

# Reductie van CO2 uitstoot wegverkeer door aanpassingen in wegontwerp

Verkennd onderzoek



Foto: Kartsen Würth | Unsplash

# Voorwoord

Eén van de grootste uitdagingen voor nu en de toekomst is het snel verminderen van onze CO<sub>2</sub>-uitstoot. Ook gemeenten werken aan de klimaatopgaven. Zowel wat betreft de eigen bedrijfsvoering als wat er mogelijk is op straat. Gemeenten investeren in een duurzaam eigen wagenpark en voorzieningen voor fietsers, openbaar vervoer, elektrische (deel)auto's. We zien ook de ontwikkeling van de aanleg van klimaatneutrale wegen.

In aanvulling hierop heeft de VNG gevraagd aan het GNMI om te bezien in hoeverre het wegontwerp een rol kan spelen in de versnelling van de CO<sub>2</sub>-reductie. Onderzoeksbureau APPM heeft daarom voor ons in beeld gebracht in welke situaties het wegontwerp de directe oorzaak kan zijn van minder CO<sub>2</sub>-emissies door het verkeer. Het gaat daarbij niet om het materiaal dat is gebruikt voor aanleg van de weg, maar om het verkeerskundige ontwerp.

Een hele nieuwe manier om naar de weginrichting te kijken, zo bleek uit een rondgang. Veel van de voorbeelden die we terug zien zijn bekend als maatregelen die worden genomen voor de doorstroming en zijn dus als zodanig niet nieuw. Maar de toegevoegde waarde zit dan ook in het 'labelen' van vormen van wegontwerpen die een gunstig effect hebben op de CO<sub>2</sub>-reductie. Deze verkenning biedt in die zin ook een handige onderlegger voor gemeenten om het onderwerp klimaat met het wegontwerp te verbinden.

Dit overzicht is voor het Gemeentelijk Netwerk voor Mobiliteit en Infrastructuur een product dat goed past in de verbreding van onze dienstverlening. Gemeenten maken niet alleen gebruik van het GNMI-Netwerk voor de onderlinge kennisdeling en het agenderen van beleidsknelpunten, maar we merken dat er ook behoefte is aan concrete producten. Ons loket voor verkeerswetgeving voor gemeenten en een kennisproduct op het snijvlak van beleidsvelden als deze, maken dat we steeds steviger vestigen in het landschap van overheid en mobiliteitsbeleid.

Ik nodig gemeenten en andere partijen uit om op basis van deze eerste verkenning naar de mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-reductie door wegontwerp verder na te denken over hoe het wegontwerp kan bijdragen aan het werken aan de klimaatopgaven en voorbeelden met ons te delen. Zo kunnen we met deze verkenning als basis doorlopend dit overzicht blijven aanvullen. Mijn dank gaat uit naar de VNG als initiële opdrachtgever, APPM en bovenal alle experts van overheden en marktpartijen die hebben meegewerkt aan deze verkenning.

Arthur Ter Weeme, GNMI

18 december 2019



# Inhoudsopgave

Aanleiding	p. 4
Scope	p. 6
Werkwijze	p. 7
Focusgebieden	p. 8
Maatregelen m.b.t. weginrichting	p. 9
Maatregelen m.b.t. iVRI's	p. 14
Maatregelen m.b.t. beleid	p. 17
Maatregelen m.b.t. materialisatie	p. 18
Overzicht van maatregelen	p. 19
Conclusies	p. 20
Bronnenlijst	p. 21

## Aanleiding

Nederland heeft zich internationaal gecommitteerd aan de doelstelling om in 2030 de uitstoot van CO2 met 49% terug te dringen ten opzichte van 1990. In het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt om te komen tot een haalbare, betaalbare en uitvoerbare transitie voor gemeenten en inwoners.

De urgentie en noodzaak wordt ook door gemeentes ingezien en vanuit gemeentes worden concrete stappen genomen om vol in te zetten op CO2-reductie. De VNG ondersteunt gemeentes hierbij met het Programma CO2-beprijzing. Voor 2019 zet het programma in op drie projecten, gerelateerd aan CO2-beprijzing en inkoop.

- Versnelling certificering CO2-Prestatieladder
- CO2-beprijzing en grond-, weg- en waterbouw (GWW)
- Pilots CO2-beprijzing

Het voorliggende rapport gaat in op een deelproject van het onderdeel CO2-beprijzing en grond-, weg- en waterbouw (GWW).

*Alpm*



Foto: Li-An Lim | Unsplash



Foto: Ricardo Gomez Angel | Unsplash

## CO2-beprijzing en grond-, weg- en waterbouw (GWW).

Het project CO2-beprijzing en GWW richt zich op de gemeentelijke GWW-praktijk. Uit de CO2-footprints van waterschappen, provincies, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Rijkswaterstaat (RWS) blijkt dat voor hen de meeste winst te behalen valt bij de grond-, weg- en waterbouw. De kans is aanzienlijk dat gemeenten op dit terrein ook veel winst kunnen behalen.

De praktijk leert dat de focus voornamelijk ligt op het reduceren van CO2 tijdens de aanlegfase. Door met andere machines en/of materiaal te werken wordt de bouwfase verduurzaamd. Er wordt minder gekeken naar de exploitatiefase, terwijl daar ook kansen liggen. Uit onderzoek blijkt zelfs dat het energieverbruik door gebruik van de weg ca. 15 tot meer dan 100 keer zo groot is als dat voor de bouw (Groenendijk & van den Berg, 2012). Een kleine besparing in het energieverbruik tijdens weggebruik kan dus al veel teweegbrengen.

Het voorliggende verkennende onderzoek, in opdracht van het GNMI, gaat op dit onderdeel in. Aan de hand van praktijkvoorbeelden en lopende onderzoeken is er gekeken naar reeds bestaande of nog te ontwikkelen oplossingsrichtingen. Door deze oplossingsrichtingen een score te geven a.d.h.v. een aantal criteria wordt inzicht gegeven in welke maatregelen er kansrijk zijn.

*Appl*

# Scope

Het onderzoek richt zich op de reductie van CO2 uitstoot van het wegverkeer door het ontwerp van een weg.

Energie en dus de mate waarin CO2 wordt uitgestoten, gaat bij een voertuig op de volgende 4 manieren verloren (*Dr.ir. Jacob Groenendijk & ir. Nico van den Berg 2012, KOAC NPC*):

- Inertie (energie benodigd om het voertuig te versnellen en vertragen)
- Interne wrijving (verliezen in motor en aandrijving)
- Luchtweerstand (verliezen door wrijving met de lucht)
- Rolweerstand (verlies door vervorming van band, schokdempers en wegdek; onafhankelijk van de snelheid)

In het figuur hiernaast is te zien welke vorm bij welke snelheid de grootste veroorzaker van brandstofverbruik is. Het betreft hier enkel brandstof aangedreven voertuigen. Duidelijk te zien is dat voor gemeentelijke wegen (waarbij de snelheid vaak niet hoger ligt dan 60 km/h) inertie en rolweerstand voor het meeste brandstofverbruik zorgen. Dit komt voornamelijk door de vele kruispunten binnen de gemeentelijke grenzen die de doorstroming van een weg vaak beperken.

Er is bewust gezocht naar maatregelen die effect hebben op inertie en rolweerstand. Deze twee vormen van energieverlies zijn namelijk tegen te gaan door slimmer wegontwerp. De effecten van luchtweerstand zijn in binnenstedelijke context enerzijds praktisch verwaarloosbaar en anderzijds moeilijk op te lossen door veranderingen in het wegontwerp.

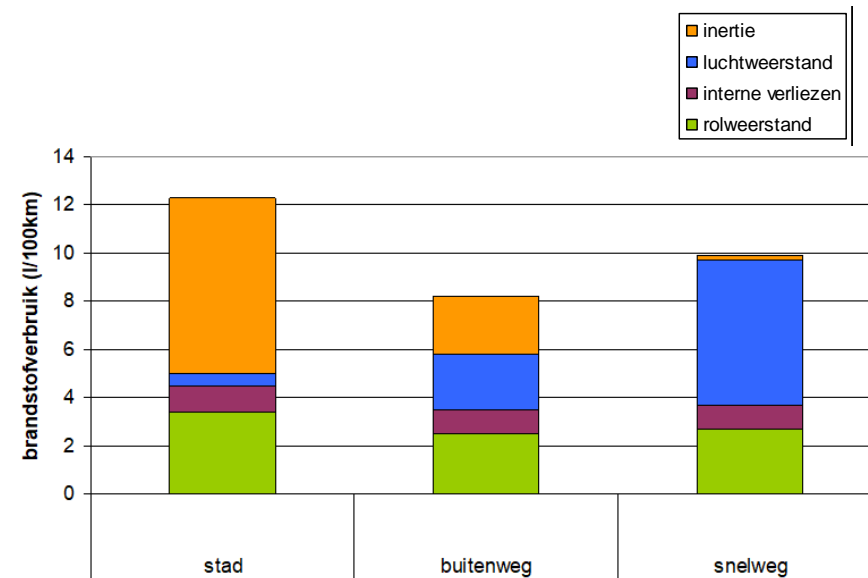


Foto: Hoogwhwerff & Tollenaar 2017

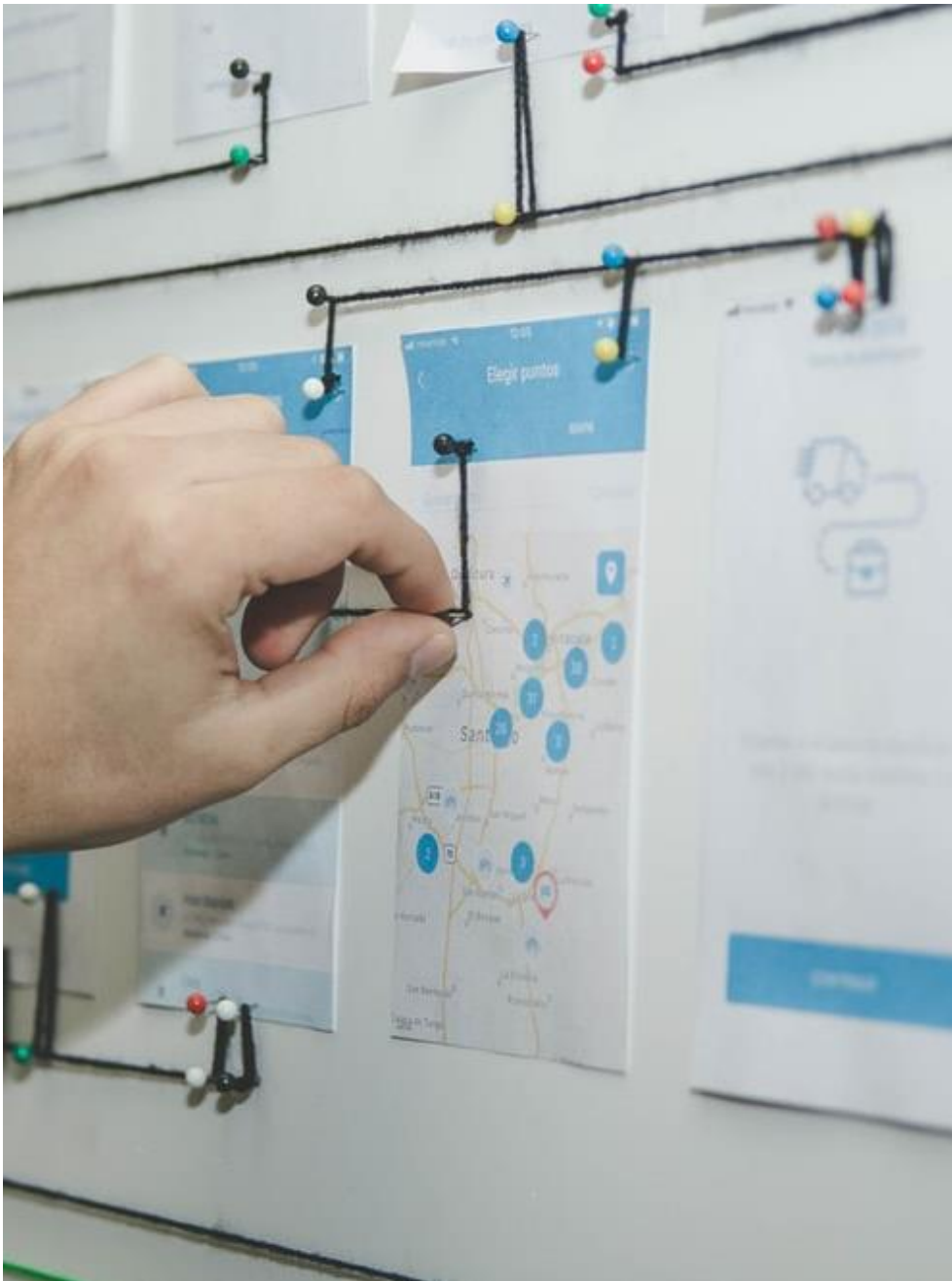


Foto: Alvaro Reyes | Unsplash

## Werkwijze

Door middel van een bureaustudie is er gekeken welke maatregelen er op dit moment reeds effect hebben op het reduceren van CO<sub>2</sub>. Daarnaast zijn er meerdere gesprekken gevoerd met verschillende partijen waarbij o.a. diverse gemeentes, provincies en experts binnen de GWW-sector zijn geïnterviewd. Dit onderzoek is niet uitputtend en geeft een beeld van de mogelijke maatregelen. Het is hierin essentieel om de lokale situatie te bekijken, waarbij de combinatie van verkeersintensiteiten, lokale inpasbaarheid en omgeving invloed hebben op de haalbaarheid van een maatregel. Echter begint het bij bewustwording dat er wel degelijk een reductie aan CO<sub>2</sub> uitstoot behaald kan worden door goed te kijken naar de mogelijkheden binnen het wegontwerp.

*Alpm*

# Focusgebieden

Het rapport is in vier focusgebieden onderverdeeld. Per focusgebied zijn er maatregelen gezocht die hieronder vallen. Sommige focusgebieden waren makkelijker in te vullen met maatregelen dan andere. Per maatregel is aangegeven wat de maatregel behelst en wat de verwachte gevolgen zijn op de criteria: CO2 reductie, doorstroming, kosten en verkeersveiligheid.

<b>Weginrichting</b>  De met blauw gearceerde maatregelen zijn allen gerelateerd aan fysieke aanpassingen aan de weginrichting. Het gaat hier om fysieke veranderingen in bestaande infrastructuur.	<b>(Intelligente) Verkeersregelininstallaties</b>  De met oranje gearceerde maatregelen zijn allen te bewerkstelligen door het aanbrengen van (Intelligente) Verkeersregelininstallaties. Het gaat hier voornamelijk om prioritering van bepaalde verkeersstromen.	<b>Beleid</b>  De met geel gearceerde maatregelen zijn te bewerkstelligen door aanpassingen in beleid. Het gaat hier om netwerkmanagement, waarbij gemeentelijk en/of gemeentelijk grensoverschrijdend beleid ten behoeve staat van een verbeterde doorstroming.	<b>Materialisatie</b>  De met lichtblauw gearceerde maatregel is gerelateerd aan materialisatie. Het gaat hier om de materiaalkeuze gedurende de aanleg van infrastructuur. Hier wordt enkel gekeken naar de CO2-reducerende werking van het materiaal op de verkeersstromen, en niet naar de uitstoot van de aanleg van de infrastructuur.
---	--	--	---



Dit symbool representeert CO2-reductie



Dit symbool representeert kosten



Dit symbool representeert verkeersdoorstroming



Dit symbool representeert verkeersveiligheid



## Rotonde

Een rotonde is een bijzonder soort gelijkvloers knooppunt dat zo ontworpen is dat het aantal conflicterende bewegingen geminimaliseerd wordt. De rotonde wordt bij veel gemeentes toegepast. Vaak om een gelijkvloerse kruising van extra capaciteit te voorzien in geval de verkeerintensiteiten niet meer op een standaard wijze kunnen worden afgehandeld. De doorstroming wordt hierdoor verbeterd en dat heeft vervolgens een verbetering in de CO2 reductie tot effect.

Er zijn verschillende type rotondes, zoals een turborotonde en de tweestrooksrotonde. Welke rotonde geschikt is voor een locatie hangt onder andere af van de beschikbare ruimte en de benodigde verkeerscapaciteit.

Kanttekening: er wordt hier slechts gekeken naar rotondes die een regulier kruispunt vervangen. De bijdrage die VRI's kunnen leveren komt later aan bod.



Het gebruik van rotondes kan voor een reductie van CO2 zorgen. Voornamelijk doordat het aantal rem- en optrekbewegingen verminderd worden. De orde grootte van reductie hangt sterk af van de verkeersintensiteit van een weg. Hoe hoger de verkeersintensiteit, hoe lager de winst op de reductie van de CO2.



De verkeersdoorstroming op rotondes is beter dan op reguliere kruispunten, tenzij het voorheen een voorrangskruispunt was. Bij een dominante verkeersstroom wordt de lichtere verkeersstroom constant onderbroken. Ook moet rekening worden gehouden met een grotere ruimtebeslag.



De kosten voor een rotonde zijn variabel aangezien de omvang van een rotonde alsmat verschilt. De maatschappelijke baten die hier tegen over staan zijn echter groot, met significant minder verkeersongelukken.



Rotondes zijn veiliger dan kruispunten omdat ze het aantal potentiële conflicten tussen verkeersdeelnemers terugbrengen en de verkeerssnelheid verlagen. Vervanging van een kruispunt door een enkelstrooksrotonde kan tot een verlaging leiden van 46% in het aantal ernstige slachtoffers op het kruispunt.

### Bronnen

- SWOV (2012). *Rotondes. SWOV-factsheet, januari 2012*. SWOV, Leidschendam.
- Foto: City of Fairfield Ohio

## Voorrangsplein | LaRGaS

Langzaam rijden gaat sneller, ook aangeduid met het acroniem LaRGaS. LaRGaS is een weginrichtingsconcept om wegen dusdanig in te richten dat bestuurders weliswaar niet hard rijden, maar zich toch sneller verplaatsen. Het voorrangsplein is een uitwerking van dit concept en heeft kenmerken van zowel een voorrangskruispunt als een rotonde. Bij een voorrangsplein wordt in de as van de gebiedsontsluitingsweg een klein middeneiland aangelegd met twee aparte linksafvakken. Dit zou bereikt moeten worden door een zo gelijkmatig mogelijke doorstroming te bewerkstelligen, waarin enerzijds zo min mogelijk hoeft te worden gestopt (bijvoorbeeld voor een verkeerslicht) maar anderzijds geen hoge snelheden bereikt kunnen worden (bijvoorbeeld door smallere rijbanen).

Voorwaardelijk voor de implementatie van een voorrangsplein is een hoge intensiteit op de hoofdrichting en een lage intensiteit op de aansluitende zijwegen.



Bij een voorrangsplein wordt door wijziging van de weginfrastructuur zowel een verlaging van de snelheid als een vloeiender verloop bewerkstelligd. Een voorrangsplein is gunstig voor de geluidsbelasting, de hinder, en voor de luchtkwaliteit.



Een voorrangsplein werkt goed bij lage verkeersintensiteiten. Bij hogere intensiteiten loopt het middeneiland vol, waardoor de dominante verkeersstroom wordt geblokkeerd. De totale praktische kruispuntcapaciteit binnen en buiten de bebouwde kom is respectievelijk 2800 en 2500 motorvoertuigen per uur.



De kosten voor een voorrangsplein zijn vergelijkbaar met een rotonde. Een voorrangsplein kan worden toegepast waar een rotonde teveel ruimte in beslag neemt.



Een voorrangsplein is in de basis veiliger dan een rotonde. Conflicten doen zich op lage snelheid voor en het plein is zo ontworpen dat conflicten zo veel mogelijk van elkaar gescheiden worden en gefaseerd optreden.

### Bronnen

- Reimink & Wiersum (2018). *Voorrangspleinen buiten de bebouwde kom*. Roelofs.
- Foto: Albert Sok000

## Links afslaand verkeer beperken

Afslaand verkeer blokkeert vaak de doorstroming van wegen. Zeker wanneer het een enkelbaans weg betreft. Voertuigen moeten achter een afslaand voertuig wachten en zeker wanneer het een drukke weg betreft, kan de terugslag ervoor zorgen dat veel voertuigen moeten afremmen en vervolgens weer moeten optrekken.

Het reduceren van het aantal links afslaande bewegingen zorgt in deze voor een reductie op de CO2 uitstoot. Om dit te bewerkstelligen kan er bijvoorbeeld een aparte opstelplek worden gecreëerd. Een volledig verbod voor het links afslaan behoort ook tot de opties, hiervoor dienen er wel aanvullende maatregelen te worden getroffen om de toegang naar de desbetreffende weg te waarborgen.



Links afslaand verkeer kan een behoorlijke impact hebben op het verkeer. Zeker wanneer de tegengestelde richting hoge verkeers-intensiteiten kent. Links afslaand verkeer beperken heeft effect op de CO2 uitstoot doordat zowel wachtend als optrekkend- en afremmend verkeer wordt verminderd.



Door implementatie van de maatregel wordt de doorstroming positief beïnvloed. De dominante hoofdstromen worden namelijk minder gehinderd.



De kosten hangen af van de mogelijke inpassing ter hoogte van het kruispunt wanneer er gekozen wordt voor een opstelplek. De bijbehorende kosten kunnen beperkt blijven door dit direct mee te nemen in bestaande projecten.



Het voorkomen van links afslaand verkeer verbetert de verkeersveiligheid. Hierdoor ontstaan er geen conflicten meer met de tegemoetkomende richting.

## Ongelijkvloerse kruising

Een ongelijkvloerse kruising is een kruising van twee of meerdere vervoersstromen (weg, waterweg, spoorweg) waarbij gebruik wordt gemaakt van kunstwerken (zoals bruggen, viaducten en tunnels) zodat de stroom of het verkeer niet gehinderd wordt. Dit dus in tegenstelling tot een gelijkvloerse kruising.

Een ongelijkvloerse kruising is vooral geschikt voor kruisingen met hoge intensiteiten tussen ongelijke modaliteiten.



Doordat er nauwelijks rem- of optrekbewegingen nodig zijn heeft deze maatregel een positief effect op de CO2 reductie. Hieraan zit wel de kanttekening dat er vaak een aanzienlijke hoogte overwonnen moet worden en dit ook weer extra uitstoot veroorzaakt.



Verkeer wordt niet meer gehinderd en kan vrij doorstromen. De keerzijde is dat het een verkeers-aantrekkende werking heeft, wat leidt tot meer CO2 uitstoot.



De kosten voor een ongelijkvloerse kruising zijn – alhoewel niet generaliseerbaar – fors. Hierbij moet rekening worden gehouden met een flink ruimtebeslag en de daarbij benodigde aanpassingen voor de inpassing.



De verkeersveiligheid verbetert aangezien de twee verkeersstromen nu voortaan gescheiden zijn van elkaar en zodoende minder met elkaar in conflict komen.

## Fietsinfrastructuur

Door actief het wegontwerp aan te passen en de (elektrische) fiets een dominantere plek in de ruimte te laten innemen, kunnen personen gestimuleerd en/of verleid worden om vaker de fiets te pakken in plaats van de auto. Het betreft hier gedragsbeïnvloeding aan de hand van aanpassingen in het wegontwerp.

Het wegontwerp wordt zo ontworpen dat het gebruik door motorvoertuigen wordt ontmoedigd en andere modaliteiten juist gestimuleerd. Dit kan een zeer effectieve maatregel zijn als verschillende modaliteiten een direct alternatief van elkaar zijn.



Een overstap van de auto naar de fiets levert een besparing op van 150 gram CO2 per kilometer. Daarnaast is het ruimtebeslag van een rijdende fiets 28 keer kleiner dan dat van een rijdende auto. Een geparkeerde fiets neemt 10 keer minder ruimte in dan een geparkeerde auto.



De doorstroming van de voertuigen zal in eerste instantie verminderen doordat het wegontwerp zo is ingericht dat deze het autoverkeer negatief beïnvloed. Op de lange termijn zal de doorstroming verbeteren aangezien minder mensen zich met de auto verplaatsen.



De kosten voor een verbeterde fietsinfrastructuur zijn variabel. Afgezien van de context wordt de investering fors geacht. Om mensen te verleiden tot meer fietsgebruik zijn relatief grote infrastructuurele aanpassingen nodig. Hier staat over het algemeen een positieve MKBA.



Het aantal verkeersdoden onder fietsers is de laatste tien jaar fors toegenomen. Een veilig ontwerp van de fietsinfrastructuur kan hier verandering in brengen. Daarnaast leidt een halvering van het aantal motorvoertuigen lokaal tot 3 decibel minder geluidsbelasting (contextafhankelijk).

Bron

- Harms & Kansen (2018). *Fietsfeiten*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Foto: Stockfresh

## Groene golf

Een groene golf is een regeling tussen twee geregelde richtingen A en B, waarbij al het verkeer of een groot gedeelte van het verkeer dat tijdens groen de stopstreep passeert bij richting A, bij de stroomafwaarts gelegen richting B zonder noemenswaardige verliestijd de (denkbeeldige) stopstreep passeert.

Doordat voertuigen in een groene golf rijden hoeven ze niet te stoppen bij kruispunten. Dit scheelt het nodige optrekken en afremmen. Daarnaast zullen voertuigen een constantere snelheid gaan rijden wat de uitstoot van CO<sub>2</sub> reduceert.

Binnen de groene golf regelingen zijn er meerdere varianten die toegepast kunnen worden, waarbij er met het type verkeersinstallatie gevarieerd kan worden (star, voertuigafhankelijk, halfstar en verkeersafhankelijk).



Het implementeren van een groene golf kan leiden tot een CO<sub>2</sub>-reductie. Voertuigen kunnen constanter doorrijden waardoor er zich minder remmende en optrekkende bewegingen voordoen. Dit geldt echter enkel voor de hoofdrichting.



De doorstroming verbetert aanzienlijk met een groene golf, tot wel 70%. Er is geen verlies aan tijd doordat voertuigen met een constante snelheid rijden en beperkter afremmen of optrekken.



De kosten voor een groene golf zijn niet direct aanzienlijk hoger. Verkeersinstallaties dienen op elkaar afgesteld te worden en dit kan in het ontwerptraject reeds worden meegenomen. Een kanttekening: een optimale regeling is complex en vergt regelmatig verkeerskundig beheer. Deze terugkerende kosten maken het duur(der).



Een groene golf leidt tot een rustiger verkeersbeeld. Minder snel optrekkende en hard remmende auto's. Bestuurders hebben door dat ze op tijd groen krijgen, en rijden daardoor constanter, dus veiliger.

### Bronnen

- Stichting Onafhankelijk Mobiliteitsadvies. *Meer groene golven*.
- Greenstar Driving Performance (2017). *De groene golf*.
- SWOV (2014). Kruispunttypen. *SWOV-factsheet, november 2014*. SWOV, Den Haag.
- Foto: Zuidwesttv

## Capaciteit tussen kruispunten monitoren

Op verkeersintensieve wegvakken komt het vaak voor dat stoplichten op groen staan maar dat het kruispunt volledig verstopt is, waar ook de tegemoetkomende richting last van ondervindt. Aan de hand van bijvoorbeeld (intelligente) verkeersregelininstallaties wordt de capaciteit tussen kruispunten gemonitord. Op basis daarvan worden de verkeerslichten beïnvloed om de voertuigen gefaseerd door te laten. Dit voorkomt verstopte kruispunten waar ook de tegemoetkomende richting van profiteert.



Deze maatregel heeft zeker effect op de CO<sub>2</sub>-uitstoot. De verstopte verkeersstroom remt en trekt minder op. De tegemoetkomende/ kruisende richting kan hierdoor echter constanter doorrijden.



De doorstroming verbetert in die zin dat voertuigen misschien wat langer moeten wachten bij stoplichten, maar vervolgens wel langer door kunnen rijden. Tegelijkertijd hindert de ene verkeersstroom de tegemoetkomende verkeersstroom niet meer.



De kosten van het monitoren van de capaciteit tussen kruispunten zijn beperkt. Het betreft hier relatief simpel te implementeren verkeersregelininstallaties. Een kanttekening: het optimaliseren van de capaciteit tussen kruispunten vergt regelmatig verkeerskundig beheer, wat de nodige kosten meebrengt.



De verkeersveiligheid verbetert aangezien kruispunten minder snel verstopt raken en er daardoor minder conflicten ontstaan.

## Voorrang vrachtwagens regelen

Vrachtwagens zijn over het algemeen voertuigen die een hogere uitstoot van CO<sub>2</sub> leveren ten opzichte van het overige wegverkeer. De doorstroming van vrachtwagens verbeteren helpt om CO<sub>2</sub> te reduceren. Tegenwoordig zijn hier meerdere mogelijkheden voor om dit bewerkstelligen. Dit kan bijvoorbeeld door het slim toepassen van detectielussen of de combinatie te laten maken met iVRI's.

Er zijn hiervoor meerdere pilots opgestart, waarbij er bijvoorbeeld gekeken wordt of het mogelijk is om vrachtwagens in een konvooi te laten rijden. De inrichting van een weg kan hier al op voorbereid worden door te werken met iVRI's en een aparte rijbaan (nabije kruispunten) voor vrachtwagens.



Vrachtwagens constanter laten rijden – minder remmen en optrekken – heeft een CO<sub>2</sub>-reducerend effect. iVRI's kunnen zelfs onderscheid maken tussen beladen en onbeladen vrachtwagens om verkeersstromen nog efficiënter te verdelen.



Constanter rijdende vrachtwagens komen de verkeersdoorstroming ten goede.



Om deze maatregel te implementeren wordt gebruik gemaakt van (intelligente) verkeersregelininstallaties. De kosten hiervoor zijn beperkt. Ook hier geldt echter weer dat het regelmatige verkeerskundig beheer de kosten opdrijft.



De verkeersveiligheid verbetert wanneer vrachtwagens constanter door kunnen rijden. Doordat de vrachtwagens voorspelbaarder gedrag vertonen, is dit makkelijker in te schatten door het overige verkeer.

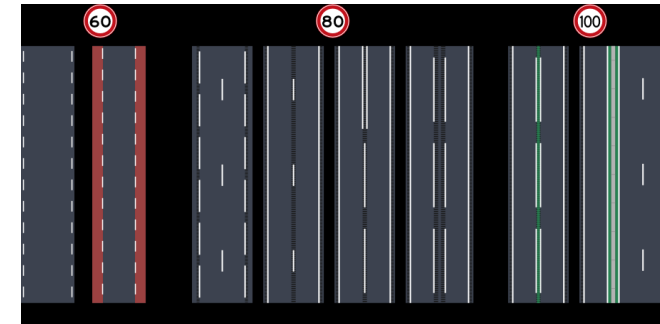
### Bronnen

- Provincie Zuid-Holland (2019). *Verkeerslichten op groen voor konvooi van vrachtwagens*.
- Foto: Provincie Zuid-Holland



## Snelheidsverlaging

Beleidsmatig een verlaging van de maximum snelheid op gemeentelijke wegen invoeren, is een maatregel om CO2-reductie te bewerkstelligen. Dergelijke beleidsmatige ingrepen hebben invloed op het wegontwerp. Het dwarsprofiel van een 80km-weg ziet er anders uit dan een 60km-weg. Zo hebben 50km-wegen ook een ander dwarsprofiel dan 30km-wegen. Naast uiteenlopende dwarsprofielen kunnen wegen tevens fysiek worden aangepast om de verkeerssnelheid te verminderen. Denk hierbij aan bochtige wegen, verkeersdrempels, wegversmallingen.



Een snelheidsverlaging heeft te allen tijde een positief effect op de CO2-reductie. Hierbij volstaat het credo 'langzaam is zuiniger'. Wanneer er langzamer wordt gereden, verbruikt de auto minder brandstof.



Een lagere snelheid leidt tot een betere doorstroming. De afstand tussen de voertuigen is namelijk kleiner bij lagere snelheden. Hierdoor passen er meerdere auto's op één rijbaan.



Het volstaat vaak niet om alleen de bebording/belijning aan te passen om reductie van de snelheid te forceren. Om ervoor te zorgen dat er niet harder kan worden gereden, moet het wegontwerp fysiek worden aangepast. Dit brengt de nodige kosten met zich mee. De SWOV gaat uit van ± 30.000 per kilometer.



Wanneer er minder hard wordt gereden doen conflicten zich op lagere snelheid voor. De verkeersveiligheid kan verbeteren door deze maatregel.

- Bronnen
- CE Delft. *Langzamer is zuiniger*.
  - Foto: Wegenforum

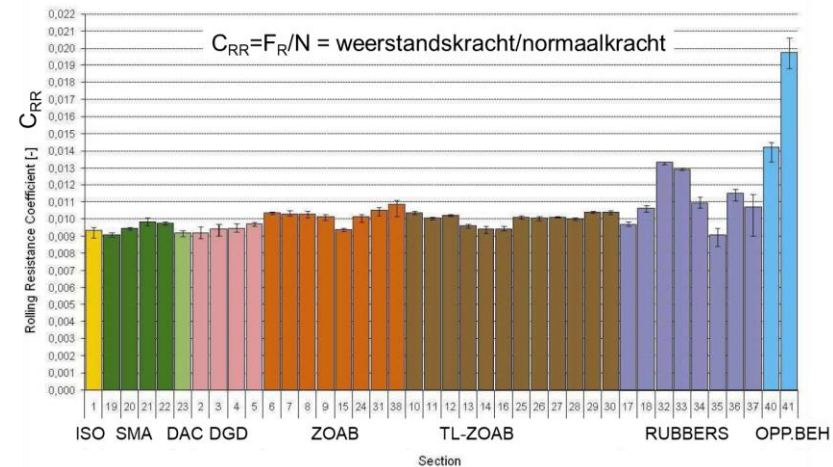
# Asfaltmengsels

Door asfaltmengsels te gebruiken die de rolweerstand verminderen heeft een voertuig minder wrijving te overwinnen en zal deze minder CO2 uitstoten. Door bij het wegontwerp hier al rekening mee houden kan aanzienlijke winst opleveren. In de figuur hiernaast is te zien wat de rolweerstand is van verschillende soorten asfalt.

Bijkomend voordeel van een weg met een lagere rolweerstand is dat er minder slijtage van banden is, meer rijcomfort en dat het een vergelijkbare levensduur kent. Wel heeft een weg een bepaalde rolweerstand nodig om de veiligheid, door remmen, te waarborgen.

## N211

BAM Infra gebruikte tijdens de renovatie een asfaltmengsel dat bij lage temperatuur geproduceerd en verwerkt wordt. Het asfalt heeft een extra vlakke afwerking gekregen waardoor de rolweerstand van autobanden verlaagt en het oppervlak minder elastisch is, hierdoor vermindert het wegzakken van voertuigen op microschaal. Dit scheelt 2,5 procent aan brandstofgebruik, daarmee vermindert de uitstoot voor voertuigen op de weg.



Wanneer auto's minder weerstand ondervinden tijdens het rijden, verbruikt de auto minder brandstof. Op groter schaal en op langere termijn is deze maatregel zeer effectief.



Minder rolweerstand tijdens het rijden heeft geen directe invloed op de verkeersdoorstroming.



De kosten voor de aanleg van dergelijke wegen is fors. Een bijkomend voordeel is dat auto's die op dergelijk asfalt rijden 5,5 decibel minder geluid produceren.



De verkeersveiligheid wordt goed in de gaten gehouden bij deze maatregel. Men moet namelijk een balans vinden tussen weerstand en grip (verkeersveiligheid). Bij een testweg in Hoorn van Strukton Civiel blijkt de deklaag dertig procent betere stroefheid te kennen.

### Bronnen

- Provincie Zuid-Holland. *N211 geeft energie.*
- TNO (2017). *Nieuw asfalt bespaart brandstof en vermindert CO2-uitstoot.*
- Figuur: (M+P course on tyre-road interaction nov 2010).

		Uitstoot	
Maatregel			
Wegrichting	Rotonde	Het gebruik van rotondes kan voor een reductie van CO2 zorgen. Voornamelijk doordat het aantal rem- en optrekbewegingen verminderd worden.	Als er een dominante hoofdstroom is, wordt deze steeds onderbroken door de lichtere, kruisende verkeersstroom
	Voorrangsplein   LaRGaS	Bij een voorrangsplein wordt in de as van de gebiedsontsluitings-weg een klein middeneiland aangelegd met twee aparte linksafvakken.	Dergelijke voorrangspleinen zijn relatief klein, en kunnen vaak 1 of 2 linksaf slaande auto's kwijt, voordat deze de drukkere doorgaande richting alsnog hinderen.
	Links afslaand verkeer beperken	Links afslaand verkeer kan een behoorlijke impact hebben op het verkeer en zeker wanneer in tegenliggende richting er veel verkeer is dat voor aanzienlijke wachttijden zorgen.	Kan ten koste gaan van de bereikbaarheid van gebieden. Heeft geen nut bij veel afslaand verkeer
	Ongelijkvloerse kruisingen	Doordat er nauwelijks rem of optrek bewegingen nodig zijn heeft deze maatregel een positief effect op de CO2 reductie.	Hieraan zit wel de kanttekening dat er vaak een aanzienlijke hoogte overwonnen moet worden en dit anderzijds ook weer extra uitstoot veroorzaakt.
	Fietsinfrastructuur	Dit is ten allen tijden een degelijke oplossing. Verandering in gedrag teweegbrengen d.m.v. wegontwerp.	

		Verkeersveiligheid	
Doorstroming		Kosten	
De verkeersdoorstroming op rotondes is beter dan op reguliere kruispunten, tenzij het voorheen een voorrangs-kruispunt was.	De kosten voor een rotonde zijn variabel aangezien de omvang van een rotonde alsmaar verschild.	Rotondes zijn veiliger dan kruispunten omdat ze het aantal potentiële conflicten tussen verkeersdeelnemers terugbrengen en de verkeerssnelheid verlagen.	
Een voorrangsplein werkt goed bij lage verkeersintensiteiten. Bij hogere intensiteiten loopt het middeneiland vol, waardoor de dominante verkeersstroom wordt geblokkeerd.	Vergelijkbaar met een rotonde.	Verbeterd door de lagere snelheden en betere doorstroming.	
Door implementatie van de maatregel wordt de doorstroming positief beïnvloed.	De kosten hangen af van de mogelijke inpassing ter hoogte van het kruispunt wanneer er gekozen wordt voor een opstelplek.	Het voorkomen van links afslaand verkeer verbetert de verkeersveiligheid.	
Verkeer wordt niet meer gehinderd en kan vrij doorstromen.	De kosten voor een ongelijkvloerse kruising zijn – alhoewel niet generaliseerbaar - fors.	Verbeterd door afname van de hoeveelheid kruisingen	
Op lange termijn zal de doorstroming verbeteren aangezien minder mensen zich met de auto verplaatsen.	De kosten voor een verbeterde fietsinfrastructuur zijn variabel.	Verbeterd door betere scheiding voertuigen-fietsen	

		Uitstoot	
Intelligente Verkeersregelinstantiatie			
Groene golf	Het implementeren van een groene golf kan leiden tot een CO2-reductie. Voertuigen kunnen constanter doorrijden waardoor er zich minder remmende en optrekkende bewegingen voordoen.	Moeilijk te realiseren, over het algemeen maar in één richting te gebruiken. Kruisende verkeer staat vaker voor rood stoplicht, meer uitstoot door remmen/optrekken.	
Capaciteit tussen kruispunten monitoren	Deze maatregel heeft zeker effect op de CO2-uitstoot. De verstokte verkeersstroom remt en trekt ietwat minder op. De tegemoetkomende/ kruisende richting kan hierdoor echter constanter doorrijden.		
Voorrang vrachtwagens regelen	Vrachtwagens constanter laten rijden – minder remmen en optrekken – heeft zeker een CO2-reducerend effect.	Ander verkeer staat vaker voor rood stoplicht, meer uitstoot door remmen/optrekken.	

		Verkeersveiligheid	
Doorstroming		Kosten	
De doorstroming verbeterd aanzienlijk met een groene golf, tot wel 70%.	De kosten voor een groene golf zijn niet direct aanzienlijk hoger.	Een groene golf leidt tot een rustiger verkeersbeeld. Minder snel optrekkende en hard remmende auto's.	
De doorstroming verbeterd in die zin dat voertuigen misschien wat langer moeten wachten bij stoplichten, maar vervolgens wel langer door kunnen rijden.	De kosten van het monitoren van de capaciteit tussen kruispunten zijn beperkt.	De verkeersveiligheid verbetert aangezien kruispunten minder snel verstopt raken en er daardoor minder conflicten ontstaan.	
Constanter rijdende vrachtwagens komen de verkeersdoorstroming ten goede.	De kosten hiervoor zijn beperkt.	Doordat de vrachtwagens voorspelbaarder gedrag vertonen is dit makkelijker in te schatten door het overige verkeer.	

		Uitstoot	
Beleid			
Snelheidsverlaging	Een snelheidsverlaging heeft te allen tijde een positief effect op de CO2-reductie.		

		Verkeersveiligheid	
Doorstroming		Kosten	
De doorstroming lijkt te verminderen bij een lagere snelheid. Echter blijkt dat een lagere snelheid leidt tot een betere doorstroming.	± 30.000 per kilometer (SWOV, prijspeil 2016). Kosten zijn variabel maar kunnen oplopen.	Wanneer er minder hard wordt gereden doen conflicten zich op lagere snelheid voor.	

		Uitstoot	
Asfalt			
Asfaltmengsels	Wanneer auto's minder weerstand ondervinden tijdens het rijden, verbruikt de auto minder brandstof.		

		Verkeersveiligheid	
Doorstroming		Kosten	
Minder rolweerstand tijdens het rijden heeft geen directe invloed op de verkeersdoorstroming.	De kosten voor de aanleg van dergelijke wegen is fors.	Bij een testweg in Hoorn van Strukton Civiel blijkt de deklaag dertig procent betere stroefheid te kennen.	

*akpm*



Foto: Luke Stackpoole | Unsplash

## Conclusies

Op basis van deze verkennende studie is trekken we de volgende conclusies.

Voorafgaand aan dit onderzoek was de aanname dat de focus bij het reduceren van CO<sub>2</sub>-uitstoot ligt bij de aanlegfase. Dit beeld werd bevestigd tijdens het afnemen van de interviews. Tegelijkertijd is duidelijk geworden dat er ook een grote slag te slaan is in de exploitatiefase. Gemeenten doen er goed aan om naar beide oplossingsrichtingen te kijken, d.w.z. dat het combineren van oplossingen in beide fases de grootste opbrengst kent.

Ook enkel in de exploitatiefase wordt aangeraden meerdere maatregelen te combineren. Gemeenten kunnen meerdere maatregelen tegelijkertijd implementeren om een zo groot mogelijke CO<sub>2</sub>-reductie te bewerkstelligen. Het blijkt echter wel continu om maatwerk te gaan. Maatregelen zijn niet een-op-een toe te passen in iedere gemeente. De contextafhankelijk van de (gebouwde) omgeving blijkt hiervoor te groot.

In een vervolg op deze verkenning bevelen we aan om een kwantificering uit te voeren van de CO<sub>2</sub> reductie van een aantal nader te bepalen maatregelen. Dit gaat mede richting geven aan het prioriteren van maatregelen.

# Bronnen

## Literatuur

- CE Delft. *Langzamer is zuiniger*.
- Greenstar Driving Performance (2017). *De groene golf*.
- Groenendijk & van den Berg (2012). *Vlak is duurzaam*. KOAC-NPC. Fundament onder mobiliteit.
- Harms & Kansen (2018). *Fietsfeiten*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Provincie Zuid-Holland. *N211 geeft energie*.
- Provincie Zuid-Holland (2019). *Verkeerslichten op groen voor konvooi van vrachtwagens*.
- Reimink & Wiersum (2018). *Voorrangspoleinen buiten de bebouwde kom*. Roelofs.
- Stichting Onafhankelijk Mobiliteitsadvies. *Meer groene golven*.
- SWOV (2012). Rotondes. *SWOV-factsheet, januari 2012*. SWOV, Leidschendam.
- SWOV (2014). *Kruispunttypen*. *SWOV-factsheet, november 2014*. SWOV, Den Haag.
- TNO (2017). *Nieuw asfalt bespaart brandstof en vermindert CO2-uitstoot*.

## Interviews

- Bert Swart | APPM Management Consultants
- Dafra van Engelen | APPM Management Consultants
- Dennis Woning | HLTsamen
- Erik van Kreuningen | APPM Management Consultants
- Jelle Kootstra | APPM Management Consultants
- Kees Bergen | Provincie Zuid-Holland
- Pierre Beerens | Gemeente Breda
- Robert Holtkuile | Gemeente Doetinchem

 APPM