



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Hoe wordt de luchtkwaliteit langs autosnelwegen bepaald?



Colofon

Opdrachtgever
Uitgegeven door
Informatie
Telefoon

Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart
DVS-loket
tel 088 7982 555

Opmaak:
Datum:
Status:
Versienummer:

Jubels B.V.
december 2011
Definitief
1

Waarom deze brochure?

De luchtkwaliteit is van groot belang voor de gezondheid van burgers. Daarom zijn door de Europese Commissie normen gesteld voor de concentraties van vervuilende stoffen in de lucht. De afgelopen decennia is de luchtkwaliteit in Nederland sterk verbeterd, maar desondanks zijn er nog op bepaalde locaties langs snelwegen maatregelen nodig om uiteindelijk overal aan de norm te voldoen.

Om te zorgen dat overal tijdig aan de gestelde normen wordt voldaan, is in 2009 het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) opgesteld. Jaarlijks wordt er een monitoringsrapportage over het NSL uitgebracht met actuele berekeningen. Zo wordt getoetst of het NSL nog steeds op koers ligt en de doelen worden gehaald.

Het bepalen van de luchtkwaliteit is een complexe materie, zo ook langs autosnelwegen. In deze brochure wordt stapsgewijs uitgelegd hoe berekeningen door Rijkswaterstaat wordt gedaan en naar welke factoren hierbij wordt gekeken.

Deze berekeningen zijn nodig om te kunnen vaststellen of aan de Europese normen voor luchtkwaliteit wordt voldaan. Zo zijn er normen vastgesteld voor stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}). Aan de norm voor fijn stof moet vanaf 11 juni 2011 worden voldaan. Voor stikstofdioxide moet per 1 januari 2015 aan de norm worden voldaan.

Via verschillende wegen bereiken ons regelmatig vragen over de vaststelling van de luchtkwaliteit. Met het schrijven van deze brochure is beoogd de informatie met betrekking tot luchtberekeningen langs snelwegen zo toegankelijk mogelijk te maken voor ook niet-deskundigen.

Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL)

In het NSL werken rijksoverheid, provincies en gemeenten samen om overal in Nederland op tijd aan de Europese normen voor de luchtkwaliteit te voldoen. Twee normen staan centraal binnen het NSL:

- Vanaf 11 juni 2011 mag de daggemiddelde fijnstofconcentratie (PM_{10}) niet meer dan 35 dagen boven de $50 \mu g/m^3$ liggen.
- En in 2015 mag de jaargemiddelde stikstofdioxideconcentratie (NO_2) niet hoger zijn dan $40 \mu g/m^3$.

Het NSL geeft een totaalbeeld van de luchtkwaliteit langs de rijkswegen ná realisatie van alle projecten en vastgestelde maatregelen om tijdig te voldoen aan de normen. Bij maatregelen kan het gaan om bijvoorbeeld de Europese normstelling voor de maximale uitstoot van nieuwe personenauto's of het plaatsen van schermen langs de weg. Bij projecten kan het gaan om aanleg en verbreding van wegen maar ook om nieuwe woonwijken of bedrijventerreinen.

Hoe gebruikt Rijkswaterstaat het NSL?

Rijkswaterstaat is als beheerder van de rijkswegen een belangrijke NSL-partner en heeft ál haar wegenprojecten opgenomen in het NSL. De projecten van Rijkswaterstaat hebben een significante invloed op de luchtkwaliteit doordat er in veel gevallen extra verkeer gaat rijden. Rijkswaterstaat gebruikt het NSL voor het onderdeel luchtkwaliteit bij toetsing van projecten aan de wet. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu draagt er zorg voor dat eventuele overschrijdingen van de Europese normen langs alle rijkswegen worden voorkomen door middel van bronmaatregelen en lokatie-specifieke schermen.

Hoe worden de effecten van maatregelen en projecten in kaart gebracht?

Speciaal voor het NSL is een rekenmodel ontwikkeld, genaamd de Monitoringstool. In de Monitoringstool zijn alle Nederlandse wegen opgenomen waarlangs de concentraties boven de Europese norm zouden kunnen liggen. Dit zijn met name de drukke wegen zoals autosnelwegen, provinciale wegen en toevoeiwegen van steden, maar soms ook minder drukke wegen waar de bebouwing dicht langs de weg staat. Het resultaat wordt ontsloten via de speciale website: www.nsl-monitoring.nl





Hoe werkt de monitoring?

Een centraal onderdeel en extra waarborg binnen het NSL is de Monitoring. Jaarlijks worden nieuwe inzichten meegenomen, verbeteringen doorgevoerd en getoetst of het NSL op koers blijft om tijdig de grenswaarden te halen.

Voor het monitoren van het NSL en het voeren van effectief luchtbeleid moet worden vastgesteld hoe het met de luchtkwaliteit gesteld is op zoveel mogelijk relevante plaatsen in een toetsjaar in de toekomst. Een toetsjaar is het jaar waarin een norm voor het eerst van toepassing is, dus 2011 voor fijnstof (PM_{10}) en 2015 voor stikstofdioxide (NO_2). Het meten van de luchtkwaliteit vraagt, om betrouwbaar te zijn, een lange meerjarige meetperiode en is daarmee kostbaar. Daarom wordt de luchtkwaliteit vrijwel altijd berekend. Bovendien kan alleen in het heden worden gemeten en is het praktisch onmogelijk om overal te meten. Logischerwijs willen betrokkenen dan wel inzicht in de wijze waarop de berekeningen tot stand komen. Deze brochure maakt voor niet-deskundigen de rekenwijze en invoer toegankelijk.



Hoe wordt de luchtkwaliteit langs autosnelwegen berekend?

De concentraties van luchtverontreinigende stoffen, ofwel de luchtkwaliteit, langs autosnelwegen verschilt van locatie tot locatie. Dat komt bijvoorbeeld doordat de hoeveelheid snelwegverkeer van locatie tot locatie verschilt. Maar ook de zogenoemde achtergrondconcentratie verschilt van plek tot plek. De achtergrondconcentratie wordt veroorzaakt door de uitstoot van verder weg gelegen emissiebronnen, zoals de industrie, raffinaderijen en elektriciteitscentrales. Ook landbouw en natuurlijke bronnen, waaronder zeezout, vormen een aanzienlijk deel van de achtergrond. Tot slot vormen bronnen uit het buitenland een belangrijk deel van de achtergrond.

Op 10 meter afstand van de autosnelweg wordt 60% van de totale NO_2 -concentratie bepaald door de achtergrondconcentratie en komt dus 40% voor rekening van het snelwegverkeer zelf. Op 50 meter afstand van de snelweg is de achtergrondconcentratie ongeveer 80% van de totale NO_2 -concentratie en op 100 meter zelfs ongeveer 90% (zie kader "Rekenvoorbeeld: effect van andere verkeersprognoses", pagina 12).

Daarnaast is de precieze bijdrage van het autosnelwegverkeer aan de concentraties langs autosnelwegen afhankelijk van veel factoren. Belangrijke factoren zijn uiteraard de hoeveelheid en samenstelling van het verkeer, maar ook de bebouwing in de omgeving van de weg speelt een belangrijke rol. De wind heeft een significante invloed op de verspreiding van vervuilde lucht, de ligging van de weg speelt daarom eveneens een belangrijke rol en niet te vergeten de afstand tot de weg. Figuur 1 geeft ter illustratie voor een vijftal verschillende locaties de concentraties op de wettelijke toetspunten uit de NSL Monitoringstool.

In geel is weergegeven hoe hoog de achtergrondconcentratie voor NO_2 is. Donkergele gebieden hebben een slechtere luchtkwaliteit (= achtergrondconcentratie) dan de lichtgele gebieden.



De uitsneden tonen de wettelijke toetspunten langs rijkswegen. De kleurcodering van deze bolletjes geeft weer in hoeverre de berekende NO_2 -concentraties voor 2015 de grenswaarde naderen. (Licht)groen voldoet ruim, oranje bolletjes zijn toetspunten die de grenswaarde naderen (maar nog wel voldoen).

Overschrijdingslocaties (in rood) en bijna-knelpunten (in oranje) komen in deze figuur met rekenvoorbeelden niet voor. Overschrijdingen worden gecompenseerd door aanvullende maatregelen in het NSL op te nemen.

NO_2 -concentratie op toetspunten in kleurcodering:

Lichtgroen: < 36 microgram

Groen: 36,0 - 38,5 microgram

Oranje: 38,5 - 40,5 microgram

Rood: > 40,5 microgram

Figuur 1: Voorbeelden van de NO_2 -concentraties op wettelijke toetspunten langs verschillende autosnelwegen in 2015 (bron: NSL Monitoringstool)



De volgende informatie is vereist om de luchtkwaliteit langs een autosnelweg te kunnen berekenen:

De achtergrondconcentratie (GCN): hoe is de achtergrondconcentratie opgebouwd?

De verkeersintensiteit: hoeveel personenauto's en vrachtauto's passeren er op een gemiddelde werkdag?

De doorstroming: is er filevorming of stroomt het verkeer normaal door?

De emissiefactoren: hoeveel vervuilende stoffen emitteren de personenauto's en vrachtauto's gemiddeld per gereden kilometer?

De verspreiding: hoe verspreiden de uitgestoten stoffen zich in de omgeving van de weg?

De locatie: waar wordt de luchtkwaliteit getoetst aan de Wet Milieubeheer?

Op al deze afzonderlijke vragen gaan we in de volgende paragrafen in.

Achtergrondconcentratie

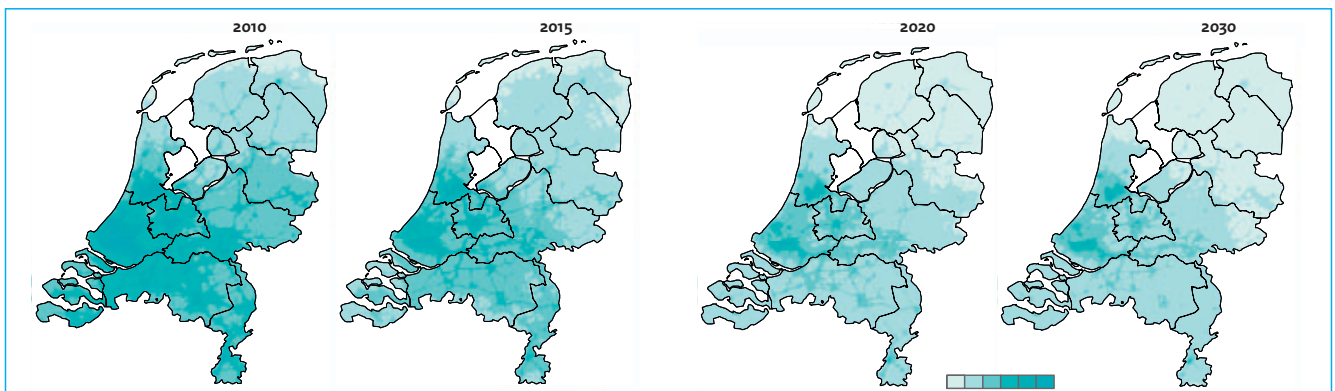
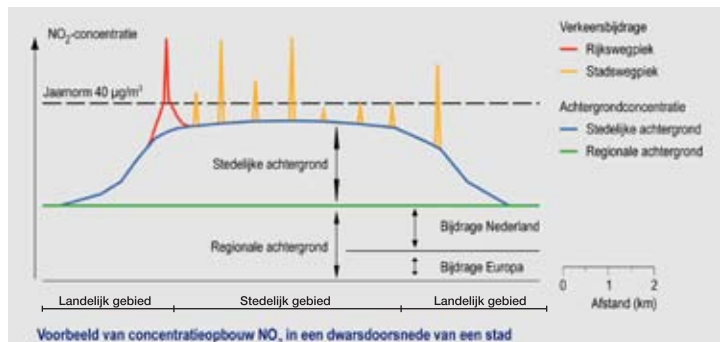
De luchtkwaliteit langs een weg wordt deels bepaald door het verkeer dat erover heen rijdt, maar ook door de bijdrage van andere bronnen zoals industrie, huishoudens, landbouw en natuurlijke bronnen; de zogenoemde achtergrondconcentratie. In stedelijk gebied is de achtergrondconcentratie hoger dan in landelijk gebied omdat hier meer mensen dicht op elkaar wonen, meer activiteiten plaatsvinden en er meer auto's rijden (zie onderstaande figuur 2).

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) berekent jaarlijks de achtergrondconcentraties in heel Nederland, de zogenoemde grootschalige concentratiekaarten Nederland (kortweg GCN). Het RIVM is een onafhankelijk instituut dat hiervoor samenwerkt met onder andere het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en TNO. Het RIVM neemt in haar berekeningen alle nieuwe bouw- en infrastructuurprojecten mee, evenals nieuw milieubeleid. De berekening worden uitgevoerd zowel voor een net gepasseerd jaar (Monitoringsrapport 2011 rapporteert over 2010) als voor verschillende toekomstjaren 2015 en 2020,

wanneer voldaan moet zijn aan bepalende wettelijke grenswaarden. In het NSL wordt gebruik gemaakt van een scenario met een relatief hoge groei, het zogenoemde Global Economy 'GE'-scenario. Het GE-scenario veronderstelt een hoge economische groei en daarmee een relatief hoge groei van de uitstoot als gevolg van meer activiteiten en vervoersbewegingen. Dit is in feite een worst-case benadering, om er zeker van te zijn dat we tijdig voldoen aan de wettelijke grenswaarden, ongeacht de economische ontwikkelingen.

Onderstaand figuur schetst de achtergrondconcentraties in heel Nederland in verschillende jaren. Zoals duidelijk te zien is, nemen de achtergrondconcentraties af door uitstootbeperkende maatregelen in de industrie, de landbouw en het verkeer. Bij verkeer moet gedacht worden aan steeds schonere en zuinigere motoren, waardoor het wagenpark per saldo steeds minder uitstoot, ondanks de groei van het (vracht)auto's en het toenemend gebruik.

Figuur 2: voorbeeld van de concentratieopbouw NO_2 in een dwarsdoorsnede van een stad. Door de extra stedelijke achtergrond kunnen lokaal rondom wegen overschrijdingen van de jaarnorm 40 microgram optreden



Figuur 3: ontwikkeling van de NO_2 achtergrondconcentratie over Nederland voor de jaren 2010, 2015, 2020 en 2030 (van links naar rechts). Duidelijk waarneembaar is dat hogere achtergronden (donkergr groene vlakken) met de jaren afnemen en voornamelijk in (dicht)stedelijk gebied voorkomen



Coentunnel

50

50

Verkeersintensiteit

Het aantal passerende voertuigen op een wegvak wordt de verkeersintensiteit genoemd. De verkeersintensiteit wordt op de meeste autosnelwegen voortdurend gemeten met behulp van tellussen. Op ongeveer de helft van de wegvakken van de autosnelwegen wordt niet of alleen incidenteel geteld. Voor het bepalen van de verkeersintensiteiten op deze wegvakken gebruikt Rijkswaterstaat een model.

In verkeerstellingen kan onderscheid worden gemaakt naar drie voertuigklassen: lichte, middelzware en zware voertuigen. Personenauto's en kleine bestelauto's vallen in de klasse lichte voertuigen. Grote bestelauto's, ongelede vrachtauto's en bussen vallen in de klasse middelzware voertuigen en gelede vrachtauto's vallen in de klasse zware voertuigen.

Toekomstige verkeersomvang

Het NSL monitort of de luchtkwaliteit in 2011, 2015 en 2020 aan de Europese normen voldoet. Dit betekent dat er inschattingen moeten worden gemaakt van de toekomstige verkeersintensiteiten in 2015 en 2020. In het NSL is de wegbeheerder verantwoordelijk voor de verkeersintensiteiten op zijn wegen. Alle wegbeheerders gebruiken verkeersmodellen om deze verkeersintensiteiten voor de toekomstjaren in te schatten. Rijkswaterstaat gebruikt voor het rijkswegennet het Landelijk Model Systeem (LMS). Gemeenten hebben meestal eigen lokale verkeersmodellen, met een specifiek voor de eigen gemeente gedetailleerd wegennet. Op plaatsen in Nederland waar een bepaalde weg overgaat van de ene naar de andere wegbeheerder, kan het voorkomen dat door het gebruik van verschillende modellen een verschillende inschatting is gedaan voor de verkeersintensiteit op feitelijk dezelfde weg. Dit fenomeen noemen we discontinuïteiten. Ter illustratie: een verschil in verkeersintensiteit van 5000 motorvoertuigen leidt op 10 meter van de autosnelweg tot een verschil in de NO_2 -concentratie van ongeveer $0,5 \mu\text{g}/\text{mm}^3$. Dit is klein gelet op toegestane concentraties tot $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op 50 meter is het verschil nog maar $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Discontinuïteiten zijn alleen te voorkomen als één landelijk model zou worden gebruikt met daarin alle wegen in Nederland. Een dergelijk groot en zeer gedetailleerd model vergt dermate veel invoervariabelen en rekentijden dat het praktisch niet bruikbaar zou zijn. Rijkswaterstaat gebruikt zoals hiervoor gezegd het Landelijk Model Systeem (LMS) voor het bepalen van de verkeersintensiteiten. Op basis van informatie over waar mensen wonen, werken en recreëren, en welke goederen van waar

naar waar moeten worden vervoerd, berekent het LMS het aantal voertuigen dat zich op een gemiddelde werkdag via het Nederlandse wegennet verplaatst en via welke routes deze voertuigen rijden. Het LMS maakt onderscheid naar een ochtendspits, avondspits en een dalperiode. De ochtendspits loopt van 7.00 tot 9.00 uur en de avondspits van 16.00 tot 18.00 uur. Voor ieder van deze drie perioden berekent het LMS hoeveel voertuigen er passeren en in welke mate sprake is van stagnatie of file.

Meten en modelleren

Het LMS-model is een gecalibreerd (meten en rekenen wordt met elkaar in overeenstemming gebracht) model, wat betekent dat rekening houdend met allerlei statistische informatie en de invoergegevens de berekeningsresultaten voor een recent jaar zo goed mogelijk overeen worden gebracht met de in dat jaar getelde verkeersintensiteiten.

Van werkdag naar weekdag

De Europese normen voor de luchtkwaliteit hebben betrekking op de gemiddelde concentratie in een jaar. De verkeersmodellen en dus ook het LMS modelleren het verkeer op een gemiddelde werkdag. Met omrekenfactoren wordt het verkeersbeeld op een gemiddelde 'week'dag berekend. De omrekenfactoren zijn gebaseerd op de telcijfers.

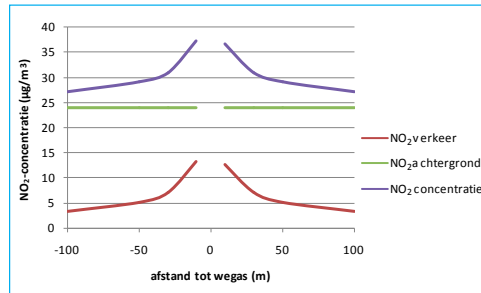


bron: <http://arthurkramminga.nl>

Rekenvoorbeeld: effect van andere verkeersprognoses

Stel dat over een bepaalde autosnelweg per gemiddelde weekdag in 2015 100.000 voertuigen rijden, waarvan 10% vrachtverkeer. De weg ligt in oost-west richting en ligt in stedelijk gebied ergens in de Randstad, waarbij de achtergrondconcentratie $23,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt. Gemiddeld 20% van de voertuigen staat in de ochtend- en avondspits in de file. Op 10 meter ten noorden van de weg bedraagt de verkeersbijdrage aan de NO_2 -concentratie circa $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op 10 meter ten zuiden van de weg is de bijdrage door de dominante zuidwesten windrichting in Nederland iets lager.

Op 100 meter ten noorden van de weg is de wegbijdrage nog maar $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ofwel zo'n 12% van de totale concentratie.

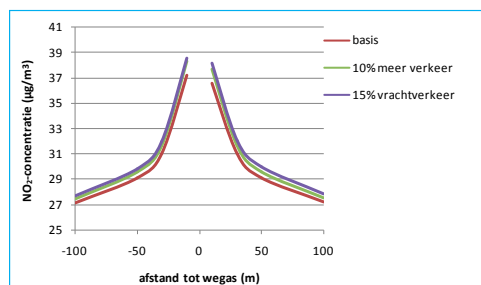


concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in 2015

afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z
NO_2 -verkeersbijdrage	3,3	5,2	7,1	13,3	12,7	7,1	5,2	3,3
NO_2 -achtergrondconc.	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9
totale NO_2 -concentratie	27,2	29,1	31,0	37,2	36,6	31,0	29,1	27,2
aandeel verkeer	12%	18%	23%	36%	35%	23%	18%	12%

Stel dat er op dezelfde weg en ligging in de Randstad, niet 100.000 voertuigen rijden maar 110.000 voertuigen. Hoeveel nemen de concentraties dan toe? Extra voertuigen leiden tot extra emissies die verder van de weg af meer verspreiden en verdunnen. 10.000 voertuigen oftewel 10% meer verkeer leidt tot 10% hogere uitstoot en verkeersbijdrage aan de concentratie. De totale verkeersbijdrage was op 10 meter van de weg $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wat dus resulteert in ca. 10% hogere wegbijdrage, in dit geval 1,1 microgram. Vrachtverkeer is zwaar verkeer dat meer uitstoot dan licht verkeer. Een hoger aandeel vrachtverkeer betekent daarmee ook een hogere wegbijdrage aan de concentratie. Een toename van het aandeel vrachtverkeer van 15% in plaats van 10%, betekent

op 10 meter van de wegrand een verhoging van de berekende NO_2 -concentratie van 1,4 microgram. Onderstaande tabel geeft de toename in de NO_2 -concentraties op verschillende afstanden tot de wegrand. De figuur toont aan dat de invloed van extra (zwaar) verkeer beperkt is.



effect op de NO_2 -verkeersbijdrage in 2015 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z
verkeer +10%	+0,3	+0,5	+0,6	+1,1	+1,1	+0,6	+0,5	+0,3
aandeel vrachtverkeer van 10 naar 15%	+0,5	+0,7	+0,9	+1,4	+1,5	+1,1	+0,9	+0,6

Verkeersintensiteit

Hoeveel personenauto's en vrachtauto's
passeren er op een gemiddelde werkdag?



In de Monitoringstool wordt bij het berekenen van de totale uitstoot van het verkeer (zie volgende paragraaf) onderscheid gemaakt naar twee 'verkeersbeelden':

- vrije doorstroming
- rijden in file.

De mate van doorstroming van het verkeer wordt uitgedrukt in de stagnatiefactor. De stagnatiefactor is het percentage voertuigen dat op een bepaalde weg structureel in file rijdt ten opzichte van het totaal aantal passerende voertuigen.

Hoe wordt dat percentage nu precies bepaald? Het LMS berekent voor iedere weg en voor de drie genoemde tijdperiodes (ochtend- en avondspits en dalperiode) de verhouding tussen de verkeersintensiteit (hoeveel verkeer rijdt er) en de capaciteit (hoeveel kan er maximaal rijden zonder dat er file ontstaat). De capaciteit is afhankelijk van het type weg, het aantal rijstroken en of er bijvoorbeeld wel of geen toe- en afritten in de buurt zijn.

De verhouding tussen intensiteit (I) en capaciteit (C) noemen we de I/C-verhouding. De capaciteit van autosnelwegen bedraagt ongeveer 2.200 personen-auto-eenheden per rijstrook per uur. De personen-auto-eenheid is een rekenwaarde waarin vrachtverkeer zwaarder meetelt dan personenauto's.

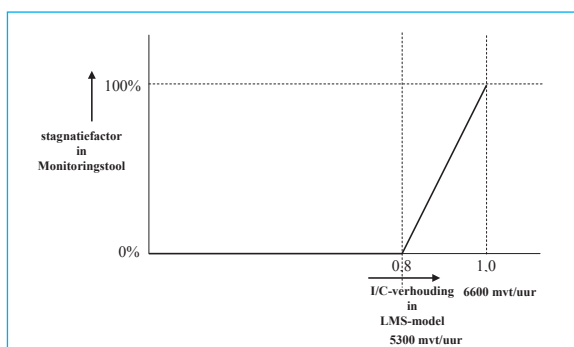
bron: Radio Nederland Wereldomroep

Hoe wordt de doorstroming van het verkeer geraamd?

File versus vrije doorstroming

De vraag is bij welke I/C-verhouding vrije doorstroming eindigt en waar file begint. Uit metingen is gebleken dat wanneer de gemiddelde I/C-verhouding tijdens de spits onder 0,8 blijft, er tijdens het drukste deel van de spits net geen stagnatie ontstaat. Bij een snelweg met 3 rijstroken met de capaciteit van ca 6.600 voertuigen per uur kunnen daarmee ca 5.300 voertuigen per uur goed doorrijden zonder dat er verstoringen optreden (zie figuur 1). Wanneer de gemiddelde I/C-verhouding lager is dan 0,8, is het percentage van de voertuigen dat in file rijdt in dat geval 0%. Hier is dus geen sprake van structurele files. Het effect van extra uitstoot door files als gevolg van incidenten is niet te voorspellen en is op generieke wijze meegenomen in de emissiefactor bij vrije doorstroming. Boven de 0,8 betekent dat tijdens een steeds groter deel van de spits het verkeer stagnatie ondervindt. Figuur 2 laat dit schematisch zien. Deze vertaling van I/C-verhouding naar stagnatiefactor gebeurt voor de ochtend- en de avondspits afzonderlijk. Op ongeveer 20% van de autosnelwegen is tijdens de spits de stagnatiefactor groter dan 0%. Dit houdt in dat op die wegen tijdens de spits sprake is van een structurele file tijdens een deel van de spits, waarbij de hoeveelheid file en de hoogte van de stagnatiefactor afhangt van de berekende I/C verhouding tussen 0,8 en 1,0 (zie rekenvoorbeeld). De in het LMS berekende I/C-verhouding ligt in de dalperiode altijd onder de 0,8 en is de stagnatiefactor dus 0%.

Figuur 4 laat zien dat de stagnatiefactor tijdens de spits geleidelijk afneemt van 100% naar 0% bij een afnemende I/C-verhouding tussen de 1,0 en 0,8. Onder de 0,8 is de stagnatiefactor altijd 0%. Een grote afname van de hoeveelheid verkeer leidt niet per definitie tot een grote wijziging van de I/C verhouding. Immers, als er 110.000 in plaats van 120.000 voertuigen per dag op een snelweg rijden, dan daalt de I/C verhouding bij een capaciteit van 158.000 voertuigen van 0,76 naar 0,70. Oftewel in beide gevallen onder de 0,8 en dus geen structurele files en de stagnatiefactor blijft ongewijzigd 0%. Omgekeerd, leidt een toename van 130.000 voertuigen per dag naar 140.000 voertuigen per dag, tot een gewijzigde I/C verhouding van 0,82 naar 0,89. Dit houdt in dat het percentage structurele file tijdens de spitsen sterk stijgt van 10% naar 45%.



Figuur 4: Schematische weergave hoe I/C-verhouding uit het LMS-model wordt omgerekend naar stagnatiefactor voor de Monitoringstool

De nauwkeurigheid van aantal voertuigen in de spits wordt daarmee in de luchtberekeningen met name relevant wanneer de intensiteit de totale capaciteit van een weg nadert.

Incidentele files

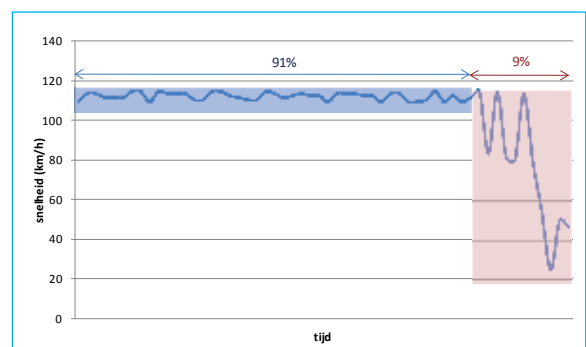
Het is belangrijk op te merken dat het LMS uitgaat van een gemiddelde werkdag. Uiteraard is er op drukke dagen, na een verkeersongeval, tijdens slecht weer of bij weg-werkzaamheden soms tijdelijk sprake van meer file. Daar staat tegenover dat op andere momenten, zoals tijdens de zomermaanden, er vaak weer minder file is dan wat in het LMS wordt berekend.

Van werkdag naar weekenddag

De stagnatiefactor voor een gemiddelde werkdag die met het LMS is berekend, wordt vervolgens omgerekend naar een gemiddelde weekenddag. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat op zaterdag en zondag geen structurele stagnatie optreedt. De gemiddelde hoeveelheid verkeer in de werkdagspitsen is ongeveer 40% van het totaal aantal voertuigen op een gemiddelde weekenddag. Dit betekent dus dat maximaal 40% van de voertuigen op een wegvak op een gemiddelde weekenddag in een structurele file staat. Doordat de luchtkwaliteit als jaargemiddelde wordt berekend, valt de gehanteerde stagnatiefactor lager uit dan het verkeersbeeld tijdens de spits wellicht doet vermoeden. Dit betekent dat 60% van het verkeer op een gemiddelde weekenddag geen stagnatie kent. Het gevolg hiervan is dat een berekende stagnatiefactor van 100% in de spitsen resulteert in een stagnatiefactor van 40% gemiddeld op een weekenddag. De omrekening is nergens hetzelfde en vindt per wegvak plaats op basis van de LMS gegevens.

Een stagnatiefactor van 0%

Een stagnatiefactor van 0% wil nog niet zeggen dat er geen rekening gehouden wordt met belemmerde doorstroming. In de emissiefactoren is 'vrije doorstroming' een samenstelling van verschillende verkeersbeelden. Hierin is opgenomen dat ongeveer 91% van de tijd het verkeer werkelijk de toegestane maximum snelheid kan rijden. In 9% van de tijd is er zoveel verkeer op de weg dat de voertuigen vaak moeten afremmen en optrekken (zie Figuur 5).



Figuur 5: Schematische weergave van het snelheidsprofiel dat ten grondslag ligt aan de emissiefactoren voor het verkeersbeeld 'vrije doorstroming'

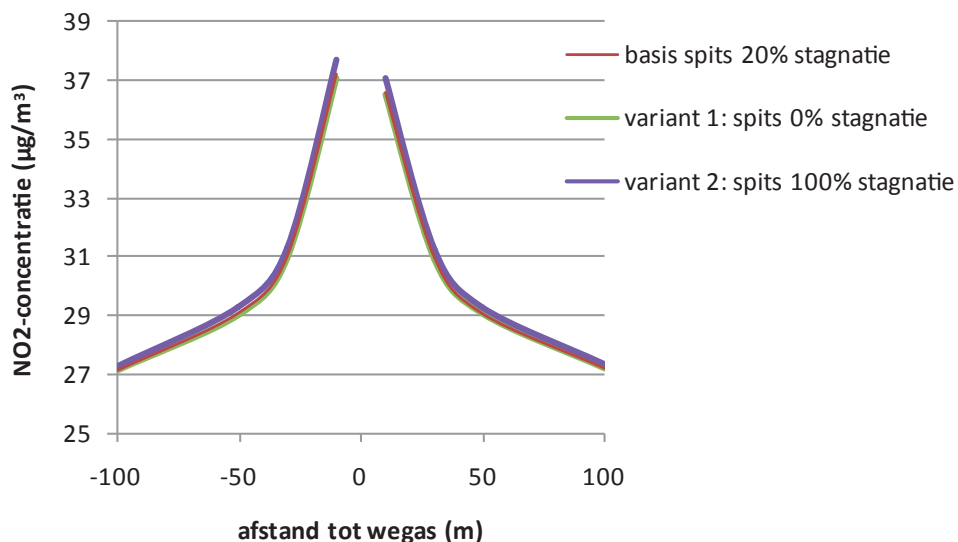
Rekenvoorbeeld: effect van andere doorstroming

In dit rekenvoorbeeld gaan we uit van dezelfde weg als in het eerste rekenvoorbeeld, gelegen in de Randstad met 100.000 voertuigen per etmaal en een maximum snelheid van 120km/h. De gemiddelde I/C-verhouding in de ochtend- en de avondspits bedraagt 0,84. Hetgeen inhoudt dat in 20% van de spitsen sprake is van structurele file. Bij een I/C-verhouding hoger dan 0,8 is er sprake van een structurele file tijdens de spitsen, in toenemende mate tot een I/C-verhouding van 1,0. Een I/C-verhouding van 0,84 staat bij een lineaire verhouding tussen 0,80 (= 0%) en 1,00 (= 100%) gelijk aan 20% congestie in de spits. Dan staat er continue file tijdens de spitsen. Tijdens de spitsen rijdt 40% van de totale etmaalintensiteit. De I/C-factor van 0,84 vertaalt zich dus in een gemiddelde stagnatiefactor van 20% tijdens de spits en 8% op een gemiddelde weekdag. Verondersteld dat er geen sprake is van structurele files buiten de spits (60% van totale intensiteit op een gemiddelde weekdag rijdt buiten de spits), dan is er bij 20% structurele file in de spits, sprake van 8% (nl. 20% file van 40% van totale intensiteit) file op een gemiddelde weekdag.

Stel dat de met het LMS berekende I/C-verhouding tijdens de ochtendspits niet 0,84 maar 0,80 zou bedragen. De stagnatiefactor wordt dan 0%. Wat is daarvan het effect op de NO₂-verkeersbijdrage? De verkeersbijdrage blijkt met niet meer dan 0,1 µg/m³ af te nemen. Of stel dat de berekende I/C-verhouding 1,0 zou zijn geweest en de stagnatiefactor daarmee 100%, hetgeen 40% is op een gemiddelde weekdag? Wanneer dus alle verkeer tijdens de spitsen te maken heeft met structurele files, dan zal de NO₂-concentratie in dat geval met maximaal 0,5 µg/m³ toenemen. Dit is een beperkte toename gelet op de grenswaarde van 40 µg/m³.

effect op de NO₂-verkeersbijdrage in 2015 (µg/m³)

afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z
stagnatiefactor in de spitsen = 0%	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,0
stagnatiefactor in de spitsen = 100%	+0,1	+0,2	+0,3	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2	+0,1



Doorstroming

Is er filevorming of stroomt
het verkeer normaal door?



Om de concentratie langs een weg te kunnen berekenen, moet de verkeersuitstoot per kilometer weg worden berekend. De uitstoot per kilometer weg is gelijk aan de verkeersintensiteit vermenigvuldigd met een zogenoemde emissiefactor uitgedrukt in de uitstoot van een voertuig per gereden kilometer.

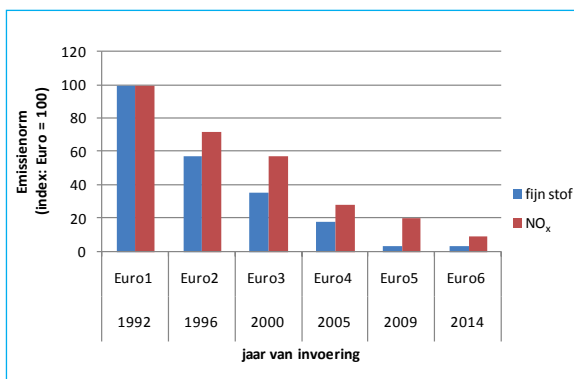
TNO berekent jaarlijks in opdracht van de Emissieregistratie de emissiefactoren van het wegverkeer. De Emissieregistratie is een samenwerkingsverband tussen het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), het CBS en verscheidende andere kennisinstituten in Nederland en is verantwoordelijk voor het vaststellen van de ligging en hoogte van de uitstoot van verschillende uitstootbronnen. De Emissie-registratie is onafhankelijk.

Aan de TNO-emissiefactoren ligt een groot aantal uitstootmetingen ten grondslag. TNO heeft namelijk de afgelopen decennia in opdracht van de rijksoverheid jaarlijks steekproeven uitgevoerd waarbij van willekeurige voertuigen de feitelijke uitstoot in kaart werd gebracht. De in de Monitoringstool gebruikte emissiefactoren representeren daarom dan ook goed de feitelijke gemiddelde uitstoot door het wegverkeer.

Hoe wordt de uitstoot door het verkeer berekend?

Er moet onderscheid gemaakt naar lichte, middelzware en zware voertuigen en tevens naar rijden bij vrije doorstroming en rijden in file. Uiteraard stoten voertuigen niet allemaal precies evenveel uit. Er zijn grote verschillen tussen benzine- en dieselveertuigen en nieuwere voertuigen zijn schoner dan oudere. Dat laatste komt doordat wegvoertuigen voordat ze in de Europese Unie mogen worden verkocht, aan steeds strengere uitstootnormen moeten voldoen.

Figuur 6 geeft een voorbeeld van de aanscherping van de uitstootnormen voor dieselauto's. Uit Figuur 4 blijkt dat de huidige Euro5-normen voor nieuwe personenauto's voor NO_x (stikstofoxiden) 80% lager is dan de Euro1 norm. Voor fijn stof (PM_{10}) is de Euro5-norm zelfs 95% lager dan de Euro1-norm.



Figuur 6: Ontwikkeling Europese uitstootnormen (Euronormen) in gram per kilometer voor dieselpersonenauto's (index: Euro1 = 100)

Verkeer wordt steeds schoner

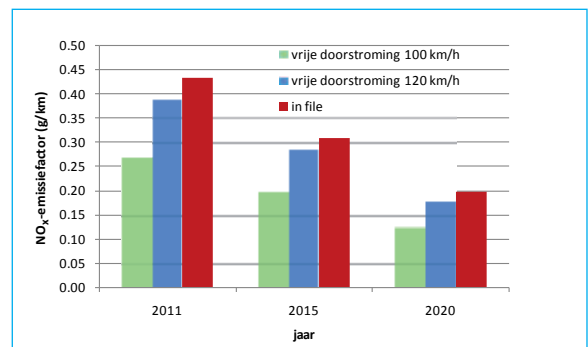
Om de gemiddelde emissiefactoren voor bijvoorbeeld het personenautoverkeer op de snelweg te berekenen, weegt TNO de emissiefactoren van verschillende brandstofsoorten en Euroklassen. Dat doet zij op basis van de gemeten samenstelling van het personenautoverkeer.

Omdat nieuwere auto's een steeds groter aandeel krijgen in het wagenpark en oudere door sloop wegvallen, nemen de gemiddelde emissiefactoren in de toekomst af. Figuur 5 laat dat zien.

Rijden in file leidt tot hogere uitstoot

Figuur 7 toont ook dat personenauto's bij het rijden in file ongeveer 45% meer NO_x uitstoten dan bij vrije doorstroming bij een maximum snelheid van 100 km/h.

Het verschil tussen rijden in file en vrije doorstroming met 120 km/h is aanmerkelijk kleiner en maar zo'n 10%. Doordat niet alle voertuigen per etmaal in file staat en met name de achtergrondconcentratie en de toetsafstand tot de weg bepalender zijn, is het feitelijk effect op de concentratie beperkt (zie rekenvoorbeelden).



Figuur 7: NO_x -emissiefactoren voor personenauto's op een autosnelweg

Stagnatiefactor

Voor de berekening van de totale uitstoot op het wegvak worden de emissiefactoren uit Figuur 5 vermenigvuldigd met de voertuigkilometers. De voertuigkilometers in file worden berekend aan de hand van de stagnatiefactor. Als die 25% bedraagt wordt 25% van de voertuigkilometers vermenigvuldigd met de emissiefactoren voor rijden in file, en 75% van de voertuigkilometers met de emissiefactoren voor vrije doorstroming.

Rekenvoorbeeld: effect van minder schone of juist schonere voertuigen

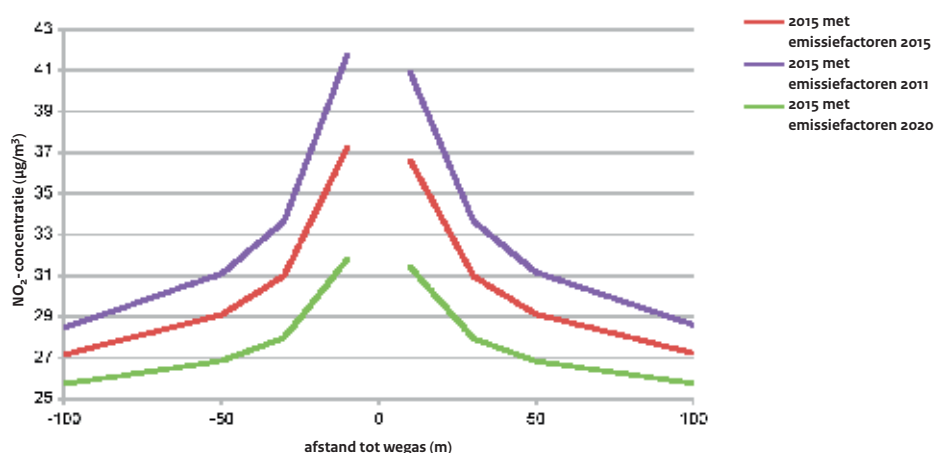
In dit rekenvoorbeeld gaan we uit van dezelfde weg als in het eerste rekenvoorbeeld, gelegen in de Randstad met 100.000 voertuigen per etmaal en een maximum snelheid van 120 km/h.

Stel dat het verkeer minder snel schoon wordt dan op dit moment wordt verwacht. In dit rekenvoorbeeld veronderstellen we dat het verkeer helemaal niet schoner wordt tussen nu en 2015. De NO_2 -concentraties dicht langs de weg komen in dat geval ruim 4 microgram hoger uit dan de berekende concentratie met de huidige verwachte emissiefactoren voor 2015. Op 100 meter van de weg is dit nog ruim $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stel dat het autoverkeer sneller schoner wordt dan we nu verwachten, en de emissiefactoren in 2015 al gelijk zijn aan het verwachte niveau in 2020. De NO_2 -concentraties dicht langs de weg zijn dan 5 microgram lager dan de berekende concentratie met de huidige verwachte emissiefactoren voor 2015, en op 100 meter van de weg $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lager.

effect op de NO_2 -verkeersbijdrage in 2015 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z
emissiefactoren 2015 = emissiefactoren 2011	+1,3	+2,0	+2,6	+4,5	+4,3	+2,7	+2,1	+1,4
emissiefactoren 2015 = emissiefactoren 2020	-1,4	-2,2	-3,0	-5,4	-5,2	-3,1	-2,3	-1,5



Emissiefactoren

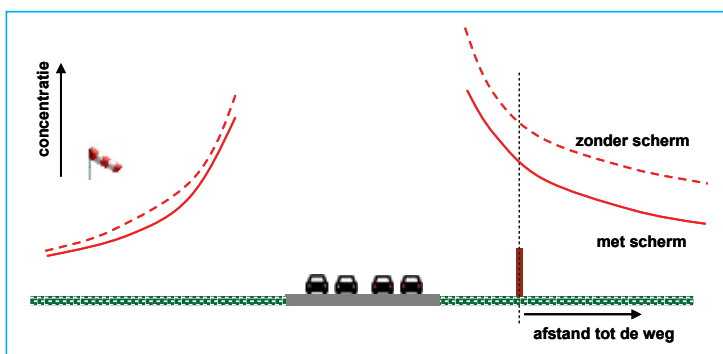
Hoeveel vervuilende stoffen emitteren
de personenauto's en vrachtauto's
gemiddeld per gereden kilometer?

Hoe wordt de verspreiding berekend?

De totaal uitgestoten vervuilende stoffen verspreiden zich in de lucht. Door deze verspreiding mengen de stoffen zich met schone lucht (dit heet 'verdunding') en vinden chemische reacties plaats. Hierdoor nemen de concentraties af.

De mate van menging en reacties en daarmee de afname van de concentraties zijn van veel factoren afhankelijk. De belangrijkste factoren zijn de mate van turbulentie in de lucht als gevolg van het verkeer, de bebouwing langs de weg, de windrichting en windsnelheid en de afstand tot de weg. Ook luchtschermen langs de weg beïnvloeden de luchtkwaliteit (zie Figuur 8).

Deze factoren zijn opgenomen in zogenoemde verspreidingsmodellen waarmee de concentraties langs de weg berekend worden.



Figuur 8: Schematische weergave van het effect van luchtschermen op de concentraties

Invloed van de omgeving

De mate waarin de concentraties afnemen bij toenemende afstand tot de weg wordt met name bepaald door de zogenoemde ruwheid van de omgeving. Hoe meer bebouwing er langs de weg staat, hoe ruwer de omgeving. Hoe meer bebouwing in de wijde omgeving van de weg, hoe turbulenter de lucht. Door verhoogde turbulentie verdunnen en verspreiden de verkeersemmissies zich beter en valt de wegbijdrage aan de concentratie lager uit. Daarmee zijn concentraties langs een weg door stedelijk gebied bij een gelijke achtergrondconcentratie lager dan de concentraties langs een weg door landelijk gebied. Het rekenvoorbeeld in het kader laat zien wat het effect van bebouwing in de omgeving van de weg op de concentraties is.

Invloed van luchtschermen

Luchtschermen verlagen de concentratie achter het scherm. Bovendien vergroten luchtschermen de turbulentie in de omgeving van de weg, waardoor de verdunding met schone lucht wordt vergroot, en de concentraties daardoor verlaagd. Het positieve effect van een luchtscherm treedt zowel (vlak) achter het scherm op als op grotere afstand van het scherm. Het rekenvoorbeeld in het kader toont de effecten op de concentraties van luchtschermen.



Overschrijding: waar?

Hoewel de grenswaarden overal in de buitenlucht gelden, met uitzondering van de arbeidsplaats, schrijft de EU richtlijn luchtkwaliteit voor dat niet overal wordt nagegaan of aan de grenswaarden wordt voldaan (het beoordelen van de luchtkwaliteit). Berekeningen die worden verricht om na te gaan in hoeverre in Nederland wordt voldaan aan de Europese grenswaarden, worden verricht op toetspunten. Toetspunten kunnen omschreven worden als locaties waar de luchtkwaliteit wordt beoordeeld (d.w.z. de hoogte van de concentraties wordt op die locatie berekend en vervolgens afgezet tegen de grenswaarde).

Op de volgende locaties vindt geen beoordeling van de luchtkwaliteit plaats:

- Locaties die zich bevinden in gebieden waartoe leden van het publiek geen toegang hebben en waar geen vaste bewoning is;
- Bedrijfsterreinen of terreinen van industriële inrichtingen, waarop alle relevante bepalingen inzake gezondheid en veiligheid op het werk gelden;
- Op de rijbaan van wegen en op de middenberm van wegen, tenzij voetgangers normaliter toegang tot de middenberm hebben.

Deze uitzonderingen op locaties waar de luchtkwaliteit beoordeeld moet worden, worden aangeduid met 'toepasbaarheid'. Grofweg kunnen ze omschreven worden als locaties waar mensen niet mogen of kunnen komen. Buiten de uitgezonderde locaties moet de luchtkwaliteit

worden beoordeeld en wel zo dat gegevens verkregen worden over:

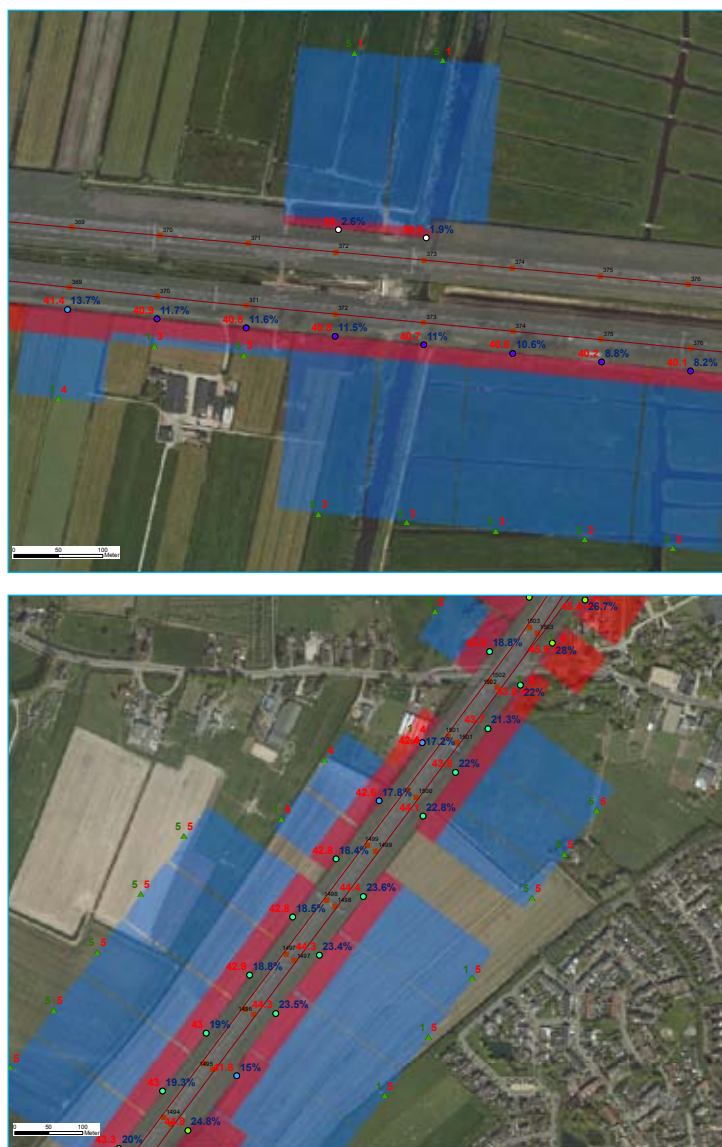
- gebieden waar de hoogste concentraties voorkomen waaraan de bevolking rechtstreeks of indirect kan worden blootgesteld gedurende een periode die in vergelijking met de middelingstijd van de grenswaarde significant is;
- gebieden waar de concentraties representatief zijn voor de blootstelling van de bevolking als geheel.

De middelingstijd is de periode waarover de luchtkwaliteit uitgedrukt in concentratie gemiddeld wordt. Oftewel, bij een jaargemiddelde of etmaalgemiddelde is de periode die als significant aangemerkt wordt verschillend. Enkele uren is significant voor een etmaalgemiddelde concentratie, maar niet bij de toetsing aan een jaargemiddelde grenswaarde.

Dit voorschrift, vastgelegd in de EU richtlijn en overgenomen in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007, wordt wel aangeduid als het 'blootstellingscriterium'. Het blootstellingscriterium is één van de criteria die gelden bij de beoordeling van de luchtkwaliteit, net als bijvoorbeeld de afstand tot de wegrand van niet meer dan 10 meter.

Iedere NSL partner bepaalt zelf de geografische ligging van toetspunten binnen het gebied waarvoor de betreffende overheid verantwoordelijk is. Ook kan er aanleiding zijn toetspunten aan te geven buiten dat gebied, bijvoorbeeld als de eerste mogelijkheid dat mensen kunnen worden blootgesteld aan concentraties veroorzaakt door een bepaalde bron, buiten het gebied van een NSL partner ligt. Bij het aangeven van de ligging van toetspunten gelden de uitgangspunten, zoals hierboven verwoord als 'toepasbaarheid' en 'blootstellingscriterium' en vastgelegd in de wetgeving (Wet Milieubeheer en Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007).

Figuur 9 toont de wijze waarop Rijkswaterstaat haar toetspunten neerlegt. Beide afbeeldingen tonen aan de hand van een luchtfoto de ligging van een rijksweg en lokaties waar mensen significant kunnen worden blootgesteld. De rode vlakken geven weer waar de berekende concentraties boven de 40,5 microgram voor NO₂ uitkomen. Dit is het zogenaamde overschrijdingsoppervlak (= rode vlak) waar de luchtkwaliteitsnorm overschreden wordt. De blauwe vlakken geven



Figuur 9: Locatie van wettelijke NSL-toetspunten langs twee autosnelwegen

weer waar niet getoetst wordt aan de luchtkwaliteitsnorm voor NO₂ op basis van toepasbaarheid en significante blootstelling. Er is feitelijk sprake van een overschrijding wanneer een toetspunt (gelegen op de rand van het blauwe vlak) binnen het overschrijdingsoppervlak (= rode vlak) gelegen is. De bovenste afbeelding laat zien dat nergens de grenswaarden voor luchtkwaliteit worden overschreden. Nergens, ook niet ter hoogte van de gevoelige bestemming waar mensen significant worden blootgesteld (in dit geval de woning aan de zuidzijde van de snelweg), is sprake van een overschrijding van de norm. In alle gevallen liggen toetspunten (op rand blauwe vlak) buiten het overschrijdingsoppervlak (= rode vlak). Bij de onderste afbeelding is aan weerszijden wel sprake van een overschrijding. Doordat boerderijen vlakbij de snelweg liggen, overstijgt het overschrijdingsoppervlak (= rode vlak) op die lokaties het zoekgebied voor toetspunten (= tot rand blauwe vlak).

Rekenvoorbeeld: effect van andere omgeving

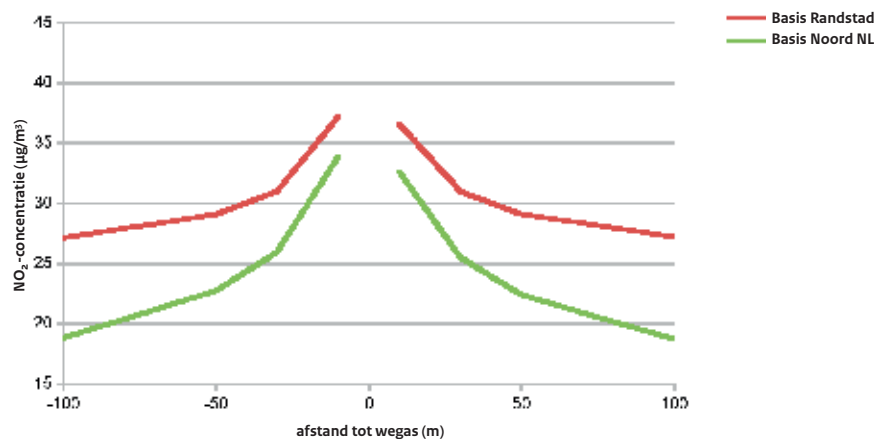
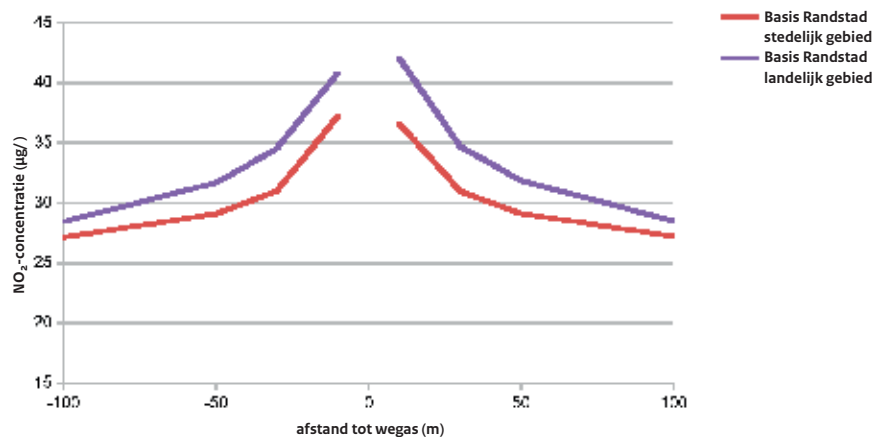
In dit rekenvoorbeeld gaan we uit van dezelfde weg als in het eerste rekenvoorbeeld. Onderstaande tabel geeft de concentraties aan beide zijden van de autosnelweg, die door stedelijk gebied loopt.

Wanneer dezelfde autosnelweg in landelijk gebied zou liggen, zouden de concentraties veel hoger zijn. Dat komt doordat zich in de omgeving van de weg minder gebouwen bevinden, waardoor de ruwheid afneemt en daardoor is de menging en de verdunning minder groot. Dicht bij de weg zijn de NO_2 -concentraties tot wel $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger. Naarmate de afstand verder toeneemt neemt het verschil af.

Een tweede voorbeeld stelt dat de weg in een landelijk gebied én in een ander deel van Nederland ligt, bijvoorbeeld in Groningen of Friesland, waar de achtergrondconcentraties relatief laag zijn, hoe hoog zouden dan de concentraties langs de weg zijn? De NO_2 -concentraties liggen op 100 meter van de weg daar ruim $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lager.

effect op de NO_2 -concentratie in 2015 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z
landelijk gebied i.p.v. stedelijk gebied	+1,3	+2,6	+3,5	+3,6	+5,4	+3,7	+2,7	+1,3
Noord-Nederland i.p.v. Randstad	-8,3	-6,3	-5,0	-3,3	-4,0	-5,5	-6,7	-8,5



Verspreiding

Hoe verspreiden de uitgestoten stoffen
zich in de omgeving van de weg?

Rekenvoorbeeld: effect van luchtschermen

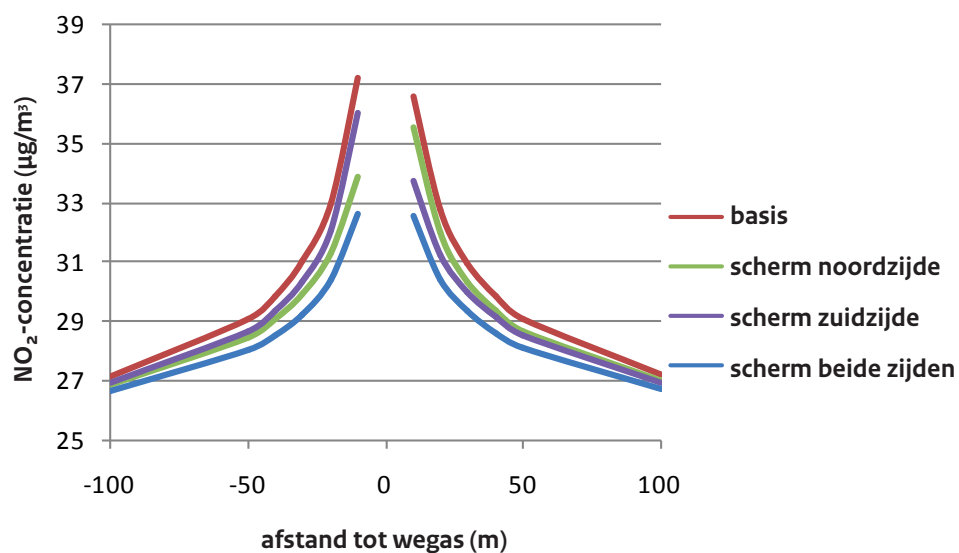
In dit rekenvoorbeeld gaan we uit van dezelfde weg als in het eerste rekenvoorbeeld. De weg in ons rekenvoorbeeld heeft geen luchtschermen.

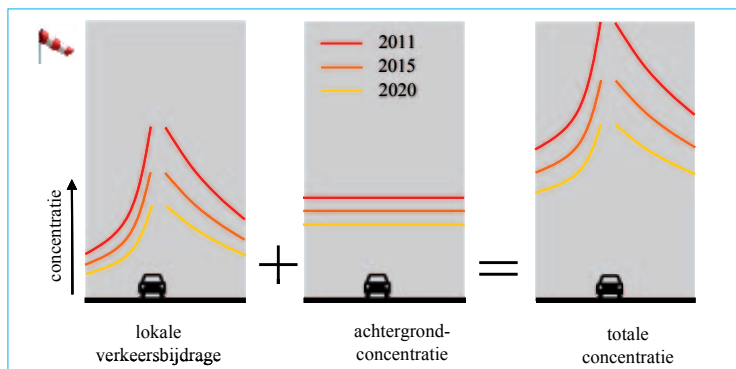
Wanneer langs dezelfde autosnelweg luchtschermen zouden worden geplaatst, zouden de concentraties lager zijn. In dit rekenvoorbeeld laten we zien wat het effect op de NO_2 -concentraties is van luchtschermen van 6 meter hoogte aan één of aan beide zijden van de weg. Het scherm staat op 20 meter van de wegrand.

Het rekenvoorbeeld laat zien dat een luchtscherm dicht bij de weg de NO_2 -concentratie met enkele microgrammen kan verminderen. Ook aan de zijde waar geen luchtscherm staat, vermindert de concentratie doordat de turbulentie in de buurt van de weg door een luchtscherm wordt vergroot. Hierdoor neemt de verdunning toe.

Doordat het scherm aan een zijde dicht op de weg staat, heeft het scherm aan die zijde meer effect. Omdat de maatgevende windrichting ongewijzigd zuidwest is, zie je in de tabel en figuur dat het effect gespiegeld is.

afstand tot de weg (m)	100 N	50 N	30 N	10 N	10 Z	30 Z	50 Z	100 Z
scherm aan zuidzijde	-0,2	-0,5	-0,7	-1,2	-2,9	-1,0	-0,6	-0,3
scherm aan noordzijde	-0,3	-0,6	-1,1	-3,3	-1,0	-0,6	-0,4	-0,2
scherm aan beide zijden	-0,5	-1,1	-1,8	-4,6	-4,0	-1,7	-1,0	-0,5



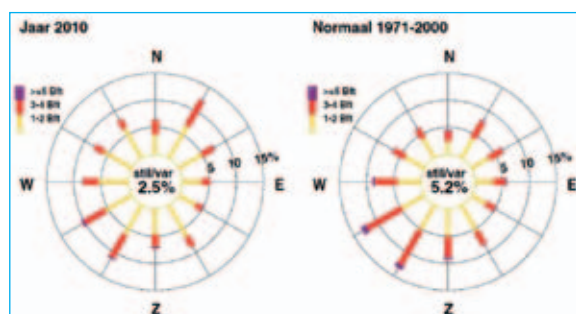


Figuur 10: Schematische weergave van het ruimtelijk verloop van de concentratie langs een weg in verschillende jaren

Rekenmethoden

In de Monitoringstool wordt voor iedere afzonderlijke weg de bijdrage aan de concentraties van het langsrijdende verkeer berekend en opgeteld bij de achtergrondconcentratie. De Monitoringstool maakt daarbij gebruik van standaard rekenmethoden om de luchtkwaliteit langs wegen te berekenen. De standaard rekenmethoden zijn wettelijk vastgelegd, wetenschappelijk getoetst en gevalideerd en voldoen aan Europese standaarden.

Vanwege significante verschillen in verspreiding van de luchtverontreiniging worden in Nederland twee standaard rekenmethoden gehanteerd. Standaard rekenmethode 1 (SRM 1) wordt gebruikt voor wegen waarlangs tot op korte afstand bebouwing staat. Dit zijn veelal de stedelijke wegen. Standaard rekenmethode 2 (SRM 2) is voor wegen die zich bevinden in relatief open gebied zoals autosnelwegen en provinciale wegen. De verspreiding van de luchtverontreiniging langs autosnelwegen kan door het veelal open karakter en de turbulentie door het snel rijdende verkeer alleen met SRM 2 worden berekend.



Figuur 9: Verdeling van de windrichting in Nederland, in 2010 en gemiddeld in de periode 1971 tot 2010 (bron: KNMI)

De Monitoringstool maakt gebruik van het verspreidingsmodel van ECN, dat een door de minister goedgekeurde SRM 2-rekenmethode is. Figuur 9 toont schematisch hoe de concentratie langs een weg afneemt bij toenemende afstand tot de weg. Ook in de eerdere figuren is dit duidelijk te zien. Figuur 10 laat ook zien dat de windrichting effect heeft op de afname van de concentraties, uitgaande van een windrichting van links naar rechts. De concentraties zijn als gevolg van deze windrichting aan de rechterzijde hoger dan aan de linkerzijde. Daarnaast laat de figuur zien dat de concentraties zijn opgebouwd uit een achtergrondconcentratie en een verkeersbijdrage en dat deze beide de komende jaren afnemen onder invloed van beleid.

Uiteraard waait de wind in Nederland niet altijd uit dezelfde richting. Figuur 10 toont de windroos voor De Bilt voor het jaar 2010 en voor een langere periode 1971-2010. Een windroos laat zien vanuit welke hoek de wind waait en met welke kracht. Figuur 10 laat zien dat de dominante windrichting weliswaar zuidwest is, maar dat de wind ook zeer vaak uit andere hoeken waait. In de berekeningen van de luchtkwaliteit langs wegen in de Monitoringstool wordt voor toekomstjaren uitgegaan van de langjarige gemiddelde windroos. Voor het basisjaar van de Monitoringstool 2011 wordt gebruik gemaakt van de windroos voor 2010.

Tot slot

We gaan er van uit dat deze brochure ook aan niet-deskundigen inzichtelijk maakt hoe de luchtkwaliteit langs autosnelwegen wordt bepaald. Wij verwachten hiermee veel vragen te hebben beantwoord.

Mocht u desondanks nog meer vragen hebben over de luchtkwaliteit langs autosnelwegen, dan vindt u meer informatie op www.nsl-monitoring.nl. Ook kunt u contact opnemen met Rijkswaterstaat via dvs-luchtkwaliteit@rws.nl.



Dit is een uitgave van

Rijkswaterstaat

Kijk voor meer informatie op
www.rijkswaterstaat.nl
of bel 0800 - 8002
(ma t/m zo 06.00 - 22.30 uur, gratis)

november 2011 | CD0209VV001