



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Methoderapport
gezondheidsindicatoren**
Schone Lucht Akkoord

RIVM-rapport 2019-0209
M.E. Gerlofs-Nijland et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Methoderapport gezondheidsindicatoren Schone Lucht Akkoord

RIVM-rapport 2019-0209

Colofon

© RIVM 2019

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2019-0209

M.E. Gerlofs-Nijland (auteur), RIVM
P.G. Ruysenaars (auteur), RIVM
M. Marra (auteur), RIVM
W.J. de Vries (auteur), RIVM
R.J.M. Maas (auteur), RIVM
C.B. Ameling (auteur), RIVM
D.J.M. Houthuijs (auteur), RIVM
P.H. Fischer (auteur), RIVM
J.P. Wesseling (auteur), RIVM
W.J.R. Swart (auteur), RIVM

Contact:

Miriam Gerlofs-Nijland
Centrum Duurzaamheid Milieu en Gezondheid
miriam.gerlofs@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat directie duurzame leefomgeving en circulaire economie (DLCE) in het kader van het Schone Lucht Akkoord.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Methoderapport gezondheidsindicatoren

Schone Lucht Akkoord

Luchtvervuiling heeft invloed op de gezondheid van de burger. Tot voor kort vormden Europese normen de basis voor het luchtbeleid in Nederland. Inmiddels is duidelijk dat blootstelling aan concentraties vervuilende stoffen onder de normen ook gezondheidseffecten kunnen veroorzaken. Om die reden wil de rijksoverheid de luchtkwaliteit in Nederland verbeteren. In het Schone Lucht Akkoord worden hiervoor extra maatregelen opgenomen. Het doel is de gezondheidsschade door luchtvervuiling in 2030 te verminderen. Het akkoord is een samenwerkingsverband tussen de rijksoverheid en een groot aantal provincies en gemeenten.

Het RIVM heeft gezondheidsindicatoren ontwikkeld waarmee het rijk, provincies en gemeenten hun ambitie om met luchtkwaliteitsbeleid de gezondheid te verbeteren, kunnen berekenen. De gezondheidsindicatoren geven ook aan in welke sectoren of gebieden extra luchtkwaliteitsmaatregelen mogelijk zijn om de gewenste gezondheidswinst in hun regio te bereiken. De gezondheidsindicatoren zijn in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) ontwikkeld.

Het RIVM beschrijft in dit rapport wat de wetenschap onder milieu-gezondheidsindicatoren verstaat. Ook geeft het aan hoe de gezondheidsindicatoren zijn ontwikkeld. Daarna wordt het rekensysteem stap voor stap uitgelegd en worden de resultaten met enkele voorbeelden voor Nederland voor 2016 en 2030 geïllustreerd. Ten slotte wordt dieper ingegaan op de keuzes die bij de ontwikkeling van de indicatoren zijn gemaakt, en volgen enkele aanbevelingen.

Kernwoorden: gezondheidsindicatoren, rekensysteem, emissie, concentratie, blootstelling, gezondheidseffect, Schone Lucht Akkoord

Synopsis

Health indicator method report

Clean Air Agreement

Air pollution affects the health of citizens. Until recently, Dutch air policy was based on European standards but it has now become clear that even exposure to concentrations of pollutants below these standards can cause health effects among the general public. The Dutch government is therefore committed to improving the air quality in the Netherlands. The Clean Air Agreement contains additional measures to this end. The objective is to reduce damage to health due to air pollution by 2030. The agreement is a partnership between the government and numerous provinces and municipalities.

RIVM has developed health indicators that can be used in calculations to enable these parties to improve public health through air quality policy. The health indicators also indicate the sectors or areas in which additional air quality measures can be introduced to achieve the desired health benefits in their regions. The Ministry of Infrastructure and Water Management (IenW) commissioned the development of these health indicators.

In this report, RIVM describes what science means by environmental health indicators and explains how the health indicators were developed. The calculation method is subsequently explained step by step and the results are illustrated by a few examples for the Netherlands for 2016 and 2030. Finally, the choices made in developing the indicators are discussed in detail and several recommendations made.

Keywords: health indicators, calculation system, emission, concentration, exposure, health effect, Clean Air Agreement

Inhoudsopgave

1	Aanleiding — 9
2	Gezondheidsindicatoren — 11
2.1	Milieu-gezondheidsindicatoren — 11
2.2	Criteria voor gezondheidsindicatoren — 11
2.3	Keuzes bij het ontwerp van de gezondheidsindicatoren — 12
2.3.1	Deeltjesvormige luchtverontreiniging en stikstofdioxide — 12
2.3.2	Gecombineerde blootstelling op het woonadres — 13
2.3.3	Gezondheidsindicatoren — 14
2.4	Mogelijke toepassingen van de gezondheidsindicatoren — 15
3	Rekensysteem — 17
3.1	Rekenstappen — 17
3.1.1	Emissies — 17
3.1.2	Concentraties — 21
3.1.3	Blootstelling — 23
3.1.4	Gezondheidseffect — 24
4	Discussie — 33
4.1	Reikwijdte van de rekenmethode — 33
4.1.1	Welke componenten? — 33
4.1.2	Eén of meerdere componenten aanpak? — 33
4.1.3	Componenten: PM ₁₀ en/of PM _{2,5} ? — 34
4.1.4	Levensduurverwachting en/of ziektelast? — 35
4.1.5	Hoogrisicogroepen — 35
4.2	Rekenmethode Schone Lucht Akkoord versus IBO-Luchtkwaliteit — 36
4.3	Gevoeligheidsanalyse — 37
4.3.1	Onzekerheden in emissies — 37
4.3.2	Regionaliseren van emissies — 38
4.3.3	Modelonzekerheden — 39
4.3.4	Van blootstelling naar gezondheidseffecten — 39
4.3.5	Onzekerheden in beleidseffectiviteit — 40
4.3.6	Onzekerheid van de berekeningen voor het Schone Lucht Akkoord — 41
5	Conclusie en aanbevelingen — 43
	Bijlage 1 Voorbeeld voor toepassing gezondheidsindicatoren — 45
	Bijlage 2 Voorbeeld voor Nederland van resultaat berekening gezondheidsindicatoren — 48
	Referenties — 55

1 Aanleiding

Conform de Europese rapportageverplichtingen monitort Nederland de concentraties van onder andere NO₂, fijn stof en ozon in de lucht. Hiermee wordt de luchtkwaliteit in beeld gebracht en getoetst of wordt voldaan aan de geldende Europese grens- en richtwaarden. Het voldoen aan deze waarden betreft een verplichting die geldt voor heel Nederland, onafhankelijk van de plaats én of er mensen wonen. Naast de grenswaarden geldt voor EU-landen ook de verplichting om de gemiddelde blootstelling aan fijn stof in stedelijke gebieden stapsgewijs te verlagen. De afgelopen decennia is steeds meer bewijs gekomen dat er ook onder de wettelijk vastgestelde grenswaarden gezondheidseffecten zoals luchtwegaandoeningen onder de populatie kunnen optreden. Tot op het laagst waargenomen blootstellingsniveau waarbij onderzoek is uitgevoerd, blijven effecten op de gezondheid meetbaar. Voor de *World Health Organisation* (WHO) is dit reden geweest om in 2006 voor deeltjesvormige luchtverontreiniging (PM₁₀, PM_{2,5}) te komen met advieswaarden die lager liggen dan de wettelijke normen in de EU en de VS. Echter, zelfs bij concentraties onder de WHO-advieswaarden zijn gezondheidseffecten waar te nemen en is nog gezondheidswinst te behalen.

In de afweging met betrekking tot ruimtelijke ordening en de effecten daarvan op gezondheid betrekken lokale overheden, veelal op advies van de GGD's, ook andere aspecten bij hun afweging. Behalve de nationale (Europese) normen worden ook aspecten meegewogen als gevoelige bestemmingen (bijvoorbeeld scholen), afstanden tussen adressen en bronnen van luchtverontreiniging (bijvoorbeeld verkeer en (gevoelige) bestemmingen). En welke groepen omwonenden aan hoge concentraties worden blootgesteld. Met de verbeterde inzichten in de rol van luchtverontreiniging in de totale ziektelast van de Nederlandse bevolking is het besef van de noodzaak van een verdere reductie in de niveaus van luchtverontreiniging sterk gegroeid. Hoewel de wettelijke normen leidend blijven, worden vanuit gezondheidsoogpunt de WHO-advieswaarden steeds meer als richtinggevend gezien. Daarbij is er een grote behoefte om de effecten van beleid ook in gezondheidswinst te kunnen uitdrukken. Bij de verschuiving in beleid van het handhaven van normen naar redeneren vanuit gezondheidsperspectief heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat het initiatief genomen om samen met decentrale overheden een Schone Lucht Akkoord op te stellen.

Het RIVM heeft van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat de opdracht gekregen om voor het Schone Lucht Akkoord (een) gezondheidsindicator(en) te ontwikkelen waarmee overheden een ambitie voor verbetering van de (lokale) luchtkwaliteit kunnen formuleren vanuit het perspectief van gezondheid. De ontwikkeling wordt beschreven in deze rapportage.

2 Gezondheidsindicatoren

2.1 Milieu-gezondheidsindicatoren

Een milieu-gezondheidsindicator kan worden gedefinieerd als 'een uitdrukking van de relatie tussen een milieufactor en gezondheid, gericht op een specifiek beleidsonderwerp en gepresenteerd in een vorm die de interpretatie voor een doeltreffende besluitvorming vergemakkelijkt'¹. De indicator kan als een interpretatie- en communicatiemiddel dienen om de ontwikkeling van beleid te ondersteunen en om dit beleid, zodra het is geïmplementeerd, te monitoren en te evalueren.

Een belangrijke functie van een indicator of een set van indicatoren is het samenvatten van de omvang en de complexiteit van de informatie². Indicator(en) kwantificeren en vereenvoudigen vaak het onderliggende systeem, helpen om de omvang van de problematiek te begrijpen en vertellen iets over mogelijke veranderingen in een systeem³. Indicatoren vormen zodoende de brug tussen wat het beleid wil weten en wat wetenschap kan bieden⁴.

Luchtkwaliteitsbeleid kan vanuit verschillende uitgangspunten worden gevoerd. Milieubeleid richt zich traditioneel op individuele of locatie gebonden risico's door grenzen te stellen aan de mate van blootstelling. Wanneer binnen de context prioriteit wordt gegeven aan 'gelijke risico's' voor de bevolking (gelijkwaardigheidsbeginsel), dan kan de nadruk gelegd worden op het aanpakken van locaties waar de blootstellingsconcentraties het grootst zijn. De nadruk ligt dan op het beperken van de risico's van hoog blootgestelden op zogenoemde hotspots door de prioriteit te leggen bij het verminderen van de blootstelling bij die groepen die het meeste risico hebben. Dat kan ertoe leiden dat er relatief dure maatregelen moeten worden getroffen die effect hebben voor een kleine groep mensen. Vanuit een kosteneffectiviteitsbenadering daarentegen, ligt het meer voor de hand om te kijken hoe de gemiddelde blootstelling over een groter gebied voor zoveel mogelijk mensen naar beneden kan worden gebracht.

In stakeholderbijeenkomsten zijn de keuzes van het ontwerp van de gezondheidsindicatoren besproken.

2.2 Criteria voor gezondheidsindicatoren

In een aantal stakeholdersbijeenkomsten zijn de criteria voor een indicator waarmee de gezondheid centraal kan worden gesteld in het nieuwe luchtkwaliteitsbeleid besproken. In de bijeenkomsten is geconcludeerd dat de gezondheidsindicatoren voor de volgende doelen bruikbaar moeten zijn:

1. Het beschrijven van de huidige en toekomstige situaties van de luchtkwaliteit vanuit een gezondheidskundig perspectief op verschillende aggregatieniveaus.
2. Het aangeven van de relatieve bijdrage van sectoren of bronnen van luchtverontreiniging.
3. Het identificeren van 'hot spots' (gebieden met een relatief hoge blootstelling en daaruit voortvloeiende gezondheidsrisico's).

4. Het doorrekenen van maatregelenpakketten.
5. Het stellen van (lokale) doelen voor de te bereiken gezondheidswinst.
6. Het volgen van ontwikkelingen in de luchtkwaliteit vanuit een gezondheidskundig perspectief.

Op basis van de discussie en conclusies in deze bijeenkomsten heeft het RIVM een tweetal gezondheidsindicatoren uitgewerkt.

De twee geselecteerde gezondheidsindicatoren zijn:

- de potentieel te behalen (gemiddelde) winst in levensduurverwachting (voor een nul-jarige);
- YLL (*years of life lost*; verloren levensjaren).

Ze zijn gebaseerd op:

- de blootstelling aan het mengsel van luchtverontreiniging (geoperationaliseerd met fijn stof en stikstofdioxide (NO₂));
- het woonadres als resolutie;
- de relatie van de blootstelling met het sterfterisico in een bepaalde tijdsperiode.

Met deze gezondheidsindicatoren kan:

- de potentieel te behalen gezondheidswinst op woonadres voor verschillende scenario's worden berekend;
- de gezondheidswinst op verschillende aggregatieniveaus (buurt, wijk, gemeente, provincie, nationaal) worden bepaald;
- de bijdrage van verschillende bronnen van luchtverontreiniging aan de gezondheidsindicatoren langs één meetlat worden gelegd.

De verschillende aspecten van de gezondheidsindicatoren worden in de volgende paragrafen kort behandeld.

2.3 Keuzes bij het ontwerp van de gezondheidsindicatoren

2.3.1 Deeltjesvormige luchtverontreiniging en stikstofdioxide

Recent heeft de Nederlandse Gezondheidsraad, op verzoek van de Staatssecretaris van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, een advies gegeven over de belangrijkste componenten en bronnen van het luchtverontreinigingsmengsel en de daaraan gekoppelde bekende gezondheidseffecten⁵. De drie belangrijkste componenten voor luchtverontreiniging in de buitenlucht betreffen deeltjesvormige luchtverontreiniging (PM₁₀, PM_{2,5}, roetdeeltjes waaronder elementair en organisch koolstof), stikstofdioxide (NO₂) en ozon (O₃).

De gezondheidsindicatoren zijn gebaseerd op langdurige blootstelling en sterfte door PM₁₀ en NO₂ (zie paragraaf 2.3.3). Ozon is buiten beschouwing gelaten omdat ten aanzien van ozon moeilijker een effectief nationaal beleid te voeren is. De problematiek speelt op een hoger schaalniveau doordat de gemiddelde jaarlijkse blootstelling in Nederland in belangrijke mate bepaald wordt door bronnen ver van Nederland vandaan (zoals bronnen in Azië). PM₁₀ en NO₂ zijn typen luchtverontreiniging die hoofdzakelijk direct in de atmosfeer gebracht worden door menselijk handelen (verkeer, industrie, landbouw, scheepvaart enzovoort) in Nederland en de ons omringende landen. Er is daarom bij het ontwerp van de gezondheidsindicatoren voor het Schone

Lucht Akkoord gefocust op de effecten van beleid op het beperken van deeltjesvormige luchtverontreiniging (PM₁₀) en stikstofoxiden (NO₂). De keuze voor PM₁₀ (en dus niet PM_{2,5} en roetdeeltjes) wordt gemotiveerd in hoofdstuk 4.

2.3.2 *Gecombineerde blootstelling op het woonadres*

De negatieve gevolgen van luchtverontreiniging op de gezondheid staan de laatste jaren alom in de belangstelling en in de wetenschappelijke literatuur is er nauwelijks nog discussie dat deze ook inderdaad optreden. Voor zowel deeltjesvormige luchtverontreiniging als stikstofdioxide zijn in de wetenschappelijke literatuur zeer veel studies beschreven die laten zien dat onder bevolkingsgroepen die in hogere mate aan deze stoffen zijn blootgesteld er meer nadelige gezondheidseffecten optreden dan onder bevolkingsgroepen die relatief laag zijn blootgesteld (bijvoorbeeld steden met relatief hoge niveaus van deze stoffen versus relatief schone steden, mensen die wonen langs drukke verkeerswegen versus mensen die in een verkeersluwe locatie wonen).

Een overzicht van de in de literatuur beschreven gezondheidseffecten is onder andere beschreven in het WHO-rapport '*Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project*'⁶. Hierin wordt, per luchtverontreinigingscomponent (PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, O₃), de relatie beschreven tussen de concentratie en het risico voor verschillende gezondheidseffecten. De modellen gebruikt voor deze berekeningen zijn één-componentenmodellen, omdat ze gebaseerd zijn op één enkele luchtverontreinigingscomponent.

Er is niet onderzocht hoe één component zich in combinatie met andere luchtverontreinigingscomponenten tot het gezondheidseffect verhoudt. Omdat de concentraties deeltjesvormige componenten en stikstofdioxide hoog gecorreleerd kunnen zijn, kan het in epidemiologisch onderzoek gevonden gezondheidsrisico voor stikstofdioxide, voor een gedeelte bepaald worden door primair uitgestoten fijnstofdeeltjes. Het omgekeerde, deeltjesvormige luchtverontreiniging als indicator voor stikstofdioxide-effecten kan ook.

Wanneer 'de gezondheid' in het beleid centraler wordt gesteld, is het vanuit algemeen gezondheidsperspectief minder relevant hoe de afzonderlijke concentraties de mens kunnen beïnvloeden en verschuift de aandacht naar het gezondheidsrisico van de gecombineerde blootstelling van deeltjesvormige luchtverontreiniging en stikstofdioxide. We worden tenslotte niet aan één enkele component, maar het totale luchtverontreinigingsmengsel blootgesteld. Bij het ontwerp van de gezondheidsindicatoren voor het Schone Lucht Akkoord is daarom gekozen voor het beschrijven van de gezondheidseffecten voor de gecombineerde blootstelling aan PM₁₀ en NO₂ en niet voor de individuele gezondheidsrelaties zoals beschreven in HRAPIE. Er is hierbij gebruikgemaakt van de resultaten van de Nederlandse DUELS-studie⁷, een cohortonderzoek waarin het sterfterisico van PM₁₀ en NO₂ onder bijna 7 miljoen inwoners *gecombineerd* is onderzocht. Dit wordt een twee-componentenmodel genoemd. Het voordeel van een dergelijk model is dat het effect op de gezondheid voor het totale luchtverontreinigingsmengsel onderzocht kan worden, waarbij er

tegelijktijd rekening wordt gehouden met de bijdrage van de andere componenten aan het gezondheidseffect.

In de DUELS-studie is de berekende concentratie van PM₁₀ en NO₂ op het woonadres als blootstelling gebruikt. Dit betekent dat voor berekeningen van de gezondheidswinst voor het Schone Lucht Akkoord de concentratie op het woonadres ook als uitgangspunt kan dienen.

2.3.3 *Gezondheidsindicatoren*

Uit de bevindingen van een cohortonderzoek naar sterfte, zoals DUELS, zijn een aantal gezondheidsindicatoren voor sterfte in samenhang met de gecombineerde blootstelling af te leiden, zoals:

1. het extra sterfterisico voor een individu, bijvoorbeeld uitgedrukt ten opzichte van het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico);
2. de gemiddelde levensduurverkorting van een individu;
3. het aantal vroegtijdige sterfgevallen in een jaar in een bepaalde populatie (gemeente, provincie, nationaal);
4. *years of life lost* (YLL) of verloren levensjaren. Het totaal van levensjaren in een bepaalde populatie dat door de vroegtijdige sterfte in een jaar verloren gaat.

De eerste twee gezondheidsindicatoren kunnen inzicht geven in hoe het individuele gezondheidsrisico door luchtverontreiniging onder Nederlanders is verdeeld en lenen zich bij uitstek om op een kaart te zetten, om bijvoorbeeld inzichtelijk te maken waar 'hotspots' in risico door luchtverontreiniging optreden.

De laatste twee gezondheidsindicatoren geven inzicht in de groepsrisico's en zijn bij uitstek geschikt om een afweging te maken voor de vraag met welke maatregelen de grootste gezondheidswinst voor een grotere bevolkingsgroep te behalen valt. Deze indicatoren ondersteunen een beleid dat gericht is op het behalen van een zo hoog mogelijke kosteneffectiviteit.

Er is voor gekozen zowel één van de gezondheidsindicatoren van de individuele gezondheidswinst als één van de gezondheidsindicatoren van de groepsinst nader uit te werken. Bestuurlijk valt er zodoende te kiezen of de beleidsdoelen voor individuele gezondheidswinst, voor de totale omvang van de gezondheidswinst of voor een combinatie van beide worden geformuleerd.

Als gezondheidsindicatoren zijn de gemiddelde levensduurverkorting van een individu en de YLL geselecteerd. De belangrijkste overwegingen voor deze keuzes zijn:

Beleidsmatig

- Het Ministerie van VWS rapporteert jaarlijks over de absolute (gemiddelde) levensverwachting als een van de indicatoren voor 'volksgezondheid'. De doelstelling is een goede volksgezondheid waarbij mensen zo min mogelijk blootstaan aan bedreigingen en zij in gezondheid leven. De (gemiddelde) levensduurverkorting die samenhangt met luchtverontreiniging kan door reductie in de concentraties op het woonadres in potentie leiden tot winst in levensduurverwachting, en daarmee tot een betere 'volksgezondheid'.

- De gezondheidsindicator '*Years of Life Lost*' is ten behoeve van kosteneffectiviteit-studies relatief eenvoudig te monetariseren door deze te vermenigvuldigen met een VOLY (*Value of a Life Year*).

Wetenschappelijk

- De gezondheidsindicatoren 'potentiële winst in levensduurverwachting' en YLL beschrijven, uit wetenschappelijk oogpunt, beter de bevindingen uit een cohortstudie dan de andere twee gezondheidsindicatoren⁸.

Opgemerkt moet worden, dat binnen de twee sets, individuele of groepswinst, de gezondheidsindicatoren onderling sterk met elkaar samenhangen. Dit betekent dat de voorkeur voor de gemiddelde levensduurverkorting boven het extra sterfterisico geen betekenisvolle invloed zal hebben op bijvoorbeeld de volgorde van locaties gerangschikt op de mate van individueel risico. Dit geldt ook voor de keuze van de YLL ten opzichte van het totale aantal vroegtijdige sterfgevallen. Dit zal bijvoorbeeld geen invloed hebben op de rangvolgorde van maatregelen in hun kosteneffectiviteit.

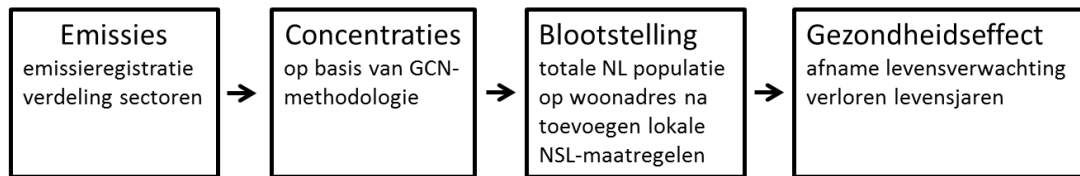
2.4 Mogelijke toepassingen van de gezondheidsindicatoren

De gezondheidsindicator 'winst in levensduurverwachting' laat de potentieel te behalen maanden winst in levensduurverwachting voor een nul-jarige zien. We lopen allemaal het risico om korter te leven door blootstelling aan luchtverontreiniging. Door maatregelen uit te voeren die de luchtkwaliteit verbeteren, kunnen we dit risico beperken. Met behulp van deze gezondheidsindicator wordt inzichtelijk hoeveel maanden we gemiddeld langer zouden kunnen leven. Deze informatie kan berekend worden voor een specifiek jaar en beleidsscenario en welk percentage van de totale Nederlandse bevolking, provincie, gemeente, wijk of buurt het betreft. De gezondheidsindicator 'levensduurwinst' geeft handvatten om een ambitie ter verbetering van de luchtkwaliteit te formuleren vanuit het perspectief gezondheid en maatregelen aan te dragen voor die sectoren die door emissiereductie kunnen bijdragen aan gezondheidswinst.

3 Rekensysteem

3.1 Rekenstappen

Om de gezondheidsindicatoren te kunnen berekenen zijn een aantal rekenstappen nodig (Figuur 3.1). De uitwerking van deze rekenstappen wordt in dit hoofdstuk besproken. Een voorbeeld zoals de rekenmethode voor het Schone Lucht Akkoord is gebruikt, is beschreven in de bijlagen.



Figuur 3.1 Overzicht rekenstappen van emissies tot gezondheidseffect

3.1.1 Emissies

3.1.1.1 Uitgangspunt emissies Schone Lucht Akkoord

De **emissies** zoals deze geregistreerd zijn in de Emissieregistratie (ER) worden gebruikt als invoer voor de berekening van de grootschalige achtergrondconcentraties in Nederland (Grootschalige Concentratiekaarten Nederland; GCN).

De ER maakt onderscheid in honderden verschillende emissieoorzaken die voor de GCN-berekeningen per stof worden geaggregeerd tot ongeveer honderd broncategorieën⁹. Voor de berekening van de gezondheidsindicatoren is dit aantal teruggebracht tot een aantal hoofdsectoren (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Hoofdsectoren t.b.v. berekening gezondheidsindicatoren Schone Lucht Akkoord

SLA-code	Naam sector	Bestaat uit	GCN-code
S22	Industrie	Energie / industrie / afvalverwerking	1100-1800 2100-2220 5000
S44	Wegverkeer	Alle wegverkeer tezamen (omdat NSL-bijdrage niet per wegtype te scheiden is)	3111-3453
S45	Mobiele werktuigen	Mobiele werktuigen	3510-3540
S41	Luchtvaart en railverkeer	Luchtvaart / railverkeer	3611-3647 3700
S43	Zeescheepvaart en visserij	Zeescheepvaart / visserij	3811-3839 3850
S42	Binnen- en recreatievaart	Binnenvaart / recreatievaart	3861-3866 3880
S31	Landbouw	Landbouw	4110-4600
S21	HDO, op- en overslag en bouw	Handel, diensten en overheid / op- en overslag / bouw	6100-6400
S19	Consumenten totaal	Consumenten hoofdverwarming / sfeerverwarming / overige bronnen	8110 8120 8200
S11	Consumenten hoofdverwarming	Consumenten hoofdverwarming (CV-ketels, pelletkachels)	8110
S12	Consumenten sfeerverwarming	Consumenten sfeerverwarming (open haarden, houtkachels)	8120
S13	Consumenten overige bronnen	Consumenten overige bronnen (roken, koken, barbecueën, vuurwerk e.a.)	8200
S99	Buitenland	Buitenland / scheepvaart NCP	SNAP 1-10 + NCP

Emissiecijfers voor Nederland zijn afkomstig uit de ER, waarin zowel de opgaven van grote bedrijven zijn verwerkt als de verspreide emissies voor onder andere verkeer, landbouw en huishoudens. Die emissiegegevens zijn tot stand gekomen in samenwerking met RWS, WUR, TNO, CBS en PBL. Voor zo'n 750 grote bedrijven (waaronder ook landbouwbedrijven, stallen) is de locatie van de emissies exact bekend. De ruimtelijke verdeling van de overige, collectief geregistreerde emissies zijn afgeleid met behulp van proxies voor de ruimtelijke verdeling van onder andere verkeersintensiteit, arbeidsplaatsen en bevolking. Voor de berekening van de gezondheidsindicatoren zijn de meest recente geactualiseerde data (emissies en ruimtelijke verdeling) gebruikt welke op moment van de start van de berekeningen beschikbaar waren. Dit betreft de emissies uit de ER van het jaar 2015.

Een deel van de blootstelling wordt bepaald door grensoverschrijdende luchtverontreiniging. Daarom wordt in de rekenslag ook rekening gehouden met de emissies in onze buurlanden. Daarvoor zijn de meest

recente officiële door landen aan het Europees Milieuagentschap (EEA) gerapporteerde emissiecijfers¹⁰ voor het jaar 2015 gebruikt.

3.1.1.2 *Scenario's emissies 2030*

Voor de emissies van zichtjaren worden emissies afkomstig van scenario's gebruikt, zo ook voor het voor Schone Lucht Akkoord gebruikte zichtjaar 2030. Er zijn geen scenario's beschikbaar voor eerdere zichtjaren, zodat de gezondheidsindicatoren niet voor bijvoorbeeld 2025 berekend kunnen worden. In de berekening voor 2030 is uitgegaan van de toekomstprojectie van de Nederlandse Energieverkenning (NEV2015¹¹; inclusief de verwachte bevolkingsgroei en enkele actualisaties voor landbouw, industrie en verkeer) met een relatief hoge economische groei van 2,5% per jaar en van het vastgestelde internationale en nationale beleid.

Maatregelen die in de 2030-projectie voor het Schone Lucht Akkoord meegenomen zijn betreffen:

- alle GCN-maatregelen (= maatregelen van rijk en Europese Unie; zie Tabel 3.2);
- maatregelen van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) die gecommuniceerd zijn naar de Kamer. Betreft alle infrastructurele maatregelen van Rijkswaterstaat en grote steden. Let wel dat de effecten van infrastructurele projecten in algemene verkeerscijfers zijn verwerkt. Daarom kunnen de effecten van dergelijke projecten niet apart worden geïdentificeerd.

Niet meegenomen zijn:

- milieuzones. Omdat er na 2025 bijna geen pre-euro-4-diesels meer zijn, is het effect van de huidige milieuzones na 2025 nihil;
- nulmissie streekvervoer. Omdat alleen de totale emissie van bussen beschikbaar is en niet de onderverdeling naar streek- en stadsbussen;
- ambities van gemeenten op het gebied van klimaat, circulariteit en het streven naar een groene en gezonde stad.

Voor het buitenland zijn de emissies conform de nationale emissieplafonds (NEC-Directive) voor 2020 en 2030 toegepast. De toekomstprojecties gaan voort uit van dezelfde regionale verdeling van de emissies als de huidige emissies.

Tabel 3.2 Maatregelenoverzicht GCN op basis van het vaststaande en voorgenomen mondiaal, Europees en nationaal beleid¹²

	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NH ₃
Mondiaal beleid					
Aanscherping IMO-eisen voor zeescheepvaart	x	x	X	x	
NO _x -emissie <i>control area</i> voor de Noordzee	x				
Europees beleid					
Euro-normen voor personen- en bestelauto's tot en met Euro 6	x	x	X		
RDE-regelgeving Euro 6-dieselpersonen- en bestelauto's	x				
Euro-normen voor zwaar verkeer tot en met Euro VI (inclusief RDE)	x	x	X		
Emissienormen voor mobiele machines, railvoertuigen (diesel) en binnenvaart tot en met Stage-IV	x	x	X		
Stage-V emissienormen voor mobiele machines, railvoertuigen (diesel) en binnenvaart (conform voorstel van september 2015)	x	x	X		
Nederlands beleid					
Toepassing vaste stroomaansluiting en voorziening <i>preconditioned air</i> Schiphol vanaf 2010	x	x	X		
Afspraken met raffinaderijen over plafond voor SO ₂ (16 miljoen kg)		x	X	x	
Afspraken met elektriciteitsproducenten over plafond voor SO ₂ (13,5 miljoen kg in 2010 tot 2020)				x	
Afschaffing NO _x -emissiehandel vanaf 2014	x				
Aanscherping Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties (BEMS) per 1 april 2010	x				
Energieakkoord voor duurzame groei	x	x	x	x	
Luchtwassers stallen intensieve veehouderij (algemene subsidie + subsidieregeling gericht op sanering van pluimveestallen die overschrijding van PM ₁₀ -grenswaarden veroorzaken)		x	x		X
Besluit huisvesting – emissiearme stallen verplicht in intensieve veehouderij vanaf 2012		x	x		X
Emissiearm aanwenden – verbod op gebruik sleepvoet op zandgronden vanaf 2012					X
Verhoging maximumsnelheid op rijkswegen (o.a. 130 km per uur)	x	x	x		
Subsidieregeling emissiearme bestelauto's en taxi's vanaf 2013	x	x	x		
Invoering kilometerheffing voor vrachtauto's (MAUT) per 2022	x	x	x		
Subsidie sanering fijnstofemissies pluimveestallen		x	x		
Meststoffenwet (verschillende onderdelen)					X
Reductie stalemissies melkvee met voermanagement en stalmaatregelen (PAS)					X
Aanscherping maximale emissiewaarden-besluit huisvesting (PAS)		x			X
Aanscherping toepassingsvoorschriften (PAS)					X
Voorstel richtlijn emissie-eisen middelgrote stookinstallaties	x				
Taakstelling fijn stof bij de industrie (emissieplafond)		x	x		
Aanscherping SO ₂ -emissieplafond raffinaderijen (14,5 miljoen kg in 2010 op basis van afspraak met vergunningverleners)				x	
Beperking groei Schiphol (uitvoering advies Alderstafel middellange termijn)	x	x	x		

Voor het zichtjaar 2030 is uitgegaan van de veronderstelling dat:

- het Rijk en de Europese Commissie alle voorgenomen luchtmaatregelen uitvoeren;
- steden en provincies alle projecten die zij in de monitoringstool van het NSL hebben opgenomen geheel uitvoeren;
- alle omringende landen hun emissiereductieverplichtingen zoals zijn vastgelegd in de NEC-Directive geheel nakomen.

Er wordt dus van uitgegaan dat het vastgestelde beleid conform planning volledig wordt uitgevoerd en volledig effectief is.

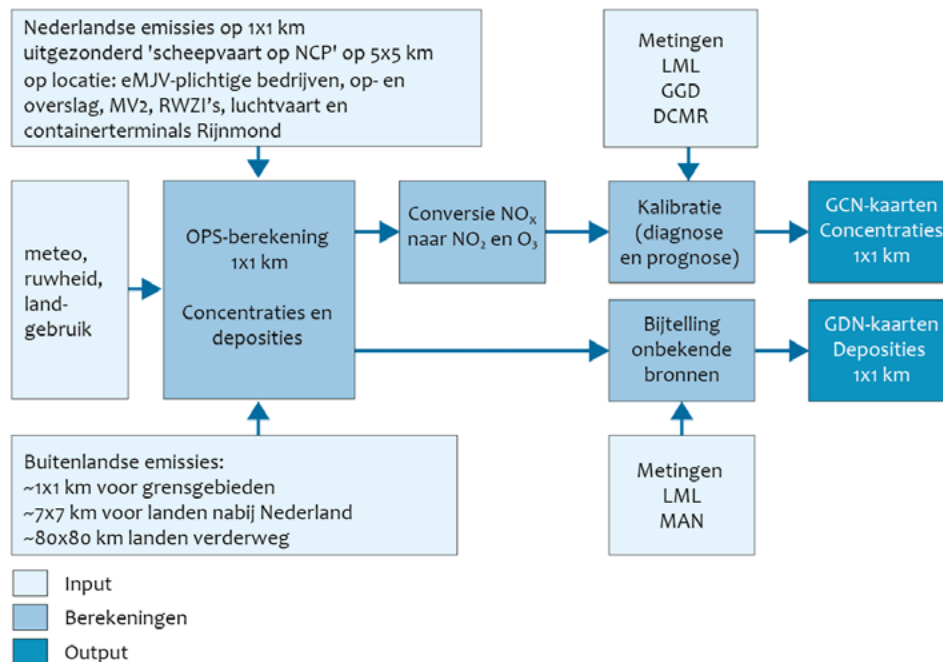
3.1.2 Concentraties

Met gebruik van de emissies (3.1.1), van antropogene bronnen in binnen- en buitenland, en de emissies van (semi-)natuurlijke bronnen zoals zeezout, bodemstof, bosbranden en ammoniak uit zee, worden vervolgens de gemiddelde **concentraties** per km² berekend. Dit gebeurt met de standaardmethode zoals deze jaarlijks gebruikt wordt voor het opstellen van de GCN¹². De op basis hiervan berekende achtergrondconcentratie voor verkeer, is vervolgens vervangen door de concentratie-effecten van lokale verkeersbronnen uit het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL)¹³. Hiervoor is gebruikgemaakt van het door het RIVM ontwikkelde rekenmodel *Tiny Road Emission Dispersion Model (TREDM)*¹⁴. Het resultaat hiervan is een concentratieberekening op hoog detailniveau, die koppeling met de effectmodule op adresniveau mogelijk maakt. We gaan achtereenvolgens in op het GCN- en het NSL-deel van de concentratieberekeningen zoals die zijn uitgevoerd voor het Schone Lucht Akkoord.

3.1.2.1 Concentratieberekening – GCN-deel

Ten behoeve van de jaarlijkse GCN-rapportages worden met het verspreidingsmodel OPS^{15,16} concentraties en deposities berekend op basis van de emissiegegevens per 1 x 1 km. Voor onder andere grote bedrijven, op- en overslagterminals en luchthavens wordt de exacte locatie van de emissies gebruikt (Figuur 3.2). Vervolgens worden de berekende concentraties en deposities geïjkt aan de metingen via correctiefactoren en bijtellingen, waardoor per kilometervierkant de bijdrage van sectoren naar rato aan de gemeten waarden kan worden toegekend.

Voor het Schone Lucht Akkoord zijn de berekeningen voor zowel 2016 als 2030 gemaakt met langjarig gemiddelde meteorologie (1995-2004). Dit om veranderingen in de tijd en effecten van beleid niet te vertekenen door veranderingen in de meteorologie. Voor het NSL wordt de meteorologie voor dat betreffende jaar meegenomen. Dit betekent wel dat de berekeningen die uitgevoerd zijn in het kader van het Schone Lucht Akkoord voor 2016 tot licht hogere concentraties leiden dan de totale concentraties (GCN en NSL samen) die in het kader van de jaarlijkse NSL-monitoring gerapporteerd zijn.



Figuur 3.2 Berekening grootschalige concentratiekaarten¹²

Voor het berekenen van de fijnstofconcentraties in de lucht zijn naast de emissies ook de in de lucht gevormde deeltjes van belang. Fijn stof wordt onderscheiden in primair en secundair fijn stof. Met *primair fijn stof* wordt het fijn stof bedoeld dat direct uitgestoten wordt door diverse bronnen zoals verkeer. *Secundair fijn stof* wordt in de lucht gevormd uit stikstofoxiden, zwaveldioxide en ammoniak. De vorming van secundair fijn stof is een niet-lineair atmosferisch-chemisch proces dat afhankelijk is van de lokale concentratieverhoudingen van ammoniak en stikstofoxiden en zwaveldioxide. De mate van aanwezigheid van de meest schaarse stof is bepalend voor de vorming. In steden zijn veelal stikstofoxiden overvloedig aanwezig en vormt ammoniak de beperkende factor. Omdat meer dan de helft van de fijnstofconcentraties uit secundair fijn stof bestaat, speelt de vorming van secundair fijn stof een belangrijke rol bij het vaststellen van de daadwerkelijke fijnstofconcentratie. Om de robuustheid van de verspreidingsberekeningen te vergroten, is naast het nationale OPS-model ook gerekend met het Europese EMEP-model. Met dit Europese model kan namelijk de bijdrage van secundair fijn stof aan de concentratie beter in kaart gebracht worden, maar het is tijdrovender en kostbaarder.

Uit de vergelijking tussen het voor de GCN gebruikte OPS-model en het Europese EMEP-model bleek dat het OPS-model de fijnstofvorming (en de effectiviteit van ammoniakreductie) in West-Nederland wat onderschat en in Oost- en Zuid-Nederland juist overschat. Gemiddeld voor Nederland (numeriek) zijn de verschillen verwaarloosbaar. De berekeningen voor de gezondheidsindicatoren zijn daarom uitgevoerd aan de hand van het OPS-model en bij de interpretatie van de uitkomsten dient rekening gehouden te worden met een geografische onder- of overschatting.

Een deel van de fijnstofconcentratie kan niet herleid worden tot specifieke bronnen. Deze onverklaarde fractie kan van natuurlijke oorsprong zijn, of in de lucht gevormd uit organische koolwaterstoffen (het zogeheten 'secundair organisch aerosol, SOA') dan wel het gevolg zijn van een onderschatting van de gerapporteerde emissies. Voor deze onverklaarde fractie wordt een zogenoemde bijtelling bij de gemodelleerde concentratie gehanteerd, die constant is voor alle gemeenten en die ook voor het jaar 2030 wordt gebruikt (Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Overzicht correctiefactoren en bijtellingen voor de PM₁₀- en PM_{2,5}-concentratie zoals bepaald in GCN-ronde 2018

PM ₁₀	Constante van 4,6 µg m ⁻³
PM _{2,5}	Constante van 0,8 µg m ⁻³

Primair fijn stof (PM₁₀) bevat een fijnere fractie (PM_{2,5}). Antropogeen PM₁₀ bestaat voor ongeveer 80% uit PM_{2,5}.

Voor PM₁₀ en PM_{2,5} modelleren we minder dan gemeten wordt, waarbij het verschil voor PM₁₀ substantieel groter is dan voor PM_{2,5}. Het verschil tussen meten en modelleren wordt jaarlijks als een constante waarde opnieuw bepaald (Tabel 3.3). Deze kan worden gekenschetst als 'natuurlijke achtergrond en niet toe te wijzen'.

Voor PM₁₀ is deze bijtelling voor Nederland ~5 µg/m³ ¹⁷.

We modelleren net iets te veel NO₂ en daarvoor wordt er een kleine (negatieve) correctie op de gemodelleerde NO₂-concentratie uitgevoerd. Deze correctie kan naar rato verdeeld worden over alle binnen- en buitenlandse sectoren.

3.1.2.2 Concentratieberekening – NSL-deel

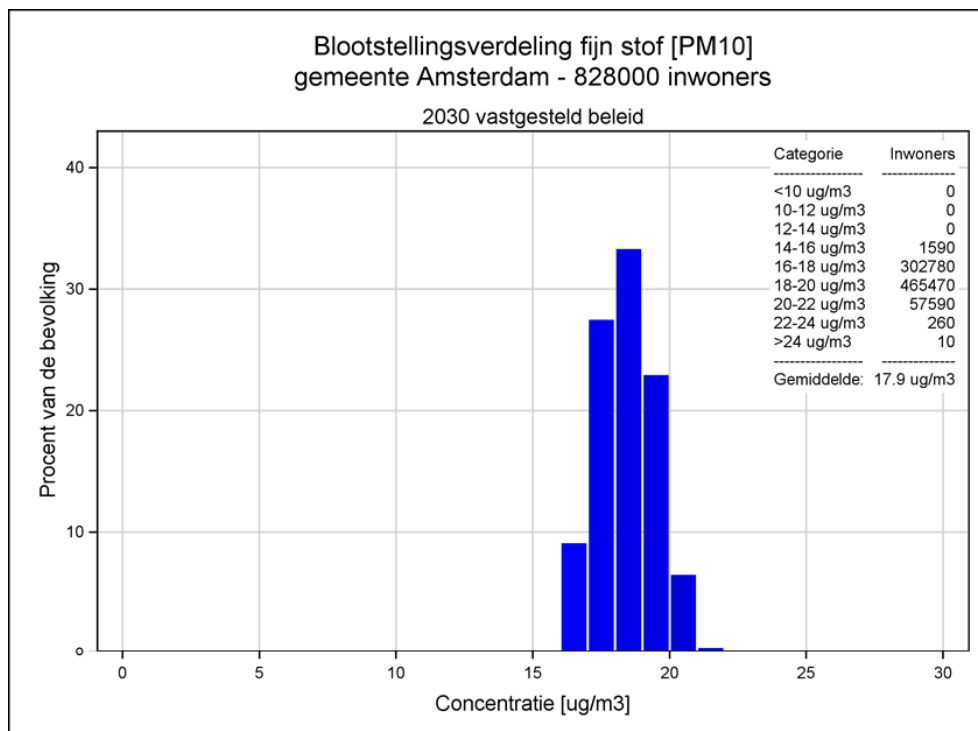
Voor de berekening van de lokale concentraties voor 2016 en 2030 zijn de GCN-concentraties per 1x1 km gecorrigeerd op basis van de NSL-berekeningen voor het jaar 2016. Daardoor gaan de berekeningen voor het Schone Lucht Akkoord uit van de meest recente gegevens over gerealiseerde verkeersmaatregelen en infrastructurele investeringen. Dit geldt tevens voor het zichtjaar 2030.

Hoe gedetailleerder de schaal waarop gerekend wordt, des te meer pieken in de concentraties (*hotspots*) zichtbaar worden. Wanneer gerekend wordt op een schaal van vierkante kilometers worden deze pieken uitgemiddeld. Rekenen op adresniveau geeft dus een meer gedetailleerd beeld van de plekken waar de kans op gezondheidseffecten relatief groot is.

3.1.3 Blootstelling

Door de gegevens over de uitgerekende concentraties (3.1.2) op straatniveau te koppelen aan woonadressen is de **blootstelling** van de totale Nederlandse bevolking berekend. Hierbij is rekening gehouden met de gemiddelde woningbezetting (hoeveel woningen zijn bewoond) en het gemiddelde aantal personen per adres per 1 januari 2015. De gemiddelde woningbezetting is vastgesteld op basis van het aantal inwoners van elke gemeente medio 2015. Voor de berekening van de gezondheidsindicatoren voor 2016 en 2030 wordt uitgegaan van eenzelfde bevolkingsomvang en ruimtelijke verspreiding. De verblijftijd

of andere plaatsen waar mensen langdurig verblijven zoals op het werk of op school is niet in de blootstelling meegenomen. Er is daardoor sprake van een statische en geen dynamische blootstelling. De blootstelling kan op verschillende schaalniveaus (buurt, wijk, gemeente, provincie, Nederland) berekend worden. Dit door de gemiddelde concentratie op alle adressen in het gebied te delen door het aantal personen per adres. Een voorbeeld van de verdeling van de blootstelling voor Amsterdam is weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3 Verdeling van de blootstelling aan fijn stof in Amsterdam in 2030

De rekenmethode maakt het mogelijk om de blootstelling en de gezondheidsindicator 'levensduurwinst' op verschillende ruimtelijke niveaus te berekenen en weer te geven. Afhankelijk van het doel kunnen de uitkomsten op nationaal, provinciaal of gemeentelijk niveau tot op het niveau van wijken, buurten of postcodegebieden worden weergegeven. Daarmee is het mogelijk om de populatieverdeling van de blootstelling of de gezondheidsrisico's op elk van deze ruimtelijke niveaus te onderzoeken, evenals de effecten van maatregelen in de onderscheiden scenario's hierop.

3.1.4 Gezondheidseffect

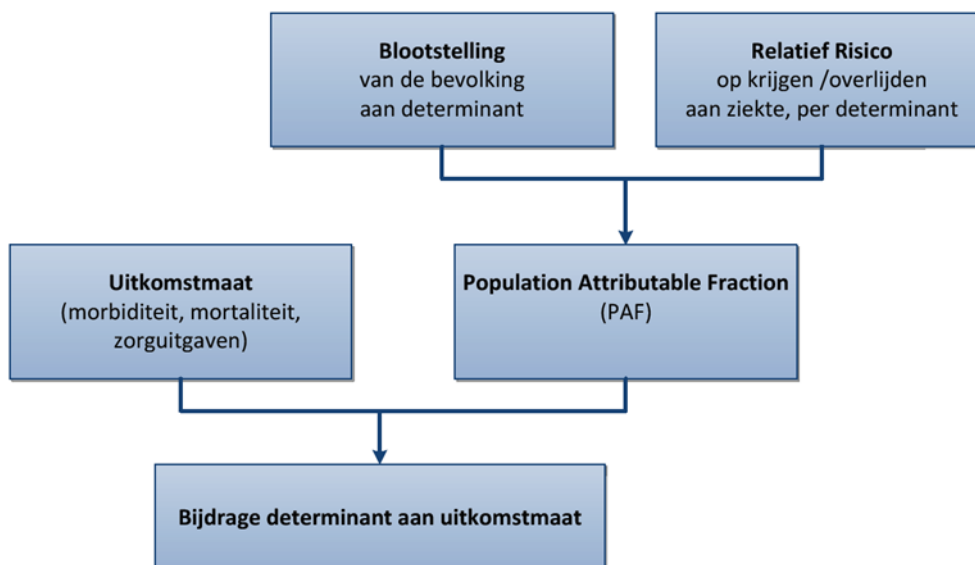
In hoofdstuk 2 zijn verschillende bruikbaarheidsdoelen geformuleerd. Om de resultaten naar het gewenste aggregatieniveau te kunnen middelen of te sommeren, moet de resolutie van de berekende gezondheidsindicatoren hoog zijn (in dit geval woonadres). In deze paragraaf worden de gebruikte rekenregels en gemaakte keuzes gedocumenteerd.

Met behulp van kaarten waarin de ruimtelijke verdeling van de gezondheidsrisico's is weergegeven, kunnen de locaties met de hoogste risico's worden geïdentificeerd, respectievelijk die waar de grootste winst wordt behaald. Het is ook mogelijk om de populatieverdeling van de afzonderlijke bijdragen te berekenen van specifieke broncategorieën, zoals wegverkeer, industrie enzovoort. Dit geeft inzicht in welke sectoren de grootste bijdrage hebben in het gezondheidseffect en dus in welke sectoren met maatregelen de grootste gezondheidswinst te behalen is.

3.1.4.1 Rekenmethode gezondheidsindicatoren

3.1.4.1.1 Het VTV-model voor hele populatie als basis

De rekenmethode voor de gezondheidsindicatoren van het Schone Lucht Akkoord is gebaseerd op het rekenmodel met de bijbehorende data dat voor de Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV¹⁸; Figuur 3.4) gebruikt is om de ziektelast ten gevolge van milieufactoren voor de totale Nederlandse bevolking uit te rekenen. Het rekenmodel van de VTV schat het gemiddelde verlies aan levensduur (uitgedrukt in maanden) en het totale aantal verloren levensjaren (*years of life lost*, ofwel YLL). Dit wordt voor een bepaalde milieufactor gedaan voor de hele Nederlandse populatie aan de hand van: 1) de gemiddelde jaarlijkse blootstelling van de Nederlandse populatie; 2) een effectschatting voor sterfte (Relatief Risico ofwel RR) voor die milieufactor uit de literatuur en 3) de periode-levenstafels en bevolkingsaantallen voor de Nederlandse bevolking van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).



Figuur 3.4 Schematische weergave VTV-berekening¹⁸

3.1.4.1.2 Berekening levensduurwinst met VTV-model

In het VTV-model wordt eerst aan de hand van de blootstelling en de effectschatting het deel van de sterftelast dat toegerekend kan worden aan de blootstelling (Populatie Attributieve Fractie ofwel PAF) bepaald. De periode-levenstafels van het CBS bevatten de sterftekans per leeftijd en het aantal inwoners per leeftijd voor de Nederlandse bevolking in een gegeven jaar. Hiermee kan per leeftijd worden berekend hoeveel personen in een gegeven jaar overlijden (de bestaande sterfte). Met de eerder berekende PAF kan vervolgens worden bepaald hoeveel van deze

personen naar schatting overlijden ten gevolge van de blootstelling aan een milieufactoor (de attributieve sterfte). In de levenstafel staat ook per leeftijd wat de resterende levensverwachting is. Dit is de bestaande levensverwachting in Nederland voor dat jaar, bij de bestaande blootstelling in Nederland voor datzelfde jaar. Door per leeftijd het aantal sterfgevallen (de bestaande sterfte) te verminderen met het aantal sterfgevallen ten gevolge van blootstelling (de attributieve sterfte) wordt het aantal sterfgevallen berekend dat zou hebben plaatsgevonden als er geen blootstelling bestond (de niet-attributieve sterfte). Uit deze niet-attributieve sterfte kan vervolgens een nieuwe resterende levensverwachting worden berekend. Dit is de levensverwachting die hoort bij de situatie waarin er geen blootstelling bestaat. Het verschil tussen deze nieuwe levensverwachting en de bestaande levensverwachting levert het aantal maanden levensduurwinst dat kan worden behaald door het wegnemen van de blootstelling. Uiteraard is de resterende levensverwachting ook afhankelijk van de leeftijd. Net als bij de VTV is er bij de berekeningen voor het Schone Lucht Akkoord voor gekozen de resterende levensverwachting van nul-jarigen te presenteren. Deze omvat als enige het effect op een volledige levensloop. In de VTV worden de resultaten gepresenteerd als levensduurverlies ten gevolge van blootstelling. Bij het Schone Lucht Akkoord kijken we echter naar mogelijk te behalen levensduurwinst ten gevolge van vermindering van blootstelling.

3.1.4.1.3 Berekening YLL met VTV-model

Voor de berekening van de YLL worden in het VTV-model dezelfde getallen gebruikt. Door de attributieve sterfte per leeftijd te vermenigvuldigen met de resterende levensverwachting voor die leeftijd en deze aantallen te sommeren over alle leeftijden, wordt het totale aantal verloren levensjaren (YLL) voor de Nederlandse populatie in dat jaar berekend. Hierbij is voor het Schone Lucht Akkoord iets afgeweken van het VTV-model. Voor de VTV is de bestaande resterende levensverwachting gebruikt (bij bestaande blootstelling), voor het Schone Lucht Akkoord is de nieuwe resterende levensverwachting gebruikt (bij afwezigheid van blootstelling). In het Schone Lucht Akkoord willen we namelijk juist laten zien welke gezondheidswinst er behaald kan worden door blootstelling te verminderen. Dit levert een iets hogere YLL op.

3.1.4.1.4 Aanpassing aan lokaal niveau

Waar het VTV-model gemaakt is om een gemiddeld cijfer voor heel Nederland uit te rekenen, moeten voor het Schone Lucht Akkoord de gezondheidseffecten ook op lokaal niveau in beeld worden gebracht. Tijdens de voorbereiding van de berekeningen was nog onduidelijk welk lokaal niveau dat zou zijn. Door de effecten op adresniveau te berekenen, kunnen de uitkomsten daarna op elk gewenst lokaal niveau geaggregeerd worden. Het is rekentechnisch te bewerkelijk om het volledige model met gebruik van de levenstafels op adresniveau toe te passen. Daarom is voor een benadering gekozen waarbij een blootstellingsresponsrelatie (BRR) is bepaald tussen de PAF enerzijds en het gezondheidseffect anderzijds.

Deze blootstellingsresponsrelaties zijn vervolgens gebruikt om op alle woonadressen in Nederland aan de hand van de beschikbare blootstellingsconcentraties uit te rekenen hoe groot het (adresgemiddelde) levensduurverlies is en wat de (adresgemiddelde)

YLL per bewoner bedraagt. Hierbij zijn geen gegevens van de daadwerkelijke bewoners gebruikt.

Door te aggregeren op het gewenste geografisch niveau kan vervolgens de potentiële gezondheidswinst per locatie of gebied (adres, buurt, wijk, gemeente, Nederland) worden gepresenteerd. Bij de aggregatie wordt gebruikgemaakt van het gemiddelde aantal bewoners per woonadres. Dit is afgeleid uit CBS-gegevens over de totale populatie per zes-posities postcodegebied op 1 januari 2015.

In de volgende paragraaf wordt uitgelegd hoe de blootstellingsresponsrelaties zijn berekend.

3.1.4.2 *Details berekening blootstellingsresponsrelaties*

Op basis van blootstellingsconcentratiekaarten van PM₁₀ en NO₂ voor 2016 is de blootstelling over alle per 1 januari 2015 in gebruik zijnde woonadressen voor de totale Nederlandse bevolking bepaald (BAG-2015). Hierbij is gebruikgemaakt van de gemiddelde woningbezetting per woning op basis van CBS-gegevens over de totale populatie per zes-posities postcodegebied.

Uit de verdeling van de blootstellingsconcentraties zijn de minimale en maximale waarde (*ranges*) bepaald van aangetroffen blootstellingen voor PM₁₀ en NO₂ van de Nederlandse bevolking op woonadres. Deze ranges zijn vervolgens gebruikt om met behulp van de parameters voor PM₁₀ en NO₂ van het twee-componentenmodel van de DUELS-studie, de te verwachten range in populatie attributieve fractie (PAF) voor alle adreslocaties te berekenen. Daarbij is rekening gehouden met de achtergrondconcentratie van 5 µg/m³, en zijn alle mogelijke combinaties van concentraties binnen de ranges (alleen hele waarden) meegenomen. Ook is er een ruime marge rond de range aangehouden, zodat de blootstellingsresponsrelatie ook de te verwachten lagere waarden in 2030 zou beslaan.

De resulterende PAF-range op basis van een blootstellingsrange van 1 tot 50 µg/m³ voor zowel PM₁₀ als NO₂ liep van de waarde 0 tot 0,242. Daarom is van een reeks van 30 PAF-waarden, lopend van 0,0 tot 0,3 in stappen van 0,01 met behulp van het VTV2018 rekenmodel de bijbehorende te behalen levensduurwinst voor nul-jarigen berekend.

De referentiedata zoals gebruikt voor de VTV2018, namelijk (1) de bevolkingsaantallen (*mid year* 2015), (2) sterftcijfers per 5-jaars leeftijdsgroep en (3) de periode-levensverwachting per leeftijd, zijn voor de gezondheidsindicatoren gebruikt uit het jaar 2015. Er is op basis van de bestaande wetenschappelijke literatuur geen sterke reden om geslachts- en leeftijdsspecifieke PAF te gebruiken, omdat de relaties voor PM₁₀ en NO₂ met sterfte onvoldoende kwantitatief onderscheidend beschreven zijn voor verschillende leeftijd- en geslachtsgroepen.

Op basis van deze reeks van 30 PAF-waarden en de bijhorende levensverwachtingen is door middel van een regressiemodel een blootstellings-respons-relatie tussen PAF en levensduurwinst geschat.

Uit hetzelfde rekenmodel kan ook de YLL als functie van de PAF berekend worden. Ook daarvan is door middel van een regressiemodel een blootstellings-respons-relatie geschat.

3.1.4.3

Kanttekeningen bij de vereenvoudigde blootstellings-respons-relaties

De verkregen blootstellings-respons-relaties (BRR's) zijn binnen de geldigheidsrange universeel voor elke PAF (ongeacht de aard van de blootstelling) waarvoor geldt dat de PAF tot dertig jaar gelijk is aan nul en vanaf dertig jaar constant is, en waarbij een achtergrondconcentratie van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt gehanteerd. Hierin zit dus een aanname dat er geen sterfte ten gevolge van blootstelling aan PM_{10} en NO_2 optreedt totdat iemand dertig jaar is. Dit is het gevolg van het gebruik van de RR berekend op het DUELS-cohort, waarin alleen personen vanaf dertig jaar zaten.

Het rekenmodel van de VTV rekent het levensduurverschil voor mannen en vrouwen apart uit. De BRR is bepaald door één regressielijn te bepalen door de punten van zowel mannen als vrouwen, ervan uitgaande dat er evenveel mannen als vrouwen deel uitmaken van de bevolking. Omdat het aandeel vrouwen iets hoger is dan het aandeel mannen, kan dat een kleine vertekening geven.

De berekeningen zijn uitgevoerd met inachtneming van een achtergrondconcentratie voor PM_{10} en NO_2 van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit betekent dat het overlijdensrisico niet berekend wordt ten opzichte van een situatie zonder luchtverontreiniging, maar dat er rekening wordt gehouden met het feit dat er altijd een blootstelling ten gevolge van de achtergrondconcentratie aanwezig is die niet door maatregelen beïnvloedbaar is. Omdat de achtergrondconcentratie niet aan bronnen van antropogene of natuurlijke oorsprong is toe te wijzen, wordt in de berekeningen alleen het effect vanaf deze concentraties berekend.

3.1.4.4

Vergelijking rekenmodellen

Aan het vaststellen van de blootstellings-respons-relaties gingen twee rekenmodellen vooraf. De blootstellings-respons-relaties zijn gebaseerd op het Schone Lucht Akkoord-model (3.1.4.3), en het Schone Lucht Akkoord-rekenmodel is het VTV-rekenmodel met een aanpassing voor verloren levensjaren (YLL; 3.1.4.1.3).

Om te beoordelen of de blootstellings-respons-relaties gebruikt voor de berekeningen van het Schone Lucht Akkoord een goede benadering zijn van het onderliggende rekenmodel, zijn de uitkomsten van de verschillende rekenmethoden met elkaar vergeleken (Tabel 3.4). Bij deze vergelijking is steeds gebruikgemaakt van de PAF voor $\text{PM}_{10}/\text{NO}_2$ zoals die is gebruikt in de VTV2018 (PAF-waarde = 0,0771). Behalve de uitkomsten volgens het exacte rekenmodel van de VTV2018 (eerste kolom) staan er de waarden die met het Schone Lucht Akkoord-model zijn berekend (tweede kolom). In de derde kolom staan de waarden die de vastgestelde blootstellings-respons-relaties opleveren wanneer gerekend wordt met de PAF uit VTV2018. De uitkomsten van de blootstellings-respons-relaties moeten vergeleken worden met de uitkomsten van het Schone Lucht Akkoord-model (tweede kolom), want de blootstellingsresponsrelaties geven een benadering van dat model.

Dit vergelijk laat zien dat de voor het Schone Lucht Akkoord gebruikte benadering (vereenvoudigde blootstellings-respons-relaties) accuraat is.

Tabel 3.4 Vergelijking gezondheidsindicatoren uit de onderliggende rekenmodellen en de BRR-benadering, met de gegevens zoals gebruikt in de VTV2018¹⁸

Gezondheidsindicator	VTV2018-model	SLA-model (YLL aangepast)	BRR-benadering
Levensduurwinst 0-jarigen (maanden)	7,962*	7,962*	7,916
Verloren levensjaren YLL	117.632	121.655	121.669

* gemiddelde levensduurverschil (mannen en vrouwen samen)

3.1.4.5 Berekening maanden levensduurwinst en YLL op gebiedsniveau

De vastgestelde blootstellings-respons-relaties zijn vervolgens toegepast op de Nederlandse concentratiekaarten en het adressenbestand en de bevolkingsgegevens van de hele Nederlandse bevolking. Daarvoor is eerst per woonadres de PAF-waarde ter plekke berekend. Vervolgens is voor het aantal bewoners dat statistisch gezien verwacht mag worden op dat adres het (gemiddeld) aantal maanden mogelijke levensduurwinst en het aantal YLL berekend. De gemiddelde levensverwachting per buurt, wijk, gemeente, provincie of op landelijk niveau wordt vervolgens berekend door het gemiddelde te bepalen van de adres-specifieke levensverwachting gewogen naar het aantal bewoners per adres voor alle adressen in het gebied. Het totale aantal verloren levensjaren wordt berekend als de som van het adres-specifieke aantal verloren levensjaren van alle adressen in het gebied.

3.1.4.6 Rekenregels

De gebruikte coëfficiënten van het twee-componentenmodel uit de DUELS-studie zijn:

- $\text{betatotpm}_{10} = 0,04248$ (per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- $\text{betatotno}_2 = 0,01911$ (per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

In het kader van het Schone Lucht Akkoord is zowel voor PM_{10} als voor NO_2 een achtergrondconcentratie van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gehanteerd.

Er wordt eerst een Relatief Risico berekend volgens een twee-componentenmodel. En vervolgens dient deze RR als input voor de PAF (Populatie Attributieve Fractie). Normaliter wordt de PAF voor een gehele populatie (met verschillende RR's voor diverse blootstellingsgroepen met uiteenlopende omvang) berekend. In dit geval wordt per adres een PAF berekend. Omdat bij de berekening nog geen gebruik wordt gemaakt van de populatie-omvang per adres ($n=1$), hanteren we het begrip attributief risico (AR) in plaats van PAF.

$$\text{RR}_{2\text{comp}} = \exp[\text{betatotpm}_{10} * \max(0, \text{pm}_{10} - 5) / 10 + \text{betatotno}_2 * \max(0, \text{no}_2 - 5) / 10]$$

$$\text{AR} = (\text{RR}_{2\text{comp}} - 1) / \text{RR}_{2\text{comp}}$$

De potentiële levensduurwinst in maanden voor nul-jarigen (LLX) kan vervolgens berekend worden met de volgende vergelijking:

$$LLX = 97.80 \cdot AR + 63.21 \cdot AR^2$$

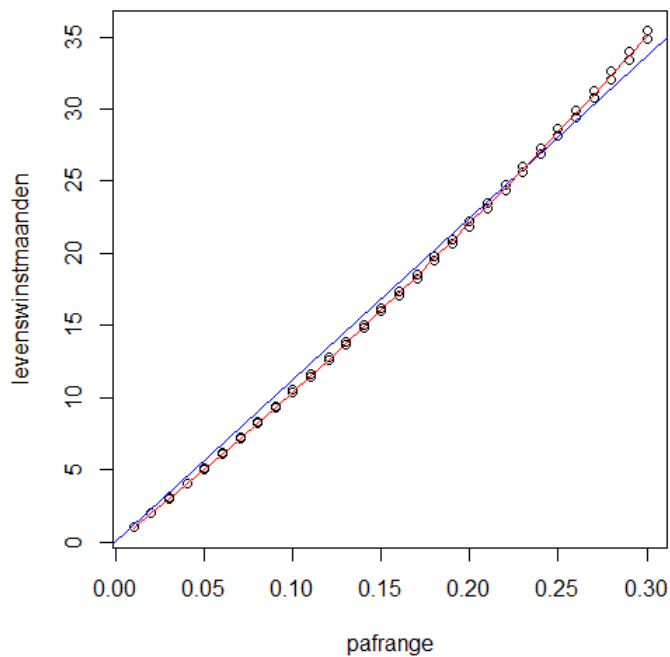
De YLL worden als volgt berekend:

$$YLL = \text{pop} \cdot \left\{ \left(\frac{1528381}{N} \right) \cdot AR + \left(\frac{594006}{N} \right) \cdot AR^2 + \left(\frac{655160}{N} \right) \cdot AR^3 \right\}$$

Met:

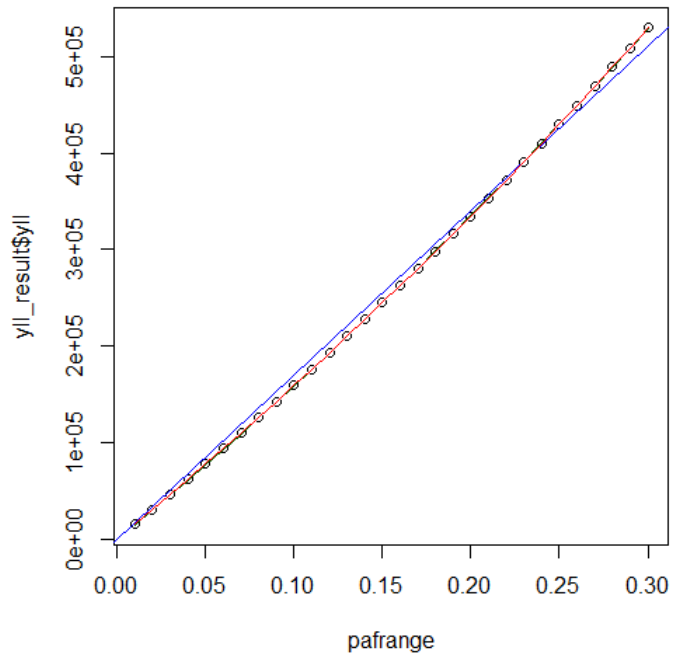
- Pop = populatie op het adres
- N = *mid year pop* 2015 = 16939920

De blootstellings-respons-relaties voor LLX en YLL zijn in Figuur 3.5 en 3.6 weergegeven. De rode lijn in de figuren is de afgeleide blootstellings-respons-relatie; de blauwe lijn is de rechte regressielijn. Op deze wijze wordt geïllustreerd dat de afgeleide relaties niet lineair zijn.



Figuur 3.5 Blootstellings-respons-relatie voor levensduurwinst (maanden; LLX) in relatie tot het attributief risico (AR)

Voor levensduurwinst is een PAF-waarde per geslacht uitgerekend. Daarom zijn er in Figuur 3.5 voor elke PAF-waarde twee punten. Dit maakt inzichtelijk dat de levensduurwinst bij gelijke PAF verschilt tussen groepen met verschillende levensverwachting. In dit geval geldt dat voor mannen een hogere levensduurwinst te behalen valt vanwege de lagere levensduurverwachting.



Figuur 3.6 Blootstellings-respons-relatie voor verloren levensjaren (Year of Life Lost; YLL) in relatie tot het attributief risico (AR)

4 Discussie

In de uitwerking van de gezondheidsindicatoren zijn diverse keuzes gemaakt die van invloed zijn op de resultaten. Dit hoofdstuk gaat hier nader op in. Aanbevolen wordt om deze kanttekeningen mee te wegen in de interpretatie van de uitkomsten.

4.1 Reikwijdte van de rekenmethode

4.1.1 *Welke componenten?*

De gezondheidkundig meest relevante componenten voor blootstelling aan luchtverontreiniging zijn fijn stof, stikstofdioxide en ozon⁵. Vooral voor deeltjesvormige luchtverontreiniging (fijn stof) is er veel bewijs dat blootstelling aan fijn stof geassocieerd is met gezondheidseffecten. Ook blootstelling aan stikstofdioxide geeft gezondheidseffecten, al bestaat er nog onzekerheid over de grootte van de effecten. Hoewel er steeds meer aanwijzingen komen dat langdurige blootstelling aan ozon leidt tot een verhoogd risico op sterfte, wordt ozon niet meegenomen in de berekeningen van de gezondheidsindicatoren. Dit omdat zoals eerder beschreven in deze rapportage ozon niet gezien wordt als relevante (beleids)component bij het hanteren van een gezondheidsindicator voor Nederland.

Fijn stof afkomstig van verschillende bronnen kan een andere samenstelling hebben. Niet alleen kan fijn stof verschillende bestanddelen bevatten, ook de grootte van de deeltjes kan verschillen. Dit kan tot gevolg hebben dat de schadelijkheid van het fijn stof van verschillende bronnen anders is. Toch wordt fijn stof (PM₁₀ en PM_{2,5}) nog steeds gezien als een goede component om de effecten als gevolg van blootstelling aan deeltjesvormige luchtverontreiniging te beschrijven. Op dit moment is de kennis nog onvoldoende om onderscheid te maken in de schadelijkheid en is het uitgangspunt dat alle fijn stof even schadelijk is^{5,19}.

4.1.2 *Eén of meerdere componenten aanpak?*

Om het luchtverontreinigingsmengsel te beschrijven is er gekozen voor een 'samengestelde' maat gebaseerd op een Nederlandse DUELS-studie⁷ waarbij bleek dat sterfte in Nederland deels met PM₁₀ en deels met NO₂ geassocieerd was. Aan de hand van deze luchtverontreinigingscomponenten kan het effect op sterfte onder de Nederlandse bevolking *gezamenlijk* onderzocht worden. Dit is ook toegepast in de berekening van de gezondheidsindicatoren waarmee het mogelijk is om het totale effect van allerlei scenario's met verschillende PM₁₀- of NO₂-blootstellingsconcentraties door te rekenen. Er zouden ook meer dan twee componenten meegenomen kunnen worden indien de blootstellings-respons-relaties beschikbaar zijn.

Verkeersreductiemaatregelen hebben met name invloed op de lokale NO₂-concentraties, terwijl het effect op de PM₁₀-niveaus relatief veel minder zal zijn. Het totale effect van deze maatregel zal grotendeels gemist worden wanneer uitsluitend het effect op basis van de PM₁₀-reductie berekend wordt. Omgekeerd geldt dat maatregelen die gericht zouden zijn op een reductie van de PM₁₀-emissies, onterecht tot een

overschatte gezondheidswinst zouden leiden wanneer de effecten van NO₂-bronnen niet zouden worden meegenomen in de berekeningen. De beschrijving van het luchtverontreinigingsmengsel op basis van twee componenten maakt het dus mogelijk om een evenwichtiger totaaleffect van verschillende scenario's te krijgen dan puur op basis van een component alleen.

Uiteraard zijn met een twee-componentenaanpak niet alle andere mogelijke componenten die negatieve gezondheidseffecten kunnen veroorzaken 'gedekt'. Het belang van deeltjesvormige luchtverontreiniging bij het optreden van gezondheidseffecten kan op basis van de beschikbare wetenschappelijke kennis als 'zeker' of 'hoog waarschijnlijk' beoordeeld worden⁶. Op basis daarvan mag geconcludeerd worden dat voor deeltjesvormige luchtverontreiniging de risicoschatting van het twee-componentenmodel een betrouwbare beschrijving geeft van het gezondheidseffect van fijn stof.

Voor NO₂ is de epidemiologische en toxicologische bewijslast geringer. Volgens de Gezondheidsraad maakt recent epidemiologisch onderzoek het aannemelijk dat NO₂ gezondheidseffecten geeft boven op fijn stof. In het rapport²⁰ van de *Committee on the Medical Effects of Air Pollutants* (COMEAP) wordt beschreven dat er voldoende bewijslast is dat NO₂ oorzakelijk is gerelateerd aan langetermijneffecten, maar de commissie is niet unaniem.

Vanwege de wat minder sterke bewijslast voor NO₂ is er reden om ook binnen het Schone Lucht Akkoord voorzichtigheid te betrachten bij het rekenen aan gezondheidseffecten van NO₂ reducerende maatregelen. De gezondheidswinst van maatregelen die alleen gericht zijn op NO₂-reducties zouden best eens afwezig kunnen zijn als ze niet ook leiden tot reducties van de andere componenten van het mengsel waarvan de bewijslast dat ze toxisch zijn sterker is (zoals de fijne primaire fractie van het verbrandingsaerosol).

4.1.3 Componenten: PM₁₀ en/of PM_{2,5}?

De studie op basis waarvan de twee componenten PM₁₀ en NO₂ zijn gekozen, maakte geen gebruik van PM_{2,5}-gegevens. Reden was dat er toentertijd (2001, als startjaar voor de DUELS-studie) nauwelijks PM_{2,5} werd gemeten en er dus geen PM_{2,5}-blootstellingsgegevens van de deelnemers beschikbaar waren.

Dit betekent overigens niet dat er helemaal niets over PM_{2,5} gezegd kan worden, omdat in het algemeen PM₁₀-concentraties voor circa twee derde bestaat uit PM_{2,5}-concentraties. Door deze correctie ook in de indicator toe te passen, is het mogelijk alle algoritmen om te zetten naar NO₂ en PM_{2,5}. Dit is bij de berekening van de gezondheidsindicatoren niet gedaan omdat, los van het voordeel dat dan op basis van PM_{2,5}-massa gerekend kan worden, er het nadeel is dat door PM₁₀ 'te versimpelen' tot PM_{2,5}, er ook niets meer kan worden gezegd over de invloed op de levensduurverlenging die maatregelen hebben die met name gericht zijn op de wat grotere fijnstoffractie (bijvoorbeeld alle activiteiten waarbij mechanisch geproduceerd fijn stof vrijkomt).

Omdat er vooralsnog niet uitgesloten kan worden dat er gezondheidseffecten optreden door blootstelling aan de wat grotere fractie, zijn de scenario's doorgerekend, inclusief deze grotere fractie van PM₁₀.

4.1.4 *Levensduurverwachting en/of ziektelast?*

In tegenstelling tot bij andere *health impact assessments* van de effecten van luchtverontreiniging is bij de gezondheidsindicator 'levensduurwinst' die is gebruikt voor het Schone Lucht Akkoord alleen gekeken naar de effecten van verandering in de luchtkwaliteit (fijn stof en NO₂) en levensduurverwachting. Er zijn nog nauwelijks studies gepubliceerd waarin het risico van gecombineerde blootstelling op andere gezondheidseffecten (bijvoorbeeld hart- en vaatziekten, luchtwegaandoeningen) dan sterfte zijn onderzocht. Een eventuele schatting zou dan ook op aanmerkelijk minder studies gebaseerd zijn dan de schatting voor sterfte.

Bovendien geldt dat wanneer naast sterfte, ook ziekten en aandoeningen worden gekwantificeerd. Dit leidt tot de keuze om of het aantal gezondheidsindicatoren uit te breiden of om informatie over ziekten, aandoeningen en sterfte te integreren in één gezondheidsindicator.

Voor de hand liggende gezondheidsindicatoren voor ziekten gerelateerd aan luchtkwaliteit zijn bijvoorbeeld het aantal extra gevallen van infecties van de onderste luchtwegen, van coronaire hartziekten, van beroerte, van COPD en van longkanker. Wanneer deze alle afzonderlijk zouden worden weergegeven, dan neemt het aantal gezondheidsindicatoren van één (sterfte) naar zes toe. Dit grote aantal gezondheidsindicatoren kan gewenst zijn om de aard en omvang van de problematiek duidelijk te maken²¹, maar draagt niet bij aan het inzicht hoe maatregelen tot gezondheidswinst kunnen leiden. Veranderingen in de waarde van de zes afzonderlijke indicatoren in relatie tot veranderingen in de luchtkwaliteit zijn namelijk in hoge mate met elkaar gecorreleerd. Voor de doelstelling van het Schone Lucht Akkoord is deze informatie niet noodzakelijk.

4.1.5 *Hoogrisicogroepen*

De Gezondheidsraad vraagt specifiek aandacht voor 'hoogrisicogroepen'⁶. Hiermee worden groepen binnen de bevolking bedoeld die een verhoogd risico lopen op gezondheidsschade. Voor luchtverontreiniging wordt door de Gezondheidsraad een tweetal hoog-risicogroepen onderscheiden: hooggevoelige groepen en hoogblootgestelde groepen. Hooggevoelige groepen zijn vooral kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen, mensen met aandoeningen van hart en bloedvaten, mensen die buiten actief zijn en mensen die minder vitamine C en E binnenkrijgen. Mensen die langdurig verblijven op plaatsen met relatief veel luchtverontreiniging vallen onder de hoogblootgestelde risicogroep.

Het RIVM ziet echter niet direct mogelijkheden voor een vergelijkbare aanpak voor de 'hooggevoelige groepen'. Veelal is de exacte woonlocatie van individuen uit de hooggevoelige groepen onbekend. Daarnaast is onbekend wat toekomstige woonadressen van individuen van hooggevoelige groepen zullen zijn; wat relevant is wanneer scenario's voor 2030 worden doorgerekend. Met de gezondheidsindicatoren

kunnen wel locaties geïdentificeerd worden waar hooggevoelige groepen beter niet zouden moeten wonen of verblijven.

4.2 Rekenmethode Schone Lucht Akkoord versus IBO-Luchtkwaliteit

Voor het Interdepartementaal BeleidsOnderzoek (IBO)-Luchtkwaliteit²² heeft het RIVM middels een orde-grootte-schatting in beeld gebracht hoe groot het mogelijke effect van maatregelen is. Hiervoor is gebruikgemaakt van een vereenvoudigde rekentool en niet van de uitgebreidere methodiek welke voor het Schone Lucht Akkoord gebruikt is. Er zijn daarmee wel enkele verschillen tussen de beide rekenmethodes welke van invloed kunnen zijn op de uitkomsten en de interpretatie. De belangrijkste verschillen zijn weergegeven in Tabel 4.1 en een paar worden hieronder nader toegelicht.

Een belangrijk verschil is het gebruik van de grootte van de fijnstoffractie in de berekening. Voor het Schone Lucht Akkoord is er gerekend met PM₁₀ en voor IBO is gerekend met PM_{2,5}. De blootstellings-respons-relaties zijn vergelijkbaar, maar in de IBO-berekeningen wordt het gezondheidseffect van de grovere fractie (10-2,5 µm) niet meegenomen.

Een ander verschil is de bijdrage van natuurlijke en onbekende bronnen in de verschillende fijnstoffracties (zie ook paragraaf 3.1.2.1 en 4.3.3). PM₁₀ kent een aanzienlijke natuurlijke en onverklaarde component, wat betekent dat er relatief minder gezondheidswinst te halen is. Dit omdat de natuurlijke en onverklaarde fractie niet beïnvloed kan worden door het nemen van maatregelen. Wanneer echter alleen gekeken zou worden naar de gezondheidsschade door antropogene bronnen, zijn de verschillen tussen beide methoden aanzienlijk kleiner. De ambitie en doelstelling voor het Schone Lucht Akkoord zoals geformuleerd in de hoofdlijnenbrief van juli 2019²³ richt zich op het te beïnvloeden deel van fijn stof.

Als laatste enkele opmerkingen met betrekking tot het gebruik van het één- of twee-componentenmodel. Indien een twee-componentenmodel vergeleken wordt met een één-componentmodel dan geeft een twee-componentenmodel een evenwichtiger totaaleffect van verschillende scenario's dan puur op basis van een component alleen (zie paragraaf 4.1.2). Indien de *impact assessment* echter gebaseerd is op de sommatie van de effecten uit twee één-componentmodellen zoals in IBO, is er ook sprake van een evenwichtig totaal effect. In HRAPIE⁶ worden een aantal gezondheidseffecten beschreven, waaronder ziekenhuisopname, waarbij het effect de som is van het effect van twee onafhankelijke luchtverontreinigingscomponenten. Hoewel een twee-componentenmodel inherent beter is dan een één-componentmodel is het verschil tussen beide modellen relatief klein. De sommatie van de afzonderlijke effecten bij een één-componentmodel leidt tot een overschatting van het effect bij hoge concentraties.

Tabel 4.1 Verschillen in rekenmethode gebruikt voor het Schone Lucht Akkoord en IBO-luchtkwaliteit

Schone Lucht Akkoord	IBO-luchtkwaliteit
Rekent met gezondheidseffect en concentratie totaal PM ₁₀ en kent aan grovere deeltjes hetzelfde gezondheidseffect toe als de PM _{2,5} deeltjes	Rekent met gezondheidseffect en concentratie PM _{2,5} en neemt gezondheidseffect grovere fractie niet mee
PM ₁₀ kent een grotere natuurlijke en onverklaarde fractie	PM _{2,5} heeft bijna geen natuurlijke en onverklaarde fractie
Rekent met een niet-lineaire risicosponsrelatie: hoge concentraties hebben relatief meer gezondheidseffect	Rekent met een lineaire risicosponsrelatie
Rekent gezamenlijk effect van PM ₁₀ (inclusief PM _{2,5}) en NO ₂ in één keer uit	Rekent PM _{2,5} - en NO ₂ -effect apart uit en telt die effecten dan op
Berekent effecten op adresniveau	Berekent alleen landelijk gemiddelde blootstelling
Rekent beleidspakketten door	Rekent effecten per maatregel uit
Neemt <i>condensables</i> uit houtstook niet mee, dus geeft lager effect houtstookmaatregelen	Neemt <i>condensables</i> uit houtstook mee
Geeft als resultaat de winst in levensverwachting en totaal gewonnen levensjaren (baten gezondheidswinst)	Geeft resultaten voor verschillende gezondheidsindicatoren aan, inclusief ziektes en monetaire gezondheidsschade

De resultaten van beide rekenmethoden zijn in de huidige situatie bij benadering vergelijkbaar.

4.3 Gevoeligheidsanalyse

De onzekerheden van de gezondheidsindicatoren worden bepaald door de onzekerheden gerelateerd aan alle afzonderlijke stappen om van emissies van luchtverontreinigende componenten te komen tot gezondheidseffecten; in dit geval vroegtijdige sterfte. Achtereenvolgens wordt in deze paragraaf ingegaan op de volgende factoren:

1. Onzekerheden in het bepalen van de uitstoot van fijn stof en stikstofoxiden.
2. Het regionaliseren van de emissies (van nationale naar lokale schaal)
3. Modelonzekerheden: van emissies naar concentraties en van concentraties naar blootstelling.
4. Van blootstelling naar gezondheidseffecten.
5. Onzekerheden in beleidseffectiviteit.

4.3.1 Onzekerheden in emissies

De berekende emissies van stikstofoxiden, ammoniak en fijn stof kennen een onzekerheidsmarge van 20-30% en zijn eerder een onderschatting dan een overschatting van de werkelijke emissies. Het toevoegen van emissies voor – tot dan toe – onbekende bronnen, of herziende inzichten

voor de uitstoot van bepaalde bronnen, hebben in het verleden eerder geleid tot een toename van emissies in referentiejaar dan tot een afname.

Emissies worden bepaald aan de hand van activiteitgegevens (statistieken) en emissiefactoren. Onzekerheden worden vooral bepaald door de emissiefactoren, die vaak bepaald zijn voor specifieke situaties of omstandigheden. Feitelijke emissies kunnen hoger of lager liggen, afhankelijk van de omstandigheden (bijvoorbeeld temperatuur of gedrag). De onzekerheid verschilt per component, activiteit en proces.

Een voorbeeld van een bron met hoge onzekerheid is houtstook. Allereerst worden emissies van houtstook bepaald op basis van gemiddelden. In de praktijk kunnen de emissies hoger liggen, vooral afhankelijk van het stookgedrag van mensen. Omdat over stookgedrag weinig informatie beschikbaar is, is de onzekerheid in de emissies van deze bron relatief groot.

Daarnaast is in de emissiecijfers voor houtstook (in lijn met de methodiek van de ER) niet de gasvormige emissie opgenomen die net boven de schoorsteen condenseert in fijnstofdeeltjes (de zogenoemde *condensables*; secundaire organische aerosolen). Doordat deze niet in de berekeningen zijn opgenomen, wordt de bijdrage van houtstook (en de effectiviteit van maatregelen) zeer waarschijnlijk onderschat.

4.3.2 *Regionaliseren van emissies*

De onzekerheid in de emissies is mede afhankelijk van het schaalniveau waarop emissies worden bepaald. Voor de geregionaliseerde emissies zijn de onzekerheden groter dan voor de nationale emissies. Dat komt onder meer door de rekenregels die worden gebruikt om de nationale totaalemissies naar regio's toe te delen. Een deel van de emissies is bekend op locatie (namelijk voor die bronnen waarvoor jaarlijks (geverifieerde) emissies worden gerapporteerd en vastgesteld). Het gaat dan om een aantal grote zogenoemde 'puntbronnen' in Nederland. Dat zijn vooral industriële bronnen, maar ook een aantal landbouwbedrijven (grote stallen). Voor de 2030-emissie is dezelfde regionale verdeling aangenomen als voor de huidige situatie, hetgeen leidt tot extra onzekerheden.

De berekende, resterende emissies ('diffuse bronnen') worden verdeeld met behulp van zogenoemde 'proxies', zoals de bevolkingsdichtheid, arbeidsplaatsen of (voor verkeer) verkeersintensiteiten²⁴.

Deze proxies geven een schatter voor de verdeling van de emissies over Nederland, maar leiden – afhankelijk van het detailniveau van de analyse – tot onzekerheden die substantieel groter zijn dan de onzekerheden in de landelijke totalen.

Om in het voorbeeld van de houtstookemissies te blijven: voor de houtstookemissies is de landelijke verdeling bijvoorbeeld onbekend, want er bestaat geen registratie van het bezit van houtkachels, open haarden of barbecues. Als proxy wordt verondersteld dat de locatie afhankelijk is van woningtype, bouwjaar en de mate van stedelijkheid van de omgeving. Een specifieke inschatting van houtstookemissies op het detailniveau 1x1 km kent daarom een relatief grote onzekerheid.

Een ander voorbeeld is de '*Non Road Mobile Machinery (NRMM)*'; dat zijn emissies van bouwverkeer, mobiele kranen, maar ook landbouwtrekkers. De verdeling van deze emissies vindt ook voornamelijk plaats op basis van bevolkingsdichtheid. In de praktijk zal een aanzienlijk deel van de emissies plaatsvinden langs bijvoorbeeld snelwegen (onderhoudswerkzaamheden) en in landelijk gebied; de bijdrage van deze sector in stedelijk gebied wordt daarom mogelijk overschat.

4.3.3 *Modelonzekerheden*

Een aantal factoren is van invloed op de nauwkeurigheid van de modelberekeningen. Deze hebben te maken met onzekerheden in het model zelf, maar bijvoorbeeld ook met model-inputgegevens anders dan de emissiegegevens, zoals de meteorologische omstandigheden en omgevingsfactoren die van invloed zijn op de verspreiding van luchtverontreiniging (zoals de zogenoemde 'ruwheidslengte'). Voor scenarioberekening wordt uitgegaan van langjarige meteorologische gemiddelden (omdat uiteraard toekomstige weersomstandigheden niet bekend zijn). Dit kan leiden tot een over- of onderschatting van de resultaten, bijvoorbeeld wanneer de meteo in 2030 door klimaatverandering afwijkt van het gemiddelde van de periode 1995-2004. Op de GCN-website²⁵ zijn onzekerheden afhankelijk van stof en jaar weergegeven. De onzekerheid bedraagt gemiddeld 15% tot 30% voor concentraties.

De vorming van secundair fijn stof wordt modelmatig berekend. Momenteel gebeurt dat op massagewichtsbasis, en dan is de bijdrage van de landbouw aan secundair fijn stof 20%. Andere inzichten geven echter aan dat je de bijdrage van de landbouw op molaire basis toe moet rekenen (voor elk ammoniumnitraatmolecuul (secundair fijn stof) heb je 1 molecuul NH₃ en 1 molecuul nitraat nodig). Op die manier berekend is de bijdrage van landbouw aan secundair fijn stof dus 50% en zou de totale bijdrage van landbouw aan fijn stof niet uitkomen op 11%, maar rond de 20%.

De modeluitkomsten, afgezet tegen gemeten concentraties, kunnen ook worden gezien als maat voor de onzekerheid. Zoals eerder beschreven in dit rapport laten de modeluitkomsten een onderschatting zien voor fijn stof, waardoor een bijtelling voor onbekende bronnen op de modeluitkomsten van 4,6 µg/m³ en 0,8 µg/m³ nodig is voor respectievelijk PM₁₀ en PM_{2,5}. Voor NO₂ is sprake van een kleine overschatting door het model (1,4 µg/m³).

4.3.4 *Van blootstelling naar gezondheidseffecten*

Op basis van de PM₁₀- en NO₂-gegevens geeft de gezondheidsindicator 'levensduurwinst' een schatting voor de gemiddelde of totale levensduurwinst van een bepaald scenario (een 'puntschatting'). Deze puntschatting is een uitkomst van meerdere afzonderlijke schattingen, elk met hun eigen (on)betrouwbaarheid, die resulteert in een nieuwe totale onbetrouwbaarheid. 'De gebruiker' zal al snel geneigd zijn om vergelijkingen te maken van schattingen op basis van getallen achter de komma, terwijl 'de berekenaar' van de getallen misschien niet verder durft te gaan dan het getal voor de komma. Het is daarom zinvol om enig inzicht te hebben in de orde grootte van de precisie van de schatting

om op basis daarvan wat feeling te krijgen voor de 'hardheid' van het resultaat.

Zoals al beschreven komen de gezondheidsschatters voor PM₁₀ en NO₂ voort uit een Nederlandse studie⁷. In deze studie staan de zogenoemde onbetrouwbaarheidsintervallen weergegeven van de resultaten. Een onbetrouwbaarheidsinterval mag gezien worden als een range waarbinnen de uitkomst van een studie zou vallen wanneer je de studie meerdere keren op een soortgelijke manier zou herhalen. Vaak wordt dit uitgedrukt als 95% betrouwbaarheidsinterval; dat betekent dus, dat wanneer een soortgelijke studie honderd keer herhaald zou worden, 95 studies in die range van uitkomsten zou komen te zitten. Op basis van de data op basis waarvan de resultaten van tabel 2 en 3 van de Fischer et al., 2015-studie⁷ zijn voortgekomen, kan geschat worden dat de onbetrouwbaarheid rondom de schattingen voor het effect van PM₁₀ of NO₂ circa 25% is. Binnen de milieu-epidemiologie zijn dat gangbare, relatief kleine en dus acceptabele onbetrouwbaarheden.

4.3.5 *Onzekerheden in beleidseffectiviteit*

In de scenarioberekeningen wordt uitgegaan van een bepaalde mate van implementatie van beleid ('het vastgestelde beleid wordt in 2030 volledig geïmplementeerd') en van een bepaalde effectiviteit van maatregelen. De ervaring leert dat in de praktijk zowel de mate waarin het beleid wordt geïmplementeerd, als de effectiviteit van maatregelen de neiging heeft overschat te worden. Denk hierbij aan zaken in recente jaren als 'dieselgate' in de verkeerssector en de ondervonden praktijken rond gaswassers en mestinjectie in de landbouw.

In de projectie voor 2030 is verondersteld dat het beleid volledig is geïmplementeerd en volledig wordt gehandhaafd. Daarbij is bijvoorbeeld verondersteld dat alle Euro-6-voertuigen die in 2030 rondrijden ook in werkelijkheid voor honderd procent presteren conform de gestelde emissie-eisen, dat bijvoorbeeld iedereen droog hout stookt, en dat zaken als mestfraude en niet werkende gaswassers tot het verleden behoren.

In het 2030-scenario is geen rekening gehouden met beleidsplannen die nog onvoldoende zijn uitgewerkt, ook al kunnen die wel een grote invloed hebben op de toekomstige luchtkwaliteit. Daarbij gaat het onder meer om het bouwen van een miljoen nieuwe woningen, uitbreiding of verplaatsing van vliegvelden, de uitvoering van het energie- en klimaatakkoord (inclusief de inzet van biomassa), de uitvoering van de landbouwvisie (kringlooplandbouw) en de plannen rond circulaire economie en bio-economie. Dit soort ontwikkelingen kunnen de beleidseffectiviteit zowel vergroten als verkleinen.

De onzekerheid in beleidseffectiviteit geldt ook ten aanzien van de buitenlandse emissies die van invloed zijn op de Nederlandse concentraties. Ook hier wordt verondersteld dat de buurlanden het beleid uitvoeren zoals afgesproken in de EU; hetgeen waarschijnlijk een overschatting is van de werkelijkheid. Zo zijn er aanwijzingen dat de ammoniakemissies in onder andere Duitsland hoger zijn dan oorspronkelijk gerapporteerd. Bovendien is het onzeker of de Bondsregering en de deelstaatregeringen het tijdig eens zullen worden over maatregelen op het gebied van emissiearm uitrijden van mest en

vermindering van het gebruik van bepaalde kunstmestsoorten. Deze maatregelen zijn nodig om te kunnen voldoen aan de Duitse emissieopgave.

4.3.6

Onzekerheid van de berekeningen voor het Schone Lucht Akkoord

Het is niet mogelijk om de onzekerheden in de afzonderlijke stappen in de gezondheidsindicator 'levensduurwinst' bij elkaar op te tellen, omdat er sprake is van correlatie tussen de onderscheiden aspecten. Op basis van *expert judgement* lijkt een onzekerheid van 30-50% in de absolute uitkomsten waarschijnlijk.

Wanneer echter twee emissiescenario's '*ceteris paribus*' (dat wil zeggen op basis van verschillen in emissies maar voor de rest op basis van zelfde aannamen en uitgangspunten) met elkaar vergeleken worden, zullen de onzekerheden in de uitkomsten kleiner zijn en kunnen robuuste uitspraken worden gedaan over de effecten van beleid. Dit is ook het geval voor de berekeningen voor het Schone Lucht Akkoord waar bijvoorbeeld bij de emissies van de 2030-scenario's rekening gehouden is met de factor bevolkingsgroei, maar niet bij de berekening van het effect. Worden factoren als bevolkingsgroei en vergrijzing wel meegenomen, dan zal de gezondheidswinst lager uitvallen.

Geschat wordt dat voor de resultaten van de gezondheidsindicator 'levensduurwinst' rekening moet worden gehouden met een onzekerheid van orde 20-25%. Ofwel: een puntschatting voor een levensduurverlenging van bijvoorbeeld twee maanden betekent dan een hoogstwaarschijnlijke levensduurverlenging van 1,5 – 2,5 maanden.

5 Conclusie en aanbevelingen

Dit rapport beschrijft de methodologie van de gezondheidsindicatoren. Deze is ontwikkeld om de invloed van allerlei luchtkwaliteitsmaatregelen (in de vorm van Rijks-, Provinciale en/of Gemeentelijke beleidsbeleidsscenario's) op de gezondheid door te rekenen op nationaal en lokaal niveau.

Op basis van gesprekken met verschillende stakeholders is uiteindelijk een keuze gemaakt voor twee indicatoren: één met name gericht op de gemiddelde **individuele** gezondheidswinst (de gemiddelde levensduurverlenging van een omschreven populatie, bijvoorbeeld een buurt, wijk, gemeente, gebied, provincie enzovoort) en één gericht op de **totale** groepswinst in de omschreven populatie (de totale levensduurverlenging in een omschreven populatie, waarbij dus ook de totale omvang een rol speelt).

Bestuurlijk valt er zodoende te kiezen tussen het realiseren van beleidsdoelen voor de gemiddelde individuele gezondheidswinst, voor de totale omvang van de gezondheidswinst of voor een combinatie van beide. De uiteindelijke keuze ligt bij de beleidsmaker. Zo zal een hoge gemiddelde levensduurverlenging in een kleine populatie (een beperkt aantal blootgestelde) tot een andere beleidsafweging kunnen leiden in vergelijking met een relatief mindere levensduurverlenging bij een duidelijk grotere populatie.

Bij het opstellen van de gezondheidsindicatoren is rekening gehouden met verschillende mogelijke uitgangspunten, die de beleidsmaker flexibiliteit bieden bij het maken van keuzes.

Het verdient aanbeveling ter vergroting van het handelingsperspectief en daarmee ondersteuning van het Rijks- en decentraal beleid om de rekenmethodiek verder te ontwikkelen op onder andere de volgende punten:

- Uitbreiding van de gezondheidsindicatoren met informatie over ziekten en aandoeningen.
- Uitbreiding van de componenten die gebruikt worden om het luchtverontreinigingsmengsel te beschrijven (PM_{2,5}, roet, ultrafijn stof).
- Verbeteren van de modellering van de samenstelling van PM₁₀, PM_{2,5} (onder andere secundair organisch aerosol).
- Verkleining van de modelonzekerheden door onder andere kennisontwikkeling op het gebied van de onbekende fractie in relatie tot brontoekenning.

Naast bovengenoemde verbeteringen van de rekenmethodiek verdient het aanbeveling om onderzoek te doen naar een aanpak vanuit gezondheid op hooggevoelige groepen, omdat de huidige gezondheidsindicatoren geen aanknopingspunt bieden voor een gerichte aanpak ter verbetering van de gezondheid van deze hoogrisicogroep.

Bijlage 1 Voorbeeld voor toepassing gezondheidsindicatoren

Schone Lucht Akkoord

Gezondheidsdoelstelling

Extra gezondheidswinst boven op het voor 2030 vastgesteld beleid zou gerealiseerd kunnen worden door het nemen van aanvullende maatregelen. Deze aanvullende maatregelen kunnen op alle niveaus (lokaal, nationaal, Europees) genomen worden. Lokale maatregelen zullen veel minder effect op de blootstelling en gezondheid hebben als ze individueel door steden genomen worden, dan wanneer ze gezamenlijk (en in combinatie met rijksmaatregelen en/of Europese maatregelen) worden getroffen. Omdat de lokale bijdrage aan de blootstelling slechts een beperkt deel is van de totale blootstelling, levert een lokale aanpak ook maar een fractie op ten opzichte van een gezamenlijke aanpak. Het cumulatieve effect van de maatregelen kan ertoe leiden dat verbetering van de luchtkwaliteit en gezondheidswinst in Nederland sneller gerealiseerd wordt en hoger uitkomt.

Gezondheidsdoelstellingen kunnen geformuleerd worden op basis van verbetering van gemiddelde levensverwachting of blootstellingsconcentratie tot beneden een bepaalde waarde en tevens het beperken van de groep mensen met de hoogste risico's of met de hoogste blootstelling aan de luchtverontreinigende componenten.

Basisberekeningen gezondheidsindicatoren

Ten behoeve van de ontwikkeling en kwantificering van de gezondheidsindicatoren zijn een aantal berekeningen uitgevoerd:

- *Jaar 2016*: als representant voor de huidige situatie (basisjaar 2016).
- *Jaar 2030 vastgesteld beleid*: als uitgangspunt voor de toekomst (basispad met zichtjaar 2030).
- *Scenario 2030 illustratief 25%-reductie beleidspakket*: als representant om te bezien of aanvullende landelijke maatregelen gezondheidswinst zouden kunnen opleveren.

De uitkomsten van de berekeningen zijn met uitzondering van het illustratieve RIVM-pakket en het indicatieve Rijksmaatregelenpakket aan de hand van een aantal histogrammen en geografische kaarten inzichtelijk gemaakt:

- histogrammen van de **blootstellingsverdeling** voor de **componenten NO₂, PM₁₀ en PM_{2,5}**;
- histogrammen van de **verdeling** van de **potentiële levensduurwinst**;
- histogrammen van de **verdeling** van de **potentiële levensduurwinst per sector**;
- kaart NL (gemeente-indeling 1-1-2019) met de **gezondheidsindicator (gemiddelde levensduurverkorting)** per gemeente, wijk of buurt.

Berekening jaren 2016 en 2030 vastgesteld beleid

De blootstellingsberekeningen voor 2016 en voor 2030 met vastgesteld beleid vormen de basis voor de berekening van de potentiële gezondheidswinst in levensduur (bijvoorbeeld twee maanden) die tussen die jaren bereikt kan worden. Door de indeling naar bronsector, zoals verkeer, industrie enzovoort, wordt het relatieve aandeel van de resterende bronnen van luchtverontreiniging voor een bepaald jaar of scenario inzichtelijk. De resultaten zijn gebruikt door het Rijk en decentrale overheden om een ambitie te formuleren vanuit gezondheid.

Berekening illustratief 25%-reductie beleidspakket

In dit pakket zitten met name landelijke maatregelen boven op het vastgestelde beleid in 2030. Om inzicht te krijgen of er nog gezondheidswinst te bereiken is met aanvullende maatregelen is een illustratief 25%-reductie-beleids pakket doorgerekend. Uitgangspunt is 25% extra vermindering van fijn stof, NO_x en/of NH₃ in de sectoren verkeer, ruimteverwarming, industrie, binnenvaart, houtkachels, landbouw.

De illustratieve beleidspakketten die boven op het basisscenario (2030 vastgesteld beleid) voor 2030 zijn doorgerekend, hebben de volgende kenmerken:

- a. 25% minder NO_x-emissie uit verkeer, bijvoorbeeld te realiseren door meer elektrische voertuigen en/of minder autoverkeer in 2030.
- b. 25% minder NO_x-emissie uit ruimteverwarming, in 2030 bijvoorbeeld te realiseren door het aardgasvrij maken van 25% van de woningen.
- c. 25% minder NO_x-emissie uit de binnenvaart, in 2030 bijvoorbeeld te realiseren door vervanging/retrofitting van een derde van de vloot, zodat die voldoet aan de NRMM-eisen voor nieuwe schepen.
- d. 25% minder NO_x en primair fijnstofemissie uit industrie en open overslag, bijvoorbeeld te realiseren door vervanging kolencentrales door zon en wind (bij vervanging door biomassacentrales vervalt dit effect).
- e. 25% minder primair fijnstofemissie uit houtkachels, bijvoorbeeld te realiseren door alle houtkachels uiterlijk in 2030 te laten voldoen aan *ecodesign*-normen (die vanaf 2023 gelden voor nieuwe kachels).
- f. 25% extra NH₃-reductie in de landbouwsector in Nederland én buitenland, bijvoorbeeld te realiseren door strengere regels voor het gebruik van mest en voor luchtzuiveringsinstallaties en door inkrimping van de veestapel in gebieden met een intensieve varkenshouderij.

De illustratieve beleidspakketten a-f zijn zodanig opgesteld dat de uitkomsten van de berekeningen opgeteld kunnen worden tot één beleidspakket.

Berekening indicatieve maatregelenpakketten

Op basis van de berekening van de illustratieve beleidspakketten is vastgesteld dat er door het nemen van maatregelen gezondheidswinst zichtbaar gemaakt kan worden met behulp van de

gezondheidsindicatoren. Vervolgens hebben Rijk, provincies en gemeenten maatregelenpakketten samengesteld die aanvullend op het vastgestelde beleid kunnen leiden tot meer gezondheidswinst.

Onderstaande drie maatregelenpakketten zijn doorgerekend:

- *Scenario 2030 provincies en gemeenten*: als representant van uitvoering van een mogelijk aanvullend maatregelenpakket van provincies en gemeenten boven op 2030 met vastgesteld beleid, zoals aangeleverd door decentrale overheden.
- *Scenario 2030 Rijk*: als representant van uitvoering van een mogelijk aanvullend rijksmaatregelenpakket boven op 2030 met vastgesteld beleid, zoals aangeleverd door het Rijk.
- *Scenario 2030 nationaal*: als representant van uitvoering van een mogelijk aanvullend maatregelenpakket (met Rijks-, klimaat- en generieke decentrale maatregelen) boven op 2030 vastgesteld beleid, zoals aangeleverd door het Rijk.

De maatregelen die in het afzonderlijke provincie/gemeenten-pakket of Rijkspakket zijn opgenomen, kunnen overlappen en uitkomsten van de gezondheidsindicatoren-berekeningen van deze scenario's kunnen daarom niet bij elkaar opgeteld worden. In het nationale pakket zijn de maatregelen van het Rijk en enkele generieke decentrale maatregelen voor provincies en gemeenten gecombineerd. Dit pakket bevat daarnaast ook maatregelen uit het Klimaatakkoord. Het verschil van deze indicatieve scenario's met het jaar 2030 vastgesteld beleid laat de potentiële gezondheidswinst zien van de aanvullende maatregelenpakketten.

De gezondheidsindicatoren zijn enkel berekend voor totale maatregelenpakketten en niet voor individuele maatregelen. Reden hiervoor is dat bij de berekening van de gezondheidsindicatoren op dit schaalniveau (woonadres) de uitkomsten voor individuele maatregelen te klein zijn. De doorgerekende effecten vallen daardoor binnen de onzekerheidsmarge.

Bijlage 2 Voorbeeld voor Nederland van resultaat berekening gezondheidsindicatoren

In deze bijlage worden de resultaten van de berekening voor het Schone Lucht Akkoord niet uitvoerig besproken, omdat het hier alleen dient als illustratie van de rekenmethode. Als voorbeeld worden de verschillende mogelijkheden besproken aan de hand van de resultaten voor Nederland op basis van de situatie in 2016 en de verwachting voor 2030 bij vastgesteld beleid.

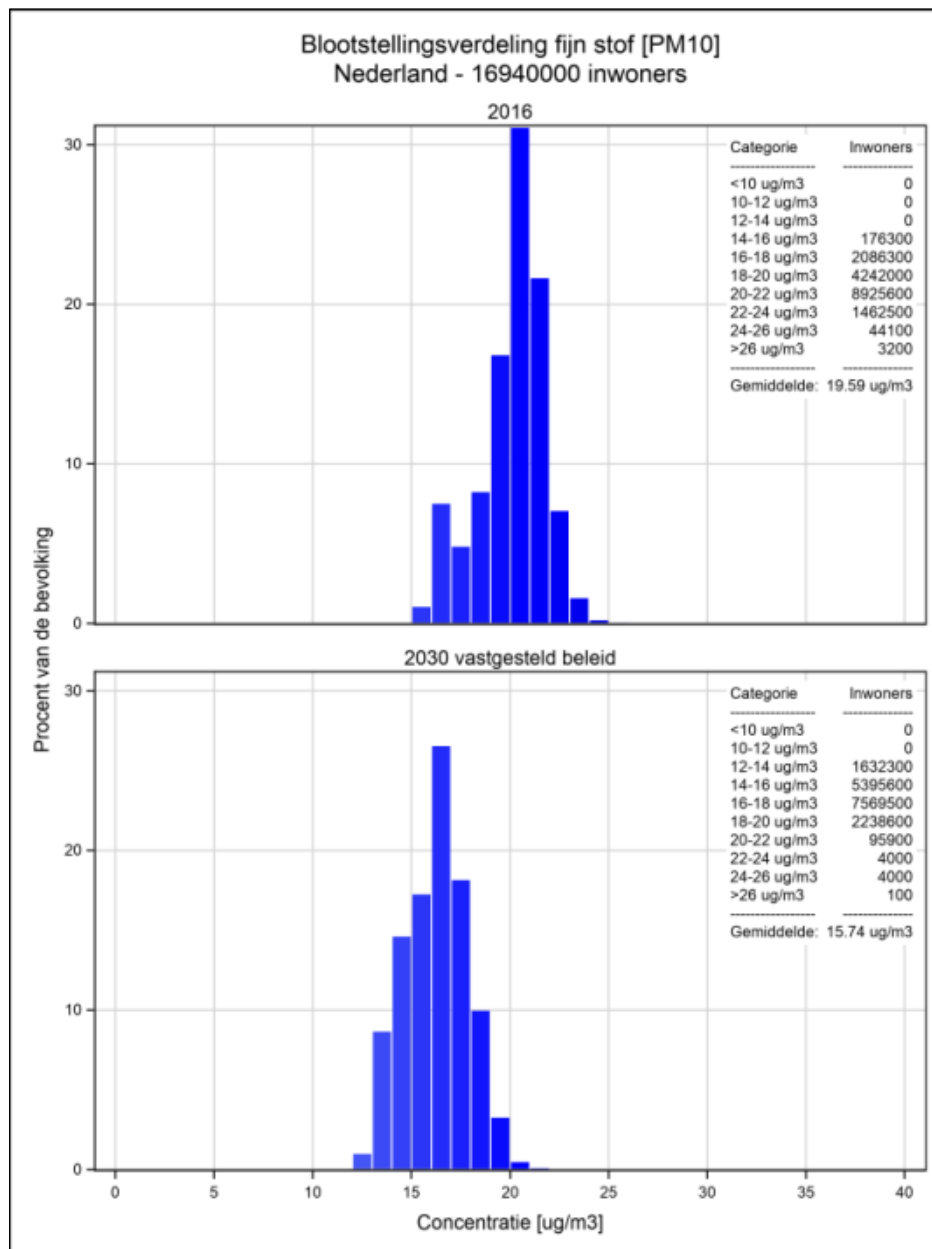
Verdeling van de blootstelling

De verdeling van de populatieblootstelling voor heel Nederland in 2016 en 2030 voor vastgesteld beleid is weergegeven voor PM₁₀ (Figuur B2.1) en NO₂ (Figuur B2.2). Het geeft het percentage van de totale Nederlandse bevolking weer, dat woont op een locatie met een specifieke concentratie PM₁₀ en NO₂ (in µg/m³). In de legenda is per categorie het aantal inwoners weergegeven dat wordt blootgesteld aan een specifieke concentratie. Daarnaast wordt de gemiddelde concentratie gegeven waaraan de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld.

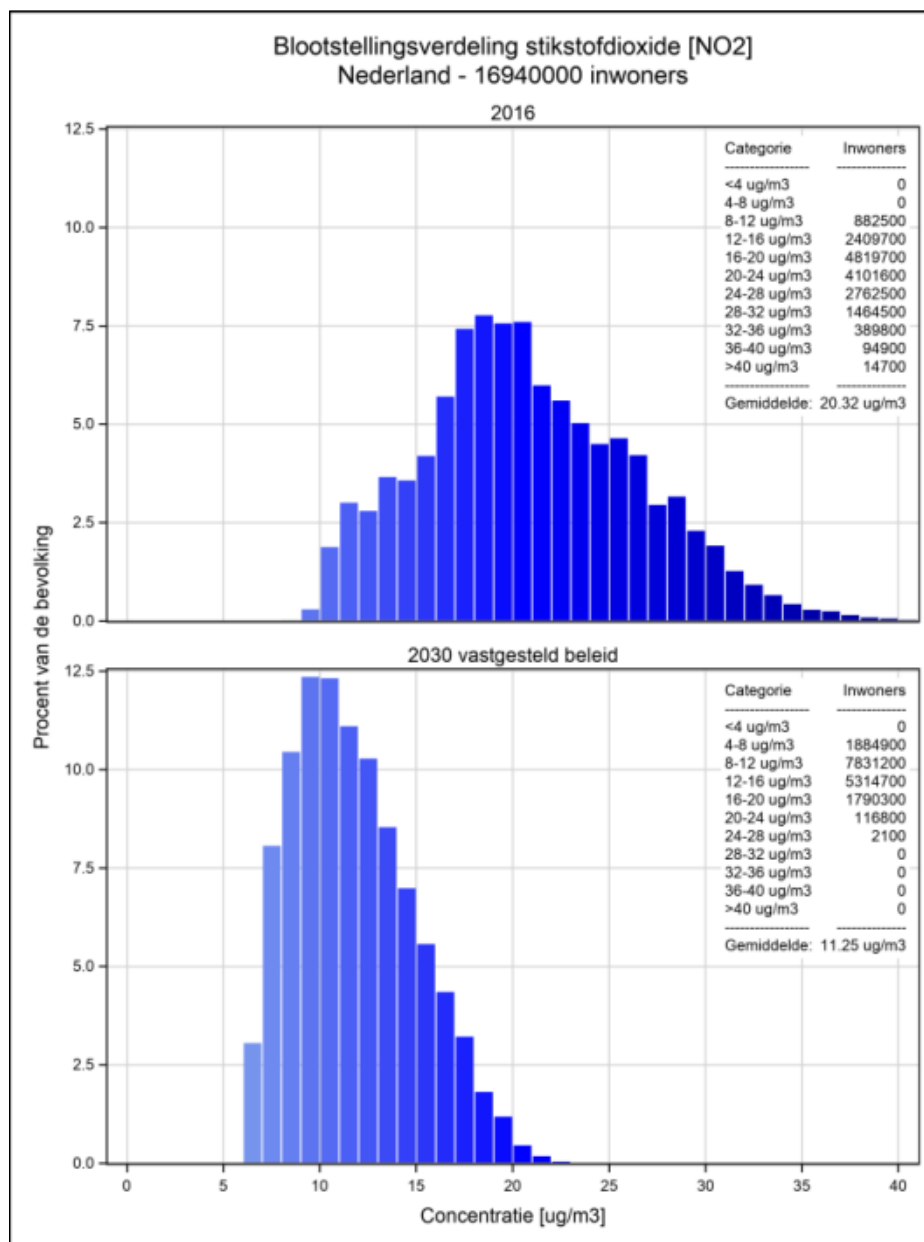
De verdelingen van de blootstelling zijn voor elk van de ruimtelijke niveaus en voor de beide jaren verschillend. Bijvoorbeeld, in de verdelingen van de blootstelling aan NO₂ is te zien dat in 2016 circa 8,8 miljoen Nederlanders (52% van de bevolking) werden blootgesteld aan een NO₂-concentratie > 20 µg/m³ (op basis van *expert judgement* halvering van de WHO-advieswaarde). Bij vastgesteld beleid in 2030 daalt dit voor Nederland naar circa 1% van de bevolking.

Het aantal inwoners blootgesteld aan een PM₁₀-concentratie boven 20 µg/m³ (WHO-advieswaarde) was in 2016 in Nederland circa 10,4 miljoen (62%); in 2030 dalen deze aantallen naar circa 0,6% van de bevolking.

Op basis van bovenstaande cijfers kan niet geconcludeerd worden dat met vastgesteld beleid in 2030 het luchtverontreinigingsprobleem is opgelost. De cijfers zijn op gemiddelden voor Nederland gebaseerd, dus lokaal blijven er nog steeds gebieden waar de blootstelling hoog is en er potentieel gezondheidswinst te behalen is door het nemen van extra maatregelen.



Figuur B2.1 Verdeling van de blootstelling aan fijn stof in Nederland in 2016 en 2030

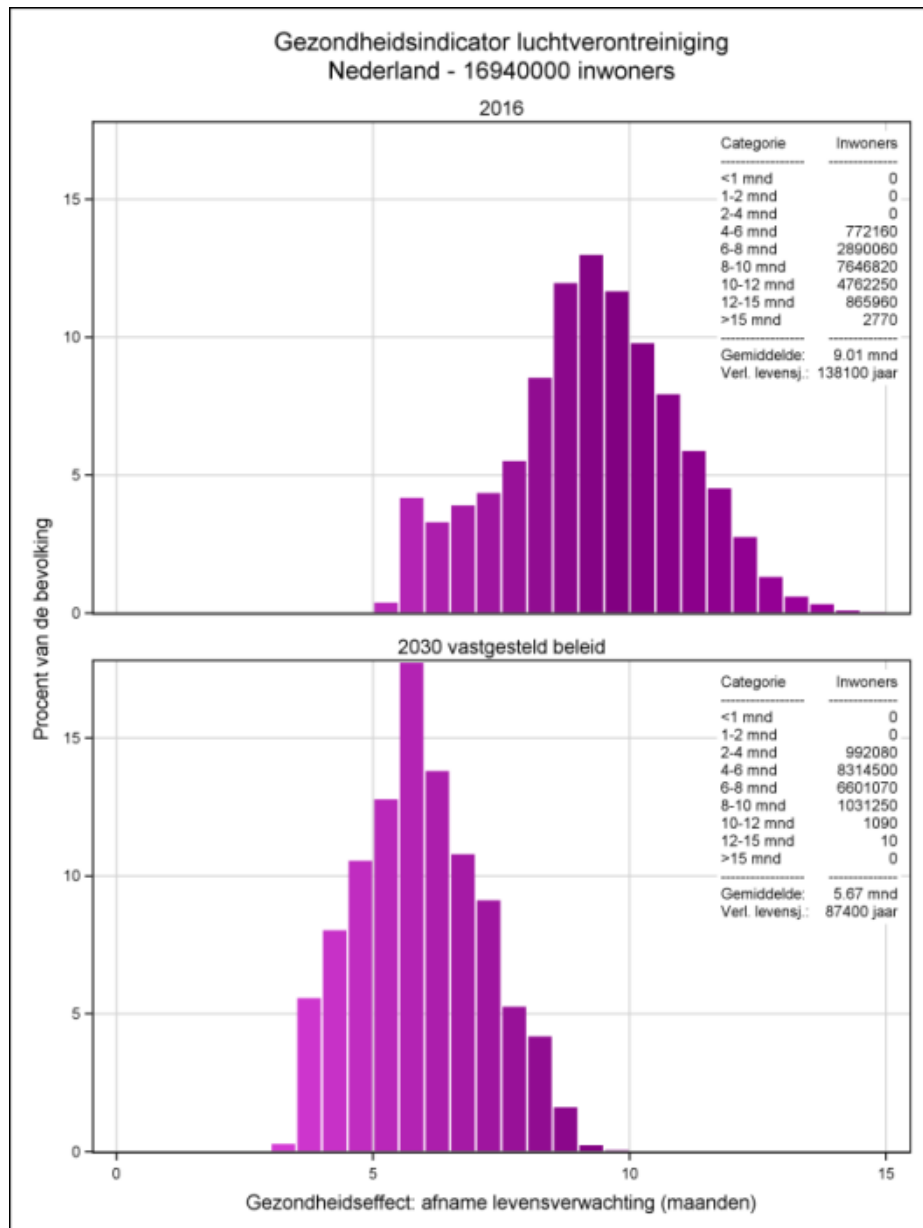


Figuur B2.2 Verdeling van de blootstelling aan stikstofdioxide in Nederland in 2016 en 2030

Populatieverdeling van de gezondheidsindicator

In Figuur B2.3 is de populatieverdeling van de berekende gezondheidsindicator 'levensduurwinst' voor Nederland weergegeven voor 2016 en 2030 bij vastgesteld beleid. Het geeft het percentage van de totale Nederlandse bevolking dat woont op een locatie met een bepaald aantal maanden levensduurverkorting door blootstelling aan luchtverontreiniging. In de legenda is per categorie (bekorting levensduur in maanden) het aantal inwoners weergegeven. Ook het gemiddeld aantal maanden dat de Nederlander korter leeft is weergegeven en daarmee het aantal maanden potentieel te behalen gezondheidswinst.

De gemiddelde waarde van de gezondheidsindicator voor Nederland daalt tussen beide jaren van 9,0 naar 5,7 maanden levensduurverlies. Dit betekent een gezondheidswinst van 37%. De verdelingen kunnen ook gebruikt worden om veranderingen voor het deel van de bevolking met het hoogste gezondheidsrisico te bekijken. Bijvoorbeeld, het deel van de bevolking waarvoor de gezondheidsindicator gelijk of groter is dan zes maanden, is tussen 2016 en 2030 voor heel Nederland gedaald van 78% naar 6%.



Figuur B2.3 Verdeling van de gezondheidsindicator in Nederland in 2016 en 2030

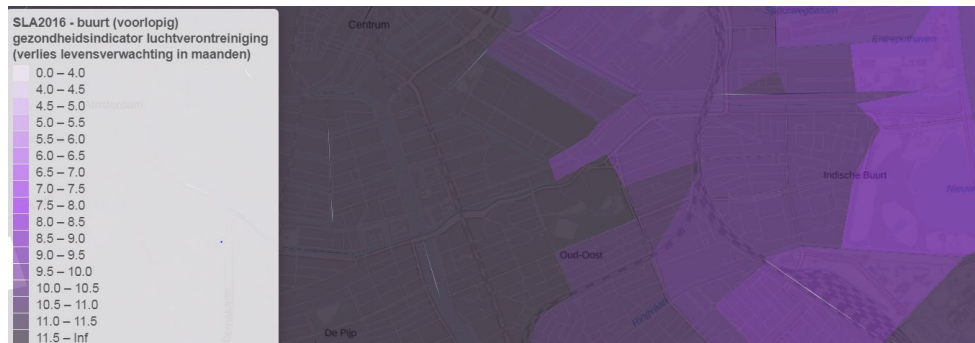
Naast de gezondheidsindicator levensverwachting van nul-jarigen is het met de rekenmethode gebruikt voor het Schone Lucht Akkoord mogelijk om het aantal verloren levensjaren (YLL) te berekenen.

Voor Nederland is het aantal YLL 138.100 voor de situatie in 2016 en 87.400 in 2030 bij vastgesteld beleid, 82 respectievelijk 52 YLL per 10.000 inwoners.

Ruimtelijke verdeling van de gezondheidsindicator

Met behulp van kaartjes is het mogelijk in te zoomen op het niveau van wijk of buurt. In Figuur B2.4 is een kaart van een deel van de gemeente Amsterdam weergegeven met de verdeling van de gezondheidsindicator over de buurten voor 2016.

In het kaartje is te zien hoe de verdeling van de gezondheidsindicator (maanden levensduurwinst) over de buurten is verdeeld en in welke buurten in 2016 nog de hoogste waarden optreden, bijvoorbeeld in De Pijp.



Figuur B2.4 Ruimtelijke verdeling van de buurtgemiddelde gezondheidsindicator 'lebensduurwinst' in een deel van Amsterdam in 2016

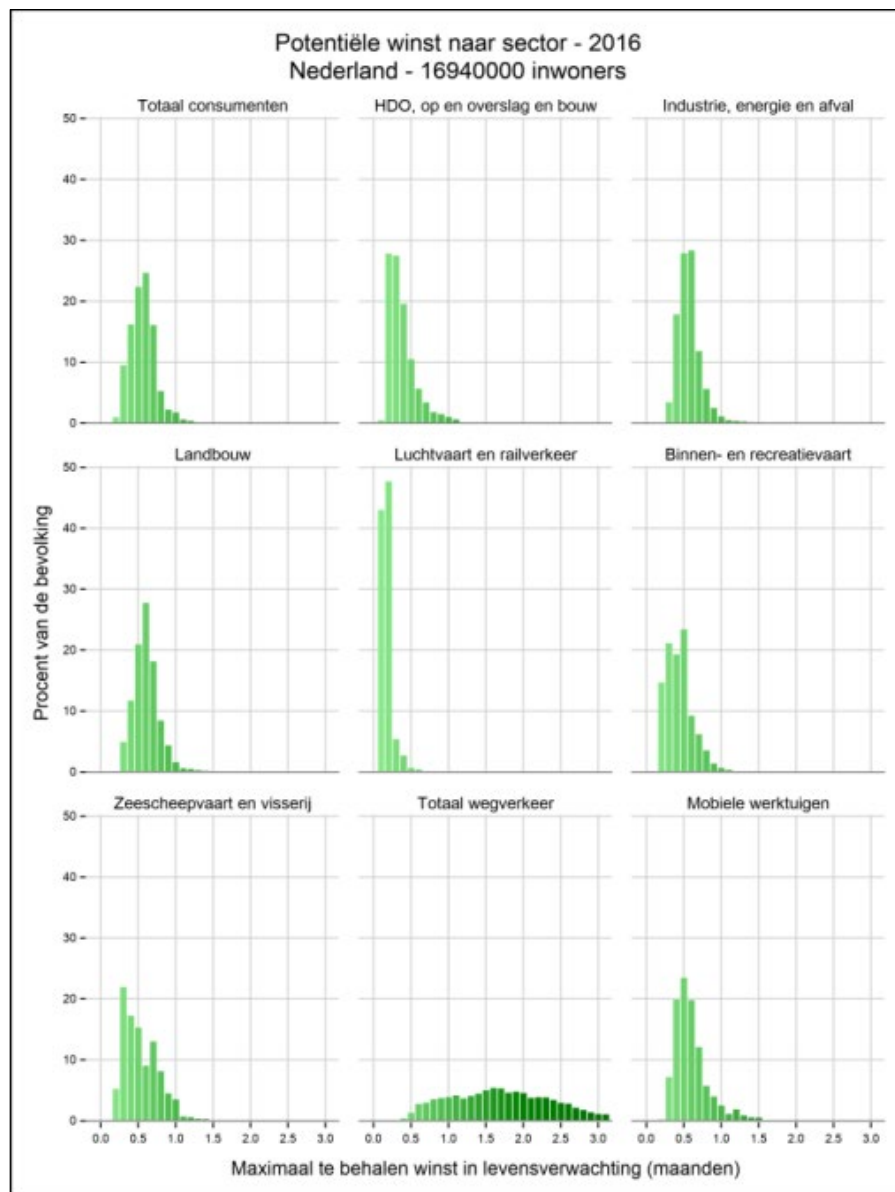
Bijdrage van bronnen aan de gezondheidsindicator

Met de rekenmethode kunnen de bijdragen van afzonderlijke broncategorieën berekend worden. Ook is het mogelijk de bijdrage van groepen van bronnen te berekenen. In Tabel B2.1 staan als voorbeeld de relatieve bijdragen van alle binnenlandse en alle buitenlandse bronnen aan de gezondheidsindicator 'lebensduurverwachting' in heel Nederland voor 2016 en 2030 bij vastgesteld beleid. Aangezien de absolute bijdrage van natuurlijke en onbekende bronnen aan PM₁₀ niet verandert, is de relatieve bijdrage van deze bronnen in 2030 hoger en die van de binnenlandse en buitenlandse bronnen lager dan in 2016.

Tabel B2.1 Relatieve bijdrage (%) van binnenlandse en buitenlandse bronnen aan de gezondheidsindicator voor Nederland in 2016 en 2030 bij vastgesteld beleid

Broncategorie	2016	2030
Totaal binnenlandse bronnen	40%	35%
Totaal buitenlandse bronnen	36%	31%
Natuurlijke en onbekende bronnen	24%	34%

In Figuur B2.5 staan de verdelingen van de bijdragen van de binnenlandse bronnen weergegeven voor Nederland in 2016. Met behulp van dergelijke figuren is vast te stellen welke sectoren het meest bijdragen aan de gezondheidswinst. Tevens wordt inzichtelijk gemaakt welke bronnen vooral verantwoordelijk zijn voor de gezondheidsrisico's bij het hoogst blootgestelde deel van de bevolking.



Figuur B2.5 Verdelingen van de bijdragen van categorieën van alle binnenlandse bronnen aan de gezondheidsindicator in Nederland in 2016

Referenties

1. Briggs, D. J., Corvalan, C., and Nurminen, M. Linkage methods for environment and health analysis. 1996. Geneva, Switzerland, UNEP/ US EPA/WHO.
2. Donnelly A, Jones M, O'Mahoney T, Byrne G. Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment. *Environmental Impact assessment review* 2007;27:1616-175.
3. World Bank. Environmental Performance Indicators: A First Edition Note. 1996. Washington, D.C.
4. Knol, A.B., Kunseler EM, Kruize H, van Kamp I (2010), Environmental health indicators: how to get the message right, in: A.B. Knol (2010), *Health and the Environment. Assessing the impacts, addressing the uncertainties*, proefschrift Universiteit Utrecht.
5. Gezondheidsraad. Gezondheidswinst door schone lucht. Den Haag: Gezondheidsraad, 2018 publicatienr. 2018/01.
6. WHO Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe., Copenhagen, 2013.
7. Fischer PH, Marra M, Ameling CB, et al. Air pollution and mortality in seven million adults: The Dutch environmental longitudinal study (DUELS). *Environmental Health Perspectives* 2015; 123(7): 697-704. doi: 10.1289/ehp.1408254
8. Knol A, K van Velze, P Fischer, E Kunseler, L van Bree. Interpretatie van vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging. *Milieu Dossier* 2009-1: 20-22.
9. <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/grafieken/GrafiekenTop10.aspx?id=4>
10. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-2>
11. K. Schoots en P. Hamming, Nationale Energieverkenning 2015, Energieonderzoek Centrum Nederland, Petten.
12. Velders GJM, Aben JMM, Geilenkirchen GP, den Hollander HA, Nguyen L, van der Swaluw E, de Vries WJ, Wichink Kruit RJ. 2018. Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland – Rapportage 2018, RIVM Briefrapport 2018-0104. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2018-0104.pdf>
13. Rutledge-Jonker S, Wesseling JP, Nguyen PL, Visser S, van Hooydonk PR, Groot-Wassink H, Sanders A. Monitoringsrapportage NSL 2018 – Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit, RIVM Rapport 2018-0135.
14. TREDM – Wesseling, J.P., Beijk, R., Bezemer, A., 2011. An efficient modeling system for nation-wide compliance testing. 14th Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 2-6 October 2011, Kos, Greece
15. van Jaarsveld JA (2004) Description and validation of OPS-Pro 4.1 RIVM report 500045001/2004 <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500045001.pdf>

16. <https://www.rivm.nl/operationele-prioritaire-stoffen-model/documentatie>
17. Schaap M, Weijers EP, Mooibroek D, Nguyen L, Hoogerbrugge R. 2010. Composition and origin of Particulate Matter in the Netherlands Results from the Dutch Research Programme on Particulate Matter. PBL report 500099007/2010
<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/500099007.pdf>
18. RIVM. Integratiematen voor de Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV) 2018. Resultaten en methodologie. Achtergrondrapport. RIVM, Bilthoven, 2018.
<https://www.vtv2018.nl/sites/default/files/2018-07/20180711%20Achtergrondrapport%20Integratiematen%20VTV-2018%20beveiligd.pdf>
19. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2013.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REV_IHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1
20. [Committee on the Medical Effects of Air Pollutants \(COMEAP\). Associations of long-term average concentrations of nitrogen dioxide with mortality. PHE publication gateway reference: 2018238. Public Health England, 2018.](#)
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/734799/COMEAP_NO2_Report.pdf
21. Maas R, Fischer P, Wesseling J, Cassee FR. Gezondheidswinst door betere luchtkwaliteit, Tijdschrift Lucht 2015: nr. 4, 8-11.
22. IBO Luchtkwaliteit 2019.
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-892617.pdf>
23. Kamerstuk Hoofdlijnenbrief Schone Lucht Akkoord 2019 IENW/BSK-2019/127727.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/07/02/hoofdlijnenbrief-schone-lucht-akkoord>
24. http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/content/emission_explanation.nl.aspx#regionalisatie
25. <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/onzekerheden>

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag