

(Bijdragenr. 70)

## EverGreen: minder stoppen, betere luchtkwaliteit, maar...

A. Bezemer  
(*DTV Consultants*)

C. Stolz  
(*DTV Consultants*)

J.G.M. Boormans  
(*DTV Consultants*)

K. Langelaar  
(*DTV Consultants*)

### **Samenvatting**

De EverGreen module verbetert de luchtkwaliteit op kruispuntniveau en kan worden geïmplementeerd in bestaande CCOL verkeerslichtenregelingen. Simulatie heeft aangetoond dat EverGreen leidt tot een reductie van 6 tot 7% CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> uitstoot en 4-5% PM<sub>10</sub>, in vergelijking met een voertuigafhankelijke regeling. Naast een betere luchtkwaliteit biedt de module extra comfort voor weggebruikers op de hoofdrichting.

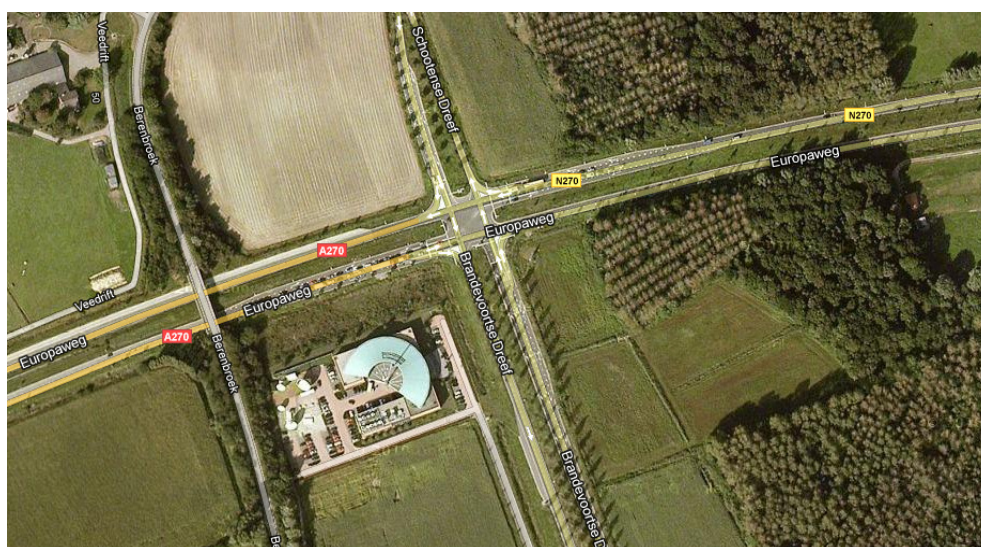
## 1. Inleiding

Nooit meer stoppen voor verkeerslichten... Een lang gekoesterde wens van menig weggebruiker, een ultieme uitdaging voor verkeers(regel)kundigen en vanuit milieuoogpunt effectief om de luchtkwaliteit te verbeteren. Om de verwachtingen maar meteen te temperen: nooit meer stoppen is nog steeds een utopie!

Het streven naar het minimaliseren van stops is echter wel een essentieel vertrekpunt bij het ontwikkelen van de EverGreen module. Daar waar verkeersregelingen al sinds jaar en dag worden ontworpen met als doel de verliestijd te minimaliseren, hebben we in deze pilot juist gekozen voor het minimaliseren van het aantal stops. In CROW publicatie 218i, kruispunten en luchtkwaliteit, een vergelijking tussen rotondes, verkeerslichten en groene golven, is onderzocht welke maatregelen op kruispuntniveau geschikt zijn om de luchtkwaliteit te verbeteren. De conclusie is dat vooral het verminderen van het aantal stops tot positieve effecten leidt. DTV Consultants heeft in het kader van de subsidieregeling Innovaties in Luchtkwaliteit van het Samenwerkingsverband Regio Eindhoven (SRE) en de provincie Noord - Brabant, de handschoen opgepakt om het principe uit te werken naar een nieuw type verkeersregeling, met als doel:

1. het leveren van een bijdrage aan de verbetering van de luchtkwaliteit op kruispuntniveau;
2. het ontwikkelen van een emissie reducerende functionaliteit bij verkeersregelininstallaties, die direct en eenvoudig kan worden geïmplementeerd in andere verkeerslichtenregelingen in Nederland.

Het SRE en de provincie hebben subsidie beschikbaar gesteld om het project uit te voeren. De gemeente Helmond is bereid gevonden de module toe te passen en te testen op een proeflocatie. De EverGreen module is inmiddels geprogrammeerd en ook zijn de eerste resultaten beschikbaar van simulaties met VISSIM en EnViver. Eind oktober van dit jaar gaat de module in bedrijf op het kruispunt N270 – Brandevoortsedreef (zie figuur 1) in de gemeente Helmond.



*Figuur 1: proeflocatie Europaweg (N270) – Brandevoortse Dreef*

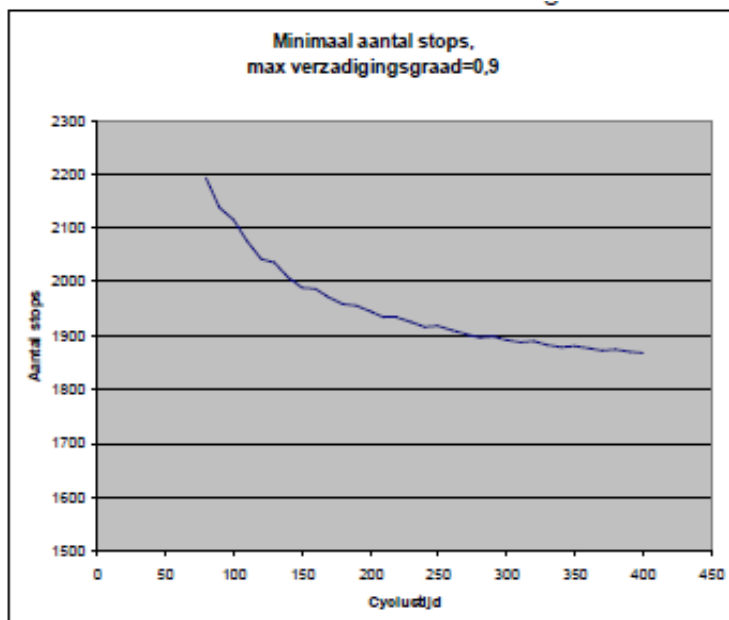
In dit paper beschrijven we in hoofdstuk 2 de werking van de EverGreen module. In hoofdstuk 3 tonen we de voorlopige resultaten ten aanzien van effecten en in hoofdstuk 4 trekken we conclusies en geven we een doorkijk naar verdere ontwikkeling.

## 2. Werking van de EverGreen module

De werking van de EverGreen module is gebaseerd op twee uitgangspunten:

1. het aantal stops daalt naarmate de cyclustijd langer wordt;
2. dynamische snelheidsadviesing zorgt voor minder stops.

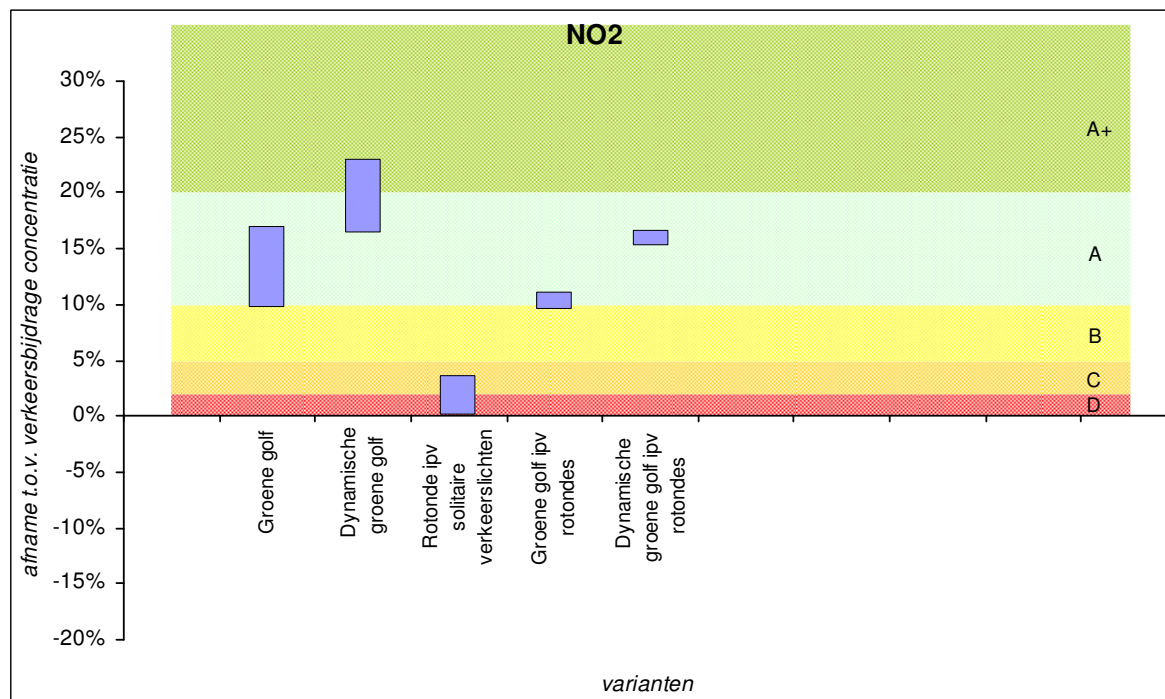
Figuur 2 geeft het verband tussen de cyclustijd en het aantal stops weer. De figuur toont de resultaten van rekenslagen met de formule van Webster, waarbij de doelfunctie is gericht op het minimaliseren van stops.



Figuur 2: verband tussen cyclustijd en stops

De vertaling van dit eerste uitgangspunt is simpel gezegd een kwestie van het instellen van langere groentijden en hiaattijden in het verkeersregelprogramma.

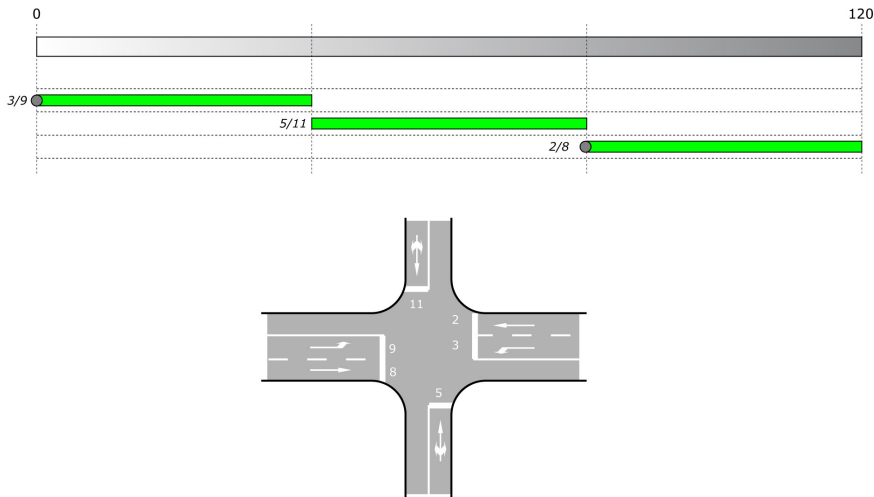
Het tweede uitgangspunt is echter lastiger te realiseren op een solitair kruispunt. Om de complexiteit te schetsen kijken we eerst nog eens terug naar CROW publicatie 218i. Daarin zijn op strengniveau traditionele groene golven vergeleken met dynamische groene golven. Bij dynamische groene golven krijgt de weggebruiker informatie over de gewenste snelheid om stoploos over een streng van kruispunten te rijden. Uit figuur 3 blijkt dat de dynamische groene golf minder uitstoot genereert dan een traditionele groene golf.



Figuur 3: effect (dynamische) groene golf ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling

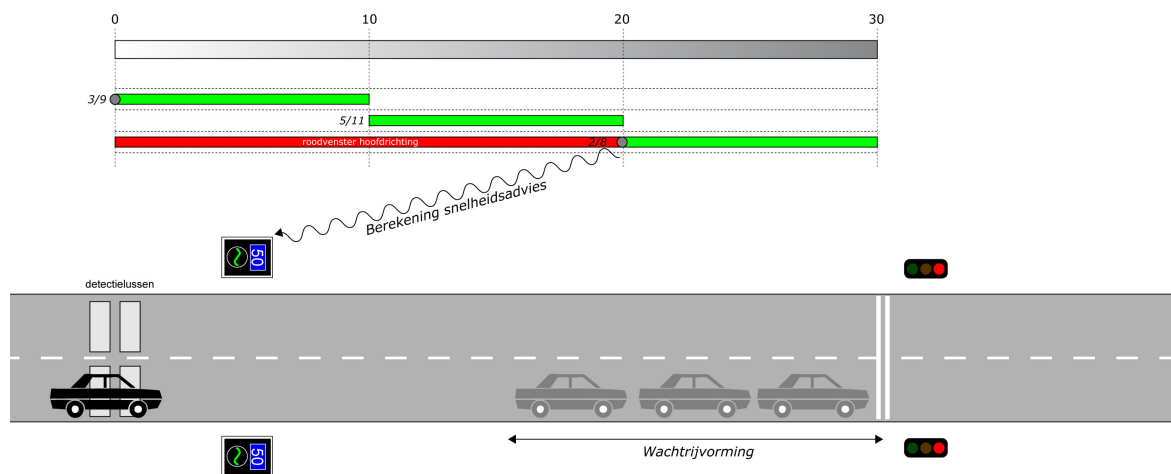
Hiermee is het positieve effect op streng niveau aangetoond, maar de vraag blijft bestaan: kunnen we dit ook toepassen op een solitair kruispunt? Daar komt de complexiteit om de hoek kijken. In Nederland zijn zo'n beetje alle solitaire kruispunten met verkeerslichten voorzien van zogenaamde voertuigafhankelijke regelingen. Een belangrijk kenmerk van dit type regeling is dat ze flexibel inspelen op de aan- of juist afwezigheid van verkeer. Als er geen of minder verkeer is op een bepaalde richting gaat het verkeerslicht respectievelijk niet naar groen of blijft het verkeerslicht precies lang genoeg groen om het verkeer te verwerken. Dat klinkt logisch en is ook een prima mechanisme om het verkeer efficiënt te regelen. Om snelheidsadvisering toe te passen is het echter noodzakelijk om van tevoren te weten wanneer het verkeerslicht, waarop het advies van toepassing is, naar groen schakelt. Met die wetenschap, in combinatie met de kennis over waar het voertuig zich bevindt voor de stopstreep (wordt bepaald met behulp van detectielussen), kan namelijk het snelheidsadvies worden berekend. Met de optimale flexibiliteit in de voertuigafhankelijke regeling is dat niet mogelijk.

Met deze uitdaging zijn we aan de slag gegaan om snelheidsadvisering mogelijk te maken en toch voldoende flexibiliteit in de verkeersregeling te houden. In de figuren 4 tot en met 8 is schematisch het resultaat weergegeven.



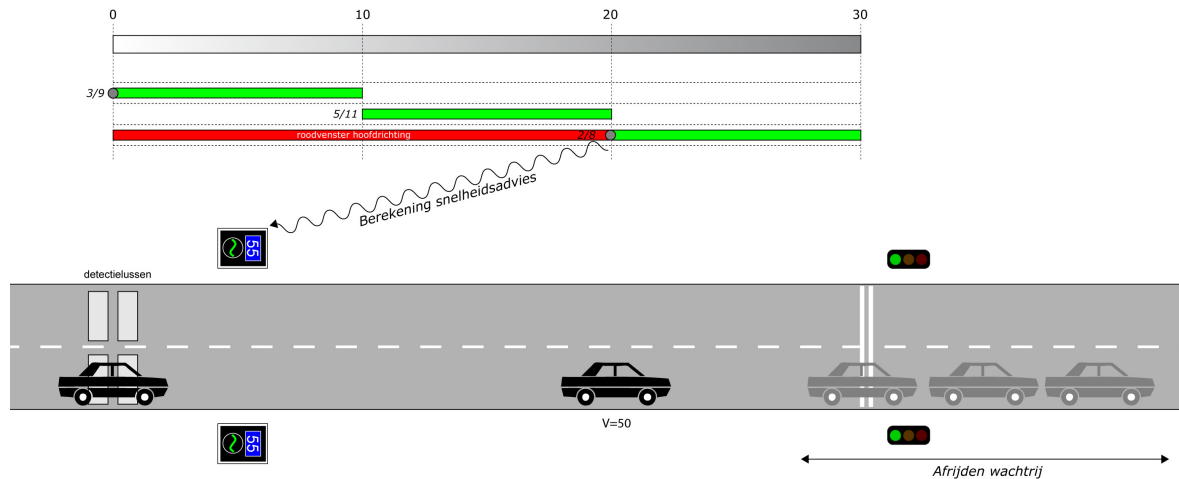
*Figuur 4: Werking verkeersregeling*

Figuur 4 illustreert de algemene werking van verkeerslichten. Richtingen worden om de beurt groen, gedurende een van tevoren berekende maximum groentijd. In dit voorbeeld is die tijd voor elke richting 40 seconden. Bij een voertuigafhankelijke regeling is de groentijd flexibel, afhankelijk van de hoeveelheid verkeer op een richting.



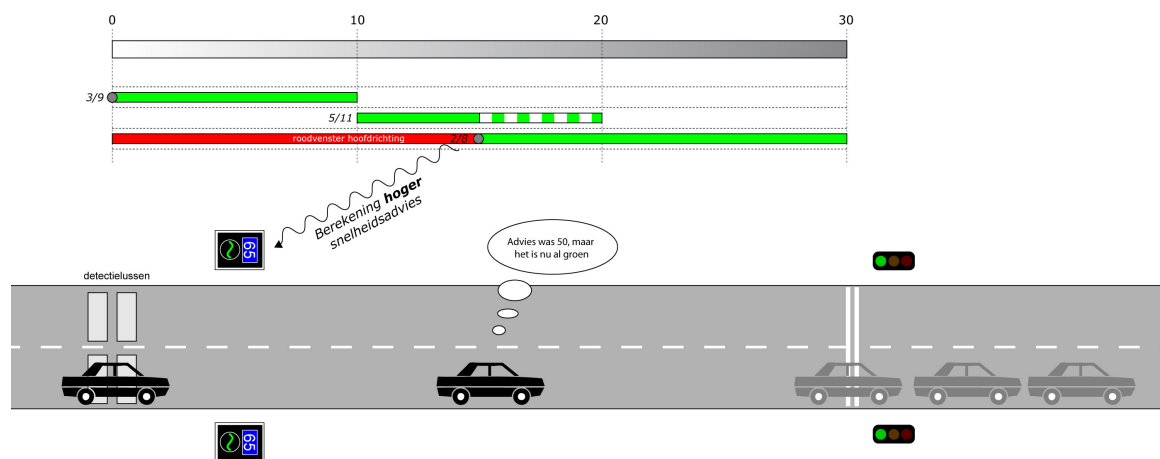
*Figuur 5: Stap 1: initiële instelling “roodvenster”*

Met de EverGreen module genereren we snelheidsadviezen voor de hoofdrichtingen 2 en 8. Hiervoor starten we in het voorbeeld in figuur 5 met initiële groentijden voor de conflicterende richtingen 3/9 en 5/11. De initiële groentijden zijn berekend op basis van een verkeersstelling en volstaan om het maximaal aantal voertuigen tijdens een ochtendspits, avondspits of dalperiode te kunnen verwerken. Met deze initiële groentijden voor de conflicterende richtingen is voor de hoofdrichtingen het zogenaamde “roodvenster” bekend en daarmee ook het moment dat het verkeerslicht groen wordt. Vervolgens rijdt een voertuig over de detectielussen en kan de module berekenen met welke snelheid het voertuig door groen licht kan rijden. Bij de berekening houdt de module ook rekening met de aanwezigheid van een eventuele wachtrij voor het kruispunt. Naarmate de wachtrij langer is, is de adviessnelheid lager.



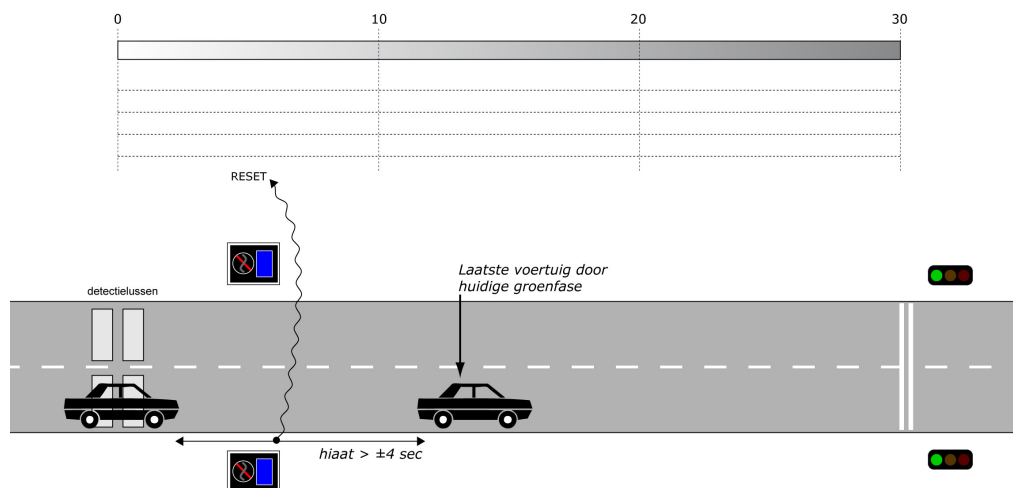
*Figuur 6: Stap 2: pelotonvorming*

Figuur 6 toont het vervolg. Het eerste voertuig kreeg als snelheidsadvies 50 kilometer per uur en ziet de wachtrij vertrekken en kan zonder te stoppen het kruispunt passeren. Het voertuig na hem of haar krijgt, afhankelijk van onder andere de hiaattijd tussen beide voertuigen, een hogere advies snelheid, met als doel bij de stopstreep één compact peloton over het kruispunt te laten rijden.



*Figuur 7: Stap 3: toedeling "restgroen" aan andere richtingen*

In de voorgaande figuren gingen we ervan uit dat de initieel berekende groentijd voor de conflicterende richtingen precies voldeed. In figuur 7 toont schematisch wat er gebeurt als er op richting 5/11 minder verkeer is en dus minder groentijd nodig is. In dat geval deelt de module de "rest" groentijd toe aan ofwel de hoofdrichting of één van de conflicterende richtingen. Op basis van de toedeling ontstaat een nieuw startgroen moment voor de hoofdrichting, waarmee de module de adviessnelheden voor volgende voertuigen berekent. Of en in welke mate de rest groentijd toebedeeld wordt aan de hoofdrichtingen of de conflicterende richtingen is instelbaar. Tijdens de in bedrijfstelling op straat krijgt dit aspect speciale aandacht. Hierbij zoeken we naar balans tussen een voldoende betrouwbaar snelheidsadvies en het voorkomen dat weggebruikers het gevoel hebben voor niets te wachten op conflicterende richtingen.



*Figuur 8: Stap 4: beëindiging groen en reset*

Figuur 8 toont de wijze van beëindiging van de groenfase voor de hoofdrichtingen. Als er een hiaat valt tussen twee opeenvolgende voertuigen van 4 seconden (instelbare waarde) dan reset het systeem zich en tonen de borden dat het volgende voertuig tijdens rood zal aankomen bij het kruispunt. Tijdens de reset berekent de module opnieuw welke groentijden voor de zijrichtingen nodig zijn voor de volgende cyclus. Daarmee is de cirkel rond en start de module weer bij stap 1.

### **3. Effecten op emissie en doorstroming**

Doelstelling van het project is een module te ontwikkelen die minder uitstoot veroorzaakt. Met behulp van VISSIM en EnViver hebben we onderzocht of dat is gelukt. In simulatie hebben we de voertuigafhankelijke regeling, die op het moment van schrijven van deze paper operationeel is op de proeflocatie, vergeleken met de EverGreen module. Naast het effect op emissie, hebben we ook het effect op de doorstroming gemeten. De volgende drie varianten zijn met elkaar vergeleken:

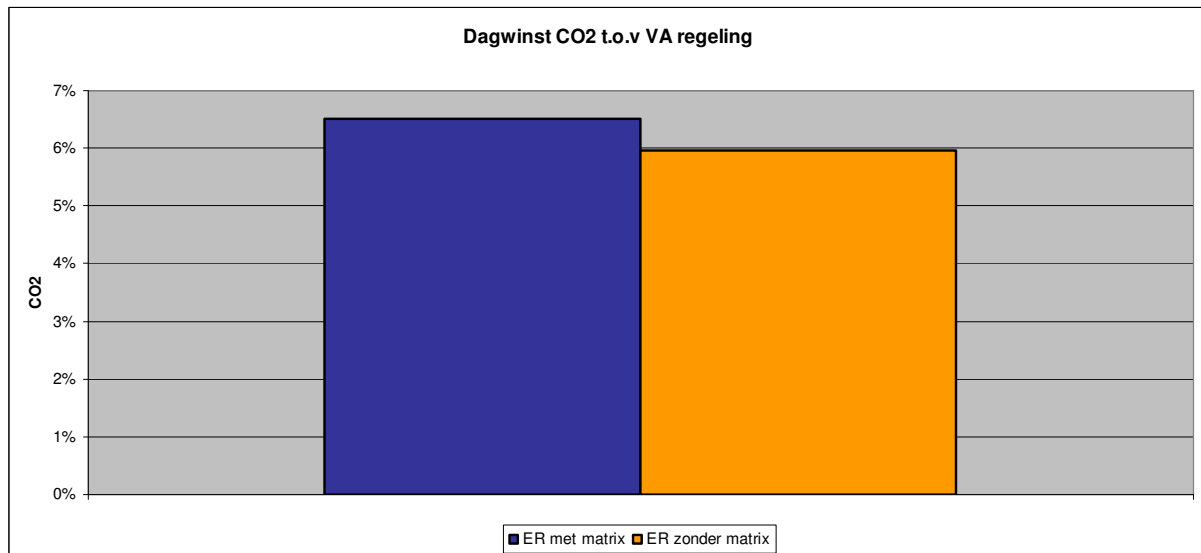
1. Voertuigafhankelijke regeling;
2. EverGreen module met matrixsignaalgevers;
3. EverGreen module zonder matrixsignaalgevers.

Het onderscheid tussen met en zonder matrixsignaalgevers is aangebracht om inzicht te krijgen in de effecten van de module als er geen dure matrixsignaalgevers geplaatst worden. Doel van het pilot project is immers ook om een relatief goedkope module te maken, die makkelijk is te implementeren in bestaande regelingen. Paragraaf 3.1 beschrijft de effecten op emissie van de module met en zonder matrixsignaalgevers ten opzichte van de voertuigafhankelijke regeling. Paragraaf 3.2 gaat in op de effecten op de doorstroming.

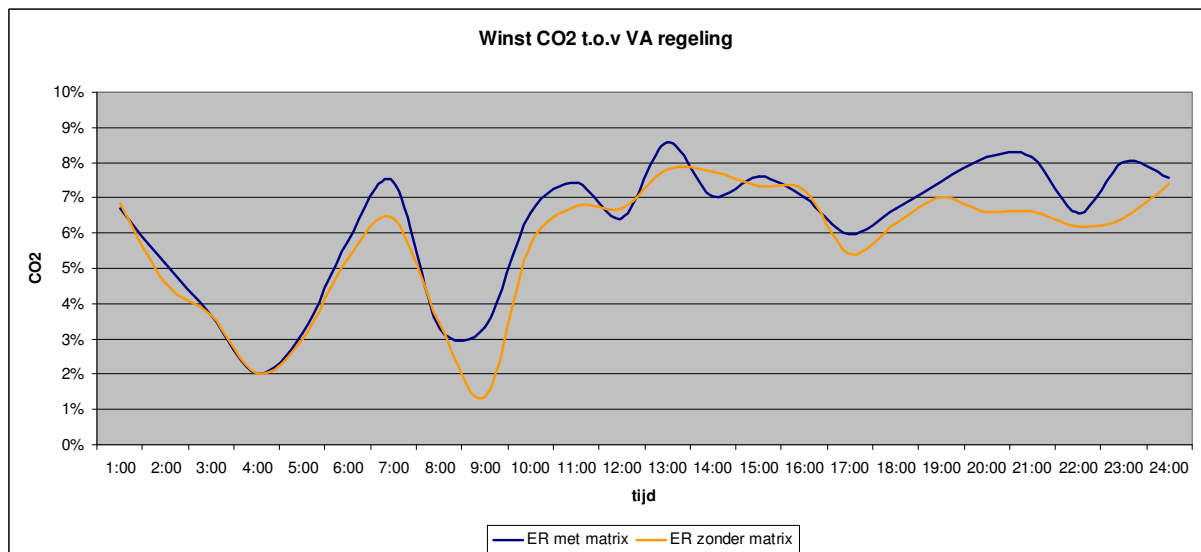
### 3.1 Effecten op emissie

Met behulp van simulatie hebben we de effecten in kaart gebracht van de drie varianten op de uitstoot van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub>.

De figuren 9 en 10 tonen de effecten op de uitstoot van CO<sub>2</sub>.



Figuur 9: Dagwinst CO<sub>2</sub> ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling



Figuur 10: Winst CO<sub>2</sub> ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling over de dag

In het kort:

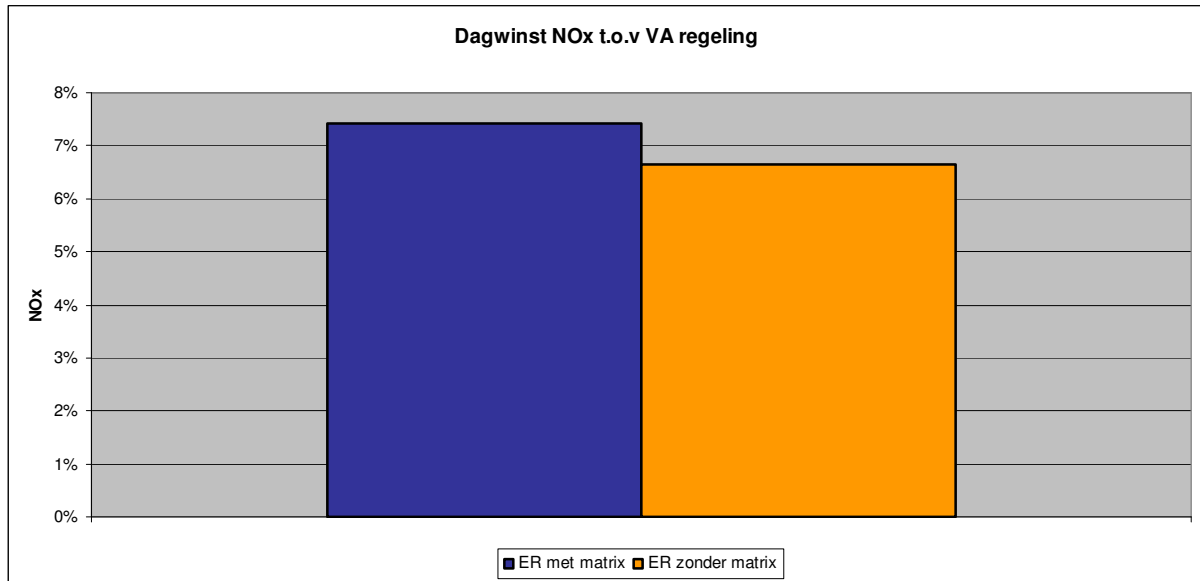
- 6,5% minder uitstoot met EverGreen met matrixsignaalgevers;
- 6% minder uitstoot met EverGreen zonder matrixsignaalgevers.

Opvallend:

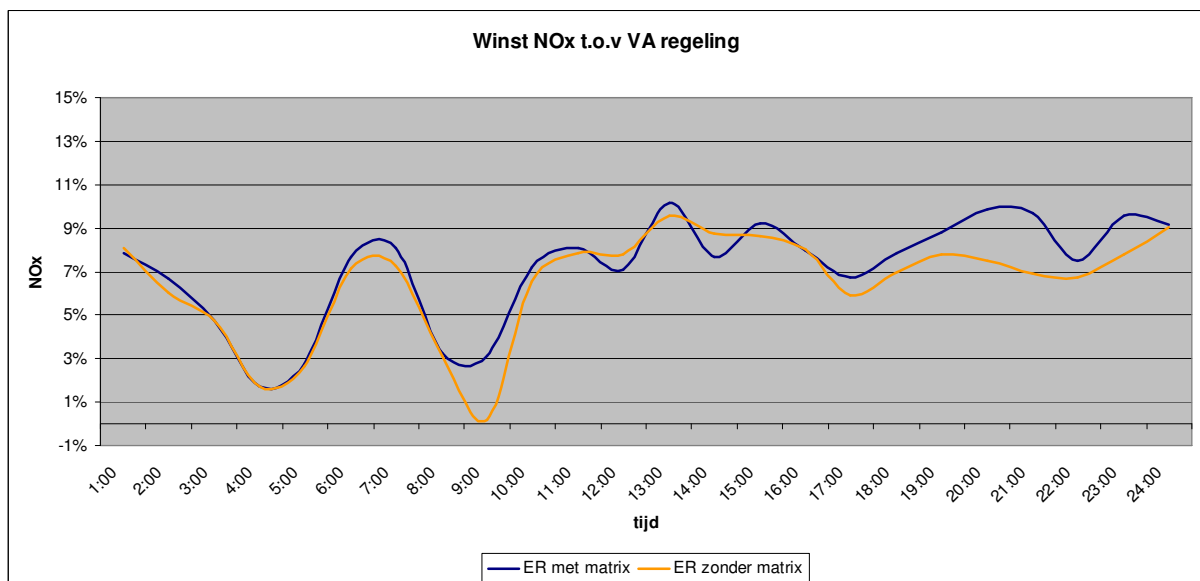
- Weinig verschil in effect tussen de module met en zonder signaalgevers;
- 's Nachts en bij oververzadiging (einde ochtendspits) zijn de effecten minimaal.



De figuren 11 en 12 tonen de effecten op de uitstoot van NOx.



Figuur 11: Dagwinst NOx ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling



Figuur 12: Winst NOx ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling over de dag

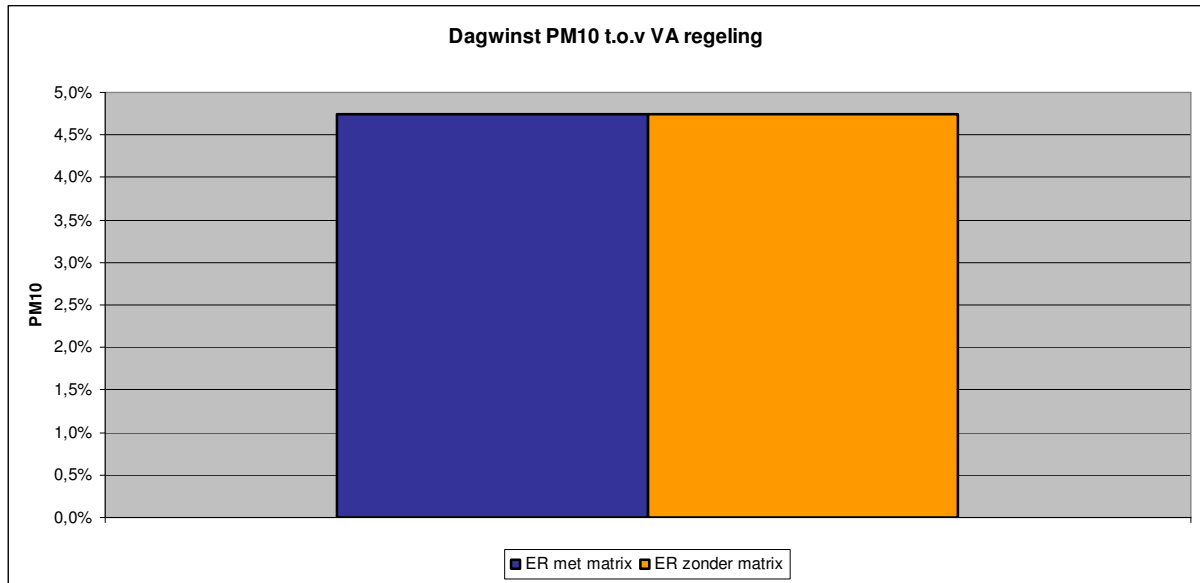
In het kort:

- 7,5% minder uitstoot met EverGreen met matrixsignaalgevers;
- 6,5% minder uitstoot met EverGreen zonder matrixsignaalgevers.

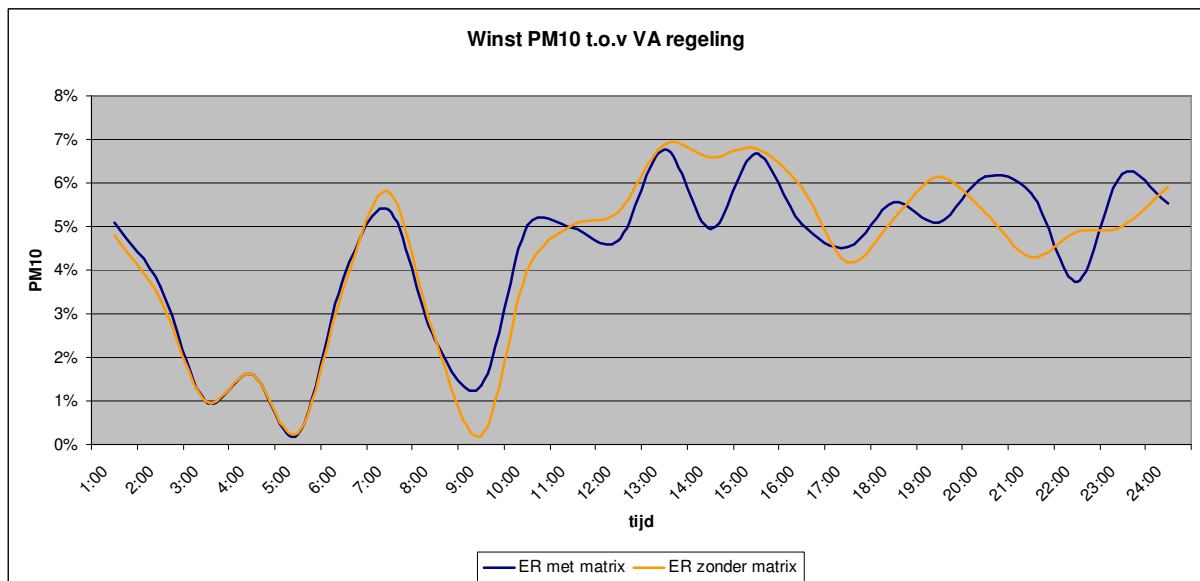
Opvallend:

- Weinig verschil in effect tussen de module met en zonder signaalgevers;
- 's Nachts en bij oververzadiging (einde ochtendspits) zijn de effecten minimaal.

De figuren 13 en 14 geven de effecten weer op de uitstoot van PM10.



Figuur 13: Dagwinst PM10 ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling



Figuur 14: Winst PM10 ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling over de dag

In het kort:

- 4,75% minder uitstoot met EverGreen met matrixsignaalgevers;
- 4,75% minder uitstoot met EverGreen zonder matrixsignaalgevers.

Opvallend:

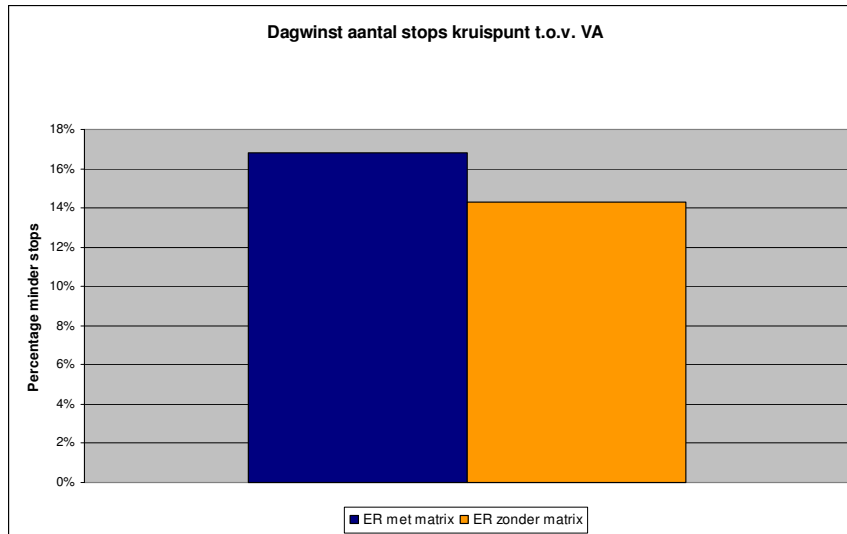
- Percentage winst is kleiner dan percentages winst CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>;
- Geen verschil in effect tussen de module met en zonder signaalgevers;
- 's Nachts en bij oververzadiging (einde ochtendspits) zijn de effecten minimaal.

### 3.2 Effecten op doorstroming

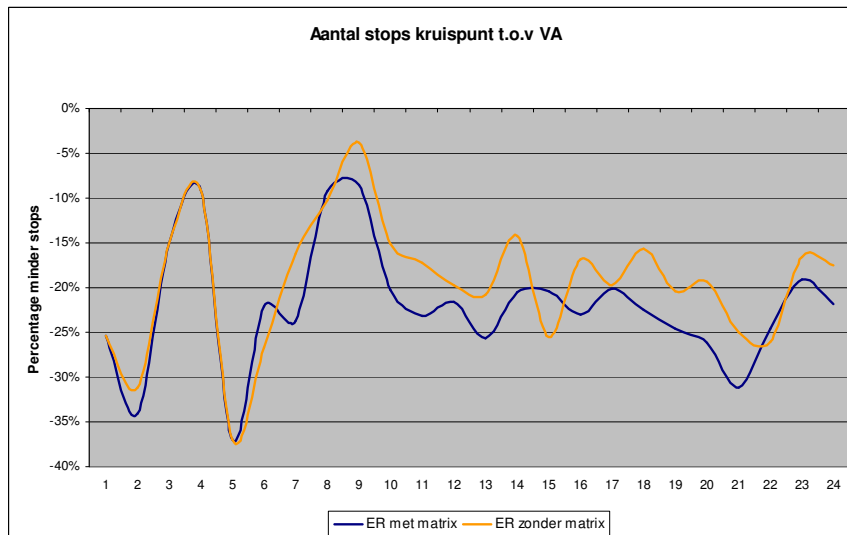
Om de effecten op doorstroming in beeld te brengen, hebben we de drie varianten vergeleken op de volgende aspecten:

- Aantal stops;
- Reistijden;
- Wachtrijlengtes.

Het effect op het aantal stops is te zien in de figuren 15 en 16.



Figuur 15: Dagwinst aantal stops ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling

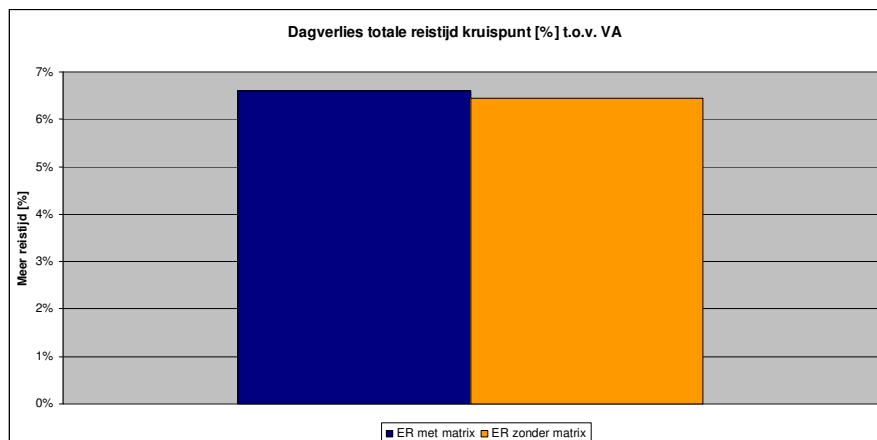


Figuur 16: Percentage minder stops t.o.v. voertuigafhankelijke regeling over de dag

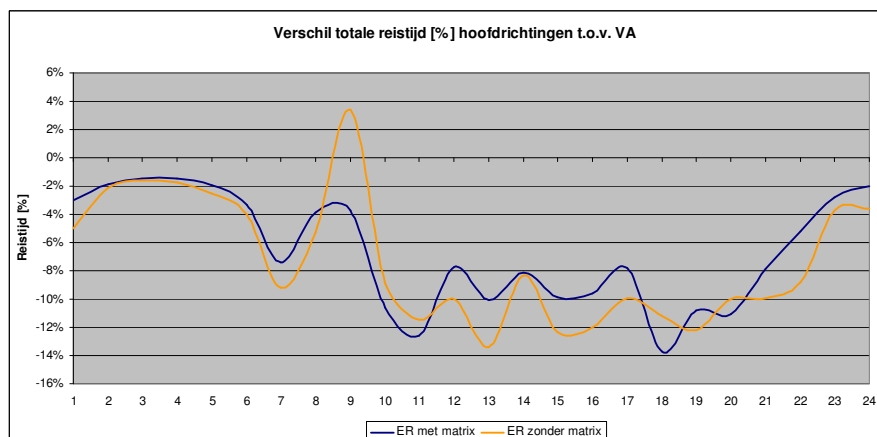
In het kort:

- 17% minder stops met EverGreen met matrixsignaalgevers;
- 14% minder stops met EverGreen zonder matrixsignaalgevers.
- Opvallend: 's nachts en bij oververzadiging (einde ochtendspits) zijn de effecten minimaal.

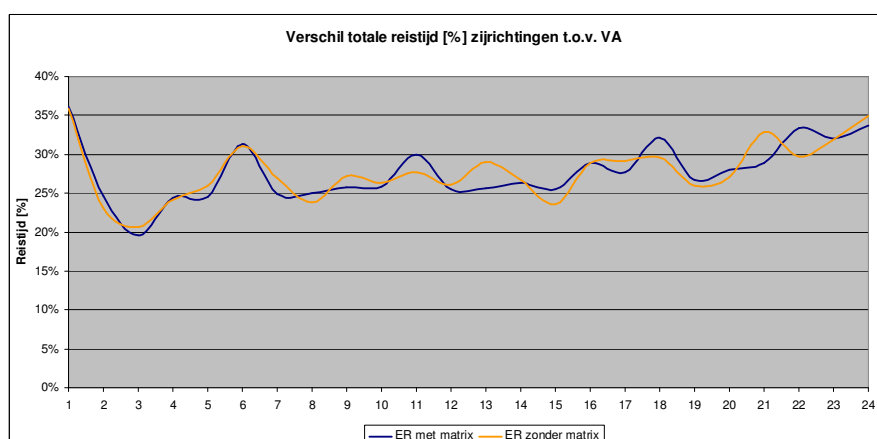
Het effect op reistijden is weergegeven in de figuren 17, 18 en 19.



Figuur 17: Dagverlies totale reistijd kruispunt ten opzichte van voertuigafhankelijke regeling



Figuur 18: Verschil totale reistijd (%) hoofdrichtingen t.o.v. voertuigafhankelijke regeling

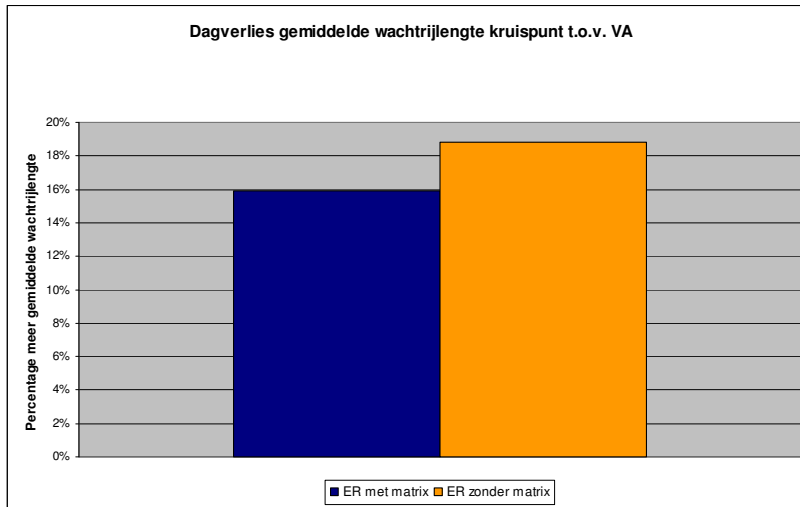


Figuur 19: Verschil totale reistijd (%) zijrichtingen t.o.v. voertuigafhankelijke regeling

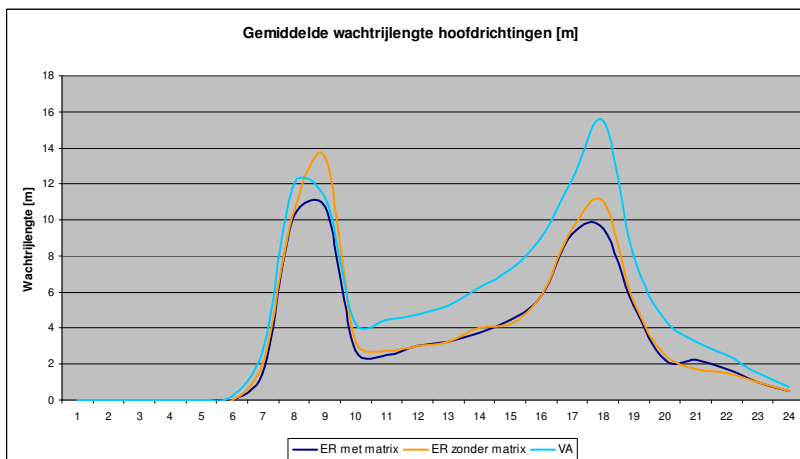
Kortom:

- 6,5% langere reistijden met EverGreen;
- Reistijden vanaf de hoofdrichtingen zijn aanzienlijk beter gezien over de dag;
- Reistijden vanaf de zijrichtingen zijn aanzienlijk slechter gezien over de dag.

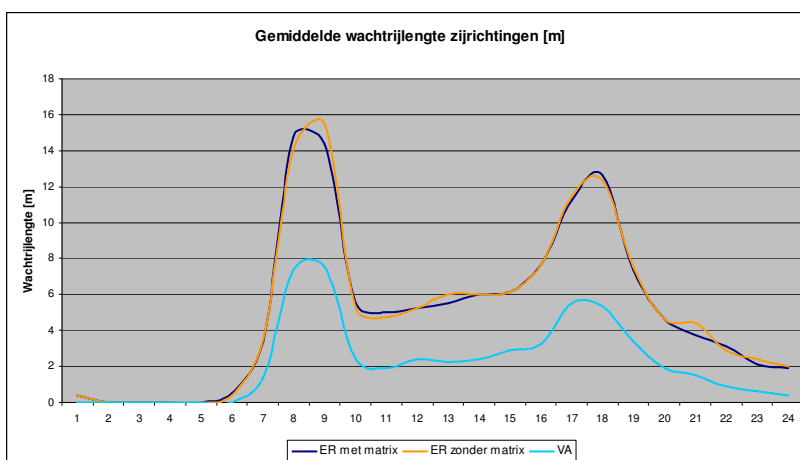
Het effect op wachtrijlengtes is te zien in de figuren 20, 21 en 22.



Figuur 20: Dagverlies gemiddelde wachtrijlengte kruispunt t.o.v. VA regeling



Figuur 21: Verschil gemiddelde wachtrijlengte (m) hoofdrichtingen t.o.v. VA regeling



Figuur 22: Verschil gemiddelde wachtrijlengte (m) zijrichtingen t.o.v. VA regeling

Kortom:

- Gemiddeld 16% langere wachtrijen met EverGreen module met signaalgevers;
- Gemiddeld 18,5 % langere wachtrijen met EverGreen module zonder signaalgevers;
- Gemiddelde wachtrijlengte is korter op de hoofdrichtingen met de EverGreen module;
- Gemiddelde wachtrijlengte is langer op de zijrichtingen met de EverGreen module.

#### **4. Conclusies en doorkijk naar verdere ontwikkeling**

Het pilot project is nog niet volledig afgerond. Ten aanzien van de doelstellingen van het project kunnen we echter al wel enkele conclusies trekken. Ter herinnering, de doelstellingen van het project zijn:

1. het leveren van een bijdrage aan de verbetering van de luchtkwaliteit op kruispuntniveau;
2. het ontwikkelen van een emissie reducerende functionaliteit bij verkeersregelininstallaties, die direct en eenvoudig kan worden geïmplementeerd in andere verkeerslichtenregelingen in Nederland.

Middels simulatie is aangetoond dat met de EverGreen module 6 tot 7% minder CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> uitstoot ontstaat in vergelijking met een voertuigafhankelijke regeling. Voor PM<sub>10</sub> geldt een percentage van 4 tot 5%. De winst ontstaat door het verminderen van het aantal stops op de hoofdrichting. De module voldoet aan de eerste doelstelling van het project. “Mitsen en maren” zijn er ook. De vermindering van het aantal stops en de verbetering van de doorstroming op de hoofdrichtingen gaat ten koste van de doorstroming op de zijrichtingen. Wachtrijlengtes en reistijden vanaf deze richtingen nemen toe.

De tweede doelstelling lijkt ook bereikt. Zoals het er nu naar uitziet kan de module direct en eenvoudig in een bestaande CCOL regeling worden ingebouwd. De EverGreen module met matrixsignaalgevers vergt echter wel een aanzienlijke investering. Hoopgevend is dat de module ook toepasbaar is zonder de dure matrixsignaalgevers. Met deze variant ontstaat ook reductie in emissie.

Daarnaast sorteren we met deze module voor op de opkomst van in-car toepassingen. Deze module is namelijk uitermate geschikt om snelheidsadviezen vanuit solitaire verkeersregelingen naar een in-car unit te sturen. In feite is een in-car toepassing zelfs beter geschikt dan de matrixsignaalgevers, omdat met een in-car toepassing de weggebruiker geïnformeerd kan worden over de eventuele bijstelling van een snelheidsadvies.

Als gezegd is de pilot nog niet afgerond. Vanaf eind oktober is de module operationeel op de proeflocatie. Vanaf dat moment verzamelen we op straat data om de prestatie van de module te kunnen beoordelen. We vergelijken deze data met verzamelde data tijdens de periode dat de voertuigafhankelijke regeling operationeel was. Daarnaast gaan wij verder met het ontwikkelen van de module en voeren we aanvullende onderzoek uit om vast te stellen op welk type kruispunt de module het meeste effect sorteert. We vermoeden dat de effecten het grootst zijn op kruispunten met overheersende hoofdrichtingen en lage intensiteiten op zijrichtingen. Voorbeelden van trajecten in Brabant zijn de N65 tussen Tilburg en Den Bosch en de N261 tussen Tilburg en Waalwijk. Op deze trajecten zijn de afstanden tussen de

kruispunten te groot om een groene golf te realiseren. Gevolg is dat het verkeer solitair geregeld moet worden. Met de EverGreen module kunnen de hoofdrichtingen faciliteiten krijgen, die horen bij het verschil in prioriteit tussen de hoofdweg en de zijrichtingen. Dit komt niet alleen tot uitdrukking in een betere doorstroming voor de hoofdrichting, maar ook zeker in een stuk extra comfort dat de weggebruikers ervaren met de module. Onderzoeken naar acceptatie van snelheidsadvisering ter hoogte van verkeerslichten tonen namelijk aan dat weggebruikers de toepassing als prettig ervaren en het graag op meerdere locaties zien werken. Zo snijdt het mes aan twee kanten.