



Wegverkeer en gevoelige bestemmingen

in relatie tot luchtkwaliteit

Wegverkeer en gevoelige bestemmingen

in relatie tot luchtkwaliteit

1 november 2022

Auteurs:

Saskia van der Zee (GGD Amsterdam)

Imke van Moorselaar (GGD Amsterdam)

Rik van de Weerd (GGD Gelderland-Midden)

Dit project is financieel mogelijk gemaakt door de Academische Werkplaats Gezonde Leefomgeving.

Met dank aan:

- Hanna Boogaard (Health Effects Institute)
- Lex Burdorf (Erasmus MC)
- Gerard Hoek (IRAS/Universiteit Utrecht)
- Harry van Bergen (gemeente Amsterdam)
- Floor Borlée (gemeente Utrecht)
- Jeroen de Hartog (GGD regio Utrecht)
- Peter Hermens (gemeente Barneveld)
- Hans Jansen (GGD Haaglanden)
- Tom Koeman (GGD Rotterdam)
- Patricia Timmermans (gemeente Rotterdam)
- Moniek Zuurbier (GGD Gelderland-Midden / AWGL)
- Sander Teeuwisse (RIVM)

Foto voorpagina: Edwin van Eis, Park bij de Houthavens op een zomerdag; deel van het gebouw van de Brede School.



SAMENVATTING

Achtergrond en vraagstelling

Om inwoners te beschermen tegen gezondheidsschade door luchtverontreiniging afkomstig van wegverkeer adviseert de GGD sinds 2008 om geen scholen, voorzieningen voor kinderopvang, bejaarden-, verzorgings- en verpleeghuizen en woningen te realiseren:

- Binnen 300 meter van een snelweg en
- In de eerstelijnsbebouwing binnen 50 meter van drukke wegen, waarbij 'druk' is gedefinieerd als een verkeersintensiteit van meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Deze afstanden zijn onafhankelijk van de concentraties luchtverontreinigende stoffen.

Sinds 2008 is de uitstoot van het wegverkeer gedaald. Regelmatig krijgen GGD-en daarom de vraag of de afstandseisen inmiddels niet kunnen worden versoepeld. Tegelijkertijd is het wetenschappelijk bewijs voor de schadelijke effecten van luchtverontreiniging, ook bij lage concentraties, sinds 2008 sterk toegenomen. Dit heeft geleid tot een forse aanscherping van de WHO advieswaarden voor stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof in 2021. In 2022 kwam het Amerikaanse Health Effects Institute (HEI) met een nieuw rapport waarin alle wetenschappelijke literatuur over de blootstelling aan en gezondheidseffecten van lange termijn blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging is samengevat en beoordeeld. De timing van dit project is afgestemd op de publicatie van het HEI rapport. Het doel is om te komen tot een wetenschappelijk onderbouwd antwoord op de volgende vragen:

1. Zijn de minimale afstanden zoals de GGD die sinds 2008 adviseert nog actueel en zo nee, wat is het alternatief?
2. Welke groepen in de bevolking zijn, op basis van de huidige kennis, extra gevoelig voor de effecten van luchtverontreiniging door wegverkeer?
3. Welke bestemmingen kunnen als gevoelig worden aangemerkt?

Aanpak

Op basis van het HEI-rapport en publicaties gericht op de Nederlandse situatie is een voorstel gedaan voor aanpassing van de GGD advisering over gevoelige bestemmingen. In twee 'expertsessies' met wetenschappers (epidemiologen) op het gebied van luchtkwaliteit en gezondheid is consensus bereikt over het meest effectieve voorstel vanuit het oogpunt van gezondheidsbescherming en praktische uitvoerbaarheid. Daarna is het voorstel besproken met de begeleidingscommissie, bestaande uit deskundigen werkzaam bij gemeentes en GGD-en die ervaring hebben met het adviseren over gevoelige bestemmingen in de praktijk en/of het opstellen van gevoelige bestemmingenbeleid. De begeleidingscommissie gaf een aantal nuttige suggesties om de onderbouwing te verhelderen, die zijn meegenomen in de rapportage.

Beantwoording onderzoeksvragen

1) **Zijn de minimale afstanden zoals de GGD die sinds 2008 adviseert nog actueel en zo nee, wat is het alternatief?**

De uitstoot van het wegverkeer is sinds 2008 afgenomen. Tegelijkertijd is sinds 2008 het wetenschappelijk bewijs dat luchtverontreiniging schadelijk is voor de gezondheid verder toegenomen. Zo weten we nu dat langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging tijdens de zwangerschap kan leiden tot risico's voor het ongeboren kind. Ook is duidelijk geworden dat langdurige blootstelling aan bijvoorbeeld NO₂ ook bij hele lage niveaus tot gezondheidsschade leidt. Uitgedrukt per microgram/m³ toename in (bijvoorbeeld) NO₂ concentratie zijn de gezondheidsrisico's overigens niet toegenomen. De nieuwe studies geven dus geen aanleiding om de

afstandseisen aan te scherpen. Wel geven ze de onderbouwing voor het feit dat gevoelige bestemmingen beleid in alle delen van Nederland, ook in 'schone' gebieden, tot gezondheidswinst leidt.

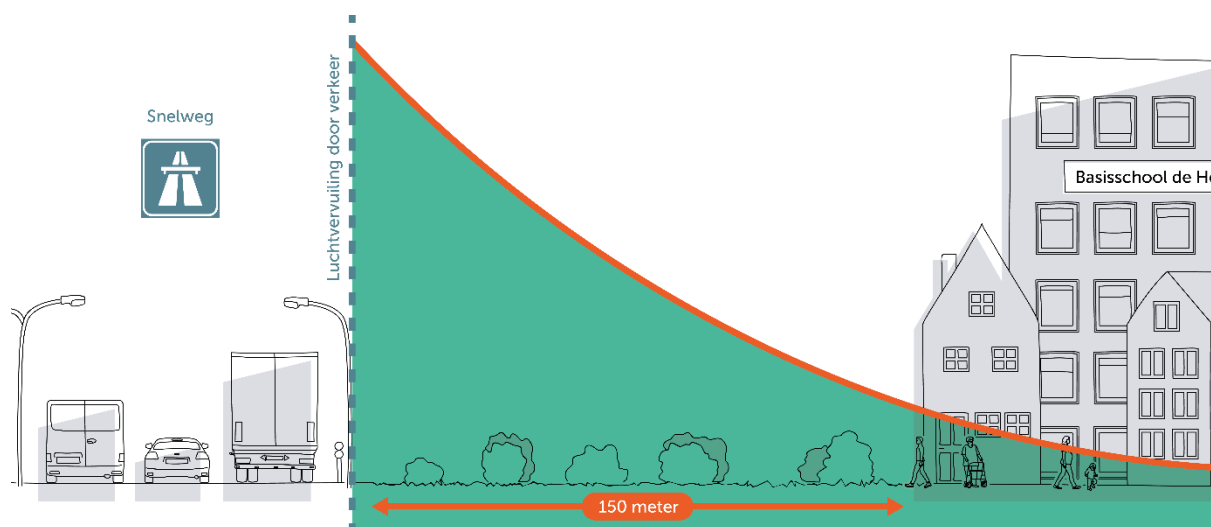
'Afstand tot de weg' wordt nog steeds gezien als goede benadering voor de blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. In relatie tot gevoelige bestemmingen beleid heeft het stellen van eisen aan de afstand tot de weg daarom nog steeds de voorkeur. Het aanhouden van een minimale afstand is een praktisch en eenvoudig uitvoerbaar advies, waarvoor geen modelberekeningen nodig zijn.

Dat de uitstoot van het wegverkeer sinds 2008 ongeveer is gehalveerd geeft reden om het gevoelige bestemmingen beleid te versoepelen. Ook de bijdrage van het wegverkeer (het verschil tussen de concentratie op straat- en achtergrondlocaties) aan de NO₂ concentratie is sinds 2008 ongeveer gehalveerd. Hoewel de relatie tussen uitstoot en concentratie niet lineair is, is halvering van de afstandseisen zoals die tot nu toe werden toegepast een verdedigbaar alternatief. Dit leidt bij benadering tot dezelfde mate van gezondheidsbescherming als in 2008.

Concreet betekent dit dat geadviseerd wordt om, ongeacht de concentraties, geen gevoelige bestemmingen te projecteren:

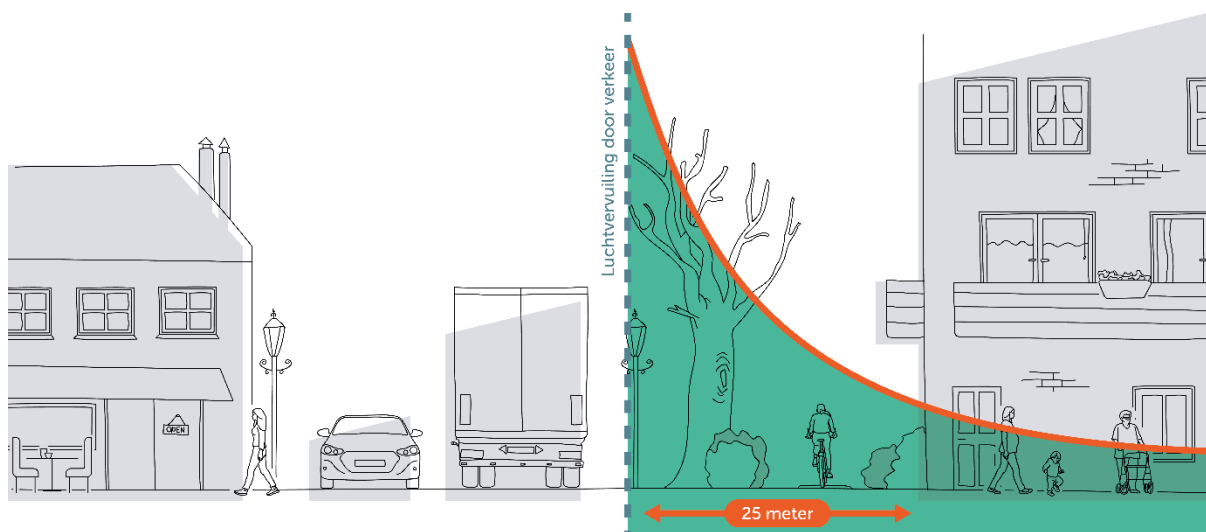
- Binnen 150 meter van snelwegen
- Binnen 25 meter van drukke binnenstedelijke wegen, waarbij 'druk' is gedefinieerd als een verkeersintensiteit van meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.
De aanvulling dat dit alleen geldt voor de eerstelijnsbebouwing vervalt, dit heeft bij een afstand van 25 meter geen meerwaarde.
- Binnen 50 meter van provinciale wegen.

In alle gevallen gaat het om de afstand tot de rand van de weg.



Snelweg: Ter bescherming tegen gezondheidseffecten van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging is de minimale afstand van gevoelige bestemmingen tot de rand van de snelweg 150 meter. Gevoelige bestemmingen zijn voorzieningen waar kinderen, ouderen, zwangere vrouwen, mensen met een longziekte, mensen met een hart-/vaatziekte, en/of mensen met diabetes langdurig verblijven.

Langs provinciale wegen neemt de wegbijdrage minder snel af met afstand tot de weg dan langs binnenstedelijke wegen. Daar wordt de achtergrondconcentratie op 25 meter nog onvoldoende benaderd. Daarom blijft de afstandseis voor provinciale wegen 50 meter.



Drukke weg: Ter bescherming tegen gezondheidseffecten van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging is de minimale afstand van gevoelige bestemmingen tot de rand van een drukke binnenstedelijke weg (>10.000 mtv/etmaal) 25 meter. Gevoelige bestemmingen zijn voorzieningen waar kinderen, ouderen, zwangere vrouwen, mensen met een longziekte, mensen met een hart-/vaatziekte, en/of mensen met diabetes langdurig verblijven.

De tabel hieronder vat de nieuwe en oude afstandseisen samen.

	2022 advies	2008 advies
Geen gevoelige bestemmingen binnen:	150 m van een snelweg	300 m van een snelweg
	25 m van een drukke binnenstedelijke weg (>10.000 mtv/etmaal)	50 m van een drukke weg (>10.000 mtv/etmaal), in de eerstelijnsbebouwing
	50 m van een provinciale weg	-
	Onafhankelijk van de concentratie luchtverontreinigende stoffen.	Onafhankelijk van de concentratie luchtverontreinigende stoffen.

Opgemerkt moet worden dat de in dit project gehanteerde definities van de wegtypen niet 'absoluut' zijn. Voor het grootste deel van de wegen is duidelijk tot welk wegtype ze behoren, maar soms is dit minder eenduidig. Zo worden sommige snelwegen beheerd door de provincie. Het gaat erom het wegtype te kiezen dat de situatie het beste beschrijft.

Daarnaast wordt nadrukkelijk wordt opgemerkt dat de bovengenoemde afstanden geen absoluut onderscheid maken tussen 'goede' en 'slechte' locaties. Evenmin pretenderen we dat deze minimale afstanden optimaal zijn voor alle wegen in Nederland. De configuratie van de (snel)wegen en omgeving varieert en dit is van invloed op de lokale verspreiding van de uitstoot van het wegverkeer. De bovenbeschreven minimale afstanden zijn, op basis van de huidige kennis, de 'beste schatting' voor de beschreven wegtypen. Om in de praktijk kans van slagen te hebben, is het belangrijk dat adviezen voor gevoelige bestemmingen beleid duidelijk zijn en eenvoudig toetsbaar. Het aanhouden van een grotere afstand dan genoemd in de tabel hierboven levert nog meer gezondheidswinst.

2) Welke groepen in de bevolking zijn extra gevoelig voor de effecten van luchtverontreiniging door wegverkeer?

Kinderen (<18 jaar) , ouderen (>65 jaar), zwangere vrouwen, mensen met bestaande luchtwegaandoeningen, hart- en vaataandoeningen en diabetes zijn extra gevoelig voor gezondheidsschade door verkeersgerelateerde luchtverontreiniging.



Longziekte



Zwangere



Kind



Oudere



Hartziekte | Diabetes

3) Welke bestemmingen kunnen als gevoelig worden aangemerkt?

Gevoelige bestemmingen zijn voorzieningen waar mensen die tot de gevoelige groepen behoren veel tijd doorbrengen. Daartoe behoren in elk geval: woonzorgcentra, woningen, kinderdagverblijven, scholen en buitenschoolse opvang. Daarnaast wordt de aandacht gevestigd op sportvelden in de buitenlucht. Die worden niet tot de gevoelige bestemmingen gerekend. Maar hoewel de verblijfsduur hier doorgaans kort is kan de ingeademde dosis groot zijn en is situering nabij de (snel) weg onwenselijk.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	3
Hoofdstuk 1 Inleiding	8
1.1 Huidige GGD advisering over gevoelige bestemmingen	8
1.2 Aanleiding voor het onderzoek	9
1.3 Onderzoeksvragen	9
Hoofdstuk 2 Aanpak	11
Hoofdstuk 3 Kennisupdate	12
3.1 Ontwikkeling in uitstoot verkeer en bijdrage aan luchtkwaliteit	12
3.1.1 Wegverkeer wordt schoner	12
3.1.2 Bijdrage wegverkeer aan de concentratie neemt af	13
3.2 Afstand tot de weg in relatie tot luchtkwaliteit	14
3.2.1 Gradiënten langs snelwegen	15
3.2.2 Gradiënten langs andere drukke wegen	16
3.3 Afstand tot de weg in relatie tot gezondheid	19
3.4 Gevoelige groepen	22
Hoofdstuk 4 Beantwoording onderzoeksvragen	23
4.1 Zijn de minimale afstanden zoals de GGD die sinds 2008 adviseert nog actueel?	23
4.2 Wat is het alternatief?	24
4.3 Welke groepen zijn gevoelig?	27
4.4 Welke bestemmingen zijn gevoelig?	28
Hoofdstuk 5 Conclusie	31
Hoofdstuk 6 Referenties	32
BIJLAGE 1: Selectie van epidemiologische studies voor HEI review	34

HOOFDSTUK 1 INLEIDING

Wetenschappelijk onderzoek heeft aangetoond dat het wonen of langdurig verblijven nabij drukke wegen tot verhoogde gezondheidsrisico's leidt, vooral voor de zogenaamde kwetsbare groepen (kinderen, ouderen en zieken). De uitstoot van het wegverkeer bestaat uit een complex mengsel van gasvormige en deeltjesvormige luchtverontreiniging. Belangrijke componenten zijn stikstofoxiden (NO_x), koolmonoxide (CO), vluchtige organische stoffen (VOS, waaronder benzeen) en (ultra)fijne stofdeeltjes die allerlei componenten kunnen bevatten zoals roet, zware metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen. De gezondheidsrisico's nemen toe in de nabijheid van een drukke weg, omdat daar de concentraties vervuilende stoffen hoger zijn. Naarmate de afstand tussen de (vervuilende) bron en de blootgestelde(n) groter is, is de impact op de gezondheid kleiner.

1.1 Huidige GGD advisering over gevoelige bestemmingen

Het huidige advies (1) is om geen scholen, voorzieningen voor kinderopvang, bejaarden-, verzorgings- en verpleeghuizen en woningen te realiseren:

- Binnen 300 meter van een snelweg en
- In de eerstelijnsbebouwing binnen 50 meter van drukke wegen, waarbij 'druk' is gedefinieerd als een verkeersintensiteit van meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Deze afstanden zijn onafhankelijk van de concentraties luchtverontreinigende stoffen.

Kort samengevat is het huidige advies over Gevoelige Bestemmingen gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- De invloed van verkeer op luchtkwaliteit en gezondheid is tot op een afstand van honderden meters van snelwegen merkbaar, een 'veilige afstand' is niet aan te geven (2) (3) (4).
- De WHO concludeert in een rapport uit 2013 dat de geobserveerde gezondheidseffecten nabij drukke wegen niet kunnen worden toegeschreven aan één of enkele componenten van het luchtverontreinigingsmengsel (4). Dit betekent dat door middel van regulatie van één of enkele van deze component(en) niet de gewenste gezondheidsbescherming kan worden verkregen. Het houden van afstand is dan het beste alternatief, alhoewel het gezondheidkundig verantwoord onderbouwd bepalen van de juiste afstand ingewikkeld is (4).
- In epidemiologische studies zijn effecten aangetoond (destijds) in zones langs de snelweg die variëren van ca 100 meter tot enkele honderden meters. De 300 meter is gekozen omdat deze afstand wordt gehanteerd in het Besluit Gevoelige Bestemmingen. Hetzelfde geldt voor 50 meter. Die werd in het Besluit Gevoelige Bestemmingen gehanteerd in relatie tot provinciale wegen. Gemeentelijke wegen werden in het Besluit Gevoelige Bestemmingen niet benoemd. Het huidige GGD advies heeft betrekking op drukke wegen met een intensiteit van meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal. Dit is een intensiteit die in epidemiologische studies veelal wordt gehanteerd om drukke wegen te definiëren. Overigens heeft het Besluit Gevoelige Bestemmingen, dat met het ingaan van de Omgevingswet komt te vervallen, in de praktijk geen nut gehad. Het Besluit vereiste binnen die zones berekeningen om aan te tonen dat aan de wettelijke grenswaarden werd voldaan, hetgeen altijd het geval was.

- De 'eerstelijnsbebouwing' wordt in het Besluit Gevoelige Bestemmingen niet benoemd en is toegevoegd omdat afschermende bebouwing in binnenstedelijke straten tot een aanzienlijke afname in concentratie leidt.
- Het advies is simpel en eenvoudig toetsbaar. Er zijn geen modelberekeningen nodig.
- In tegenstelling tot het Besluit Gevoelige Bestemmingen beschouwt de GGD ook woningen als gevoelige bestemmingen, omdat mensen die tot de kwetsbare groepen behoren hier langdurig kunnen worden blootgesteld.

Voor meer toelichting wordt verwezen naar de GGD richtlijnen uit 2008 (5) en 2018 (1).

1.2 Aanleiding voor het onderzoek

Sinds 2008 is de uitstoot van het wegverkeer gedaald en deze zal in de toekomst, met de toename van het aandeel elektrisch vervoer, nog verder afnemen. De adviezen van de GGD ten aanzien van gevoelige bestemmingen zijn echter sinds 2008 ongewijzigd. GGD-en krijgen daarom vanuit gemeentes en andere belanghebbenden regelmatig de vraag of de afstandseisen inmiddels niet kunnen worden versoepeld. Tegelijkertijd is het bewijs voor de schadelijkheid van (verkeersgerelateerde) luchtverontreiniging, ook bij lage concentraties, sterk toegenomen. Dit heeft in 2021 geleid tot een aanzienlijke aanscherping van de WHO-advieswaarden voor NO₂ en fijn stof (6). De vraag is daarom of de aanbevelingen van de GGD-en voor gevoelige bestemmingen beleid nog actueel zijn en zo nee, of er een beter alternatief is. Daartoe behoort ook de vraag welke groepen (anno 2022) kunnen worden aangemerkt als extra gevoelig voor de effecten van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging en, daarmee samenhangend, welke bestemmingen als gevoelig kunnen worden aangemerkt.

In 2022 verscheen een rapport van het Amerikaanse Health Effects Institute (HEI) waarin alle wetenschappelijke literatuur over de uitstoot van, blootstelling aan en gezondheidseffecten van lange termijn blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging tot en met 2019 wordt samengevat en beoordeeld (7). Het HEI is een onafhankelijk onderzoeksinstituut, gespecialiseerd in onderzoek naar de effecten van luchtverontreiniging. De timing van dit project is afgestemd op de publicatie van het HEI rapport, waaraan jaren is gewerkt door internationale wetenschappers.

1.3 Onderzoeksvragen

De onderzoeksvragen zijn:

1. Zijn de minimale afstanden zoals de GGD die sinds 2008 adviseert nog actueel en zo nee, wat is een beter alternatief?
2. Welke groepen in de bevolking zijn, op basis van de huidige kennis, extra gevoelig voor de effecten van luchtverontreiniging door wegverkeer?
3. Welke bestemmingen kunnen als gevoelig worden aangemerkt?

Het doel van dit project is om te komen tot een wetenschappelijk onderbouwd antwoord op de bovenstaande vragen en tot aanbevelingen voor gevoelige bestemmingen beleid.

Daarnaast is, op verzoek van het bestuur van de Academische Werkplaats Gezonde Leefomgeving, aandacht besteed aan de volgende punten:

- Nadere onderbouwing van de afscherpende werking van de eerstelijnsbebouwing langs binnenstedelijke wegen
- De invloed van verticale afstand (hoogbouw) op luchtkwaliteit en gezondheid

Ook is op verzoek van het bestuur onderzocht of het criterium 'verblijfsduur' kan worden meegewogen in de beoordeling van de gevoeligheid van bestemmingen. Specifiek werd de vraag gesteld of een buitenschoolse opvang waar kinderen enkele uren per dag verblijven even gevoelig is als een kinderdagverblijf waar kinderen veel meer tijd doorbrengen.

HOOFDSTUK 2 AANPAK

De kennis over blootstelling aan en gezondheidseffecten van blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging (Traffic Related Air Pollution, verder TRAP genoemd) is in 2010 samengevat in een rapport van het Amerikaanse Health Effects Institute (HEI) (8). De rapporten van het HEI spelen een belangrijke rol bij het luchtkwaliteitsbeleid in de Verenigde Staten en staan ook in Europa en elders in de wereld hoog in aanzien. In 2022 kwam het HEI met een nieuw rapport waarin alle wetenschappelijke literatuur over de gezondheidseffecten van lange termijn blootstelling aan TRAP tot en met 2019 is samengevat en beoordeeld (7).

Op basis van het HEI-rapport en publicaties gericht op de Nederlandse situatie worden aanbevelingen gedaan voor aanpassing van de GGD advisering over gevoelige bestemmingen.

De mogelijke aanpassingen zijn besproken tijdens twee expertsessies (11 april en 31 mei 2022) met wetenschappers/epidemiologen op het gebied van luchtkwaliteit en gezondheid, werkzaam bij het Health Effects Institute (Hanna Boogaard, hoofdauteur van het HEI rapport), Universiteit Utrecht (Gerard Hoek) en Erasmus Medisch Centrum (Lex Burdorf). Ook zijn de aanvullende vragen met betrekking tot verticale gradiënten, eerstelijnsbebouwing en meewegen van het criterium verblijfsduur met de wetenschappers besproken.

In de expertsessies is consensus bereikt over het meest effectieve voorstel vanuit het oogpunt van gezondheidsbescherming en praktische uitvoerbaarheid. Het voorstel voor aangepast gevoelige bestemmingen beleid is op 15 juni 2022 besproken met de begeleidingscommissie, bestaande uit deskundigen werkzaam bij gemeentes en GGD-en die ervaring hebben met het adviseren over gevoelige bestemmingen in de praktijk en/of het opstellen van gevoelige bestemmingenbeleid. De begeleidingscommissie kon zich vinden in het voorstel en gaf een aantal waardevolle suggesties om de onderbouwing in de(z) rapportage te verhelderen.

HOOFDSTUK 3 KENNISUPDATE

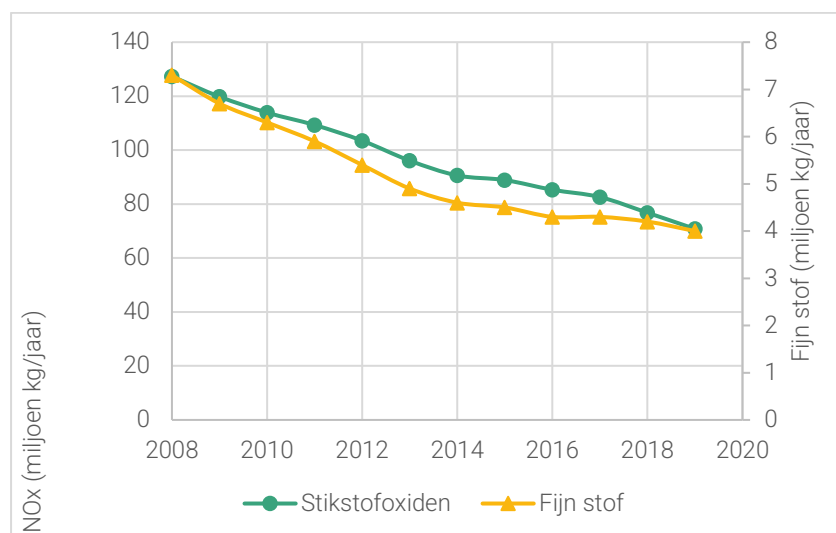
De informatie in dit hoofdstuk is voor een groot deel afkomstig uit het recent gepubliceerde rapport van het HEI (7). Er is ook een wetenschappelijk artikel gepubliceerd waarin de werkwijze en resultaten worden samengevat (9).

3.1 Ontwikkeling in uitstoot verkeer en bijdrage aan luchtkwaliteit

- De uitstoot van het wegverkeer is tussen 2008 en 2019 ongeveer gehalveerd
- Hetzelfde geldt voor de verkeersbijdrage aan de concentraties langs drukke wegen
- De komende jaren zal het wegverkeer verder verschonen. Maar een wagenpark dat volledig vrij is van verbrandingsemissies is nog ver weg

3.1.1 Wegverkeer wordt schoner

Ondanks de toename van het wagenpark is de uitstoot van het wegverkeer in de afgelopen jaren verder gedaald in Nederland en andere Europese landen (10). Dit heeft te maken met de steeds verder aangescherpte Europese emissie-eisen (euro-normen). Deze vormen de drijvende kracht achter het schoner worden van het verkeer door de voortdurende optimalisatie van motor en nabehandelingssystemen. Vanaf 2011 worden zo goed als alle nieuwe dieselveertuigen met een ingebouwd roetfilter geleverd. Daarnaast zijn ook veel voertuigen met een dieselmotor uitgerust met een katalysator (SCR), waarbij gebruik wordt gemaakt van een ureumoplossing (AdBlue) (11). Ook de veranderende samenstelling van het wagenpark, met een toenemend aandeel hybride- en elektrische voertuigen, draagt bij aan de afname van de uitlaatemissies. Hetzelfde geldt voor beleidsmaatregelen zoals milieuzones en stimuleringsbeleid uitstootvrij.



Figuur 1. Jaarlijkse uitstoot van stikstofoxiden en fijn stof door wegverkeer in de periode 2008-2019.

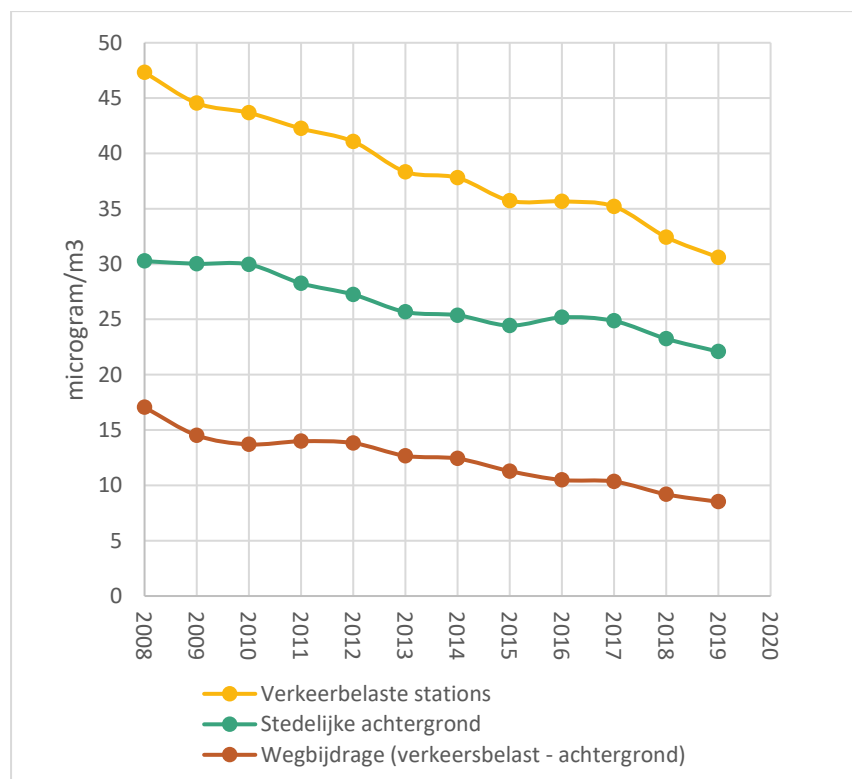
De trend in de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof door wegverkeer in de periode 2008-2019 is weergegeven in figuur 1. Deze is gebaseerd op uitstootcijfers die via de website van het Compendium voor de Leefomgeving zijn te downloaden (11). De totale uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof door wegverkeer in

Nederland nam af van respectievelijk 127,3 miljoen en 7,3 miljoen kg in 2008 naar 70,8 en 4,0 miljoen kg in 2019; een afname van 44% voor NO_x en 45% voor fijn stof (de cijfers van 2020 en 2021 geven vanwege de Corona-maatregelen een vertekend beeld, daarom zijn die jaren buiten beschouwing gelaten). Dit is een forse afname in uitstoot, en dit ondanks een toename van 8% in het totale aantal afgelegde voertuigkilometers in Nederland in diezelfde periode (11).

Het aandeel hybride- en volledig elektrische voertuigen in het totale aantal gereden kilometers is met 3,1% in 2019 nog beperkt (12), maar het aandeel neemt snel toe. Overigens gelden bovengenoemde percentages voor personenauto's. Het aantal elektrische lijnbussen is tussen 2017 en 2021 verviervoudigd en bedraagt in 2021 ruim 15% van het totale aantal bussen (13). Maar het vrachtverkeer en touringcars lopen qua elektrificatie sterk achter; het percentage elektrisch ligt nu op respectievelijk 0,5% en 0%, de verwachting voor 2030 is dat die percentages toenemen naar ca 16% en 5% (14).

3.1.2 Bijdrage wegverkeer aan de concentratie neemt af

Als gevolg van de afgenomen uitstoot is ook de luchtkwaliteit in de buurt van drukke wegen verbeterd. Van de website van het Compendium voor de Leefomgeving zijn de jaargemiddelde NO₂ concentraties te downloaden zoals die sinds 1992 zijn gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) op verkeersbelaste, stedelijke achtergrond- en regionale achtergrondstations (15). De trend in de op verkeersbelaste en stadsachtergrondstations gemeten concentraties in de periode 2008-2019 is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Jaargemiddelde NO₂ concentratie op verkeersbelaste- en stedelijke achtergrondstations uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) en het verschil daartussen (als benadering voor de wegbijdrage) in de periode 2008-2019 (15).

Op verkeersbelaste stations (langs drukke wegen) nam de NO₂ concentratie af van gemiddeld 47,3 µg/m³ in 2008 naar 30,6 µg/m³ in 2019. Op stedelijke achtergrondstations, geleken op rustige locaties op afstand van lokale bronnen, nam de NO₂ concentratie af van gemiddeld 30,2 µg/m³ in 2008 naar 22,1 µg/m³ in 2019. Als we het

verschil tussen de gemiddelde NO₂ concentratie langs drukke wegen en op stedelijke achtergrondstations beschouwen als een benadering van de verkeersbijdrage, dan neemt die af van 17,1 µg/m³ in 2008 naar 8,5 µg/m³ in 2019, een afname van 50%.

Verkeersbelaste stations omvatten zowel stations langs binnenstedelijke wegen als langs snelwegen, een onderscheid tussen de trend op deze twee wegtypen is daarom niet (op eenvoudige wijze) te maken. Overigens is het aantal verkeersbelaste LML stations langs snelwegen zeer beperkt.

Ondanks de afname in de uitstoot blijven er ook uitdagingen. Voorbeelden daarvan zijn hoge ultrafijn stof emissies van benzine voertuigen door directe benzine injectie; hoge emissies van oude en relatief zeer vervuilende voertuigen, aanpassingen aan voertuigen die leiden tot meer uitstoot (zoals het verwijderen van roetfilters), niet-uitlaatemissies en geluidhinder (7).

3.2 Afstand tot de weg in relatie tot luchtkwaliteit

- **(Snel)wegen kunnen de luchtkwaliteit tot een afstand van 500 meter en misschien wel een kilometer beïnvloeden. De grootste afname wordt gevonden in de eerste 100 tot 150 meter van de (snel)weg**
- **Het onderscheid tussen (gradiënten langs) snelwegen en binnenstedelijke wegen wordt in de wetenschappelijke literatuur meestal niet gemaakt**
- **Zoals in paragraaf 3.1 is beschreven zijn de verkeersemisies sterk afgenomen. Dit betekent dat de concentratiebijdrage van de (snel)weg kleiner is dan in het verleden. Op grotere afstand (>150 meter) is die minder makkelijk te onderscheiden van de achtergrondconcentratie en van andere bronnen**

De bijdrage van het (snel)wegverkeer aan de concentraties neemt af met toenemende afstand tot de weg en wordt bepaald door 1) de uitstoot van het wegverkeer en 2) de mate waarin die uitstoot wordt verspreid en verdund.

Ad 1). De uitstoot van het verkeer op een (snel)weg wordt onder andere bepaald door de verkeersintensiteit en -samenstelling, de gemiddelde snelheid en de doorstroming. Deze kenmerken in combinatie met de emissiefactoren (de uitstoot per gram/km per type voertuig, die varieert met o.a. de snelheid) bepalen de totale uitstoot die op een weg plaatsvindt.

Ad 2). De mate waarin de concentraties afnemen met toenemende afstand tot de weg (gradiënten) is voor elke component anders. Dit wordt namelijk bepaald door de chemische en fysische reactiviteit van die component. Daarnaast variëren de gradiënten per dag en seizoen omdat ze afhankelijk zijn van een groot aantal factoren, waaronder windrichting, windsnelheid, de achtergrondconcentraties ozon en andere reactieve componenten en de stabiliteit van de atmosfeer (16). In de nacht en in de winter is er (gemiddeld) minder verticale menging vanwege de lagere temperatuur, met als gevolg dat eenzelfde hoeveelheid uitstoot van het verkeer in de nacht en winter de luchtkwaliteit tot op een grotere afstand beïnvloedt. Hier staat tegenover dat de verkeersintensiteit in de nacht gedurende het hele jaar doorgaans lager is.

Naast deze in de tijd variërende factoren wordt de snelheid waarmee de concentraties afnemen met afstand tot de weg ook bepaald door de configuratie van de weg en de omgeving, zoals de ligging van de weg ten opzichte van de overheersende windrichting, de breedte van de weg, de aanwezigheid van bebouwing, de aard van de bebouwing (meer of minder aaneengesloten), de hoogte van de bebouwing, de verhouding tussen de hoogte van de bebouwing en de breedte van de weg en de aanwezigheid van andere obstakels die de verspreiding beïnvloeden zoals schermen en bomen.

Het is dus niet eenvoudig om 'de' gradiënt langs een (snel)weg te bepalen, zeker niet als het gaat om de gradiënt in de jaargemiddelde concentratie, de blootstellingsmaat die in relatie tot gevoelige bestemmingenbeleid het meest van belang is. Het aantal in de literatuur gerapporteerde studies naar gradiënten is dan ook beperkt. Toch zijn er op basis van de beschikbare kennis wel generieke uitspraken te doen over de gradiënten langs (snel)wegen. Daarbij zijn de oudere studies ook nog steeds relevant. Want hoewel de totale emissie van het wegverkeer is afgenomen, is de manier waarop die emissie wordt verspreid en verdund niet veranderd. Wel leidt dit bij lagere emissies tot lagere concentratiebijdragen en wordt eerder het punt bereikt waarop de wegbijdrage niet meer is te onderscheiden van de achtergrondconcentratie.

3.2.1 Gradiënten langs snelwegen

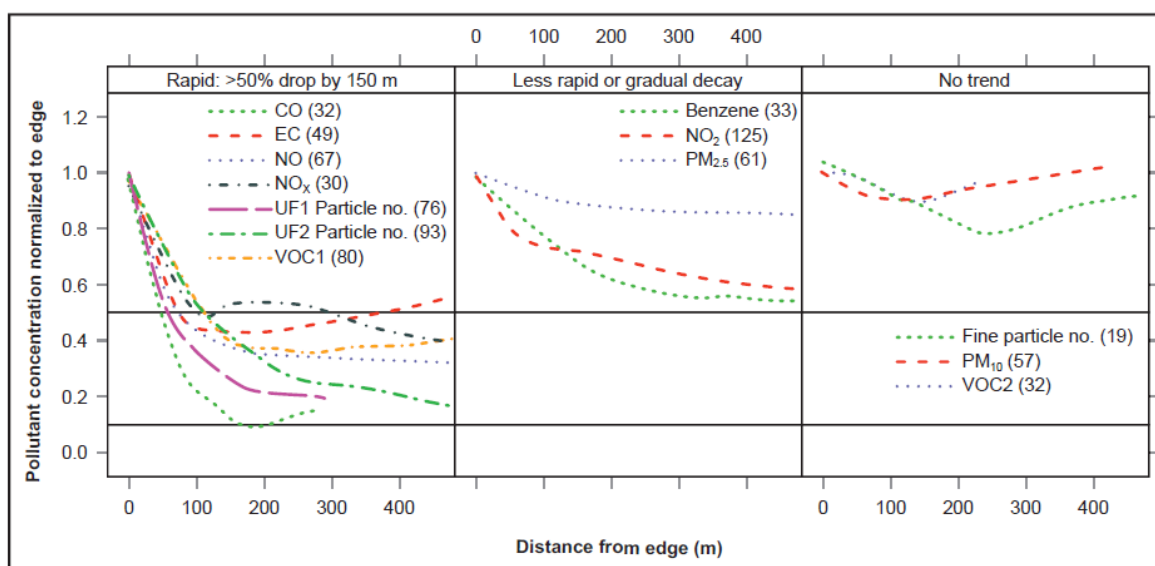
In het HEI-rapport uit 2022 wordt in hoofdstuk 6 een aantal studies naar gradiënten langs snelwegen en andere grote wegen samengevat (7). Eén daarvan is een review studie uit 2010 waarin de destijds beschikbare studies naar gradiënten langs drukke wegen zijn samengevat (17). Daarvan heeft 68% betrekking op metingen langs snelwegen, de rest betreft metingen langs andere drukke hoofdwegen. Er wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen gradiënten langs snelwegen en andere drukke wegen. De resultaten worden samengevat in figuur 3. Deze laat zien dat vooral voor CO, NO, roet en ultrafijn stof de concentraties snel afnemen met afstand tot de weg. Op 150 meter is de bijdrage van de weg aan de CO, roet, NO, NOx, en ultrafijn stof concentratie respectievelijk 90%, 56%, 65%, 52% en 83% lager dan aan de rand van de weg. De gradiënt in NO₂- en benzeenconcentratie is minder steil; deze wegbijdragen zijn op 150 meter 42% resp. 45% lager. Voor PM_{2.5} en PM₁₀ is er geen duidelijke gradiënt te zien, wat verklaard kan worden doordat de fijn stof uitstoot van het verkeer vooral in de ultrafijne fractie zit en daardoor weinig bijdraagt aan de massaconcentratie fijn stof. Omdat dit metingen van voor 2010 zijn, zijn deze resultaten kwalitatief nog steeds geldig, maar kwantitatief niet.

Een in Toronto, Canada, uitgevoerde studie uit 2012 naar de gradiënten in NO₂, NO, roet, ultrafijn stof en CO concentratie op verschillende afstanden van een snelweg bevestigde de in figuur 3 weergegeven gradiënten. Deze studie liet tevens zien dat de invloedszone van de snelweg varieert met tijd van de dag en seizoenen. De invloed van de snelweg was meetbaar tot een afstand die varieert tussen 100 en 400 meter (16).

In Boston en omgeving is de relatie onderzocht tussen afstand tot de weg en het gehalte zware metalen in PM₁₀ en PM_{2.5} nabij 28 snelwegen en andere drukke wegen (18). Veel van de gemeten metalen zoals koper, ijzer en zink worden gezien als 'tracer' voor de bijdrage van het wegverkeer, al is geen enkel element een 'unieke' marker aangezien ze ook van andere bronnen afkomstig kunnen zijn (19). De concentratie van alle elementen nam af met toenemende afstand tot de weg, maar de invloed van het verkeer was tot een afstand van 1 kilometer meetbaar. De snelste afname in concentratie werd gevonden voor metalen die vooral samenhangen met slijtage-emissies, zoals koper, zink en barium (18) (20).

In een in 2019 gepubliceerde reviewstudie is een meta-analyse uitgevoerd van de tot en met 2013 gepubliceerde studies waarin de relatie tussen afstand tot de weg en luchtkwaliteit is onderzocht (21). In eerste instantie werden 65 studies geselecteerd, maar omdat voor PM₁₀ en PM_{2.5} geen gradiënten werden gevonden is de meta-analyse beperkt tot de gradiënten in componenten CO, NO₂, NOx en Black Carbon (roet). De meta-analyse is uitgevoerd op

basis van 12 studies, uitgevoerd in Europa en Noord-Amerika (21). Net als werd gerapporteerd door Karner (17) werd voor CO en roet een snelle afname in concentratie gevonden, voor NO₂ was de gradiënt minder steil. Beïnvloeding van de concentratie ten opzichte van de achtergrond werd gevonden tot (tenminste) een afstand van 420 meter. Er wordt in deze meta-analyse geen onderscheid gemaakt tussen snelwegen en andere drukke wegen, al zijn de meeste studies uitgevoerd nabij snelwegen. (21).



Figuur 3. Afname in concentratie als functie van afstand tot de wegrand voor verschillende verkeersgerelateerde componenten zoals weergegeven in het HEI 2022 rapport (7) op basis van review artikel van Karner uit 2010 (17). Het getal tussen haakjes achter de component geeft het aantal studies weer waarvan de informatie is samengevat.

Wat de betreft de invloedszone nabij wegen concludeert het Health Effects Institute in het 2010 rapport dat het niet mogelijk is om één specifieke afstand te benoemen, aangezien de afstand waarbij de concentraties zijn afgenomen varieert tussen componenten en ook varieert in de tijd, zowel binnen de dag als tussen seizoenen. Ook hangt het af van de definitie van de invloedszone: omdat de wegbijdrage exponentieel afneemt met de afstand wordt die nooit exact nul, maar benadert die alleen. Er moet dus een keuze worden gemaakt welke wegbijdrage als verwaarloosbaar wordt beschouwd (bijvoorbeeld 5% boven de achtergrondconcentratie). Rekening houdend met het bovenstaande is het volgens het HEI, redelijk om een afstand van 500 meter tot de rand van de weg aan te houden als maat waarvoor er geen invloed meer van de weg is (8). In het HEI-rapport uit 2022 is een andere benadering toegepast, waarbij niet alleen naar afstand is gekeken, maar ook naar de manier hoe en met wat voor methoden blootstellingsschattingen zijn gemaakt om gezondheidseffecten van TRAP te beoordelen (zie sectie 3.3).

Als het gaat om het opstellen van gevoelige bestemmingen beleid gaat het uiteraard niet (alleen) om de invloedszone sec, maar om het kiezen van een redelijk compromis tussen haalbaarheid en gezondheidsrisico's. Een risico van 0 is niet haalbaar, aangezien er tot op heden geen 'veilige' ondergrens bekend is voor NO₂ en fijn stof. Dit betekent dat elke toename van concentratie tot een toename in risico leidt.

3.2.2 Gradiënten langs andere drukke wegen

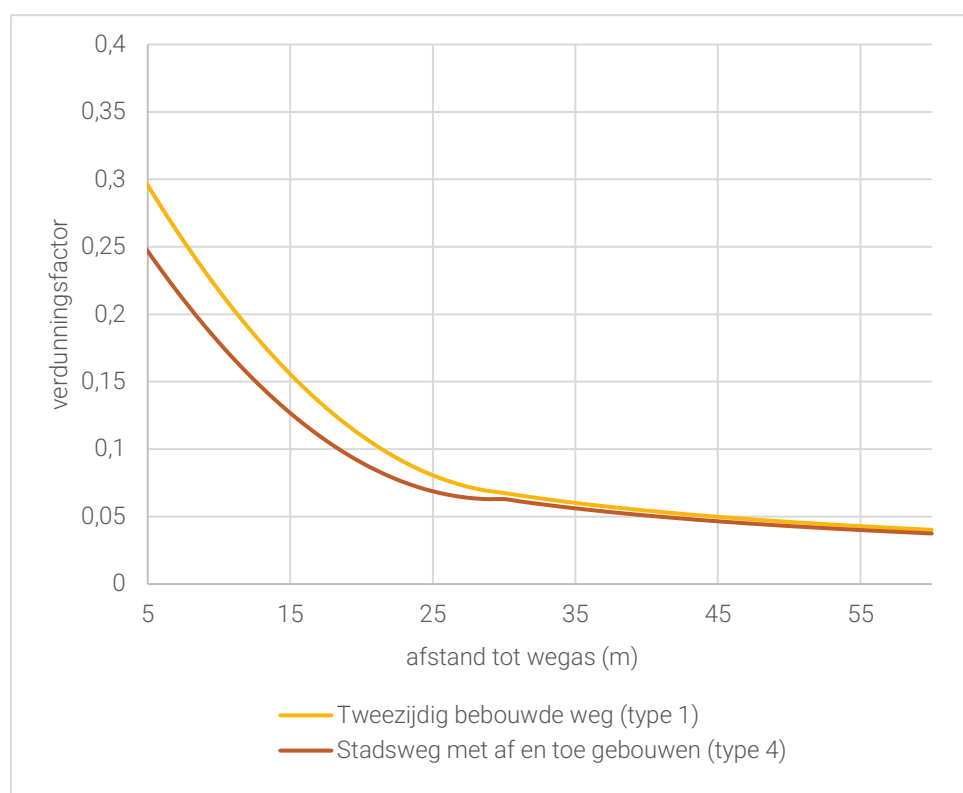
Invloed van bebouwing

Als gevolg van de aanwezigheid van gebouwen in een straat neemt de windsnelheid af en de turbulentie toe. De aanwezigheid van bebouwing langs een drukke weg is van invloed op de luchtkwaliteit in de straat zelf en kan ook van invloed zijn op de luchtkwaliteit in nabijgelegen straten. De manier waarop de bebouwing de concentraties langs een drukke weg beïnvloedt hangt af van de hoogte van de bebouwing in relatie tot de breedte van de weg

maar ook van de configuratie van de bebouwing. Hier is redelijk veel literatuur over, gebaseerd zowel op metingen als op modellering, maar in vrijwel alle gevallen gaat dit over de invloed van de bebouwing op de concentraties in de drukke straat zelf. Zo wordt in een modelleringsstudie uit Los Angeles beschreven dat aaneengesloten hoge bebouwing in een drukke straat leidt tot 50% hogere UFP-concentraties in die straat dan wanneer er openingen zijn tussen de gebouwen (22). Over de invloed in achterliggende straten is echter nauwelijks literatuur te vinden. Metingen van roet, ultrafijn stof en NO_2 die zijn uitgevoerd op de weg, waarbij herhaald de luchtkwaliteit is gemeten met een rijdende auto op alle wegen van Amsterdam laten relatief hoge concentraties zien op de hoofdwegen in de stad. De luchtkwaliteit in achterliggende straten, die dichtbij die hoofdweg liggen maar daarvan meestal gescheiden zijn door woningen, is een stuk beter (23). De metingen zijn uitgevoerd op de weg, deze studie kan daarom niet worden gebruikt om een 'veilige' afstand af te leiden, maar laat wel zien dat het contrast tussen de drukke straat en nabijgelegen rustige straat groot kan zijn. Ook metingen van de NO_2 concentratie in Amsterdam door de GGD Amsterdam in drukke straten en nabijgelegen rustige straten laten tot tientallen procenten lagere NO_2 concentraties zien in de rustige straten (24).

Verdunning van uitstoot langs binnenstedelijke wegen

Om een indruk te krijgen van de gradiënt langs binnenstedelijke wegen is de verdunningsfactor berekend voor twee wegtypen zoals die in Standaardrekenmethode 1 (SRM-1) wordt gebruikt. Dit is een screeningsmodel waarmee op relatief eenvoudige manier inzicht verkregen kan worden in de luchtkwaliteit in bebouwde omgeving. In de Monitoringstool wordt de luchtkwaliteit langs binnenstedelijke wegen berekend met SRM-1. Dit wordt jaarlijks uitgevoerd door het RIVM, op vastgestelde rekenpunten langs alle hoofdwegen in Nederland.



Figuur 4. Relatie tussen afstand tot het midden van de weg en de verdunningsfactor, berekend voor twee binnenstedelijke wegtypen met de formules zoals gebruikt in SRM-1 (25)

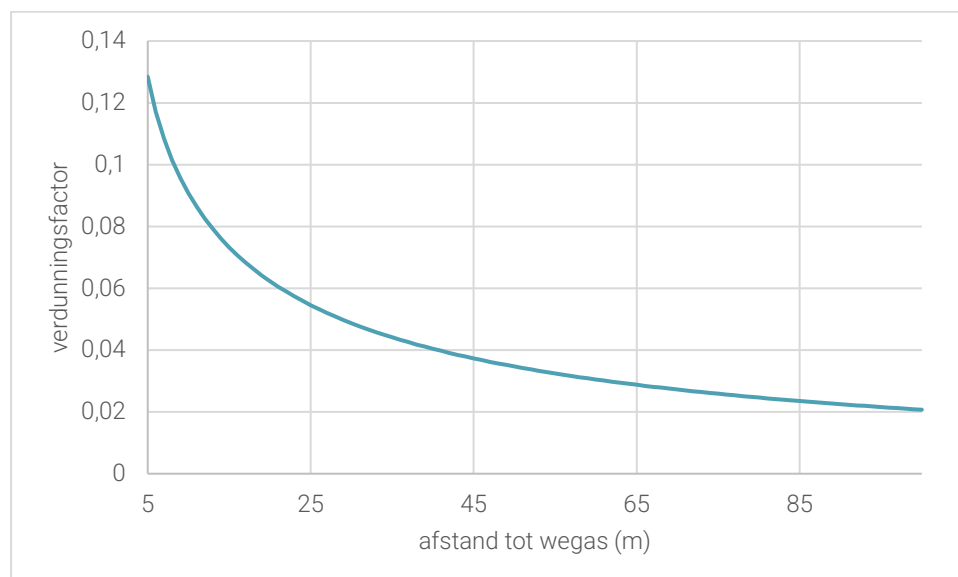
De verdunningsfactor wordt vermenigvuldigd met de uitstoot van het verkeer om de bijdrage van de weg aan de concentratie te berekenen. Deze methode maakt onderscheid tussen vier typen binnenstedelijke wegen, die worden beschreven aan de hand van de bebouwing langs de weg. De verdunningsfactor is berekend voor wegtype 1: een straat met aan beide zijden min of meer aaneengesloten bebouwing, die laag is in verhouding tot de breedte van de

straat (dus geen street canyon) en voor wegtype 4 (een straat met aan beide zijden af en toe een gebouw, maar ook veel open ruimte ertussen). Voor beide wegtypen kan tot een afstand van maximaal 60 meter van de wegas worden gerekend, waarbij de verdunningsfactor voor de eerste 30 meter met een andere formule wordt berekend dan voor de afstand tussen 30 en 60 meter (25).

Figuur 4 laat zien dat de verdunningsfactor in de eerste 30 meter tot het midden van de weg snel afneemt, wat betekent dat de mate van verdunning snel toeneemt. In een tweezijdig bebouwde weg met aan weerszijden aaneengesloten bebouwing, is de uitstoot van het verkeer op 30 meter van de wegas (ca 25 meter tot de wegrand) ca 4,5 keer meer verdund dan op 5 meter van de wegas (ongeveer de wegrand). Daarna neemt de verdunning langzaam verder toe. In een meer 'open' weg met slechts af en toe een gebouw wordt de uitstoot iets sneller verdund omdat deze minder blijft 'hangen'. Ook hier treedt de sterkste verdunning op in de eerste 30 meter. Om de jaargemiddelde wegbijdrage te berekenen wordt de verdunningsfactor vermenigvuldigd met de uitstoot van het wegverkeer en, indien nodig, met correctiefactoren. De totale concentratie is de som van de wegbijdrage en de achtergrondconcentratie. Met het SRM-1 model kan alleen de concentratie in de drukke straat zelf worden berekend en niet de concentratie in 'achterliggende' rustige straten.

Verdunning van uitstoot langs provinciale wegen

Meetgegevens langs provinciale wegen zijn schaars en voor zover ons bekend zijn er geen studies waarin specifiek gradiënten langs provinciale wegen zijn onderzocht. Het is echter aannemelijk dat de invloedzone van provinciale wegen groter is dan van binnenstedelijke wegen met een maximumsnelheid van 50 km/uur. De hogere rijsnelheid leidt tot meer verticale dispersie op de rijbaan, wat een ander verspreidingspatroon tot gevolg heeft. In het oude CAR-model, de voorloper van SRM-1, was de categorie 'buitenweg' opgenomen. Deze wordt gedefinieerd als een weg door open terrein, met incidenteel bomen of gebouwen binnen een straal van 100 meter en met een snelheidslimiet van maximaal 80 km/uur. Voor dit wegtype werd een aparte formule afgeleid om de verdunningsfactor te berekenen. De manier waarop de uitstoot zich verspreidt is in de loop der jaren niet wezenlijk veranderd, daarom zijn de formules uit het CAR rapport uit 2004 gebruikt om inzicht te krijgen in de verdunning als functie van de afstand (26), zie figuur 5. De jaargemiddelde wegbijdrage heeft hetzelfde verloop, zie paragraaf 3.2.2.



Figuur 5. Relatie tussen afstand tot het midden van de weg en de verdunningsfactor, berekend voor het wegtype 'buitenweg': een weg door open terrein met een snelheidslimiet van maximaal 80 km/uur (26).

De jaargemiddelde wegbijdrage wordt berekend door de verdunningsfactor te vermenigvuldigen met de totale uitstoot en, indien nodig, een correctiefactor voor de hoeveelheid bomen ('bomenfactor') en afwijkende

meteorologie ten opzichte van het gemiddelde in Nederland. De gradiënt in de wegbijdrage is dus (binnen een wegvak) gelijk aan de gradiënt in de verdunningsfactor. Figuur 5 laat zien dat de wegbijdrage minder snel afneemt met afstand tot de weg dan langs binnenstedelijke wegen. Op 30 meter van de weg is de wegbijdrage nog maar met een factor van ongeveer 2,5 afgenomen. Op 50 meter is dat opgelopen tot een factor van meer dan 4.

3.3 Afstand tot de weg in relatie tot gezondheid

Samenvatting relatie TRAP blootstelling en gezondheid uit HEI rapport

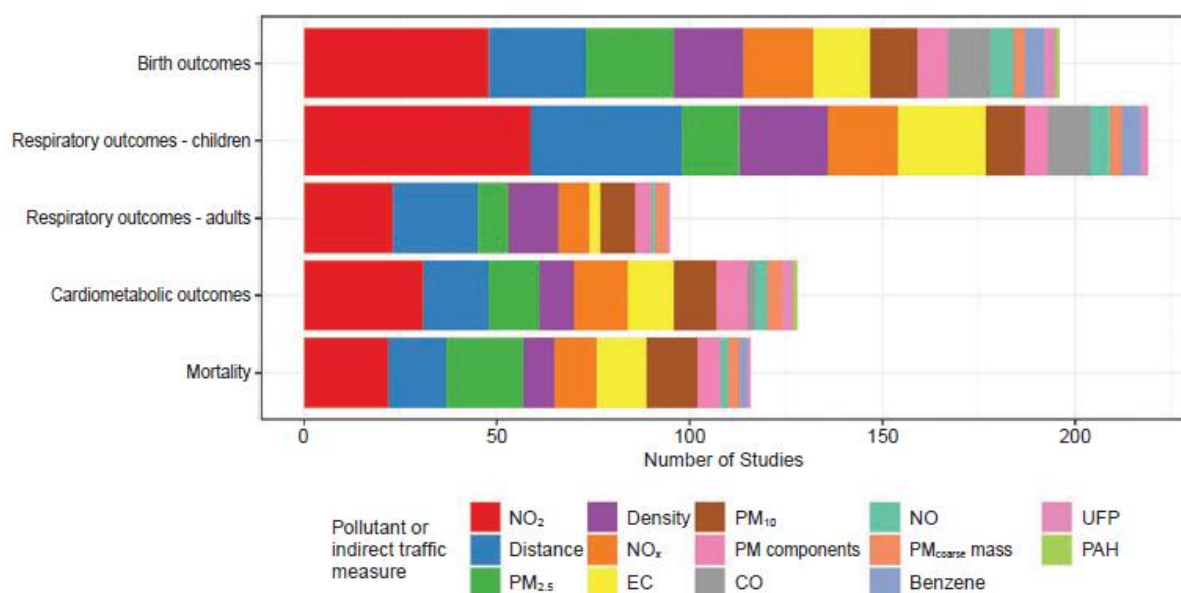
- **Het HEI panel concludeert in het overzichtsrapport uit 2022 dat blootstelling aan TRAP nog steeds een substantieel risico vormt voor de publieke gezondheid en meer aandacht verdient van beleidsmakers**
- **Geen enkele component is 100% specifiek voor blootstelling aan TRAP**
- **Afstand tot de weg is nog steeds een goede 'proxy' voor blootstelling aan TRAP**
- **Er is veel variatie in onderzochte afstanden tot de weg tussen studies. Zowel voor wat betreft hoog blootgestelden als wat betreft de referentiegroep met lage blootstelling**

Het HEI heeft alle epidemiologische studies uitgevoerd in de algemene bevolking en die zijn gepubliceerd tussen januari 1980 en juli 2019 geëvalueerd en samengevat (7). Doel hiervan was het evalueren van de relatie tussen langdurige blootstelling aan TRAP en gezondheidseffecten. De selectie van studies en werkwijze is uitgevoerd volgens vooraf gedefinieerde criteria en protocollen, opgesteld door een expert panel van internationale wetenschappers op het gebied van TRAP en gezondheid. De kern van de evidentie bestond uit studies met kwantitatief gemeten of gemodelleerde luchtverontreinigingsconcentraties. Studies met indirecte blootstellingsmaten (afstand, verkeersdichtheid) zijn waardevol omdat ze specifiek zijn voor TRAP, maar de studies verschillen sterk in blootstelling definities. Studies op basis van zelfgerapporteerde TRAP-blootstelling zijn buiten beschouwing gelaten.

De evaluatie is uitgevoerd voor gezondheidseffecten waarvoor met voldoende zekerheid vaststaat dat ze het gevolg kunnen zijn van blootstelling aan generieke luchtverontreiniging (niet alleen TRAP), te weten: geboorte-uitkomsten (laag geboortegewicht, vroeggeboorte), luchtwegaandoeningen, cardiometabole aandoeningen (hart- en vaatziekten en diabetes), totale sterfte (alle natuurlijke doodsoorzaken) en oorzaakspecifieke sterfte (aan luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten). Zie figuur 6.

De selectie van epidemiologische studies is uitgevoerd op basis van criteria waarmee werd beoordeeld of de studies qua blootstellingsschatting voldoende specifiek zijn gericht op blootstelling aan TRAP (zie bijlage 1). De componenten die samenhangen met blootstelling aan TRAP zijn immers niet uniek voor TRAP maar worden ook door andere bronnen uitgestoten. Extra strenge criteria zijn opgesteld voor fijn stof om te bepalen of het voldoende verkeers-specifiek was, omdat er zoveel andere fijn stof bronnen zijn.

In totaal zijn 353 epidemiologische studies geselecteerd die aan alle criteria voldeden, meeste daarvan zijn cohortstudies. Dat zijn er 3 keer zoveel als in het vorige HEI-rapport uit 2010 (8). De studies zijn over de hele wereld uitgevoerd, al is het overgrote deel afkomstig uit Europa en Noord-Amerika. De figuur hieronder laat de frequentie zien waarmee typen gezondheidseffecten en blootstellingsmaten zijn onderzocht.



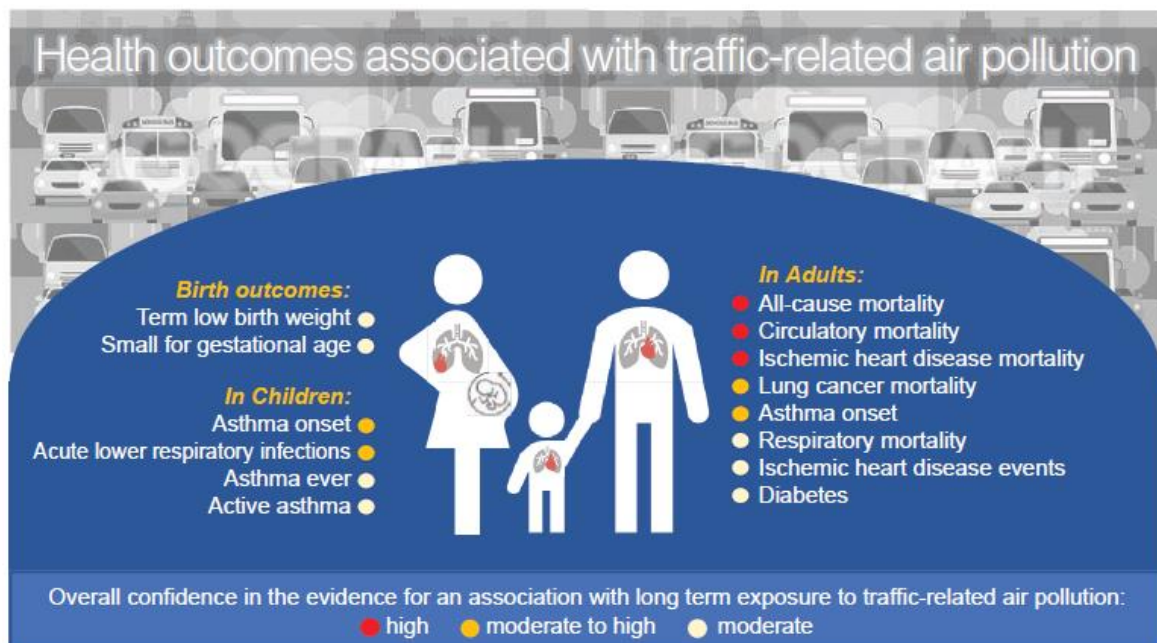
Figuur 6. Aantal studies dat is opgenomen in de systematische review van het HEI per gezondheidseffect, weergegeven per blootstellingsmaat (in kleur). Studies waarin meerdere blootstellingsmaten zijn onderzocht zijn meerdere keren in de review opgenomen (HEI, 2022) (7).

Wanneer er 3 of meer studies beschikbaar waren voor een blootstelling – eindpunt combinatie werd een meta-analyse uitgevoerd. De meeste meta-analyses zijn uitgevoerd voor de component NO₂, EC (roet) en PM_{2.5} omdat voor deze componenten het grootste aantal studies aanwezig was. Een meta-analyse houdt in dat de uitkomsten van de studies worden samengevat in 1 getal, waarbij studies met weinig onzekerheid zwaarder meetellen dan studies met veel onzekerheid. Wat betreft de indirecte blootstellingsmaten (afstand en verkeersdichtheid) waren weliswaar voldoende studies beschikbaar, maar de onderzochte afstanden, maten voor verkeersdichtheid en definities van controlegroepen (laag blootgesteld) liepen teveel uiteen om een meta-analyse te kunnen uitvoeren. Wel zijn de resultaten van deze studies, per gezondheidseffect, in tabellen en grafieken weergegeven en gebruikt als aanvulling voor het vaststellen van de gezondheidseffecten van TRAP. In veel studies werden meerdere afstandsmaten (bv <500 meter en < 300 meter en < 100 meter en < 50 meter) geëvalueerd. In die gevallen is het HEI panel uitgegaan van effecten zoals die worden gevonden in de subgroep op <100 meter van een 'highway or major road', omdat het aannemelijk is dat in die subgroep de blootstelling aan TRAP het hoogst is, wat het makkelijker maakt om associaties aan te tonen. Als er separate resultaten beschikbaar waren voor bv <50 en 50-100 meter dan werden die beiden getoond. Als er geen resultaten beschikbaar waren voor <100 m werd gekozen voor de kleinste afstand die wel beschikbaar was (bijvoorbeeld 150 m). De conclusies van het HEI panel zijn in het kader en in figuur 7 samengevat.

Conclusie HEI panel in HEI review 2022 (zie ook figuur 7):

- Langdurige blootstelling aan TRAP leidt tot een grotere kans op sterfte aan hart- en vaatziekten. De wetenschappelijke bewijskracht daarvoor is groot
- Er is een duidelijk verband tussen langdurige TRAP blootstelling en sterfte aan longkanker, het ontstaan van astma bij kinderen en volwassenen en het optreden van acute ontstekingen van de lagere luchtwegen bij kinderen
- Met iets minder, maar wel voldoende zekerheid, kan worden geconcludeerd dat langdurige TRAP blootstelling leidt tot een grotere kans op (ondermeer) een iets lager geboortegewicht bij zuigelingen, meer astma-aanvallen bij kinderen en het ontstaan van diabetes

De studies met indirecte blootstellingsmaten geven verdere onderbouwing voor een associatie van TRAP met een aantal van de gezondheidsuitkomsten genoemd in figuur 4, waaronder sterfte. De sterkte van de associaties verschilde sterk tussen studies, met zwakkere associaties voor afstanden >100 m, wat overeen komt met de sterke afname van TRAP gerelateerde componenten in de eerste 100 meter.



Figuur 7. Samenvatting van de bewijskracht voor het bestaan van een oorzakelijk verband tussen langdurige blootstelling aan TRAP en gezondheidsuitkomsten (9).

3.4 Gevoelige groepen

- **Extra gevoelig voor de gezondheidseffecten van blootstelling aan TRAP zijn:**
- **Kinderen (tot 18 jaar)**
- **Ouderen (vanaf 65 jaar)**
- **Mensen met luchtwegaandoeningen, hart- en vaatziekten en diabetes**
- **Zwangere vrouwen**

Gevoelige groepen zijn groepen binnen de bevolking die een verhoogd risico lopen op gezondheidsschade door blootstelling aan TRAP. Een verhoogde gevoeligheid kan het gevolg zijn van een bepaalde levensfase of een onderliggende aandoening, maar ook van biologische factoren zoals een genetische aanleg. In het Gezondheidsraad advies uit 2018 worden kinderen (<18 jaar), ouderen (>65 jaar) en mensen met luchtwegaandoeningen benoemd als risicogroepen voor de gezondheidseffecten van stikstofdioxide (NO₂) (27). NO₂ is een goede indicator voor TRAP. Het HEI-rapport heeft een review uitgevoerd van de gezondheidseffecten van TRAP in de algemene bevolking en had niet als specifiek doel om gevoelige groepen te identificeren. Desondanks geeft het HEI rapport evidentie voor het aanwijzen van groepen die extra gevoelig zijn voor de effecten van blootstelling aan TRAP. Vanwege de toegenomen bewijskracht voor een relatie tussen blootstelling aan TRAP en nadelige geboorte-uitkomsten wordt ook het ongeboren kind; in de praktijk: zwangere vrouwen tot de risicogroepen gerekend. Daarnaast worden, behalve mensen met luchtwegaandoeningen, ook mensen met hart- en vaatziekten en diabetes tot de gevoelige groepen gerekend (28, 29) (30).

HOOFDSTUK 4 BEANTWOORDING ONDERZOEKSVRAGEN

4.1 Zijn de minimale afstanden zoals de GGD die sinds 2008 adviseert nog acuteel?

Ja en nee

Ja: Het bewijs dat langdurige blootstelling aan TRAP schadelijk is voor de gezondheid van kinderen, volwassenen en zwangere vrouwen is sinds 2008 verder toegenomen. Nog steeds beïnvloeden drukke (snel)wegen de concentraties TRAP tot op een afstand van vele honderden meters, waarbij de bijdrage in de eerste 100 à 150 meter het hoogst is.

Nee: Tegelijkertijd is de emissie van het wegverkeer sinds 2008 sterk afgenomen en dat geldt (dus) ook voor de blootstelling van omwonenden aan TRAP. Het is redelijk om daar rekening mee te houden in het gevoelige bestemmingen beleid. Specifiek, kunnen nu kleinere afstanden gehanteerd worden.

Toelichting:

De manier waarop de uitstoot zich verspreidt en de zone waarbinnen een (snel)weg de luchtkwaliteit nadelig beïnvloedt is niet veranderd en bedraagt, zoals beschreven in het HEI-rapport (2022), zeker 500 meter en mogelijk zelfs 1000 meter, met de grootste invloed in de eerste 100 à 150 meter. Dit is niet anders dan in 2008/2010. Destijds werd in de GGD advisering voor 300 meter/50 meter gekozen op basis van: epidemiologische studies waarin tot een afstand van enkele honderden meters tot de snelweg gezondheidseffecten werden gevonden; de hoogte van de wegbijdrage (is die te onderscheiden van de achtergrondconcentratie); praktische haalbaarheid (in combinatie met het voorgaande punt, 1 kilometer is niet realistisch in het dichtbevolkte Nederland); en aansluiting bij de afstanden zoals die werden genoemd in het Besluit Gevoelige Bestemmingen.

Het HEI-rapport uit 2022 had, net zomin als het HEI-rapport uit 2010, tot doel om een generieke 'veilige' afstand tot drukke wegen af te leiden. Daarvoor is de variatie tussen de studies te groot. Wel is het meest recente HEI rapport uitgegaan van effecten zoals die worden gevonden in de subgroep op de kortste afstand tot de (snel)weg. Wanneer beschikbaar, werd gekozen voor <100 meter, omdat in die subgroep de blootstelling aan TRAP het hoogst is en gezondheidseffecten dus makkelijker kunnen worden aangetoond (7). De resultaten van deze 'indirecte blootstellingsmaten' werden gebruikt als aanvulling op de meta-analyse waarin de bewijskracht per combinatie van verkeersgerelateerde component en gezondheidsuitkomst werd samengevat. Ten opzichte van het rapport uit 2010 is de bewijskracht voor het bestaan van een oorzakelijk verband tussen langdurige blootstelling aan TRAP en gezondheidseffecten beduidend toegenomen. Langdurige blootstelling aan TRAP kan leiden tot het ontstaan en verergeren van astma en luchtweginfecties bij kinderen, nadelige geboorte-uitkomsten bij zwangere vrouwen en tot luchtweg-, hart- en vaataandoeningen, diabetes en sterfte bij volwassenen.

Dit maakt duidelijk dat gevoelige bestemmingen beleid voor wegverkeer nog steeds nodig is, misschien nog wel meer dan vroeger. Tegelijkertijd is de uitstoot van het wegverkeer in de afgelopen jaren sterk afgenomen. Hoewel het merendeel van de in het HEI-rapport uit 2022 opgenomen studies na 2010 is gepubliceerd, heeft een groot deel betrekking op de blootstelling van langer geleden. Dat betekent dat de meeste studies zijn uitgevoerd bij niveaus van blootstelling die hoger zijn dan nu. Het is inherent aan (deze tak van) de wetenschap, dat wetenschappelijke

publicaties altijd achterlopen op de actuele situatie en dat geldt nog veel meer voor reviews. Vanwege het feit dat er geen drempelwaarde is, betekent dit overigens niet dat deze studies geen zeggingskracht hebben voor de huidige situatie.

4.2 Wat is het alternatief?

Geen gevoelige bestemmingen:

- Binnen 150 meter van een snelweg
- Binnen 25 meter van een drukke binnenstedelijke weg, waarbij 'druk' is gedefinieerd als een verkeersintensiteit van meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal
- Binnen 50 meter van een provinciale weg
- Deze criteria gelden ongeacht de concentraties luchtverontreinigende stoffen

Toelichting:

Er zijn verschillende alternatieven voorgelegd aan de expertgroep; smallere zones dan tot dusverre gehanteerd, bredere zones (tot 500 meter); een variant waarbij ook langs snelweg rekening zou worden gehouden met aanwezige bebouwing. Ook is de optie voorgelegd om het criterium 'afstand' los te laten en in plaats daarvan eisen te stellen aan de maximaal toelaatbare bijdrage die een (snel)weg mag hebben aan de concentratie NO₂, EC of PM_{2.5}. Dat zou als voordeel hebben dat rekening wordt gehouden met de lokale situatie (zoals de verkeersintensiteit) en ook dat een verdergaande afname in de verkeersemisies 'beloond' wordt met een grotere zone. Ook een combinatie van afstand en concentratie is als optie voorgelegd: geen gevoelige bestemmingen binnen x meter tenzij kan worden aangetoond dat de maximale bijdrage van de weg aan de concentratie y µg/m³ bedraagt, waarbij de waarden van x en y varieerden. Tenslotte is de optie voorgelegd of en zo ja hoe, rekening moet worden gehouden met de heersende achtergrondconcentratie.

Geprobeerd is om de experts de opties te laten scoren (met cijfer van 1 t/m 10) op mate van gezondheidsbescherming, mate van overbescherming en praktische uitvoerbaarheid. Daarbij ging het nadrukkelijk niet om de politiek/bestuurlijke uitvoerbaarheid, maar om de vraag of het simpel toetsbaar en uitvoerbaar is in de praktijk.

Het bleek echter dat dit format niet echt bruikbaar was; aan de ene kant te simplistisch, aan de andere kant waren sommige varianten niet goed in te schatten, bijvoorbeeld bij de beoordeling van een 'acceptabele' wegbijdrage aan de NO₂ of PM_{2.5} concentraties.

Daarom is, meer algemeen, de discussie gevoerd over:

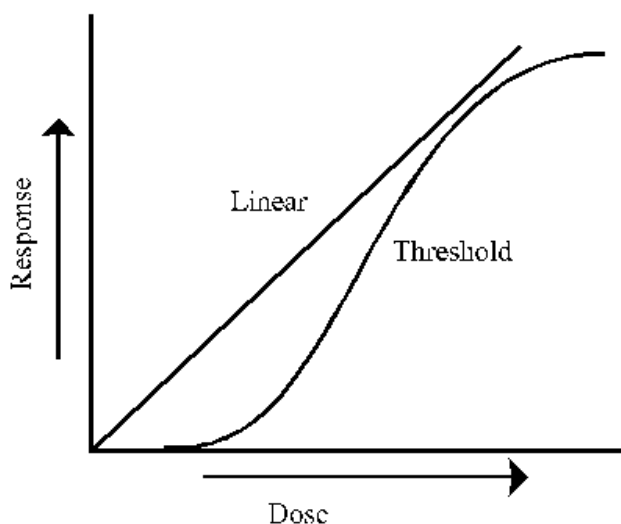
- de vraag of de eisen strenger zouden moeten worden of soepeler
- de vraag of rekening moet worden gehouden met de achtergrondconcentratie
- de vraag of een toename in concentratie een alternatief kan zijn voor het criterium 'afstand'

Strenger of soepeler?

De minimale afstanden tot drukke (snel)wegen zoals die door de GGD worden geformuleerd zijn gebaseerd op de schadelijkheid van het hele, complexe, mengsel van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Nog in 2013 gaf de WHO aan dat de gezondheidseffecten nabij wegen niet aan een of enkele componenten zijn toe te schrijven. Daardoor was 'afstand houden tot de weg' het beste, aangezien dit minder blootstelling aan het volledige mengsel tot gevolg heeft (3). Ook was en is 'afstand houden' een praktisch en eenvoudig uitvoerbaar advies, er zijn immers geen modelberekeningen nodig. Maar is dit, met de kennis van nu, nog steeds het geval?

De luchtkwaliteit nabij wegen wordt bepaald door o.a. de verkeersintensiteit en -samenstelling en de manier waarop die uitstoot vervolgens wordt verspreid en verdund, zie paragraaf 3.2. Daarnaast uiteraard ook door andere lokale bronnen en door de achtergrondconcentratie. Op dezelfde afstand tot de (snel)weg is de luchtkwaliteit in de provincie Groningen een stuk beter dan in de Randstad. De afstandseisen houden geen rekening met verkeersintensiteit en -samenstelling, maar ook niet met de (veranderingen) in achtergrondconcentratie en bijdrage van andere lokale bronnen. Is het niet beter om de luchtkwaliteit in plaats van op 'afstand' te baseren op, bijvoorbeeld, de NO_2 concentratie? De kennis over de schadelijkheid van NO_2 is in de afgelopen 10, 15 jaar sterk toegenomen. Dit heeft geresulteerd in een forse aanscherping van de WHO-advieswaarde voor NO_2 , van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ naar $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde. De reden daarvoor is dat de nieuwe studies laten zien dat de gezondheidseffecten van NO_2 ook bij hele lage niveaus van blootstelling optreden en dat die effecten, uitgedrukt per $\mu\text{g}/\text{m}^3$ toename in concentratie, over de hele range van concentraties ongeveer gelijk zijn. Ook in bijvoorbeeld Canada, waar jaargemiddelde NO_2 concentraties voorkomen (ruim) onder de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (6).

Reden voor de aanscherping is dus niet dat de schadelijkheid van NO_2 uitgedrukt per $\mu\text{g}/\text{m}^3$, groter is dan eerst werd gedacht. Het relatief risico (dat de relatie tussen concentratie en effect weergeeft) is ongeveer gelijk gebleven. Nieuw is alleen het inzicht dat deze schadelijke effecten ook bij hele lage concentraties optreden, dat het verband tussen concentratie en effect tot hele lage niveaus van blootstelling lineair is en een 'veilige' grenswaarde niet is aan te geven.



Figuur 8. Voorbeeld van twee typen dosis-respons relatie; één die een lineair verband beschrijft tussen dosis en respons en één waarbij er een ondergrens is (threshold) waarbeneden geen respons optreedt.

Dit wordt geïllustreerd in figuur 8. Bij de lineaire relatie heeft eenzelfde toename in concentratie (de verandering op de x-as, hier: 'dose') steeds eenzelfde toename in gezondheidseffect (de verandering op de y-as, hier: 'response') tot gevolg. Dit in tegenstelling tot de 'threshold' relatie waarbij het effect (de verandering op de y-as) varieert met de concentratie (de verandering op de x-as); kleiner bij heel lage en heel hoge 'dose' en groter in het middengebied. Bij

de threshold relatie is er sprake van een ondergrens waar beneden helemaal geen gezondheidseffect optreedt ('veilige' grenswaarde).

Dat de relatie tussen blootstelling en effect voor NO₂ lineair is, betekent dat een verandering in concentratie van, bijvoorbeeld, 14 naar 15 µg/m³ tot dezelfde toename in gezondheidseffect leidt als een toename van 39 naar 40 µg/m³. Als voorbeeld: in beide gevallen leidt een toename van 1 µg/m³ in NO₂ concentratie tot een toename in de kans op het ontstaan van astma bij kinderen van 1,3% per jaar (31). Wel is de uiteindelijke kans om astma te ontwikkelen uiteraard groter voor de kinderen die worden blootgesteld aan 40 µg/m³, omdat ook de achtergrondconcentratie een rol speelt. Maar de extra kans die een drukke weg daaraan toevoegt is in beide situaties gelijk.

De nieuwe kennis over de schadelijkheid van NO₂, die heeft geleid tot forse aanscherping van de WHO-advieswaarde, geeft dus geen reden om het gevoelige bestemmingen beleid strenger te maken.

Wel is er reden om het gevoelige bestemmingen beleid te versoepelen. De uitstoot van het wegverkeer is sinds 2008 ongeveer gehalveerd. Ook de bijdrage van het wegverkeer (het verschil tussen de concentratie op straat- en achtergrondlocaties) aan de NO₂ concentratie is sinds 2008 ongeveer gehalveerd. Hoewel de relatie tussen uitstoot en concentratie niet lineair is, is halvering van de afstandseisen zoals die tot nu toe werden toegepast een verdedigbaar alternatief. De minimale afstand van gevoelige bestemmingen tot de (rand van de) snelweg zou daarmee uitkomen op 150 meter.

De minimale afstand tot de (rand van een) drukke binnenstedelijke weg (>10.000 mtv/etmaal) komt na halvering uit op 25 meter. Daarbij gaat het om de afstand van de rand van de weg tot de voorgevel. De aanvulling dat deze eis alleen van toepassing is in de eerstelijnsbebouwing vervalt. Dit heeft bij een afstand van 25 meter geen meerwaarde.

Met deze aangepaste afstanden wordt bij benadering (vanwege de niet-lineaire relatie tussen uitstoot en bijdrage aan de concentratie) eenzelfde beschermingsniveau bereikt als in 2008.

Overigens is ook de optie overwogen om de afstand voor binnenstedelijke wegen op 50 meter te houden en de definitie van drukke wegen te verruimen tot een intensiteit van meer dan 20.000 mtv/etmaal. Hiervoor is niet gekozen, omdat er dan voor teveel drukke wegen geen afstandseisen zouden gelden, terwijl de blootstelling aan TRAP dichtbij een weg met bijvoorbeeld 15.000 mtv/etmaal ook aanzienlijk kan zijn. Op 25 meter van de wegrand is de wegbijdrage al fors verdund, zie figuur 4, tussen 25 en 50 meter is de curve vlakker. Daarom is gekozen voor het aanhouden van een afstandseis.

Een speciale categorie vormen de provinciale wegen. Figuur 5 in paragraaf 3.2.2 toont de gradiënt langs het wegtype 'buitenweg': wegen door open terrein met af en toe bomen of gebouwen binnen een straal van 100 meter en met een snelheidslimiet van maximaal 80 km/uur. Langs dit wegtype begint de concentratie op een afstand van ca 50 meter de achtergrondconcentratie te benaderen. Daarom wordt de minimale afstand van gevoelige bestemmingen tot provinciale wegen gehandhaafd op 50 meter, hoewel de uitstoot van het wegverkeer ook op dit wegtype is gehalveerd.

Opgemerkt moet worden dat de in dit project gehanteerde definities van de wegtypen niet 'absoluut zijn'. Voor het grootste deel van de wegen is duidelijk tot welk wegtype (gemeentelijke weg, snelweg of provinciale weg) ze behoren, maar soms is dit minder eenduidig. Zo worden sommige snelwegen beheerd door de provincie. Ook zijn er gemeentelijke wegen buiten de bebouwde met een maximumsnelheid hoger dan 50 km/uur. In die situaties gaat erom het wegtype te kiezen dat het beste past bij de betreffende weg.

Ook wordt nadrukkelijk opgemerkt dat de bovengenoemde afstanden geen absoluut onderscheid maken tussen 'goede' en 'slechte' locaties. Evenmin pretenderen we dat deze minimale afstanden optimaal zijn voor alle wegen in Nederland. De configuratie van de (snel)wegen en omgeving varieert en dit is van invloed op de lokale verspreiding van de uitstoot van het wegverkeer. De bovenbeschreven minimale afstanden zijn, op basis van de huidige kennis, de 'beste schatting' voor de beschreven wegtypen. Om in de praktijk kans van slagen te hebben, is het belangrijk dat adviezen voor gevoelige bestemmingen beleid duidelijk zijn en eenvoudig toetsbaar. Het aanhouden van ruimere afstanden dan hierboven genoemd, levert meer gezondheidswinst.

Rekening houden met de achtergrondconcentratie?

Nee. De relatie tussen blootstelling en effect is bij benadering lineair (zie boven) d.w.z. dat eenzelfde toename in concentratie, bv $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, steeds leidt tot eenzelfde toename in gezondheidsschade, ongeacht de beginconcentratie. Dat betekent dat de extra bijdrage van een (snel)weg overal in dezelfde mate tot een toename in gezondheidsschade leidt, ongeacht de achtergrondconcentratie. Dit betekent ook dat gevoelige bestemmingen beleid overal, ook in 'schone' gebieden, tot gezondheidswinst leidt.

Is er een alternatief voor het criterium 'afstand', bijvoorbeeld een bepaalde toename in NO_2 concentratie?

Nee. Hoewel de concentratie van verkeersgerelateerde stoffen directer op gezondheid aansluit dan afstand tot een drukke weg, stuit het gebruik van concentratie op teveel praktische bezwaren. Een belangrijk bezwaar is dat daarvoor modelberekeningen nodig zijn en aannames over de toekomstige ontwikkelingen van de luchtkwaliteit. In veel gevallen zullen berekeningen nodig zijn met bijvoorbeeld CFD modellen of windtunnels, die alleen tegen aanzienlijke kosten door gespecialiseerde bureaus kunnen worden uitgevoerd. Alleen in grote (bouw)projecten zou het mogelijk zijn om geavanceerde modelberekeningen te laten uitvoeren, maar het is niet gewenst om verschillende criteria in verschillende settings te hebben. De criteria moeten, om in de praktijk kans van slagen te hebben, simpel en eenvoudig toepasbaar zijn. Daarnaast is het vaststellen van een (arbitraire) grens voor een acceptabele toename in concentratie (en gezondheidsschade) niet eenvoudig. Tenslotte is een bezwaar dat een definitie voor een specifieke stof niet noodzakelijk het gehele mengsel beschrijft. Om die (en andere) redenen vallen ook andere indirecte blootstellingsmaten (dan afstand) af, zoals de totale verkeersintensiteit binnen een bepaalde afstand.

4.3 Welke groepen zijn gevoelig?

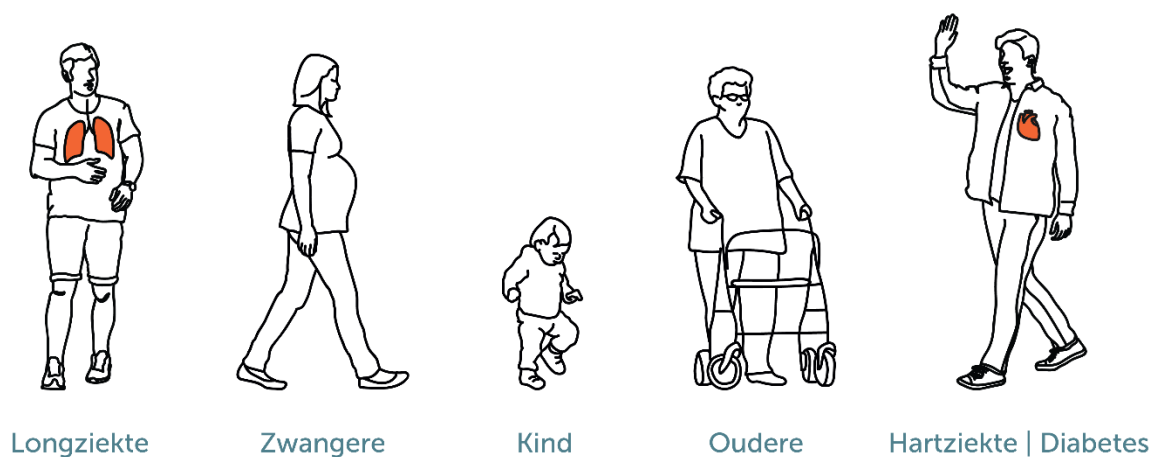
- **Kinderen (tot 18 jaar)**
- **Ouderen (vanaf 65 jaar)**
- **Mensen met luchtwegaandoeningen, hart- en vaataandoeningen en diabetes**
- **Zwangere vrouwen**

Toelichting:

Zie ook paragraaf 3.4. De conclusie is samengevat in Figuur 9.

Met de expertgroep is de discussie gevoerd over de leeftijdsgrens voor kinderen. Veel studies zijn gedaan naar gezondheidseffecten bij kinderen in de basisschoolleeftijd. Die leeftijdsgroep is relatief makkelijk te onderzoeken; de kinderen roken (nog) niet, en ten opzichte van pubers hebben ze in het algemeen meer 'commitment' om mee te doen. Omdat veel onderzoek bij kinderen onder de 12 jaar is uitgevoerd is de optie besproken om de definitie van

kinderen te beperken tot die leeftijdsgroep. In het advies van de Gezondheidsraad uit 2018 wordt geen leeftijdsgrens aangegeven. In de wetenschappelijke literatuur worden behalve kinderen in de basisschoolleeftijd ook regelmatig 'young children' en adolescenten benoemd. Zo werd in de Children's Health Study, een grote cohortstudie in Californië, bij kinderen tussen de 10 en de 18 jaar een verminderde groei van de longen aangetoond in relatie tot langdurige blootstelling aan TRAP -die zich overigens ook daarna, niet herstelde (32). Daarom is besloten om kinderen te definiëren als 'niet volwassen/nog in de groei' en een leeftijdsgrens van 18 jaar aan te houden.



Figuur 9: Groepen gevoelig voor de gezondheidseffecten van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging zijn: kinderen, ouderen, zwangere vrouwen, mensen met een longziekte, mensen met een hart-/vaatziekte en mensen met diabetes.

4.4 Welke bestemmingen zijn gevoelig?

In ieder geval:

- Woonvoorzieningen voor ouderen
- Woningen
- Kinderdagverblijven
- Basisscholen
- Middelbare scholen
- Buitenschoolse opvang

Daarnaast wordt nadrukkelijk de aandacht gevestigd op sportvelden in de buitenlucht. Hoewel de verblijfsduur hier doorgaans kort is kan de ingeademde dosis groot zijn en is situering nabij de (snel) weg onwenselijk.

Toelichting:

Alle bestemmingen waar mensen die tot de gevoelige groepen behoren langdurig verblijven worden blootgesteld worden als gevoelig aangemerkt. Dit betreft nadrukkelijk ook woningen, omdat mensen die tot de gevoelige groepen behoren hier veel tijd doorbrengen.

Op verzoek van het bestuur van de AWGL is onderzocht of het criterium 'verblijfsduur' kan worden meegewogen in de beoordeling van de gevoeligheid van bestemmingen. Specifiek werd de vraag gesteld of een buitenschoolse opvang waar kinderen enkele uren per dag verblijven even gevoelig is als een kinderdagverblijf waar kinderen veel meer tijd doorbrengen. Hier is uitgebreid bij stilgestaan.

In eerste instantie is met de expertgroep de optie besproken om een verblijfsduur van tenminste 20 uur per week, geldend voor de 'gemiddelde gebruiker' als criterium te hanteren als definitie voor 'langdurig verblijf'. Deze optie werd ongeschikt bevonden, omdat deze indeling te zwart-wit is; er discussie ontstaat over wat dan de 'gemiddelde gebruiker' is maar vooral omdat langdurig verblijf nabij de (snel)weg als onwenselijk wordt gezien; van 9 uur per dag maar ook van 3 uur per dag. Opgemerkt werd dat naast 'verblijfsduur' ook het al dan niet verrichten van fysieke inspanning een rol speelt bij de ingeademde dosis luchtverontreiniging.

De GGD heeft in 2008 een scoresysteem ontwikkeld om de gevoeligheid van objecten vast te stellen op basis van de criteria: A. verblijfsduur (op basis van frequentie en verblijfsduur per keer) B. de aanwezigheid van mensen die gevoelig zijn voor luchtverontreiniging en C. het verrichten van fysieke inspanning. Hieruit volgt een score en een indeling in groen (niet gevoelig) – oranje (object verdient extra aandacht) – rood (gevoelig). In de praktijk levert dit veel discussies op over de toe te kennen scores met name voor verblijfsduur en de vraag wat 'verdient extra aandacht' betekent. Maar de criteria zijn mogelijk wel bruikbaar. Daarom is een voorstel gedaan voor aanpassing van dit scoresysteem, dat in een tweede bijeenkomst met de expertgroep uitgebreid is besproken.

De uiteindelijke conclusie was echter dat zo'n scoresysteem niet bruikbaar is. Over de toekenning van het aantal punten per onderdeel (op basis van verblijfsduur, de vraag of er naar verwachting meer, gemiddeld of juist minder mensen verblijven die tot de gevoelige groepen behoren en de mate van fysieke inspanning) is discussie mogelijk. Het toekennen van punten per onderdeel suggereert een wetenschappelijke onderbouwing die er niet is en ook niet te geven is. Tenslotte is er ook geen wetenschappelijke onderbouwing voor het optellen van de totalen in de 3 criteria. Hoe verhoudt bijvoorbeeld de aanwezigheid van kwetsbare groepen tot het verrichten van fysieke inspanning en het aantal punten dat je daarvoor krijgt?

Uiteindelijk is besloten om gevoelige bestemmingen te definiëren als voorzieningen waar mensen die tot de gevoelige groepen behoren veel tijd doorbrengen. Daartoe behoren in elk geval: woonzorgcentra, woningen, kinderdagverblijven, scholen en buitenschoolse opvang. Daarnaast wordt de aandacht gevestigd op sportvelden in de buitenlucht. Die worden niet tot de gevoelige bestemmingen gerekend. Maar hoewel de verblijfsduur hier doorgaans kort is kan de ingeademde dosis groot zijn en is situering nabij de (snel) weg onwenselijk.

Verticale gradiënten

Door het bestuur van de AWGL is ook gevraagd aandacht te besteden aan verticale gradiënten. Op grotere hoogte zijn de concentraties TRAP lager dan op straatniveau omdat de uitstoot op grotere hoogte meer verdund is. De mate waarin hangt, net als eerder besproken voor horizontale gradiënten, af van allerlei factoren waaronder de verhouding tussen de hoogte van de bebouwing en de breedte van de weg. Er zijn meerdere publicaties over verticale gradiënten, o.a. uit Zwitserland, India, China en Hong Kong (24) (25) (26) (27) (28), al zijn dit er aanzienlijk minder dan over horizontale gradiënten en is de kennis niet in reviews samengevat.

In het kader van dit project zijn de verticale gradiënten echter niet van wezenlijk belang. Het kenmerk 'hoogte' is vrijwel nooit in epidemiologische studies meegenomen. Alle epidemiologische studies naar lange termijn effecten

van blootstelling aan TRAP in het HEI rapport zijn gebaseerd op de horizontale afstand tot de nabijgelegen drukke (snel)weg. Het is echter aannemelijk is dat een deel van de deelnemers ook op grotere hoogte woonde. Omdat hier in de epidemiologische studies geen rekening mee is gehouden doen we dit in de advisering ook niet. In de studies van Eeftens is dat overigens wel gedaan en dat leidde tot een iets betere schatting van de blootstelling, maar het verschil was heel klein. (24) (25).

Daarnaast is er een belangrijke, praktische reden. Scholen, kinderdagverblijven en bso's bevinden zich (vrijwel) nooit op grote hoogte. Woningen wel, maar het zou onlogisch zijn om alleen de bovenste woonlagen van een flat als 'geschikt' te classificeren en de onderste woonlagen niet. Ook zijn de Nederlandse flats in vergelijking tot de flats in bijvoorbeeld Hong Kong laag. In overleg met de expertgroep is daarom besloten verticale gradiënten buiten beschouwing te laten.

HOOFDSTUK 5 CONCLUSIE

De uitstoot van het wegverkeer is in de periode sinds 2008 ongeveer gehalveerd. In diezelfde periode is het wetenschappelijk bewijs voor de schadelijke effecten van langdurige blootstelling aan TRAP sterk toegenomen. Zo is duidelijk geworden dat blootstelling tijdens de zwangerschap kan leiden tot risico's voor het ongeboren kind. Ook laten de nieuwe studies zien dat langdurige blootstelling aan (bijvoorbeeld) NO₂ al bij hele lage concentraties schadelijk is voor de gezondheid. Uitgedrukt per microgram/m³ toename in concentratie zijn de gezondheidsrisico's overigens niet toegenomen. Nieuw is alleen het inzicht dat die toename ook bij hele lage niveaus tot gezondheidsschade leidt en dus onafhankelijk is van de achtergrondconcentratie. Dat betekent dat gevoelige bestemmingen beleid in alle delen van Nederland, ook in 'schone' gebieden tot gezondheidswinst leidt.

Een 'veilige' afstand tot de (snel)weg is, net als in 2008, niet te geven. 'Afstand tot de weg' wordt nog steeds gezien als goede maat voor langdurige blootstelling aan TRAP. Een snelweg kan, net als in 2008, de luchtkwaliteit tot een afstand van zeker 500 meter, mogelijk zelfs 1000 meter negatief beïnvloeden. Die invloed is echter minder groot dan vroeger, omdat de uitstoot van het wegverkeer sinds 2008 ongeveer is gehalveerd.

Uitgaande van eenzelfde beschermingsniveau als in 2008, kunnen de afstandseisen langs snelwegen en binnenstedelijke wegen zoals die tot nu toe werden gehanteerd, worden gehalveerd. De minimale afstand tot de rand van de snelweg komt daarmee uit op 150 meter.

De minimale afstand tot de rand van een binnenstedelijke weg (>10.000 mtv/etmaal) op 25 meter (zie ook figuur 11). De aanvulling dat deze eis alleen van toepassing is in de eerstelijnsbebouwing vervalt. Dit heeft bij een afstand van 25 meter geen meerwaarde.

De minimale afstand tot de rand van een provinciale weg (met een snelheidslimiet van maximaal 80 km/uur) blijft 50 meter. Ondanks de halvering van de uitstoot is de gradiënt daar zodanig dat pas rond 50 meter de concentratie de achtergrondconcentratie begint te benaderen. Provinciale wegen met een maximum snelheid van 100 km/uur worden beschouwd als een snelweg. Het beschermingsniveau langs provinciale wegen is daarmee in deze nieuwe adviezen groter dan tot nu toe het geval was.

Kinderen, ouderen, zwangere vrouwen, mensen met een longziekte, mensen met een hart-/vaatziekte, en/of mensen met diabetes zijn extra gevoelig voor gezondheidsschade door TRAP.

Gevoelige bestemmingen zijn voorzieningen waar mensen die tot de gevoelige groepen behoren veel tijd doorbrengen. Daartoe behoren in elk geval: woonzorgcentra, woningen, kinderdagverblijven, scholen en buitenschoolse opvang. Daarnaast wordt de aandacht gevestigd op sportvelden in de buitenlucht. Die worden niet tot de gevoelige bestemmingen gerekend. Maar hoewel de verblijfsduur hier doorgaans kort is kan de ingeademde dosis groot zijn en is situering nabij de (snel) weg onwenselijk.

HOOFDSTUK 6 REFERENTIES

1. RIVM. GGD-Richtlijn Medische Milieukunde: luchtkwaliteit en gezondheid. Bilthoven; 2018 2018. Report No.: 2018-0016.
2. Fischer P.H. MM, J. Wesseling F.R. Cassee. I. Invloed van de afstand tot een drukke verkeersweg op de lokale luchtkwaliteit en de gezondheid: een quick scan. Bilthoven; 2007. Report No.: Briefrapport 863001005.
3. Gezondheidsraad. Advies aan de minister over Gevoelige Bestemmingen luchtkwaliteit. Den Haag: Gezondheidsraad; 2008. Report No.: 2008/09.
4. World Health Organization. Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. WHO/EURO: 2013-4101-43860-61757. 2013.
5. RIVM. GGD-richtlijn Medische Milieukunde: luchtkwaliteit en gezondheid. Bilthoven: RIVM 2008 2008. Report No.: Rapport 609330008/2008.
6. World Health Organization. Air Quality Guidelines - Update 2021. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe 2021.
7. HEI Panel on the Health Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution. Systematic Review and Meta-analysis of Selected Health Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution. Boston, MA Health Effects Institute; 2022 23 June 2022. Report No.: 23 Contract No.: Special Report 23.
8. HEI (Health Effects Institute). Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. Boston, MA: Health Effects Institute; 2010.
9. Boogaard H, Patton AP, Atkinson RW, Brook JR, Chang HH, Crouse DL, et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis. Environ Int. 2022;164:107262.
10. Mulholland E MJ, Braun C, Jin L, Rodriguez F. Briefing June 2021: Quantifying the Long-Term Air Quality and Health Benefits from Euro 7/VII Standards in Europe.; 2021.
11. Compendium voor de Leefomgeving. Wegverkeer: volumeontwikkeling en milieudruk, 1990-2020 2022 [Available from: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0127-wegverkeer-volumeontwikkeling-en-milieudruk?ond=20880>].
12. CBS. Opnieuw record personenautokilometers in 2019 2020 [Available from: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/40/opnieuw-record-personenautokilometers-in-2019>].
13. Elektrisch N. Aantal geregistreerde elektrische voertuigen in Nederland 2022 [Available from: <https://nederlandelektrisch.nl/actueel/verkoopcijfers>].
14. Strategy& P. The dawn of electrified trucking. Truck study 2022: routes to decarbonizing commercial vehicles. 2022 October 2022.
15. Compendium voor de Leefomgeving. Stikstofdioxide in lucht, 1992-2020 2022 [Available from: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0231-stikstofdioxide#:~:text=De%20jaargemiddelde%20NO2%20concentratie,maatregelen%20zijn%20tijdelijk%20van%20aard>].

16. Gordon M, Staebler RM, Liggio J, Li S-M, Wentzell J, Lu G, et al. Measured and modeled variation in pollutant concentration near roadways. *Atmospheric Environment*. 2012;57:138-45.
17. Karner AA, Eisinger DS, Niemeier DA. Near-roadway air quality: synthesizing the findings from real-world data. *Environ Sci Technol*. 2010;44(14):5334-44.
18. Huang S, Taddei P, Lawrence J, Martins MAG, Li J, Koutrakis P. Trace element mass fractions in road dust as a function of distance from road. *J Air Waste Manag Assoc*. 2021;71(2):137-46.
19. van Moorselaar I, S. van der Zee, S. Denissen. Uitstootvrij mobiliteit. Resterende milieubelasting luchtkwaliteit en geluid. Academische Werkplaats Gezonde Leefomgeving; 2022.
20. Silva E, Huang S, Lawrence J, Martins MAG, Li J, Koutrakis P. Trace element concentrations in ambient air as a function of distance from road. *J Air Waste Manag Assoc*. 2021;71(2):129-36.
21. Liu SV, Chen FL, Xue J. A meta-analysis of selected near-road air pollutants based on concentration decay rates. *Heliyon*. 2019;5(8):e02236.
22. Zhu L, Ranasinghe D, Chamecki M, Brown MJ, Paulson SE. Clean air in cities: Impact of the layout of buildings in urban areas on pedestrian exposure to ultrafine particles from traffic. *Atmospheric Environment*. 2021;252.
23. Kerckhoffs J, Khan J, Hoek G, Yuan Z, Ellermann T, Hertel O, et al. Mixed-Effects Modeling Framework for Amsterdam and Copenhagen for Outdoor NO₂ Concentrations Using Measurements Sampled with Google Street View Cars. *Environ Sci Technol*. 2022;56(11):7174-84.
24. GGD Amsterdam. Meetresultaten luchtkwaliteit Amsterdam 2021. April 2022
<https://www.luchtmeetnet.nl/nieuws>.
25. van Velze K Wesseling J. Technische beschrijving van standaardrekenmethode 1 (SRM-1). 2014. Report No.: RIVM Briefrapport 2014-0127.
26. TNO Teeuwisse S. Handleiding bij software pakket CAR-II versie 3.0. TNO; 2004.
27. Gezondheidsraad. Gezondheidswinst door schonere lucht. 2018. Contract No.: Nr. 2018/01.
28. Sacks JD, Stanek LW, Luben TJ, Johns DO, Buckley BJ, Brown JS, et al. Particulate matter-induced health effects: who is susceptible? *Environ Health Perspect*. 2011;119(4):446-54.
29. Burkart K, Causey K, Cohen AJ, Wozniak SS, Salvi DD, Abbafati C, et al. Estimates, trends, and drivers of the global burden of type 2 diabetes attributable to PM_{2.5} air pollution, 1990–2019: an analysis of data from the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Planetary Health*. 2022;6(7):e586-e600.
30. Roth GA, Mensah GA, Johnson CO, Addolorato G, Ammirati E, Baddour LM, et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study. *J Am Coll Cardiol*. 2020;76(25):2982-3021.
31. Khreis H, Kelly C, Tate J, Parslow R, Lucas K, Nieuwenhuijsen M. Exposure to traffic-related air pollution and risk of development of childhood asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int*. 2017;100:1-31.
32. Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Thomas D, et al. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *The Lancet*. 2007;369(9561):571-7.

BIJLAGE 1: SELECTIE VAN EPIDEMIOLOGISCHE STUDIES VOOR HEI REVIEW

De selectie van epidemiologische studies in de review van het HEI is uitgevoerd op basis van 3 criteria:

- Selectie van componenten en indirecte maten van blootstelling aan TRAP
- De ruimtelijke resolutie waarop de blootstelling is geschat. Deze moest klein genoeg zijn om verschillen in lokale TRAP-blootstelling weer te geven; op buurtniveau (<5 km) of lokaal (<1 kilometer).
- De manier waarop de blootstelling is geschat is; is die geschikt om de blootstelling op adresniveau (zo goed mogelijk) weer te geven. Meestal ging het om blootstelling op het huisadres, maar ook studies waarin de blootstelling op school of werkadres is onderzocht zijn meegenomen.

Alleen studies die betrekking hadden op een of meer van de volgende componenten kwamen in aanmerking: NO₂, NO_x, EC (elementair koolstof) en andere maten voor 'roet' (Black Carbon, zwarte rook, zwarting van fijn stof filters), CO en ultrafijn stof. Daarnaast zijn ook indirecte maten gebruikt: afstand tot de weg en verkeersdichtheid (intensiteit op de meest nabijgelegen weg of de totale hoeveelheid verkeer binnen een bepaalde afstand). Tenslotte is ook gekeken naar benzeen, PAK's en zware metalen in stof die specifiek zijn voor slijtage-emissies (niet-uitlaatemissies), hoewel epidemiologische studies met deze blootstellingsmaten zeldzamer zijn. Voor fijn stof, dat wil zeggen PM₁₀, PM_{2.5} en PM_{coarse} (de fractie tussen 2,5 en 10 micrometer) werden aanvullende criteria gesteld, omdat het geen goede indicatoren zijn voor lokale blootstelling aan TRAP. Ook werden deze studies beoordeeld als 'moderate' specifiek voor blootstelling aan TRAP, in plaats van 'high' voor de andere blootstellingsmaten in studies die aan bepaalde voorwaarden voldoen. Wat betreft studies die indirecte maten hebben gebruikt werd 1 km (afstand tot de weg, de totale lengte of de totale intensiteit van alle wegen binnen die afstand) als maximum gekozen. Er werd geen onderscheid gemaakt tussen snelwegen en ander drukke wegen.