



Provincie Noord-Brabant

Effecten TOVERgroen

RAPPORT

25 mei 2004

Provincie Noord-Brabant

Effecten TOVERgroen

RAPPORT, 25 mei 2004

Opdrachtgever

Provincie Noord-Brabant
Postbus 90151
5200 MC 's-Hertogenbosch

Contactpersoon opdrachtgever:

G. van der Burgt

Opdrachtnemers:

AGV Adviseurs in mobiliteit



Arane Adviseurs in verkeer en vervoer



Contactpersonen opdrachtnemers:

Namens AGV:

A. Mouwen

Namens Arane:

ing. P.I.J. Weiland

ing. G. Quirijns

Inhoud

De provincie Noord-Brabant wil zakelijk / economisch verkeer faciliteren. Het toepassen van groenverlenging voor vrachtverkeer (TOVERgroen) is in dat kader een maatregel die op twee proeflocaties is gerealiseerd. Deze rapportage beschrijft de verkenning van de effecten van TOVERgroen.

Trefwoorden

Provincie Noord-Brabant, Dynamisch Verkeersmanagement, Groenverlenging, Vrachtverkeer, Verkenning

Rapport 03106-039

25 mei 2004

INHOUD

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel van de studie	2
1.3	Beschikbaarheid onderzoeksgegevens	2
1.4	Opbouw van het rapport	2
2	Onderzoeksopzet	3
2.1	Onderzoeksvragen	3
2.2	Onderzoeksopzet locatie N261	3
2.2.1	Dataverzameling	3
2.2.2	Analysemethodiek	4
2.3	Onderzoeksopzet locatie N629	6
2.3.1	Dataverzameling	6
2.3.2	Analysemethodiek	6
2.4	Onderzoeksopzet communicatie	7
3	Resultaten locatie N261 (Bevrijdingsweg)	8
3.1	Werking TOVERgroen	8
3.2	Positieve effecten TOVERgroen	9
3.2.1	Vermindering verliestijd bij startgroen	9
3.2.2	Vermindering roodlichtnegatie TOVERgroen richting	10
3.3	Negatieve effecten TOVERgroen	11
3.3.1	Verhoging wachttijd TOVERgroen en overige richtingen	11
3.3.2	Verhoging roodlichtnegatie conflicterende richtingen	12
3.3.3	Vermindering groenrealisaties	13
3.4	Resultaten N261	13
4	Resultaten locatie N629 (Hoogstraat)	15
4.1	Werking Tovergroen	15
4.2	Positieve effecten TOVERgroen	16
4.2.1	Vermindering verliestijd bij startgroen	16
4.3	Negatieve effecten TOVERgroen	17
4.3.2	Verhoging wachttijd TOVERgroen en overige richtingen	17
4.3.3	Vermindering groenrealisaties	19
4.4	Conclusie resultaten N629	20
5	Kosteneffectiviteit	21
5.1	Berekening kosteneffectiviteit	21
5.2	Vergelijking haalbaarheidsonderzoek	23
5.3	Kosteneffectiviteit onderzoeksperiode	23

6	Ervaring TOVERgroen en overige effecten.....	25
6.1	Enquête vrachtwagenchauffeurs	25
6.1.1	Duidelijkheid informatiepaneel	25
6.1.2	Werking informatiepaneel	25
6.1.3	Tevredenheid vrachtwagenbestuurder	26
6.2	Verkeersveiligheid, milieu en rijcomfort	26
6.2.1	Verkeersveiligheid	26
6.2.2	Milieu	28
6.2.3	Rijcomfort	29
7	Conclusies en aanbevelingen.....	30
7.1	Conclusies	30
7.2	Aanbeveling	31

Bijlagen:

1. Overzicht kruispunten
2. Roodlichtrijders N261
3. Wachttijden N261
4. Enquête

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De provincie Noord-Brabant heeft de ambitie om zakelijk verkeer, en dan vooral het zwaar verkeer, te faciliteren op haar wegen. Gesteld wordt dat vanuit economisch oogpunt een verplaatsing van zwaar verkeer altijd een zakelijke verplaatsing is, terwijl dat bij een personenauto verplaatsing niet altijd hoeft te zijn. De provincie heeft deze ambitie vastgelegd in het huidige Provinciaal Verkeers- en Vervoersplan (PVVP).

Binnen Dynamisch VerkeersManagement (DVM) is gezocht naar mogelijkheden om deze ambitie te verwezenlijken, zonder dat daarvoor de weginfrastructuur moet worden aangepast. Eén van de mogelijkheden om zwaar verkeer te faciliteren is het op een dusdanige wijze aanpassen van de programmering van de verkeersregelinstallaties (VRI's), zodat het groen voor zwaar vrachtverkeer op de gewenste richting wordt verlengd.

Met de toepassing van 'TOVERgroen', dat staat voor 'TOepassen Voorzieningen voor vrachtverkeER – groenverlenging voor zwaar verkeer bij verkeersregelinstallaties', wordt het vrachtverkeer gefaciliteerd door het geven van een zogenaamde groene golf in combinatie met gerichte communicatie via informatiepanelen.

Figuur 1: TOVERgroen in werking op locatie N261



Uit een aantal locaties heeft de Provincie Noord-Brabant twee locaties geselecteerd voor de realisatie van TOVERgroen. Deze keuze is gebaseerd op basis van de volgende argumenten:

- De proeflocatie dient een wegwitrusting en verkeersstromen te kennen die karakteristiek zijn voor een provinciale weg in de provincie Noord Brabant.
- Een belangrijk aandeel van het verkeer dient te bestaan uit vrachtverkeer (of touringcars).
- De wens om TOVERgroen op twee verschillende soorten locaties (kruispunten met een 2x1 en een 2x2 inrichting) toe te passen.

Als proeflocatie voor de realisatie van TOVERgroen zijn gekozen:

1. Verkeersregelininstallatie Bevrijdingsweg – N261 te Waalwijk (2x2 rijstroken, TOVERgroen in één richting, zie figuur 1);
2. Verkeersregelininstallatie Hoogstraat – N629 te Oosterhout (2x1 rijstrook, TOVERgroen in twee richtingen).

Provincie Noord-Brabant heeft AGV opdracht verleend de werking van TOVERgroen te evalueren. De verkenning is uitgevoerd door medewerkers van Arane, die ten tijde van de opdrachtverstrekking werkzaam waren bij AGV.

1.2 Doel van de studie

De provincie Noord-Brabant heeft behoefte aan inzicht in de positieve en negatieve effecten van TOVERgroen op de afwikkeling van het verkeer op met verkeersregelininstallaties geregelde kruispunten van het provinciaal wegennet, om zodoende te beoordelen of TOVERgroen een maatregel is die op grotere schaal kan worden toegepast.

1.3 Beschikbaarheid onderzoeksgegevens

In het offertetraject van de studie heeft AGV als uitgangspunt gehanteerd dat het effect van TOVERgroen alleen op een juiste wijze kan worden bepaald, als kan worden beschikt over een grote hoeveelheid (digitaal verkregen) gegevens. Daarvan uitgaande is het plan van aanpak opgesteld. Het eerste analyseplan na opdrachtverstrekking ging hier eveneens vanuit. De techniek heeft het echter niet mogelijk gemaakt grote hoeveelheden gegevens digitaal te ontlenen uit de verkeersregelininstallaties en de kwaliteitscentrale. Het vergaren van de onderzoeksdata is manueel uitgevoerd en (voor zowel opdrachtgever als opdrachtnemer) een tijdrovend proces gebleken. Uiteindelijk is voor beide locaties een beperkte set data met onderzoeksgegevens beschikbaar gekomen. De consequentie hiervan is dat in de studie is gezocht naar een methode waarbij met een beperkte hoeveelheid onderzoeksgegevens toch een statische onderbouwing van de resultaten kan worden gegeven. In hoofdstuk twee wordt de toegepaste onderzoeksmethodiek nader toegelicht.

1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 is beschreven hoe het verkenningonderzoek is opgezet op basis van de beschikbare gegevensbronnen. In de hoofdstukken 3 en 4 worden de resultaten van de analyses van de onderzochte locaties N261 (3) en N629 (4) behandeld. In hoofdstuk 5 is de kosteneffectiviteit van TOVERgroen bepaald. Hoofdstuk 6 beschrijft de uitkomsten van de gehouden enquête en geeft een beschouwing van de effecten van TOVERgroen op de verkeersveiligheid, het milieu en het rijcomfort. Tot slot zijn in hoofdstuk 7 de conclusies beschreven en zijn enkele aanbevelingen verbonden.

2 Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk is de opzet van het onderzoek uiteengezet. De onderzoeksmethode is aan de hand van de onderzoeksvragen gekoppeld aan indicatoren en de te gebruiken gegevensbronnen. Vervolgens is ingegaan op de verwerking van de gegevens.

2.1 Onderzoeksvragen

In de inleiding is het doel van de inzet van TOVERgroen beschreven en is in algemene zin het onderzoeksdoel aangegeven. Het algemene onderzoeksdoel is vertaald tot de volgende vier onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de positieve en negatieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer bij een verkeersregelininstallatie op één rijrichting, waarbij de provinciale weg is ingericht met 2x2 rijstroken (N261)?
2. Wat zijn de positieve en negatieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer bij een verkeersregelininstallatie op twee rijrichtingen, waarbij de provinciale weg is ingericht met 2x1 rijstrook (N629)?
3. Is het gebruiken van de dynamische informatiepanelen een juiste methode om de werking van TOVERgroen te communiceren aan de weggebruiker (enquête)?
4. Heeft TOVERgroen effect op de verkeersveiligheid, het milieu en het rijcomfort?

De eerste drie onderzoeksvragen zijn gerelateerd aan onderstaande gegevensbronnen:

- Data uit de verkeersregelininstallatie op de N261;
- Data uit de kwaliteitscentrale van de locatie N629;
- Een onder vrachtwagenchauffeurs uitgevoerde enquête.

Per gegevensbron is aangegeven op welke wijze dataverzameling heeft plaatsgevonden en de methodiek die is toegepast om antwoord te krijgen op de onderzoeksvragen.

2.2 Onderzoeksopzet locatie N261

Het kruispunt van de N261 met de Bevrijdingsweg is een T-splitsing (Tilburg-Waalwijk). De N261 heeft in beide rijrichtingen 2 rijstroken (zie bijlage 1). TOVERgroen is toegepast op richting 2, vanuit Waalwijk gezien, de rechtdoorgaande rijrichting naar Tilburg. Voor het onderzoek zijn twee metingen op de locatie uitgevoerd, een 0-meting (TOVERgroen uitgeschakeld) en een 1-meting (TOVERgroen ingeschakeld).

2.2.1 Dataverzameling

De data van de 0-meting is verzameld uit een periode van enkele werkdagen in week 19 van 2003 en de data van de 1-meting is afkomstig uit week 16 van het jaar 2003. De gegevens zijn lokaal verzameld met de VRI. In het verkeersregelprogramma op de locatie N261 – Bevrijdingsweg zijn verschillende tellingen uitgevoerd (waaronder roodlichtnegatie). Daarnaast is extra software aan het verkeersregelprogramma toegevoegd om specifiek voor TOVERgroen enkele indicatoren te kunnen loggen. Voor het onderzoek zijn de volgende indicatoren beschikbaar:

- Intensiteiten per richting;
- Aantal roodlichtrijders per richting;
- Aantal vrachtwagens op richting 2;
- Aantal vrachtwagens tijdens groen op richting 2;
- Aantal vrachtwagens tijdens groen dat TOVERgroen op richting 2 activeert;

- Aantal maal dat het meer dan 3 seconde duurt voordat de detectielus voorbij de stopstreep voor de eerste keer wordt vrijgemaakt ('3 seconde indicator').
- Gemiddelde duur groen per realisatie
- Gemiddelde duur TOVERgroen per realisatie
- Het aantal groenrealisaties per richting per 5 minuten
- De gemiddelde maximale wachttijden per richting

De volgende indicatoren behoeven toelichting:

Roodlichtrijder

Een voertuig wordt als roodlichtrijder geregistreerd indien 1 seconde na startrood de koplus voor de stopstreep afvalt.

3 seconde indicator

Indien TOVERgroen is ingeschakeld wordt verwacht dat het minder vaak voorkomt dat een vrachtwagen voor de stopstreep wordt gevangen. Immers de TOVERgroen ingreep zorgt ervoor dat een vrachtwagen het groen verlengt en aan het einde van de groenperiode kan doorrijden. Een vrachtwagen trekt langzamer op waardoor verliestijden ontstaan. Met behulp van de '3 seconden indicator' is gemeten hoe vaak het voorkomt dat na startgroen het langer dan 3 seconden duurt voordat het eerste hiaat op de detectielus direct na de stopstreep wordt gemeten. De 3 seconde indicator geeft aan hoe vaak het per 5 minuten voorkomt dat een vrachtauto vooraan uit de wachtrij optrekt.

Gemiddelde maximale wachttijd

De maximale wachttijd is de wachttijd die het eerste voertuig dat na startrood komt aanrijden oploopt tot aan startgroen. Van het tijdsinterval van 5 minuten wordt vervolgens het gemiddelde van de maximale wachttijden van die richting berekend.

2.2.2 Analysemethodiek

Om te komen tot een set bruikbare data en verantwoorde uitspraken te kunnen doen, is gekozen het effect van TOVERgroen per intensiteitklasse te bepalen. Ongeacht het moment van de dag en de invloed van het seizoen kunnen vanwege het gebruik van klassen uitspraken worden gedaan en kunnen de resultaten van de steekproefwaarnemingen op een betrouwbare manier worden vergeleken.

Het is gewenst de klassenindeling te maken op basis van de maatgevende kruispuntbelasting. Omdat niet van alle richtingen de daarvoor benodigde gegevens beschikbaar zijn voor dit kruispunt de klassen op een andere manier bepaald. De klassenindeling is vastgesteld aan de hand van de richting met de hoogste intensiteit. De intensiteiten zijn met een interval van 20 minuten gemeten. De overige indicatoren zijn beschikbaar met een interval van 5 minuten. Om deze reden zijn 4 opvolgende intervallen voorzien van dezelfde intensiteitklasse. De klassen zijn dusdanig gekozen dat de veronderstelde intensiteitafhankelijkheden beperkt zijn. Iedere klasse dient voldoende waarnemingen te bevatten om verantwoorde uitspraken te kunnen doen. Voor deze locatie is gebruik gemaakt van de volgende klassenindeling:

Tabel 1: Klassenindeling richting 8 (intensiteiten / 20 minuten)

nr	van	tot
1	0	150
2	150	300
3	300	450
4	450	600
5	>600	

Door het gebruik maken van klassen ontstaat een “databak”. De ‘databak’ dient als basis voor het uitvoeren van de zogenaamde “verschiltoets”. Met deze toets wordt de statistische onderbouwing geleverd voor de gevonden resultaten. Met de ‘verschiltoets’ kan worden onderzocht of de resultaten van twee verschillende series waarnemingen (voor en nameting) mogelijk wijzen op onderlinge verschillen. Het kunnen uitvoeren van de ‘verschiltoets’ is niet afhankelijk van de omvang van een steekproef (het aantal waarnemingen uit de voormeting hoeft niet gelijk te zijn aan het aantal waarnemingen uit de nameting)¹.

De uitkomst van een dergelijke toets is of de ene situatie significant verschilt ten opzichte van de andere. De toets is dusdanig uitgevoerd dat de uitspraken op basis van de toets kunnen worden gedaan met een betrouwbaarheid van de 95%. De 95%-waarde is een waarde die in de meest onderzoeken wordt gebruikt bij het doen van uitspraken. Het nadeel van een beperkte set data is echter dat een klein aantal waarnemingen, gegeven de betrouwbaarheid van 95%, niet snel een significant verschil zal laten zien.

Onderzoeksvraag 1 is opgesplitst in een tweetal subvragen. Om antwoord te kunnen geven op de subvragen zijn een aantal stellingen (hypotheses) geformuleerd. Aan deze hypothesen zijn de indicatoren uit de dataverzameling gekoppeld. Hiermee is met behulp van de ‘verschiltoets’ onderzocht of er verschillen waarneembaar zijn tussen de voor- en nasituatie (met en zonder toepassing van TOVERgroen).

(sub)onderzoeksvragen gekoppeld aan hypothesen en indicatoren

1. Wat zijn de positieve en negatieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer bij een verkeersregelininstallatie op één rijrichting, waarbij de provinciale weg is ingericht met 2x2 rijstroken?

1.1 Wat zijn de positieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer?

Hypothese: Omdat vrachtwagens niet meer vooraan in de wachtrij staan, leidt het toepassen van TOVERgroen tot minder verliestijd na startgroen (indicator: ‘3 seconde regel’).

Hypothese: Het toepassen van TOVERgroen leidt tot een vermindering van het aantal roodlichtrijders op de TOVERgroenrichting (indicator: roodlichtnegatie).

1.2 Wat zijn de negatieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer?

Hypothese: Toepassing van TOVERgroen leidt tot verhoging van de wachttijden op de TOVERgroen richting en het overige (conflicterende) verkeer (indicator: wachttijd).

Hypothese: Toepassing van TOVERgroen leidt tot een verhoging van roodlichtnegatie op de andere richtingen omdat dit verkeer langer moet wachten op een beurt (indicator: roodlichtnegatie).

¹ Bron: statistiek om mee te werken, Buijs 1996

Hypothese: Toepassing van TOVERgroen leidt tot een vermindering van het aantal groenrealisaties als gevolg van een verlengde cyclustijd. (indicator: aantal groenrealisaties TOVERgroen en overige richtingen)

2.3 Onderzoeksopzet locatie N629

De N629 is, ter hoogte van de kruising met de Hoogstraat, voorzien van een profiel van 2x1 rijstrook (zie bijlage 1). De zijrichtingen zijn zeer licht belast. TOVERgroen is toegepast op de hoofdrichtingen 2 en 8. Voor het onderzoek zijn twee metingen uitgevoerd, een 0-meting (TOVERgroen uitgeschakeld) en een 1-meting (TOVERgroen ingeschakeld).

2.3.1 Dataverzameling

De data van de 0-meting is verzameld uit een periode van enkele werkdagen van week 4 2004, de data van de 1-meting is afkomstig uit week 44 van het jaar 2003. De basisgegevens (in- en uitgangen) zijn verzameld met de verkeersregelininstallatie. Met behulp van de kwaliteitscentrale (KWC) zijn deze zogenaamde measured values (MV) uit de VRI beschikbaar. Met de kwaliteitcentrale zijn vervolgens van de MV-bestanden calculated values (CV), dus berekende waarden, gemaakt. Verschil met de N261 is dat voor die locatie specifieke indicatoren in het regelprogramma zijn geprogrammeerd. Met de kwaliteitscentrale konden alleen beschikbare MV's en CV's worden gebruikt voor de verkenning.

Voor de verkenning is gekozen gebruik te maken van de volgende indicatoren:

- Intensiteiten per richting
- Aantal vrachtwagens
- Aantal vrachtwagens + groen + TOVERgroensignaal
- Het aantal groenrealisaties per richting
- De gemiddelde wachttijden per richting
- Startgroen & koplusdata (koplus-indicator)

Laatst genoemde indicator heeft een toelichting:

Uit de logging van de VRI is voor beide TOVERgroenrichtingen afgeleid op welke seconde startgroen is gegeven. Tevens is het tijdstip geregistreerd waarop de koplus van de richting afvalt. Het verschil tussen genoemde tijdstippen geeft aan het optrekverlies van de het voertuig dat voor de stopstreep staat. Verwacht wordt dat indien een vrachtwagen voor de stopstreep staat het langer duurt wanneer de koplus afvalt.

2.3.2 Analysemethodiek

Voor de analyse van de beschikbare gegevens is gebruik gemaakt van dezelfde methodiek als beschreven in paragraaf 2.2.2. Bij het bepalen van de klassenindeling is gebruik gemaakt van de totale kruispuntbelasting. Als eerst is bepaald wat de kruispuntbelasting is bij de zwaarst gemeten belasting. Met de formule van Webster is bepaald dat de maximale kruispuntbelasting van de maatgevende conflictgroep ongeveer 0,73 is (0,90 is de maximale conflictbelasting). Omdat is gebleken dat het kruispunt niet overbelast is, zijn klassen opgesteld die een verdeling maakt van de zwaar tot een laag belast kruispunt. Dit heeft geleid tot de volgende klassenindeling:

Tabel 2: Klassenindeling maatgevende kruispuntbelasting (intensiteiten / 20 minuten)

nr	van	tot
1	0	125
2	125	250
3	250	375
4	375	500
5	>500	

Voor locatie 2 is de onderzoeksvraag vertaald tot de volgende hypothesen:

2. Wat zijn de positieve en negatieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer bij een verkeersregelininstallatie op twee rijrichtingen, waarbij de provinciale weg is ingericht met 2x1 rijstrook?

2.1 Wat zijn de positieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer?

Hypothese: Omdat vrachtwagens niet meer vooraan in de wachtrij staan, leidt het toepassen van TOVERgroen tot minder verliestijd na startgroen (indicator: “koplus-indicator”)

2.2 Wat zijn de negatieve effecten van het faciliteren van het zwaar verkeer?

Hypothese: Toepassing van TOVERgroen leidt tot verhoging van de wachttijden op de TOVERgroen richtingen en het overige (conflicterende) verkeer (indicator: wachttijd).

Hypothese: Toepassing van TOVERgroen leidt tot een vermindering van het aantal groenrealisaties als gevolg van een verlengde cyclustijd (indicator: aantal groenrealisaties TOVERgroen en overige richtingen).

2.4 Onderzoekopzet communicatie

Het functioneren van TOVERgroen is in belangrijke mate afhankelijk van de wijze waarop de ingreep wordt duidelijk gemaakt aan de weggebruiker. Daarnaast is het van belang of de weggebruiker vertrouwen heeft in werking van de ingreep. Met behulp van een enquête is onder andere achterhaald of de informatie die via het paneel wordt verstrekt aan de weggebruiker begrijpelijk is en of de weggebruiker ernaar handelt. Via vervoersorganisatie Transport en Logistiek Nederland (TLN) zijn de enquêtes verspreid onder vervoerders die bekend zijn in de regio (locatie N261). Dit heeft een respons opgeleverd van 65 enquêtes.

Op basis van de enquête is het mogelijk antwoord te geven op onderzoeksvraag 3. Deze vraag is opgedeeld in een drietal subvragen.

3. Is het gebruiken van de dynamische informatiepanelen een juiste methode om de werking van TOVERgroen te communiceren aan de weggebruiker (enquête)?

3.1 Wordt het doel van het informatiepaneel (de eerste keer) begrepen?

3.2 Is het paneel een goede manier van informeren?

3.3 Hoe wordt de werking van TOVERgroen ervaren?

3 Resultaten locatie N261 (Bevrijdingsweg)

3.1 Werking TOVERgroen

Als eerst is algemeen gekeken naar de werking van TOVERgroen op de locatie N261. Met behulp van het detectieveld van TOVERgroen (300 meter voor de stopstreep) is voor zowel de voor- als de nameting gemeten wat het aanbod is van vrachtverkeer tijdens groen. In de nameting zal dit signaal leiden tot een TOVER ingreep. In onderstaande tabel is aangegeven het percentage vrachtverkeer (100%) op de TOVERgroenrichting dat tijdens groen aankomt. Het werkelijke percentage vrachtverkeer van het totale verkeersaanbod is weergegeven in tabel 7 (hoofdstuk 5).

Tabel 3: percentage vrachtverkeer tijdens groen

Meting	klasse 2	klasse 3	klasse 4
0-meting vracht + groen	51%	54%	61%
1-meting vracht + groen	60%	61%	61%
1-meting vracht + TOVERgroen	59%	60%	59%

Opvallend in de nameting is het feit dat vrijwel al het vrachtverkeer dat tijdens groen komt aanrijden ook TOVERgroen krijgt. Het verschil is niet groter dan maximaal 2% in klasse 4. Dat niet al het vrachtverkeer TOVERgroen krijgt is te verklaren doordat na detectie blijkt dat niet aan alle voorwaarden voor inschakeling van TOVERgroen wordt voldaan (bijv. TOVERgroen is nog ingeschakeld door een voorganger / er is een wachtrij aanwezig etc.). Uit de tabel is daarnaast af te leiden dat in de nameting bij de laagste kruispuntbelasting (klasse 2) circa 8% meer vrachtverkeer tijdens groen over het vrachtwagendetectiegebied rijdt dan tijdens de voormeting. Hieruit blijkt duidelijk de positieve werking van TOVERgroen. Het vrachtverkeer zorgt voor verlenging van het groen. Een volgende vrachtwagen kan opnieuw zorgen voor groenverlenging. In de 0-meting is de TOVERgroen ingreep er nog niet en wordt het groen beëindigd als het hiaat te groot wordt. Naarmate de kruispunt belasting groter wordt neemt deze toename af. Vanwege de hogere intensiteiten is de kans dat het groen al wordt verlengd groter. In de hoogste kruispuntbelasting is het percentage vrachtverkeer dat tijdens groen het detectiegebied passeert ongeveer gelijk. Hieruit kan worden afgeleid dat het effect van de TOVERgroen ingreep voor vrachtverkeer bij het inmelden het grootst is indien de kruispuntbelasting het laagst is.

Bij het beantwoorden van de in hoofdstuk 2 geformuleerde onderzoeksvragen voor de locatie N261 zijn in dit hoofdstuk de resultaten opgesplitst aan de hand van de twee subvragen, namelijk:

- Wat zijn de positieve effecten van TOVERgroen;
- Wat zijn de negatieve effecten van TOVERgroen;

3.2 Positieve effecten TOVERgroen

De in hoofdstuk 2 geformuleerde hypothesen zijn getoetst op (significante) verschillen tussen de voor- en nameting. Deze hypothesen dragen bij aan de onderbouwing van de conclusies.

Tabel 4: aantal gescoorde waarnemingen per intensiteitklasse

	klasse 2	klasse 3	klasse 4	Eindtotaal
aantal waarnemingen 0-meting	52	116	72	240
aantal waarnemingen 1-meting	68	100	72	240
Totaal	120	216	144	480*

* 480 => 480 x 5 minuten = 40 uur onderzoeksdata

Bovenstaande tabel geeft een overzicht van het totaal aantal waarnemingen verdeeld naar de klassenindeling zoals deze in paragraaf 2.2.2 is opgesteld. Iedere waarneming vertegenwoordigt een meetinterval van 5 minuten, waarin de verschillende indicatoren zijn gemeten. Niet iedere indicator beschikt over het maximaal mogelijke aantal waarnemingen. Dit heeft direct invloed op de mogelijkheid om een verschil aan te tonen, met andere woorden hoe kleiner het aantal waarnemingen, des te kleiner de kans dat een significant verschil kan worden aangetoond.

3.2.1 Vermindering verliestijd bij startgroen

Hypothese:

“Omdat vrachtwagens niet meer vooraan in de wachtrij staan, leidt het toepassen van TOVERgroen tot minder verliestijd na startgroen”

Onderstaande tabel geeft per 5 minuten het gemiddelde aantal stopstreep passages weer waar het langer duurt dan 3 seconden voordat het eerste hiaat valt. In de eerste twee rijen van de tabel is aangegeven hoeveel meetperioden van 5 minuten in die klasse een waarde (celvulling) heeft. Dit komt niet overeen met het aantal waarnemingen in tabel 4. Reden hiervoor is dat gedurende een meetperiode van 4 uur (48 waarnemingen) de indicator niet is geregistreerd.

Uit de tabel blijkt dat het gemiddelde met een redelijk verschil afneemt. In klassen 3 en 4 blijkt na het uitvoeren van de verschiltoets het verschil zelfs significant te zijn. Indien meer waarneming in klasse 2 zouden voorkomen is het waarschijnlijk dat ook in deze klasse het verschil als significant zou worden aangemerkt.

Tabel 5: gemiddelde stopstreep passages > 3 sec. / 5 minuten

	klasse 2	klasse 3	klasse 4
aantal waarnemingen 0-meting	52	116	72
aantal waarnemingen 1-meting	56	96	40
gemiddelde 0-meting	0,54	0,53	0,49
gemiddelde 1-meting	0,38	0,35	0,15
verschil	niet significant	significant	significant

Opvallend is dat het verschil in de klasse 4 het grootst is. Een verklaring hiervoor is tijdens de momenten met lagere intensiteiten het hiaat in de verkeersstroom kan vallen tussen twee personenauto's. In dat geval staat er een personenauto vooraan bij de stopstreep. Als het drukker wordt, rijden de personenauto's korter op elkaar (er is een hoger aanbod) en is de kans groter dat het hiaat valt tussen een personenauto en een vrachtauto.

In die gevallen zal de vrachtauto vooraan bij de stopstreep staan. Het effect van TOVERgroen zal dan ook het grootst zijn. Gemiddeld over alle klasse kan worden gesteld dat het éénderde minder voorkomt dat een vrachtwagen vooraan in de wachtrij staat.

Conclusie:

Op basis van de uitkomsten in de klassen 3 en 4 kan de hypothese 3.2.1 worden behouden. Dat wil zeggen dat een significant verschil is aangetoond dat met TOVERgroen een vermindering optreedt in het aantal vrachtwagens dat voor de stopstreep stil komt te staan.

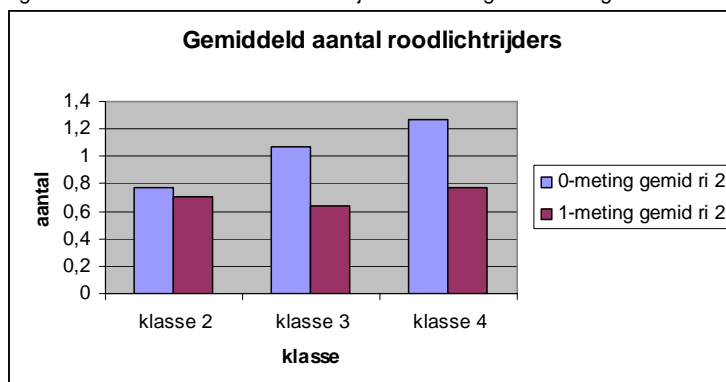
3.2.2 Vermindering roodlichtnegatie TOVERgroen richting

Hypothese:

“Toepassing van TOVERgroen leidt tot een vermindering van het aantal roodlichtrijders op de TOVERgroenrichting.”

Indien TOVERgroen is ingeschakeld wordt verwacht dat de groentijd van richting 2 langer wordt. Met een TOVER-ingreep kunnen auto's meeliften in de groenverlenging. Voertuigen die zich bevinden tussen de vrachtwagen en het kruispunt kunnen doorrijden, waarbij de kans dat ze door rood rijden kleiner wordt en hierdoor het aantal roodlichtrijders verminderd. Hetzelfde geldt voor het vrachtverkeer zelf. Het aantal vrachtautochauffeurs dat besluit door rood te rijden zal met TOVERgroen naar verwachting lager zijn. Deze groep roodlichtrijders kan niet uit de beschikbare informatie worden gedestilleerd.

Figuur 2: Gemiddeld aantal roodlichtrijders TOVERgroen richting



Uit de grafiek blijkt dat in alle klassen op de TOVERgroen richting een afname van het gemiddelde aantal roodlichtrijders waarneembaar is. Tevens is te zien dat naarmate het kruispunt drukker wordt belast (klasse 4), het aantal roodlichtrijders toeneemt. De reden hiervan is dat in deze situatie regelmatig de maximale groentijd wordt bereikt. Als er op einde groen nog verkeersaanbod is, is de kans aanwezig dat men door rood gaat rijden. De wetenschap bij bestuurders dat de wachttijd in drukke situaties (als gevolg van langere cyclustijd) hoger is, doet eveneens de kans op roodlichtrijders vergroten. Bij lage cyclustijden, rustige momenten, zijn de hiaten al groot en is de discipline beter.

In bijlage 2 is een tabel opgenomen van het gemiddelde aantal roodlichtrijders van alle richtingen. Hieruit is af te leiden dat alleen het verschil tussen de voor en nameting in klasse 3 significant is. Voor de overige klassen is dit met de beschikbare gegevens statistisch niet aantoonbaar te maken. Het zeer lage aantal roodlichtrijders is hiervan de oorzaak (totaal 60 waarnemingen in zowel de voor als de nameting).

Conclusie

Gezien de grote verschillen in de grafiek lijkt het aantal roodlichtrijders op de TOVERgroen richting af te nemen en dus dat stelling 3.3.2 kan worden behouden, echter op basis van de statistische berekening kan dit alleen voor klasse 3.

3.3 Negatieve effecten TOVERgroen

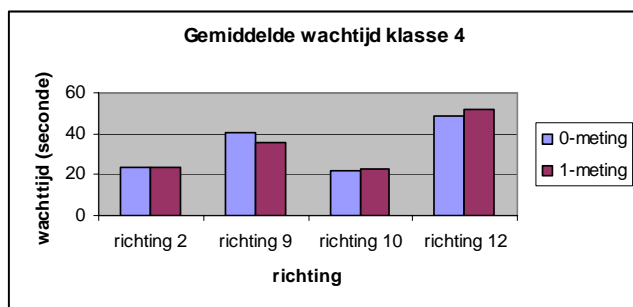
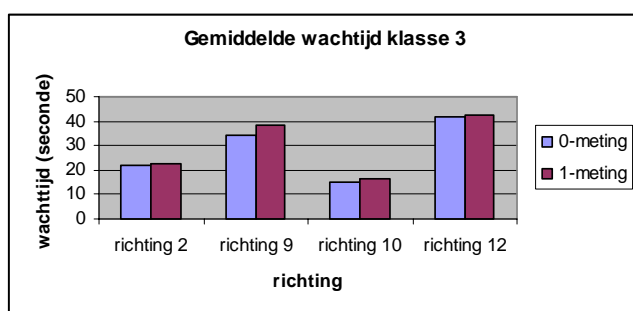
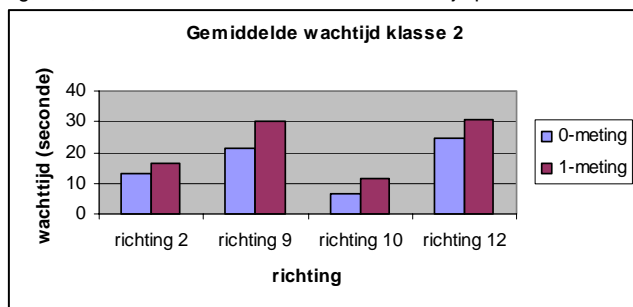
3.3.1 Verhoging wachttijd TOVERgroen en overige richtingen

Hypothese:

“Toepassing van TOVERgroen leidt tot verhoging van de wachttijden op de TOVERgroen richting en het overige (conflicterende) verkeer.”

Als gevolg van een langere groentijd voor richting 2, nemen de wachttijden op de conflicterende richtingen naar verwachting toe. Doordat het verkeer op de overige richtingen langer moet wachten wordt de wachtrij op deze richtingen langer dan zonder TOVERgroen. Hierdoor heeft iedere richting meer aaneengesloten groentijd nodig om het verkeer te verwerken en zal daardoor uiteindelijk ook de wachttijd van de TOVERgroen richting toenemen, de complete cyclustijd wordt als het ware opgerekt.

Figuren 3,4 en 5: Gemiddelde maximale wachttijd per klasse



De figuren 3, 4 en 5 op de vorige pagina geven de verschillen in gemiddelde wachttijd per klasse. Hieruit blijkt dat de verschillen in klasse 2 het grootst zijn. Uit de berekeningen (zie bijlage 3) komt naar voren dat de gemiddelde wachttijd alleen in deze klasse significant verschilt.

Dit is als volgt te verklaren: naar mate het kruispunt drukker bezet is (klasse 3 en hoger) komen langere wachtrijen ook zonder TOVERgroen voor. Deze houden de (mee)verlengingen van het verkeerslicht ook langer bezet en verlengen daardoor het groen naar behoefte (tot het maximum). Hierdoor is het effect (de ingreep) van TOVERgroen minder goed zichtbaar als het kruispunt zwaarder wordt belast. De extra verlenging van TOVERgroen bovenop de maximale groentijd heeft dan minder negatief effect dan tijdens rustige momenten. In klasse 2 is het verschil in wachttijd voor iedere signaalgroep zelfs significant.

Conclusie:

De Hypothese kan alleen voor klasse 2 worden behouden. Met andere woorden, TOVERgroen heeft alleen een significant negatief effect op de wachttijd op de momenten dat het kruispunt minder zwaar wordt belast.

3.3.2 Verhoging roodlichtnegatie conflicterende richtingen

Hypothese:

“Toepassing van TOVERgroen leidt tot een verhoging van roodlichtnegatie omdat verkeer langer moet wachten op een beurt.”

Evenals als de toets die is uitgevoerd voor de TOVERgroen richting (paragraaf 3.1.2) geldt eveneens voor de conflictrichtingen dat weinig door het rode licht zijn gereden. Over het geheel genomen lijkt het gemiddelde aantal roodlichtrijders van richting 9, 10 en 12 te zijn toegenomen (zie bijlage 2). Het is echter niet mogelijk op basis van het lage aantal waarnemingen een significant verschil te toetsen.

3.3.3 Vermindering groenrealisaties

Hypothese:

“Toepassing van TOVERgroen leidt tot een vermindering van het aantal groenrealisaties als gevolg van een verlengde cyclustijd.”

Naar verwachting komt iedere richting in een periode van 5 minuten gemiddeld minder aan de beurt als gevolg van opgerekte cyclustijden.

Tabel 6: gemiddeld aantal groenrealisaties per richting

	klasse 2	klasse 3	klasse 4
0-meting gemid richting 1	4,04	4,39	4,13
1-meting gemid richting 1	3,30	3,95	4,20
verschil	significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 2	6,42	5,13	4,60
1-meting gemid richting 2	5,41	4,73	4,38
verschil	significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 8	5,25	4,59	4,06
1-meting gemid richting 8	5,23	4,58	4,05
verschil	niet significant	niet significant	niet significant
0-meting gemid richting 9	3,88	4,40	4,11
1-meting gemid richting 9	3,50	3,99	4,25
verschil	niet significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 10	6,48	5,22	4,64
1-meting gemid richting 10	5,63	4,80	4,40
verschil	significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 12	5,29	4,58	4,04
1-meting gemid richting 12	5,05	4,56	4,08
verschil	niet significant	niet significant	niet significant

Uit bovenstaande tabel is af te leiden dat in vrijwel alle klasse van alle richtingen het gemiddelde aantal groenrealisaties in een tijdsinterval van 5 minuten is afgenomen. Tevens is in de tabel toegevoegd of de verschillen tussen de gemiddelde waarden significant zijn. In klasse 2 en 3 worden significante verschillen gemeten. Opvallend is dat wanneer het kruispunt druk belast is (klasse 4) het aantal cycli per 5 minuten nagenoeg constant blijft (circa 4 groenrealisaties, klasse 2 en 3 met minder verkeersbelasting draait op circa 5 à 6 groenrealisaties per cyclus). Ook hieruit blijkt dat het effect van TOVERgroen in een druk belaste situatie minder zichtbaar is.

Conclusie

Gesteld kan worden dat het aantal groenrealisaties en daarmee het aantal cycli afneemt. Het effect van TOVERgroen is minder zichtbaar naarmate het drukker wordt. De hypothese kan worden behouden voor klassen 2 en 3 op de richtingen 1,2 en 10.

3.4 Resultaten N261

Uit de berekeningen blijkt dat vrijwel al het vrachtverkeer dat tijdens groen komt aanrijden een TOVERingreep krijgt. Het verschil met de voormeting is het grootst wanneer het kruispunt het minst belast is. Tevens blijkt dat het beduidend minder voorkomt dat een vrachtwagen bij eindegroen stil komt te staan voor de stopstreep in de hoogste intensiteitklasse. Deze constatering tonen de positieve werking van TOVERgroen op de doorstroming van het vrachtverkeer. TOVERgroen lijkt ook positief effect te hebben op de verkeersveiligheid. Het aantal roodlichtnegaties op de TOVERgroen richting is afgenomen.

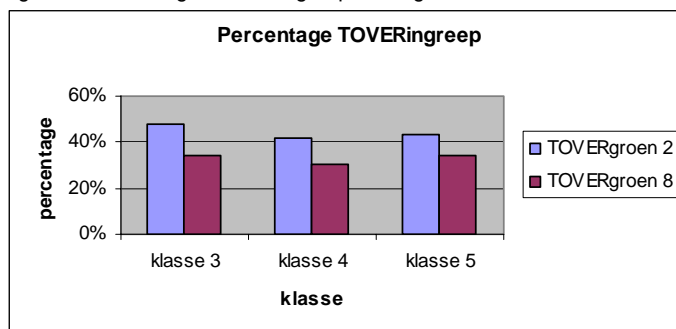
De geformuleerde stelling betreffende de verhoging van de wachttijden en een verlaging van het aantal groenrealisaties van de (overige) richtingen als negatief effect van TOVERgroen worden alleen aangetoond, bij de laagste kruisbelasting. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het negatieve effect van TOVERgroen niet zichtbaar is als het kruispunt zwaar wordt belast.

4 Resultaten locatie N629 (Hoogstraat)

4.1 Werking Tovergroen

Onderstaande figuur toont per intensiteitklasse voor beide TOVERgroen richtingen het percentage vrachtverkeer ten opzichten van het totaal aanbod vrachtverkeer waarbij de signaalgever in werking is getreden. Tevens is in onderstaande tabel de gemiddelde uurintensiteit van het vrachtverkeer opgenomen. Hieruit blijkt dat circa 45% van het vrachtverkeer op richting 2 een TOVERingreep krijgt. Richting 8 krijgt met circa 33% beduidend minder ingrepen.

Figuur 6: Percentage TOVERingreep richting 2 en 8 t.o.v. aandeel vrachtverkeer



Tabel 10: Gemiddelde uurintensiteit en percentage vrachtverkeer TOVERgroenrichtingen

		klasse 3	klasse 4	klasse 5
0-meting	gemiddelde uurintensiteit richting 2	77	70	61
	gemiddelde uurintensiteit richting 8	71	65	63
1-meting	gemiddelde uurintensiteit richting 2	82	83	82
	gemiddelde uurintensiteit richting 8	73	83	74

		klasse 3	klasse 4	klasse 5
0-meting	percentage vrachtverkeer richting 2	19%	14%	9%
	percentage vrachtverkeer richting 8	21%	14%	9%
1-meting	percentage vrachtverkeer richting 2	20%	17%	10%
	percentage vrachtverkeer richting 8	21%	18%	14%

Een vermindering van ingrepen op richting 8 kan de volgende oorzaken hebben:

1. Het verkeersaanbod op de conflicterende richting 3 (richting Oosterhout over de snelweg A27 heen) is dusdanig dat deze in circa 85% van het totaal aantal cycli een groenrealisatie krijgt. TOVERgroen richting 8 conflicteert met deze stroom. Voor de tegengestelde richting 9 geldt dat deze maar in circa 4% van het totaal aantal cycli een realisatie krijgt. Dit verkeer is conflicterend met richting 2. Het aanbod op richting 9 is veel lager waardoor richting 2 langer in de cyclus kan meelopen (eventueel ook samen met richting 3) en meer TOVERingrepen (kunnen) plaatsvinden.
2. Op het kruispunt is openbaar vervoer (OV) prioriteit gerealiseerd. De OV-prioriteit is hoger ingesteld (meer prioriteit) dan TOVERgroen. Op richting 3 wordt een aantal maal een OV-ingreep gerealiseerd. Dit gaat ten koste van richting 8. De overige OV-ingrepen op de andere richtingen hebben evenveel (negatieve) invloed op beide Tovergroen richtingen. Hetzelfde geldt voor de zijrichtingen en het langzaam verkeer.
3. Het kan zijn dat de instellingen van beide TOVERrichtingen onderling verschillen. Dit kan met de beschikbare gegevens niet worden aangetoond.

Het hoge percentage verkeer dat op richting 2 door TOVERgroen rijdt is tevens het gevolg van de lage belastingen op de zijrichtingen. De intensiteiten op de richtingen 1, 7 en 9 van het kruispunt zijn zeer laag².

Bij het beantwoorden van de in hoofdstuk 2 geformuleerde onderzoeksvragen voor de locatie N269 zijn ook in dit hoofdstuk de resultaten opgesplitst aan de hand van de 2 subvragen, namelijk:

- Wat zijn de positieve effecten van TOVERgroen;
- Wat zijn de negatieve effecten van TOVERgroen;

4.2 Positieve effecten TOVERgroen

Voor de berekening van het positieve effect van TOVERgroen is de zogenaamde koplus-indicator beschikbaar. Gedurende de gehele meetperiode is per minuut bijgehouden hoe lang het duurt voordat de koplus na startgroen voor de eerste keer afvalt. De tijd is gemeten in seconden. Doordat per minuut de gegevens zijn geregistreerd heeft dit heeft geleid tot het volgende aantal waarnemingen, verdeeld naar de klassenindeling zoals deze in paragraaf 2.2.3 is opgesteld.

Tabel 11: Aantal gescoorde waarneming per klasse koplus-indicator

Richting 2	klasse 3	klasse 4	klasse 5	Eindtotaal
Aantal waarnemingen 0-meting	639	184	273	1096
Aantal waarnemingen 1-meting	707	594	302	1603
Totaal	1346	778	575	2699
Richting 8	klasse 3	klasse 4	klasse 5	Eindtotaal
Aantal waarnemingen 0-meting	766	197	278	1241
Aantal waarnemingen 1-meting	868	695	318	1881
Totaal	1634	892	596	3122

4.2.1 Vermindering verliestijd bij startgroen

Hypothese:

“Omdat vrachtwagens niet meer vooraan in de wachtrij staan, leidt het toepassen van TOVERgroen tot minder verliestijd na startgroen”

Onderstaande tabel geeft per klasse de gemiddelde tijd weer die het eerste voertuig voor de stopstreep nodig heeft om de koplus na startgroen vrij te maken. Door het minder voorkomen van de vrachtwagens voor de stopstreep wordt, als gevolg van TOVERgroen, verwacht dat de gemiddelde tijd afneemt. Uit de tabel is voor beide richtingen af te leiden dat de verschillen enkele tienden van seconden bedragen. Mede door het zeer hoge aantal waarnemingen (minuutniveau over de gehele onderzoeksperiode) is voor richting 2 in alle klasse een significant verschil aangetoond.

Bij richting 8 is in de drukste klasse een significant verschil gemeten. Klasse 3 en 4 geven geen significant verschil, de laatstgenoemde laat zelfs een verhoging zien van de gemiddelde tijdsduur na startgroen voordat de koplus afvalt. Het minder zichtbare effect van TOVERgroen kan worden verklaard op basis van de verminderde werking van TOVERgroen in vergelijking met richting 2, zoals beschreven in paragraaf 4.1.

² De lage intensiteiten geven een onbetrouwbaar beeld van resultaten bij de effectberekeningen die zijn beschreven in de volgende paragraaf. Om deze reden is zijn deze richtingen niet verder uitgewerkt.

Tabel 12: Gemiddelde tijd afval koplus na startgroen

Richting 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Gemiddelde 0-meting	5,29	5,25	5,04
Gemiddelde 1-meting	5,13	5,01	4,87
Richting 8			
Gemiddelde 0-meting	4,61	4,34	4,91
Gemiddelde 1-meting	4,54	4,72	4,51

Tevens is het tijdverlies na startgroen het kortst met de zwaarste verkeersbelasting op het kruispunt. Deze klasse (5) komt met name in de spitsen voor. Het lijkt op basis van de berekening dat de alertheid op het aankomende startgroen groter is. Met andere woorden: de bestuurder van een voertuig reageert in de spits sneller.

Conclusie:

Het positieve effect van TOVERgroen is met behulp van de koplus-indicator aangetoond voor richting 2 voor alle klassen. De werking van TOVERgroen geeft nauwelijks een zichtbaar positief effect op richting 8 op basis van deze indicator.

4.3 Negatieve effecten TOVERgroen

Tabel 13: aantal gescoorde waarnemingen per klasse

	klasse 3	klasse 4	klasse 5	Eindtotaal
aantal waarnemingen 0-meting	248	120	160	528
aantal waarnemingen 1-meting	168	128	68	364
Totaal	416	248	228	892*

* 892 => 892 x 5 minuten = 74 uur onderzoeksdata

Bovenstaande tabel 12 geeft een overzicht van het totaal aantal waarnemingen dat beschikbaar is voor de berekening van de overige indicatoren zoals beschreven in deze paragraaf. Iedere waarneming vertegenwoordigt een meetinterval van 5 minuten. De tabel laat zien dat er meer voormet data beschikbaar is dan nameetdata.

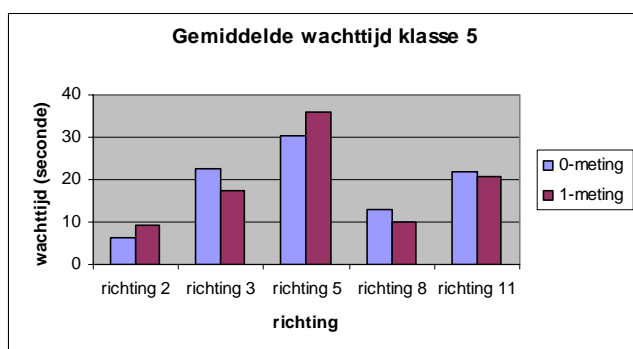
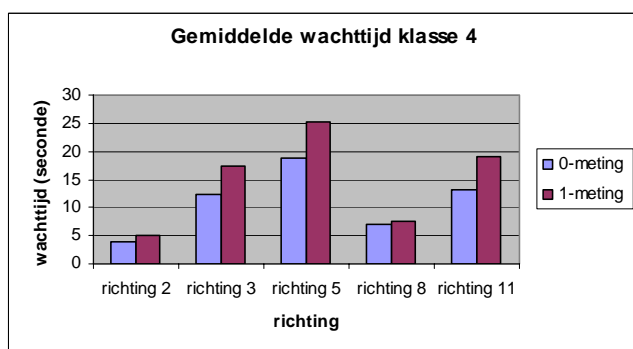
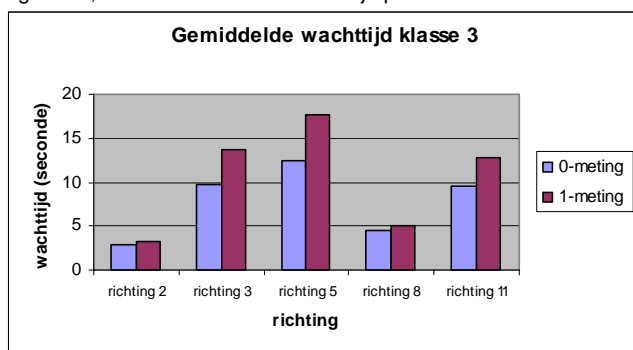
4.3.2 Verhoging wachttijd TOVERgroen en overige richtingen

Hypothese:

“Toepassing van TOVERgroen leidt tot verhoging van de wachttijden op de TOVERgroen richtingen en het overige (conflicterende) verkeer.”

Naar verwachting zullen (tevens aangetoond op de locatie N261) als gevolg van TOVERgroen de groentijden van richting 2 en 8 toenemen. Hierdoor zullen de wachttijden op de conflicterende richtingen naar verwachting toenemen. Hierdoor heeft iedere richting meer aaneengesloten groentijd nodig om het aanbod te verwerken en zal uiteindelijk ook de wachttijd van de TOVERgroen richtingen toenemen.

Figuren 7, 8 en 9: Gemiddelde wachttijd per klasse



Bovenstaande figuren geven de verschillen in gemiddelde wachttijd per klasse. Hieruit blijkt dat in klasse 3 en 4 de wachttijden op alle richtingen toenemen. Dit komt overeen met het verwachtingspatroon. Uit de berekeningen (zie bijlage 4) komt naar voren dat de gemiddelde wachttijd tussen voor- en nameting in deze klassen significant verschilt. Alleen richting 8 laat in klasse 3 en 4 geen significant verschil zien. Een sluitende verklaring kan niet worden gegeven. De volgende verklaring lijkt erg plausibel. Uit de grafieken blijkt duidelijk dat de wachttijd van de niet-TOVERgroen richtingen toeneemt. Beide TOVERgroen richtingen kennen slechts een zeer geringe toename van de wachttijd, de wachttijd is zelfs nagenoeg gelijk. Dit heeft alles te maken met het verkeersaanbod op de kruising. De TOVERgroenrichtingen zorgen voor lange wachttijd, maar hebben er zelf geen last van omdat het aanbod op de conflicterende richtingen beperkt is.

Klasse 5 (figuur 9) laat zien dat de wachttijden zowel toenemen als afnemen. Hieruit is af te leiden dat in de klasse met de hoogste intensiteiten de ingreep van TOVERgroen veel minder zichtbaar is. Immers als het verkeersaanbod hoog is, zal de regeling zich meer gaan gedragen als een starre regeling.

TOVERgroen kan in die gevallen nooit meer effect hebben dan de extra tijd die een richting mag verlengen vanwege TOVERgroen. Ook zonder TOVERgroen wordt de groentijd al meer verlengd dan in klasse 3 en 4. Met name de wachttijd op richting 5 wordt langer. Deze richting conflicteert dan ook met beide TOVERgroenrichtingen. De gemiddelde wachttijd van 30 seconde in klasse 4 is echter een zeer geaccepteerde waarde bij geregelde kruispunten. Evenals op de locatie N261 is bij de grootste kruispuntbelasting geen verschil of zelfs een verlaging van wachttijden waarneembaar. Hiervoor geldt dezelfde verklaring als beschreven in paragraaf 3.3.1.

Waarom de wachttijd op de TOVERgroen richting 8 en richting 3 afneemt in deze intensiteitklasse is onduidelijk. Een verklaring hiervoor kan zijn dat het te maken heeft met het verkeersaanbod in combinatie met TOVERgroen. Er is geen relatie te leggen met de ingreep van TOVERgroen alleen en de effecten die worden geconstateerd.

Om deze reden is voor het de gehele onderzoeksperioden (over alle voertuigen in alle klassen) een *gewogen gemiddelde wachttijd* bepaald. Uit deze berekening blijkt dat het effect van TOVERgroen op de wachttijd gemiddeld een toename van 0,65 seconde per voertuig bedraagt.

Conclusie:

Hypothese 4.3.2. kan voor klasse 3 en 4 worden behouden. Het effect van TOVERgroen op de wachttijden van de conflicterende richtingen in deze verkeersregeling is vergelijkbaar met de locatie N261. Met andere woorden, TOVERgroen heeft alleen een significant negatief effect op de wachttijd op de momenten dat het kruispunt minder zwaar wordt belast. Het verlengen van groen vanwege de TOVERgroen ingreep is in die klassen het duidelijkst zichtbaar en merkbaar, in dit geval in negatieve zin. Echter de gewogen gemiddelde wachttijd over het gehele kruispunt bedraagt slechts 0,65 seconde. Er kan worden gesteld dat het neveneffectvrij op de wachttijd minimaal is.

4.3.3 Vermindering groenrealisaties

Hypothese:

“Toepassing van TOVERgroen leidt tot een vermindering van het aantal groenrealisaties als gevolg van een verlengde cyclustijd.”

Naar verwachting komt iedere richting in een periode van 5 minuten gemiddeld minder aan de beurt (groen) als gevolg van opgerekte cyclustijden.

Tabel 14: gemiddeld aantal groenrealisaties per richting

	klasse 3	klasse 4	klasse 5
0-meting gemid richting 2	5,43	5,61	4,53
1-meting gemid richting 2	5,07	5,16	4,60
verschil	significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 5	5,44	5,48	4,38
1-meting gemid richting 5	5,06	4,92	4,25
verschil	significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 8	6,28	6,20	4,66
1-meting gemid richting 8	5,66	5,45	4,84
verschil	significant	significant	niet significant
0-meting gemid richting 11	5,44	5,47	4,38
1-meting gemid richting 11	5,05	4,92	4,25
verschil	significant	significant	niet significant

Opvallend is dat het aantal cycli (afgeleid van het aantal groenrealisaties) per 5 minuten vrij hoog is. Doordat alle richtingen in een vrij korte cyclustijd kunnen worden afgehandeld toont dit aan dat het kruispunt nimmer zwaar is belast.

Over het algemeen genomen geldt dat dit kruispunt een cyclustijd heeft van circa 1 minuut. Uit bovenstaande tabel is af te leiden dat in vrijwel alle klassen van alle richtingen het gemiddelde aantal groenrealisaties in een tijdsinterval van 5 minuten is afgenomen. Tevens is in de tabel aangegeven of de verschillen tussen de gemiddelde waarden significant zijn.

In klasse 3 en 4 worden significante verschillen gemeten. Zoals eerder geconstateerd is, naarmate het kruispunt druk belast is (klasse 5), het aantal cycli nagenoeg constant. De regeling gaat bij een drukke belasting met vaste (maximale) groentijden (star) regelen. Het effect van TOVERgroen is dan laag.

Conclusie

Gesteld kan worden dat het aantal groenrealisaties en daarmee het aantal cycli afneemt. Het effect van TOVERgroen is minder zichtbaar naarmate het drukker wordt. De hypothese kan worden behouden voor een minder druk belast kruispunt, namelijk klasse 3 en 4.

4.4 Conclusie resultaten N629

Voor richting 2 geldt dat het positieve effect van TOVERgroen, het moment waarop de koplus vrijkomt na startgroen, zichtbaar is en significant is aangetoond. Hoewel dit niet rechtstreeks uit deze indicator mag worden geconcludeerd, moet dit het gevolg zijn van TOVERgroen. De andere indicatoren geven aan dat TOVERgroen actief is en invloed heeft. Dat de koplus in de nameting eerder afvalt betekent dat het minder vaak voorkomt dat een vrachtauto voor de stopstreep tot stilstand moest komen. Voor richting 8 kan een dergelijke uitspraak niet worden gedaan. Alleen in intensiteitklasse 5 is een significant verschil aangetoond. De overige verschillen zijn niet significant en mogen niet worden gebruikt voor het trekken van conclusies. Ondanks deze constatering valt het op dat klasse 4 juist een toename van de tijd laat zien. In die klasse duurt het na startgroen langer voordat de koplus afvalt. De enige logische verklaring hiervoor is dat het lagere effect van TOVERgroen op richting 8 een relatie heeft met het verkeersaanbod op de gehele kruising. Belangrijk hierin is dat richting 8, vanwege het lage aanbod op richting 9, minder gelegenheid heeft tot groen dan richting 2. Richting 2 kan nagenoeg iedere cyclus profiteren van de aanwezigheid van richting 3.

Als gevolg van de lage belasting op de zijrichtingen heeft TOVERgroen een relatief groot effect op de wachttijden van de zijrichtingen. Absoluut gezien is het effect gering. In circa 1 minuut worden alle richtingen behandeld en in de drukste periode is het kruispunt niet oververzadigd. Het aangetoonde verschil in toename van de wachttijd is geen reden om de verkeersafwikkeling als slecht te kwalificeren. Het negatieve effect van TOVERgroen op de wachttijd is zelfs helemaal niet zichtbaar als het kruispunt zwaar wordt belast.

5 Kosteneffectiviteit

In het haalbaarheidsonderzoek vrachtautodetectie bij VRI's³ is voor de locatie N261 berekend wat de maatschappelijke baat van de maatregel bedraagt. In het haalbaarheidsonderzoek is uitgegaan van een werking van 3 uur per dag (in het onderzoek beschouwd als meest effectieve werkingsperiode), 200 dagen per jaar. Met totaal 800 voertuigen en een aandeel vrachtverkeer van 10%, met een uurtarief van €36,-, bedraagt de kosteneffectiviteit circa €4.775,- per jaar per richting.

Met behulp van de beschikbare indicatoren is een soortgelijke berekening uitgevoerd. De volgende aannames zijn hierbij gedaan:

- Versnelling van een vrachtwagen = $0,72 \text{ m/s}^2$
- Verliestijd vrachtverkeer tijdens rood = $0,5 \times \text{roodtijd}^4$

5.1 Berekening kosteneffectiviteit

Om te komen tot een kosteneffectiviteit zijn de berekeningen in stappen uitgevoerd.

1. Optrekverlies

Als eerst is het optrekverlies berekend dat het vrachtverkeer oploopt als gevolg van roodlicht in vergelijking met een vrachtwagen die met constante snelheid kan doorrijden.

Vanuit stilstand met een versnelling van $0,72 \text{ m/s}^2$ duurt het circa 30,8 seconde totdat de vrachtwagen 80 km/uur rijdt. Na die tijd van 30,8 seconde heeft de vrachtwagen een afstand van circa 343 meter afgelegd. Een vrachtwagen die met constante snelheid (80 km/uur) dezelfde afstand aflegt, doet hier circa 15,4 seconde over. Het verschil in tijd als gevolg van optrekverlies bedraagt $(30,8 - 15,4) = 15,4$ seconde.

2. Gemiddelde roodtijd

Aan de hand van het aantal groenrealisaties van de TOVERgroenrichting is per klasse de cyclustijd bepaald. Voorbeeld: het aantal groenrealisaties bedraagt 7 in een tijdsinterval van 5 minuten, de cyclustijd (C) is $(5 / 7 = 1 \times 60 \text{ seconde}) = 42,9$ seconden. De roodtijd (Rt) is bepaald door de gemiddelde groenduur (Gt) van de TOVERgroenrichting uit hetzelfde tijdsinterval van de cyclustijd af te trekken (in voorbeeld: $Gt = 24$ seconde, $C - Gt = Rt \Rightarrow 42,9 - 24 = 18,9$ seconde roodtijd). De gemiddelde roodtijd is voor zowel de voor- als de nameting bepaald.

3. Percentage vrachtverkeer tijdens rood

Voor de voormeting is per klasse bepaald wat het percentage groentijd is in een tijdsinterval van 5 minuten door het aantal groenrealisaties te vermenigvuldigen met de gemiddelde groenduur (in voorbeeld: $7 \times 24 = 168$ seconde, 5 minuten (300 seconde) = $100\% \Rightarrow 168 / 300 = 56\%$). Aan de hand van het percentage groenduur kan eenvoudig het percentage verkeer dat tijdens rood komt aanrijden worden berekend ($100\% - 56\% = 44\%$ ⁵).

³ AGV, september 2001 in opdracht van de provincie Noord-Brabant

⁴ De verliestijd is ter vereenvoudiging in de berekening gesteld op de helft van de roodtijd. Indien het verkeer volgens een normaal verdeeld patroon aankomt, geldt dat diegene die het eerst aankomt vrijwel de gehele roodtijd moet wachten en degene die als laatst aankomt, heeft een heel korte wachttijd. Gemiddeld per voertuig komt dit uit op ongeveer de helft van de roodtijd.

⁵ In dit rekenvoorbeeld is het percentage van één tijdsinterval 44%, het gemiddelde over alle tijdsintervallen ligt beduidend hoger (circa 58%), zie tabel 8.

Voor de nameting is bekend hoeveel verkeer tijdens groen komt aanrijden en door mag rijden als gevolg van de TOVERgroen ingreep (zie paragraaf 3.1 tabel 3: percentage vracht tijdens (TOVER)groen). Deze waarde bedraagt circa 60% in alle klasse. Het percentage wat tijdens rood aan komt rijden is vervolgens ($100\% - 60\% =$) 40%.

4. Gemiddelde uurintensiteit + percentage vrachtverkeer

Per klasse is de gemiddelde uurintensiteit berekend. Onderstaande tabel geeft deze per meting weer. Om aan te kunnen tonen wat de kosteneffectiviteit is als gevolg van TOVERgroen is een indicatie van de gemiddelde uurintensiteit en het percentage vrachtverkeer bepaald zodat op basis van dezelfde intensiteit en percentage vrachtverkeer de effectiviteit kan worden bepaald.

Tabel 7: Berekening indicatie gemiddelde uurintensiteit en percentage vrachtverkeer

	klasse 2	klasse 3	klasse 4
Gemiddelde uurintensiteit			
voormeting	814	1170	1426
nameting	791	1068	1242
Percentage vrachtverkeer			
voormeting	9%	12%	8%
nameting	15%	14%	9%
Indicatie gemiddelde uurintensiteit			
	803	1119	1334
Indicatie percentage vrachtverkeer			
	12,4%	12,9%	8,3%

Onderstaande tabel geeft per klasse een overzicht van de uitkomsten van de beschreven stappen 1 t/m 4. Als rekenvoorbeeld voor de beschrijving van de laatste vier stappen is gebruik gemaakt van de uitkomsten in klasse 2.

Tabel 8: Stappen berekening kosteneffectiviteit

Stap		klasse 2	klasse 3	klasse 4
1.	Optrekverlies	15,4	15,4	15,4
2.	Gemiddelde roodtijd voormeting	27,75	35,64	37,83
	Gemiddelde roodtijd nameting	31,43	37,31	40,76
3.	Gemiddelde percentage roodtijd voormeting	57%	59%	55%
	Gemiddelde percentage roodtijd nameting	41%	40%	41%
4.	Gemiddelde uurintensiteit	803	1119	1334
	Gemiddelde percentage vrachtverkeer	12%	13%	8%
	Aantal vracht	100	144	110
5.	Gemiddelde verliestijd voormeting	29,31	33,25	34,35
	Gemiddelde verliestijd nameting	31,15	34,09	35,81
6.	Som verliestijd voormeting	1662,89	2814,98	2096,32
	Som verliestijd nameting	1260,72	1946,10	1618,60
7.	Vershil verliestijd in seconde	402,17	868,88	477,73
	Vershil verliestijd in minuten	6,70	14,48	7,96
8.	Kosteneffectiviteit TOVERgroenrichting	€ 2.413	€ 5.213	€ 2.866

5. Gemiddelde verliestijd

Voor de berekening van de gemiddelde verliestijd is gebruik gemaakt van de aanname dat de helft van de roodtijd de gemiddelde wachttijd per voertuig voor het rode licht is. In combinatie met het geleden optrekverlies kan de verliestijd worden bepaald. Voor klasse 2 geldt: $0,5 \times 27,75$ (roodtijd) + 15, 4 (optrekverlies) = 29,31 => gemiddelde verliestijd voormeting.

6. Som verliestijd

De totale verliestijd wordt bepaald door het absolute aantal vrachtwagens te berekenen dat tijdens rood komt aanrijden. Vervolgens kan deze waarde met de gemiddelde verliestijd worden vermenigvuldigd. Voor klasse 2 geldt dat 57 vrachtwagens (100 vrachtwagens x 57%) tijdens rood komt aanrijden in de voormeting. De totale verliestijd bedraagt circa ($57 \times 29,31$) 1663 seconde.

7. Verschil verliestijd (= tijdwinst)

De in stap 6 bepaalde totale verliestijd van de nameting wordt afgetrokken van de totale verliestijd in de voormeting. Het verkregen verschil bedraagt de verkregen tijdwinst per uur als gevolg van TOVERgroen. In klasse 2 bedraagt het verschil ($1663 - 1261$) 402 seconde ofwel 6 minuten en 42 seconde.

8. Kosteneffectiviteit TOVERgroen

Tot slot is bepaald wat de totale winst voor de betreffende klasse is, indien de maatregel 3 uur per dag en 200 dagen per jaar in gebruik is, met een uurtarief van €36,-. De tijdwinst in het rekenvoorbeeld bedraagt 6,7 minuten ofwel 0,112 uur. De totale baat bedraagt vervolgens $0,112 \times 3 \times 200 \times 36 = €2.413,-$ in klasse 2.

5.2 Vergelijking haalbaarheidsonderzoek

In het haalbaarheidsonderzoek is uitgegaan van een intensiteit van 800 voertuigen en 10% vrachtverkeer. Deze waarden zijn in overeenstemming met de resultaten van klasse 2. Hieruit blijkt dat de berekende waarde ongeveer de helft bedraagt van het resultaat uit het haalbaarheidsonderzoek. Dit is als volgt te verklaren:

- Bij de berekening is niet gekeken naar de positie van de vrachtwagen in de wachtrij;
- In het haalbaarheidsonderzoek en in de kostenberekeningen zijn verschillende aannames gedaan;
- De roodtijd in het haalbaarheidsonderzoek is onveranderd.

Met name de laatste verklaring speelt een rol. Als gevolg van TOVERgroen neemt de roodtijd op deze richting toe (zie paragraaf 3.3.1). Deze toename gaat ten koste van de uiteindelijke tijdwinst. Hier is in het haalbaarheidsonderzoek geen berekening voor opgesteld. In het haalbaarheidsonderzoek is uitgegaan van een reistijdwinst van 10 seconde per voertuig. Als gevolg van de genoemde verklaringen is in klasse 2 de reistijdwinst echter gemiddeld 5 seconde per voertuig.

5.3 Kosteneffectiviteit onderzoeksperiode

Tot slot is vastgesteld wat de maatschappelijke winst bedraagt wanneer TOVERgroen gedurende een gehele onderzoeksdag van 06:00 uur tot 20:00 uur is ingeschakeld. Uit de beschikbare intensiteitgegevens is bepaald hoe de verdeling van de intensiteitsklassen verloopt over een onderzoeksdag.

Uit de klassenverdeling blijkt dat tijdens de periode van 14 uur iedere klasse gelijkmatig voorkomt. Dat wil zeggen dat iedere klasse circa 4 uur en 40 minuten bestrijkt. De volgende berekening kan worden uitgevoerd:

Tabel 9: Berekening kosteneffectiviteit onderzoeksperiode

klasse 2	(6,70 / 60 =)	0,112 x	4,67 x	200 x	36 =	€ 3.754
klasse 3	(14,48 / 60 =)	0,241 x	4,67 x	200 x	36 =	€ 8.110
klasse 4	(7,96 / 60 =)	0,133 x	4,67 x	200 x	36 =	€ 4.459
Totaal						€ 16.322

De totale kosteneffectiviteit wanneer TOVERgroen 200 dagen per jaar van 06:00 tot 20:00 is ingeschakeld bedraagt circa €16.000,-.

Verliestijden die zijn opgelopen op de conflicterende zijrichtingen zijn evenals in het haalbaarheidsonderzoek niet in de berekening opgenomen. Uiteindelijk dient de totale winst hier op te worden gecorrigeerd.

6 Ervaring TOVERgroen en overige effecten

In dit hoofdstuk is geanalyseerd wat de ervaringen zijn van de weggebruiker op TOVERgroen en hoe de communicatie tussen het systeem en de weggebruiker verloopt. Tevens is ingegaan op de overige effecten van TOVERgroen op de verkeersveiligheid, milieu en rijcomfort.

6.1 Enquête vrachtwagenchauffeurs

Om inzicht te krijgen in de mening van de doelgroep over de wijze waarop de werking van TOVERgroen aan hen wordt duidelijk gemaakt is een enquête uitgevoerd. Arane heeft de enquête opgesteld, waarna TLN deze heeft verspreid onder een deel van haar leden (in totaal 65). In bijlage 5 is een exemplaar van de enquête toegevoegd. Het blijkt dat circa 75% van de ondervraagden het dynamische informatiepaneel waarmee de werking van TOVERgroen aan de weggebruiker wordt duidelijk gemaakt kent. De antwoorden van dit deel van de geënquêteerde weggebruikers zijn in deze paragraaf nader uitgewerkt. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

- Duidelijkheid
- Werking
- Tevredenheid

De volgende subparagrafen beschrijven de algemene ervaringen met betrekking tot de drie genoemde aspecten. In de uitwerking van de enquêtevragen is per vraag onderscheid gemaakt naar het type weggebruiker en de frequentie waarmee gebruik wordt gemaakt van de N261.

6.1.1 Duidelijkheid informatiepaneel

Het bord zoals de provincie Noord-Brabant dat heeft laten ontwikkelen blijkt erg duidelijk te zijn. Uit vraag 5 van de enquête komt naar voren dat circa 85% van de weggebruikers bij de eerste keer zien van het bord direct de betekenis ervan begreep. Daarnaast vind 91% van de ondervraagden het paneel een goede manier van communiceren over de ingreep en daarmee de mogelijkheid om door te rijden (vraag 11). Hieruit mag worden afgeleid dat het bord duidelijk is en de informatie op de juiste wijze wordt gebruikt door de doelgroep.

6.1.2 Werking informatiepaneel

In onderstaand tabel zijn de antwoorden op vraag 7 van de enquête samengevat. Onderscheid wordt gemaakt naar geënquêteerden die minder dan één keer per twee weken de locatie passeren en geënquêteerden die dit vaker doen. Uit de tabel blijkt dat circa 29% van de geënquêteerden tijdens iedere passage TOVERgroen (100% TO) in werking ziet treden en eveneens 29% van de geënquêteerden dit in de helft van het aantal passages ziet gebeuren.

Tabel 12: procentuele verdeling werking TOVERgroen⁶

	100% TO	50% TO	25% TO	soms TO	nooit TO
> 2 weken	22%	27%	8%	14%	2%
< 2 weken	6%	2%	0%	14%	4%
Totaal	29%	29%	8%	29%	6%

⁶ Verschillen in de totale opsomming zijn als gevolg van afrondingen

29% van de weggebruikers ziet TOVERgroen een enkele keer in werking, waarvan de helft niet regelmatig (minder dan eens in de 2 weken) van de N261 gebruik maakt.

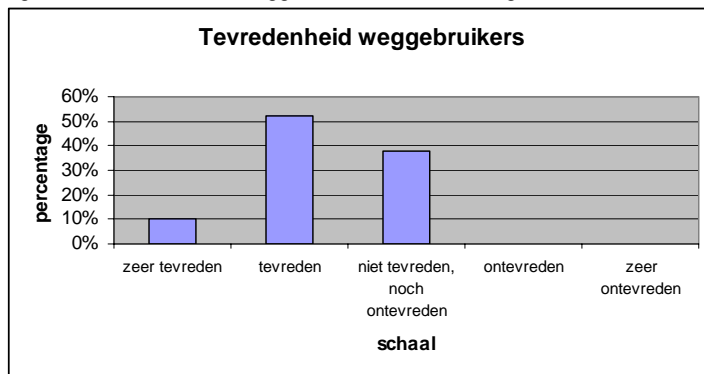
Meer dan 60% (vraag 8) van de ondervraagden heeft aangegeven dat het licht vaker op groen blijft staan als men komt aanrijden. 33% van de weggebruikers ervaart een rood licht bij aankomst.

Uit de antwoorden op deze vragen kan worden afgeleid vrijwel alle (94%) weggebruikers de werking van TOVERgroen hebben ervaren, bijna 30% ziet een 100% werking van het informatiepaneel (lees: iedere passage). In totaal heeft 60% van de weggebruikers de werking van TOVERgroen daadwerkelijk ervaren doordat het licht op groen blijft staan voor hen. Deze percentages geven een heel positief beeld van TOVERgroen onder de gebruikers. De resultaten van de enquête bevestigen bovendien de berekeningen die zijn uitgevoerd in paragraaf 3.1.1 voor de locatie N261. Hieruit bleek dat circa 60% van het vrachtverkeer TOVERgroen activeert. Dit verklaart het feit dat naast de 29% van de geënquêteerden die het paneel altijd zien oplichten een gelijke grote groep dit bij 1 op de 2 passages ziet gebeuren.

6.1.3 Tevredenheid vrachtwagenbestuurder

Van de geënquêteerden ziet 82% voordelen in de toepassing van TOVERgroen en zijn voorstander van het inzetten van TOVERgroen op meer plaatsen. Op een 5-puntschaal van zeer ontevreden tot zeer tevreden is 65% van de geënquêteerden tevreden tot zeer tevreden, 35% is noch tevreden, noch ontevreden. Geen van de ondervraagden ziet nadelen in de werking van TOVERgroen of is ontevreden over het systeem.

Figuur 10: Tevredenheid weggebruikers over TOVERgroen



Opmerking uit een enquête:

“Als ik op dit traject bij de bevrijdingsweg door het groene verkeerslicht mag rijden, het zogenaamde TOVERgroen, vind ik het vreemd dat na ca. 500 meter bij de kruising Efteling hotel richting Tilburg het verkeerslicht meestal op rood staat.”

6.2 Verkeersveiligheid, milieu en rijcomfort

6.2.1 Verkeersveiligheid

Een verandering van de verkeersveilig als gevolg van TOVERgroen kan worden aangemerkt als een verkleining van de kans op toetreding in de dilemmazone en een afname van de roodlichtnegatie op de TOVERgroenrichting.

Dilemmazone

Een belangrijk positief effect van TOVERgroen is het verkleinen van de dilemmazone voor vrachtverkeer. Zonder TOVERgroen weet een vrachtautochauffeur niet of hij tijdens groen of geel de stopstreep zal halen. Er is altijd een risico dat hij onvoldoende tijd heeft om nog tijdens geel over de stopstreep te rijden en hij dus door rood rijdt. De dilemmazone. Besluit hij om vaart te minderen en te stoppen, dan kan het onnodig zijn geweest. Besluit hij om door te rijden, dan is het goed mogelijk dat dit niet lukt tijdens geel. Activering van TOVERgroen zorgt ervoor dat de vrachtwagenchauffeur niet in die dilemmazone terecht komt. De signaalgever maakt aan de chauffeur duidelijk dat de ingreep werkt. Hij kan er vervolgens op vertrouwen dat hij met dezelfde snelheid kan doorrijden richting de stopstreep en dat hij niet hoeft te stoppen. Een tweede vrachtwagen die binnen 2 seconde achter de voorgaande rijdt (maar geen TOVERgroen krijgt), zal normaal gesproken ook nog tijdens geel over de stopstreep kunnen rijden. De volgende niet meer. Het voorkomen van het in de dilemmazone terecht komen is niet eindeloos. De eerste vrachtwagen die geen TOVERgroen krijgt kan er alsnog in terecht komen. In zijn algemeenheid mag geconcludeerd dat TOVERgroen ervoor zorgt dat er aanmerkelijk minder vrachtwagens in de dilemmazone terecht komen. Dit is een sterke verbetering van de verkeersveiligheid. De kans op een aanrijding met een vrachtwagen die door rood is gereden is kleiner.

Roodlichtnegatie

In de rapportage 'Haalbaarheidsonderzoek vrachtautodetectie bij VRI's' is aangegeven dat één van de verwachte effecten van vrachtautodetectie een afname van de roodlichtnegatie op de TOVERgroenrichting is. Vrachtwagens die aan het einde van het groen en geel niet meer tot stoppen kunnen komen en tijdens rood doorrijden over het kruisingsvlak dragen in negatieve zin bij aan de verkeersveiligheid. Bovendien is de afloop van een aanrijding met een vrachtauto in de meeste gevallen ernstiger dan een aanrijding tussen personenauto's onderling. Alle redenen om tevens vanuit verkeersveiligheidsoverwegingen TOVERgroen te realiseren. De kans dat een vrachtwagen aan het einde van groen en/of geel moet besluiten om toch door rood te rijden zou in theorie moeten afnemen. Immers, het TOVERgroen mechanisme in de verkeersregeling zorgt ervoor dat de vrachtwagen door groen kan rijden. De desbetreffende bestuurder weet dit, want hij heeft de signaalgever kunnen zien werken. Licht de signaalgever niet op, dan is TOVERgroen niet actief en zal hij (waarschijnlijk) niet kunnen doorrijden. Uit de enquête bleek dat 85% van de chauffeurs de werking van de signaalgever al bij de eerste keer begreep. Kortom, beredeneerd vanuit roodlichtnegatie, alle redenen om aan te nemen dat TOVERgroen positief zal bijdragen aan de verkeersveiligheid.

Op de locatie N261 blijkt dat niet voor alle klasse significante verschillen aanwezig zijn tussen het aantal roodlichttellingen in de voor- en de nasituatie. De grafieken laten echter zien dat TOVERgroen een positieve invloed heeft op het aantal roodlichtrijders op de TOVERgroenrichting. Naast het ontbreken van statistische onderbouwing moet een tweede voorbehoud worden gemaakt en wel met betrekking tot de identificatie van de voertuigen. Uit de beschikbare gegevens kan niet worden afgeleid wat voor soort voertuigen door rood rijden. Helaas zijn voor de locatie N269 onvoldoende relevante gegevens beschikbaar om een dergelijke redenering te onderbouwen met gemeten waarden. Er is echter geen reden om aan te nemen dat het effect van TOVERgroen op het door rood rijden op de TOVERgroen richting op deze locatie anders is dan op de N261.

TOVERgroen heeft mogelijk ook een negatief effect op de verkeersveiligheid. De wachttijd op alle richtingen neemt toe als gevolg van TOVERgroen. Op de andere richtingen, waar het groen niet kan worden verlengd, is de verwachting juist dat het aantal roodlichttellingen zal toenemen.

6.2.2 Milieu

De verkenning van de effecten van TOVERgroen heeft met name betrekking op de effecten op de doorstroming van het verkeer en de wijze waarop de maatregel wordt gecommuniceerd naar de doelgroep (de signaalgever). Daar waar de verkeersveiligheidseffecten nog konden worden afgeleid en (enigszins) onderbouwd vanuit de beschikbare gegevens, kan enkel een kwalitatieve beschrijving worden gegeven voor wat betreft de invloed van TOVERgroen op het milieu.

Wederom wordt hierbij de redenering opgebouwd vanuit de beschikbare gegevens van de locatie N261. De beschikbare indicatoren van die locatie zijn zeer effectief voor wat betreft het bepalen van het effect van TOVERgroen. Op de N261 blijkt dat er in 2 van de drie klassen significant minder vrachtwagens vooraan in de wachtrij stilstaan bij een operationeel TOVERgroen. Dit betekent dat een gemeten vrachtwagen tijdens de vorige groenrealisatie is afgewikkeld en niet werd gevangen door een rood licht. De desbetreffende vrachtwagens zijn zonder daarvoor te moeten afremmen de stopstreep gepasseerd. Dit laatste kan niet worden afgeleid uit de beschikbare gegevens. Tijdens observaties op de locatie bleek duidelijk dat een vrachtauto die TOVERgroen activeert ook op volle snelheid door kan rijden. De positieve effecten op het milieu zijn evident. Een optrekkende vrachtauto produceert onevenredig veel meer schadelijke uitlaatgassen dan een op gelijkmatige snelheid rijdende vrachtauto. Een zelfde constatering is mogelijk voor wat betreft het brandstofverbruik. Voor het op snelheid krijgen van een vrachtauto, zeker een in een beladen situatie, is veel energie nodig. Het verbruik van de motor van de vrachtauto is tijdens optrekken onevenredig veel hoger dan op het moment dat de vrachtauto alleen rijdend hoeft te worden gehouden. Dit zijn twee direct aan TOVERgroen te ontleen positieve effecten.

Omdat de wachttijd op alle richtingen toeneemt, staan alle voertuigen langer stil voor de stopstreep. De uitstoot van uitlaatgassen en het verbruik van brandstof zal voor alle voertuigen die staan te wachten daardoor toenemen. Op basis van de beschikbare gegevens kan niet worden afgeleid of de positieve effecten van TOVERgroen op het vrachtverkeer tijdens het groen van de TOVERgroen richting opwegen tegen de negatieve milieueffecten vanwege het verlengen van de cyclus (toename wachttijd). Deze verkenning kan om die reden geen uitsluitsel geven of TOVERgroen negatieve danwel positieve effecten heeft op het milieu (uitstoot uitlaatgassen en brandstofverbruik).

Duidelijk is dat het aantal vrachtauto's dat vooraan in de wachtrij tot stilstand komt afneemt als gevolg van TOVERgroen. Dit betekent dat geluidsoverlast van optrekkende vrachtauto's afneemt als gevolg van TOVERgroen. Tijdens de momenten met lage intensiteiten, waar vrachtauto's direct voordeel hebben bij het verlengen van het groen, zal deze afname naar verwachting merkbaar zijn. Of dit in relatie tot de totale geluidsproductie van verkeer op een kruispunt kan worden aangetoond is onduidelijk.

6.2.3 Rijcomfort

De toename van het rijcomfort voor vrachtautobestuurders op een TOVERgroen richting is evident. Iedere chauffeur, ook van een personenauto, wil het liefst doorrijden bij een verkeersregelininstallatie. Afremmen, wachten en optrekken zijn van negatieve invloed op de state-of-mind van een bestuurder. Specifiek geldt dit voor een vrachtauto. Een chauffeur moet besluiten om te stoppen, wachten op het volgende groen en opnieuw zijn zware voertuig op rijnsnelheid brengen. Een personenauto heeft een versnellingsbak met slechts enkele versnellingen, een vrachtautobestuurder moet in de meeste gevallen veelvuldig schakelen voordat de gewenste rijnsnelheid is bereikt. Gedurende het optrekken wordt de vrachtautobestuurder, waar mogelijk, continu ingehaald door personenauto's. Menigmaal ontstaan in tijdens dergelijke inhaalmanoeuvres conflicten tussen het inhalende voertuig en een tegenligger. Kunnen doorrijden bij een verkeerslicht leidt voor een bestuurder van een vrachtauto zeker tot een verhoging van het rijcomfort. Deze verhoging is rechtstreeks als een positief effect toe te schrijven aan TOVERgroen.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Na een verkenning van de effecten van TOVERgroen op de locatie N261 en N629 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Resultaten

N261:

Tovergroen heeft duidelijk positieve effecten op de doorstroming van het vrachtverkeer:

- Meer vrachtverkeer rijdt tijdens het groen over het vrachtwagendetectiegebied en krijgt vervolgens TOVERgroen (met name in de laagste intensiteitklasse);
- Het aantal vrachtwagens dat voor de stopstreep wordt gevangen is sterk afgenomen (met name in de hoogste intensiteitklasse);
- De verkeersveiligheid neemt toe als gevolg van vermindering van roodlichtnegatie en het voorkomen dat vrachtverkeer in de dilemmazone terecht komt op de TOVERgroen richting.

N629:

- Het aantal vrachtwagens dat voor de stopstreep tot stilstand moet komen is op één van beide TOVERrichtingen (richting 2) aantoonbaar verminderd. Het effect van TOVERgroen op de andere richting is met de beschikbare indicator niet aangetoond.

N261 / N629:

TOVERgroen heeft ook negatieve effecten op de afwikkeling van het verkeer op de overige richtingen:

- Op alle richtingen nemen de wachttijden toe, echter slechts in zeer beperkte mate.
- Per meetperiode daalt het aantal groenrealisaties per richting.

Voor beide locaties is gebleken dat de effecten van TOVERgroen het meest zichtbaar is bij een gemiddeld of licht belast kruispunt. Als voornaamste oorzaak is hiervoor aan te merken dat bij een zwaar belast kruispunt alle groentijden maximaal worden benut en de regeling het verkeer als het ware star gaat regelen. Het effect van TOVERgroen neemt dan af.

Voor beide locaties zijn verschillende negatieve effecten aangetoond. Deze (neven) effecten geven echter geen reden om de verkeersafwikkeling als slecht te kwalificeren. Met name de toename in wachttijden is absoluut gezien zeer beperkt waardoor het effect voor het (conflicterend) verkeer nauwelijks zichtbaar is. Het is op de locatie N261 niet statistisch aangetoond dat het neveneffect het gedrag van de bestuurder (negatief) verandert. De neveneffecten leiden niet tot een verhoging van roodlichtnegatie.

Kosten

Voor de locatie N261 is de kosteneffectiviteit bepaald en vergeleken met de uitkomsten van het eerder uitgevoerde haalbaarheidsonderzoek. In dat onderzoek is uitgegaan van een werking van TOVERgroen van 3 uur per dag en een uurtarief van €36,-.

In de onderzoeksperiode is gedurende een langere periode per dag TOVERgroen ingeschakeld. Op basis van deze inschakelduur is berekend dat TOVERgroen aanzienlijke maatschappelijke baten heeft van circa €16.000,- op jaarbasis. De berekening is gebaseerd op de vermindering van verliestijd op de TOVERgroen richting. De mogelijke opgelopen verliezen op de conflictrichtingen konden niet worden bepaald.

Ervaring en overige effecten

Uit de enquête is naar voren gekomen dat vrachtwagenbestuurders over het algemeen zeer positief zijn over de werking van TOVERgroen. Vrijwel alle ondervraagden hebben het informatiepaneel zien oplichten. De manier waarop met behulp van het informatiepaneel gecommuniceerd wordt, heeft ertoe geleid dat 85% bij de eerste passage het bericht heeft begrepen. De vrachtwagenchauffeurs zijn voor 100% tevreden tot zeer tevreden en zien TOVERgroen ook graag op andere locaties actief worden.

Het minder vaak moeten stoppen voor een rood licht heeft voor het vrachtverkeer op de TOVERgroen richtingen nog een aantal andere positieve effecten. Het rijcomfort voor de chauffeur neemt toe. Onnodig stoppen, wachten en schakelen wordt voorkomen. Daarnaast levert TOVERgroen een positieve bijdrage aan het milieu. Een vanuit stilstand optrekkende vrachtauto verbruikt aanzienlijk meer brandstof en stoot meer schadelijke stoffen uit dan een vrachtauto die op snelheid door kan rijden. Tot slot draagt TOVERgroen bij aan de verkeersveiligheid. Vrachtautochauffeurs komen minder vaak in de dilemmazone terecht en roodlichtnegatie neemt af.

Tabel 13: vergelijkende eindscore TOVERgroen

	Bereikbaarheid	Verkeersveiligheid	Leefbaarheid
Positieve effecten TOVERgroen			
Aantal stops vrachtverkeer	+	+	+
Roodlichtnegatie	0	+	0
Dilemmazone	0	+	0
Negatieve effecten TOVERgroen			
Aantal groenrealisaties	-	0	-
Wachttijd	0	0	0

+ = goed, 0 = neutraal, - = negatief

7.2 Aanbeveling

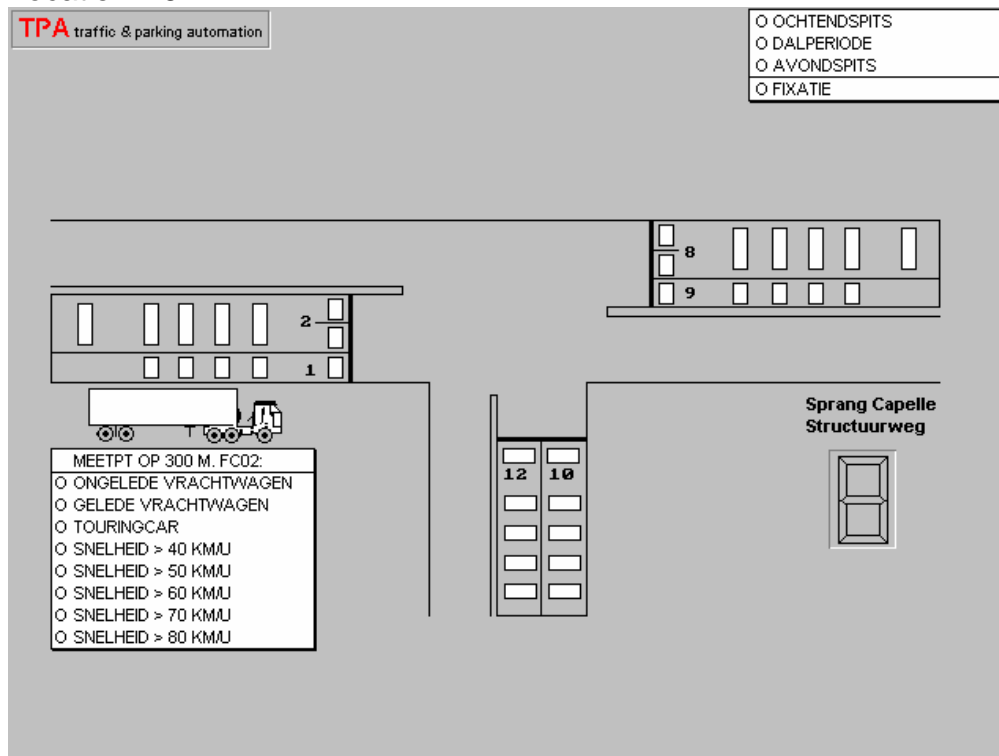
Uitgaande van de onderzoeksresultaten van de effecten van TOVERgroen kan worden gesteld dat de positieve effecten groter zijn dan de neveneffecten. Als de mening van de geënquêteerden daaraan wordt toegevoegd verdient het aanbeveling TOVERgroen op meer locaties in de provincie Noord-Brabant te gaan toepassen. Hieraan kan worden toegevoegd dat de baten hoger zijn dan de (installatie) kosten.

Effecten TOVERgroen

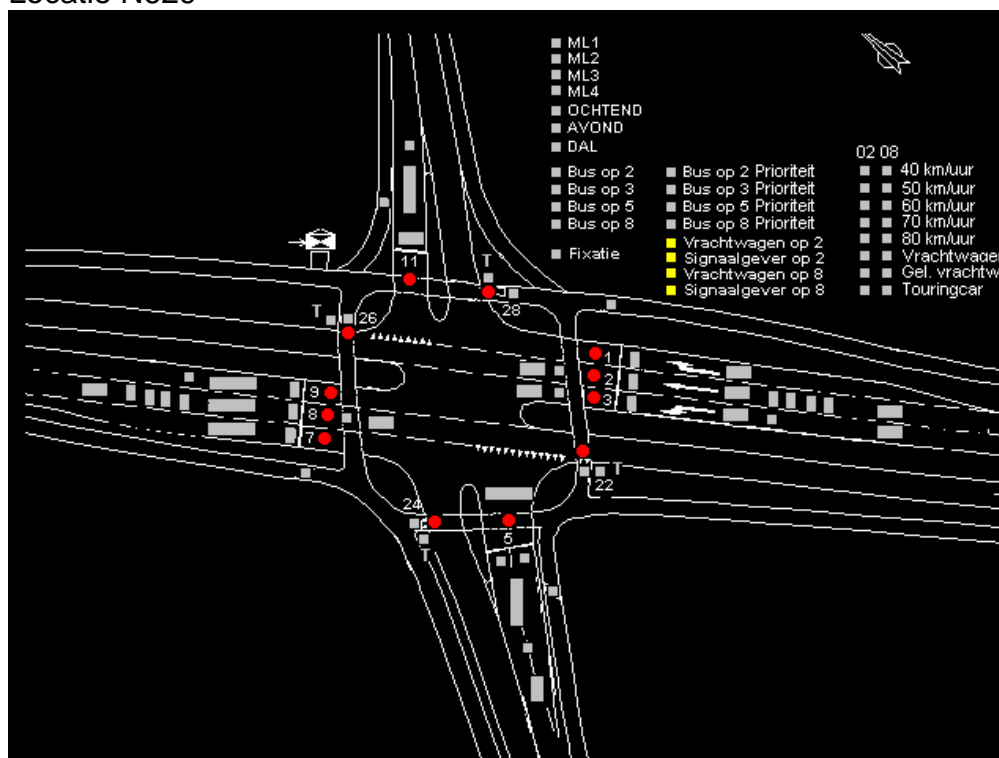
de bijlagen

Bijlage 1: Overzicht kruispunten

Locatie N261



Locatie N629



Bijlage 2: Roodlichtrijders N261

Richting	Meting	Klasse	2	3	4
2	0	Aantal van Roodlichtrijder	13	29	15
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,77	1,07	1,27
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,83	0,75	1,94
2	1	Aantal van Roodlichtrijder	17	25	13
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,71	0,64	0,77
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,77	0,76	0,83
		verschil	niet significant	significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	2	3	4
9	0	Aantal van Roodlichtrijder	13	29	15
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,62	1,07	1,00
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,87	0,96	1,20
9	1	Aantal van Roodlichtrijder	17	25	13
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,47	0,52	1,15
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,80	0,51	1,14
		verschil	niet significant	significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	2	3	4
10	0	Aantal van Roodlichtrijder	10	24	13
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,30	0,25	0,46
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,48	0,44	0,66
10	1	Aantal van Roodlichtrijder	17	25	13
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,18	0,32	0,69
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,39	0,48	0,85
		verschil	niet significant	niet significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	2	3	4
12	0	Aantal van Roodlichtrijder	13	29	15
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,85	1,48	1,33
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	0,80	1,45	1,35
12	1	Aantal van Roodlichtrijder	17	25	13
		Gemiddelde van Roodlichtrijder	0,94	2,32	2,46
		Standaard deviatie van Roodlichttjider	1,14	1,84	2,22
		verschil	niet significant	niet significant	niet significant

Bijlage 3: Wachtijden N261

Richting	Meting	Klasse	2	3	4
2	0	Aantal van Wachtijd	52	116	72
		Gemiddelde van Wachtijd	13,38	21,88	23,58
		Standaard deviatie van Wachtijd	6,66	6,27	7,92
2	1	Aantal van Wachtijd	56	96	40
		Gemiddelde van Wachtijd	16,59	22,54	23,70
		Standaard deviatie van Wachtijd	8,04	7,55	7,78
		verschil	significant	niet significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	2	3	4
9	0	Aantal van Wachtijd	52	116	72
		Gemiddelde van Wachtijd	21,50	34,34	40,68
		Standaard deviatie van Wachtijd	11,71	27,51	17,85
9	1	Aantal van Wachtijd	56	96	40
		Gemiddelde van Wachtijd	30,27	38,23	35,75
		Standaard deviatie van Wachtijd	15,83	20,07	13,40
		verschil	significant	niet significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	2	3	4
10	0	Aantal van Wachtijd	52	116	72
		Gemiddelde van Wachtijd	6,31	14,75	22,18
		Standaard deviatie van Wachtijd	5,19	9,25	13,96
10	1	Aantal van Wachtijd	56	96	40
		Gemiddelde van Wachtijd	11,73	16,57	22,43
		Standaard deviatie van Wachtijd	9,32	9,28	14,66
		verschil	significant	niet significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	2	3	4
12	0	Aantal van Wachtijd	52	116	72
		Gemiddelde van Wachtijd	24,90	42,12	48,40
		Standaard deviatie van Wachtijd	10,39	31,82	14,55
12	1	Aantal van Wachtijd	56	96	40
		Gemiddelde van Wachtijd	30,59	42,69	51,83
		Standaard deviatie van Wachtijd	13,61	14,06	20,00
		verschil	significant	niet significant	niet significant

Bijlage 4: Wachtijden N629

Richting	Meting	Klasse	3	4	5
2	0	Aantal van Wachtijd	248	120	160
		Gemiddelde van Wachtijd	2,90	3,89	6,44
		Standaard deviatie van Wachtijd	1,84	2,52	4,13
2	1	Aantal van Wachtijd	168	128	68
		Gemiddelde van Wachtijd	3,32	4,94	9,22
		Standaard deviatie van Wachtijd	1,88	3,44	4,46
		verschil	significant	significant	significant
Richting	Meting	Klasse	3	4	5
5	0	Aantal van Wachtijd	248	120	160
		Gemiddelde van Wachtijd	12,41	18,88	30,53
		Standaard deviatie van Wachtijd	9,76	24,91	20,08
5	1	Aantal van Wachtijd	157	123	67
		Gemiddelde van Wachtijd	17,73	25,14	35,76
		Standaard deviatie van Wachtijd	12,03	16,17	22,80
		verschil	significant	significant	niet significant
Richting	Meting	Klasse	3	4	5
8	0	Aantal van Wachtijd	248	120	160
		Gemiddelde van Wachtijd	4,57	6,94	12,83
		Standaard deviatie van Wachtijd	2,91	4,00	6,18
8	1	Aantal van Wachtijd	168	128	68
		Gemiddelde van Wachtijd	5,01	7,70	9,89
		Standaard deviatie van Wachtijd	2,81	3,61	5,08
		verschil	niet significant	niet significant	significant
Richting	Meting	Klasse	3	4	5
11	0	Aantal van Wachtijd	248	120	160
		Gemiddelde van Wachtijd	9,48	13,29	22,01
		Standaard deviatie van Wachtijd	7,03	8,13	9,20
11	1	Aantal van Wachtijd	155	126	68
		Gemiddelde van Wachtijd	12,83	19,04	20,66
		Standaard deviatie van Wachtijd	8,05	9,58	8,58
		verschil	significant	significant	niet significant

Bijlage 5: Enquête vrachtwagen chauffeurs

De provincie Noord-Brabant en Transport Logistiek Nederland zijn geïnteresseerd in uw mening over de werking en wijze van communicatie van het proefproject TOVERgroen.

U wordt verzocht op de volgende vragen het best passende antwoord aan te kruisen.

1 Wat voor vrachtauto bestuurt u?

- Vrachtauto
- Vrachtauto + aanhanger
- Trekker met oplegger
- Ander soort vrachtauto, namelijk

2 Hoe vaak rijdt u over de N261 in de richting van Tilburg?

- meer dan 1 keer per dag (graag gemiddeld aantal keren opgeven ... keer per dag)
- 1 keer per dag
- meer dan 1 keer per week
- 1 keer per week
- 1 keer per 2 weken
- 1 keer per maand
- minder dan 1 keer per maand

3 Hebt u onderstaand bord wel eens gezien?

- ja; ga verder met vraag 4
- nee; einde enquête



4 Tijdens welke periode komt u meestal langs de TOVERgroen locatie (meerdere antwoorden mogelijk)

- voor de ochtendspits (voor 06.30)
- tijdens de ochtendspits (tussen 06.30 – 09.00)
- tussen ochtend- en avondspits (tussen 09.00 – 15.30)
- tijdens de avondspits (tussen 15.30 – 18.30)
- na de avondspits (na 18.30)
- wisselend

5 Begreep u de bedoeling en betekenis van het bord toen u het de eerste keer zag?

- Ja
- Nee

6 Begrijpt u de betekenis van het bord als u de uitleg leest (zie toelichting)?

- Ja
- Nee

7 Hoe vaak ziet u het bord oplichten?

- tijdens iedere passage (100%)
- ongeveer de helft van het aantal passages (50%)
- ongeveer een kwart van het aantal passages (25%)
- een enkele keer
- nooit

8 Merkt u iets van de werking van TOVERgroen?

- Ja, het licht staat vaker op groen als ik aan kom rijden
- Ja, omdat...
- Nee, het licht is nog steeds vaak rood als ik aan kom rijden
- Nee, omdat ...

9 Ervaart u deze ingreep als een voordeel voor u als vrachtautochauffeur?

- Ja
- Nee

10 Beïnvloedt TOVERgroen uw manier van rijden?

- Ja, het licht blijft groen voor mij als dat kan, daar kan ik nu op vertrouwen
- Ja, omdat...
- Nee, ik vertrouw (nog) niet op zulke maatregelen
- Nee, omdat ...

11 Is het bord een goede manier om u te informeren over de groen licht verlenging?

- Ja
- Nee, hiervoor is ook nodig:...

12 Bent u tot nu toe tevreden over de werking van TOVERgroen?

- Zeer tevreden
- Tevreden
- Niet tevreden, noch ontevreden
- Ontevreden
- Zeer ontevreden

13 Heeft u een indruk wat uw collega-chauffeurs van het project vinden?

- Ja, over het algemeen is dat positief
- Ja, over het algemeen is dat negatief
- Nee

14 Vindt u het zinvol om TOVERgroen op meer plaatsen in te zetten

- Ja
- Nee

Ruimte voor eventuele opmerkingen:

Hartelijk dank voor uw medewerking.

Kijk ook eens op www.brabant.nl

Toelichting Enquête TOVERgroen, N261-Bevrijdingsweg

De provincie Noord-Brabant heeft in het Provinciaal Verkeer en Vervoerplan uitgesproken dat het verkeer, en dan met name het zware vrachtverkeer, extra aandacht krijgt bij de verkeersafwikkeling. Eén van de mogelijkheden om zwaar verkeer met voorrang af te wikkelen is het aanpassen van de programmering van verkeerslichten. Deze aanpassing bestaat uit het verlengen van groen licht, indien vrachtverkeer nadert. Het project heet TOVERgroen, dat staat voor "TOepassen Voorzieningen voor vrachtverkeER".

De provincie Noord-Brabant, is geïnteresseerd in uw mening over de wijze van communicatie van TOVERgroen.

Het doel van deze enquête is te achterhalen of de *weggebruiker (u als chauffeur) begrijpt dat het bord aangeeft dat bij het volgende met verkeerslichten geregelde kruispunt het licht voor hem op groen wordt gehouden als het bord is opgelicht tijdens het voorbijrijden?*

Uitleg TOVERgroen

In normale situaties wordt het groen van verkeerslichten alleen verlengd als verkeer in de buurt van de lichten is. Het detectieveld ligt altijd in de buurt van de stopstreep. In bijzondere gevallen worden lichten groen gehouden met koppelingen tussen twee verschillende kruispunten met verkeerslichten.

In de praktijk komt het vaak voor dat vrachtauto's ten opzichte van hun voorganger een groot gat moeten laten vallen. Dit gat is vaak dusdanig groot dat het groen bij het verkeerslicht niet wordt verlengd voor de vrachtauto. Het gevolg hiervan is dat de vrachtauto vooraan bij de stopstreep tot stilstand komt en bij het op groen springen als eerste voertuig optrekt. Dit heeft twee belangrijke nadelen:

- De vrachtauto moest stoppen en is tijd/geld kwijt vanwege het wachten, bovendien kost het extra energie/geld om weer terug op snelheid te komen.
- Het overige verkeer ondervindt (algemeen gesproken) hinder van de langzaam optrekkende vrachtauto.

TOVERgroen biedt hiervoor een oplossing. Op 300 meter voor de stopstreep van de verkeerslichten bij de kruising N261-Bevrijdingsweg (in de richting van Tilburg) ligt een detectieveld. De aanwezige apparatuur meet zowel de lengte als de snelheid van passerende voertuigen. Als de apparatuur meet dat het voertuig een vrachtwagen is, wordt dit samen met de rijnsnelheid doorgegeven aan de verkeersregelininstallatie. Als het licht op dat moment nog groen is en er staat geen wachtrij, dan zorgt TOVERgroen ervoor dat het licht groen blijft en de vrachtauto door kan rijden. De snelheid wordt gemeten, zodat de verkeerslichten niet onnodig lang groen worden gehouden voor de vrachtauto.

Een chauffeur kan zien wanneer TOVERgroen voor hem geactiveerd is. Het bord met daarop de melding 'groene golf' licht op.



**Arane Adviseurs in
verkeer en vervoer B.V.**
Postbus 86
4250 DB Werkendam

Bezoekadres:
Sasdijk 34
4251 AB Werkendam

Tel. 0183 – 308390
Fax 0183 – 308399

info@arane.nl
www.arane.nl