

Prioriteit bij verkeerslichten voor fietsers

Hoe fietsvriendelijk zijn de verkeerslichten in de gemeente Arnhem?

Definitieve versie

25-09-2015

Universiteit Twente
Gemeente Arnhem

I. Overgoor (s0209716)

Prioriteit bij verkeerslichten voor fietsers

Hoe fietsvriendelijk zijn de verkeerslichten in de gemeente Arnhem?

Definitieve versie

25-09-2015

I. Overgoor
S0209716

Opdrachtgever:
Gemeente Arnhem

Begeleiders:
G. Coumans
J. Vermeulen

Onderwijsinstelling:
Universiteit Twente

K. van Zuilekom

UNIVERSITEIT TWENTE.



Samenvatting

In Nederland wordt veel gefietst, en de fiets is dan ook een van de drie meest gebruikte vervoersmiddelen in ons land. De fiets is een erg belangrijk vervoersmiddel, omdat deze niet meedraagt aan de milieuvervuiling, niet veel ruimte vraagt in de infrastructuur, steden goed bereikbaar houdt en het voor de gebruiker ook een ideale manier van verplaatsen is voor afstanden onder de 15 kilometer. Ondanks dat Nederlanders al vaak de fiets pakken, kunnen deze aantallen worden verhoogd als voor fietsinfrastructuur naar een ideaalbeeld wordt gestreefd.

In 2013 is door de gemeente raad van Arnhem de Beleidsnota Fietsverkeer vastgesteld waarin aandachtspunten worden gepresenteerd om het fietsnetwerk te verbeteren om zo meer fietsers aan te trekken. Sindsdien zijn er nieuwe breedte eisen voor de fietspaden, wordt asfalt vaker als uitgangspunt genomen en wordt er druk geïnvesteerd in nieuwe snelle verbindingen: de snelfietsroutes. Toch is er nog een vraag blijven liggen: Meer prioriteit voor fietsers bij verkeerslichten.

Om vast te kunnen stellen of er meer prioriteit voor fietsers nodig is bij verkeerslichten moet eerst de huidige situatie in beeld worden gebracht. Wanneer de huidige situatie duidelijk in beeld is, kan worden bepaald of er meer prioriteit voor fietsers nodig is bij verkeerslichten. En daarop aansluitend wat er kan worden gedaan om dit te verkrijgen. Aan de hand van vier criteria zal de prestatie van fietsverkeerslichten worden getest. De vier criteria zijn: Intensiteit, maximum cyclustijd, gemiddelde wachttijd en roodlichtnegatie.

VRI-schema's worden ingedeeld naar intensiteit van verschillende richtingen, en dan met name aan de hand van de intensiteit van gemotoriseerd verkeer. Wanneer de fietsintensiteit is gemeten kan er al dan niet meer groentijd voor de fietser worden gereserveerd in de regeling. In plaats van de fiets richting iedere cyclus een keer langs te laten komen, kan deze groentijd worden verdeeld naar intensiteit. Daarnaast kan met de intensiteit duidelijkheid worden verkregen de kruisingen waar veel fietsers oversteken. Op deze plaatsen hebben prioriteitsmaatregelen het meeste effect.

Met de maximale cyclustijd is een uitgangspunt die is vastgesteld om de geloofwaardigheid van de regeling te garanderen. Doordat iedere richting één keer aan de beurt moet komen per cyclus (mist er verkeer staat), kan de maximale wachttijd niet verder oplopen dan deze maximale cyclustijd minus de eigen groentijd. Deze maximale cyclustijd van een regeling heeft een streeftijd van 90 seconden, maar mag in uitzonderingen oplopen tot 120 seconden.

Fietsers zelf willen bij verkeerslichten het liefst niet hoeven stoppen en als ze al moeten stoppen, dan willen ze niet te lang wachten. De gemiddelde wachttijd dekt deze wensen, doordat deze de 'stopkans' keer 'de gemiddelde wachttijd bij stoppen' is. Naar richtlijnen van het CROW wordt een lantaarn als fietsvriendelijk gezien als deze een gemiddelde wachttijd van onder de 15 seconden heeft. Een wachttijd onder de 20 seconden is matig, en als de wachttijd daar boven zit, zijn afstelling van de verkeerslichten niet goed genoeg.

Op punten waar veel roodlichtnegatie is, zal ruimte in de regeling zitten. Een richting krijgt rood op het moment dat ander verkeer de baan kruist. Wanneer fietsers aan de overkant kunnen komen tijdens de roodtijd betekend dit dat de baan op dat moment vrij is. Het gemiddeld percentage van fietsers dat door rood rijdt is 27.4%. Door afrijdtijden en geeltijd kan een regeling ook niet volledig worden gebruikt, waardoor er altijd ruimte blijft om door rood te rijden, maar op punten waar er

meer dan gemiddeld door rood wordt gereden is er wellicht een goedkoop en relatief eenvoudig manier ter verbeteren van lichten voor fietsers.

Deze vier criteria zijn gemeten tijdens een pilot in de wijk Presikhaaf om de methode te testen. De criteria zijn op straat getest tijdens de spits. Naar aanleiding van de pilot is vastgesteld dat data-analyse een meer effectieve en representatieve methode is om alle 278 lantaarns van Arnhem te testen:

- Er kan gebruik worden gemaakt van langere meetperioden waarin zowel tijd tijdens de spits als daarbuiten worden meegenomen. Zo hebben elementen als het dynamisch systeem of het al dan niet meepakken van een spitsuur geen invloed op de resultaten.
- Er kan buiten de vakantieperiode worden gemeten, wat een meer gemiddelde situatie is.
- De meetsituaties zijn meer gelijk, zodat verschillen in resultaten daadwerkelijk met de regeling te maken hebben en niet met andere invloeden.

Na de pilot worden ook een aantal criteria niet meer meegenomen. De intensiteit wordt niet meer gemeten, omdat deze niet goed uit de data te halen is. Daarnaast zegt het aantal fietsers wat gebruik maakt van een licht niets over de prestatie van het licht zelf. De maximale cyclustijd heeft een erg sterke correlatie met gemiddelde wachttijd (0.68). Deze criteria zullen in alle waarschijnlijkheid leiden tot dezelfde conclusies, dus ook de maximum cyclustijd wordt niet voor heel Arnhem meegenomen. Roodlichtnegatie kan alleen worden vastgesteld als ook de intensiteit bekend is. Dit blijft een interessant criterium doordat een verbetering voor de fietser relatief goedkoop en makkelijk te realiseren is. Het zal echter niet de knelpunten voor fietsers in het netwerk verhelpen en voornamelijk laten zien dat de meer overzichtelijke kruisingen aantrekkelijk is om eerder door rood te rijden.

De data die is gebruikt om de gemiddelde wachttijd van de verkeerslichten te bereken is afkomstig van de Kwaliteitscentrale, een programma dat informatie van de lichten bij houdt. Doordat er wat onvolledig data is zijn uiteindelijk 270 lantaarns geanalyseerd. 57% van deze 270 verkeerslichten in Arnhem heeft een lagere wachttijd dan 15 seconden en kan als goed worden aangemerkt. Dit zijn zowel lantaarns met een korte wachttijd als lantaarns met een lage stopkans. Voor 28% van de lantaarn is wel verbetering nodig doordat deze een langer gemiddelde wachttijd hebben dan 20 seconden.

Alle lantaarns zijn ook per VRI bekeken, doordat het presteren van de verschillende richtingen invloed op elkaar heeft. Van deze in totaal 62 VRI's zijn er 11 die niet aan de mate van fietsvriendelijkheid voldoen. Deze lichten bevinden zich voornamelijk in het oosten van Arnhem. De twee slechtste kruisingen zijn AH046: Westevoortsedijk - Zevenaarseweg en AH052 Lange Water - Bethaniënstraat. 32 van de 62 VRI's hebben geen enkel licht dan slecht presteert. Wanneer gemeente Arnhem zich wil inzetten voor een beter fietsnetwerk kan deze zich specifiek richten op de 30 VRI's waarbij dit niet het geval is. Voor deze VRI's is nader onderzoek nodig om een passende oplossing te vinden voor de situatie. Dit kan zowel in het optimaliseren van de regeling zijn als op beleidsniveau, om meer prioriteit voor fietsers te genereren bij verkeerslichten.

Voorwoord

Voor u ligt het rapport van mijn onderzoek naar de fietsvriendelijkheid van verkeerslichten binnen de gemeente Arnhem. Dit rapport is mijn bachelor eindopdracht van de studie civiele techniek, gevolgd aan de Universiteit Twente. De afgelopen weken heb ik met plezier intern gewerkt aan deze opdracht bij de gemeente Arnhem.

De vraag is ontstaan naar aanleiding van de beleidsnota waarin de prioritering van verkeersstromen bij verkeerslichten naar voren komt. Hoe brengt de fiets het er vanaf in deze verdeling van ruimte en tijd? En hoe zouden we deze meer prioriteit kunnen geven? Tijdens dit onderzoek heb ik mezelf ondergedompeld in de wereld van de fietsers om er zo achter te komen wat er op dit gebied speelt en waar ik voor deze vraag moet zoeken naar antwoorden. In dit proces ben ik begeleid door een aantal experts op het gebied van verkeer en mobiliteit. Van de Universiteit Twente door dhr. Van Zuilekom en vanuit de gemeente door dhr. Coumans en dhr. Vermeulen. Bij dezen wil ik jullie bedanken voor deze begeleiding.

Binnen de gemeente heb ik tijdens deze opdracht voornamelijk bij de afdeling mobiliteit gezeten, maar ik ben ook regelmatig de kamer van de beheerafdeling binnen gelopen. Bij beheer weten ze alles van de verkeerslichten die in Arnhem staan en voornamelijk ook de systemen die hier achter zitten. Hier kon ik altijd met mijn verkeerslichtgerelateerde vragen naartoe, dus ook voor deze heren dank. En last but not least wil ik mijn vrienden en familie bedanken voor de mentale ondersteuning en luisterend oor.

Verder rest mij niks anders dan u veel lees plezier te wensen met dit rapport.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Voorwoord	5
Inhoudsopgave	6
1 Inleiding	8
2 Het fietsbeleid van Arnhem.....	11
2.1 Onderzoeksgebied.....	11
2.2 Fietsbeleid	13
3 Literatuuronderzoek.....	15
3.1 Belangrijke criteria voor fietsers	15
3.2 Verkeerslichten.....	15
3.3 Randvoorwaarden regeling	16
3.4 Meetmethode	17
4 Doelstelling en onderzoeksvragen	20
4.1 Doelstelling.....	20
4.2 Onderzoeksvragen.....	20
5 Onderzoeksmethode.....	21
5.1 Afbakening.....	21
5.2 Meting	22
6 Pilot Presikhaaf.....	23
6.1 Methode.....	23
6.2 Presikhaaf	23
6.3 Resultaten.....	24
6.3.1 Resultaten Presikhaaf.....	24
6.3.2 Resultaten ten aanzien van de methode.....	27
7 Toepassing op heel Arnhem	29
7.1 De methode.....	29
7.2 Resultaten.....	30
7.2.1 Lantaarns	31
7.2.2 Kruising	32
7.2.3 Vergelijking met pilot	35
8 Conclusie	36
9 Aanbevelingen.....	38
Bronnenlijst	39

Appendix A: Algemene regeltechnische randvoorwaarden.....	41
Appendix B: Nummers vri's met straatnamen	42
Appendix C: Resultaten pilot Presikhaaf	44
Appendix D: Berekening gemiddelde wachttijd	47
Appendix E: Resultaten verkeerslichten Arnhem.....	49

1 Inleiding

Mensen verplaatsen zich om een bepaalde behoefte te bevredigen. Hoe ze zich verplaatsen hangt af van vele factoren: afstand, aanbod van vervoerswijze, tijdsduur van de verplaatsing, doel van de verplaatsing, weersomstandigheden en ga zo maar door. In Nederland werden vorig jaar verplaatsingen voornamelijk afgelegd met de auto, fiets of lopend (respectievelijk 32%, 28% en 18% (CBS, 2015)). Om aan de verplaatsingsbehoefte te voldoen is de fiets in afstanden onder de 15 kilometer een van de mogelijkheden en sinds de jaren 70 is deze weer helemaal terug in Nederland (Bendiks & Degros, 2015). De fiets is niet alleen terug als utilitair vervoersmiddel, maar ook op het gebied van sport en recreatie. Dit jaar was de start van de Tour de France in Utrecht en aankomend jaar zal de start van de Giro d'Italia in Gelderland zijn.

De fiets is populair in Nederland en dat is maar goed ook, want deze vervoerswijze kent vele voordelen. Zo is de fiets (en vele andere vormen van verplaatsing niet) milieuvriendelijk. Wat voor zich spreekt is dat de fiets zelf geen CO₂ uitstoot en dus niet vervuult. Maar daarnaast betekent het vaker pakken van de fiets dat een ander vervoersmiddel niet wordt gebruikt. Als de fiets wordt gepakt in plaats van bijvoorbeeld de auto zorgt de fiets indirect zelfs voor een vermindering van uitlaatgassen. Als dit denkbeeld nog een stap verder wordt genomen kan het minder auto gebruik weer zorgen voor minder files en zo de uitstoot van CO₂ nog verder terugdringen. Meer fietsen zorgt zo voor minder milieuvervuiling (EOCD, 2004).

De fiets heeft als vervoersmiddel weinig ruimte nodig. Doordat fietsers minder ruimte behoeven, neemt de vraag naar asfalt af wanneer er meer gefietst wordt, zoals te zien is in figuur 1 (zie volgende pagina). De afbeelding is voor Nederlandse begrippen wat extreem, omdat er in Nederland gemiddeld meer personen zitten per auto (1,5 persoon per auto (CBS, 2015)) dan in onderstaande situatie wordt weergegeven. Dit neemt echter niet weg dat fietsers in vergelijking tot auto's, maar ook tot vele ander vervoerswijzen, weinig ruimte vragen. De grootte van het voertuig in vergelijking tot het aantal personen dat het vervoert is beter op elkaar afgestemd. Daarnaast is ook de afstand tussen voertuigen wanneer deze worden gebruikt kleiner, wat zorgt voor een efficiënter gebruik van ruimte. Niet alleen op de weg hebben fietsers weinig ruimte nodig, maar ook het parkeren van fietsen neemt nauwelijks ruimte in (al is dit op zichzelf wel een toenemend probleem). Op dit moment bestaat meer dan de helft van de ruimte binnen de bebouwde kom uit verhard oppervlak. Door meer fietsers zal deze hoeveelheid wellicht kunnen afnemen. Door een blijvende groei in populatie zal ruimte in de toekomst ook schaars blijven. Meer fietsers staat gelijk aan een efficiënter gebruik van terrein en dus aan meer ruimte.



Figuur 1: Share the ride and save the road (Gaur, 2015)

Ook de bereikbaarheid van steden wordt groter door het gebruik van fietsen. Bereikbaarheid is de af te leggen afstand keer de snelheid. Dus een hogere bereikbaarheid ontstaat als snelheden kunnen worden verhoogd of de afstanden worden verkort (Bleijenbergh, 2015). Een betere doorstroming kan zorgen voor het versneld afleggen van een afstand. Fietsers kunnen naast elkaar en dicht op elkaar rijden. Zo passen er meer personen per rijstrook, wat voor een betere doorstroming zorgt. Fietsers zijn erg flexibel en kunnen vrij gemakkelijk obstakels omzeilen. Hierdoor ontstaan minder vaak opstoppen en kan op de fiets eigenlijk altijd worden door gereden, tenzij er moet worden overgestoken. Maar ook bij verkeerslichten hebben fietsers een betere doorstroming. Auto's steken een voor een over, maar fietsers kunnen in grote groepen tegelijkertijd oversteken. Hierdoor kunnen in hetzelfde tijdsbestek wel vijf à zes keer zoveel fietsers de overkant bereiken dan auto's (Glas, 2012). De afstanden worden met de fiets ook korter, doordat de omrijfactor voor fietsers vaak lager ligt dan bij auto's (ook bij werkzaamheden). Er hoeven in totaal dus minder kilometers te worden afgelegd (Welles, 2004).

Naast deze algemene voordelen is fietsen voor de gebruiker zelf ook een ideale vorm van transport. Het is gezond, goedkoop, flexibel, heeft betrouwbare reistijden en heeft mede door de komst van de elektrische fiets, een flink bereik. Nederland staat in de wereld bekend als fietsland en doet het op het gebied van fietsen goed. Niet alleen leggen Nederlanders vele kilometers af op de fiets, maar ook op het gebied van infrastructuur loopt Nederland voorop. Het gaat goed, maar het kan altijd beter. Als kartrekkers van de wereld op fietsgebied moet het goede voorbeeld gegeven worden en moet Nederland streven naar het ideaalbeeld voor fietsers. De volgende punten vragen hiervoor aandacht.

Het fietsnetwerk is in Nederland op een aantal plekken nog onvolledig. Het gaat hier om het ontbreken van belangrijke schakels in het netwerk. Fietspaden houden opeens op en er moet soms flinke stukken worden omgereden, omdat er geen verbinding ligt voor fietsers. Sinds kort zijn op regionaal niveau de snelfietsroutes bedacht en worden deze ook al op vele plaatsen toegepast. Hierdoor wordt op een nieuwe manier gekeken naar de ontbrekende schakels voor snelle verbindingen. Deze fietssnelwegen zijn bezig aan een opmars, maar zijn nog lang niet overal aangelegd. Ook binnenstedelijk kunnen extra verbindingen zorgen voor een meer compleet netwerk.

Door nieuwe of verbeterde verbindingen kunnen extra fietsers worden aangetrokken (bijvoorbeeld automobilisten).

Het onderhoud van fietspaden laat nog al eens te wensen over, wat voor fietsers direct kan zorgen voor een onveilige situatie. Bij obstakels kuilen en hobbels moet de aandacht van de fietser daarop gefocust blijven en is er minder aandacht voor het overige verkeer. Ook ontbrekende markering kan zorgen voor onveilige situaties. Een niet goed onderhouden fietspad zorgt voor vertragingen, onveilige situaties en daarnaast ook een tekort in comfort. Elke vorm van trilling is voor een fietser een discomfort.

De fiets is een belangrijk vervoersmiddel, maar dit is in het straatbeeld niet altijd terug te zien. Niet alleen als het gaat om onderhoud en de volledigheid van het netwerk, maar ook op het gebied van ruimte en tijd wordt de fiets tekort gedaan. De fiets moet altijd concurreren met andere vormen van vervoer die van allerlei ongelijke voordelen genieten. Denk aan autowegen met meerdere rijstroken en aparte busbanen. Maar ook bij verkeerslichten bestaat er voor gemotoriseerd verkeer een groene golf en kunnen bussen zich al ver van te voren aanmelden bij verkeerslichten, of wordt aan deze een hogere prioriteit toegekend (Gemeente Arnhem, 2013).

Conclusie

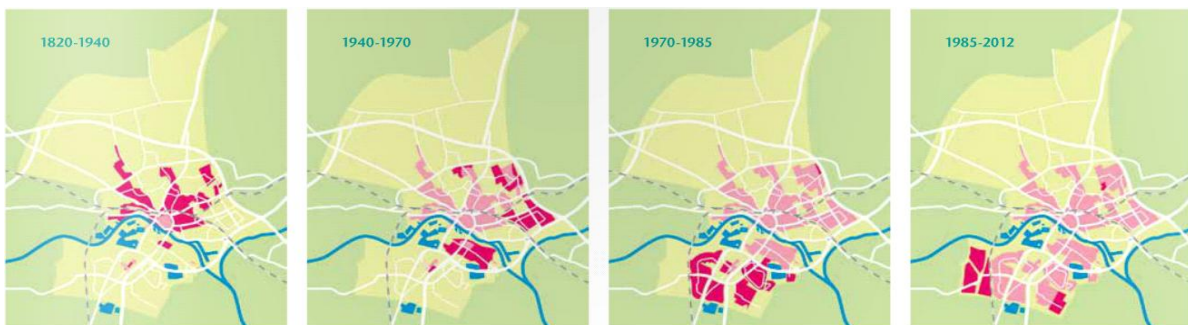
De fiets is een erg belangrijk vervoersmiddel, maar wordt in veel gevallen nog te kort gedaan. Ondanks dat Nederlanders al vaak de fiets pakken, kunnen deze aantallen worden verhoogd als voor de fiets naar een ideaalbeeld wordt gestreefd. In het volgende hoofdstuk wordt het fietsbeleid van de gemeente Arnhem uiteen gezet. Hierin staat beschreven hoe het fietsnetwerk van Arnhem kan worden verbeterd.

2 Het fietsbeleid van Arnhem

Om te verplaatsen is de fiets het ideale vervoersmiddel en zou meer gestimuleerd moeten worden. In dit hoofdstuk wordt beschreven welk beleid de gemeente Arnhem voert ten opzichte van de fietser. Allereerst wordt het onderzoeksgebied afgekaderd en beschreven. Daarna wordt ingegaan op de beleidsvoering in Arnhem aan de hand van de Beleidsnota Fietsverkeer uit 2013.

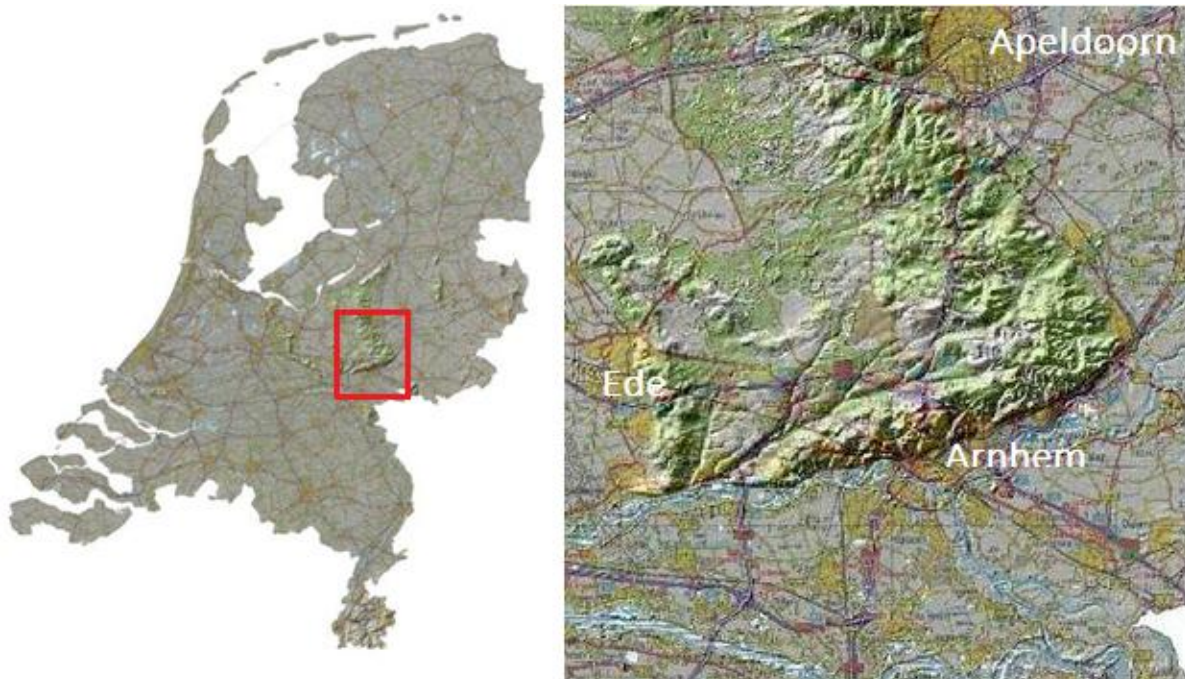
2.1 Onderzoeksgebied

De gemeente Arnhem heeft ruim 152.000 bewoners en bevat een oppervlakte van 10.156 hectare. Arnhem is de hoofdstad van de provincie Gelderland en wordt door de rivier de Rijn geografisch in tweeën gesplitst.



Figuur 2: Groei Arnhem in vier periodes (Smits, 2012)

Arnhem heeft zich tot 1930 voornamelijk aan de noordkant van de Rijn uitgebreid, maar kent sinds 1970 ook grote uitbereiding aan de zuidkant zoals te zien is in onderstaande afbeelding. Arnhem biedt meer dan 100.000 arbeidsplaatsen en is voornamelijk een dienstestad. Onder het onderzoeksgebied valt de volledige gemeente zoals deze in het lichtgroen is weergegeven in figuur 2.

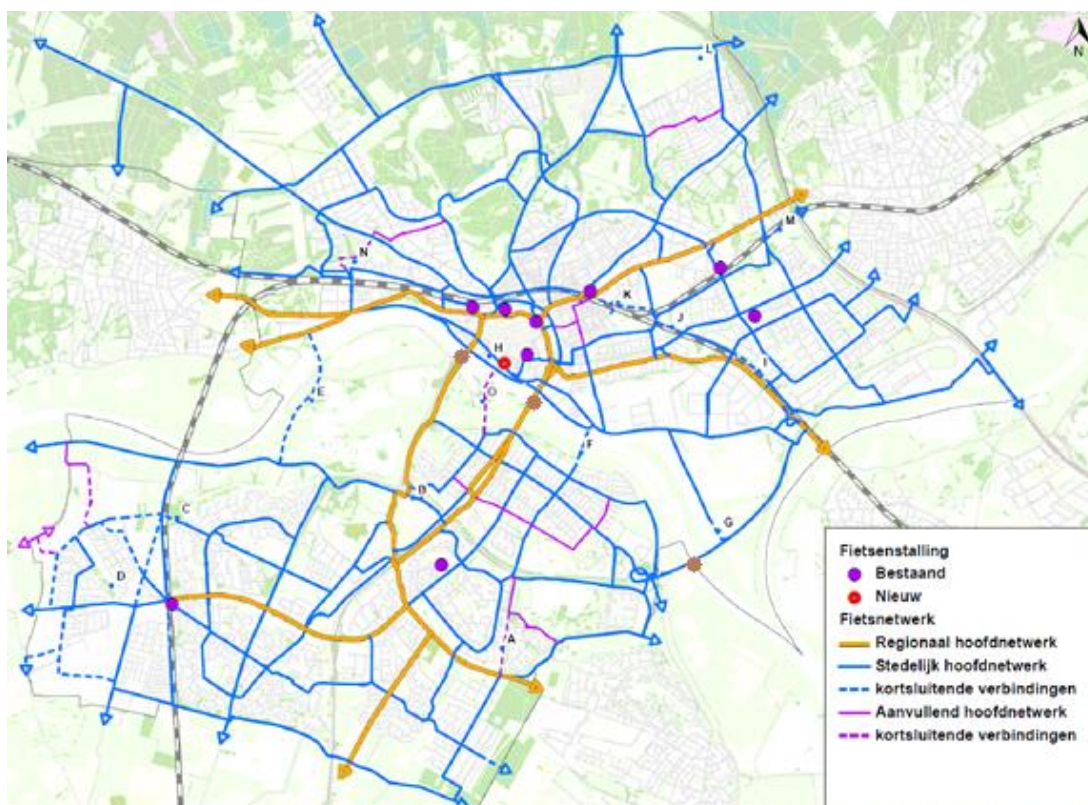


Figuur 3: Hoogteverschil Arnhem (Gerritsen)

Nederland is een erg vlak land, wat het heel geschikt maakt om te fietsen. Arnhem is echter een van de weinige steden die wel een degelijk hoogteverschil kent. Aan de noordkant van Arnhem loopt het op naar 80 meter boven NAP. Doordat fietsers zich beroepen op lichaamskracht, zorgen deze heuvels dat er een stuk minder wordt gefietst in Arnhem noord (Oosterbrink, 1999).

Sinds de groei van Arnhem aan de zuidkant van de Rijn zijn de 3 bruggen (bruine cirkels op figuur 4) belangrijke aderen geworden in het verkeersnetwerk. Naast dat rond de bruggen veel congestie plaats vindt, heeft de centrumring ook een hoge belasting. Arnhem heeft een grote aan- en afvoer van doorgaand verkeer te verwerken doordat de Rijn zorgt voor een barrière. Een groene golf op de centrumring en sinds kort op de Burgermeester Matsersingel moeten zorgen voor een goede doorstroming van het gemotoriseerde verkeer.

Fietsers en het gemotoriseerd verkeer hebben in veel gevallen dezelfde drukke routes. Verschillende vervoersstromen moeten hier de ruimte verdelen. Om ook voor de fietsers snelle routes te creëren is Arnhem hard aan de slag met de aanleg van snelfietsroutes. Op 3 juli 2015 was de opening van het RijnWaalpad, een snelle verbinding tussen Arnhem en Nijmegen, en wordt er op dit moment gekeken naar meerdere routes. Zo wordt er druk gewerkt aan snelfietsroutes naar Dieren, Zevenaar en Wageningen. Deze snelfietsroutes hebben een eigen status en vallen onder het regionaal netwerk. Het zijn: 'hoogwaardige verbindingen waar de fietser in principe voorrang heeft' (Gemeente Arnhem, 2013). Door de CROW is de betekenis: "Een regionale hoofdfietsroute die hoogwaardig is ingericht voor fietsverplaatsingen over langere afstanden" aan de snelle fietsroutes gegeven (CROW, 2014). In onderstaande afbeelding staat het fietsnetwerk van Arnhem afgebeeld, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het regionaal netwerk (snelfietsroutes) en het stedelijk hoofdnetwerk. In de afbeelding is te zien dat de twee centrumbruggen en een groot deel van de centrumring behoren tot het regionale hoofdnetwerk.



Figuur 4: Fietsnetwerk Arnhem (Gemeente Arnhem, 2013)

2.2 Fietsbeleid

Het motto van de Mobiliteitsagenda 2011-2014 van Arnhem was dat Arnhem zich vol gaat inzetten op de fiets en het openbaar vervoer om de stad bereikbaar te houden. Naar aanleiding van een bereikbaarheidsonderzoek in 2010 is vast gesteld dat de bereikbaarheid van Arnhem in gevaar was doordat er een toename van het aantal inwoners en werkplekken werd verwacht (Goudappel Coffeng, 2010). Deze toename blijkt minder heftig te zijn dan de 20% die op dat moment werd geschat, maar desalniettemin moest er wel iets gaan gebeuren om de bereikbaarheid van Arnhem te kunnen garanderen.

Om de verplaatsingen per auto te verminderen kunnen pushmaatregelen worden genomen die het voor de automobilisten minder aantrekkelijk maken (bijvoorbeeld de centrumring die compleet eenrichtingsverkeer is gemaakt), en die er zo voor zorgen dat de automobilisten ofwel een andere route nemen of een andere vervoerswijze. De gemeente Arnhem wil echter met pullmaatregelen de toename in autoverkeer tegen gaan, dus moet er worden geïnvesteerd in OV en de fiets. Fietsroutes (en openbaar vervoer) moeten aantrekkelijker worden gemaakt zodat de automobilist gaat inzien dat de fiets een verbetering is ten opzichte van de auto. De Arnhemse Beleidsnota Fietsverkeer kreeg de titel: 'Nieuwe verbindingen, nieuwe fietsers' (Gemeente Arnhem, 2013). Met als doel: 'De bestaande fietser beter te faciliteren en nieuwe fietsers verleiden' (Gemeente Arnhem, 2013). Om het fietsnetwerk te kunnen verbeteren moet er eerst worden vastgesteld waar de mogelijkheden tot verbetering liggen.

De uitgangspunten uit de Beleidsnota geven de opsomming van verbeterpunten voor de gemeente:

- Nieuwe breedte-eisen voor fietspaden. Er heerst een onveilig gevoel op de fietspaden door steeds groter wordende verschillen in snelheid op de fietspaden. Om het gevoel van veiligheid te verhogen wordt de breedte-eis van fietspaden verhoogd;
- Asfalt als uitgangspunt op fietsroutes. Ter verhoging van het comfort en de veiligheid op fietspaden zal asfalt in de toekomst het uitgangspunt zijn;
- Er moeten nieuwe verbindingen worden gelegd. Het aantrekken van nieuwe fietsers vraagt om nieuwe verbindingen (bijvoorbeeld kruising van de Rijn);
- Meer prioriteit voor fietsers bij verkeersregelininstallaties (VRI's). Wachttijden bij verkeerslichten moeten worden verkort. Door tegenstrijdige belangen van verkeersdeelnemers moet opnieuw worden gekeken naar de prioriteit van verkeersstromen;
- Een eigen hoofdnetwerk voor de fiets. Bundelen van fietsstromen naar hoofdroutes en op die routes een hogere kwaliteit bieden. Een nieuwe categorie in het routenetwerk zorgt voor nieuwe kwaliteitseisen en hoge kwaliteit op routes die veelvuldig worden gebruikt;
- Uitbreiding van fietsenstallingen en de gratis bewaakte fietsenstallingen.

Het voorliggend onderzoek zal zich specifiek toespitsen op het uitgangspunt: meer prioriteit voor fietsers bij VRI's. De overige punten zijn al deels uitgevoerd en/of staan al vast in toekomstplannen. Zo wordt er druk gewerkt aan de snelfietsroutes die zowel voor nieuwe verbindingen zorgen als voor het verhogen van de kwaliteit van fietspaden. Een aantal van deze routes zijn al gerealiseerd, maar ook voor de toekomstige snelfietsroutes staan de tracés al voor een groot deel vast. De nieuwe breedte-eisen en asfalt als uitgangspunt zullen gefaseerd worden meegenomen. Hiervoor staat al wel vast waar het netwerk op dit moment al voldoet en waar nog niet. De bewaakte en nieuwe

fietsenstallingen zijn al deels geplaatst of staan op de planning. De vraag waar de fiets op dit moment staat in vergelijking tot auto, bus en voetgangers bij verkeerslichten is minder inzichtelijk.

Op dit moment wordt voor het indelen van de regelingen naast het afwikkelen van het verkeer de tijd verdeeld volgens de richtlijnen uit het document 'Het groen goed verdeeld' uit 2006.

Ondertussen is het negen jaar later en is het de vraag in hoeverre de gestelde doelen van 2006 nog aansluiten bij de huidige situatie en het huidige beleid. Daarnaast is de vraag of de gestelde uitgangspunten op straat ook daadwerkelijk worden uitgevoerd.

Conclusie

Arnhem heeft een uitgebreid fietsnetwerk waarin onderscheid is gemaakt tussen het regionale en het stedelijk netwerk. In 2013 is de Beleidsnota fietsverkeer vastgesteld door de gemeenteraad, waarin verbeterpunten voor de fiets uiteen zijn gezet. Een van de verbeterpunten is het meer prioriteit genereren voor fietsers bij verkeerslichten.

Dit verslag zal zich verder richten op verkeerslichten en de prioriteit hierbij voor fietsers. De fietsvriendelijkheid van de huidige regelingen zal worden onderzocht. In het volgende hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de criteria waarop de verkeerslichten kunnen worden beoordeeld met betrekking tot de fietsvriendelijkheid.

3 Literatuuronderzoek

Om te komen tot een goede methode om de verkeerslichten van Arnhem te beoordelen op fietsvriendelijkheid is een literatuurstudie uitgevoerd. In dit hoofdstuk zullen de criteria en normen aan bod komen waarop verkeerslichten kunnen worden beoordeeld, uitgaande van wat voor fietsers hierin belangrijk wordt geacht. In paragraaf 3.4 staat beschreven hoe deze criteria meetbaar zijn.

3.1 Belangrijke criteria voor fietsers

Een ideale kruising voor fietsers is er een met een zo direct mogelijke overgang, waarbij de fietser niet hoeft te stoppen en toch een veilige oversteek kan maken. Een kruispunt waarbij dit allemaal is gerealiseerd is onmogelijk om te ontwerpen, tenzij een ongelijkvloerse kruising tot de mogelijkheden behoort. Vanwege de hoge kosten en de grote impact in het landschap is dit vaak geen haalbare oplossing, dus moet er gekeken worden naar mogelijkheden om een kruising minder hinderlijk te maken voor de fietser en te streven naar dit ideaalbeeld.

Uit onderzoeken binnen de gemeente Arnhem is gebleken dat het lang wachten voor verkeerslichten en de hoeveelheid verkeerslichten bronnen van fietsfrustratie zijn (Enquête digitaal panel Arnhem 2009, respons 750 en uitvraag fietsfrustraties Arnhem van de Christen Unie 2012, respons 55). Mensen verplaatsen zich, omdat een activiteit zich op een andere plaats afspeelt dan waar ze zich bevinden. De reis is zelden het doel van de verplaatsing. De snelheid waarmee deze verplaatsing wordt afgelegd en de afstand zijn hierin belangrijke criteria. Deze vormen samen de bereikbaarheid van de bestemming. Het gevoel en het letterlijk stil staan maakt dat de snelheid van de verplaatsing afneemt en het doel meer onbereikbaar wordt. Drie vierde van de totale verliestijd voor fietsers komt voort uit de wachttijden bij verkeerslichten (Zeegers, 2010). Doordat fietsers maar een kleine hoeveelheid ruimte behoeven en hierdoor met velen tegelijkertijd kunnen oversteken (zelfs tegelijk in verschillende richtingen) zijn de wachttijden in verhouding tot de snelheid van oversteken hoog. Dit gevoel van onrecht wordt verergerd wanneer niet duidelijk is waarom men moet wachten (of dat er misschien geen goede reden is). De criteria 'wachttijd' en 'onnodig wachten' zijn belangrijk in het beoordelen van de fietsvriendelijkheid.

Naast de tijd dat er gewacht moet worden voor een verkeerslicht, kent de fietser nog een andere vorm van verlies in tijd. Fietsers bewegen zich voort door lichamelijke inspanning. Wanneer een fietser moet stoppen en dus afremmen resulteert ingestoken energie niet in afnemen van de af te leggen afstand. Wanneer er moet worden afgeremd gaat een hoeveelheid ingestoken energie verloren in warmte aan de omgeving. Anders dan bij auto's waarbij het gaat om een verlies in brandstof, ondervindt de fietser dit verlies in energie letterlijk aan den lijve (Fajans & Curry, 2001). Niet hoeven stoppen is het meest ideaal. De stopkans bij een verkeerslicht kan hier inzicht in geven.

3.2 Verkeerslichten

Verkeerslichten worden in eerste instantie geplaatst uit veiligheidsoverwegingen. Bij hogere intensiteiten van gemotoriseerd verkeer wordt de oversteekbaarheid voor fietsers kleiner. Wanneer is geconstateerd dat een kruising moet worden geregeld (ofwel de standaard situatie niet meer toereikend is) wordt er gekeken naar welke vorm van regeling het meest passend is bij de situatie. Natuurlijk geldt dat iedere situatie in de realiteit een eigen beste oplossing kent, maar door de flexibiliteit van verkeerslichten kunnen deze in bijna elke situatie goed functioneren. Problemen op het gebied van verkeersveiligheid of problemen in de doorstroming kunnen met een goed VRI-schema worden opgelost. Echter wanneer verkeerslichten slecht functioneren of op onnodige

plekken worden neergezet, kunnen ze het tegenovergestelde effect veroorzaken en zelfs voor nieuwe problemen zorgen (CROW, 2014).

Sinds de jaren twintig staan in Nederland verkeersregelininstallaties (VRI's (CROW, 2014)).

Tegenwoordig zijn het geavanceerde systemen die het verkeer in goede banen leiden. Het ontwerp is nauwelijks veranderd, maar op het gebied van doorstroming is veel verbeterd mede door vraagafhankelijke regelingen. Het verkeer wordt steeds meer geautomatiseerd. Om doorstroming te optimaliseren en daarmee de capaciteit van de weg te maximaliseren, kunnen reizigers op allerlei verschillende manieren actuele reisinformatie krijgen. Andersom is de positie en reisinformatie van gebruikers ook steeds inzichtelijker waardoor een beter passende situatie kan worden gecreëerd. Hierdoor is een hogere verkeersafwikkeling mogelijk.

Ook bij verkeerslichten is dynamisch verkeersmanagement de standaard. Starre regelingen worden nog slechts op een paar punten gebruikt. Een dynamisch systeem betekent dat de regeling voor de kruising zich vormt naar de vraag van de verkeerdeelnemers. Het systeem weet wie, waar en wanneer wil oversteken en past hier de verkeerssituatie op aan. Voertuigafhankelijke regelingen passen de situatie aan op de actuele verkeersvraag. Hoe regelingen handelen ten aanzien van de vraag is afhankelijk van hoe het regelschema is opgezet. Deze kunnen op allerlei manieren worden geprogrammeerd. Zo kan er worden geregeld dat alleen groen wordt gegenereerd als er ook daadwerkelijk verkeer staat, maar er kan ook worden gekozen om een bepaalde richting standaard groen te geven tenzij er een aanvraag vanuit een andere richting komt. Door detectielussen in het wegdek kunnen voertuigen worden gedetecteerd met behulp van elektronica. Voor langzaam verkeer is ook de drukknop een bekend voorbeeld van een methode om verkeersdeelnemers te registreren. Andere opties zijn videodetectoren, infrarood, radar en selectieve detectoren (systemen in bussen bijv. 'kar'). Al deze informatie komt binnen in de VRI en aan de hand van de geschreven regeling wordt bepaald welk licht wanneer op groen gaat. Voor het opstellen van deze regeling zijn een aantal ontwerprichtlijnen. Hoe deze regelingen precies worden opgesteld en welke richtlijnen hierbij worden aangehouden is te vinden in het Handboek verkeerslichtenregeling 2014 van het CROW.

3.3 Randvoorwaarden regeling

Het doel van een VRI is het afwikkelen van de verschillende verkeersstromen op een kruising. Dit afwikkelen moet op een veilige, geloofwaardige en efficiënte manier plaatsvinden. De capaciteit van een kruising moet op een zo eerlijk mogelijke manier worden verdeeld. Een belangrijke rol in het opstellen van verkeersregelingen zijn de intensiteiten die per verkeersrichting moeten worden afgewikkeld. Hierin wordt met name gekeken naar de afwikkeling van het gemotoriseerde verkeer. De eerste prioriteit van een verkeersregeling is het afwikkelen van het verkeer. Tijd en ruimte worden verdeeld naar de mate waarin een richting verkeer moet afwikkelen. Hoe meer verkeer op een richting hoe langer deze richting groentijd krijgt. De intensiteit en capaciteit worden afgewogen waarbij pas naar prioriteit wordt gekeken als er ruimte overblijft in de regeling (Gemeente Arnhem, 2006).

Aan alle regelingen zitten een aantal basisnormen waaraan een regeling moet voldoen. Er moet bijvoorbeeld voldoende afrijdtijd zijn, maar ook moet in iedere cyclus elke richting een keer aan de beurt komen (als er vraag is op de richtingen). De volledige lijst van deze regeltechnische randvoorwaarden staan in Appendix A. Een belangrijk criterium dat hierin wordt genoemd is de

maximale cyclustijd van 120 seconden. Dit is voornamelijk om de geloofwaardigheid van de regeling te garanderen.

In 'Het groen goed verdeeld' staan naast deze algemene randvoorwaarden ook specifieke doelen voor de fietser (Gemeente Arnhem, 2006):

- Fietzers hebben op hun eigen hoofdroutes altijd voorrang (zie figuur 4, hoofdstuk 1).
- De gemiddelde wachttijd voor fietsers bij een VRI dient minder dan 26 seconden te bedragen;
- De doorrijdkans bij een VRI dient hoger te zijn dan 45%;
- Detectielussen dienen te worden ingezet om fietsers te detecteren en voor de noodzakelijke prioriteit te zorgen.

Hier komen wachttijd en stopkans (tegenovergestelde van doorrijdkans) die fietsers belangrijk vinden, terug in de regeltechnische randvoorwaarden van de gemeente. In het boek: 'Ontwerpwijzer fietsverkeer' staan echter andere waarden voor gemiddelde wachttijd. Daarnaast wordt er een mate van fietsvriendelijkheid aan toegevoegd:

Gemiddelde wachttijd	Fietsvriendelijkheid
<15 seconden	Goed
15-20 seconden	Matig
>20 seconden	Slecht

Tabel 1: Fietsvriendelijkheid gemiddelde wachttijd

Zoals te zien is worden de 26 seconden die in de randvoorwaarden van de gemeente zijn genoemd volgens deze maatstaf als niet fietsvriendelijk bestempeld. De literatuur is hierin niet eenduidig, maar met het oog op streven naar het ideale netwerk voor fietsers, zal de beoordeling aan de hand van tabel 1 worden gedaan. De 'Ontwerpwijzer fietsverkeer' is daarnaast ook het meest recente document, dus de verkeerslichten zijn fietsvriendelijk als de gemiddelde wachttijd onder de 20 seconden blijft.

Wanneer de randvoorwaarden voor geloofwaardigheid niet naar behoren worden vervuld zal men het heft in eigen hand nemen. De kans op roodlichtnegatie zal dan flink toenemen. Volgens experts geven veel roodrijders ook nog een ander teken af: de regeling functioneert niet optimaal. Als een fietser zonder kleerscheuren aan de overkant kan komen tijdens rood licht, waarom had deze op dat moment dan geen groen? Natuurlijk kan een regeling vanuit veiligheidsoverwegingen niet optimaal worden ingevuld (bijvoorbeeld door afrijdtijd), maar een kruising met een hoog percentage roodlichtnegatie kan wel eens mogelijkheden bieden. Uit onderzoek van Van der Meel blijkt dat roodlichtnegatie niet direct een correlatie heeft met de invulling van een regeling. De lengte van de oversteek en de stroom van voertuigen zouden juist bepalen of men wel of niet door rood rijdt. Hoe overzichtelijker de kruising hoe eerder mensen door rood rijden (Van der Meel, 2013). Ondanks dit recente onderzoek zal het criterium toch worden meegenomen, omdat de oplossing ligt in het herverdelen van het groen. Een toepasbare en goedkope oplossing en daarom erg interessant.

3.4 Meetmethode

De criteria die uit de literatuur naar voren komen zijn de volgende:

- Intensiteit
- Maximale cyclustijd

- Gemiddelde wachttijd
 - En stopkans (doorrijdkans)
- Roodlichtnegatie

De intensiteit bepaalt voor een groot deel de invulling van de regeling. Op punten waar een hoog aantal fietsers wordt gemeten kan om langere groentijd worden gevraagd. Op punten waar veel fietsers passeren kunnen kleine veranderingen voor velen een verschil maken. Daarnaast kan intensiteit bij andere criteria waarden geven aan resultaten. Als tien mensen door rood rijden zegt dit niets als er niet bij wordt vermeld hoeveel fietsers zijn overgestoken. Intensiteiten kunnen worden geteld op straat of uit data worden gehaald, al is fietsdata wel iets waar een kanttekening bij gemaakt moet worden. Fietsers rijden in groepen en niet zoals auto's in een rijtje achter elkaar op een rijstrook zodat ze één voor één over de meetlus rijden, maar meerdere tegelijk, wat deze niet goed kan registreren. Daarnaast rijden fietser vaak buiten de lijnen van de bedoelde infrastructuur. Dit maakt data uit meetlussen minder betrouwbaar voor fietsers.

De maximale cyclustijd uit de algemene randvoorwaarden is vastgezet op 90 seconden, met uitloop tot maximaal 120 seconden. Zo kan de geloofwaardigheid van een regeling worden gewaarborgd. De cyclustijd kan bij de kruising worden gemeten. Wanneer er in de spitstijd wordt gemeten draait de regeling zijn meest efficiënte programma voor een maximaal bezette kruising. In de randvoorwaarden staat daarnaast dat elke richting minimaal één keer groen moet krijgen per cyclus. De tijd van start groen tot de volgende start groen van een licht zal hierdoor automatisch één cyclus zijn. Deze wordt een aantal keer gemeten waarbij de hoogst gemeten waarde zal worden meegenomen voor dit criterium.

De gemiddelde wachttijd is letterlijk wat het criterium zegt. Hoe deze kan worden gemeten is echter wat ingewikkelder. De wachttijd meten van iedere fietser die voorbij komt en daar het gemiddelde van nemen is geen efficiënte methode. De gemiddelde wachttijd wordt daarom opgesteld uit twee andere waarden:

$$\text{Gemiddelde wachttijd} = \text{Stopkans} \times \text{gemiddelde wachttijd bij stoppen}$$

Zoals te zien in de formule is de stopkans hierin verwerkt. De stopkans kan worden berekend met de groen/geel- en roodtijd van een cyclus. De stopkans is bij een starre regeling als volgt:

$$\text{Stopkans}_{\text{starre regeling}} = \text{roodtijd} / \text{cyclustijd}$$

De stopkans bij een niet-starre regeling (wat eigenlijk standaard voor komt) is:

$$\text{Stopkans}_{\text{niet-starre regeling}} = \frac{\text{totale roodtijd observatieperiode}}{\text{totale cyclustijd observatieperiode}}$$

Daarnaast zit in de gemiddelde wachttijd de tijd dat er gestopt moet worden. Dat is de tijd dat er een aanvraag is geplaatst, maar door de fietser moet worden gewacht. Gemiddelde wachttijd bij stoppen van een starre regeling kan worden berekend op de volgende manier:

$$\text{Gemiddelde wachttijd bij stoppen}_{\text{starre regeling}} = \text{Roodtijd} / 2$$

Gemiddelde wachttijd bij stoppen van een niet-starre regeling:

$$\text{Gemiddelde wachttijd bij stoppen}_{\text{niet-starre regeling}} = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^n \text{Roodtijd}^2 / \sum_{i=1}^n \text{Roodtijd}$$

Met n= aantal keren rood in observatieperiode. Het kwadraat teken zorgt ervoor dat langere wachttijden zwaarder wegen.

VRI's worden als fietsvriendelijk beschouwd als de gemiddelde wachttijd 15 seconden of minder bedraagt. Dit is het geval bij een stopkans van 100% en een gemiddelde wachttijd bij stoppen van 15 seconden of bijvoorbeeld een stopkans van 50% en een wachttijd bij stoppen van 30 seconden. Bij meer dan 20 seconden wordt een VRI als slecht aangemerkt.

Een kanttekening bij de stopkans is wel dat deze in Arnhem niet goed is vast te stellen, omdat hier voornamelijk voertuigafhankelijke regelingen staan. Via detectielussen op een bepaalde afstand van de stopstreep kan de fietser zich (al eerder) aanmelden wat de doorrijdkans zal verhogen. Dit is op straat lastig na te bootsen. Hier kan alleen een aanvraag worden geplaatst bij de drukknop en niet op afstand. De eerdere aanmelding zal niet altijd voor direct groen zorgen, maar de kans hierop wordt wel een stuk groter.

Roodlichtnegatie zal worden weergegeven in percentages van het totaal aantal fietsers dat bij het verkeerslicht aankomt op het moment dat het rood is. Het zou ook van het totaal aantal fietsers kunnen worden gemeten, maar of men dan een roodrijder is of niet kan dan niet worden gezegd. Om de resultaten een waarde te geven zullen deze worden vergeleken met de waardes die zijn gemeten in het onderzoek van Van der Meel. Het gemiddeld percentage fietsers dat door rood rijdt bij verkeerslichten is 27.4 %. Aan de hand van deze barrière kan worden vastgesteld bij welke lichten meer roodlichtnegatie plaats vindt dan gemiddeld (Van der Meel, 2013).

Conclusie

In dit hoofdstuk zijn beoordelingscriteria voor verkeerslichten geformuleerd met de fietsers als uitgangspunt. Fietsers willen het liefst niet stoppen en als ze moeten stoppen, dan niet te lang wachten. De stopkans en wachttijd komen samen in het criterium gemiddelde wachttijd. Daarnaast zijn maximale cyclustijd, intensiteit en roodlichtnegatie criteria die kunnen helpen in het beoordelen van de verkeerslichten voor fietsers.

Door deze literatuurstudie is een inzicht gecreëerd, waardoor het doel van dit onderzoek een duidelijke vorm krijgt. De meetmethode uit paragraaf 3.4 zal een vervolg krijgen in hoofdstuk 6, maar eerst zal het doel van dit onderzoek en het verdere vervolg worden toegelicht in hoofdstuk 4 en 5.

4 Doelstelling en onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk wordt het doel van dit onderzoek uiteengezet. Om te komen tot een eindresultaat zijn onderzoeksvragen opgesteld in paragraaf 4.2. Deze onderzoeksvragen komen voort uit de beschreven doelstelling in paragraaf 4.1. Door antwoord te geven op gestelde onderzoeksvragen wordt hierdoor automatisch het doel van dit onderzoek bereikt.

4.1 Doelstelling

De fiets is een belangrijk vervoersmiddel. Door de situatie voor fietsers te verbeteren wordt het gebruik van de fiets meer gestimuleerd. De fiets is goed voor het milieu, maar ook voor de doorstroming in en de bereikbaarheid van de stad. Gemeente Arnhem heeft gekeken op welke gebieden het fietsnetwerk kan worden verbeterd. Een van de uitgangspunten is het al dan niet vergroten van de prioriteit van fietsers bij verkeerslichten. Om hier een beter beeld van te krijgen is onderzoek nodig naar de huidige situatie. Fietsers vinden het vervelend om te moeten stoppen en lang te wachten. Hoe functioneren de verkeerslichten op dit moment als deze worden beoordeeld op het geven van prioriteit aan de fiets. Als is geconstateerd hoe de verkeerslichten presteren kan de gemeente nader onderzoek doen naar de kruisingen die niet fietsvriendelijk genoeg zijn. Zo kan een passende maatregel worden toegepast om de prioriteit voor fietsers hier te verhogen.

Doel van dit onderzoek is: *Het vaststellen van de criteria waarop de fietsvriendelijkheid van de lantaarns kan worden gemeten. Aan de hand hiervan wordt vastgesteld welke kruisingen nog eens nader bekeken moeten worden, om de fietsvriendelijkheid van de Arnhemse verkeerslichten te vergroten.*

4.2 Onderzoeksvragen

Door middel van welke methode kan de mate van prioriteit voor fietsers bij verkeerslichten worden beoordeeld?

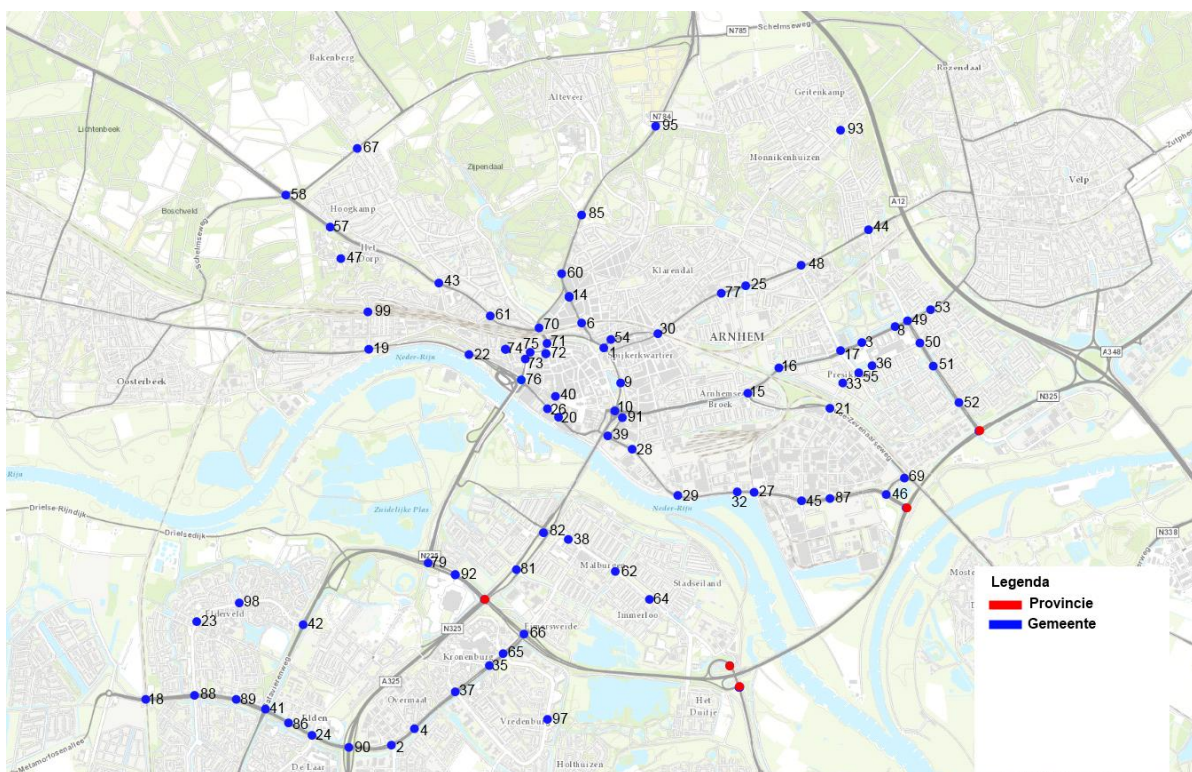
Hoe fietsvriendelijk zijn de verkeerslichten van Arnhem afgesteld?

5 Onderzoeksmethode

De onderzoeksvragen zijn geformuleerd in het vorige hoofdstuk. Om een antwoord te kunnen geven op deze vragen is een onderzoeksmethode opgesteld. In dit hoofdstuk wordt deze methode toegelicht. Eerst wordt vastgesteld welke lichten worden bekeken, daarna vertelt paragraaf 5.2 hoe de meetmethode zoals beschreven in paragraaf 3.4 wordt toegepast en beoordeeld.

5.1 Afbakening

Op dit netwerk liggen 77 verkeersregelinstallaties waarvan er 5 onder het beheer van de provincie vallen (zie Figuur 5). Deze laatste zullen in dit onderzoek niet worden meegenomen. Daarnaast worden ook de VRI's waar geen fietspaden liggen en de lichten waarbij de fietser met het autoverkeer mee gaan niet meegenomen. Bij deze lichten is qua prioriteit voor de fiets weinig te verbeteren. In totaal zullen er 64 regelingen worden bekeken. In Appendix B is een lijst van straatnamen bij de kruisingen te vinden.



Figuur 5: Verkeerslichten Arnhem

Een volledige regeling bestaat uit alle lantaarns die op een kruising of oversteek staan. Alle lantaarns voor fietsers die binnen dezelfde regeling vallen krijgen hetzelfde VRI nummer. De lantaarns hebben zelf ook allemaal een eigen nummer. Zo heet bijvoorbeeld verkeerslicht 1 AH001 met de lantaarns nummer 22, 24, 26 en 28 voor de fietser. De VRI's zullen op volgorde van fietsvriendelijkheid worden gerangschikt. Hierin worden de prestaties van alle lantaarns in een regeling bij elkaar genomen. Wanneer een aanpassing wordt gedaan gaat dit ook per regeling omdat deze invloed op elkaar hebben. Deze lantaarns verdelen samen de ruimte en tijd van een kruispunt.

Er wordt in dit onderzoek niet gekeken naar hoe de lichten in het netwerk functioneren. Opeenvolgende kruisingen worden niet bekeken op het functioneren samen. Bereikbaarheid en directheid zijn onderdelen die in dit onderzoek dus niet worden meegenomen. Er komen losse

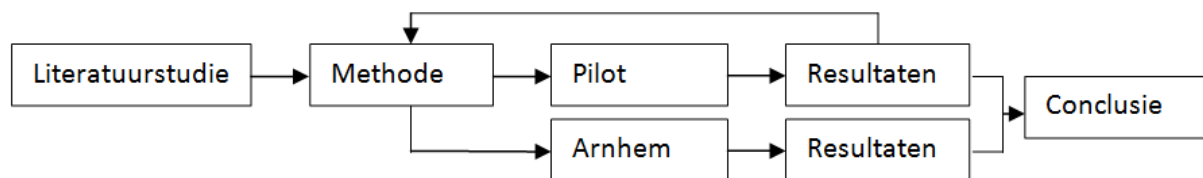
aanbevelingen per regeling. Deze kunnen makkelijker worden opgepakt en uiteindelijk zorgt een verbetering voor een regeling ook voor een verbetering op het complete netwerk.

5.2 Meting

Aan de hand van de literatuurstudie van hoofdstuk 3 is een methode bepaald waarmee de verkeerslichten kunnen worden beoordeeld. De criteria, manieren om die te meten en te beoordelen zijn hier geformuleerd. Doordat deze methode niet eerder in deze vorm is toegepast zal deze op literatuur gebaseerde methode worden getest in een pilot. De methode zal worden toegepast op een klein gebied in Arnhem. Deze pilot wordt uitgevoerd om te testen of deze methode het gewenste resultaat geeft en of het een werkbare methode is voor heel Arnhem. Na deze pilot kan nog aan de methode worden gesleuteld, voordat de test op heel Arnhem wordt uitgevoerd. Gemiste kansen, maar ook fouten in de procedure komen zo in een vroeg stadium aan het licht.

Deze pilot is toegepast in de wijk Presikhaaf. Het veldwerk zal leiden tot een aantal resultaten voor de verkeerslichten in Presikhaaf, maar ook resultaten geven ten aanzien van de methode die is gebruikt. Afhankelijk van deze resultaten zal de methode worden aangepast.

De al dan niet aangepaste methode zal worden toegepast op alle verkeerslichten van Arnhem die binnen het kader van dit onderzoek vallen. Dit zal leiden een beoordeling van de fietsvriendelijkheid van de verkeerslichten in Arnhem. De verkeerslichten zullen worden gerangschikt naar de mate waarin ze op fietsgebied presteren. De lichten waar het eerst naar moet worden gekeken (die het slechtst scoren) zullen boven aan de lijst verschijnen. Uit de resultaten kunnen conclusies worden getrokken. Doordat er naast fietsers meer verkeer gebruik maakt van de verkeerslichten zal er eerst nader onderzoek moeten worden gedaan naar de slechtst presterende lichten om uiteindelijk tot een passende maatregel te komen.



Figuur 6: Onderzoeksstrategie

6 Pilot Presikhaaf

In dit hoofdstuk wordt de methode om kruispunten te beoordelen uit hoofdstuk 3 toegepast op Presikhaaf. In de eerste paragraaf wordt de methode voor Presikhaaf toegelicht. In paragraaf 6.2 wordt het onderzoeksgebied gepresenteerd en uitgelegd waarom dit gebied gekozen is. Deze pilot heeft als doel om de beoordelingsmethode voor fietsvriendelijkheid uit te proberen. De resultaten zijn deels de resultaten van de test, maar zullen voornamelijk betrekking hebben op de beoordeling van de methode. Dit hoofdstuk zal afsluiten met een conclusie waarin onder andere wordt weergegeven met welke methode wordt verder gegaan.

6.1 Methode

De verkeerslichten in Presikhaaf worden beoordeeld aan de hand van de criteria uit hoofdstuk 3. Het gaat om de criteria: intensiteit, maximale cyclustijd, gemiddelde wachttijd en roodlichtnegatie. Voor het beoordelen van de verkeerslichten is elk licht tijdens de spits bekeken. De spitsperiode is gekozen omdat tijdens de spits de belasting van het netwerk het hoogste is. Wanneer een systeem kan functioneren tijdens de spits, kan het ook alle andere momenten van de dag aan. Voor de spits worden de perioden tussen 6:30 en 9:30 in de ochtend en van 16:00 tot 19:00 in de avond genomen (ANWB, 2015). In één week zijn alle verkeerslichten in Presikhaaf aangedaan tijdens de spits (ochtend- of avondspits) en zijn beoordeeld aan de hand van de eerder genoemde criteria.

De metingen die moeten worden uitgevoerd voor deze vier criteria zijn bij de verkeerslichten op straat uitgevoerd. Bij elk kruispunt is per licht een half uur geteld hoeveel fietsers gebruikt maakten van de oversteek (intensiteit). Daarnaast is bijgehouden of deze hierbij het rode licht negeerden of door groen/geel zijn gereden. Het percentage roodrijders kan zo worden bepaald. Voor het berekenen van de gemiddelde wachttijd is bij ieder verkeerslicht vijf keer een aanvraag geplaatst door op de drukknop te drukken. Nadat het stoplicht op rood is gesprongen zijn de drukknop en de stopwatch ingedrukt. Zodra het verkeerslicht op groen ging is een tussentijd neergezet en werd de groen/geeltijd gemeten. Groen en geel zijn samen genomen, omdat voor het berekenen van de gemiddelde wachttijd alleen de roodtijd en de cyclustijd nodig zijn. Ondanks dat geel betekent dat je moet stoppen als dit nog op een veilige manier kan, is geel geen onderdeel van de roodtijd en wordt deze bij groen opgeteld.

Naast dat deze metingen op straat zijn uitgevoerd, is op straat ook geobserveerd of er belangrijke criteria missen. Door de kruispunten te bekijken worden de situaties die hier voorkomen tastbaar. Ook op de werkbaarheid van de methode is gelet. De methode zal worden uitgevoerd op alle verkeerslichten van Arnhem en hiervoor moet een efficiënte methode worden gehanteerd. De tijd die het kost en de verkregen informatie zullen op waarde worden geschat. Daarnaast kan aan de hand van de resultaten uit deze test worden afgeleid of er daadwerkelijk iets kan worden gezegd over de fietsvriendelijkheid van verkeerslichten.

6.2 Presikhaaf

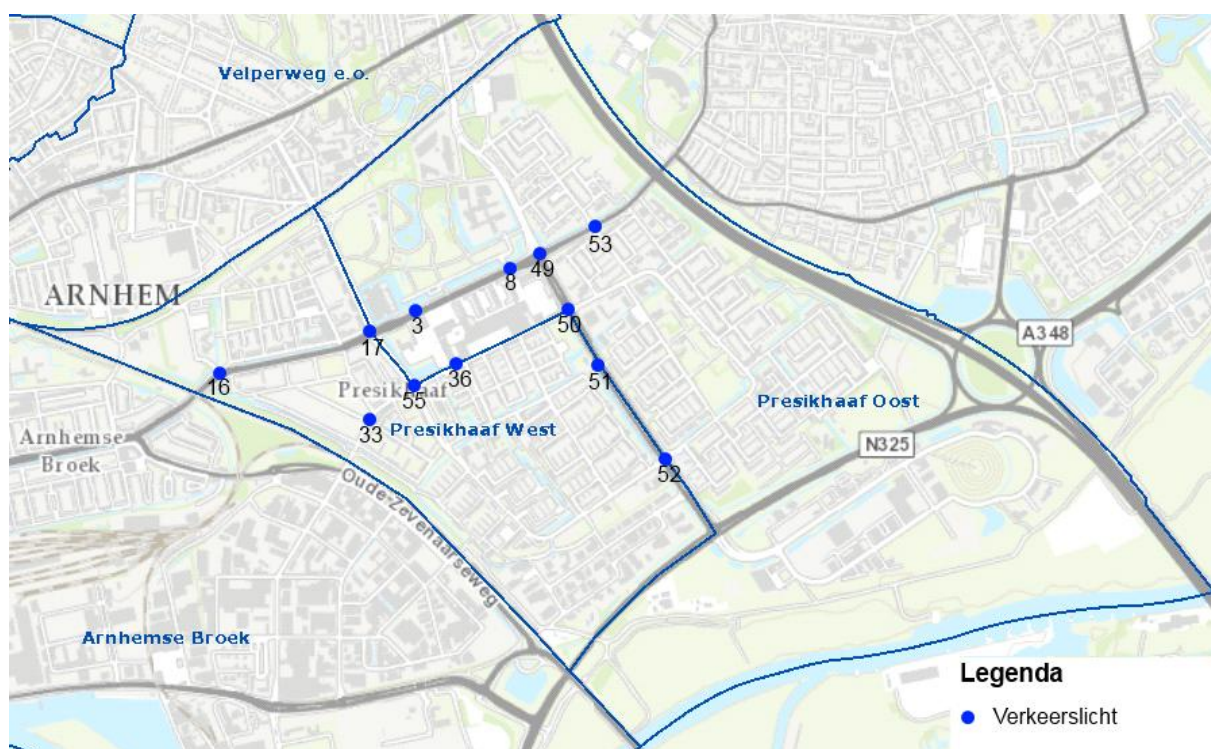
Presikhaaf is een naoorlogse wijk in Arnhem aan de oostkant boven de Rijn. In deze wijk staan twaalf verkeerslichten, zoals te zien is in figuur 7. Voor de pilot is een gebied gekozen dat de volledige gemeente kan weergeven in het klein. In Presikhaaf bevindt zich een station, de Hogeschool Arnhem Nijmegen zit er en winkelcentrum Presikhaaf. Woon-werkverkeer, mensen die zich verplaatsen om te winkelen en boodschappen te doen en scholieren bevinden zich hierdoor in dit gebied. Daarnaast zitten tussen de verkeerslichten enkele simpele oversteken, maar ook grote kruispunten. Door het

gebied loopt ook een busroute. De bus kent in Arnhem een hoog prioriteitsniveau bij verkeerslichten. De eventuele effecten van busprioriteit bij verkeerslichten zal hierdoor in deze pilot dus ook naar voren komen. Presikhaaf is een erg divers gebied waarin veel facetten van Arnhem voorkomen en waar veel fietsers worden verwacht. De volgende twaalf VRI's liggen in het testgebied:

Nr.	Kruispunt	Nr.	Kruispunt
AH003	IJssellaan – Lange Wal	AH049	IJssellaan - Lange Water
AH008	IJssellaan – Gildemeestersplein	AH050	Lange Water - Lange Wal
AH016	IJssellaan – Maaslaan	AH051	Lange Water – Honingkamp
AH017	IJssellaan - Laan van Presikhaaf	AH052	Lange Water – Bethaniënstraat
AH033	Volkerakstraat – Grevelingenstraat	AH053	IJssellaan – Warmelolaan
AH036	Lange Wal - van Borsselenstraat	AH055	Lange Wal – Volkerakstraat

Tabel 2: Verkeerslichten Presikhaaf

Verkeerslicht AH033 zal niet in dit onderzoek worden meegenomen, omdat de fietser hier geen eigen licht heeft, maar mee gaat met het autoverkeer.



Figuur 7: Deelgebied Presikhaaf

6.3 Resultaten

In deze paragraaf worden eerst de resultaten en conclusies van de testen in Presikhaaf uiteengezet. De subparagraaf 6.3.2 zal ingaan op de beoordeling van de methode. De werkbaarheid en resultaten zullen hierin worden behandeld.

6.3.1 Resultaten Presikhaaf

In Presikhaaf zijn de criteria getest op de twaalf kruisingen. Hierbij zijn de rijrichtingen onderscheiden in de windrichting waarin de verplaatsingsbeweging wordt gemaakt (bijv. NW-ZO is van noordwest naar zuidoost). Een overzicht van de uitgevoerde testen is te vinden in Appendix C.

In onderstaande tabel staan de gemiddelde wachttijden berekend aan de hand van de methode beschreven in hoofdstuk 3. Groen betekent dat het licht fietsvriendelijk is afgesteld. Rood betekent

dat deze niet de juiste afstelling hebben om de term fietsvriendelijk te dragen, omdat deze wachttijd hoger is dan 20 seconden. Dit zijn regelingen waar een hogere prioriteit voor fietsers wenselijk is.

Nr. VRI	NW-ZO	ZO-NW	NO-ZW	ZW-NO
AH003	13.4	19.0	-	4.8
AH008	14.7	14.5	4.3	5.1
AH016	8.1	6.9	10.9	1.4
AH017	22.5	6.3	8.4	28.0
AH036	-	-	3.6	6.6
AH049	16.5	23.0	25.8	11.5
AH050	20.5	39.2	27.8	34.4
AH051	10.2	10.6	-	-
AH052	16.2	16.5	30.1	8.6
AH053	10.3	10.3	-	-
AH055	31.5	20.3	24.3	29.3

Tabel 3: Gemiddelde wachttijd verkeerslichten Presikhaaf

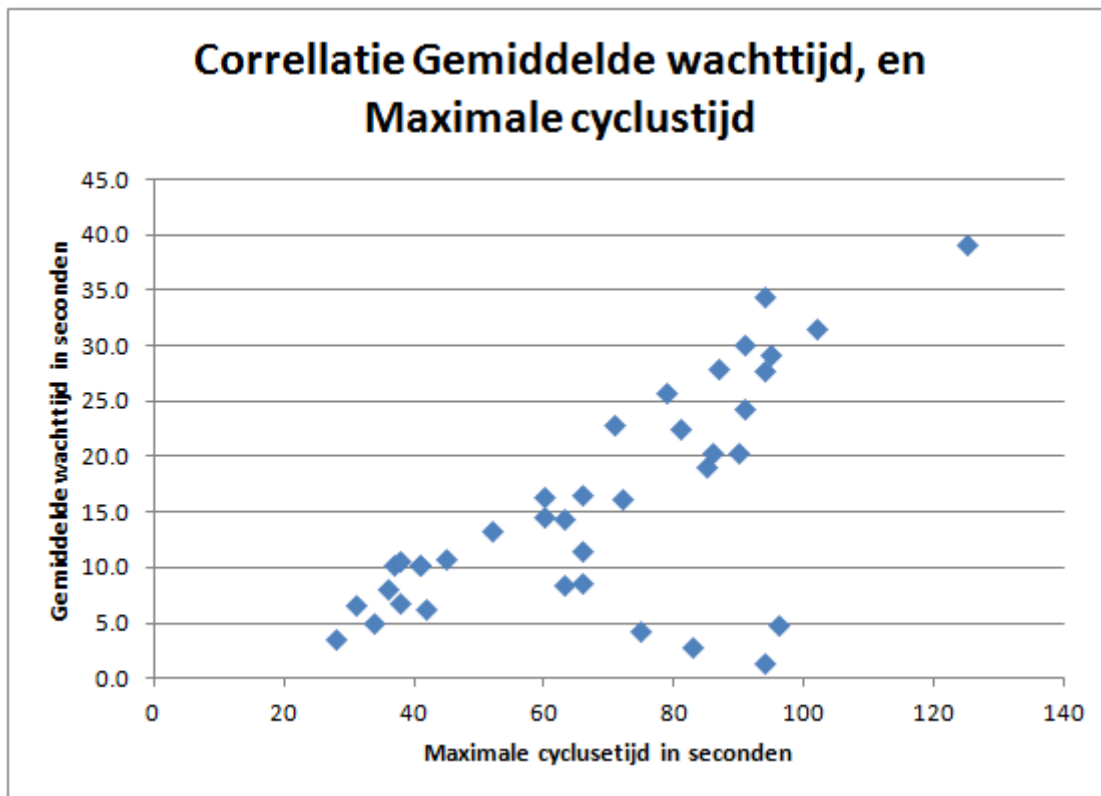
Drie van de kruisingen voldoen volledig. Bij kruising AH050 en AH055 zou als eerste moeten worden gekeken naar een betere afstelling. Deze twee kruisingen zijn beide groot en druk (zie intensiteiten in Appendix C). Daarnaast komen langs beide kruisingen bussen die mogelijk voor hogere wachttijden voor de fiets zorgen.

Naast gemiddelde wachttijd is ook gekeken naar maximale cyclustijden. In dit geval is de cyclustijd een volledige groen-, geel-, en roodtijd van een fietsverkeerslicht, dus niet van de complete regeling. Van de vijf metingen is de hoogste cyclustijd vastgesteld van alle lantaarns. Voor de cyclustijden is een maximum vastgesteld van 120 seconden om de cyclus 'geloofwaardig' te houden met een streeftijd van 90 seconden (Gemeente Arnhem, 2006).

	NW-ZO	ZO-NW	NO-ZW	ZW-NO
AH003	52	85	85	89.5
AH008	60	63	63	34
AH016	36	38	38	94
AH017	81	42	42	87
AH036	-	-	-	31
AH049	66	71	71	66
AH050	86	125	125	94
AH051	37	38	38	-
AH052	72	60	60	66
AH053	41	41	41	-
AH055	102	90	90	95

Tabel 4: Maximale cyclustijden verkeerslichten Presikhaaf

In tabel 4 is duidelijk te zien dat kruising AH050 en kruising AH055 opnieuw hoge waardes hebben. Van de gemiddelde wachttijd en de cyclustijd is de correlatie bekeken. In figuur 6 is de correlatie weergegeven. Een gemiddelde wachttijd van onder de zes seconden laat een vrij lage correlatie zien. Alle waarden daarna laten een hele duidelijke correlatie zien (0.68). De gemiddelde wachttijd wordt langer naar mate de maximale wachttijd toeneemt. De correlatie vanaf een gemiddelde wachttijd van zes seconden is zelfs 0.92. Hieruit blijkt dat de gemiddelde wachttijd en de maximum cyclustijd naar verwachting tot dezelfde conclusie zullen leiden.



Figuur 8: Correlatie Gemiddelde wachttijd en Maximale cyclustijd Presikhaaf

Het aantal roodrijders laat een ander patroon zien. Per kruising en richting staan in tabel 5 de percentages van fietsers die door rood zijn gereden.

	NW-ZO	ZO-NW	NO-ZW	ZW-NO
AH003	0%	20%	-	41%
AH008	8%	20%	18%	10%
AH016	18%	14%	24%	3%
AH017	6%	12%	19%	9%
AH036	-	-	10%	8%
AH049	6%	9%	2%	6%
AH050	18%	41%	18%	14%
AH051	14%	26%	-	-
AH052	13%	14%	7%	30%
AH053	50%	67%	-	-
AH055	7%	28%	25%	0%

Tabel 5: Roodlichtnegatie verkeerslichten Presikhaaf

Het gemiddeld percentage roodrijders gemeten in het onderzoek van Van der Meel is 27.4%. In de tabel zijn alle waarden die boven dit gemiddelde vallen rood gekleurd (Van der Meel, 2013). Te zien is dat de simpele fietseroversteek AH053 een hoog percentage roodrijders heeft, wat bevestigt dat een overzichtelijk kruising zorgt voor meer fietsers die het rode licht negeren. Toch scoren verkeerslicht AH050 en AH055 in dit criterium weer aan de slechte kant en zijn ook hier rode cijfers te zien. Tussen gemiddelde wachttijd en roodrijders is de correlatie -0.192, wat betekent dat deze er eigenlijk niet is. Mensen rijden dus niet eerder door rood als er langere wachttijden zijn. Dit neemt echter niet weg dat er mogelijk ruimte ligt in de regelingen met veel roodrijders. Het percentage fietsers dat door rood rijdt kan worden teruggedrongen door zelf door communicatieve interventie bij de lantaarn zelf (bijvoorbeeld een bord waarop wordt gevraagd om te wachten op groen), blijkt uit een onderzoek dat is toegepast in Amsterdam (De Rooij & Van Dam, 2010).

6.3.2 Resultaten ten aanzien van de methode

Aan de hand van de resultaten en het uitvoeren van de pilot wordt nu een conclusie getrokken ten aanzien van de methode. In het algemeen was het toepassen van de pilot een positieve ervaring. Het straatbeeld kan een duidelijk beeld schetsen van de problemen die zich afspelen op de kruising en de gemeten waardes worden meer tastbaar. Voor het zoeken naar oplossing voor kruisingen is het goed om met eigen ogen te zien wat er op een kruising gebeurt. In dit geval moet er tot een volgorde worden gekomen van de “slechtste” tot “de beste” kruising. Hiervoor is data-analyse een meer geschikte methode.

De resultaten die uit de pilot komen zijn sterk afhankelijk van de tijd waarop deze zijn vergaard. Een meer representatief beeld van het presteren van de lichten kan worden verkregen als rekening wordt gehouden met de volgende punten:

- Langere meetperiode, in de pilot is alleen een uur in de spitsperiode genomen om te meten.
 - Het beoordelen van de lichten gaat om de gemiddelde prestatie. Dus in plaats van alleen tijdens de spits zal een meting van een gehele dag beter volstaan.
 - Daarnaast valt de spits niet overal op hetzelfde moment. Wanneer een verkeerslicht zich dicht bij een school bevindt zal het rond het begin van de lesuren erg druk zijn, terwijl het bij het winkelcentrum wat later op de dag begint. Door een langere periode te meten hebben deze factoren minder invloed op de uitslag.
 - Bijna alle systemen in Arnhem zijn dynamisch en spelen niet constant hetzelfde programma af. In de spits kunnen lichten anders zijn afgesteld dan buiten de spits. Ook deze factor heeft door het gebruik van bijvoorbeeld een hele dag aan gegevens geen invloed op de resultaten.
- Representatieve tijd, de pilot is uitgevoerd in de zomervakantie. Door over te stappen naar data-analyse kan een meer standaard periode worden genomen voor de meting.
- Gelijke meetsituaties. Uiteindelijk worden de lantaarns met elkaar vergeleken. Er komen meer betrouwbare resultaten uit als andere factoren zoveel mogelijk hetzelfde zijn. Door opgeslagen data kan van een moment in de tijd de gegeven worden opgehaald van alle lantaarns. Hierdoor hebben factoren als het weer of de tijd waarop gemeten is geen invloed op het resultaat.

Ook tijdtechnisch is data-analyse een efficiëntere methode. In totaal moeten 65 verkeerslichten worden beoordeeld. Als al deze lantaarns moeten worden geanalyseerd bij het lantaarn zelf, kost dat erg veel tijd en/of middelen. Deze zijn beide op dit moment in het onderzoek niet voldoende aanwezig.

Specifieke resultaten op het gebied van de verschillende gemeten criteria geven weer dat de gemiddelde wachttijd een goed beeld neerzet van de verkeerslichten. Zowel de stopkans als de wachttijd zitten in dit criterium, beide factoren die in de ogen van de fietser nog om verbetering vragen. Daarnaast is dit criterium goed uit de data te halen.

De maximale cyclustijd is een goed te meten criterium. Door de sterke correlatie met de gemiddelde wachttijd geeft dit criterium alleen geen nieuwe resultaten ten aanzien van de prestatie van de lantaarns. Het criterium maximale wachttijd zal geen ander beeld weergeven dan de gemiddelde wachttijd en zal een overbodige bevestiging zijn van wat de gemiddelde wachttijd al zal weergeven.

Dit onderzoek moet leiden tot een weergave van hoe de verkeerslichten presteren. Intensiteit kan aangeven of er ruimte is, maar ook hoe belangrijk welke richting is. De verhouding intensiteit/capaciteit kan deze ruimte in de regeling weergeven. Het geeft alleen niets weer over de prestaties van het fietslicht zelf als alleen de intensiteit van de fietsers wordt bijgehouden. Het is een belangrijk criterium, maar deze is beter uit te voeren op het moment dat er wordt gezocht naar een nieuwe inrichting voor de kruising. Wanneer in deze situatie naar al het verkeer wordt gekeken dat van de kruising gebruik maakt, kan ook de prioriteit van de richtingen en vervoerswijzen beter in kaart worden gebracht.

Aan de hand van de gemiddelde wachttijd kan worden vastgesteld welke kruisingen slecht presteren. Met behulp van de intensiteiten kan worden gekeken naar een passende oplossing voor deze kruising. Betrouwbare fietsintensiteiten zijn op dit moment nog niet te halen uit de beschikbare data, waardoor dit criterium niet zal worden meegenomen in dit verder onderzoek.

Om het aantal roodrijders te kunnen kwantificeren moet het aantal fietsers dat bij rood aankomt en dan door rood rijdt worden geteld. Doordat de intensiteiten en het aantal fietsers dat voor een verkeerslicht staat de wachten niet goed uit de data te halen is, kan het aantal roodrijders moeilijk worden ingeschat. Iemand kan door rood rijden terwijl een andere fietser nog op de lus blijft staan waardoor deze niet wordt geregistreerd. Eventueel zouden met camerabeelden roodrijders kunnen worden vastgelegd en geteld.

Veel van de criteria geven een beeld over het functioneren van de verkeerslichten, maar uiteindelijk is het enige wat fietsers willen niet stoppen en niet lang wachten, ofwel een lage gemiddelde wachttijd. Het gaat dus niet om hoeveelheden (intensiteit), maar om de kwaliteit van de regeling met betrekking tot fietsers.

Conclusie

In dit hoofdstuk is gekomen tot een nieuwe testmethode. Alle verkeerslichten in Arnhem zullen worden beoordeeld op fietsvriendelijkheid door middel van de gemiddelde wachttijd. Voor de mate van fietsvriendelijkheid zal worden vastgehouden aan de waarden uit de ontwerpwijzer fietsverkeer van het CROW. In het volgende hoofdstuk zal de uitvoering van de test verder worden uitgelegd en worden de resultaten gepresenteerd.

7 Toepassing op heel Arnhem

Aan de hand van de pilot is geconcludeerd dat voor het bepalen van de fietsvriendelijkheid van de verkeerslichten de gemiddelde wachttijd de belangrijkste factor is. In dit hoofdstuk zal eerst worden uitgelegd van hoe de gemiddelde wachttijd is berekend. Daarna zullen de resultaten van dit onderzoek uiteen worden gezet. Volledige tabellen zijn te vinden in Appendix E.

7.1 De methode

In hoofdstuk 3 is uitgelegd wat de gemiddelde wachttijd inhoudt. Bij de gemeente Arnhem worden met behulp van een programma: Kwaliteitscentrale van het bedrijf IT&T, allerlei data bijgehouden van de verkeerslichten. Voor het bereken van de gemiddelde wachttijd moet de stopkans (percentage roodtijd) en de gemiddelde wachttijd, als er moet worden gestopt, worden berekend.

De database houdt per licht bij wanneer de rood-, geel- en groentijd starten. Door de tijd te meten van start rood tot start groen en die te sommeren over de volledige testperiode kan de totale tijd dat het verkeerslicht op rood heeft gestaan worden berekend. Dit kan vice versa voor de totale tijd dat het verkeerslicht niet op rood heeft gestaan. De stopkans is de roodtijd gedeeld door de cyclustijd (rood-, geel- en groentijd). De tijdsduur van de meetperiode kan hier niet worden genomen, omdat er af en toe foute metingen in de data zitten. Deze fouten worden eruit gefilterd en niet meegenomen. De stopkans is dan niet meer de roodtijd gedeeld door de meetperiode. Fouten in de data zijn bijvoorbeeld dat het licht twee keer start groen achter elkaar heeft geregistreerd zonder dat start rood of geel is geregistreerd. Deze tijd wordt nergens aan toegevoegd, maar uit de meting gelaten omdat niet te achterhalen is waar deze tijd onder valt.

De gemiddelde wachttijd kan niet zoals bij de pilot worden berekend door de roodtijd te delen door twee. De verkeerslichten in de gemeente Arnhem worden vrijwel allemaal aangestuurd door een dynamisch systeem. Het kan dus zo zijn dat een verkeerslicht langere tijd op rood staat, denk bijvoorbeeld aan 's nachts. De gemiddelde wachttijd zal hierdoor extreem hoog uitvallen terwijl dit in werkelijkheid niet het geval is. In plaats van de roodtijd moet de wachttijd worden genomen als er daadwerkelijk iemand groen heeft aangevraagd en staat te wachten. De eerste fietser die aan komt bij een rood licht zet een aanvraag neer. Deze tijd wordt ook wel de wachttijd van de langst wachtende genoemd. De wachttijd van de langst wachtende moet gedeeld worden door twee om te komen tot 'de gemiddelde wachttijd bij stoppen'. Door deze methode te gebruiken maakt het niet uit hoeveel fietsers eraan komen en of er al iemand staat te wachten op het moment dat er iemand bij het verkeerslicht aan komt. De gemiddelde tijd is de langste plus de kortste tijd gedeeld door twee. De langste tijd is de wachttijd van de eerst wachtende en de kortste tijd is wanneer iemand meteen kan doorrijden (een wachttijd van 0 seconde). Het gemiddelde voor alle fietsers is dus de langste tijd gedeeld door twee. Over de gehele periode worden de "langst wachtende" tijden gemiddeld aan de hand van de volgende formule:

$$\begin{aligned} \text{Gemiddelde tijd van de langst wachtende} &= \frac{\sum(\text{wachttijd langst wachtende}^2)}{\sum \text{Wachttijd langst wachtende}} * 0.5 \\ &= \text{de gemiddelde wachttijd bij stoppen} \end{aligned}$$

De IT&T kwaliteitscentrale registreert zoals al eerder is aangegeven de start groentijd. Daarnaast worden aanvragen voor groen ook geregistreerd. Een aanvraag wordt gezet wanneer er iemand op de drukknop drukt of wanneer er iemand langer dan twee seconden op de detectielus staat. Deze

twee seconden zorgen ervoor dat mensen die doorrijden, omdat de fietser bijvoorbeeld rechtsaf slaat, niet worden vastgelegd. Zo worden onnodige aanvragen gefilterd. De kans bestaat dat een fietser niet netjes boven de lus staat, waardoor het systeem deze niet meet. Gelukkig drukken fietsers die staan te wachten over het algemeen allemaal op de drukknop en wordt de aanvraag dan alsnog geplaatst. De tijd tussen de gezette aanvraag en start groen is de wachttijd van de langst wachtende. In Appendix D staat een specifieke uitleg van hoe de berekening heeft plaats gevonden.

De meetperiode die voor deze testen is aangehouden is één keer een volledige dag. Hoe langer de meetperiode hoe representatiever de uitslag. Er is gekozen voor een complete dag om zo een volledig cyclus te pakken. Zowel de spitsperiode als niet-spitsperiode is meegenomen. Voor veel berekeningen of metingen in het verkeersonderzoek wordt de spitsperiode gekozen, omdat deze de piekbelasting weergeeft. In dit onderzoek gaat het om gemiddelden en de gemiddelde situatie is zowel in de spits als daarbuiten.

De dag die hiervoor is gekozen is dinsdag 9 juni 2015. Er is gekozen voor een dinsdag, omdat deze dag gezien het weekpatroon van aantallen fietsers het op een na hoogste percentage heeft (mensen pakken op vrijdagen het vaakst de fiets (CROW, 2006b)). Doordat de gemiddelde wachttijd afhankelijk is van ander verkeer dat zich bij de lichten aanmeldt moet ook met het patroon van het overige verkeer rekening worden gehouden. De dinsdag en de donderdag zijn dagen met de meeste verkeersdrukte en vandaar dat de dag van de meting een dinsdag is. Doordat het een representatieve dag moest zijn is gekeken naar een dag waarop geen vakanties of feestdagen vielen, maar die wel recent is. De zomervakantie in 2015 begon voor geen enkele regio in juni, wat dit een optionele maatgevende maand maakt. Het warme weer in juni zorgt voor veel fietsgebruik en ook de hoeveelheid neerslag in de maand juni is voor fietsers te overzien geweest.

7.2 Resultaten

Van de 65 vri's zijn van 3 geen beschikbare data. In totaal zijn er dan nog 278 lantaarns die bekeken in dit onderzoek. Voor het verkrijgen van de resultaten in zoals al eerder is genoemd data gebruikt uit het systeem IT&T Kwaliteitscentrale. Van een aantal lantaarns waren echter geen goede gegevens bekend. Zo zijn er 3 lantaarns waarvan geen data is opgeslagen en zijn er nog enkele lantaarns met tekortschietende data. Deze hebben resultaten die ver buiten de gemiddelde waarden uit staken. Deze uitschieters zijn bepaald aan de hand van het gemiddelde en de standaardafwijking. Alle waarden die buiten twee keer de standaard afwijking vallen zijn niet meegenomen. Er kan niet vanuit worden gegaan dat deze data betrouwbaar zijn.

Gemiddelde	Standaard afwijking	Bereik
14.95 sec.	11.79 sec.	0>x<38.5 sec.

Tabel 6: Gemiddelde en standaardafwijking resultaten

Aangezien tijd geen negatieve waarde kan hebben is een bereik van 0 tot 38.5 seconden vastgesteld.

De volgende vijf lantaarns vallen niet binnen dit criterium.

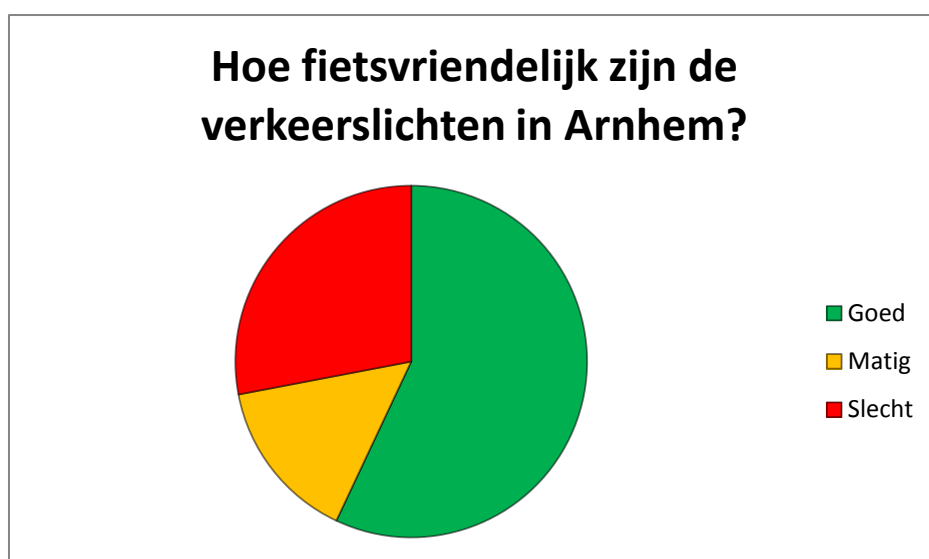
VRI	Licht	Stopkans	Wachttijd bij stoppen (sec.)	Gem. Wachttijd(sec.)
AH018	21	0.973	76.4	74.3
AH018	25	0.970	76.3	74.0
AH018	81	0.970	76.2	74.0
AH018	22	0.978	68.1	66.6
AH018	26	0.959	62.6	60.0

Tabel 7: Waarden die buiten het bereik vallen

De waarden liggen zo hoog doordat de data van de gemiddelde wachttijd bij stoppen niet goed zijn geregistreerd. De gemiddelde wachttijden vallen hierdoor heel erg hoog uit. Het zijn vijf lantaarns van dezelfde VRI, wat de kans dat het een fout in het systeem of de techniek is een aannemelijke conclusie maakt. De volgende resultaten zullen gaan over de overige 270 lantaarns. Voor regeling AH087 was geen data beschikbaar op 9 juni 2015. Voor deze regeling is dinsdag 23 juni 2015 genomen.

7.2.1 Lantaarns

Van alle verkeerslichten voor fietsers binnen de gemeente Arnhem voldoet 28% niet aan de gestelde maten van fietsvriendelijkheid. 28% van de lantaarns heeft een langere gemiddelde wachttijd dan 20 seconden. 57% van de lantaarns heeft een gemiddelde wachttijd van minder dan 15 seconden en kunnen fietsvriendelijk worden genoemd. Over heel Arnhem gezien is de gemiddelde wachttijd voor fietsers bij verkeerslichten 13.9 seconden.



Figuur 9: Prestatie lantaarns Arnhem

De tien slechtste lantaarns staan in tabel 8. Te zien is dat de wachttijd als er gestopt moet worden in alle gevallen erg hoog liggen, maar dat ook de stopkans in de meeste gevallen boven de 95% ligt. Een verklaring voor deze stopkansen is dat deze mogelijk op wachtend rood staan. Wanneer zich bij deze lichten geen fietser aanmeldt ontstaat er een hele lage roodtijd.

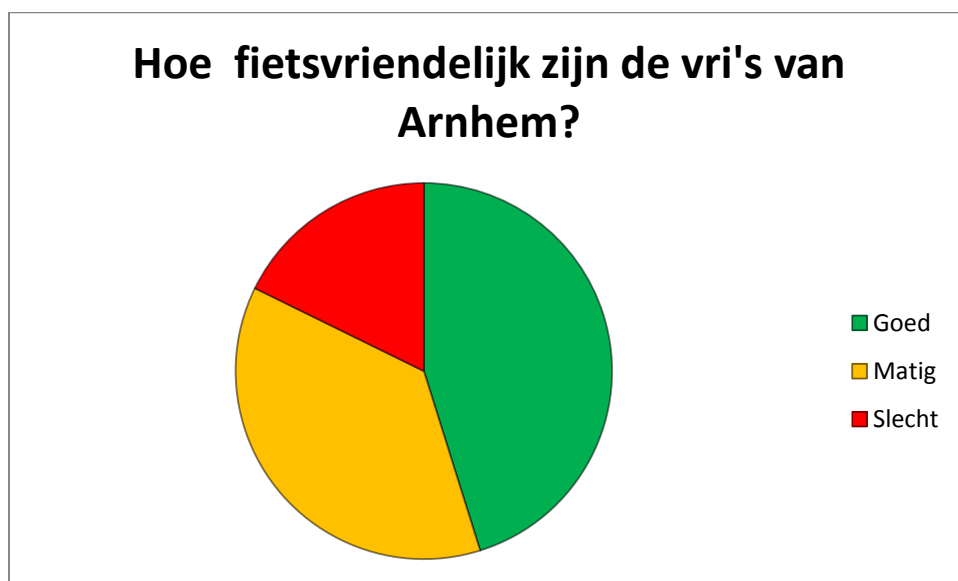
VRI	Licht	Stopkans	Gem. wachttijd bij stoppen	Gem. Wachttijd	Gebied
AH087	26	99%	37.3	37.0	West
AH046	82	95%	37.6	35.8	West
AH046	22	95%	37.5	35.7	West
AH019	22	99%	33.7	33.5	Oost
AH049	24	94%	35.6	33.5	Oost
AH052	28	97%	34.2	33.2	Oost
AH052	88	97%	34.1	33.1	Oost
AH052	22	98%	33.7	33.0	Oost
AH052	82	96%	33.7	32.3	Oost
AH052	86	96%	33.7	32.3	Oost

Tabel 8: De tien slechts presterende lantaarns van Arnhem

Veel van de lantaarns vallen onder dezelfde kruising. De lantaarns bevinden zich voornamelijk in het oosten van Arnhem.

7.2.2 Kruising

Alle regelingen worden per kruising opgesteld (en niet per licht vastgesteld). Het is daarom naast te weten hoe de lantaarns presteren misschien nog wel interessanter om te kijken naar de prestatie van een complete regeling. Deze zijn berekend door de gemiddelde wachttijd van alle lantaarns bij elkaar op te tellen en te delen door het aantal lantaarns.



Figuur 10: Prestatie VRI's Arnhem

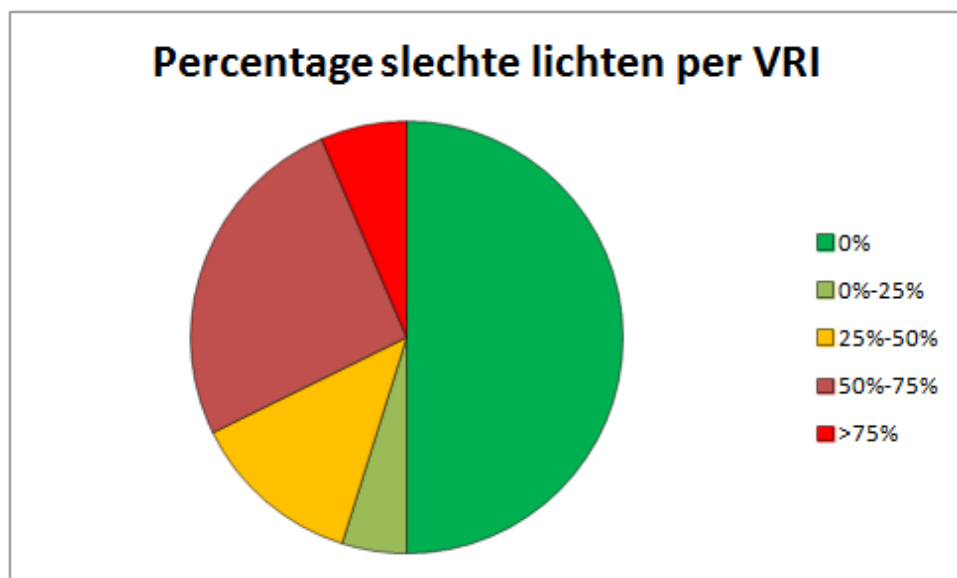
45% van de VRI's presteert goed en 18% presteert slecht. Dit is redelijk vergelijkbaar met de resultaten van de lantaarns.

Ook nu zijn de kruisingen die het slechtst presteren weer uitgelicht. Opvallend is dat de eerste twee verkeerslichten zelfs boven de 26 seconden liggen en dus ook niet voldoen aan de gestelde richtlijnen van de gemeente Arnhem uit 'Het groen goed verdeeld'.

VRI	Totale gemiddelde wachttijd (sec.)	Aantal lantaarns	Gemiddelde wachttijd (sec.)
AH046	91.44	3	30.48
AH052	199.19	7	28.46
AH076	49.86	2	24.93
AH050	91.01	4	22.75
AH065	176.19	8	22.02
AH087	109.81	5	21.96
AH024	131.31	6	21.89
AH067	107.06	5	21.41
AH069	41.47	2	20.73
AH010	61.14	3	20.38
AH049	81.26	4	20.31

Tabel 9: De te slechts presterende VRI's van Arnhem

Op een kruising kan het voorkomen dat bepaalde richtingen slechter presteren omdat deze niet op de hoofdrichting liggen. In Appendix 4 staat daarom een overzicht van de VRI's met het aantal goede, matige en slechte lantaarns van de vri. Vier van de kruisingen hebben geen één licht waarbij minder lang gewacht hoeft te worden dan 15 seconden. Wanneer alle lantaarns van een kruising worden gemiddeld, zijn 51 van de in totaal 62 kruisingen die matig tot goed fietsvriendelijk te noemen zijn. Wat betekent dat er slechts 11 VRI's overblijven die niet fietsvriendelijk zijn. Er zijn 32 verkeerslichten die geen lantaarns hebben die slecht presteren. Deze VRI's hebben lantaarns die allemaal een gemiddelde wachttijd hebben die lager is dan 20 seconden. Aan deze lantaarns is geen extra aandacht nodig voor de fietsers (zie groen gedeelte in figuur 11). In onderstaande figuur zijn de resultaten terug te zien over het percentage slechte lantaarns per VRI's. De rode gebieden zijn VRI's waarbij de meerderheid van de lantaarns slecht presteren.

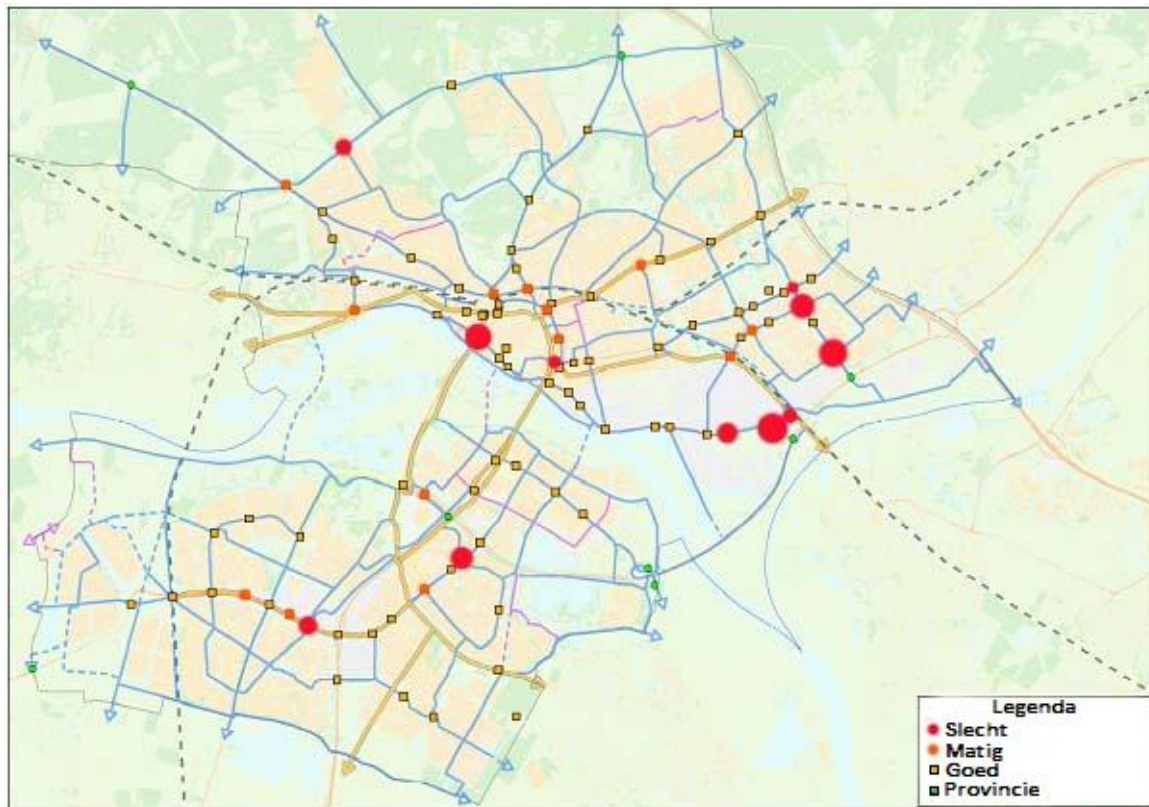


Figuur 11: Percentage slechte lantaarns per VRI

Drie van de kruisingen hebben geen enkel licht dat aan de norm van fietsvriendelijkheid voldoet. Deze VRI's krijgen de hoogste prioriteit. 20 van de VRI's vallen in het rode gedeelte, wat betekent

dat 50% van de lantaarns of meer slecht presteert. De volledige lijst van de verkeerslichten is te vinden in Appendix E.

Om een inzicht te geven in waar de slechtste verkeerslichten zich bevinden zijn deze opgenomen in Figuur 12. De slechtste VRI's hebben de grootste rode stip. Naast deze 11 zijn ook de 13 matig presterende lichten aangegeven met oranje stippen. Wat opvalt, is dat de slechte lichten zich voornamelijk in het oosten van Arnhem bevinden. Van de 11 VRI's liggen er 6 in het gebied dat als oost kan worden aangemerkt.



Figuur 12: De 11 slecht presterende VRI's van Arnhem

Met in onderstaande tabel de straatnamen van de desbetreffende kruisingen op volgorde van gemiddelde wachttijden.

Nr. VRI	Straatnamen
AH046	Westervoortsedijk – Zevenaarseweg
AH052	Lange Water – Bethaniënstraat
AH076	Roermondsplein – Weerdjesstraat
AH050	Lange Water - Lange Wal
AH065	Burgermeester Matsersingel – Groningensingel
AH087	Westervoortsedijk - Simon Stevinweg
AH024	Burgemeester Matsersingel – Randweg
AH067	Schelmseweg – Bakenbergseweg
AH069	Zevenaarseweg - Oude Zevenaarseweg
AH010	Airborneplein - Eusebiusbinnensingel – Eusebiusbuitensingel
AH049	Ijsellaan - Lange Water

Tabel 10: De 11 slechtste VRI's met straatnamen

7.2.3 Vergelijking met pilot

Of de resultaten uit het onderzoek een goede weergave van de werkelijkheid is, blijft lastig om vast te stellen. De manier om te zien of deze resultaten vergelijkbaar zijn, is door op straat te kijken of deze zijn te herkennen. Om hier een benadering naar te doen staat in onderstaande tabel de resultaten van de pilot (de meting op straat) en de resultaten van de data-analyse. De VRI's zijn gerangschikt van slechtst naar best presterende. Te zien is dat deze niet een op een gelijk zijn aan elkaar, maar dat er wel veel vergelijken zijn terug te zien. De vier slechtste VRI's zijn in beide rijen dezelfde al staan ze niet precies op dezelfde plaats. Dit is bij de twee beste VRI's zelfs ook nog het geval. De correlatie tussen beide rijen is 0.79, wat aangeeft dat hier een sterke overeenkomst te zien is. De waarschijnlijkheid dat dezelfde resultaten op straat zijn terug te zien blijkt hieruit hoog.

Pilot		Data-analyse	
AH050	30.45	AH052	28.46
AH055	26.33	AH050	22.75
AH049	19.19	AH049	20.31
AH052	17.84	AH055	16.85
AH017	16.30	AH017	13.83
AH003	12.41	AH008	10.59
AH051	10.43	AH003	6.56
AH053	10.33	AH053	5.12
AH008	9.62	AH051	5.11
AH016	6.82	AH016	3.44
AH036	5.13	AH036	1.87

Tabel 11: Vergelijking resultaten pilot met resultaten uit data-analyse

Conclusie

Door middel van data-analyse kan de gemiddelde wachttijd voor fietsers worden vastgesteld bij de verkeerslichten. In de kwaliteitscentrale komt alle data van de verkeerslichten binnen. Deze wordt eerst op fouten en onvoldoende data gefilterd waarna er nog 270 lantaarns overblijven voor de analyse.

57% van de verkeerslichten heeft een lagere wachttijd dan 15 seconden en kan als goed worden aangemerkt. Aan deze lantaarns hoeft niets te gebeuren als het op prioriteit voor fietsers aankomt. Dit zijn zowel lantaarns met een kort wachttijd als lantaarns met een lage stopkans. Daarnaast zijn er drie VRI's die geen enkel goed presterend licht hebben. Van de 11 VRI's die niet goed genoeg presteren liggen er meer dan de helft (6) in het oosten van Arnhem.

8 Conclusie

De fiets is een erg belangrijk vervoersmiddel, maar wordt in veel gevallen nog tekort gedaan. Ondanks dat Nederlanders al vaak de fiets pakken, kunnen deze aantallen worden verhoogd als voor fietsinfrastructuur naar een ideaalbeeld wordt gestreefd.

Arnhem heeft een uitgebreid fietsnetwerk met zowel regionale als stedelijke wegen. In 2013 is de Beleidsnota Fietsverkeer vastgesteld door de gemeenteraad waarin uitgangspunten voor de fiets uiteen zijn gezet, ter verbetering van het fietsnetwerk. Een van de uitgangspunten is het meer prioriteit genereren voor fietsers bij verkeerslichten.

Door middel van welke methode kan de mate van prioriteit voor fietsers bij verkeerslichten worden beoordeeld?

Om te komen tot een goede methode zijn uit de literatuur criteria gehaald die een waarde kunnen geven aan de prestatie van verkeerslichten: intensiteit, maximale cyclustijd, gemiddelde wachttijd en roodlichtnegatie. Aan de hand van een pilot zijn de verschillende criteria in de praktijk getest en zijn hieruit de volgende resultaten ten aanzien van de methode gevonden. Door de test in praktijk toe te passen zijn de waarden van de resultaten meer tastbaar geworden. Toch blijkt data-analyse een meer passende methode. Om representatieve meetresultaten te creëren moet rekening gehouden worden met de volgende punten:

- Lange meetperioden waarin zowel tijd tijdens de spits als daarbuiten worden meegenomen. Zo hebben elementen als het dynamisch systeem of het al dan niet meepakken van een spitsuur geen invloed op de resultaten.
- Representatieve tijd, ofwel meten in een gemiddelde situatie (niet tijdens vakantieperiode).
- Gelijke meetsituaties, zodat verschillen in resultaten daadwerkelijk met de regeling te maken hebben en niet met andere invloeden.

Veel van de criteria geven een beeld over het functioneren van de verkeerslichten, maar uiteindelijk is het enige wat fietsers willen niet stoppen en niet lang wachten, ofwel een lage gemiddelde wachttijd. Het gaat dus niet om hoeveelheden (intensiteit), maar om de kwaliteit van de regeling met betrekking tot fietsers.

Gemiddelde wachttijd is een criterium dat een goed beeld geeft van de fietsvriendelijkheid van de verkeerslichten. Zowel de stopkans als de wachttijd zitten in dit criterium, beide factoren die in de ogen van de fietser nog om verbetering vragen. Daarnaast is dit criterium goed uit de data te halen.

De maximale cyclustijd is een goed te meten criterium. De correlatie met de gemiddelde wachttijd is 0.68 en vanaf een gemiddelde wachttijd van zes seconden zelfs 0.92. Door deze zeer sterke correlatie zal maximale cyclustijd niet voor nieuwe resultaten zorgen.

Betrouwbare fietsintensiteiten zijn op dit moment nog niet te halen uit de beschikbare data, waardoor dit criterium niet zal worden meegenomen in dit verder onderzoek. Het blijft een interessant criterium omdat het veel zegt over het presteren van een kruising. Ook als ondersteuning voor het criterium roodlichtnegatie is het een essentieel stuk informatie, maar door ontoereikende data kunnen beide criteria niet over heel Arnhem worden meegenomen.

Hoe fietsvriendelijk zijn de verkeerslichten van Arnhem afgesteld?

Gemiddelde wachttijd is een criterium dat een goed beeld geeft van de fietsvriendelijkheid van de verkeerslichten.

$$\text{Gemiddelde wachttijd} = \text{Stopkans} \times \text{gemiddelde wachttijd bij stoppen}$$

Gemiddelde wachttijd wordt als fietsvriendelijk gezien als deze onder de 15 seconden zit. Tot een wachttijd van 20 seconden is het nog acceptabel, maar alles boven de 20 seconden is niet fietsvriendelijk.

Door middel van data-analyse kan de gemiddelde wachttijd voor fietsers worden vastgesteld bij de verkeerslichten. In de Kwaliteitscentrale komen alle data van de verkeerslichten binnen. Deze wordt eerst op fouten en onvoldoende data gefilterd waarna er nog 270 lantaarns overblijven voor de analyse.

57% van deze 270 verkeerslichten in Arnhem heeft een lagere wachttijd dan 15 seconden en kan als goed worden aangemerkt. Aan deze lantaarns hoeft niets te gebeuren als het op prioriteit voor fietsers aan komt. Dit zijn zowel lantaarns met een korte wachttijd als lantaarns met een lage stopkans.

Daarnaast zijn de VRI's als totaal ook gerangschikt. 11 van de 62 VRI's presteren onder de maat en het merendeel bevindt zich in het oosten van Arnhem. Daarnaast zijn er drie VRI's die geen enkel goed presterend licht hebben. Deze lantaarns staan bovenaan in het rijtje van aan te pakken verkeerslichten. Van de 62 VRI's hebben er 32 geen enkel licht dat slecht presteert. De verkeerslichten in Arnhem zijn voor een groot gedeelte fietsvriendelijk. Als de gemeente meer prioriteit wil geven aan fiets kan de aandacht specifiek worden gericht op de 30 VRI's die op gebied van fietsvriendelijkheid minder presteren.

9 Aanbevelingen

De fietsvriendelijkheid van de lichten is bepaald. Nu is de vraag of deze met meer prioriteit voor fietsers verbeteren. Hiervoor is verder onderzoek nodig:

- Naar de intensiteit/capaciteit verhouding van de kruising. Is er ruimte om op de kruising een prioriteitsvorm toe te passen. Wanneer deze factor te hoog is (hoger dan 75%) dan is er geen tijd over om prioriteit toe te kennen aan een richting en moet de regeling gewoon zorgen voor het afwikkelen van het verkeer.
- Een vergelijking met de resultaten van de gemiddelde wachttijden van het overig verkeer. Wanneer de wachttijden van het overige verkeer zijn vastgesteld kan worden gekeken of fietsers langer moeten wachten dan het overige verkeer (en dus een lagere prioriteit hebben) of dat iedereen lang moet wachten op de kruising. Als iedereen lang moet wachten zitten oplossingen eerder in de herinrichting van de kruising en eventuele ontvlechting van de kruising. Wanneer blijkt dat de fietsers in het nadeel zijn op de kruising kan worden gekeken naar oplossing om fietsers meer prioriteit te geven bijvoorbeeld vroege detectie door verweglussen of twee keer groen per cyclus.

Verdere aanbevelingen zijn:

- Het opstellen van een geactualiseerd document voor 'Het groen goed verdeeld' of een update van het huidige document. In negen jaar is veel veranderd en zijn de toepassingen en verdelingen achterhaald.
- De kwaliteitscentrale slaat heel veel data op, maar met de output wordt nog niet het maximale uit het systeem gehaald. Met de ruwe data kan nog veel informatie worden verkregen over het presteren van de VRI's.
- Wanneer de intensiteiten van fietsers beter uit de data te halen zijn, kan met de data inzicht worden gegeven in roodlichtnegatie. Het systeem slaat aanvragen op en laat zien wanneer een lus geactiveerd is. Wanneer beide het geval is, en de lus tijdens de roodtijd vrij komt kan worden vastgesteld of iemand door rood is gereden. Zoals al is benoemd in dit document kan een hoog percentage roodlichtnegatie een mogelijke reden zijn voor het slecht ingericht schema. Met deze informatie kunnen lichten door een eenvoudige manier worden aangepast en beter presteren op fietsvriendelijkheid.

Bronnenlijst

- ANWB. (2015). *Dagelijkse verkeersinformatie Nederland*. Opgeroepen op 09 09, 2015, van ANWB: <http://www.anwb.nl/verkeer/nederland/verkeersinformatie/dagelijkse-drukke-trajecten>
- Bendiks, S., & Degros, A. (2015). *Fietsinfrastructuur*. Rotterdam: nai010 uitgevers.
- Bleijenberg, A. (2015). *Nieuwe mobiliteit: Na het autotijdperk*. Delft: Eburon.
- CBS. (2015, 06 22). *Mobiliteit in Nederland; vervoerwijzen en motieven*. Opgeroepen op 08 20, 2015, van Centraalplanbureau: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81129NED&D1=2&D2=0&D3=a&D4=a&D5=0&D6=l&HD=130830-1159&HDR=T,G4,G5,G1,G2&STB=G3>
- CROW. (2014). *Handboek verkeerslichtenregelingen 2014*. Ede: CROW.
- CROW. (2014). *Inspiratieboek voor snelle fietsroutes*. Ede: CROW.
- CROW. (2006b). *Onwerpwijzer fietsverkeer*. Ede: CROW.
- EOCD. (2004). *National policies to promote cycling*. Ljubljana: EOCD.
- Fajans, J., & Curry, M. (2001). *Why bicyclists hate stop signs*. California: University of California.
- Gaur, S. (2015, 08). *Share the trip save the road*. Opgeroepen op 08 2015, van Reforming times: <http://www.reformingtimes.com/share-the-ride-save-the-road/>
- Gemeente Arnhem. (2013). *Beleidsnota fietsverkeer Nieuwe verbindingen, nieuwe fietsers*. Arnhem: gemeente Arnhem cluster Beleid en Regie.
- Gemeente Arnhem. (2006). *Regelstrategie verkeerslichten Arnhem; Het groen goed verdeeld*. Arnhem: Gemeente Arnhem.
- Gerritsen, S. (sd). *Stedenbouwkundige ontwikkeling Arnhem*. Opgeroepen op 08 19, 2015, van <http://gerritjw.home.xs4all.nl/vu%20lezingen/stedebouw/middel/middel1.htm>
- Glas, R. (2012). *Verkeerslichten in Utrecht: Waar wachten we op?* Utrecht: Fietsersbond Utrecht.
- Goudappel Coffeng. (2010). *Verkenningennota Bereikbaarheid*. Arnhem: Gemeente Arnhem.
- Van der Meel, E. (2013). *Red light running by cyclists*. Delft: Delft University of Technology.
- Oosterbrink, E. (1999). *Fietsen in Arnhem: Opzoek naar de invloed van het relief op de modelsplit en het ontwerp van een hieraan aangepast fietsroute netwerk*. Delft: Universiteit Delft.
- De Rooij, N., & Van Dam, B. (2010). *Een kijk op roodlichtrijders: De ontwikkeling van een communicatieve interventie voor de vermindering van roodlichtnegatie door fietsers in Amsterdam*. Nijmegen: Radboud Universiteit Nijmegen.
- Smits, T. (2012). *Arnhem, stad van bos en water*. Arnhem: gemeente Arnhem.

Welles, H. (2004). *Mobilitetiseffecten lokaal fietsbeleid*. Rotterdam: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Zeegers, T. (2010). *Trends in het oponthoud voor fietsers binnen de bebouwde kom*. Utrecht: Fietsersbond Utrecht.

Appendix A: Algemene regeltechnische randvoorwaarden

Specifieke randvoorwaarden het gebied van (Gemeente Arnhem, 2006):

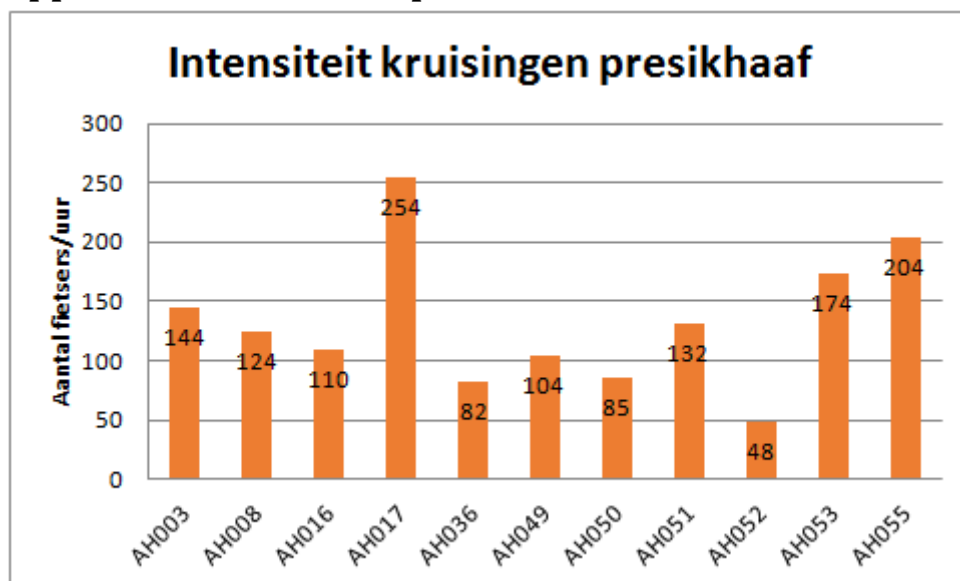
- Veiligheid:
 - verkeersstromen die elkaar haaks kruisen, krijgen nooit gelijktijdig groen;
 - autoverkeer dat rijdt op een strook waarop ook verkeer rijdt dat rechtsaf of linksaf mag slaan en parallel daaraan rijdend langzaam verkeer, krijgen bij voorkeur niet tegelijk groen. Alleen onder specifieke voorwaarden wordt gelijktijdig groen (deelconflict) toegestaan. Dit is het geval bij weinig afslaand autoverkeer en als de wachttijd voor het langzaam verkeer onacceptabel wordt, waardoor roodlichtrijden gaat optreden. Als er veel afslaande autobewegingen zijn, is een heroverweging van de indeling van het kruispunt nodig;
 - bij het toestaan van deelconflicten krijgt het langzaam verkeer altijd iets eerder groen dan het autoverkeer om de automobilisten op het deelconflict te attenderen;
 - de duur van de groenfase kent een minimum zodat weggebruikers voldoende tijd krijgen te reageren bij het begin van de groenfase;
 - op wegen met een snelheidslimiet van 50 km/h geldt een geeltijd van 3 seconden, op 70 km/h wegen wordt 4 of 5 seconden geel licht getoond;
 - tussen het einde van een geelfase en het begin van een conflicterende groenfase wordt altijd voldoende tijd gegeven om alle verkeersdeelnemers de kruising veilig te laten ontruimen voordat nieuwe voertuigen, fietsers en voetgangers de kruising mogen oprijden c.q. oplopen.
- Acceptatie:
 - het voorkomen van onnodig rood licht;
 - het toestaan van extra groenrealisaties indien dat niet ten koste gaat van de wachttijd voor anderen;
 - het uitgaan van een maximum cyclustijd van 90 seconden. Hiermee wordt tevens de wachttijd begrensd. Alleen op locaties waar dit aantoonbaar onmogelijk, of beleidsmatig ongewenst is (bijvoorbeeld vanwege andere/conflicterende prioriteiten), mag de cyclustijd oplopen tot maximaal 120 seconden.
- Efficiëntie:
 - de onderlinge volgorde van de groenfasen zo optimaal mogelijk te kiezen;
 - de groenfasen niet onnodig lang te laten duren door goede detectie en de maximale duur van de groenfasen af te stemmen op het actuele verkeersaanbod;
 - extra groenrealisaties alleen toe te staan als ze niet leiden tot extra wachttijd voor conflicterende verkeersstromen;
 - de minimum duur van de groen- en geelfase veilig maar niet te hoog in te stellen;
 - de ontruimingstijden veilig maar niet onnodig hoog in te stellen.

Appendix B: Nummers vri's met straatnamen

AH001	Velperplein - IR. J.P. van Muijlwijkstraat - Steenstraat
AH002	Burgemeester Matsersingel - Marga Klopelaan
AH003	Ijssellaan - Lange Wal
AH004	Burgemeester Matsersingel - Mooiweg
AH006	Apeldoornsestraat - Sonsbeeksingel
AH008	Ijssellaan -Gildermeestersplein
AH009	Eusebiusbuitensingel - Parkstraat
AH010	Airborneplein - Eusebiusbinnensingel - Eusebiusbuitensingel
AH014	Apeldoornseweg - Jacob Cremerstraat - Paul Krügerstraat
AH015	Johan de Wittlaan - Hugo de Grootstraat
AH016	Ijssellaan - Maaslaan
AH017	Ijssellaan - Laan van Presikhaaf
AH018	Burgemeester Matsersingel - NS-Station Schuytgraaf
AH019	Utrechtseweg - Onderlangs - Oranjestraat
AH020	Rodenbrugstraat - Eusebiusplein
AH021	Driepoortenweg - Conradweg
AH022	Onderlangs - Oude Kraan
AH024	Burgemeester Matsersingel - Randweg
AH023	Hollandweg - Winkelcentrum
AH025	Velperweg - Raapopseweg
AH026	Trans - Nieuwstraat - Weerstjesstraat
AH028	Westervoortsedijk - Rietgrachtstraat
AH029	Westervoortsedijk - van Oldenbarneveldstraat
AH030	Velperweg - Steenstraat - Ir. J. P. van Muijlwijkstraat
AH032	Westervoortsedijk - Snelliusweg
AH034	Schelmseweg - Wolflaan - Burgers Zoo
AH035	Burgermeester matsersingel - Kronenburg busbaan
AH036	Lange Wal - van Borsselestraat
AH037	Burgermeester Matsersingel - Groningensingel - Kronenburgsingel zuid
AH038	Huissensestraat - Monchyplein
AH039	Westervoortsedijk - Eusebiusbuitensingel
AH043	Amsterdamseweg - Brouwerijweg
AH045	Westervoortsedijk - Driepoortenweg
AH046	Westervoortsedijk - Zevenaarseweg
AH049	Ijssellaan - Lange Water
AH050	Lange Water - Lange Wal
AH051	Lange Water - Honingkamp
AH052	Lange Water - Bethaniënstraat
AH053	Ijssellaan - Warmelolaan
AH054	Ir. J.P. van Muijlwijkstraat - Hommelsestraat
AH055	Lange Wal – Volkerakstraat
AH057	Amsterdamseweg - Jacob Marislaan
AH058	Amsterdamseweg - Schelmseweg
AH061	Huissensestraat - kleefkruidstraat
AH065	Burgermeester Matsersingel - Groningensingel

AH066	Burgermeester Matsersingel - Koppeltraat - afrit Pleyweg
AH067	Schelmseweg - Bakenbergseweg
AH069	Zevenaarseweg - Oude Zevenaarseweg
AH070	Amsterdamseweg - Zypendaalseweg
AH071	Willemsplein - Jansbuitensingel
AH072	Willemsplein - Jansstraat - Oude Stationsstraat
AH076	Roermondsplein - Weerdjesstraat
AH077	Velperweg - Vosdijk - Hoflaan - toegang Postgiro
AH080	Metamorfosenallee - Schuytgraaf zuid
AH081	Nijmeegseweg – Meldeplein
AH082	Nijmeegseweg (west) - de Monchyplein
AH083	Nijmeegseweg (oost) - de Monchyplein
AH085	Apeldoornseweg – Wagnerlaan
AH086	Burgermeester Matsersingel - Mr. D.U. Stikkerstraat
AH087	Westervoortsedijk - Simon Stevinweg
AH088	Burgermeestermatsersingel - Rotterdamsingel
AH092	Batavierenweg - aansluiting Geldredome
AH094	Marga Klopélaan - Joop den Uylsingel
AH095	Apeldoornseweg - Weg achter het bos - toegang Moscowa

Appendix C: Resultaten pilot Presikhaaf



Figuur 12: Intensiteiten VRI's Presikhaaf in aantal fietsers/uur

Cyclustijden in seconden										
Nr. VRI	NW-ZO					ZO-NW				
AH003	52	27	44	37	32	85	32	45	63	56
AH008	42	57	43	60	27	63	53	27	26	57
AH016	36	28	29	32	32	25	23	38	30	24
AH017	81	68	39	60	76	24	23	42	27	26
AH036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AH049	60	60	28	52	66	52	71	69	33	66
AH050	86	33	26	34	60	92	73	28	91	125
AH051	26	29	37	29	36	38	29	36	30	26
AH052	60	34	72	68	34	60	32	30	34	55
AH053	33	28	41	25	34	33	28	41	25	34
AH055	90	72	102	89	77	57	90	29	53	87
NO-ZW					ZW-NO					
AH003	0	0	0	0	0	34	34	90	40	41
AH008	43	28	26	40	75	34	11	29	21	9
AH016	28	45	31	43	28	69	46	88	68	94
AH017	35	45	30	63	46	71	85	72	79	87
AH036	9	28	10	8	9	9	29	17	9	31
AH049	68	56	62	79	67	55	46	50	66	31
AH050	19	46	94	77	77	67	74	94	94	80
AH051	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AH052	75	23	58	79	91	27	66	47	26	41
AH053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AH055	66	20	91	81	70	86	95	38	63	73

Tabel 12: Cyclustijden lichten Presikhaaf

													Stopkans	Gem. wachttijd bij stoppen	Gemiddelde wachttijd
NW-ZO	Roodtijd						Groen/oranje								
Nr. VRI	1	2	3	4	5	T	1	2	3	4	5	T	%	sec.	sec.
AH003	41	21	37	31	26	156	11	6	7	6	6	36	81%	16.4	13.4
AH008	36	51	23	43	21	174	6	6	20	17	6	55	76%	19.3	14.7
AH016	29	21	17	24	20	111	7	7	12	8	12	46	71%	11.5	8.1
AH017	60	59	27	53	63	262	21	9	12	7	13	62	81%	27.8	22.5
AH036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AH049	50	47	21	32	51	201	10	13	7	20	15	65	76%	21.8	16.5
AH050	73	26	11	29	53	192	13	7	15	5	7	47	80%	25.5	20.5
AH051	20	23	30	22	30	125	6	6	7	7	6	32	80%	12.9	10.2
AH052	54	23	28	61	27	193	6	11	44	7	7	75	72%	22.5	16.2
AH053	26	21	34	18	27	126	7	7	7	7	7	35	78%	13.2	10.3
AH055	83	66	85	75	55	364	7	6	17	14	22	66	85%	37.3	31.5
ZO-NW	Roodtijd						Groen/oranje								
Nr. VRI	1	2	3	4	5	T	1	2	3	4	5	T	%	sec.	sec.
AH003	73	25	28	46	43	215	12	7	17	17	13	66	77%	24.9	19.0
AH008	46	47	21	20	37	171	17	6	6	6	20	55	76%	19.1	14.5
AH016	13	15	30	20	15	93	12	8	8	10	9	47	66%	10.3	6.9
AH017	17	16	22	20	19	94	7	7	20	7	7	48	66%	9.5	6.3
AH036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AH049	44	62	60	25	58	249	8	9	9	8	8	42	86%	26.8	23.0
AH050	86	67	17	77	118	365	6	6	11	14	7	44	89%	43.9	39.2
AH051	32	23	30	23	20	128	6	6	6	7	6	31	81%	13.2	10.6
AH052	53	25	22	27	48	175	7	7	8	7	7	36	83%	19.9	16.5
AH053	26	21	34	18	27	126	7	7	7	7	7	35	78%	13.2	10.3
AH055	39	66	23	33	73	234	18	24	6	20	14	82	74%	27.4	20.3

													Stopkans	Gem. wachttijd bij stoppen	Gemiddelde wachttijd
NO-ZW	Roodtijd						Groen/oranje								
Nr. VRI	1	2	3	4	5	T	1	2	3	4	5	T	%	sec.	sec.
AH003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AH008	28	11	15	12	23	89	15	17	11	28	52	123	42%	10.1	4.3
AH016	20	36	22	35	20	133	8	9	9	8	8	42	76%	14.3	10.9
AH017	27	26	17	31	32	133	8	19	13	32	14	86	61%	13.8	8.4
AH036	2	21	3	2	2	30	7	7	7	6	7	34	47%	7.7	3.6
AH049	60	47	53	71	59	290	8	9	9	8	8	42	87%	29.6	25.8
AH050	13	39	75	71	71	269	6	7	19	6	6	44	86%	32.3	27.8
AH051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AH052	68	16	50	72	84	290	7	7	8	7	7	36	89%	33.8	30.1
AH053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AH055	61	14	75	63	49	262	5	6	16	18	21	66	80%	30.4	24.3
ZW-NO	Roodtijd						Groen/oranje						Stopkans	Gem. wachttijd bij stoppen	Gemiddelde wachttijd
Nr. VRI	1	2	3	4	5	T	1	2	3	4	5	T	%	sec.	sec.
AH003	15	10	38	10	35	108	45	24	58	53	32	212	34%	14.3	4.8
	2	12	26	10	2	52	6	21	57	7	22	113	32%	8.9	2.8
AH008	26	2	15	12	3	58	8	9	14	9	6	46	56%	9.1	5.1
AH016	12	20	10	16	12	70	57	26	78	52	82	295	19%	7.5	1.4
AH017	63	72	53	72	70	330	8	13	19	7	17	64	84%	33.4	28.0
AH036	2	23	10	2	25	62	7	6	7	7	6	33	65%	10.2	6.6
AH049	39	22	31	42	31	165	16	24	19	24		83	67%	17.2	11.5
AH050	57	66	88	88	71	370	10	8	6	6	9	39	90%	38.0	34.4
AH051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AH052	19	32	39	18	18	126	8	34	8	8	23	81	61%	14.1	8.6
AH053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
AH055	75	86	23	57	63	304	11	9	15	6	10	51	86%	34.2	29.3

Tabel 13: Rood- en groen/geeltijden, stopkans, wachttijd bij stoppen en gemiddelde wachttijd per licht

Appendix D: Berekening gemiddelde wachttijd

Voor de berekening van de gemiddelde wachttijd wordt de event-data opgehaald vanuit het programma Kwaliteitscentrale. In dit onderzoek is data opgevraagd per VRI van een dag. Hierbij wordt ruwe data opgevraagd met een specifieke selectie van de 'gebeurtenissen': Start aanvraag, start groen en start rood. Per VRI worden alleen de fietsrichtingen opgevraagd, die terug zijn te zien onder de kop 'bron' (zie tabel 14). In onderstaande tabel staat hoe de data in excel binnen komt.

Tijd	Gebeurtenis	Bron
01:54:11.6	Start aanvraag	22
01:54:11.7	Start aanvraag	82
01:54:30.6	Start groen	22
01:54:31.0	Start groen	82
01:54:38.6	Start rood	22
01:54:38.6	Start rood	82
04:46:00.3	Start aanvraag	22
04:46:00.3	Start aanvraag	82
04:46:02.0	Start groen	22
04:46:02.0	Start groen	82
04:46:09.6	Start rood	22
04:46:09.6	Start rood	82

Tabel 14: Ruwe data uit de Kwaliteitscentrale

In een draaitabel kan per bron en per gebeurtenis informatie worden gefilterd, zodat per richting de stopkans en de gemiddelde wachttijd bij stoppen kan worden berekend. De stopkans wordt berekend door de roodtijden en de groentijden bij elkaar op te tellen. Van de totale meettijd wordt het percentage roodlicht berekend, wat gelijk staat aan de kans dat er gestopt moet worden bij het verkeerslicht.

De gemiddelde wachttijd bij stoppen kan worden berekend als ook de Start aanvraag wordt meegenomen. Deze geeft aan wanneer iemand staat te wachten voor een licht. Wanneer na Start aanvraag Start groen in gaat, is de wachttijd van de langste wachtende fietser te berekenen. In bovenstaande situatie betekend dit dat voor richting 22 dat de langst wachtende fietser van 01:54:11.6 tot 01:54:30.6 heeft gewacht (ofwel 19 seconden). Van een complete dag worden al deze wachttijden berekend. Doordat er af en toe wat verkeerde registraties staan in de data, bijvoorbeeld twee keer Start aanvraag van dezelfde richting achter elkaar zonder dat het groen of rood is geweest in de tussen tijd, worden die tijden uit de verdere berekening gefilterd. Ook wachttijden boven de 240 seconden zijn uit de berekening gehaald, omdat het niet zo kan zijn dat een richting in twee keer de maximale cyclustijd (twee keer 120 seconden) niet aan de beurt is gekomen.

Wanneer al deze wachttijden zijn berekend wordt volgens de volgende formule de gemiddelde wachttijd bij stoppen berekend:

$$\begin{aligned} \text{Gemiddelde tijd van de langst wachtende} &= \frac{\sum (\text{wachttijd langst wachtende}^2)}{\sum \text{Wachttijd langst wachtende}} * 0.5 \\ &= \text{de gemiddelde wachttijd bij stoppen} \end{aligned}$$

In dit geval voor richting 22:

$$\frac{(19^2 + 1.7^2)}{19 + 1.7} * 0.5 = 8.79 \text{ seconden}$$

De stopkans in bovenstaande periode voor richting 22 is:

$$\text{Stopkans} = \frac{\text{roodtijd}}{\text{meetperiode}} = \frac{10251.6}{10267} = .9985$$

Met deze gegevens zou de gemiddelde wachttijd voor richting 22 in deze situatie uitkomen op:

$$\begin{aligned} \text{Gemiddelde wachttijd} &= \text{stopkans} * \text{gemiddelde wachttijd bij stoppen} = 0.9985 * 8.79 \\ &= 8.78 \text{ seconden} \end{aligned}$$

Appendix E: Resultaten verkeerslichten Arnhem

VRI	Lantaarn	Gem. Wachtijd	VRI	Lantaarn	Gem. Wachtijd	VRI	Lantaarn	Gem. Wachtijd
AH087	26	37.03	AH072	28	24.34	AH002	86	19.58
AH046	82	35.78	AH057	26	24.24	AH049	28	19.54
AH046	22	35.73	AH072	21	24.18	AH088	21	19.35
AH049	24	33.53	AH050	28	24.12	AH024	84	19.26
AH019	22	33.46	AH050	24	23.91	AH002	26	19.25
AH052	28	33.18	AH037	26	23.82	AH055	22	17.64
AH052	88	33.14	AH030	22	23.80	AH095	26	17.61
AH052	22	33.01	AH037	22	23.55	AH001	221	17.46
AH052	86	32.30	AH092	22	23.53	AH086	26	17.11
AH052	82	32.29	AH077	26	23.42	AH001	222	16.77
AH065	22	32.05	AH057	22	23.37	AH058	24	16.76
AH070	228	31.68	AH052	26	23.33	AH017	26	16.68
AH067	22	30.10	AH019	86	23.28	AH037	84	16.60
AH087	25	29.80	AH095	24	22.87	AH025	26	16.53
AH001	326	29.59	AH087	22	22.67	AH025	22	16.49
AH006	26	29.43	AH070	186	22.47	AH037	24	16.48
AH006	22	29.25	AH058	22	22.26	AH018	82	16.42
AH024	26	28.94	AH058	21	21.93	AH008	22	16.41
AH024	86	28.91	AH050	26	21.88	AH032	22	16.03
AH014	22	28.78	AH020	27	21.83	AH017	24	16.02
AH009	22	28.55	AH066	26	21.61	AH095	86	16.02
AH065	85	28.35	AH071	28	21.48	AH045	26	15.84
AH070	128	28.33	AH001	228	21.37	AH018	86	15.65
AH070	188	28.28	AH050	22	21.11	AH045	28	15.62
AH067	24	28.28	AH085	26	20.98	AH085	28	15.53
AH065	28	28.28	AH055	26	20.85	AH002	22	15.48
AH067	28	27.99	AH069	82	20.74	AH055	88	15.45
AH077	22	27.38	AH069	22	20.73	AH002	28	15.44
AH010	22	27.33	AH024	28	20.69	AH045	22	15.37
AH010	82	27.31	AH049	22	20.66	AH071	81	15.32
AH065	26	27.18	AH058	28	20.65	AH018	85	15.25
AH019	82	27.07	AH024	24	20.50	AH065	84	15.23
AH021	22	27.03	AH071	87	20.47	AH002	24	15.16
AH077	82	27.01	AH021	26	20.24	AH092	82	15.10
AH070	126	25.45	AH037	28	20.11	AH045	24	15.00
AH019	84	25.19	AH055	24	20.09	AH066	85	14.58
AH076	28	25.12	AH046	28	19.93	AH002	82	14.44
AH065	24	24.95	AH092	81	19.92	AH058	26	14.43
AH076	88	24.74	AH088	22	19.78	AH001	122	14.41
AH001	328	24.67	AH086	22	19.76	AH017	22	14.26

VRI	Lantaarn	Gem. Wachttijd	VRI	Lantaarn	Gem. Wachttijd	VRI	Lantaarn	Gem. Wachttijd
AH058	25	14.24	AH071	21	10.39	AH010	24	6.50
AH065	25	14.13	AH015	82	10.35	AH054	84	6.34
AH092	21	14.04	AH043	24	10.35	AH065	86	6.03
AH066	25	14.03	AH001	227	10.00	AH066	23	5.84
AH066	24	13.81	AH082	22	9.88	AH081	25	5.78
AH032	24	13.78	AH020	22	9.82	AH057	28	5.69
AH055	28	13.75	AH037	25	9.69	AH004	24	5.68
AH054	82	13.40	AH018	28	9.56	AH008	28	5.67
AH002	84	13.38	AH067	27	9.56	AH053	26	5.46
AH055	82	13.35	AH002	85	9.42	AH081	21	5.22
AH001	121	13.13	AH026	26	9.38	AH004	84	5.20
AH029	22	13.12	AH038	82	9.36	AH094	22	5.06
AH034	82	13.09	AH017	28	9.35	AH094	82	4.91
AH022	22	13.07	AH082	25	9.32	AH002	81	4.90
AH024	88	13.01	AH032	28	9.21	AH071	88	4.89
AH017	82	12.86	AH008	24	9.21	AH053	22	4.77
AH087	21	12.43	AH082	26	9.20	AH083	26	4.74
AH039	22	12.30	AH004	26	9.00	AH082	24	4.70
AH029	26	12.20	AH066	86	8.96	AH083	22	4.42
AH004	22	12.10	AH025	24	8.89	AH045	21	4.41
AH052	24	11.93	AH025	28	8.82	AH054	24	4.27
AH054	22	11.80	AH082	21	8.78	AH028	24	4.14
AH095	84	11.72	AH039	24	8.77	AH028	28	3.80
AH070	223	11.71	AH082	82	8.69	AH082	23	3.67
AH015	24	11.71	AH003	26	8.52	AH077	28	3.63
AH003	22	11.70	AH043	88	8.42	AH014	24	3.57
AH054	26	11.54	AH004	86	8.02	AH006	28	3.55
AH038	22	11.42	AH085	24	8.00	AH077	24	3.54
AH034	22	11.20	AH039	84	7.94	AH043	25	3.43
AH018	23	11.17	AH087	28	7.88	AH021	24	3.40
AH067	23	11.12	AH016	22	7.82	AH029	28	3.36
AH061	22	11.09	AH026	28	7.73	AH072	22	3.28
AH008	26	11.07	AH030	26	7.72	AH072	82	3.28
AH061	82	10.98	AH049	26	7.53	AH003	24	3.22
AH039	26	10.83	AH020	28	7.31	AH066	28	3.09
AH071	27	10.73	AH016	82	7.23	AH051	28	3.05
AH015	84	10.47	AH051	22	7.17	AH016	28	2.92
AH015	22	10.47	AH077	88	7.09	AH003	23	2.81
AH086	28	10.45	AH045	25	7.00	AH006	24	2.67
AH025	82	10.41	AH030	86	6.75	AH071	82	2.60

VRI	Lantaarn	Gem. Wachttijd
AH071	22	2.59
AH070	222	2.57
AH080	26	2.55
AH016	88	2.49
AH066	27	2.49
AH080	22	2.46
AH019	88	2.28
AH036	28	2.18
AH057	24	2.13
AH082	83	2.10
AH082	28	2.03
AH095	28	1.94
AH030	28	1.88
AH095	88	1.84
AH009	28	1.71
AH018	88	1.66
AH036	24	1.56
AH070	182	1.49
AH070	122	1.48
AH082	27	1.41
AH082	87	1.37
AH014	28	1.23
AH018	83	1.23
AH030	24	0.64
AH072	81	0.40
AH072	88	0.40
AH022	28	0.28
AH016	84	0.08
AH016	24	0.08
AH019	24	0.08

Tabel 15: Lantaarns gerangschikt van slechtste naar beste licht

VRI	Som van de gem. wachttijd	Lantaarns	Gemiddelde wachttijd per VRI
AH046	91.44	3	30.48
AH052	199.19	7	28.46
AH076	49.86	2	24.93
AH050	91.01	4	22.75
AH065	176.19	8	22.02
AH087	109.81	5	21.96
AH024	131.31	6	21.89
AH067	107.06	5	21.41
AH069	41.47	2	20.73
AH010	61.14	3	20.38
AH049	81.26	4	20.31
AH088	39.13	2	19.56
AH019	111.36	6	18.56
AH001	147.40	8	18.43
AH058	110.27	6	18.38
AH037	110.25	6	18.38
AH092	72.59	4	18.15
AH070	153.47	9	17.05
AH021	50.67	3	16.89
AH055	101.12	6	16.85
AH006	64.89	4	16.22
AH086	47.33	3	15.78
AH077	92.07	6	15.34
AH009	30.26	2	15.13
AH085	44.51	3	14.84
AH002	127.05	9	14.12
AH057	55.43	4	13.86
AH017	69.17	5	13.83
AH032	39.02	3	13.01
AH020	38.96	3	12.99
AH025	61.14	5	12.23
AH045	73.26	6	12.21
AH034	24.29	2	12.14
AH095	71.99	6	12.00
AH014	33.59	3	11.20
AH071	88.48	8	11.06
AH061	22.08	2	11.04
AH015	43.01	4	10.75
AH008	42.36	4	10.59
AH066	84.42	8	10.55
AH038	20.77	2	10.39
AH018	70.95	7	10.14
AH039	39.84	4	9.96
AH029	28.68	3	9.56
AH054	47.34	5	9.47

AH072	55.88	6	9.31
AH026	17.12	2	8.56
AH030	40.79	5	8.16
AH004	39.99	5	8.00
AH043	22.21	3	7.40
AH022	13.36	2	6.68
AH003	26.25	4	6.56
AH082	61.14	11	5.56
AH081	11.00	2	5.50
AH053	10.23	2	5.12
AH051	10.22	2	5.11
AH094	9.97	2	4.99
AH083	9.16	2	4.58
AH028	7.95	2	3.97
AH016	20.63	6	3.44
AH080	5.01	2	2.51
AH036	3.74	2	1.87

Tabel 16: VRI's gerangschikt van slechtste naar beste licht

VRI	Lantaarns	%goed	%matig	%slecht	VRI	Lantaarns	%goed	%matig	%slecht
AH050	4	0%	0%	100%	AH002	9	44%	56%	0%
AH069	2	0%	0%	100%	AH003	4	100%	0%	0%
AH076	2	0%	0%	100%	AH004	5	100%	0%	0%
AH052	7	14%	0%	86%	AH008	4	75%	25%	0%
AH010	3	33%	0%	67%	AH015	4	100%	0%	0%
AH019	6	33%	0%	67%	AH016	6	100%	0%	0%
AH021	3	33%	0%	67%	AH017	5	60%	40%	0%
AH024	6	17%	17%	67%	AH018	7	57%	43%	0%
AH046	3	0%	33%	67%	AH022	2	100%	0%	0%
AH065	8	25%	13%	63%	AH025	5	60%	40%	0%
AH067	5	40%	0%	60%	AH026	2	100%	0%	0%
AH087	5	40%	0%	60%	AH028	2	100%	0%	0%
AH070	9	44%	0%	56%	AH029	3	100%	0%	0%
AH006	4	50%	0%	50%	AH032	3	67%	33%	0%
AH009	2	50%	0%	50%	AH034	2	100%	0%	0%
AH037	6	17%	33%	50%	AH036	2	100%	0%	0%
AH049	4	25%	25%	50%	AH038	2	100%	0%	0%
AH057	4	50%	0%	50%	AH039	4	100%	0%	0%
AH058	6	33%	17%	50%	AH043	3	100%	0%	0%
AH077	6	50%	0%	50%	AH045	6	33%	67%	0%
AH001	8	38%	25%	38%	AH051	2	100%	0%	0%
AH014	3	67%	0%	33%	AH053	2	100%	0%	0%
AH020	3	67%	0%	33%	AH054	5	100%	0%	0%
AH055	6	33%	33%	33%	AH061	2	100%	0%	0%
AH072	6	67%	0%	33%	AH080	2	100%	0%	0%
AH085	3	33%	33%	33%	AH081	2	100%	0%	0%
AH071	8	63%	13%	25%	AH082	11	100%	0%	0%
AH092	4	25%	50%	25%	AH083	2	100%	0%	0%
AH030	5	80%	0%	20%	AH086	3	33%	67%	0%
AH095	6	50%	33%	17%	AH088	2	0%	100%	0%
AH066	8	88%	0%	13%	AH094	2	100%	0%	0%

Tabel 17: Verkeerslantaarns gerangschikt naar de hoeveelheid slecht presterende lantaarns per VRI