdsperiodes en biedt dus geen inzicht in piekintensiteiten of specifieke momenten van verbranding, waardoor deze specifieke blootstellingsvormen niet konden worden bepaald.

## 4.7 Overwegingen voor beleidsmakers

Naar schatting kunnen jaarlijks in Nederland 3.932 kankerdiagnoses worden toegeschreven aan beroepsmatige blootstellingen aan asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies, UV-straling van zonlicht, en de blootstellingsrisico's die gepaard gaan met schilder- en laswerkzaamheden. Het beperken van beroepsmatige blootstellingen aan deze carcinogenen biedt belangrijke kansen om de kankerlast te verlagen.

We hebben per beroepsmatige blootstelling vastgesteld welke beroepen de grootste bijdrage leveren aan de kankerlast. Vooral beroepen met praktische werkzaamheden bleken een hoge kankerlast te hebben, met name binnen de categorieën 'metaal-, machine- en verwante beroepen' (ISCO-codes beginnend met 72) en 'beroepen in de winning en bouwnijverheid' (ISCO-codes beginnend met 71). Door beroepen te classificeren op een gedetailleerder niveau van specifieke functies binnen deze beroepsgroepen (4-digit ISCO-codes), werd echter geen duidelijk terugkerend beroep met een verhoogde kankerlast voor meerdere blootstellingen gevonden. Evenmin werd een enkel beroep geïdentificeerd dat het overgrote deel van de kankerlast verklaarde. Dit betekent dat preventieve maatregelen niet eenvoudig op één specifieke beroepsgroep kunnen worden gericht, maar breder moeten worden ingezet.

Blootstelling aan UV-straling van de zon is verantwoordelijk voor het grootste aandeel beroepsgerelateerde kankergevallen, hoewel dit voornamelijk niet-melanoomhuidkanker betreft, de minst dodelijke vorm van kanker. In tegenstelling tot veel andere beroepsmatige blootstellingen zijn er in Nederland geen specifieke grenswaarden voor blootstelling aan UV-straling op werk. Het instellen van dergelijke grenswaarden kan beleidsmakers echter

stimuleren om preventieve maatregelen te bevorderen, zoals het aanpassen van werkuren om blootstelling aan direct zonlicht te beperken, het verplicht stellen van zonbeschermende kleding en het beschikbaar maken van zonnebrandcrème op de werkplek.

Asbest is, na UV-straling, de beroepsmatige blootstelling met het grootste aandeel in de beroepsmatige kankergevallen. Door eerdere maatregelen, waaronder het verbod op asbest in 1993, stagneert momenteel het aantal gevallen van mesothelioom en longkanker door asbest, en er wordt verwacht dat de ziektelast de komende jaren zal dalen (Laan & Burdorf, 2019). In Nederland bevatten veel oude gebouwen echter nog steeds asbest, wat een aanhoudend risico vormt voor met name werknemers in bouwsectoren. Het vergroten van het bewustzijn over de gevaren van asbest en het belang van het naleven van veiligheidsmaatregelen kan leiden tot gedragsaanpassingen die de asbestblootstelling tijdens renovatie- en sloopwerkzaamheden verminderen (DiClemente & Prochaska, 1998).

Het 2024-rapport van de Gezondheidsraad over kristallijn-silica-advieswaarden biedt een belangrijke wetenschappelijke basis om blootstelling aan kristallijn silica op de werkvloer verder terug te dringen (Gezondheidsraad, 2024). Echter zijn deze aanbevelingen nog niet omgezet in bindende regelgeving, waardoor ze niet juridisch afdwingbaar zijn en de naleving over het algemeen relatief laag blijft. Een vergelijkbare uitdaging geldt voor dieselmotoremissies. Hoewel het Gezondheidsraadrapport uit 2019 een grenswaarde van  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC adviseerde (Gezondheidsraad, 2019), stelde de overheid in 2020 een wettelijke grenswaarde van  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  EC vast, wat tien keer hoger is dan aanbevolen. De kankerlast kan verlaagd worden door wettelijke grenswaarden aan te scherpen en af te stemmen op wetenschappelijke adviezen.

Om de blootstelling bij schilders te beperken, kunnen ventilatiesystemen en de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals ademhalingsmaskers, de kankerlast verminderen. Verder kan de optimalisatie van verfproducten een effectieve strategie zijn om het kankerlast te verlagen. Omdat niet altijd duidelijk is welke specifieke componenten in verf kankerverwekkend zijn en interacties tussen stoffen mogelijk ook een rol spelen, is hiervoor aanvullend onderzoek nodig (IARC, 2010).

Lassers lopen een verhoogd risico op kanker door blootstelling aan lasrook en UV-straling. Om deze blootstelling te minimaliseren, kunnen alternatieve las- en snijtechnieken worden overwogen die minder dampen produceren. Wanneer lassen onvermijdelijk is, helpt lokale afzuiging om lasrook direct bij de bron af te voeren, evenals het dragen van ademhalingsbescherming, zoals een P3-filtermasker.

Voor alle blootstellingen geldt dat beleidsmakers kunnen overwegen om de naleving van bestaande richtlijnen te intensiveren, aanvullende beschermende maatregelen te implementeren, en werkgevers aan te moedigen om werknemers te beschermen tegen langdurige of blootstelling. Investeringscampagnes en training over veilige werkomstandigheden kunnen hier ook effectief zijn. Daarnaast bieden algemene bewustwordingscampagnes waardevolle mogelijkheden om blootstelling zowel op de werkplek als daarbuiten te verminderen.

## 4.8 Conclusie

In 2021 konden naar schatting 3.932 kankerdiagnoses (3,1% van het totaal) in Nederland worden toegeschreven aan de zes onderzochte beroepsmatige blootstellingen, met een

hoger risico bij mannen (5,4% van het totaal) dan bij vrouwen (0,5% van het totaal). Van de zes onderzochte beroepsmatige blootstellingen veroorzaakte UV-straling van zonlicht de meeste kankergevallen (1.720 diagnoses, 1,4% van het totaal, exclusief 3.111 gevallen van basaalcelcarcinoom), gevolgd door asbest (1.406 diagnoses, 1,1% van het totaal). Ook werkzaamheden als schilder en lasser, evenals blootstelling aan kristallijn silica en dieselmotoremissies, dragen hieraan bij. Gerichte preventieve interventies in beroepen waar mensen beroepsmatig worden blootgesteld bieden belangrijke kansen om de werkgerelateerde kankerlast te verlagen.

## 5 Dankwoord

We bedanken de volgende experts voor hun bijdrage en het kritische meedenken met de opzet en analyse van het onderzoek en de interpretatie van de resultaten:

- Prof. Dr. Martie van Tongeren
- Dr. Cheryl Peters
- Dr. Paul Demers
- Prof. Dr. Lex Burdorf
- Em. Prof. dr. André Knottnerus
- Dr. Susan Peters

Ook bedanken we het registratie team van het Integraal Kankercentrum Nederland (IKNL) voor het verzamelen van gegevens voor de Nederlandse Kankerregistratie (NKR).

# 6 Ondertekening

Utrecht, 20 februari 2025

C. de Jong-Rubingh  
Research Manager RAPID

T. de Crom  
Auteur

# 7 Referenties

European Environment Agency (2024). Current state of the ozone layer. Geraadpleegd op 6 januari van <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-mitigation-reducing-emissions/current-state-of-the-ozone-layer?activeAccordion=16764f62-ff77-4bec-b56d-2a30a8e315ea>

Bauer, A., Diepgen, T. L., & Schmitt, J. (2011). Is occupational solar ultraviolet irradiation a relevant risk factor for basal cell carcinoma? A systematic review and meta-analysis of the epidemiological literature. *British Journal of Dermatology*, 165(3), 612-625. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2011.10425.x>

Boffetta, P., Autier, P., Boniol, M., Boyle, P., Hill, C., Aurengo, A., Masse, R., The, G., Valleron, A. J., Monier, R., & Tubiana, M. (2010). An estimate of cancers attributable to occupational exposures in France. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52(4), 399-406. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e3181d5e355>

Brown, T., Darnton, A., Fortunato, L., Rushton, L., & British Occupational Cancer Burden Study Group. (2012). Occupational cancer in Britain. Respiratory cancer sites: larynx, lung and mesothelioma. *British Journal of Cancer*, 107 Suppl 1(Suppl 1), S56-70. <https://doi.org/10.1038/bjc.2012.119>

Burdorf, A., & Looman, C. W. N. (2018). Sterfte aan maligne mesothelioom in Nederland: huidige trends en toekomstige verwachting. Geraadpleegd op 6 januari 2025 van <https://asbestslachtoffers.nl/app/uploads/Kennis/Burdorf-A-18-Sterfte-aan-maligne-mesothelioom-in-Nederland-hudige-trends-en-toekomstige-verwachting-maart-2018.pdf>

Centraal Bureau voor de Statistiek, CBS. (1971). 14e algemene volkstelling: 28 februari 1971. Geraadpleegd op 16 januari 2025 van <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/maatwerk-en-microdata/microdata-zelf-onderzoek-doen/microdatabestanden/vt1971-14e-algemene-volkstelling-28-februari-1971>. Resultaten zijn gebaseerd op eigen berekeningen door TNO op basis van niet-openbare microdata van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

Centraal Bureau voor de Statistiek, CBS. (1996–2011). Enquête beroepsbevolking (EBB). Geraadpleegd op 16 januari 2025 van <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/korte-onderzoeksomschrijvingen/enquete-beroepsbevolking--ebb--> Resultaten zijn gebaseerd op eigen berekeningen door TNO op basis van niet-openbare microdata van het Centraal Bureau voor de Statistiek.

DiClemente, C. C., & Prochaska, J. O. (1998). Toward a comprehensive, transtheoretical model of change: Stages of change and addictive behaviors. In W. R. Miller & N. Heather (Eds.), *Treating addictive behaviors* (2nd ed., pp. 3–24). Plenum Press. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1934-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1934-2_1)

Doll, R., & Peto, R. (1981). The causes of cancer: Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *Journal of the National Cancer Institute*, 66(6), 1191-1308. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7017215>

Driscoll, T., Nelson, D. I., Steenland, K., Leigh, J., Concha-Barrientos, M., Fingerhut, M., & Prüss-Üstün, A. (2005). The global burden of disease due to occupational carcinogens. *American Journal of Industrial Medicine*, 48(6), 419-431. <https://doi.org/10.1002/ajim.20209>



Gandini, S., Sera, F., Cattaruzza, M. S., Pasquini, P., Picconi, O., Boyle, P., & Melchi, C. F. (2005). Meta-analysis of risk factors for cutaneous melanoma: II. Sun exposure. *European Journal of Cancer*, 41(1), 45-60. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2004.10.016>

Ge, C., Peters, S., Olsson, A., Portengen, L., Schüz, J., Almansa, J., Ahrens, W., Bencko, V., Benhamou, S., Boffetta, P., Bueno-de-Mesquita, B., Caporaso, N., Consonni, D., Demers, P., Fabianova, E., Fernandez-Tardon, G., Field, J., Forastiere, F., Foretova, L., ... Vermeulen, R. (2020). Diesel engine exhaust exposure, smoking, and lung cancer subtype risks. A pooled exposure-response analysis of 14 case-control studies. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 202(3), 402-411. <https://doi.org/10.1164/rccm.201911-2101OC>

Ge, C., Peters, S., Olsson, A., Portengen, L., Schüz, J., Almansa, J., Behrens, T., Pesch, B., Kendzia, B., Ahrens, W., Bencko, V., Benhamou, S., Boffetta, P., Bueno-de-Mesquita, B., Caporaso, N., Consonni, D., Demers, P., Fabianova, E., Fernandez-Tardon, G., ... Vermeulen, R. (2020). Respirable crystalline silica exposure, smoking, and lung cancer subtype risks. A pooled analysis of case-control studies. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 202(3), 412-421. <https://doi.org/10.1164/rccm.201910-1926OC>

Gezondheidsraad. (2019). Diesel engine exhaust: Health-based recommended occupational exposure limit. Geraadpleegd op 6 januari 2025.

Gezondheidsraad. (2024). Respirabel kristallijn silica: Gezondheidskundige advieswaarden. Geraadpleegd op 6 januari 2025.

Guha, N., Bouaoun, L., Kromhout, H., Vermeulen, R., Bruning, T., Behrens, T., Peters, S., Luzon, V., Siemiatycki, J., Xu, M., Kendzia, B., Guenel, P., Luce, D., Karrasch, S., Wichmann, H. E., Consonni, D., Landi, M. T., Caporaso, N. E., Gustavsson, P., ... Olsson, A. (2021). Lung cancer risk in painters: Results from the SYNERGY pooled case-control study consortium. *Occupational and Environmental Medicine*, 78(4), 269-278. <https://doi.org/10.1136/oemed-2020-106770>

Guha, N., Merletti, F., Steenland, N. K., Altieri, A., Coglianò, V., & Straif, K. (2010). Lung cancer risk in painters: A meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 118(3), 303-312. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901402>

Guha, N., Steenland, N. K., Merletti, F., Altieri, A., Coglianò, V., & Straif, K. (2010). Bladder cancer risk in painters: A meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 67(8), 568-573. <https://doi.org/10.1136/oem.2009.051565>

Hedges, K., & Sultan, F. (2004). Historical trends in the control of silica exposure: Regulatory changes and their impact on workplace exposure. *Annals of Occupational Hygiene*, 48(7), 621-630.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (z.j.). IARC monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans. Geraadpleegd via <https://monographs.iarc.who.int/>

International Agency for Research on Cancer (IARC). (1992). Solar and ultraviolet radiation. Lyon, Frankrijk.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2010). Painting, firefighting, and shiftwork. Lyon, Frankrijk.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2012). Arsenic, metals, fibres, and dusts: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (Volume 100C). Lyon, Frankrijk.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2013). Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes. Lyon, Frankrijk.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2017). Evaluation of welding, welding fumes, and some related chemicals. Lyon, Frankrijk.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2018). Welding, molybdenum trioxide, and indium tin oxide. Lyon, Frankrijk.

Kasifa, S. C. (2002). RIVM rapport 773002019 Scheepvaart en Milieu Mogelijkheden voor emissiereductie. Geraadpleegd via [RIVM rapport 773002019 Scheepvaart en Milieu Mogelijkheden voor emissiereductie](#)

Kendzia, B., Behrens, T., Jockel, K. H., Siemiatycki, J., Kromhout, H., Vermeulen, R., Peters, S., Van Gelder, R., Olsson, A., Bruske, I., Wichmann, H. E., Stucker, I., Guida, F., Tardon, A., Merletti, F., Mirabelli, D., Richiardi, L., Pohlbeln, H., Ahrens, W., ... Bruning, T. (2013). Welding and lung cancer in a pooled analysis of case-control studies. *American Journal of Epidemiology*, 178(10), 1513–1525. <https://doi.org/10.1093/aje/kwt201>

Labreche, F., Kim, J., Song, C., Pahwa, M., Ge, C. B., Arrandale, V. H., McLeod, C. B., Peters, C. E., Lavoue, J., Davies, H. W., Nicol, A. M., & Demers, P. A. (2019). The current burden of cancer attributable to occupational exposures in Canada. *Preventive Medicine*, 122, 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.03.016>

Lanphear, B. P., & Buncher, C. R. (1992). Latent period for malignant mesothelioma of occupational origin. *Journal of Occupational Medicine*, 34(7), 718–721. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1494965>

Levin, M. L. (1953). The occurrence of lung cancer in man. *Acta Unio Internationalis Contra Cancrum*, 9(3), 531–541. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13124110>

McCormack, V., Peto, J., Byrnes, G., Straif, K., & Boffetta, P. (2012). Estimating the asbestos-related lung cancer burden from mesothelioma mortality. *British Journal of Cancer*, 106(3), 575–584. <https://doi.org/10.1038/bjc.2011.563>

NKR. (2024). Incidentie per jaar, aantal. Geraadpleegd op 12 november 2024 van <https://nkr-cijfers.iknl.nl>

Nurminen, M., & Karjalainen, A. (2001). Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities related to occupational factors in Finland. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 27(3), 161–213. <https://doi.org/10.5271/sjweh.605>

Peters, S., Vermeulen, R., Cassidy, A., Mannetje, A., van Tongeren, M., Boffetta, P., Straif, K., Kromhout, H., & Group, I. (2011). Comparison of exposure assessment methods for occupational carcinogens in a multi-centre lung cancer case-control study. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(2), 148–153. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.055608>

Peters, S., Vermeulen, R., Portengen, L., Olsson, A., Kendzia, B., Vincent, R., Savary, B., Lavoue, J., Cavallo, D., Cattaneo, A., Mirabelli, D., Plato, N., Fevotte, J., Pesch, B., Bruning, T., Straif, K., & Kromhout, H. (2016). SYN-JEM: A quantitative job-exposure matrix for five lung carcinogens. *Annals of Occupational Hygiene*, 60(7), 795–811. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mew034>

Ramada Rodilla, J. M., Calvo Cerrada, B., Serra Pujadas, C., Delclos, G. L., & Benavides, F. G. (2022). Fiber burden and asbestos-related diseases: an umbrella review. *Gaceta sanitaria*, 36, 173–183. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8882348/>

RIVM (2025, januari 17). Exportwaarde Nederlandse landbouw opnieuw toegenomen. Geraadpleegd op 3 februari 2025 van <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2025/01/17/exportwaarde-nederlandse-landbouw-opnieuw-toegenomen>

Rushton, L., Bagga, S., Bevan, R., Brown, T. P., Cherrie, J. W., Holmes, P., Fortunato, L., Slack, R., Van Tongeren, M., Young, C., & Hutchings, S. J. (2010). Occupation and cancer in Britain. *British Journal of Cancer*, 102(9), 1428–1437. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6605637>

Schmitt, J., Seidler, A., Diepgen, T. L., & Bauer, A. (2011). Occupational ultraviolet light exposure increases the risk for the development of cutaneous squamous cell carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Dermatology*, 164(2), 291–307. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.10118.x>

Shah, C. P., Weis, E., Lajous, M., Shields, J. A., & Shields, C. L. (2005). Intermittent and chronic ultraviolet light exposure and uveal melanoma: A meta-analysis. *Ophthalmology*, 112(9), 1599–1607. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2005.04.020>

StatLine. (2023, 11 december). Overledenen; doodsoorzaak (uitgebreide lijst), leeftijd, geslacht. Geraadpleegd op 10 januari 2024 van <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7233/table?ts=1704891462958>

Steenland, K., & Winquist, A. (2021). PFAS and cancer, a scoping review of the epidemiologic evidence. *Environmental research*, 194, 110690. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7946751/>

TNO. (2023). Bijdragen van leefstijl- en omgevingsfactoren aan kanker in Nederland: Een kwantitatieve analyse. Geraadpleegd op 17 januari 2025 van <https://publications.tno.nl/publication/34641564/rHVTHy/TNO-2023-R11649.pdf>

Turati, F., Rossi, M., Spinazze, A., Pira, E., Cavallo, D. M., Patel, L., Mensi, C., La Vecchia, C., & Negri, E. (2023). Occupational asbestos exposure and ovarian cancer: Updated systematic review. *Occupational Medicine (London)*, 73(9), 532–540. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqad122>

Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). (2025). Buiten werken: zon en huid. Geraadpleegd op 6 januari 2025 van <https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/zon-en-huid>

Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW). (2020). Regeling van de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid van 2 juni 2020, nr. 2020-0000068933, tot wijziging van Bijlage XIII van de Arbeidsomstandighedenregeling in verband met de invoering van een wettelijke grenswaarde voor dieselmotoremissie.

van der Laan, G., & Burdorf, L. (2019). Asbestziektes en-sterftes in Nederland: Van 2016 tot 2035 sterven nog ruim 9000 mensen aan mesothelioom. *TBV-Tijdschrift voor Bedrijfs- en Verzekeringsgeneeskunde*, 27, 22–25. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12498-019-0004-z.pdf>

Würtz, P. K., Fenger-Grøn, M., Berglind, I. A., Cherrie, M. P. C., Dahlman-Höglund, A., Grandahl, K., ... Kolstad, H. A. (2025). A quantitative solar ultraviolet radiation job-exposure matrix for Europe. (Onder review).

## Bijlage A Verklarende woordenlijst

Absolute aantal	Het werkelijke aantal mensen met een bepaalde kankersoort of ziekte in een groep. Bijvoorbeeld 153 mensen met een bepaalde kankersoort.
Beroepsmatige blootstelling	Hieronder verstaan we in dit rapport blootstelling aan asbest, kristallijn silica, dieselmotoremissies en UV-straling van zonlicht, evenals werkzaamheden als schilder en lasser.
Incidentie	Het absolute aantal nieuwe kankerdiagnoses of ziekten in een groep over een bepaalde periode (vaak 1 jaar).
International Standard Classification of Occupations (ISCO)	Een internationaal erkend classificatiesysteem ontwikkeld door de International Labour Organization (ILO) om beroepen systematisch in te delen op basis van de aard van het werk en de vereiste vaardigheden. ISCO wordt vaak gebruikt in statistische analyses en arbeidsmarktstudies om gegevens over beroepen internationaal vergelijkbaar te maken.
Latentietijd	De (geschatte) gemiddelde tijd tussen blootstelling aan een risicofactor en het krijgen van de diagnose kanker.
Populatie attributieve fractie (PAF)	Het percentage patiënten in een groep met een bepaalde kankersoort of ziekte die toegeschreven kan worden aan een bepaalde risicofactor.
Proportie, percentage	Breuk waarbij de teller onderdeel is van de noemer.
Relatief risico (RR)	De verhouding van twee absolute risico's. Gebaseerd op de uitkomst in één groep (blootgesteld aan een bepaalde risicofactor) ten opzichte van een andere groep (geen blootstelling).
Relevante blootstellingsperiode	De tijdsperiode waarin een persoon blootgesteld is aan een specifieke risicofactor die relevant is voor het ontstaan van een ziekte. Voor deze studie is dit gedefinieerd als de periode waarin beroepsmatige blootstelling heeft plaatsgevonden die bijdraagt aan de ontwikkeling van kanker binnen de beschouwde latentietijd.

## Bijlage B Beroepsmatige blootstellingen: overzicht en selectiecriteria

Beroepsmatige blootstelling	Opgenomen of uitgesloten in deze studie	IARC classificatie	Argumentatie voor opname of uitsluiting van beroepsmatige blootstellingen in deze studie
Asbest	Opgenomen	Groep 1	Voldoet aan criteria: 1. Geclassificeerd als groep 1 carcinogeen door IARC. 2. In Rushton et al. (2010) konden 4.216 kankergevallen worden toegeschreven aan asbest.
Nachtdienst en ploegendienst	Uitgesloten	Groep 2A	Door de IARC geclassificeerd als groep 2A carcinogeen.
Minerale oliën	Uitgesloten	Groep 1	Minerale oliën zijn geclassificeerd als een Groep 1 carcinogeen voor huidkanker van het scrotum, een zeldzame vorm van kanker, waardoor de kankerlast laag is. Ze worden ook in verband gebracht met andere kankersoorten, maar deze zijn door de IARC geclassificeerd als mogelijk kankerverwekkend.
UV-straling van zonlicht	Opgenomen	Groep 1	Voldoet aan criteria: 1. Geclassificeerd als groep 1 carcinogeen door IARC. 2. In Rushton et al. (2010) konden 1.541 kankergevallen worden toegeschreven aan UV-straling van zonlicht.
Kristallijn silica	Opgenomen	Groep 1	Voldoet aan criteria: 1. Geclassificeerd als groep 1 carcinogeen door IARC. 2. In Rushton et al. (2010) konden 907 kankergevallen worden toegeschreven aan kristallijn silica.
Dieselmotoremissies	Opgenomen	Groep 1	Voldoet aan criteria: 1. Geclassificeerd als groep 1 carcinogeen door IARC. 2. In Rushton et al. (2010) konden 801 kankergevallen worden toegeschreven aan dieselmotoremissies.
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) uit steenkoolteer	Uitgesloten	-	PAK's vormen een groep complexe chemische stoffen en zijn niet als geheel door de IARC beoordeeld. Steenkoolteerdestillatie, waarbij PAK's vrijkomen, is geclassificeerd als een Groep 1 carcinogeen, maar deze blootstelling komt in Nederland zelden voor en is daarom niet relevant voor de Nederlandse situatie.
Schilders	Opgenomen	Groep 1	Voldoet aan criteria: 1. Geclassificeerd als groep 1 carcinogeen door IARC. 2. In Rushton et al. (2010) konden 359 kankergevallen worden toegeschreven aan schilderwerk
2,3,7,8-tetrachloordibenz o-p-dioxine (TCDD)	Uitgesloten	Groep 1	TCDD is een Groep 1 carcinogeen, maar wordt vooral gezien als een milieucarcinogeen. Blootstelling vindt voornamelijk plaats via gecontamineerd voedsel. Beroepsmatige blootstelling door inhalatie van verbrandingsproducten is mogelijk, maar de kans hierop is laag voor Nederlandse werknemers. Er zijn bovendien geen geschikte middelen om TCDD-blootstelling specifiek te meten.

Beroepsmatige blootstelling	Opgenomen of uitgesloten in deze studie	IARC classificatie	Argumentatie voor opname of uitsluiting van beroepsmatige blootstellingen in deze studie
Passief roken (omgevingstabak srook)	Uitgesloten	Groep 1	Passief roken is geclassificeerd als een Groep 1 carcinogeen. Er zijn echter geen geschikte instrumenten om blootstelling aan milieutabaksrook specifiek te beoordelen.
Radon	Uitgesloten	Groep 1	Radon is geclassificeerd als een Groep 1 carcinogeen, maar komt in minimale hoeveelheden voor in Nederland vanwege de lage concentraties in de bodem en de goede ventilatie in gebouwen.
Lassers	Opgenomen	Groep 1	Voldoet aan criteria: 1. Geclassificeerd als groep 1 carcinogeen door IARC. 2. In Rushton et al. (2010) konden 175 kankergevallen worden toegeschreven aan laswerk.
Tetrachloorethyleen	Uitgesloten	Groep 2A	Voldoet niet aan het criterium van classificatie als Groep 1 carcinogeen.
Arseen	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Sterke anorganische zuren/misten met zwavelzuur	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Chroom VI	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Niet-arseenhoudende pesticiden	Uitgesloten	Groep 2A of 2B	Voldoet niet aan de criteria: classificatie als Groep 1 carcinogeen of >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Kobalt	Uitgesloten	Groep 2B	Voldoet niet aan de criteria: classificatie als Groep 1 carcinogeen of >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Anorganisch lood	Uitgesloten	Groep 2A	Voldoet niet aan de criteria: classificatie als Groep 1 carcinogeen of >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Aromatische amines	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Kappers en barbiers	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Roetdeeltjes	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Houtstof	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Lederstof	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Staalgieters	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Formaldehyde	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).

Beroepsmatige blootstelling	Opgenomen of uitgesloten in deze studie	IARC classificatie	Argumentatie voor opname of uitsluiting van beroepsmatige blootstellingen in deze studie
Cadmium	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Rubberindustrie	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Nikkel	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Beryllium	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Trichloorethyleen	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Benzeen	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Ioniserende straling	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Vinylchloride	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
1,3-Butadieen	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Acrylamide	Uitgesloten	Groep 2A	Voldoet niet aan de criteria: classificatie als Groep 1 carcinogeen of >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Tinmijnwerkers	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Ethyleenoxide	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).
Aardolieraffinage	Uitgesloten	Groep 1	Voldoet niet aan het criterium van >150 toegeschreven kankergevallen in Rushton et al. (2010).

Healthy Living & Work

Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

**TNO** innovation  
for life