



Geaccepteerd en vastgesteld door  
PPA Stuurgroep en Regisseurs Amsterdam Bereikbaar  
dd. 28 juni 2018

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat

Titel: PPA Haalbaarheidsstudie

Status: EINDRAPPORT

Datum: juni 2017

Contactpersoon opdrachtgever: Harry van Ooststroom

Contactpersoon Arane: Jaap van Kooten

## Inhoud

### Uitgangspunten

#### A. Introductie GNV regelaanpak voor archetype knelpunten

- I. Uitleg archetypes
- II. Uitwerking regel- en monitoringcomponenten
- III. Inzet van gebruikte functies / GNV onderdelen

#### B. Knelpuntanalyse en uitleg analysetools

#### C. Meerwaarde per archetype knelpunt

Bijlage: Voorbeelduitwerkingen ontwerp

### Uitgangspunten

De studie richt zich op onderdelen die bewezen effectief ('volwassen') zijn en die het bestaande verkeersmanagement in MRA kunnen versterken. Hiermee is bij de uitwerking rekening gehouden.

- De maatregelen/concepten vanuit het PPA wegkantspoor (fase 1, PPA West en PPA Noord)
- De maatregelen/concepten vanuit het PPA in car spoor (fase 1, PPA Zuidoost)

Verder gelden de volgende uitgangspunten:

- Het gebied: MRA regio
- Het startpunt: het huidige regionale verkeersmanagement (inhoud) en de huidige organisatie en uitvoering (proces) daarvan inclusief andere initiatieven vanuit Amsterdam Bereikbaar

Zie verder het memo 'Plan van Aanpak voor het haalbaarheidsonderzoek naar de toepassing van PPA resultaten' (februari 2017).

### Aanpak

Er is gekozen voor een aanpak met archetype kiemen die met een GNV aanpak kunnen worden geregeld. Niet alle knelpunten uit de knelpuntanalyse worden uitgewerkt, maar er wordt per archetype kiem aangegeven hoe deze met GNV kan worden geoperationaliseerd.

Hiertoe wordt de basisfunctionaliteit van het GNV regelconcept beschreven voor de monitoring- en regelcomponenten van het systeem en welke componenten nodig zijn voor het operationaliseren van een archetype kiem.

Samen met het RTT is op basis van de beschikbare tooling een overzicht gemaakt van potentiële kneltrajecten en kiemlocaties. Nadere analyse is nodig om van kneltraject/kiemlocatie te komen tot een effectieve implementatie van GNV. We geven aan welke analyses hiervoor moeten worden uitgevoerd en welke tooling daarbij nodig is.

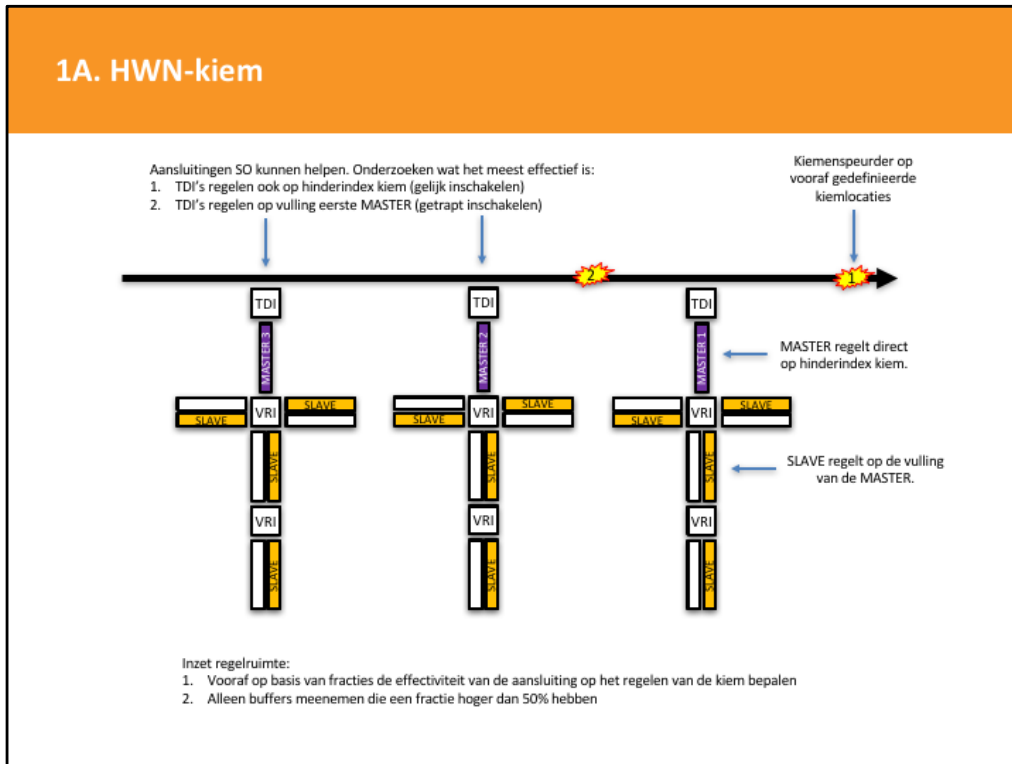
In het kader van de haalbaarheidsstudie is de meerwaarde per archetype knelpunt uitgewerkt.

In de bijlage aan deze rapportage is een (pps) filmpje gemaakt met een voorbeeldanalyse van een kiemlocatie op de A10 west.



**A. Introductie GNV regelaanpak voor archetype knelpunten**  
I. Uitleg archetypes

## 1A. HWN-kiem



### Regelen op een HWN-kiem (staande file)

Om te bepalen op welke kiemen er effectief geregeld kan worden, moet over een lange periode de lusdata van het gehele regelgebied worden geanalyseerd. Op basis hiervan worden de kiemlocaties vastgelegd, alleen op deze locaties zal worden geregeld.

Bij het ontstaan van een *staande file* wordt eerst bekeken of dit een bekende kiemlocatie is en op welke kiem er moet worden geregeld. De netwerksupervisor bepaald op basis van de kiemlocatie de functies van de TDI's, VRI's en de bufferwegvakken (Master of Slave). Vooraf zijn op basis van verkeersvraag en historische fracties de effectieve bufferwegvakken bepaald.

Er kan worden geregeld mits aan drie voorwaarden wordt voldaan. Er moeten (1) dermate veel voertuigen genoodzaakt zijn hun voorligger te volgen dat er een grote kans is dat er file ontstaat. Er is (2) voldoende buffercapaciteit beschikbaar is om een capaciteitsval te voorkomen of ongedaan te maken. En (3) de kiemlocatie is de bron van de congestie, oftewel: er is geen sprake van terugslag.

Het inschakelen en het bepalen van de regelkracht van de VRI's en TDI's gebeurt op basis van de informatie die door de monitoring componenten (kiemenspeurder en de wachtrijwachter) worden geleverd.

Het *TDI algoritme* van de eerste aansluiting voor de kiem (Master) bepaalt hoeveel voertuigen worden toegelaten tot het HWN. De *deelnetwerksupervisor* bepaald wanneer VRI's en andere aansluitingen ondersteuning moeten bieden (Slaves). Er zijn twee regelstrategieën mogelijk, alle aansluitingen schakelen gelijk in en regelen op de kiem of de aansluiting schakelen getrapt in en regelen op de vulling van de Master buffer (eerste aansluiting stroomopwaarts van de kiem).

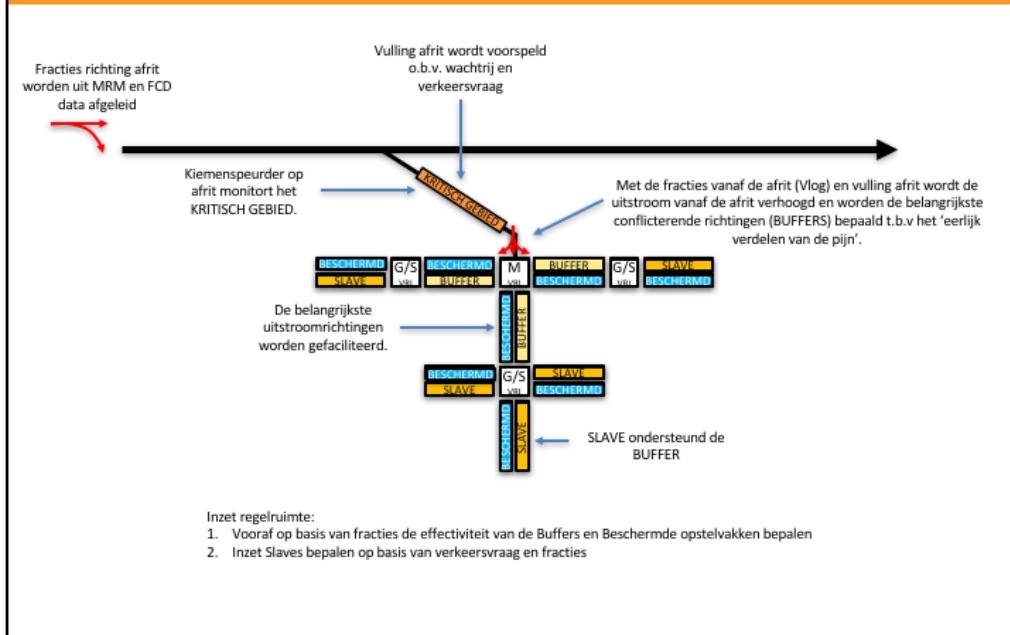
Op de aansluiting wordt door het bijgeschakelen van stroomopwaartse buffers voorkomen dat de buffers stroomafwaarts te vol raken en daarmee blokkades en terugslag over kruispunten heen ontstaan. Als in de netwerkconfiguratie meerdere aansluitingen zijn opgenomen, verdeelt de deelnetwerksupervisor het verkeer ook over deze aansluitingen. Als een buffer vol raakt, wordt het verkeer evenredig over de andere buffers verdeeld met het doel om het verkeer gelijkmatig over de buffers te verdelen zodat de bufferruimte optimaal wordt benut.

Voertuigen worden niet meer tegengehouden door de TDI's indien de toeritbuffer vol staat. Op dit moment zal de TDI gaan 'flushen'. Flushen houdt in dat de toeritbuffer versneld wordt leeggemaakt. Dit houdt niet in dat de TDI dan uit gaat, maar dat de doseerintensiteit maximaal wordt.

Indien een file achter de kiem te lang is dan wel indien de file te veel voertuigen bevat, zal ook niet meer worden geregeld. De TDI gaat uit.



## 1B. Afrit-kiem



### Regelen op een afrit-kiem

Bij het ontstaan van terugslag vanaf de afrit naar de rijksweg kan vroegtijdig worden bepaald of deze terugslag wel of niet is weg te regelen. De netwerksupervisor bepaald op basis van de ruimte in het netwerk de functies van de VRI's en de bufferwegvakken (Master of Slave). Vooraf zijn op basis van verkeersvraag en historische fracties de effectieve bufferwegvakken bepaald.

Op basis van fracties en verkeersvraag op het HWN wordt de instroom naar de afrit berekend en bepaald of de wachtrij op de afrit een kritische grens dreigt te overschrijden.

Wanneer de buffervulling van het kritisch gebied boven een inschakelgrens voor 'uitstroom verhogen' komt, wordt de stroomafwaartse VRI ingezet om de uitstroom vanaf de afrit te verhogen (Master VRI) en worden de verder gelegen stroomafwaartse VRI's geactiveerd om te worden ingezet (Guard-VRI's). De uitstroom vanuit het kritisch gebied naar het eerste stroomafwaartse beschermd opvangvak wordt verhoogd door meer groen te geven aan de uitstroomrichtingen.

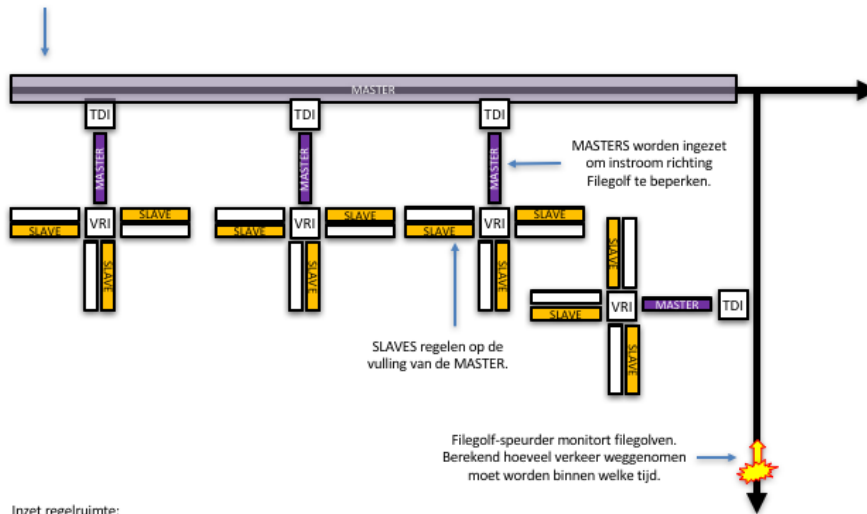
De verder stroomafwaartse gelegen Guard VRI's moeten de extra verkeersvraag in het beschermd opvangvak verder verwerken en ook deze richtingen krijgen meer groen als de vulling van het beschermd opvangvak een grenswaarde heeft bereikt;

Ten gevolge van de extra groentijd voor de richting naar het beschermd wegvak wordt er op de zijrichtingen van de Master en Guard VRI's gebufferd (bufferwegvakken). De kracht waarmee er verkeer wordt tegengehouden wordt bepaald door de lokale regeling die naar een optimale verdeling zoekt;

Wanneer de relatieve buffervulling in het bufferwegvak boven een grenswaarde komt, dan wordt deze ondersteund door bufferwegvakken. De kracht waarmee de Slave-VRI verkeer zal tegengehouden is afhankelijk van de vulling van het bufferwegvak. Het verkeer wordt verdeeld over de Slave-buffers waarbij de relatieve ruimte zoveel mogelijk gelijk wordt gehouden.

## 1C. Filegolven

Met dynamische snelheden kan de instroom naar regelgebied worden beïnvloed.



Inzet regelruimte:

1. Vooraf op basis van fracties de effectiviteit van de aansluiting op het regelen van de filegolf bepalen
2. Alleen regelen als hoeveelheid te veel verkeer in filegolf kleiner is dan de ruimte in de buffers
3. Alleen buffers meenemen die een fractie hoger dan 50% hebben

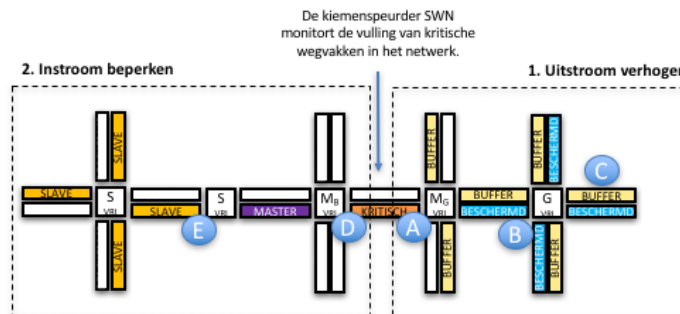
### Regelen op een Filegolf

Om te bepalen of er op filegolf effectief geregeld kan worden, moet over een lange periode de lusdata van het gehele regelgebied worden geanalyseerd. Daarnaast wordt gekeken naar de effectiviteit van de potentiële aansluitingen door de ruimte in en de fracties van de bufferwegvakken naar de filegolf te bepalen.

Bij het detecteren van een filegolf wordt eerst bekeken of de hoeveelheid verkeer in de filegolf in tijd en ruimte kan worden weggeregeld. Het regelen van de instroom naar de filegolf kan door te doseren op de relevante aansluitingen en beïnvloeden instroom met dynamische snelheden. Er wordt alleen op een filegolf geregeld als dit ook effectief blijkt te zijn (voldoende verkeersvraag, bufferruimte en voldoende tijd). Zolang de filegolf niet bij de aansluiting is gearriveerd wordt er op de aansluiting gedoseerd.

De regelaanpak voor het beïnvloeden van de instroom is vrijwel gelijk aan die van het regelen op een HWN-kiem, met als enig verschil dat er op de aansluitingen maximaal wordt gedoseerd.

## 1D. SWN kiem (kritisch wegvak)



Met twee kernservices wordt de vulling van het KRITISCH wegvak onder controle gehouden:

1. **Kernservice 'uitstroom verhogen'**: uitstroom vanuit het kritisch wegvak richting de stroomafwaartse wegvakken verhogen (meer groentijd).
2. **Kernservice 'instroom beperken'**: instroom richting het kritisch wegvak beperken vanuit de stroomopwaartse wegvakken (minder groentijd).

### Regelen op een SWN-kiem

Deze regelaanpak is gebaseerd op de verkeerskundige kernservices 'uitstroom verhogen' en 'instroom beperken'. Belangrijke verkeerskundige uitgangspunten bij deze services zijn dat blokkades van kruispuntvlakken wordt voorkomen en de hinder eerlijk wordt verdeeld over het netwerk, rekening houdend met de effectiviteit van de ingreep. De aanpak gaat uit van één of meerdere kritische wegvakken; dit zijn de wegvakken waarop continue wordt gemonitord of de actuele situatie niet kritisch is en of er regelingrepen nodig zijn. Doel is om met de regelingrepen de situatie in het kritisch wegvak te normaliseren (richting een doelwaarde voor bv. de wachtrij).

#### Uitstroom verhogen:

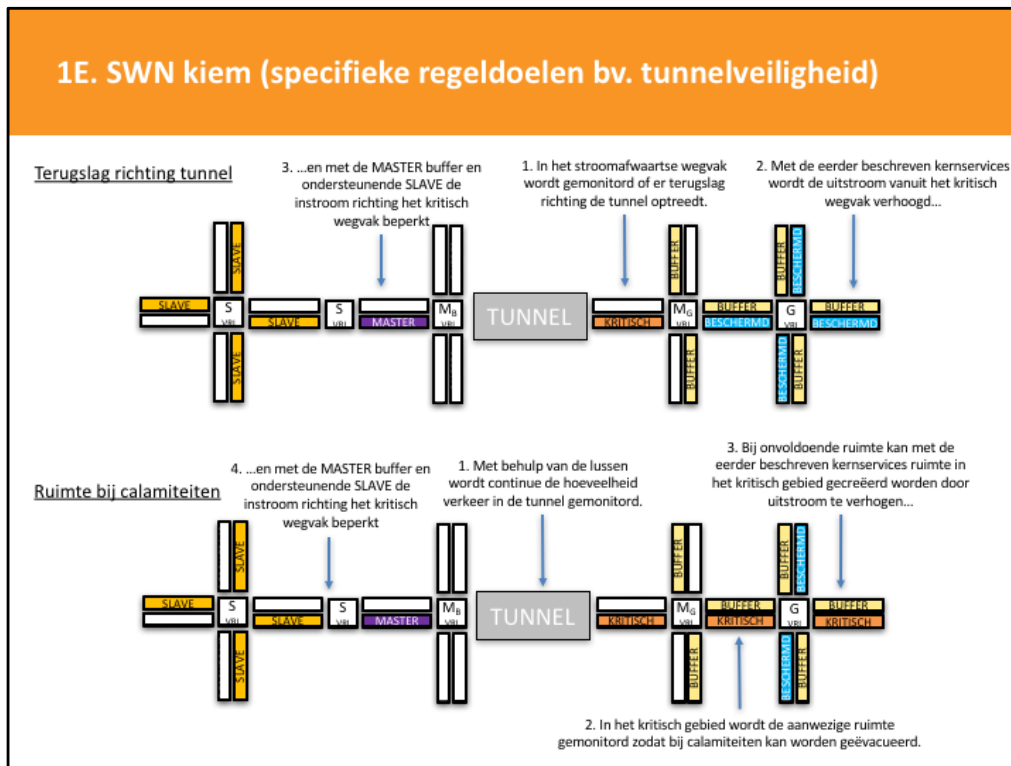
- A. Wanneer de buffervulling van het **kritisch opvangvak** boven een inschakelgrens voor 'uitstroom verhogen' komt, wordt de stroomafwaartse VRI een Master VRI (voor uitstroom verhogen) en de verder stroomafwaartse VRI's Guard-VRI's en wordt de uitstroom richting het stroomafwaartse **beschermde opvangvak** verhoogd; de ondersteunende VRI's krijgen een functie als Slave-VRI;
- B. De verder stroomafwaartse gelegen Guard VRI's moeten de extra verkeersvraag in het **beschermde opvangvak** verder verwerken en ook deze richtingen krijgen meer groen;
- C. Ten gevolge van de extra groentijd voor de richting naar het beschermde wegvak wordt er op de zijrichtingen van de Master en Guard VRI's gebufferd in (gele) **bufferwegvakken**. De kracht waarmee er verkeer wordt tegengehouden wordt bepaald door de lokale regeling die naar een optimale verdeling zoekt;

#### Instroom beperken:

- D. Wanneer de vulling van het **kritisch opvangvak** boven een inschakelgrens voor 'instroom beperken' komt, wordt de stroomopwaartse VRI Master-Buffer VRI en ondersteunende VRI's Slave-VRI. Met de Master VRI (voor instroom beperken) en de ruimte in de **masterbuffer** wordt de uitstroom richting het **kritisch opvangvak** beperkt.
- E. Wanneer de relatieve bufferruimte in de **masterbuffer** onder een grenswaarde komt, dan wordt met de Slave-VRI in bijbehorende **slave bufferwegvakken** gebufferd om de wachtrij in de **masterbuffer** te beheersen. De slavebuffers kunnen op hun beurt met hetzelfde mechanisme door stroomafwaarts gelegen Slave-VRI's worden ondersteund. Het verkeer wordt verdeeld over de **Slave-buffers** waarbij de relatieve ruimte zoveel mogelijk gelijk wordt gehouden.



## 1E. SWN kiem (specifieke regeldoelen bv. tunnelveiligheid)



### Regelen op een SWN-kiem bij tunnels

Een soortgelijke aanpak als onder 1D. besproken is inzetbaar bij kiemen rond tunnels. Als gevolg van de hernieuwde tunnelveiligheid-wetgeving worden er specifieke eisen gesteld aan (de doorstroming van) het verkeer rond tunnels. In de afbeeldingen hierboven zijn 2 voorbeelden gegeven.

#### Terugslag richting tunnel

Voor de doorstroming IN de tunnel is het van belang dat het wegvak waar de tunnel in uitstroomt ruimte heeft om voertuigen op te vangen. Wanneer er terugslag richting de tunnel dreigt, wordt in deze aanpak het wegvak stroomafwaarts kritisch en worden regelingrepen ingezet. De aanpak is vervolgens identiek aan die van een normale SWN-kiem (1D), gebaseerd op de kernservices uitstroom verhogen vanuit en instroom beperken naar het kritische wegvak.

#### Ruimte bij calamiteiten

Bij calamiteiten in de tunnel is het van belang dat de tunnel zo snel mogelijk kan worden geëvacueerd. Daarom moet er ten aller tijde stroomafwaarts van de tunnel voldoende ruimte zijn om bij een calamiteit het verkeer wat op dat moment in de tunnel rijdt te bergen.

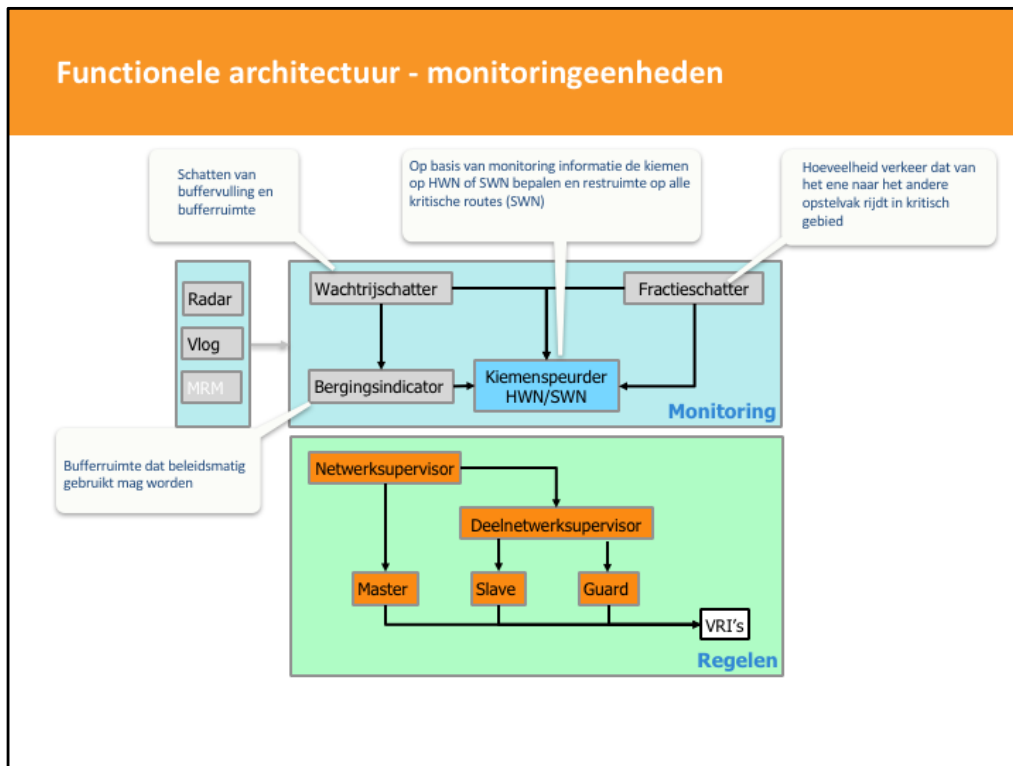
Voor deze aanpak wordt er vooraf een gebied bepaald waarin het verkeer in de tunnel uitstroomt, dit is het zogenaamde kritische gebied; er zijn meerdere kritische wegvakken in deze aanpak. Op basis van monitoringseenheden (lussen) in de tunnel wordt de hoeveelheid verkeer in de tunnel gemonitord (1). Er is dan precies bekend hoeveel verkeer er in het kritische gebied moet kunnen worden geborgen. In het vooraf bepaalde kritische gebied wordt met behulp van bijvoorbeeld radardetectie de actuele beschikbare ruimte in de kritische opstelvakken gemonitord (2). Hieruit kan de hoeveelheid verkeer worden afgeleid die KAN worden geborgt.

Bij onvoldoende ruimte moet er ruimte in het kritische gebied worden vrijgemaakt. Hierbij worden de eerder beschreven kernservices ingezet. Met de kernservice uitstroom verhogen wordt er meer verkeer het kritische gebied uitgeleid (3). Indien nodig kan dit aan de instroomkant van de tunnel worden ondersteund door de instroom te beperken (4).

Let wel dat in bovenstaand voorbeeld dit is uitgewerkt voor één richting. In werkelijkheid moet deze functionaliteit in beide richtingen worden beschreven waarbij het mogelijk is dat VRI's dubbele functies krijgen in het regelconcept.



**A. Ontwerp regelaanpak voor archetype knelpunten**  
**II. Uitleg regelcomponenten**



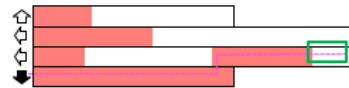
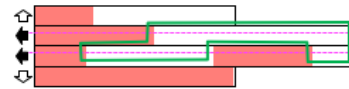
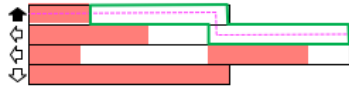
De monitoringcomponenten maken een diagnose van de situatie op straat, op basis waarvan in de regellaag kan worden bepaald welke situaties er actief zijn.

- De **Wachtrijwachter** maakt op basis van informatie uit de radardetectie schattingen van de wachtrij, buffervulling en bufferruimte.
- De **Bergingsindicator** bepaald op basis van monitoring informatie de restruimte in de kritische wegvakken en bij kiemen op het HWN.
- De **Fractieschatter** laat zien hoeveel verkeer er van het ene naar het andere wegvak rijdt.

## Wachtrijschatter en bergingsindicator: Bepalen bufferruimte en buffervulling

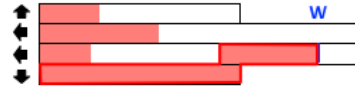
**Bufferruimte** uitgedrukt in voertuigen per richting en arm: bereikbare ruimte voor voertuigen

- Ruimte in aanrijdgebied met vrije route (incl. rijstrookwisselingen)



**Buffervulling** uitgedrukt in meters per arm: vulling met einde wachtrij **W**

- Maximale wachtrij minus einde wachtrij
- We gaan dus uit van 'worst case'



De belangrijkste informatie over de status van het netwerk zijn de kenmerken van de wachtrijen op de opstelvakken. Er zijn verschillende fenomenen waarneembaar binnen wachtrijen. Met radardetectoren worden deze zo goed mogelijk in beeld gebracht. Op basis van de informatie die uit de radardetectoren wordt verzameld, worden in de Wachtrijschatter/Bergingsindicator een aantal uitvoervariabelen bepaald voor elk opstelvak binnen het regelgebied.

Voor het regelen wordt er in elk opstelvak een beleidsmatig referentiewaarde opgegeven. Dit is het 'beleidsmatig opstelvak' waar zowel de vulling van als de ruimte in het opstelvak aan worden gerelateerd.

Uit deze monitoring component komen de volgende variabelen:

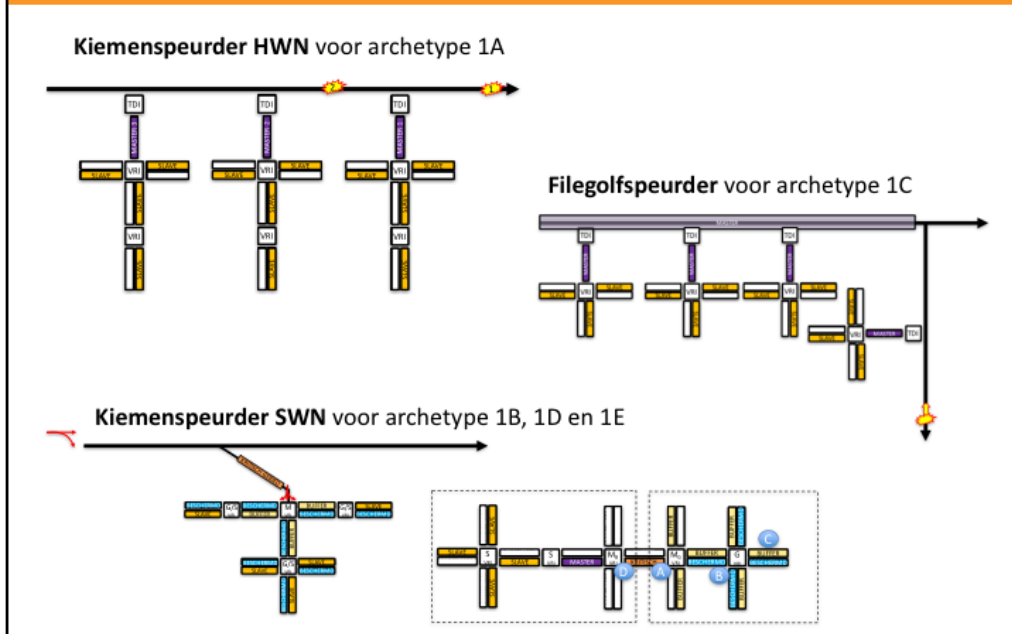
**Ruimte per arm en per richting (vtg):** Geeft aan hoeveel voertuigen er 'nog achter het laatste voertuig in de wachtrij passen' tot het beleidsmatige opstelvak is opgevuld. Dit is gebaseerd op een ruimtebeslag van 7 m per voertuig. Dit wordt bepaald voor zowel de hele arm als de afzonderlijke richtingen.

**Relatieve ruimte per arm en per richting (in procenten, tussen 0 en 100):** Dit is de actuele ruimte gedeeld door de ruimte wanneer het beleidsmatige opstelvak helemaal leeg is. Geeft aan hoeveel **procent** van het beleidsmatige opstelvak nog beschikbaar is.

**Vulling (m):** Deze is identiek aan de wachtrijlengte. Oftewel, het aantal meters dat het laatste voertuig verwijderd is van de stopstreep. De vulling wordt bepaald voor de hele arm.

**Relatieve buffervulling (in procenten, kan groter zijn dan 100):** Dat is de vulling gedeeld door de beleidsmatige lengte van het opstelvak. Dit geeft aan hoeveel **procent** van het beleidsmatige opstelvak is gevuld.

## Kiemenspeurder: Bepalen van eigenschappen van kiemen



De Kiemenspeurder bepaald de eigenschappen van de kiemen op de vooraf bepaalde kiemlocaties. Gegeven de beschreven archetype kiemen, onderscheiden we 3 type kiemenspeurders.

### Kiemenspeurder HWN

Voor archetype 1A worden op basis van historische data kiemlocaties bepaald. Het regelsysteem reageert vervolgens alleen op de situatie op de kiemlocatie. De eigenschappen van de kiem worden op basis van actuele informatie bepaald, waarbij er drie voorwaarden zijn om te regelen.

1. Er wordt een kiem gedetecteerd o.b.v. de **hinderindex** - een maat die inzicht geeft in de mate van volgedrag van de voertuigen;
2. Er wordt bepaald of het zinvol is om te gaan regelen. Dit is zo wanneer:
  - a. De **file-lengte** stroomopwaarts niet te lang is (dan is de capaciteitsval onoverkoombaar en kan de file niet meer weggeregeld worden) EN
  - b. De kiem niet door **terugslag** wordt veroorzaakt (de oorzaak van het probleem ligt dan te ver stroomafwaarts en inzet van maatregelen zal niet effectief zijn)

### Filegolfspeurder

Voor archetype 1C worden op basis van historische data de locaties bepaald waar filegolven kunnen ontstaan. Het regelsysteem reageert vervolgens alleen op de situatie op de kiemlocatie. De eigenschappen van de filegolf worden op basis van actuele informatie bepaald:

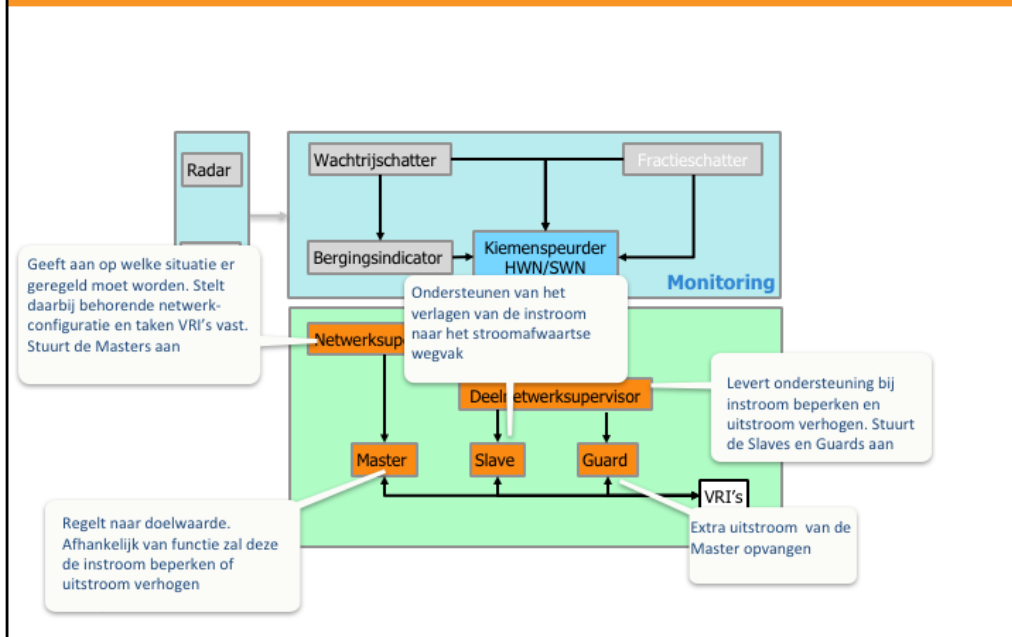
1. De locatie van de kop en de staart van de filegolf worden bepaald;
2. De hoeveelheid verkeer in de filegolf én de hoeveelheid verkeer die teveel in de filegolf zit wordt bepaald.

Op basis van deze informatie wordt bepaald welke maatregelen er op welk moment en met welke kracht worden ingezet.

### Kiemenspeurder SWN

Voor archetype 1B, 1D en 1E is een kiemenspeurder nodig die de actuele wachtrij beschouwd en deze afzet tegen de (beleidsmatig) beschikbare ruimte. De Kiemenspeurder ontvangt van de Wachtrijschatter en Bergingsindicator de uitvoervariabelen van alle opstelvakken. Hieruit worden de benodigde eigenschappen geselecteerd voor de kritische wegvakken. Hierbij zijn vooral de ruimte in het wegvak en een terugslagindicator van belang. De terugslagindicator bepaald of er terugslag is vanuit het stroomafwaartse wegvak. Als dit zo is, kan de uitstroom vanuit het kritische wegvak niet worden verhoogd.

## Functionele architectuur - regelcomponenten



De regelcomponenten gebruiken informatie uit de monitoringlaag om de juiste situatie te bepalen en de juiste regelacties in gang te zetten.

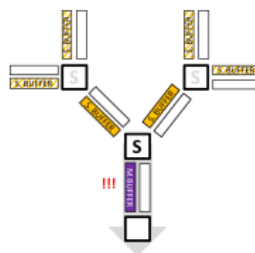
De **Netwerksupervisor** heeft het overzicht over het gehele netwerk en bepaalt de actuele configuratie van het netwerk. Op basis van de informatie uit de monitoringlaag worden situaties geactiveerd en elementaire functies aan VRI's en wegvakken uitgedeeld.

Iedere actieve **Master** gaat aan de slag om de uitstroom te verhogen of de instroom te beperken, aangestuurd door de netwerksupervisor. De Master regelt naar de doelwaarde van de vulling van het kritisch wegvak.

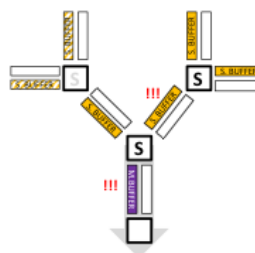
Indien nodig worden ze hierbij ondersteund door **Slaves** en **Guards**. Deze functies worden aangestuurd door de **Deelnetwerksupervisor**. Met het actief worden van een situatie krijgen de VRI's een functie als Slave of Guard. Of de functionaliteit ook wordt *geactiveerd* is afhankelijk van de situatie in de wegvakken. De deelnetwerksupervisor zorgt ervoor dat Slaves en Guards alleen worden geactiveerd wanneer dit ook echt nodig is.

## Supervisors: Uitdelen en aansturen VRI functies

Ruimte in Masterbuffer bereikt kritische grens. Deelnetwerksupervisor zoekt stroomopwaarts naar ruimte. Stroomopwaartse VRI wordt Slave.



Ruimte in buffers wordt gemonitord. Waar meer ruimte nodig is in de slave-buffers worden stroomopwaarts extra buffers ingezet. Stroomopwaartse VRI wordt Slave.



De Supervisors bepalen op basis van de monitoringseenheden welke regelacties moeten worden ingezet. In de GNV regelaanpak hebben we een Netwerksupervisor en een Deelnetwerksupervisor

### Netwerksupervisor

De Netwerksupervisor is de 'strategische regellaag' van de GNV regelaanpak en heeft verschillende taken: hij bepaalt op grond van de informatie van kiemenspeurder welke situaties zich voordoen om op te regelen (1). Vervolgens wordt deze situatie geactiveerd en bepaalt de Netwerksupervisor welke buffers en opvangvakken mogen worden gebruikt voor het oplossen van de situatie en deelt de functies uit aan wegvakken en VRI's (2). Deze actuele configuratie (elementaire VRI-functies) van het netwerk wordt vervolgens naar de Deelnetwerksupervisor en Master doorgezeten.

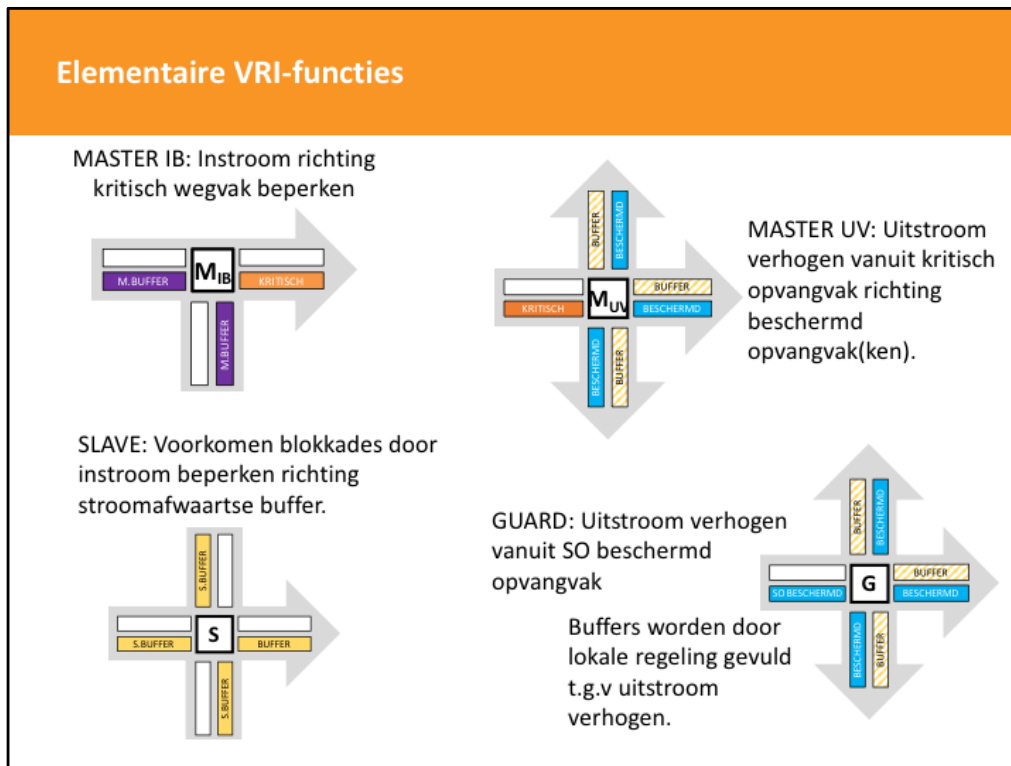
Vervolgens bepaald de netwerksupervisor ook wanneer een situatie moet worden gedeactiveerd. Het deactiveren van de situatie (en de bijbehorende services) kan alleen wanneer er aan onderstaande twee criteria wordt voldaan:

1. De actuele waarde van de wachtrij kleiner is dan de drempelwaarde
2. De deltagroentijden binnen de Master-VRI zijn 'genormaliseerd' (er wordt niet meer geregeld op straat).

### Deelnetwerksupervisor

De Deelnetwerksupervisor beheert de Slave en Guard functionaliteit van deelnetwerken. Het heeft de taak om te bepalen welke Slaves en welke Guards geactiveerd moeten worden.

De Deelnetwerksupervisor ontvangt informatie uit verschillende bronnen. De Netwerksupervisor heeft voor de actieve situaties bepaald wat de configuratie van het netwerk is en dus welke VRI's Slave en/of Guard kunnen zijn. Op basis van informatie uit de Wachtrijschatter/Bergingsindicator wordt er bijgehouden of een Slave of Guard actief is. Het kan dus zijn dat de Netwerksupervisor een VRI heeft aangeduid als Slave en/of Guard. De Deelnetwerksupervisor berekent vervolgens of de Slave en/of Guard functionaliteit ook daadwerkelijk actief dient te zijn. Indien dit het geval is dan zal de Deelnetwerksupervisor het Slave of Guard algoritme aanroepen. In bovenstaand voorbeeld wordt getoond hoe het bijschakelen/activeren van een Slave VRI werkt.



Met de in dit document beschreven archetype kiemen zijn er 4 elementaire VRI-functies van belang: de Master voor instroom beperken, de Master voor uitstroom verhogen, de Guard en de Slave. In de bovenstaande plaatjes is de VRI-functie met aantakende wegvakken afgebeeld en er is aangegeven wat het regeldoel van de functie is.

### Bepalen deltagroentijden

De regelingrepen wordt op straat gerealiseerd door naar afzonderlijke signaalgroepen 'deltagroentijden' te sturen waardoor van specifieke richtingen de groenfase kan worden verlengd of worden ingekort. Elke regelcyclus wordt een aantal stappen doorlopen om de benodigde regelacties te bepalen. De stappen zijn generiek voor alle elementaire functies, de invulling van de stappen is functie-specifiek.

**1. Initialisatie:** Vindt alleen plaats als de VRI-functie geactiveerd wordt, variabelen voor het bepalen van de deltagroentijden worden op 0 gezet.

**2. Bepalen somdeltagroentijd:** Er wordt gebruik gemaakt van een *somdeltagroentijd*. Dit is de totale 'regelkracht' die over de beschikbare opstelvakken wordt verdeeld. Voor het bepalen van de actuele somdeltagroentijd wordt gebruik gemaakt van een *feedback-controller*. Er wordt gekeken hoe ver de actuele waarde van de meetvariabele (bijvoorbeeld de wachtrij in een opstelvak) afligt van de doelwaarde (bijvoorbeeld de grenswaarde in een kritisch opvangvak) én de somdeltagroentijd van de vorige regelcyclus.

**3. Normalisatie somdeltagroentijd:** Er wordt vervolgens gemonitord of de somdeltagroentijd over de afgelopen regelcycli is genormaliseerd. Dit wordt gedaan met het lopend gemiddelde van de somdeltagroentijd. Wanneer dit gemiddelde 0 nadert, hoeft de VRI-functie niet meer te werken en is deze genormaliseerd. Hiervoor wordt er per VRI-functie een normwaarde geconfigureerd.

**4. Verdeling somdeltagroentijd over de richtingen:** De somdeltagroentijd wordt per VRI bepaald en eerlijk verdeeld over de richtingen waarop de regelacties moet worden genomen.



## Wat is er nodig per archetype?

Component	1A HWN	1B Afrit	1C Filegolf	1D SWN	1E Tunnel
Fractieschatter	✓	✓	✓	✓	✓
Wachtrijschatter	✓	✓	✓	✓	✓
Kiemenspeurder HWN	✓				
Filegolfspeurder HWN			✓		
Kiemenspeurder SWN		✓		✓	✓
Netwerksupervisor	✓	✓	✓	✓	✓
Deelnetwerksupervisor	✓	✓	✓	✓	✓
Master-VRI	✓	✓	✓	✓	✓
Slave-VRI	✓	✓	✓	✓	✓
Guard-VRI		✓		✓	✓

In bovenstaand figuur is de confrontatie gemaakt tussen enerzijds de monitoring- en regelcomponenten en anderzijds de archetype knelpunten.

Gegeven de functionele werking van het GNV regelconcept, is het nodig om een aantal componenten te ontwikkelen bij een eerste applicatie, zowel aan de monitoringkant als de regelkant. Vervolgens zijn de componenten uitermate geschikt voor uitrol naar andere type knelpunten. Als de basis eenmaal staat, is deze goed uit te breiden naar andere archetype kiemen en andere kiemlocaties.

## **B. Knelpuntanalyse en uitleg analysetools**



## Wat is er nodig per archetype voor analyse en realisatie?

### Analyse

Kiem	Congestie HWN	Wachtrijen SWN	Ruimte SWN	Relaties
1A HWN kiem	✓		✓	✓
1B Afrit	✓	✓		✓
1C Filegolf	✓		✓	✓
1D SWN kiem		✓	✓	✓
1E Tunnel		(✓)	(✓)	

### Realisatie regelaanpak – operationeel gebruik

Kiem	Congestie HWN	Wachtrijen SWN	Ruimte SWN	Relaties
1A HWN kiem	✓	✓	✓	(✓)
1B Afrit	(✓)	✓		✓
1C Filegolf	✓	✓	✓	(✓)
1D SWN kiem		✓	✓	(✓)
1E Tunnel		✓	✓	

De aanpak kent 2 delen: tijdens de ANALYSE van problemen zijn specifieke indicatoren van belang om de aard en omvang van de problematiek in beeld te brengen. Wanneer de regelaanpak OPERATIONEEL is kunnen andere indicatoren van belang zijn voor het aansturen van het regelsysteem. Hieronder is per archetype kiem uitgewerkt welke informatie in de fase van ANALYSE en OPERATIONEEL nodig is.

De volgende indicatoren worden onderscheiden:

- Congestie HWN: Informatie over staande files en filegolven. Wat zijn de kiemlocaties? Hoe vaak komen staande files voor en hoeveel vertraging veroorzaken ze? Hoeveel voertuigen zitten er (teveel) in filegolven, en waar ontstaan ze?
- Wachtrijen SWN: Informatie over de vulling van het SWN. Wachtrijlengte wordt per wegvak gegeven. Waar dreigt terugslag te ontstaan? Waar dreigt de wachtrijlengte de beleidsmatige grens te overschrijden? Daarnaast: wat is de reistijd op een wegvak?
- Ruimte SWN: Informatie over de (buffer)ruimte op het SWN. Op welke wegvakken kan nog extra verkeer opgeslagen worden?
- Relaties: Informatie over de herkomsten en bestemmingen van het verkeer. Op lokaal (VRI) niveau betreft het fracties. Daarnaast is het belangrijk de relatie tussen buffers en kiemlocaties te hebben: hoeveel procent van het verkeer in een buffer rijdt naar de kiem. Bij uitstroom verhogen is het van belang om te weten waar extra verkeer heen rijdt, zodat daar extra ruimte gecreëerd kan worden.

---1A HWN-kiem---

**ANALYSE** HWN-kiemen zijn de ‘kop’-locaties van staande files. Door de congestie op het HWN te analyseren kunnen deze locaties worden achterhaald. Het is van belang om te weten hoeveel vertraging er in die knelpunten zit, en hoe vaak ze voorkomen. Bovendien moet worden vastgesteld hoe vaak zo’n knelpunt wordt veroorzaakt door terugslag van stroomafwaartse locaties. Om te kunnen bepalen hoe effectief het is om verkeer tegen te houden, is inzicht in de fractie (relatie) van potentiële buffer naar de kiemlocatie nodig. Op basis daarvan worden effectieve buffers gekozen.

**OPERATIONEEL** Om tijdig in en uit te schakelen zijn de kenmerken van de congestie op het HWN nodig (zie regelaanpak). Buffers worden ingezet zolang er voldoende ruimte is. Als een buffer te vol is, kunnen stroomopwaartse buffers worden bijgeschakeld. De effectiviteit van zo’n buffer kan real-time worden bepaald als de relatie (optionele info) beschikbaar is. Dat kan dan worden meegewogen als inschakel criterium

---1B Afrit---

**ANALYSE** Afrit problemen kunnen worden geïdentificeerd in de HWN data als terugslag het HWN op. Het is van belang in te schatten hoeveel verkeer er afslaat. Hiervoor is het noodzakelijk de relatie te kennen. Om extra verkeer van de afrit te verwerken is het van belang dat het stroomafwaartse netwerk niet vol zit. **OPERATIONEEL** Door de hoeveelheid verkeer op het HWN met de fractie afslaand verkeer te vermenigvuldigen, kan de hoeveelheid verkeer op de afrit worden berekend. De wachtrijinformatie in het stroomafwaartse netwerk geeft aan tot hoe ver 'in het netwerk' de uitstroom moeten worden verhoogd. Wanneer er reeds congestie op het HWN (optionele info) aanwezig is, is het niet noodzakelijk het afritprobleem aan te pakken.

---1C Filegolf---

**ANALYSE** Filegolven leggen trajecten tegen de stroom van het verkeer af over het HWN. Uit de filepatronen kan eenvoudig de oorzaak van de filegolf bepaald worden. Ook dient het aantal voertuigen (teveel) bekend te zijn in de filegolven. De informatie die nodig is op het HWN komt overeen met die voor de HWN-kiem. **OPERATIONEEL** De filegolf dient te worden geïdentificeerd en gevolgd. Het is wenselijk het verwachte aankomsttijdstip bij de verschillende aansluitingen te kennen, en in hoeverre de filegolf aan het groeien en krimpen is. Voor VSL is het gewenst de snelheid en intensiteit stroomopwaarts van de filegolf te kennen. Voor het bufferen (net zoals bij HWN kiemen) dient de hoeveelheid bufferruimte beschikbaar te zijn. Op basis van de vulling van de wachtrijen kunnen buffers worden bijgeschakeld.

---1D SWN-kiem---

**ANALYSE** Voor SWN kiemen dienen de beleidsmatige doelstellingen gemonitord te worden. Wanneer op een wegvak bijvoorbeeld de vulling regelmatig wordt overschreden kan deze als SWN-kiem worden aangemerkt. Informatie over het stroomop- en stroomafwaartse netwerk geven inzicht in hoeverre de kernservices 'instroom beperken' en 'uitstroom verhogen' ondersteund kunnen worden. **OPERATIONEEL** Het systeem schakelt tijdig in op basis van de wachtrijlengte op het SWN. Ondersteunende functies worden bijgeschakeld op basis van de wachtrijlengte in de stroomop- en stroomafwaartse netwerken. De effectiviteit van een buffer en/of verwachtte extra verkeer op beschermde opvangvakken kan real-time worden bepaald als de relatie (optionele info) beschikbaar is.

---1E Tunnel---

**ANALYSE** Verkeersmanagementsystemen ten behoeve van tunnelveiligheid vergen in principe geen vooraf analyses. Wel is het wenselijk om inzicht te hebben in het functioneren van het omliggende netwerk, om in te kunnen schatten wat de impact van het systeem is. **OPERATIONEEL** Voor tunnelveiligheid is het van belang de wachtrijen en ruimte te monitoren om te kunnen bepalen welke buffers en beschermde opstelvakken worden bijgeschakeld.

## Tooling bij gewenste indicatoren voor analyse

- Met welke data kunnen welke indicatoren weergegeven worden:

Databron	Congestie HWN	Wachtrijen SWN	Ruimte SWN	Relaties
MRM/NDW	✓			(✓)
FCD	✓	✓	(✓)	✓
Radar		✓	✓	(✓)
v-log			(✓)	(✓)

- Congestie HWN (groot netwerk) – Fileradar Dante-viewer
- Congestie HWN (specifiek analysegebied) – Arane analysetool
- Snelheden en ruimte SWN (offline) – TomTom data ontsloten in GIS
- Wachtrijen en ruimte SWN (real-time) – Radar
- Fracties/HB relaties – lokale fracties soms beschikbaar in lusdata. FCD heeft mogelijkheid fracties over route te bepalen

29-06-17 Titel van de presentatie kan in de voetnoot

19

De tooling dient in deze informatie te voorzien:

Regelgebieden identificeren voor archetype kiemen

- HWN kiemlocaties en filegolven
- SWN wegvakken met doorstromings- en terugslagproblemen
- Potentiele bufferlocaties

HWN kiemen en filegolven: wat wil je weten?

- Frequentie, duur, VVU's
- Snelheden, terugslag, filelengte

SWN wegvakken en potentiele bufferlocaties: wat wil je weten?

- Gemiddelde snelheden
- (Relatieve) doorstroming
- Ruimte in wegvakken

## Analysetool File- en kiemkansen

Tool op basis van historische data, bepaald voor reguliere files en filegolven de kiemlocaties en –kansen en de gevolgen van deze kiemen in gemiddeld aantal minuten file.

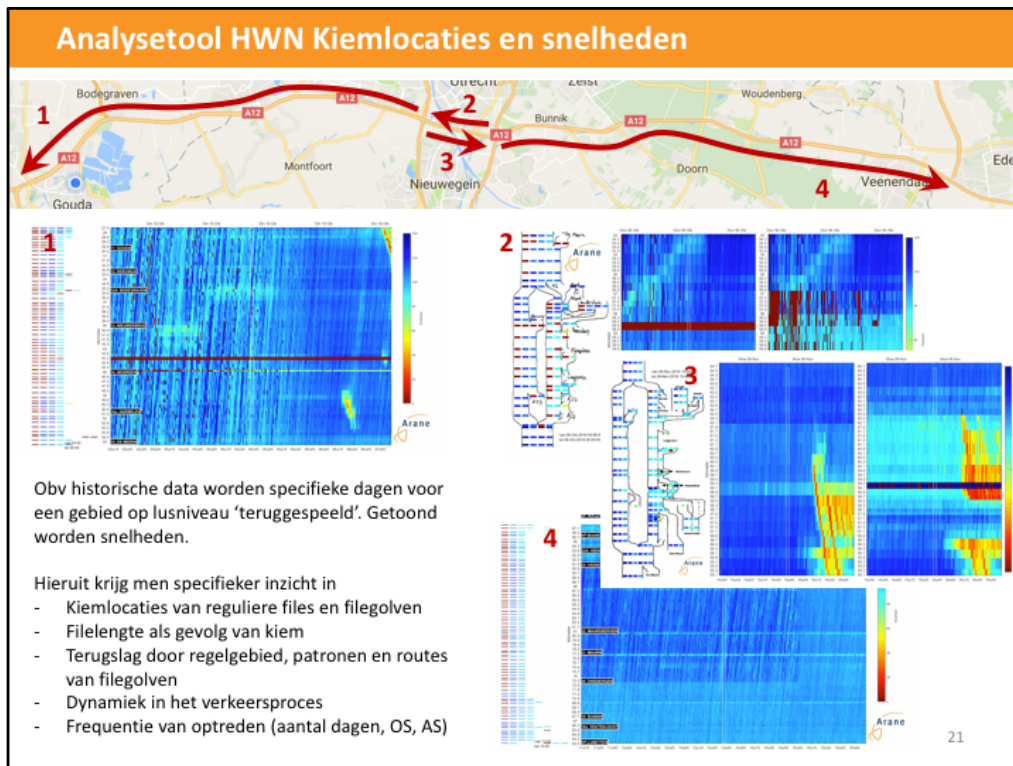
Data van apr – sept 2016  
Hier: gemiddelde dinsdag  
Hele dag (kan ook OS of AS tonen)



23-06-17 Titel van de presentatie kan in de voetnoot



20



Kiemlocaties kunnen worden bepaald door te onderzoeken op welke lus(sen) de snelheid als eerste daalt bij het ontstaan van een staande file.

Filegolven kunnen eenvoudig worden gevolgd door het tijdwegdiagram.

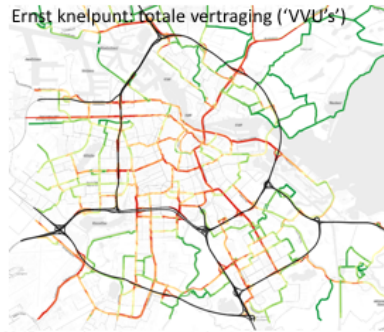
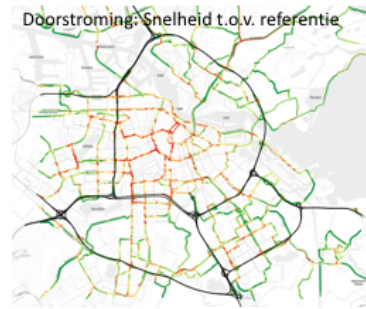
Terugslag van en naar toeritten, afritten en verbindingsbogen wordt inzichtelijk door het overzicht van de rijstroken aan de linkerzijde.

## Snelheden SWN uit TomTom data

TomTom data is in GIS te ontsluiten voor elke periode, bv. gem. AS, gem. OS, gem. etmaal (werkdagen)  
Netwerk is zeer gedetailleerd: alle wegen met waarnemingen.

Inhoud: gemiddelden en alle 5-percentielen van de reistijden/snelheden, aantal 'hits', StDev, Mediaan, etc.

Verschillende indicatoren te visualiseren: gemiddelde snelheid, relatieve snelheid (doorstroming), 'intensiteit', filmpje van ontwikkeling snelheid in spits, ...



29-06-17 Titel van de presentatie kan in de voetnoot

22

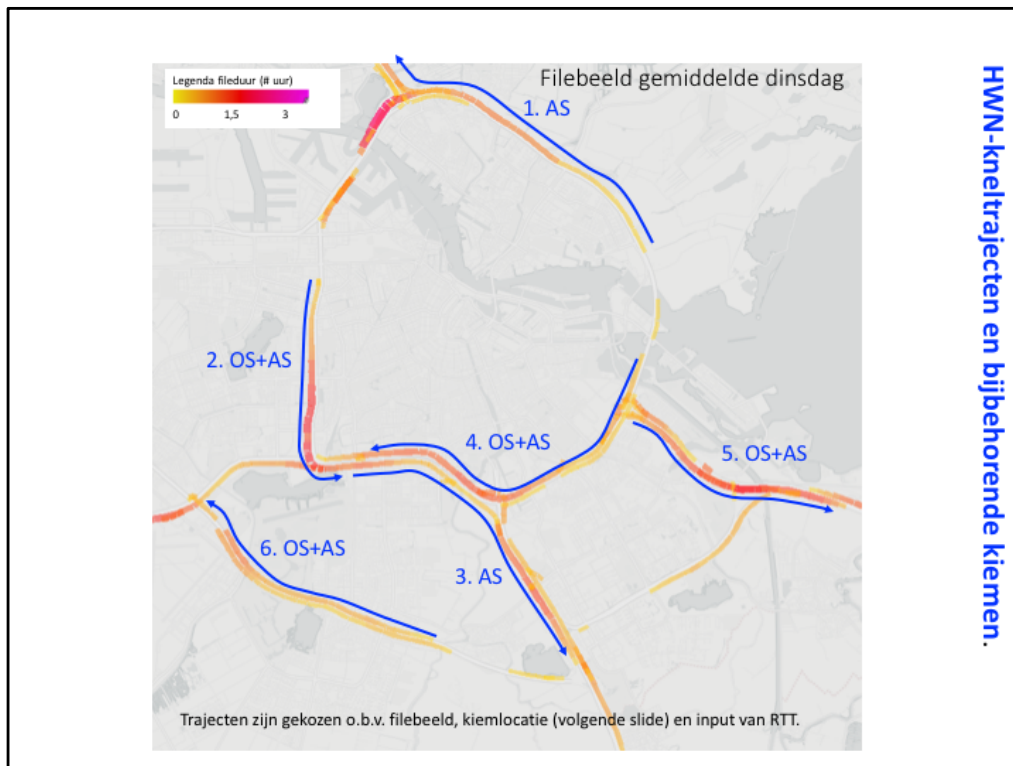


## Resultaat kwantitatieve knelpuntanalyse MRA

In de volgende dia's zijn trajecten/kiemlocaties opgenomen waar de haalbaarheid van de archetype knelpunten nader kan worden getoetst.

Dit is het resultaat van een eerste knelpuntanalyse op het netwerk van MRA, gebruikmakend van de hierboven genoemde bronnen én getoetst aan de knelpuntanalyse van het RTT uit 2016. Resultaat is afgestemd met het RTT.

De **blauwe** (HWN reguliere files), **lichtblauwe** (filegolven) en **roze** (SWN kiemen) pijlen geven de trajecten aan die nader kunnen worden onderzocht. Er wordt meegegeven welke kiem met welk archetype kan worden uitgewerkt.



HWN-kneltrajecten en bijbehorende kiemen.

Kneltrajecten met regelbare kiemlocaties:

1. A10 Noord richting knp. Coenplein (AS)
2. A10 West richting knp. De Nieuwe Meer(OS+AS)
3. A10 Zuid richting knp. Amstel en A2 richting knp. Holendrecht (AS)
4. A10 Zuid richting knp. De Nieuwe Meer (OS+AS)
5. A1 richting knp. Muiderberg (OS+AS)
6. A9 richting knp. Badhoevedorp (OS+AS)

Kiemlocaties reguliere files OS (links) en AS (rechts) en frequentie van optreden

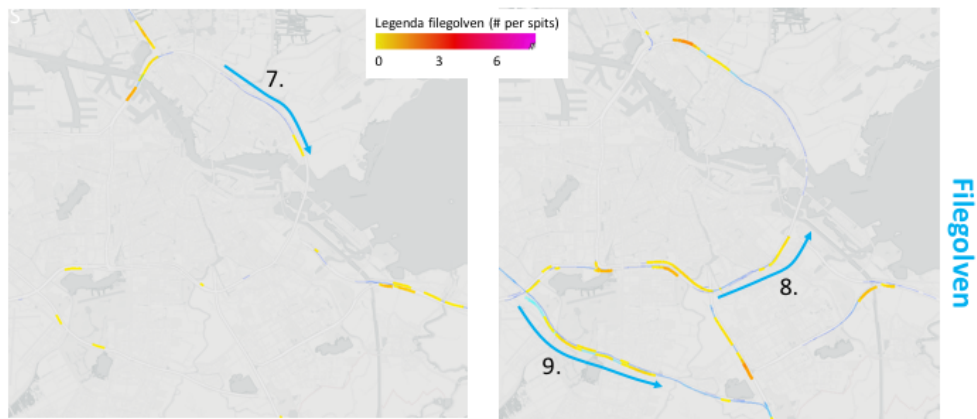


Dit zijn de oorzaaklocaties van de in de vorige dia getoonde filebeeld.

Legenda kiemen (# per spits)  
0 1 2

**HWN-kneltrajecten en bijbehorende kiemen.**

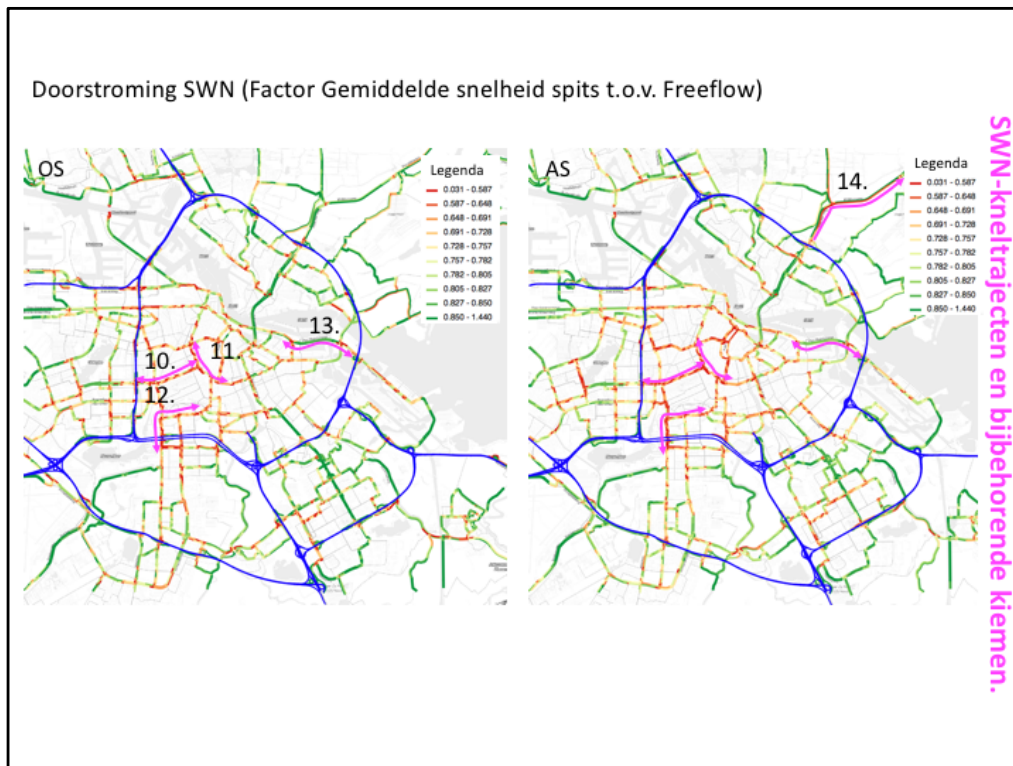
## Kiemlocaties Filegolven OS (links) en AS (rechts) en frequentie van optreden



In dit plaatje zijn alleen de trajecten opgenomen die nog niet onder het onderzoek naar [HWN kiemen](#) zijn genoemd en aanvullend op Filegolven worden geanalyseerd.

Kneltrajecten met regelbare kiemlocaties (die nog niet op vorige dia's stonden):

- 7. A10 Noord richting knp. Watergraafsmeer (OS)
- 8. A10 Zuid/Oost richting knp. Coenplein (AS)
- 9. A9 richting Holendrecht (AS)



Kneltrajecten met regelbare kiemlocaties (die nog niet op vorige dia's stonden):

- 10. S106 tussen A10 en S100 (OS en AS)
- 11. S100 tussen S105 en S108
- 12. S108 tussen A10 en S109
- 13. S114 Zeeburgertunnel
- 14. N247 richting Volendam

## Kiemlocatie vs. archetype kiemen

Kiemlocatie	1A	1B	1C	1D	1E
1. A10 Noord richting knp. Coenplein (AS)	✓	?	✓		
2. A10 West richting knp. De Nieuwe Meer(OS+AS)	✓	?	✓		
3. A10 Zuid richting knp. Amstel en A2 richting knp. Holendrecht (AS)	✓	?	✓		
4. A10 Zuid richting knp. De Nieuwe Meer (OS+AS)	✓	?	✓		
5. A1 richting knp. Muiderberg (OS+AS)	✓	?			
6. A9 richting knp. Badhoevedorp (OS+AS)	✓	?			
7. A10 Noord richting knp. Watergraafsmeer (OS)		?	✓		
8. A10 Zuid/Oost richting knp. Coenplein (AS)		?	✓		
9. A9 richting Holendrecht (AS)		?	✓		
10. S106 tussen A10 en S100 (OS en AS)				✓	
11. S100 tussen S105 en S108				✓	
12. S108 tussen A10 en S109				✓	
13. S114 Zeeburgertunnel					✓
14. N247 richting Volendam				✓	

1A = HWN-kiem, 1B = Afritkiem, 1C = Filegolf, 1D = SWN-kiem, 1E = Tunnel

In bovenstaand overzicht zijn de resultaten van de kiem- en knelpuntanalyse gekoppeld aan de archetype kiemen. Dit geeft een richting aan de mogelijke GNV-uitwerking(en) die per knelpuntlocatie mogelijk zijn.

Noot: in de analyse is er niet specifiek geanalyseerd op afritkiemen. Bij nadere analyse van HWN-knelpunten en filegolven wordt er meer inzicht verkregen in problemen op de afritten.

## Werk in uitvoering vs. archetype kiemen

Werk in Uitvoering	1A	1B	1C	1D	1E
Cluster A: Zuidasdok	✓	?			
Cluster A: N200					
Cluster A: Haarlemmerweg					
Cluster A: A10 West					
Cluster A: Amstelveenseweg					
Cluster B: Zuidasdok					
Cluster B: Piet Heintunnel					
Cluster B: N522 brug Ouderkerk					
Cluster C: Zuidasdok					
Cluster C: SAA A9					
Cluster C: Parnassusweg					
Cluster C: Beneluxbaan					
Cluster C: Keizer Karelweg					
Cluster C: Oudekerkerlaan					
Cluster C: Ombouw Amstelveenlijn					

Cluster A: westkant A'dam  
 Cluster B: oostkant A'dam  
 Cluster C: Amstelveen

Dit overzicht is in het kader van dit onderzoek niet ingevuld.

Er is nog geen goed zicht op de aard van de werkzaamheden en daarom is op dit moment nog niet aan te geven welke archetype kiemen hier bij horen.

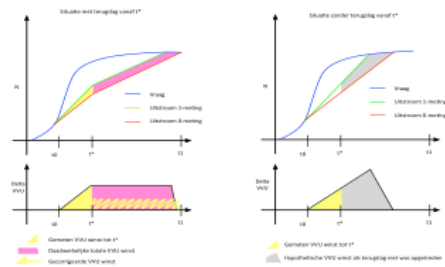
**C. Meerwaarde per archetype kiem**



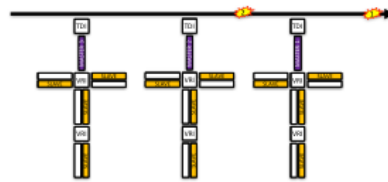


## Meerwaarde archetype 1A – HWN kiem

	1A HWN
Probleem (generiek)	Ontstaan staande file t.g.v. capaciteitsval op HWN uitstellen of voorkomen
Afname VVU's	Zie uitleg cumulatieve VVU's: <a href="http://www.nm-magazine.nl/artikelen/nieuwe-inzichten-over-gecoördineerd-netwerkbreed-verkeersmanagement/">http://www.nm-magazine.nl/artikelen/nieuwe-inzichten-over-gecoördineerd-netwerkbreed-verkeersmanagement/</a>
Hinder bufferen	Er worden alleen buffers ingezet met een fractie van >50% richting de kiem.
Kosten (delta)	Per aansluiting SW/HW, testen en inregelen: 80-100K. Exclusief kosten hosting en aanschaf GNV HW/SW
Leereffecten/innovaties	Door uitbreiding bufferruimte SWN wordt capaciteitsval langer uitgesteld. Bij kiemen die niet door aansluiting wordt veroorzaakt kan ook effectief zonder TDI worden geregeld



Figuur 1: Cumulatieve VVU's met correctie terugslag

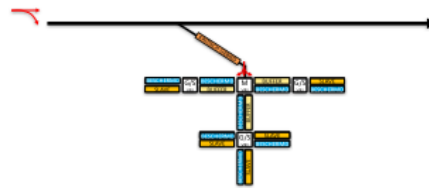


### Uitgangspunt kosten:

- Verbindingen en software monitoring- en supervisors zijn beschikbaar
- Hostingskosten monitoring en regelcomponenten: jaarlijks 70K
- Op orde brengen per TDI of VRI (software): 5-10K
- Radardetectie: 6k / 150m rijbaan, gem. Per aansluiting 50K
- Inregelen/testen: 15K

## Meerwaarde archetype 1B – Afrit kiem

	1B Afrit
Probleem (generiek)	Ten gevolge van blokkade onder aan de afrit, slaat het verkeer terug tot op het HRB. Door congestie op de afrit wordt verkeer geblokkeerd dat niet door de bottleneck hoeft ('onnodig in de file')
Afname VVU's	Blokkade rechterstrook voorkómen, tót 100% vermindering VVU's op een specifieke HWN locatie.  Tót 15% vermindering VVU's op een specifieke HWN locatie
Hinder bufferen	Bufferen vindt alleen plaats als er terugslag dreigt en alleen op effectieve buffers.
Kosten (delta)	Per aansluiting SW/HW, testen en inregelen: 50-70K. Exclusief kosten hosting en aanschaf GNV HW/SW
Leereffecten/innovaties	Met FCD data real-time fractie schatten van HWN naar afrit en gecoördineerd regelen van een afrit



29-06-17 Titel van de presentatie kan in de voetnoot

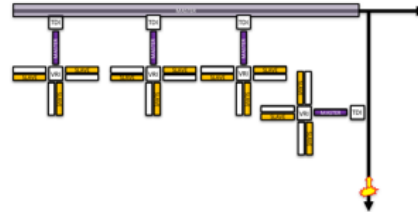
32

### Uitgangspunt kosten:

- Verbindingen en software monitoring- en supervisors zijn beschikbaar
- Hostingkosten monitoring en regelcomponenten: jaarlijks 70K
- Op orde brengen per VRI (software): 5K
- Radardetectie: 6k / 150m rijbaan, gem. per afrit 40K
- Inregelen/testen: 20K

## Meerwaarde archetype 1C – Filegolven

	1C Filegolven
Probleem (generiek)	Filegolf ontstaat stroomafwaarts en loopt terug met de kans dat deze over gaat in een staande file. Door filegolf ontstaan onveilige situaties.
Afname VVU's	Onderzoek laat potentie zien van orde grootte 50 VVU's per filegolf. Daarnaast: Afname onveilige verkeerssituaties.
Hinder bufferen	Bufferen vindt alleen plaats als er een filegolf passeert en alleen op effectieve buffers waar verkeersvraag hoog genoeg is en fractie groter dan 50%. (Voor deze toepassing kan ook een lagere fractie effectief zijn vanwege de hogere capaciteitsval bij een filegolf).
Kosten (delta)	Per aansluiting SW/HW, testen en inregelen: 80-100K. Exclusief kosten hosting en aanschaf GNV HW/SW. Regelen op snelheden PM
Leereffecten/innovaties	Dynamisch fracties vanuit aansluitingen bepalen en integratie wegkant (bufferen op aansluitingen) en in-car systemen (regelen van snelheden)

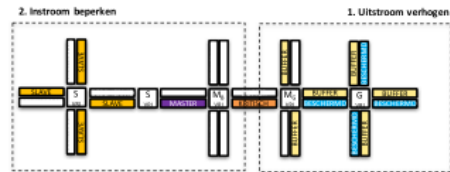


Uitgangspunt kosten:

- Verbindingen en software monitoring- en supervisors zijn beschikbaar
- Hostingkosten monitoring en regelcomponenten: jaarlijks 70K
- Op orde brengen per TDI of VRI (software): 5-10K
- Radardetectie: 6k / 150m rijbaan, gem. Per aansluiting 50K
- Regelen op snelheden: Afhankelijk van aanwezige signaalgevers en type onderstations of inzet in-car
- Inregelen/testen: 20K

## Meerwaarde archetype 1D – SWN kiem

	1D SWN
Probleem (generiek)	Beschermen van kritische wegvakken op SWN/PWN om blokkades en terugslag te voorkomen.
Afname VVU's	Winst in VVU's is afhankelijk van de beschikbare regelruimte en kenmerken van de kiem (terugslag). Bovendien hoeft 'afname VVU's' hier geen doel op zich te zijn. Deze maatregel kan ook ingezet worden voor ondersteuning OV, verbeteren oversteekbaarheid of bij leefbaarheidsproblemen.
Hinder bufferen	Omdat deze maatregel het verkeer over het netwerk verdeelt conform de beleidsuitgangspunten, zal juist de hinder van wachtrijen en blokkades moeten afnemen.
Kosten (delta)	Per VRI die wordt ingezet zijn de kosten 35K. Exclusief kosten hosting en aanschaf GNV HW/SW
Leereffecten/innovaties	Gecoördineerd regelen biedt ondanks de beperkte beleidsruimte meer mogelijkheden om regeldoel te realiseren.

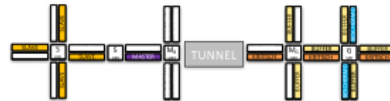


### Uitgangspunt kosten:

- Verbindingen en software monitoring- en supervisors zijn beschikbaar
- Hostingkosten monitoring en regelcomponenten: jaarlijks 70K
- Op orde brengen per VRI (software): 5K
- Radardetectie: 6k / 150m rijbaan, gem.
- Inregelen/testen: 40K per traject

## Meerwaarde archetype 1E – Tunnel

	1E Tunnel
Probleem (generiek)	Terugslag naar de tunnel of bij calamiteiten (brand in de tunnel) onvoldoende ruimte om het verkeer uit te laten stromen.
Afname VVU's	Afname VVU's is geen doel op zich. Deze maatregel verhoogd in eerste instantie de tunnelveiligheid, zonder dat er onnodige vertraging elders in het netwerk ontstaat
Hinder bufferen	In de eerste plaats wordt de uitstroom verhoogd en wordt er gebufferd op conflicterende richtingen. Als dit onvoldoende is wordt er voor de tunnel gedoseerd, eerst dicht bij de tunnel en daarna verder stroomopwaarts.
Kosten (delta)	Vergelijkbaar met SWN kiemen, met uitzondering van detectie in de tunnel. Exclusief kosten hosting en aanschaf GNV HW/SW
Leereffecten/innovaties	Doorstroming stedelijk netwerk wordt niet meer dan nodig beperkt voor de tunnelveiligheid. Op alle mogelijke routes vanuit de tunnel wordt m.b.v. lus- en radarinformatie de verkeersruimte bepaald.



### Uitgangspunt kosten:

- Verbindingen en software monitoring- en supervisors zijn beschikbaar
- Hostingkosten monitoring en regelcomponenten: jaarlijks 70K
- Op orde brengen per VRI (software): 5K
- Radardetectie: 6k / 150m rijbaan, gem.
- Inregelen/testen: 40K per traject