

Onderzoek naar de effecten van de Afteller in 's-Hertogenbosch

Auteurs: Guus van der Burgt (Verkeerslicht.nl), Eric Greweldinger (Gemeente 's-Hertogenbosch)

1 Inleiding

De afteller is eind 2008, voor het eerst toegepast in Nederland op de aansluiting Bruistensingel – De Harendonkweg – Balkweg in 's-Hertogenbosch.

In het voorjaar van 2009 is de werking en de effecten van de afteller onderzocht (Aftellen naar Comfort, Bram van de Vrande, 2 juli 2009, stageverslag NHTV). Naast dat het door de weggebruikers als zeer positief wordt ervaren bleek de afteller ook een positief effect te hebben op de doorstroming. Het verkeer gaat eerder rijden bij groen.

In de afgelopen 10 jaar zijn steeds meer verkeersregelininstallaties in 's-Hertogenbosch uitgerust met de afteller. De weggebruiker ziet de afteller op meerdere locaties en raakt hier meer aan gewend. Ook enkele andere steden zijn begonnen met het testen van de afteller (Rotterdam, Leiden, Nijmegen, Uden).

Dit onderzoek is uitgevoerd om te bepalen of en hoe het “gebruik” van de afteller is veranderd nu de weggebruikers de afteller al langer (9 jaar) en op meerdere locaties in stad zien.

Werking afteller

Weggebruikers reageren vaak laat op het groene licht bij verkeersregelininstallaties. Deze reactie kan worden verbeterd door het aanbrengen van extra informatie in de verkeerslichten. De afteller is zo'n voorziening die extra informatie geeft aan de automobilist en de motorrijder.

In Duitsland, en andere landen, worden de weggebruikers geïnformeerd met het gelijktijdig branden van het rode én het gele licht gedurende minimaal één en maximaal twee seconden. Deze aanpak is in Nederland onuitvoerbaar omdat binnen de uitgebreide beveiliging van verkeersregelininstallaties het tegelijk branden van het gele en rode licht onmogelijk is gemaakt. Daarnaast is in het RVV wettelijk vastgelegd dat het rode en gele lichten niet tegelijk mogen branden.

Met de nieuwe mogelijkheden die de LED-lantaarns ons bieden, kan in de lens van het gele licht (wanneer deze niet brandt) een aflopend cijfer worden getoond, de zogenaamde Afteller. Deze manier van geïntegreerd informatie presenteren voor gemotoriseerd verkeer is nog relatief nieuw in Nederland. De integratie van informatie in het verkeerslicht is cognitief ergonomisch en duidelijker dan informatie naast de lantaarn of in de auto.

In tegenstelling tot het Duitse systeem wordt de afteller alleen getoond onder de volgende condities;

1. Het groene licht mag niet worden uitgesteld of overgeslagen;
2. Als er op alle stroken voor het verkeerslicht verkeer staat dat minimaal 2 seconden op een detectielus staat. Er wordt dus altijd uit stilstand weggereden en een “vliegende start” wordt voorkomen (veiligheid).

2 Onderzoek

Onderzoeksvraag:

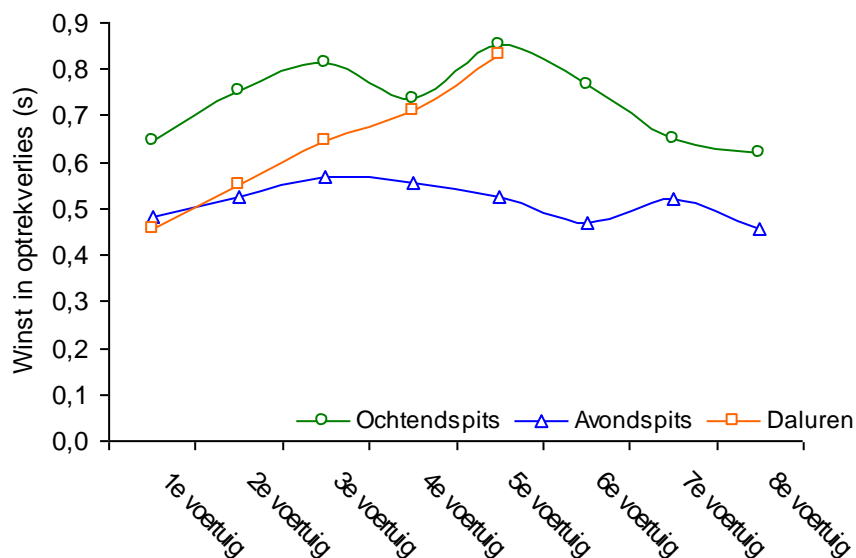
Is het doorstromingsvoordeel van de afteller groter nu meerdere verkeersregelininstallaties (VRI's) in 's-Hertogenbosch hiermee zijn uitgerust ?

Hypothese

Automobilisten die regelmatig in 's-Hertogenbosch rijden en VRI's passeren, die zijn uitgerust met de afteller, raken hier aan gewend en anticiperen meer op de werking.

Vorig onderzoek

Na de inrichting van de pilot locatie (Bruistensingel – De Harendonkweg – Balkweg) is in 2009 onderzocht of er meetbare effecten zijn op de doorstroming en de veiligheid (Stageonderzoek Bram van de Vrande). Uit dit onderzoek is gebleken dat het eerste voertuig voor de stopstreep in 2009 gemiddeld 0,5 (eerste voertuig) en het volgende voertuig 0,6 seconden eerder weggrijpt na startgroen ten opzichte van een VRI zonder Afteller. Het aantal roodlichtnegaties nam iets maar niet significant toe.



Uit het onderzoek bleek daarnaast dat het aantal vroegstarters weliswaar was toegenomen, maar het bleef weinig voorkomen. Toch bleek zowel uit het technische onderzoek als de enquête dat sommige mensen expres te vroeg startten. Deze groep mensen is zeer klein. Uit het onderzoek bleek dat deze niet voor gevaar hebben gezorgd.

De Afteller wordt bovendien door de weggebruikers zeer goed gewaardeerd. Van de gebruikers gaf 98% aan dat ze het systeem prettig vonden en 97% van de gebruikers wil de Afteller ook op andere kruispunten.

Deze positieve waardering is in de loop der jaren gebleven. Bij de wegbeheerder zijn er geen klachten bekend over de werking van de afteller.

Waarneming en informatie uit omgeving

Er zijn inmiddels 27 VRI's (september 2018) in 's-Hertogenbosch uitgerust met de afteller. Steeds meer weggebruikers zien en ervaren deze service. Automobilisten kijken er steeds minder van op, weten er van en rekenen er op dat ze worden geïnformeerd voordat het groen wordt.

Vandaar de hypothese dat het gedrag van de weggebruikers zich ontwikkelt en dat men zich meer laat beïnvloeden door de aftellers.

Onderzoeksoepzet

In overleg met de gemeente is op een aantal locaties (2 VRI's) een aantal rijrichtingen bepaald die nader worden onderzocht.

Er is gebruik gemaakt van een aantal vergelijkbare locaties waarbij met en zonder afteller wordt geregeld.

1. Vergelijking BOS214 en BOS042
Betreft twee dicht bij elkaar gelegen VRI's op de Orthenseweg met vergelijkbare vormgeving. Twee keer twee stroken rechtdoor (stad in en stad uit). Langzaam verkeer oversteken over alle armen. Druk in de spitsperioden.
2. Vergelijking BOS023 en BOS230
Betreft dezelfde aansluiting voor en na de ombouw naar aftellers.

Aansluiting met twee conflictvlakken. Meerdere richtingen met twee stroken. Langzaam verkeer oversteken. Druk in de spitsperioden.

Aanpak onderzoek

Gemeente 's-Hertogenbosch heeft de ruwe logdata van de situaties met en zonder werkende afteller aangeleverd.

Deze data is ingelezen in een spreadsheet waarin de van belang zijnde tijdsverschillen zijn bepaald. Voor de betrouwbaarheid is gestreefd naar minimaal 100 groenrealisaties zonder en met de werkende afteller per rijrichting.

Daarnaast zijn waarnemingen op straat uitgevoerd om de informatie uit de data beter te doorgronden en specifiek te kijken naar de veiligheidsaspecten.

3 Resultaten

Het resultaat van het onderzoek is een vergelijking van de situaties met en zonder werkende afteller. Het gaat hier om het tijdstip van het verlaten van de koplus door de eerste vijf tot zeven voertuigen bij startgroen (dus ook als dit er voor is).

De resultaten zijn gesplitst naar locatie en aantallen voertuigen in de wachtrij.

Oprijgedrag

Uit de waarnemingen op straat en de informatie uit de datafiles blijkt dat het autoverkeer anticipeert op de afteller en regelmatig ook al gaat rijden terwijl het verkeerslicht nog geen groen is (vroegstarters zonder dat de koplus wordt verlaten in rood). Op zich is dit ongewenst gedrag maar de vraag is of dit onveilig is. Bij de waarnemingen en uit de data is gebleken dat de automobilisten die al gaan rijden bij het aflopen van de afteller dit altijd stapvoets doen en de koplus niet verlaten tijdens rood. Ofschoon het natuurlijk niet ondenkbaar is dat sommige weggebruikers harder wegrijden.

Wat ook van belang is dat deze weggebruikers bewust de keuze maken om al eerder te gaan rijden en ook met de wetenschap dat ze tijdens rood de stopstreep met de voorzijde van het voertuig passeren. Ze kijken dus waar ze heen gaan en zijn attent op het overige verkeer. Ongevallen of bijna-ongevallen ten gevolge van het (te) snel wegrijden bij de afteller zijn dan ook niet bekend. Er zijn met betrekking tot dit gedrag ook geen klachten bekend bij de wegbeheerder.

Vroegstarters

Om het aantal vroegstarters te kwantificeren is onderzocht wat de minimale tijd moet zijn dat de koplus bezet blijft na startgroen. Hiervoor zijn proefmetingen gedaan met een kleine middenklasse auto (VW Polo, diesel). Uit de metingen bleek dat deze minimale tijd 1,5 seconde bedraagt. Dus van ieder voertuig dat na startgroen binnen 1,5 seconde de koplus verlaat kan worden aangenomen dat deze bestuurder is gaan rijden voordat het verkeerslicht op groen stond.

De snelheid waarmee dan wordt afgereden is niet te bepalen op basis van de opgeslagen data. Bij waarnemingen is gebleken dat dit altijd rustig wegrijgedrag is.

Bij het onderzoek dat is 2009 is uitgevoerd zijn deze vroegstarters niet specifiek onderzocht. Hiermee kan dus ook geen vergelijking worden gemaakt.

Onderzoek ruwe data

Voor het onderzoek is data gebruikt die door middel van MV-files en Kwaliteitscentrale uit de verkeerslichtenregelingen is gehaald. De events start- en einde detectie van de koplus en groen-geel-rood informatie zijn hiervoor gebruikt.

Om alleen wachtende (niet nog rijdende) voertuigen mee te nemen in het onderzoek is een grens van twee seconden aangehouden dat de koplus bezet moet zijn voor start groen (zelfde grens zoals die wordt gehanteerd voor het wel of niet activeren van de afteller).

Wanneer na startgroen het eerste voertuig niet binnen vijf seconden van de koplus weggereden is, wordt de informatie van die groenrealisatie niet meegenomen in de evaluatie. Dit zijn erg trage voertuigen of voertuigen die niet kunnen of willen (onoplettendheid) wegrijden na start groen.

Na start groen zijn wegrijdende voertuigen gemeten en meegenomen in het onderzoek totdat een hiaattijd van drie seconden werd gemeten op de koplus. De kans is groot dat verkeer dat na die drie seconden over de stopstreep rijdt niet stilstond in de wachtrij.

Betrouwbaarheid

Door middel van SPSS is onderzocht of de gevonden verschillen significant zijn en binnen welke grenzen een betrouwbaarheid van 95% kan worden vastgesteld.

Met een onafhankelijke T-toets is onderzocht is of de gemiddelden van de groep met- en zonder afteller significant verschillen. Als de p-waarde (overschrijdingskans) voor het experiment onder de 0,05 is, wordt een significant verschil tussen het gemiddelde van de groepen aangenomen. Voor alle uitgevoerde vergelijkingen bleek dit zo te zijn.

Ook is met behulp van de T-toets een 95%-betrouwbaarheidsinterval voor het verschil tussen de gemiddelden berekend, met en zonder afteller onder aanname over gelijke variantie. Op basis van de test van Levene wordt bepaald of gelijke variantie tussen de groepen kan worden aangenomen.

Er zit (uitgaande van een betrouwbaarheid van 95%) een spreiding op de gevonden gemiddelde vertrektijden van ongeveer +/- 0,2 seconden. De waarden blijven echter groot genoeg om te spreken van een meetbaar en merkbaar verschil in wegrijgedrag.

4 Resultaten onderzoek eerste fase

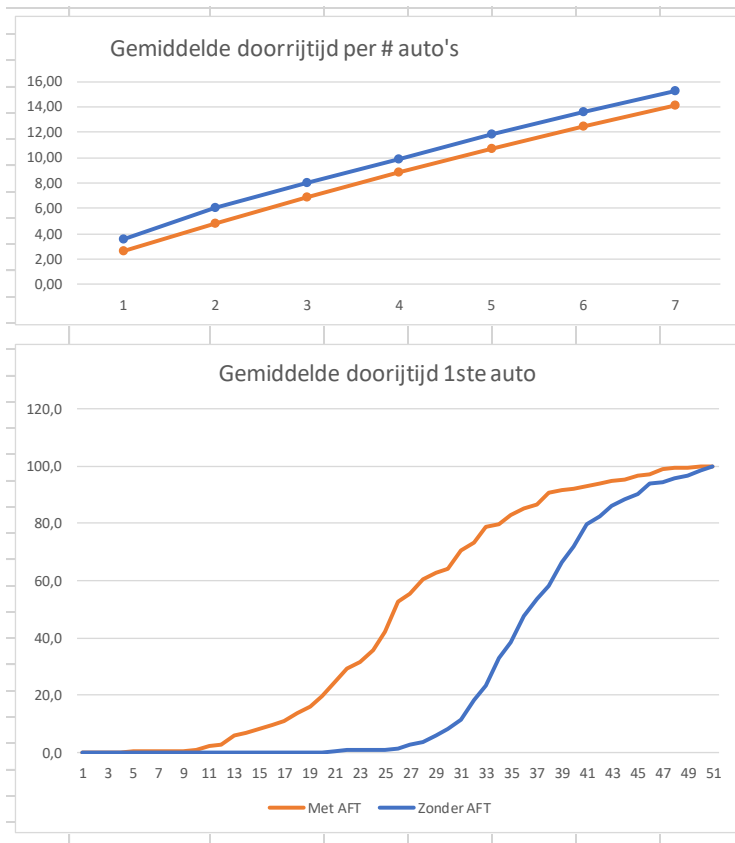
Vergelijking tussen de kruispunten BOS214, BOS042 en BOS230(BOS023)

Onderzocht zijn een rechtdoorgaande richting met twee rijstroken (Rechterstrook (Redo re) en linkerstrook (Redo li)) en een linksafslaande richting met één rijstrook (liaf).

Vergelijking BOS230 voor en na de ombouw naar Afteller (voorheen BOS023)

Onderzocht is een linksafslaande richting met twee rijstroken (rechter rijstrook (Liaf re) en linker rijstrook (Liaf li)).

Hieronder staan de resultaten in grafiek vorm voor de rechter strook van een rechtdoorgaande richting met twee rijstroken.



De bovenste grafiek geeft de gemiddelde wegrijtijd weer in seconden (Y-as) na startgroen van het x-te voertuig (X-as).

De onderste grafiek geeft het percentage (Y-as) van het wegrijmoment van het eerste voertuig (verlaten koplus) weer in tienden van seconden na startgroen (X-as).

Resultaten in tabelvorm van alle genoemde rijrichtingen.

Verskil Met/zonder AFT 3-2-1	%-age < 1,5 sec	1 ^e Voertuig	2 ^e Voertuig	3 ^e Voertuig	4 ^e Voertuig	5 ^e Voertuig	6 ^e Voertuig	7 ^e Voertuig
BOS214/042 Redo re	9,6 %	0,96	1,22	1,18	1,05	1,12	1,10	1,17
BOS214/042 Redo li	10,4%	0,89	1,04	1,05	1,06	1,05	1,07	1,11
BOS214/042 Liaf	11,7 %	1,16	1,39	1,38	1,50	1,73	1,51	1,07
BOS230/023 Liaf re	10,1%	1,11	1,06	1,12	1,08	1,04	1,19	1,69
BOS230/023 Liaf li	15,9%	1,27	1,37	1,41	1,40	1,57	1,86	1,96

Gemiddeld rijden de voertuigen bij een verkeerslicht mét de afteller duidelijk sneller weg dan bij een verkeerslicht zonder afteller. De tijd van het verlaten van de koplus licht bij een verkeerslicht met de afteller ongeveer ruim een seconde eerder. Ook de volgende voertuigen uit de wachtrij rijden eerder over de stopstreep. Vaak neemt het verschil met de situatie zonder afteller nog iets toe.

Uit eerder het onderzoek (Van de Vrande 2009) bleek het verschil tussen het wegrijden van het verkeer met en zonder afteller 0,5 tot 0,6 seconden te bedragen. Het huidige onderzoek toont aan dat dit verschil is toegenomen tot meer dan één seconde.

De gestelde hypothese : "Automobilisten die regelmatig in 's-Hertogenbosch rijden en VRI's passeren die zijn uitgerust met de afteller raken hier aan gewend en anticiperen meer op de werking" blijkt dus juist te zijn.

Het aantal eerste voertuigen dat wegrijdt terwijl het verkeerslicht nog rood is, is wel fors. Dat percentage ligt op de onderzocht locaties op 10% of hoger. Ofschoon er geen aanwijzingen zijn dat dit gedrag onveilige situaties veroorzaakt (er wordt stapvoets weggereden en er zijn geen geregistreerde ongevallen) is dit gedrag niet gewenst. In het eerdere onderzoek is hier geen aandacht aan besteed.

Vervolgonderzoek

Op basis van de gevonden resultaten is besloten te onderzoeken wat de gevolgen zijn wanneer de automobilisten niet de laatste drie seconden worden geïnformeerd over het groen worden van het verkeerslicht maar de laatste twee seconden. Deze twee seconden sluit ook aan bij de Europese norm van het geven van voorinformatie met betrekking tot het groen worden van een verkeerslicht. Zie bijvoorbeeld het geel-rood voor groen in Duitsland.

Om bovenstaande te onderzoeken is in de verkeerslichtenregeling op BOS230 ingesteld dat alleen 2-1 wordt getoond voor groen. Nadat dit een paar weken heeft gefunctioneerd is de data opnieuw onderzocht.

5 Resultaten onderzoek tweede fase

Vergelijking van de rechter en de linker rijstrook van een linksafrichting op BOS230 met 2-1 in plaats van 3-2-1 en geen afteller

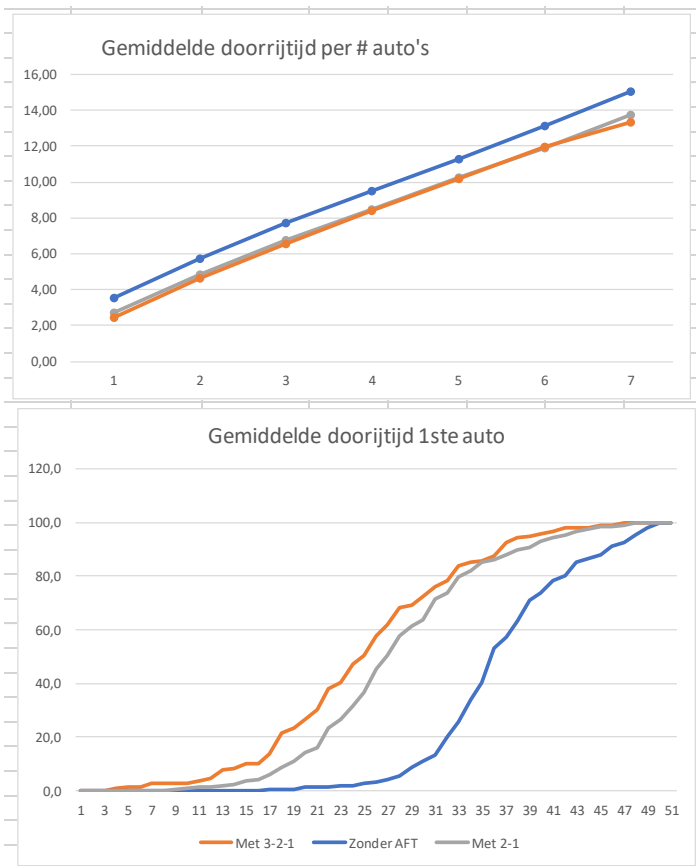
Rechter rijstrook van FC03

Het wijzigen van de instelling van de afteller van 3-2-1 naar 2-1 (tijdsduur twee seconden) is duidelijk zichtbaar.

Het eerder wegrijden van het eerste voertuigen neemt gemiddeld genomen af van iets boven de seconde tot ongeveer 0,8 seconden. Bij de volgende voertuigen uit de wachtrij neemt het eerder wegrijden toe tot boven de seconde.

Het aantal vroegstarters neemt af van ongeveer 10% naar iets boven de 4%.

Hieronder staan de resultaten in grafiek vorm voor de rechter strook van een linksafslaande richting met twee rijstroken.



Samenvatting onderzoek tweede fase

Na het wijzigen van werking van de aftellers op BOS230 van 3-2-1 (in drie seconden) na 2-1 (in twee seconden) zijn de verschillen in wegrijgedrag goed zichtbaar.

Vershil	%-age < 1,5 sec	1 ^e Voertuig	2 ^e Voertuig	3 ^e Voertuig	4 ^e Voertuig	5 ^e Voertuig	6 ^e Voertuig	7 ^e Voertuig
AFT 3-2-1 met AFT 2-1								
BOS230 Liaf re 3-2-1	10,1%	1,11	1,06	1,12	1,08	1,04	1,19	1,69
Idem 2-1	4,2%	0,84	0,89	0,93	1,00	1,02	1,24	1,29
Vershil	-58%	0,27	0,17	0,19	0,08	0,02	-0,05	0,40
BOS230 Liaf li 3-2-1	15,9%	1,09	1,47	1,64	1,56	1,83	2,07	1,97
Idem 2-1	5,8%	0,84	1,14	1,29	1,26	1,44	1,55	1,55
Vershil	-64%	0,25	0,32	0,35	0,31	0,39	0,52	0,42
BOS230 Liaf 3-2-1	22,0%	1,34	1,44	1,43	1,58	1,54	1,42	2,04
Idem 2-1	6,7%	1,00	1,30	1,17	1,44	1,60	Geen waarne mingen	Geen waarne mingen
Vershil	-71%	0,35	0,14	0,26	0,14	-0,06	-	-

De voordelen van het vroeger wegrijden van het eerste voertuig neemt op beide rijstroken iets af (0,2 tot 0,3 sec). De voordelen voor de rest van wachtrij wijzigen mee of nemen zelfs iets minder af. Deze automobilisten blijven geïnformeerd.

Het aantal vroegstarters neemt fors af (bij alle drie de richtingen ongeveer 60%) maar is nog wel aanwezig. Extreem vroege starters zijn er vrijwel niet meer omdat de tijd tussen het starten van het geven van de informatie en het startgroen moment een seconde korter wordt.

Geconcludeerd kan worden dat wanneer de weggebruikers niet de laatste drie maar de laatste twee seconden worden geïnformeerd dit blijft zorgen voor een betere doorstroming én dat er beduidend minder te vroeg wordt weggereden.

Ook met deze instelling rijdt het verkeer gemiddeld duidelijk eerder weg dan bij het eerste onderzoek in 2009. Ook bij deze werking zal na alle waarschijnlijkheid een gewenning optreden. Of hierdoor het starttijdstip zal vervroegen is niet waarschijnlijk. De reactie/anticipatie-tijd bij het zien van afteller wordt korter.

6 Conclusie en vervolg

De afteller heeft een duidelijk meetbaar en blijvend voordeel voor de doorstroming bij verkeerslichten. Het voordeel is nu ongeveer één seconde per realisatie. Dit geldt voor de gehele wachtrij. De hypothese is bevestigd dat het voordeel is toegenomen door de ervaring van weggebruikers (al meerdere jaren en op steeds meer locaties aanwezig).

De verschillen zijn significant en betrouwbaar.

De waardering door de weggebruikers is onveranderd zeer positief. Dit gebaseerd op navraag in omgeving, bij collega's en reacties van weggebruikers. Er zijn geen klachten of meldingen van onbegrip en verkeersonveiligheid.

Het percentage voertuigen dat sneller wegrijdt dan gewenst is relatief hoog. Het is niet bekend of dit is toegenomen in de loop der jaren (geen uitkomst van het eerdere onderzoek). De koplus wordt niet tijdens rood

verlaten maar regelmatig wel te vroeg . Er wordt dus al tijdens rood gestart met optrekken. De voertuigen anticiperen op het groen worden van het verkeerslicht en gaan vast rustig oprijden (waarnemingen). Er mag echter vanuit worden gegaan dat sommige automobilisten ook wat harder wegrijden. Dit leidt echter voor zover bekend niet tot gevaarlijke situaties.

Om het aantal vroegstarters te verkleinen is de tijd van voorinformatie ingekort van drie naar twee seconden (2-1 in plaats van 3-2-1). De twee seconden sluit ook aan bij de Europese standaard waarbij in enkele landen twee seconden lang rood-geel wordt getoond voor groen.

Het verkorten van de afteltijd naar twee seconden blijkt een zeer positief effect te hebben op het aantal vroegstarters (afname met 60%). Het voordeel voor de doorstroming neemt ook af met ongeveer 20% maar blijft nog fors en substantieel (vanaf 0,8 tot ruim boven de seconde verder in de wachtrij). Ook blijft dit voordeel groter dan de eerste metingen in 2009.

Omdat de 3-2-1-afteller in 's-Hertogenbosch inmiddels een begrip is en ook beter "klinkt" dan 2-1 worden de aftellers in de 3-2-1 versie gehandhaafd maar laat de gemeente in het vervolg de afteller aflopen in stappen van ongeveer 0,7 seconden (afteltijd is dan twee seconden). Hiermee wordt hetzelfde comfort bereikt, blijft het doorstromingsvoordeel aanzienlijk en zijn er minder vroegstarters. Vanwege de op handen zijnde ombouw naar iVRI's is dit snel en eenvoudig uitvoerbaar.

Daarnaast is het verstandig om de opgedane ervaringen mee te nemen in het introduceren van de TTG (tijd tot groen) en de RGT (resterende groentijd) als feature van de iVRI. Weggebruikers zullen ook hierop anticiperen.

In het najaar wordt een praktijktest operationeel waarbij de afteller technisch wordt bewaakt. Met name om een robuust en bewaakt systeem te hebben.

Vanwege de aansluiting bij de Europese standaarden wordt geadviseerd de afteller op te nemen in de Nederlandse normen (Regeling Verkeerslichten). Het is een effectieve, veilige maatregel die de doorstroming bevordert en blijvend goed wordt gewaardeerd door de weggebruikers.

De minister heeft tijdens het algemeen overleg/Wegverkeer en verkeersveiligheid d.d. 9 oktober 2014/I&M reeds aangegeven dat er eigenlijk geen belemmeringen moeten zijn voor verkeerslichten met aftellers.

Kortom met de afteller benut je beter in de praktijk en is de focus van de weggebruiker op het verkeerslicht gericht in plaats van op navigatie middelen.

Het nut van één seconde

Wanneer we binnen de huidige mogelijkheden één seconde winnen per groenrealisatie heeft dat een behoorlijk positief effect op de wachttijden van al het verkeer. (dus ook fietsers en voetgangers)

Rekenvoorbeeld:

Conflictgroep van vier richtingen, intensiteiten en capaciteiten gelijk (375mvt/uur en 1800 mvt/uur).

Cyclustijd 90 seconden en alle richtingen 20 seconden groen (verzadiging 90%). De maximum groentijd is groter.

Volgens het eerste deel van de formule van Akcelik (geen overflow queue) is de verliestijd dan 34,4 seconden per richting. Dat komt voor die vier richtingen in totaal neer op 14,3 voertuigverliesuren per uur.

Wanneer de cyclustijd 86 seconden wordt (één seconde winst per richting) daalt de verliestijd per richting naar 33,0 seconden en het aantal voertuigverliesuren naar 13,8 voertuigverliesuren per uur.

Een daling in voertuigverliesuren en dus een verbetering in de doorstroming van 4% !

De gemiddelde wachttijd van het langzaam verkeer daalt met 5% (halve cyclustijd minus de groentijd).

