



# Risicoanalyse wateroverlast provinciale wegen Zuid-Holland

Provincie Zuid-Holland



Nelen &  
Schuurmans

7-6-2023



# Risicoanalyse wateroverlast provinciale wegen Zuid-Holland

## Afwegingskader

Voor  
Provincie Zuid-Holland

**Nelen & Schuurmans**  
Zakkendragershof 34-44  
3511 AE Utrecht

[www.nelen-schuurmans.nl](http://www.nelen-schuurmans.nl)

### Projectgegevens

Dossier : W0203  
Datum : 7-6-2023

Niets uit deze rapportage mag worden veeelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

# Samenvatting

## **Aanleiding**

De provincie Zuid-Holland heeft in 2018 een Klimaatstresstest<sup>1</sup> voor de provinciale infrastructuur uitgevoerd. De vraag daarbij is welke gevolgschade door wateroverlast acceptabel is en wat een concreet handelingsperspectief is om schade te voorkomen. In dit rapport gaan we in op wat acceptabel is, hoe de provincie kan prioriteren en wat voor oplossingsrichtingen mogelijk zijn om knelpunten op te lossen.

## **Afwegingskader**

In dit project is er een afwegingskader opgesteld dat beschrijft waar de provinciale wegen aan moeten voldoen tijdens buien met een herhalingstijd van 10 jaar en met een herhalingstijd van 100 jaar. Op basis van deze eisen toetsen we de wegen en definiëren we de knelpunten van de provinciale wegen tijdens extreme neerslag.

## **Resultaten**

Voor alle provinciale wegen van de Provincie Zuid-Holland zijn er modellen opgesteld om de wegen te toetsen aan de gestelde eisen uit het afwegingskader. De resultaten laten zien dat niet alle wegen hieraan voldoen en dat er een aantal knelpunten naar voren komen. Dit is de basis voor de prioritering en de oplossingsrichtingen.

## **Prioritering en oplossing**

Uiteindelijk is er een stappenplan opgesteld om knelpunten te prioriteren, de oorzaak te analyseren en uiteindelijk oplossingen te bedenken. Deze gehele methode is in de bijlage voor een aantal voorbeelden uitgewerkt en geeft de Provincie handvaten om kwetsbare provinciale wegen aan te pakken en de gevolgen van extreme neerslag te beperken.

---

<sup>1</sup> Provincie Zuid-Holland, Nelen & Schuurmans, TNO, Deltares, Klimaatstresstest provinciale infrastructuur, 2018

# INHOUD

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel	4
1.3	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>Afwegingskader schade categorieën en maatstaven</b>	<b>5</b>
2.1	Veiligheid	5
2.2	Bereikbaarheid	6
2.3	Onderhoudskosten	6
2.4	Leefomgeving en milieu	6
<b>3</b>	<b>Modellering en resultaten</b>	<b>7</b>
3.1	Veiligheid	7
3.2	Bereikbaarheid	8
3.3	Onderhoudskosten	9
3.4	Leefomgeving en Milieu	9
3.5	Resultaten en conclusie	9
<b>4</b>	<b>Methodiek oplossing wateroverlastknelpunten</b>	<b>11</b>
4.1	Knelpunten kaarten bekijken en prioriteren	11
4.2	Analyse	11
4.3	Afweging oplossingen	12
4.4	Gedetailleerde analyse	12
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>13</b>
	<b>Bijlage 1 - Resultaten Mural Werksessie</b>	<b>14</b>
	<b>Bijlage 2 – Uitgangspunten modellering</b>	<b>15</b>
	Afkadering van modelgrenzen	15
	Benodigde rasterinformatie	16
	Benodigde informatie rondom tunnels	17
	Hoogteprofiel van de tunnelbak	17
	Obstakels toevoegen	18
	Dimensies tunnelgemalen	19
	Modelvalidatie	20
	Waterdieptes in de tunnel	20
	Kwetsbare routes	20
	Activiteit tunnelgemaal	21
	<b>Bijlage 3 – Uitwerking Stappenplan</b>	<b>22</b>
5.1	Knelpunt 1: N218 Groene Kruisweg Oost – Op- en afrit	22
5.1.1	Knelpuntenkaarten bekijken	22
5.1.2	Analyse	24
5.1.3	Afweging oplossingen	26
	Afweging oplossingen – Meekoppelkansen	26
5.1.4	Complexe situatie	28
5.2	Knelpunt 2: N206 Burgemeester Detmersweg – Doorgaande weg	29
5.2.1	Analyse	31
5.2.2	Afweging oplossingen	33

	Afweging oplossingen – Meekoppelkansen.....	33
5.2.3	Complexe situatie.....	35
5.3	Knelpunt 3: N471 Jacob van Lennepweg – Tunnel.....	36
5.3.1	Analyse.....	38
5.3.2	Afweging oplossingen.....	39
	Afweging oplossingen – Meekoppelkansen.....	40
5.3.3	Complexe situatie.....	42

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De provincie Zuid-Holland heeft in 2018 een Klimaatstresstest<sup>2</sup> voor de provinciale infrastructuur uitgevoerd. Vervolgens heeft de provincie een viertal voorbeeldlocaties verder uitgewerkt in de rapportage Klimaatadaptatie voor provinciale infrastructuur<sup>3</sup>. Als belangrijk onderwerp in de klimaatstresstest kwam de kwetsbaarheid van de provinciale wegen voor hevige neerslag naar voren. In de praktijk blijkt dat het rekening houden met hevige neerslag bij concrete onderhoudsprojecten lastig is, omdat een concreet afwegingskader ontbreekt. De vraag daarbij is welke gevolgschade door wateroverlast acceptabel is en wat een concreet handelingsperspectief is om schade te voorkomen. Daarnaast is er op de langere termijn geen goed overzicht in de benodigde middelen om de provinciale wegen water robuust te maken. De provincie heeft Nelen & Schuurmans benaderd om een voorstel te doen voor het opstellen van een afwegingskader en een maatregelenprogramma.

## 1.2 Doel

Het doel van dit project is het opstellen van een afwegingskader voor het beoordelen en prioriteren van wateroverlastknelpunten op provinciale wegen en het ontwikkelen van een oplossingsmethodiek voor nemen van maatregelen om wateroverlastknelpunten op te lossen. Met deze resultaten heeft de provincie de mogelijkheid om maatregelen vroegtijdig in de onderhoudsplanning mee te nemen en hier ook tijdig de middelen voor te reserveren.

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe we de provinciale wegen toetsen doormiddel van een afwegingskader. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de modelering en de resultaten beschreven. Hier worden de wegen getoetst op de eisen van het afwegingskader uit hoofdstuk 2. Ten slotte wordt in hoofdstuk 4 een methode opgesteld hoe de provincie wel aan de slag kan met knelpunten en oplossingen voor de provinciale wegen.

---

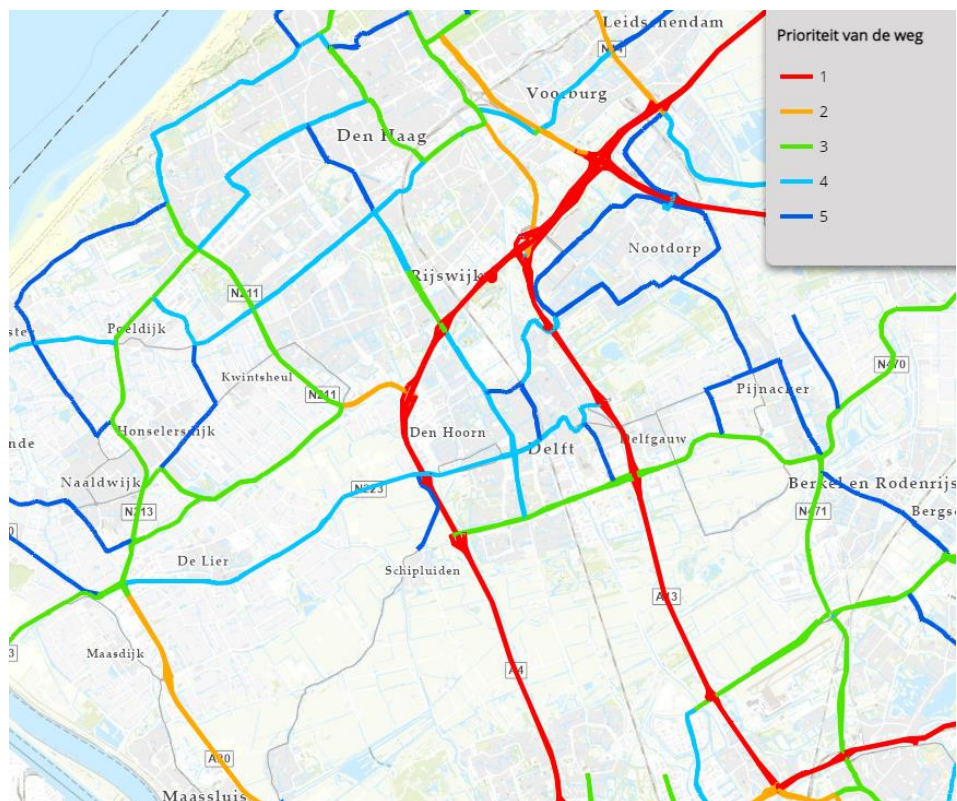
<sup>2</sup> Provincie Zuid-Holland, Nelen & Schuurmans, TNO, Deltares, Klimaatstresstest provinciale infrastructuur, 2018

<sup>3</sup> Provincie Zuid-Holland, Deltares, Klimaatadaptatie voor provinciale infrastructuur, 2020

## 2 Afwegingskader schade categorieën en maatstaven

In 2018 heeft Zuid-Holland een Klimaatstresstest uitgevoerd voor de provinciale wegen. Het criterium voor wateroverlast was hierbij dat de waterdiepte op de weg bij een bui van 100 mm in 2 uur bij 10 tot 30 cm water de weg niet meer begaanbaar is voor regulier verkeer. Vanaf 30 cm was de weg niet meer begaanbaar voor calamiteitenverkeer. Deze gebruikte criteria geven een goede eerste indruk van de locatie van knelpunten maar geven nog geen goed beeld van de ernst van de knelpunten. Om deze gevolgen goed in beeld te brengen heeft de Provincie<sup>4</sup> 4 schadecategorieën bepaald: veiligheid, bereikbaarheid, onderhoudskosten en leefomgeving, en milieu. Indicatoren en maatstaven voor deze categorieën worden hieronder uitgewerkt.

Het operationeel verkeersmanagement van de provincie gebruikt een prioritering van de wegen op basis van routing van belangrijke woon- en werklocaties. De prioriteitenkaart is [hier](#) te vinden en is ook hieronder getoond.



Figuur 1: Prioritering wegen Multidoel Tactisch Kader (MTK)

### 2.1 Veiligheid

Veiligheid is een belangrijke schadecategorie. Een onderdeel hiervan is dat alle kernen bereikbaar moeten blijven voor de hulpdiensten en dat de wegen veilig zijn voor de

<sup>4</sup> Werksessie 24 maart 2022, zie bijlage I

weggebruikers. Voor de begaanbaarheid van calamiteitenverkeer is uitgegaan van een extreme bui die statistisch gezien 1 keer in de 100 jaar valt (70 mm in 1 uur) waarbij nergens 15 cm of meer waterdiepte op de weg mag staan. Dit is een veel gebruikte waterhoogte waarbij veiligheidsinstanties niet meer verder kunnen rijden. Daarnaast mag substantiële plasvorming niet vaak voorkomen. Dit is vertaald naar een eis dat de maximale waterdiepte op de weg met een minimale herhalingsijd van 10 jaar niet meer dan 5 cm mag zijn.

1. Veiligheid hulpdiensten: bij een T100 bui mag er nergens meer dan 15 cm waterdiepte ontstaan.
2. Veiligheid weggebruikers: Bij een T10 bui geen plassen van meer dan 5 cm waterdiepte.

## 2.2 Bereikbaarheid

Bereikbaarheid is opgenomen in het Multidoel Tactisch Kader (MTK) waarin streefwaarden zijn opgenomen voor wegvakken. Hierin zijn de wegen geprioriteerd en streefwaarden voor tijden en duur van wegafsluitingen opgenomen, maar zijn er geen streefwaarden voor vertraging in opgenomen. Technisch gezien is het mogelijk om met verkeersmodellen de vertraging te berekenen in voertuigverliesuren (VVU), maar dit is sterk afhankelijk van het moment waarop een bui valt en de situatie op de aansluitende wegen. Er is daarom niet gekozen om te werken met VVU's maar met de prioritering vanuit Multidoel Tactisch Kader waar de wateroverlast op de wegen met prioriteit 2,3 en 4 plaats vindt. Prioriteit 1 bestaan uit Rijkswegen en vallen buiten de scope, Prioriteit 5 zijn lokale wegen waarbij vertraging acceptabel geacht kan worden. Aangezien verminderde bereikbaarheid al snel wordt gezien als hinder, is ervoor gekozen om niet naar een T100 bui te kijken, maar naar een bui die statistisch vaker voorkomt: T10. Hierbij wordt er voorkomen dat het water lang op de weg blijft staan en zo tot langdurige vertragingen leidt.

- Bij een T10 bui bij provinciale wegen met prioriteit 2, 3 en 4 niet langer dan 30 minuten water op de weg.

## 2.3 Onderhoudskosten

Het uitspoelen van bermen wordt ervaren als een mogelijk probleem. Minder wegspoeling van bermen beperkt de onderhoudskosten en vergroot de veiligheid. Als er tijdens een T100 bui extreme stroomsnelheden optreden op taluds, neemt de kans op erosie toe. Verder is de grondsoort ook van belang voor het eroderen van het talud. Vandaar dat de stroomsnelheden op taluds beperkt moeten zijn bij T100 buien, specifiek op taluds waarbij de grondsoort zandig is.

- Bij een T100 bui blijven de stroomsnelheden beperkt (2 m/s).

## 2.4 Leefomgeving en milieu

Wateroverlast vanaf provinciale wegen mag geen overlast voor de omgeving veroorzaken. Hiervoor is geen algemeen criterium opgenomen, omdat deze overlast zeer locatie specifiek is. In gesprekken met het waterschap is bepaald of dit probleem in de praktijk optreedt.



## 3 Modelling en resultaten

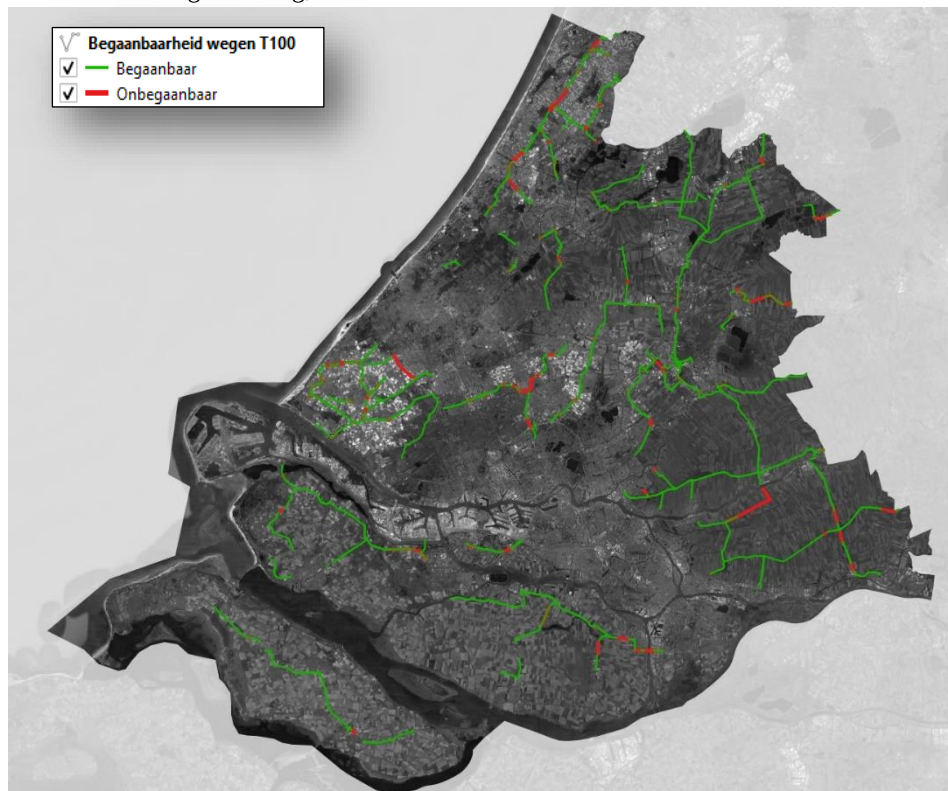
Het afwegingskader uit Hoofdstuk 2 beschrijft waar de wegen aan moeten voldoen. Met een hydrologisch model is getoetst of de wegen op dit moment voldoen aan de criteria uit het afwegingskader. Het hydrologisch model bestaat uit een maaiveldmodel waarin de weg en het omliggende maaiveld in zijn opgenomen. Een uitgebreide beschrijving van de aanpak van de modellering is te vinden in Bijlage 2. Vervolgens is dit model belast met een bui met een herhalingstijd van 10 jaar (T10, 35 mm in 1 uur) en een bui met een herhalingstijd van 100 jaar (T100, 70 mm in 1 uur).

### 3.1 Veiligheid

Voor veiligheid hebben we getoetst op de volgende twee criteria:

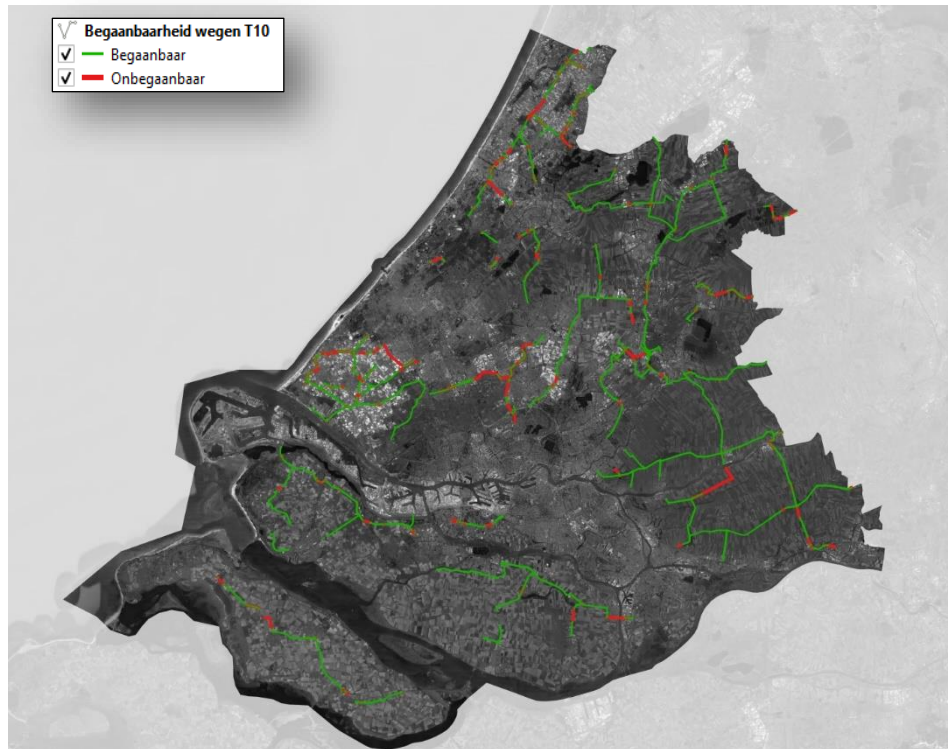
1. Veiligheid hulpdiensten: bij een T100 bui mag er nergens meer dan 15 cm waterdiepte ontstaan.
2. Veiligheid weggebruikers: Bij een T10 bui geen plassen van meer dan 5 cm waterdiepte.

In Figuur 2 is te zien welke provinciale wegen hier wel en niet aan voldoen. De weg kleurt rood als deze eis niet gehaald wordt en groen als dit niet het geval is. In totaal is er 1055 kilometer aan weg aanwezig, hiervan voldoet 196 kilometer niet.



Figuur 2: Begaanbaarheid wegen bij T100 bui (70mm in 1 uur).

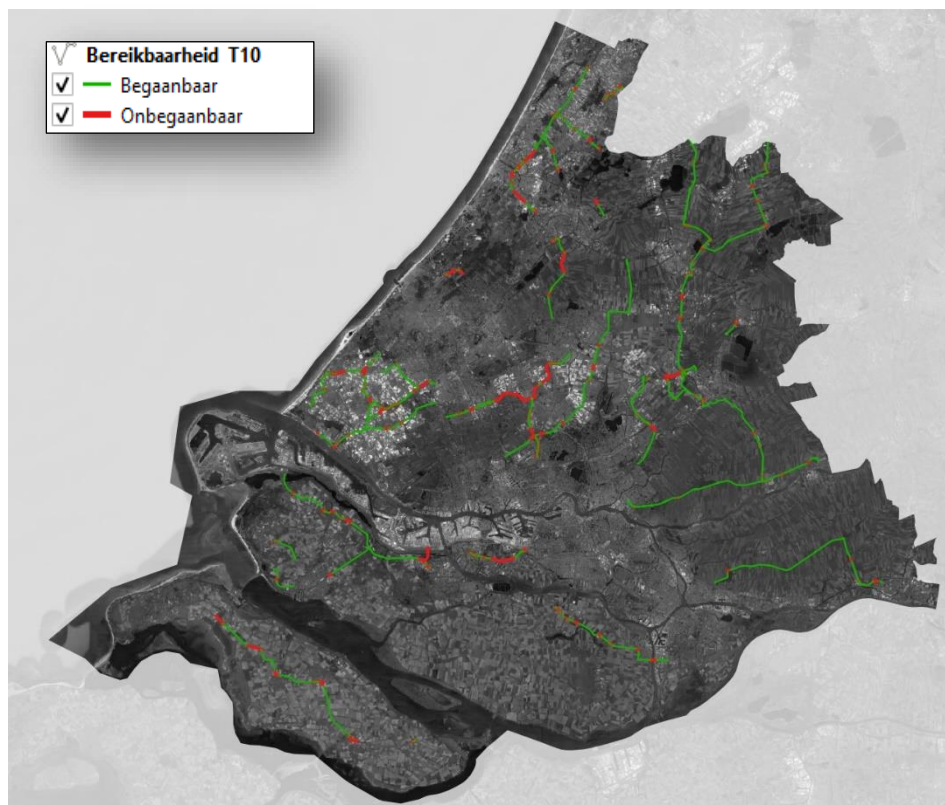
De resultaten van de tweede eis staan hieronder in Figuur 3. De weg kleurt rood als er meer dan 5 centimeter aan waterdiepte ontstaat bij een T10 bui. Hierbij voldoet 129 kilometer niet.



Figuur 3: Begaanbaarheid wegen bij een T10 bui (35 mm in 1 uur).

### 3.2 Bereikbaarheid

Voor het toetsen van de bereikbaarheid combineren we de prioritering vanuit het Multidoel Tactisch Kader met onze model resultaten. Hierbij gaan we uit van wegen met prioriteit 2, 3 en 4. We toetsen dat er niet langer dan 30 minuten water op de weg blijft staan bij deze wegen. Het resultaat is te zien in Figuur 4. Hierbij voldoet van de in totaal 487 kilometer, 80 kilometer niet.



Figuur 4: Bereikbaarheid van provinciale wegen met prioriteit 2,3 of 4 tijdens een T10 bui.

### 3.3 Onderhoudskosten

Om onderhoudskosten te reduceren toetsen we op stroomsnelheden zodat het uitspoelen van bermen wordt beperkt. Hierbij toetsen we op:

- Bij een T100 bui blijven de stroomsnelheden beperkt (2 m/s).

We hebben voor alle modellen de maximale stroomsnelheden berekend. De resultaten laten zien dat de maximale stroomsnelheid onder de 2 m/s blijft, voor alle provinciale wegen.

### 3.4 Leefomgeving en Milieu

We hebben met vijf waterschappen gesproken om te onderzoeken of de provinciale wegen negatieve gevolgen veroorzaken voor het omliggende gebied op het gebied van wateroverlast en waterkwaliteit. Dit is gedaan in samenwerking met Hoogheemraadschap van Delfland, Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap van Rijnland, Waterschap Hollandse Delta en Waterschap Rivierenland. Zij verwachten niet dat de provinciale wegen overlast ervaren door inundatie vanuit het watersysteem. In het algemeen liggen de wegen namelijk hoger dan het omliggende land, waardoor deze minder kwetsbaar zijn vanuit het watersysteem. Tevens wordt er ook geen overlast ervaren door afwenteling van de provinciale wegen, voor zowel waterkwantiteit als -kwaliteit.

### 3.5 Resultaten en conclusie

Met de modelresultaten zijn de opgestelde schadecriteria geëvalueerd. Bij de schadecategorieën Veiligheid en Bereikbaarheid zien we dat een deel van de wegen nog niet voldoet aan de gestelde eisen. Zo voldoet 196 km niet, bij een T100 situatie en 129 km voldoet niet bij een T10 situatie. Voor de categorie Onderhoudskosten en

Leefomgeving en Milieu voldoen nu alle wegen. Deze uitkomst vormt een basis om samen met de provincie een prioritering te gaan maken van de knelpunten. Verder worden deze resultaten ook gebruikt voor de oplossingsmethodiek uit Hoofdstuk 4.

# 4 Methodiek oplossing wateroverlastknelpunten

Dit hoofdstuk beschrijft een methodiek voor het oplossen van wateroverlastknelpunten op provinciale wegen. Deze methodiek bestaat uit de volgende stappen:

1. Knelpunten kaarten bekijken en prioriteren
2. Analyse
3. Afweging oplossingen
4. Gedetailleerde analyse

Concrete voorbeelden zijn uitgewerkt in Bijlage 3. Deze voorbeelden zijn gebruikt tijdens een werksessie met de deskundigen van de provincie.

## 4.1 Knelpunten kaarten bekijken en prioriteren

In hoofdstuk 3 is beschreven hoe de provinciale wegen zijn gemodelleerd en hoe de wegen zijn getoetst vanuit het opgestelde afwegingskader. Zo zijn er in totaal drie concrete eisen waar een weg aan moet voldoen, voor twee verschillende buien. Per provinciale weg kan deze hierop getoetst worden wat input kan leveren om een prioritering te maken. Voor de werksessie van 02 februari 2023, hebben we onderstaande tabel als voorbeeld gebruikt ter prioritering van de maatregelen.

	Voldoet niet aan eis
	Eén rijrichting voldoet niet aan eis
	Voldoet aan eis

Beschrijving knelpuntlocatie	Prioriteit weg	Bui T100 [70 mm] 15 cm of meer waterdiepte	Bui T10 [35mm] 5 cm of meer waterdiepte	Bui T10 [35mm] 30 minuten of langer water op wegdeel	Type wegdeel
Strikledeweg N470 nabij Pijnacker	3				Tunnel
Jacob van Lennepweg ten noorden van Zuidpolder	3				Tunnel
N206 bij Katwijk	3				Op- en Afrit
Groene Kruisweg Oost t.h.v. Heenvliet	3				Op- en Afrit
Groene Kruisweg t.h.v. Rhoon	3				Doorgaande weg
Provinciale Weg De Zilk, grenzend aan Noord-Holland	5				Doorgaande weg
Burgemeester Detmersweg t.h.v. Zouterwoude-Dorp	4				Op- en Afrit
Provinciale Weg Centrum Boskoop	4				Tunnel
Tunnel Maasdamseweg N217	4				Tunnel
Schielandweg bij Nieuwekerk aan de IJssel - spoorwegovergang	4				Tunnel onder spoor

## 4.2 Analyse

Door middel van deze prioritering zijn er knelpunten aangewezen en kan er worden gestart met de analyse. Ten eerste moet worden gestart met een validatie vanuit de praktijk. Gebiedsbeheerders kennen het gebied, en moeten in dit traject gevraagd worden naar hun ervaring zodat er input geleverd kan worden vanuit de praktijk. Ten slotte kan het knelpunt verder geanalyseerd worden met de gegenereerde data. Denk hierbij aan een hoogtekaart (AHN4), Stroombanen en Afvoergebieden. Samengevat brengt deze stap in kaart waar het water vandaan komt en wat de oorzaak is van het knelpunt. Deze informatie is noodzakelijk om oplossingsmaatregelen te kunnen bedenken en deze af te kunnen wegen.

### 4.3 Afweging oplossingen

Bij het bepalen welke oplossing het beste toepasbaar is, zal naar de geschiktheid van mogelijke oplossingen gekeken moeten worden en aan de kansen die er liggen om met de maatregel eventueel andere problemen te verhelpen. Zo kan er bijvoorbeeld naast een knelpunt, ook een fietstunnel bij extreme neerslag onder water komen te staan, en dat de afwatering van deze fietstunnel is aangesloten op een watergang die bij extreme neerslag zijn capaciteit overschrijdt.

Bij het aanleggen van een maatregel die de wateroverlast op de provinciale weg oplost, kan er dus ook gekeken worden naar het oplossen van naastliggende problematiek. Zo zou het aansluiten van een hemelwaterafvoer op een andere watergang, en het koppelen van de afwatering van de fietstunnel op het nieuw aan te leggen systeem, meerdere problemen verhelpen.

In sommige gevallen ligt een deel van het afstroomgebied bij een gemeente of waterschap. Door met hen in gesprek te gaan en de samenwerking op te zoeken kan ervoor worden gezorgd wateroverlastlocaties verholpen worden en dat er op kosten bespaard worden.

Uiteindelijk kan er een selectie worden gemaakt met mogelijke oplossingen en bijkomende voordelen. Door dit mee te nemen en de kosten te berekenen kan uiteindelijk de best mogelijke oplossing worden bepaald.

### 4.4 Gedetailleerde analyse

In de praktijk blijkt dat niet alles op te lossen valt met bovenstaande methode. Zo is er in deze studie gefocust op de provinciale wegen, maar kan het voorkomen dat een naastliggend fietspad nog steeds overlast ervaart. In andere corner-cases is het dan een advies om een gedetailleerdere analyse uit te laten voeren om tot een geschikte oplossing te komen.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Met deze studie heeft de provincie Zuid-Holland een afwegingskader opgesteld voor het beoordelen van de klimaatbestendigheid van de provinciale wegen. Hierbij zijn eisen gedefinieerd voor de categorieën Veiligheid, Bereikbaarheid, Onderhoudskosten en Leefomgeving.

Uit de verbeterde modellen blijkt dat voor Veiligheid 19% van de wegen nog niet voldoet bij een T100 situatie en 12% nog niet voldoet bij een T10 situatie. Voor bereikbaarheid voldoet 16% van de wegen nog niet aan de gestelde eisen. In de categorieën Onderhoudskosten en Leefomgeving voldoen nu alle wegen.

Uit de resultaten blijkt dat tunnels vaak gevoelig zijn voor wateroverlast, vooral bij de T100 situatie. Deels wordt dit veroorzaakt door een beperkte pomp- en bergingscapaciteit, deels door extra instromende oppervlak bij hevige neerslag.

Voor het oplossen van wateroverlastknelpunten is een methodiek ontwikkeld voor het analyseren van knelpunten en het afwegen van maatregelen. Hulpmiddelen voor de analyse zijn gedetailleerde kaarten met de overlastlocaties en de stroomlijnen. De methodiek is samen met deskundigen van de provincie getest op praktijksituaties.

Op grond van bovenstaande conclusies bevelen wij aan om:

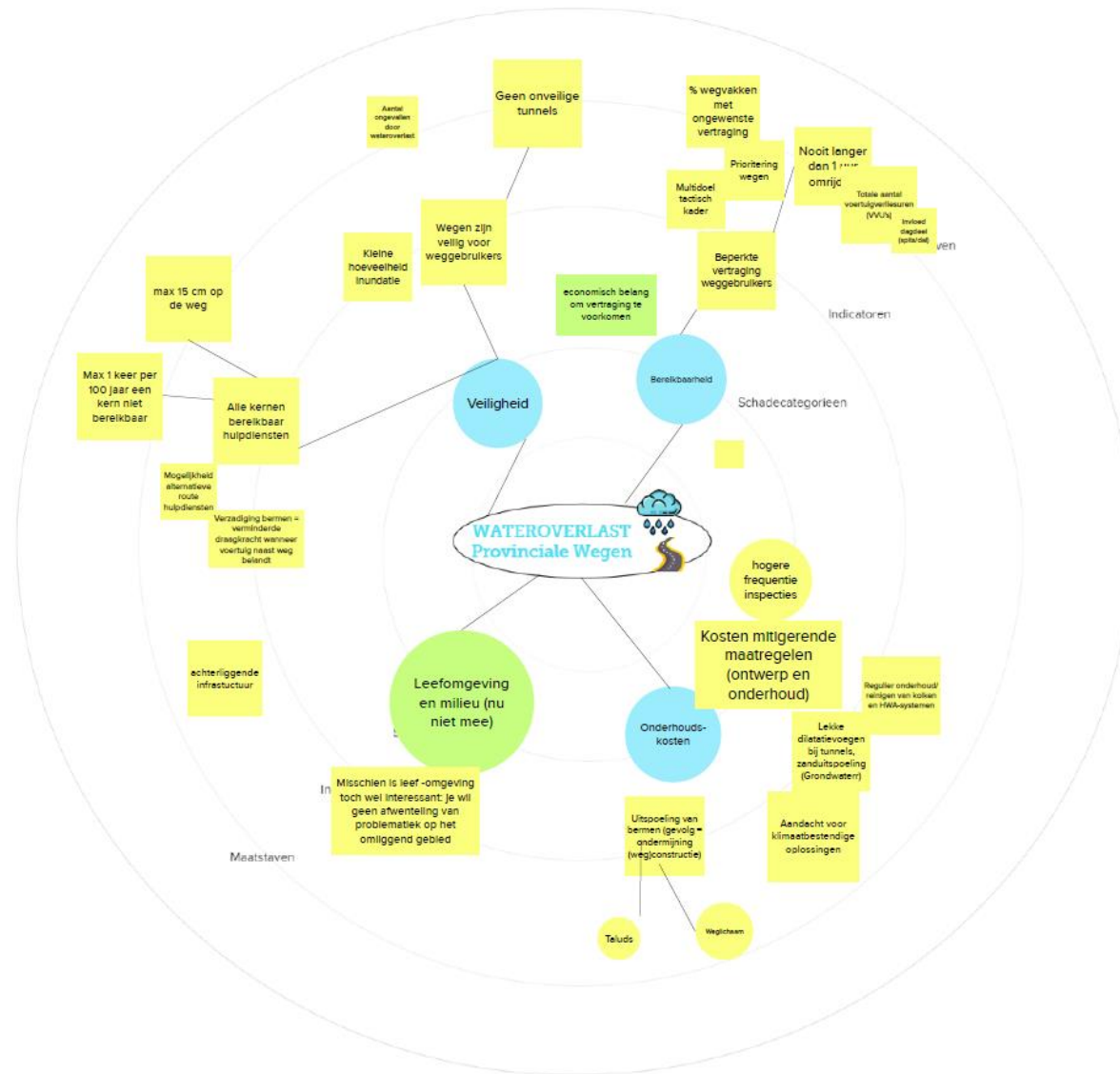
1. Het regulier beheer- en vervangingsprogramma voor wegen te gebruiken voor het oplossen van wateroverlastknelpunten. Dit betekent dat de opdrachtgever bij de voorbereiding van vervangingen en renovaties van wegen controleert op wateroverlastknelpunten en de voorgestelde oplossingsmethodiek doorloopt.
2. Bij de renovatie van tunnelgemalen de pompcapaciteit op te waarden binnen de bestaande bouwkundige randvoorwaarden. Vaak kan tegen geringe meerkosten een extra capaciteit van 10-20% gerealiseerd worden.
3. Te onderzoeken of het mogelijk en zinvol is om in de aanbesteding van beheer- en onderhoudscontracten ook het klimaatbestendig maken van wegen mee te laten wegen.
4. Bij het ontwerp van nieuwe provinciale wegen en kunstwerken rekening te houden met een bui die eens in de 100 jaar optreedt bij het klimaat van 2050. Bij het ontwerp van tunnels is belangrijk dat de opdrachtgever controleert of het daadwerkelijke inloopgebied bij hevige neerslag goed is bepaald.
5. Voor de komende vier jaar €125.000 per jaar vrij te maken om de extra maatregelen voor het klimaatbestendig maken van provinciale wegen te financieren.
6. In 2025 de tussentijdse resultaten en werkwijze te evalueren en indien nodig aan te passen.



# Bijlage 1 - Resultaten Mural Werksessie

## Werksessie Provinciale Wegen Zuid- Holland

24-03-2022 15:00 - 17:00





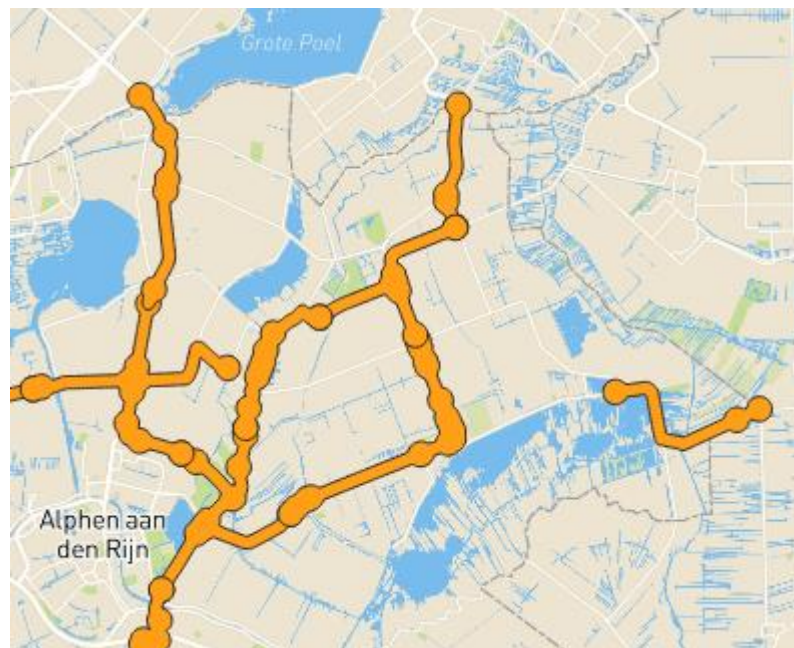
# Bijlage 2 – Uitgangspunten modellering

## Afkadering van modelgrenzen

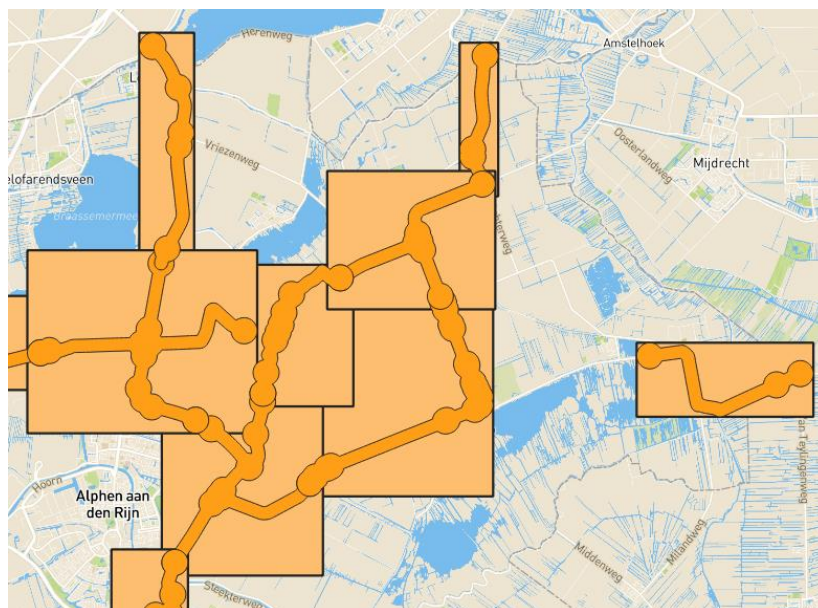
Om duidelijk in beeld te krijgen waar wateroverlast op zal treden ten tijde van extreme neerslag, is ervoor gekozen om modelmatig de provinciale infrastructuur van Zuid-Holland te toetsten. Dit wordt ook wel een stresstest genoemd. Deze stresstest gaat uit van een totale neerslag van 70 millimeter, over het relevante areaal rondom de wegen in beheer van de provincie, in een periode van één uur.

Het relevante areaal is bepaald aan de hand van het openbaar beschikbare wegenbestand, opgenomen in de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT). Hierbij zijn de wegen gefilterd op de wegbeheerder; de wegen die zijn meegenomen in de analyse zijn in het beheer van de Provincie Zuid-Holland.

Rondom de aslijnen van deze wegen is een buffer getrokken van 300 meter. Bij de uiteinden van wegen is extra bufferruimte meegenomen om er zeker van te zijn dat de modelgrenzen ver genoeg van de wegen af liggen. Dit ziet er als volgt uit:



Vervolgens zijn, aan de hand van de dimensies van deze bufferzones rondom de wegen, rechthoekige modelgrenzen bepaald. De deelmodellen zijn opgesteld omdat het gehele interessegebied te veel rekenkracht kost om in één model te kunnen berekenen. In totaal zijn er 85 deelmodellen opgesteld om de gehele provinciale infrastructuur in beeld te kunnen brengen.



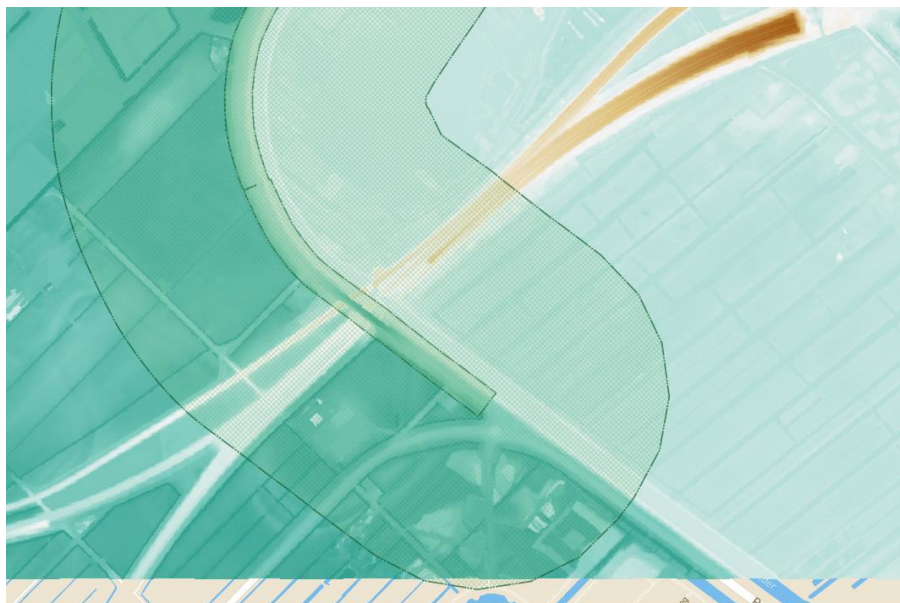
### Benodigde rasterinformatie

Nadat de omvang van de deelmodellen is bepaald, zijn voor ieder deelmodel de volgende rasters gedownload:

- De hoogtekaart (AHN4, meest recent) met een resolutie van 0.25 m<sup>2</sup>
- De landgebruikskaart (2021, meest recent) met een resolutie van 0.25 m<sup>2</sup>
- De infiltratiekaart (2021, meest recent) met een resolutie van 0.25 m<sup>2</sup>
- De frictierasters (2021, meest recent) met een resolutie van 0.25 m<sup>2</sup>

De infiltratie- en frictierasters zijn afgeleide producten van de landgebruikskaart. Deze landgebruikskaart is door Nelen & Schuurmans opgesteld en de doorvertaling naar frictie en infiltratie is ook met een ons zelf opgestelde methode gerealiseerd.

Om ervoor te zorgen dat de waterdiepte in het interessegebied, dus rondom de provinciale wegen, zo goed mogelijk wordt gemodelleerd, is verfijning op de rekencellen toegepast. Deze verfijning houdt in dat de afstand tussen rekenpunten in het model rondom de wegen zeer klein is, om een zo realistisch mogelijk beeld van de waterdieptes te kunnen creëren. Deze methode werkt met een grotere afstand tussen rekencellen verder van het interessegebied af, om de duur van de modelberekeningen te verkorten. Deze verfijning ziet er als volgt uit:



In een bufferzone van 50 meter rondom de weg is een zeer fijn rekengrid gebruikt. Hier wordt gerekend op een grid van 3x3 meter. In een bufferzone daarbuiten, tot aan 350 meter afstand van de weg, wordt gerekend met een rekengrid van 9x9 meter.

### Benodigde informatie rondom tunnels

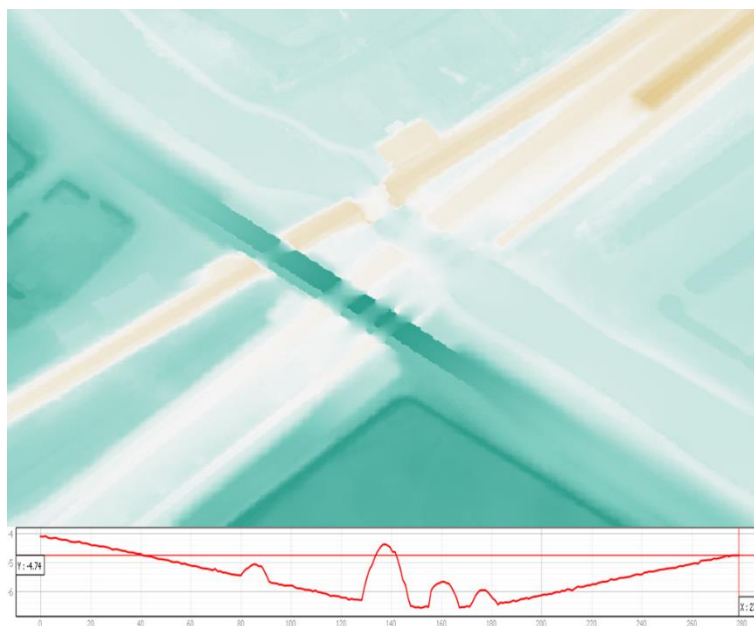
Een belangrijk onderdeel van de provinciale infrastructuur zijn tunnels. Deze zijn in een zogeheten 2D-model, waarbij alleen oppervlakkige afstroming wordt meegenomen, niet goed te modelleren. Binnen dit project hebben wij daarom extra modelmatige ingrepen genomen om ervoor te zorgen dat het waterdieptebeeld in de tunnels in lijn is met de werkelijkheid.

De tunnels hebben we onder de volgende aannames gemodelleerd:

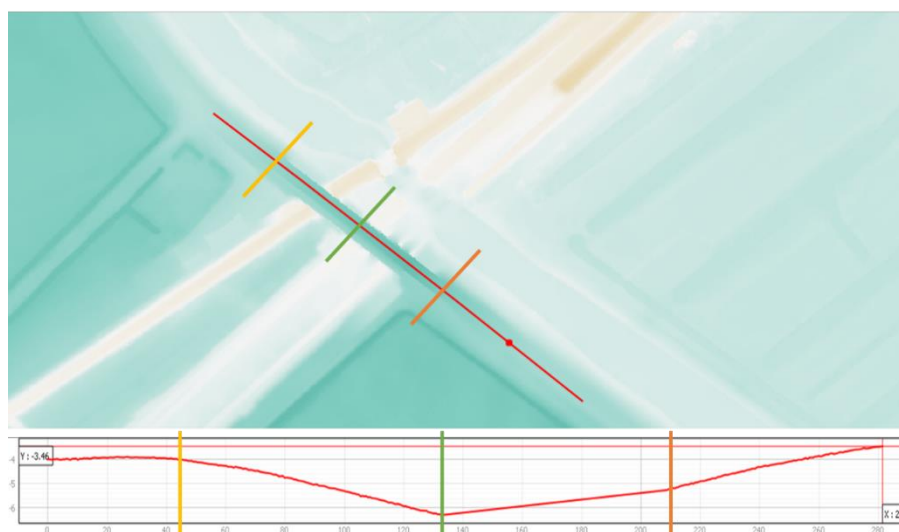
- Tunnelbak loopt lineair af naar het middelpunt van de tunnel, waar het tunnelgemaal zit.
- Obstakels worden toegevoegd om de directe instroming vanuit de zijkant te blokkeren (damwand)
- Tunnelgemaal pompt het water de modelgrenzen uit
- Gemaalcapaciteit en bergingscapaciteit (gemaalkelder) hebben wij overgenomen vanuit aangeleverde data van de Provincie Zuid-Holland

### Hoogteprofiel van de tunnelbak

In de hoogtekaart die per deelmodel opgehaald is, zijn artefacten rondom tunnels en overbruggingsdelen te vinden. Hier is namelijk de hoogte van het profiel geïnterpoleerd, wat leidt tot een hoogteprofiel zoals hieronder weergegeven:



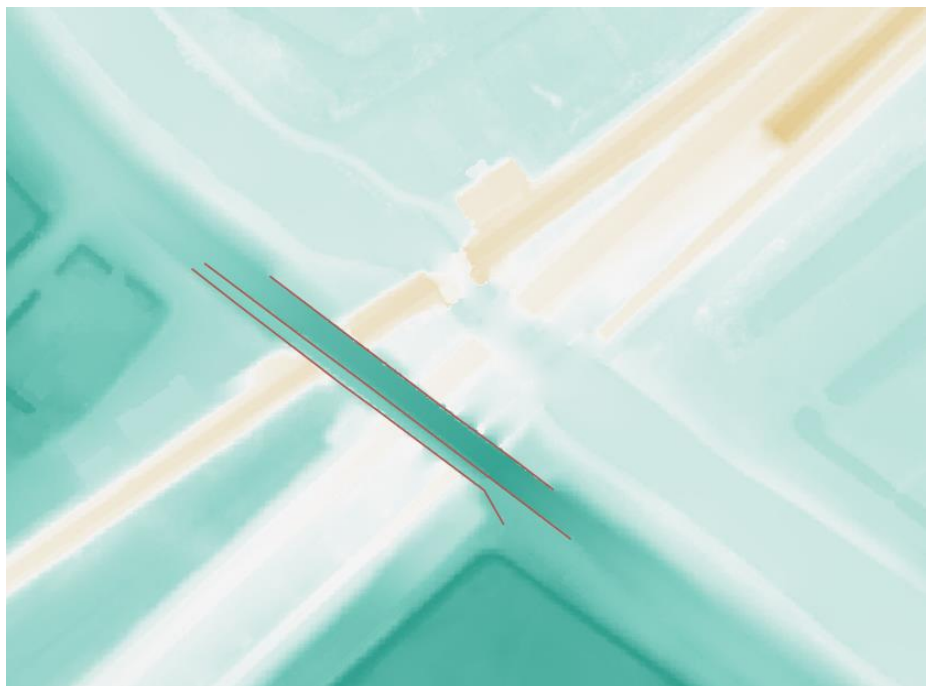
Een dergelijk hoogteprofiel zou leiden tot een onjuiste hoeveelheid water in de tunnel. Een deel van het water zal hierdoor tegen 'bulten' aan blijven staan waardoor de pomp niet wordt bereikt. Om dit op te lossen is het profiel van de tunnel geïnterpoleerd. Dit zorgt voor een dwarsdoorsnede zoals hieronder aangegeven.



Bij de groene doorsnede wordt in dit geval de pomp geplaatst, om zodoende ervoor te zorgen dat al het water ook daadwerkelijk de pomp bereikt.

### Obstakels toevoegen

Omdat in het tweedimensionale domein het water zal afstromen van hoog naar laag, zou in bovenstaande figuur veel water alsnog de tunnel direct instromen wat in werkelijkheid niet het geval is. Om dit te voorkomen zijn obstakels toegevoegd. Deze obstakels zijn in werkelijkheid ook aanwezig, in de vorm van damwanden of andere waterkerende objecten. Deze zijn in de modellering als volgt meegenomen:



Deze obstakels zorgen er voor dat water niet kan passeren. Aan deze obstakels wordt een hoogte meegegeven, in meters boven NAP, tot waar het water niet langs of over het obstakel zou kunnen stromen. Zodoende is de stroming langs obstakels, of over bij extreme waterdieptes, zo realistisch mogelijk gemodelleerd.

### Dimensies tunnelgemalen

De tunnelgemalen hebben stuk voor stuk een pompcapaciteit, een bergingscapaciteit en een hoogte waarbij de interactie met maaiveld optreedt. Hierbij zijn de tunnelgemalen meegenomen die in de autotunnels liggen waarvan het wegdeel in de tunnel in beheer van de provincie is. Deze tunnelgemalen pompen het water het model uit; het risico op rondpompen van water is dus met deze modelkeuze uitgesloten.

De pompcapaciteit en de bergingscapaciteit van de gemalen zijn beide aangeleverd door de provincie Zuid-Holland. Voor ieder van de tunnelgemalen is deze informatie 1 op 1 opgenomen in de pompkarakteristieken.

Voor het interactieniveau van de tunnelgemalen met het maaiveld, is aangenomen dat het startniveau ingesteld is op 0.1 meter onder maaiveld, zodat het water nog niet op maaiveld staat als de pomp aangaat. Het stopniveau van de pomp is ingesteld op 20 centimeter onder het startniveau, zodat de pomp niet te vaak aan en uit zal schakelen. De pomp- en bergingscapaciteit zijn vervolgens zo gekozen dat ze overeenkomen met de aangeleverde informatie. Opgemerkt dient te worden dat de 'capacity' in onderstaand voorbeeld de dimensies Liter per seconde heeft.

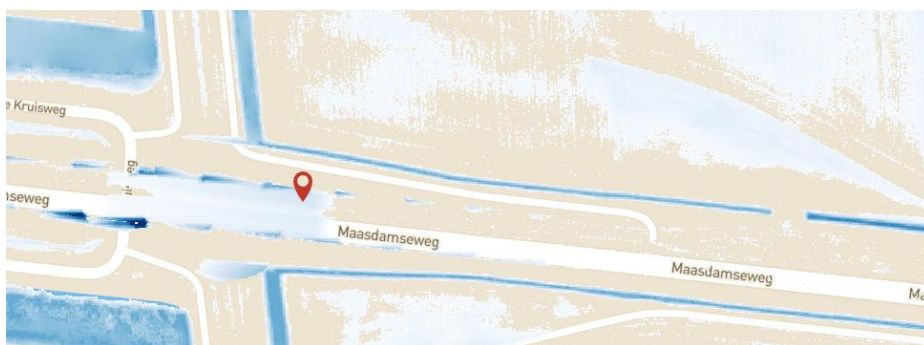
Characteristics	
start_level	-7.16
lower_stop_level	-7.36
upper_stop_level	NULL
capacity	50
type	1: pump reacts only on suction side
storage_area	36

## Modelvalidatie

Een aantal analyses zijn uitgevoerd om te kijken of de modelresultaten overeenkomen met de verwachtingen. Zo kijken we naar de waterdieptes en de herkomst van het water in de tunnels, de kwetsbaarheid van de wegen in deze analyse ten opzichte van de stresstest uit 2018, de activiteit van de tunnelgemalen, en de minimale en maximale waarden aangegeven in het waterdieptebeeld.

## Waterdieptes in de tunnel

Aangezien de tunnels lokale laagtes in het maaiveld zijn, waar veel water naartoe stroomt, is de hoeveelheid water van een tunnel interessant om te analyseren. In de tunnel aan de Maasdamseweg is een waterdiepte van 0.3 meter als maximale waterdiepte gevonden.



Het water dat dit tunnelgemaal bereikt komt uit het volgende afstroomgebied:



Dit afstroomgebied heeft een oppervlakte van  $\sim 9500 \text{ m}^2$  waarop een bui van 70mm in een uur is gevallen. Dit is een totaal volume van  $665 \text{ m}^3$ . Een deel van deze regen verdwijnt in de vorm van infiltratie, of vormt plassen. De rest wordt naar verwachting door de pomp het model uitgepompt.

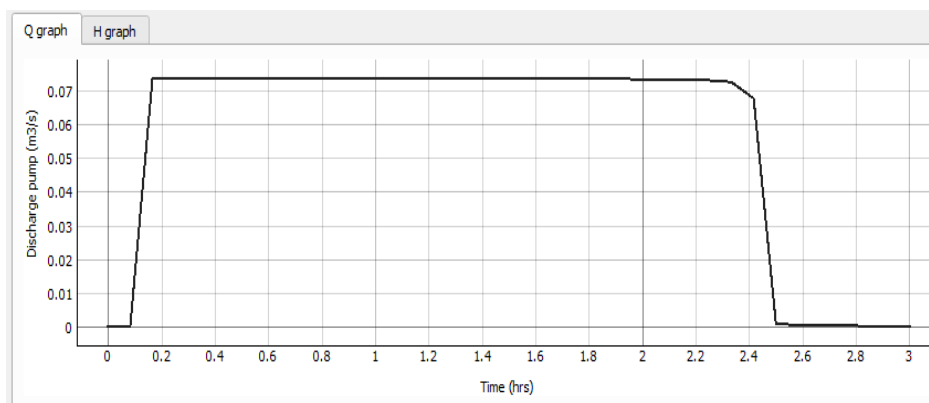
De pomp staat in totaal ongeveer 2 uur aan, en pompt het water het model uit met een debiet van  $270 \text{ m}^3$  per uur. In totaal is dit ongeveer  $530 \text{ m}^3$ . Er wordt dan dus ongeveer 80% van de regen die valt, weggepompt. Dit is in lijn met de verwachting op de voorbeeldlocatie.

## Kwetsbare routes

We zien dat de knelpunten in de analyse uit 2018 in grote mate overeenkomt met de knelpuntlocaties die uit deze analyse naar voren komen. Hierbij speelt de onbegaanbaarheid van tunnels een grote rol.

## Activiteit tunnelgemaal

Het tunnelgemaal waarbij een maximale waterdiepte van >30 cm water voorkomt, is actief voor ongeveer 2 uur. Aangenomen kan worden dat er in deze tijd, vanaf het moment dat het begint met regenen tot 2 uur later, al het water uit de tunnel is weggepompt.



# Bijlage 3 – Uitwerking Stappenplan

Aan de hand van de werkwijze uitgewerkt in dit rapport, is er voor ieder type knelpunt één voorbeeld uitgewerkt. Dit voorbeeld volgt de stappen uit het stappenplan, en onderbouwt de keuzes die hieruit voortvloeien.

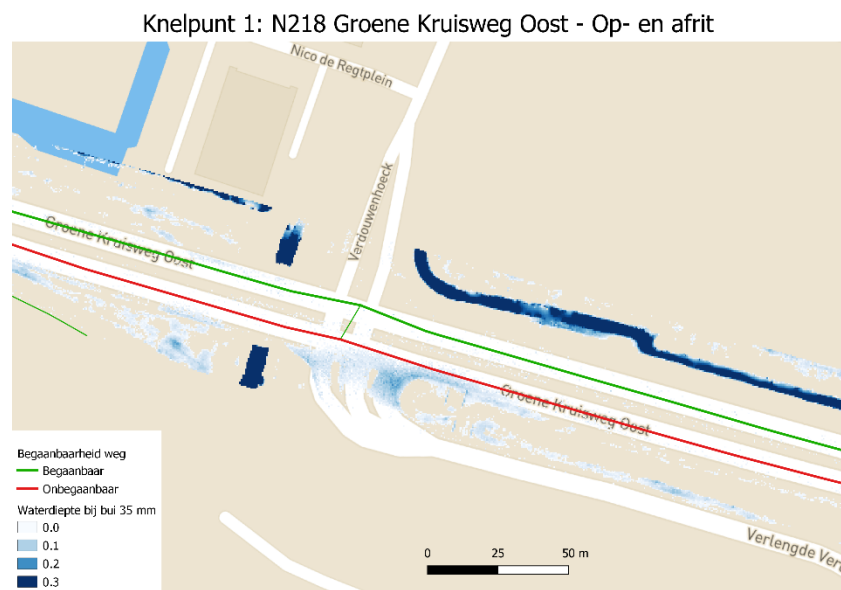
## 5.1 Knelpunt 1: N218 Groene Kruisweg Oost – Op- en afrit

### 5.1.1 Knelpuntenkaarten bekijken

Als eerste stap worden de kaarten die in dit project zijn ontwikkeld bekeken. Dit zijn:

- De waterdieptekaart bij een bui van 35mm
- De waterdieptekaart bij een bui van 70mm
- De duur-water-op-sstraat-kaart bij een bui van 35mm
- De begaanbaarheid wegen bij een bui van 35mm
- De begaanbaarheid wegen bij een bui van 70mm
- De begaanbaarheid wegen bui duur-water-op-sstraat bij een bui van 35mm

Door de kaarten integraal te bekijken, kan men een beeld krijgen van de problematiek die zich op een specifieke locatie afspeelt.

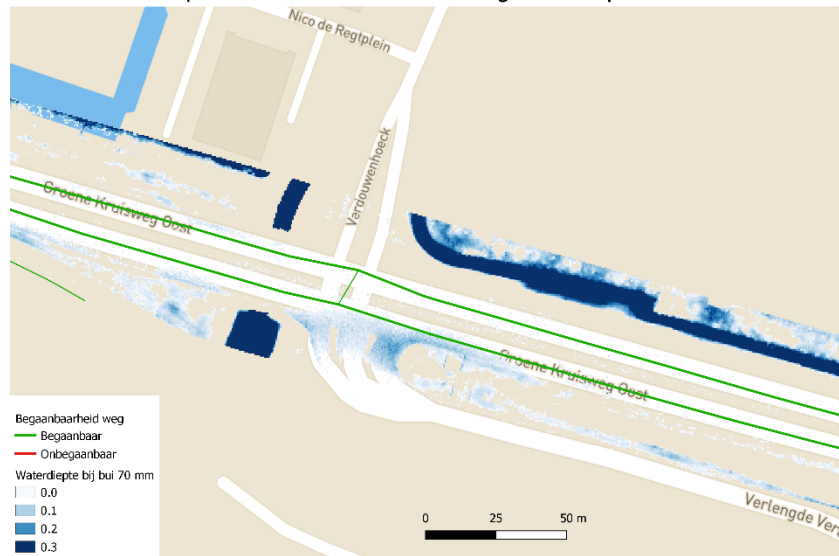


Figuur 1: Begaanbaarheid wegen en waterdiepte voor een 35 mm bui

Voor de 35 mm bui zien we in figuur 1 dat er water op het knelpunt ter hoogte van de op- en afrit staat. De hoeveelheid water die hier staat, resulteert in een plas met een diepte van meer dan 5 centimeter. Dit water staat op de provinciale weg en volgens het afwegingskader is bij een bui van 35 mm het wegdeel niet veilig begaanbaar. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus rood in de begaanbaarheidsanalyse voor een 35 mm bui.



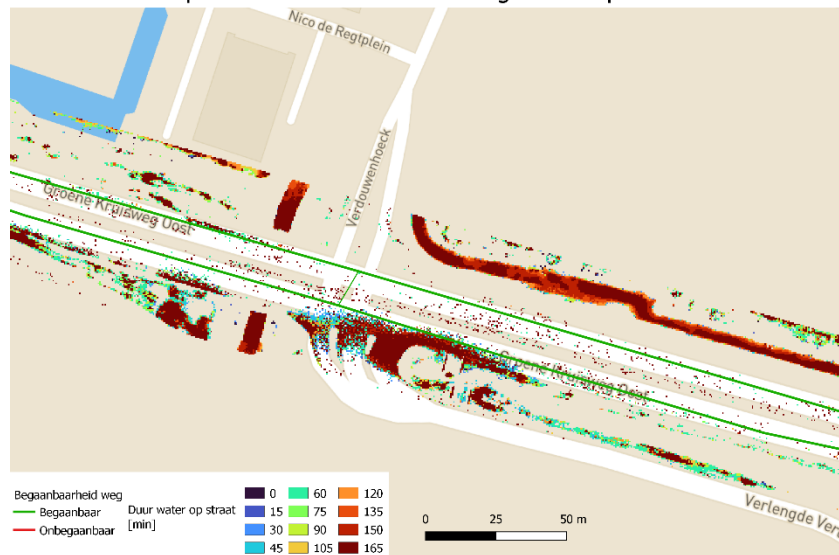
Knelpunt 1: N218 Groene Kruisweg Oost - Op- en afrit



Figuur 2: Begaanbaarheid wegen en waterdiepte voor een 70 mm bui

Voor de 70 mm bui zien we in figuur 2 dat er water op het knelpunt ter hoogte van de op- en afrit staat. De hoeveelheid water die hier staat, resulteert in een plas met een diepte van minder dan 15 centimeter. Dit water staat op de provinciale weg en volgens het afwegingskader is bij een bui van 70 mm het wegdeel niet veilig begaanbaar bij een waterdiepte van meer dan 15 centimeter. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus groen in de begaanbaarheidsanalyse voor een 70 mm bui.

Knelpunt 1: N218 Groene Kruisweg Oost - Op- en afrit



Figuur 3: Begaanbaarheid wegen en duur-water-op-straat voor een 35 mm bui

Voor de 35 mm bui zien we in figuur 3 dat er water op het knelpunt ter hoogte van de op- en afrit blijft staan. De hoeveelheid water die hier blijft staan, resulteert in een plas die langer dan 30 minuten op het knelpunt blijft staan, maar niet op de doorgaande weg zelf. Water dat op de provinciale weg staat en volgens het afwegingskader bij een bui van 35 mm het wegdeel niet veilig begaanbaar maakt, moet hier langer dan 30 minuten staan. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus groen in de begaanbaarheidsanalyse voor een

35 mm bui, omdat strikt genomen dit knelpunt niet tot overlast van de provinciale weg leidt.

Aan de hand van deze drie figuren zien we dat het knelpunt op de N218 nabij Heenvliet niet voldoet aan het afwegingskader voor de waterdiepte bij een bui van 35 mm. Het water blijft echter niet langer dan een half uur op de provinciale weg staan, en voor een bui van 70 mm is de waterdiepte ondiep genoeg om aan het afwegingskader te voldoen.

### 5.1.2 Analyse

#### Analyse – Validatie

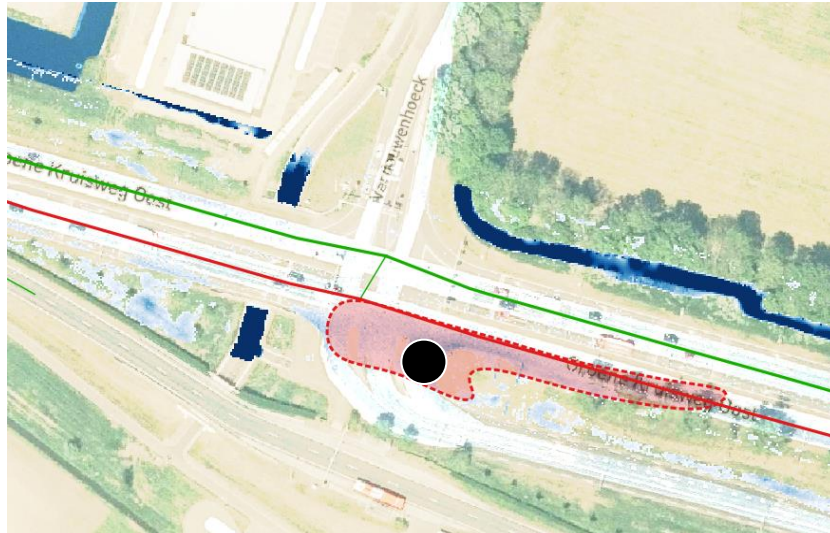
Aan de hand van de figuren, is bepaald dat het knelpunt zich voordoet bij de 35 mm bui, en dat het knelpunt niet langer dan 30 minuten wateroverlast veroorzaakt op deze locatie. Figuur 1 is daarom leidend om te kijken naar de oorzaak van de wateroverlast. De eerste stap die nu genomen moet worden is het verifiëren van het knelpunt in de praktijk. Dit kan voor alle provinciale wegen door de wegbeheerders van de provincie en de betreffende gemeente te benaderen. Ook kunnen weggebruikers worden gevraagd of zij de locatie in het verleden als onveilig hebben beschouwd. Als deze verificatie uitwijst dat het knelpunt in de praktijk ook tot wateroverlast leidt, kan verder worden gekeken. Er wordt vaak ook al een oorzaak aangewezen door stakeholders. Deze oorzaak moet vervolgens getoetst worden, maar bevat vaak zeer bruikbare informatie.

#### Analyse - Oorzaak

Vervolgens kan er gebruik gemaakt worden van verschillende hulpmiddelen die vanuit de data beschikbaar zijn, om de oorzaak van het knelpunt te bepalen. Dit zijn:

- Hoogtekaart AHN4
- Streamlines
- Stroombanen
- Afvoergebieden

Voor het oplossen van dit knelpunt is gebruik gemaakt van de afvoergebieden. Deze is weergegeven in Figuur 4. Dit afvoergebied toont het gehele gebied dat meer dan 1 m<sup>3</sup> aan water naar het knelpunt toevoert. Dit is een analyse die is uitgevoerd aan de hand van de stroombanen, waarbij de hoeveelheid afstroming bepaald wordt aan de stroming tussen twee rekencellen, waarbij de limiet dus op 1 m<sup>3</sup> wordt gezet over de gehele rekenperiode (1u regen à 35 mm en 1 uur droog om afstroming goed mee te nemen).

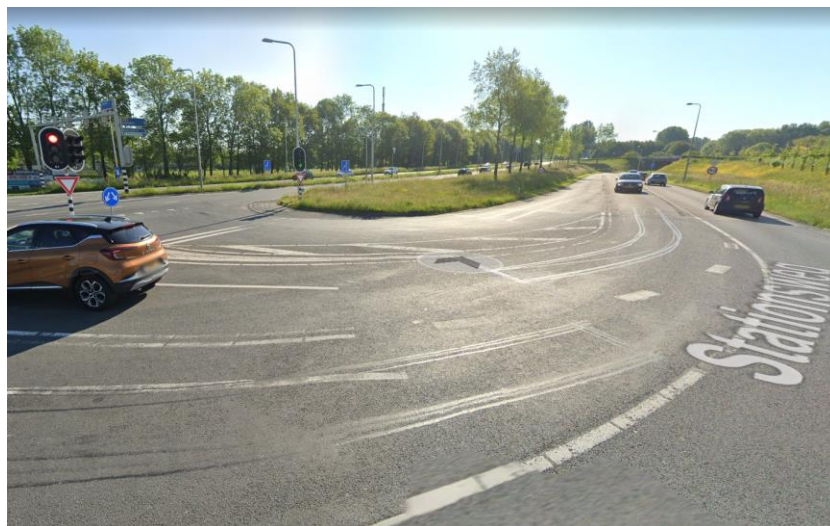


*Figuur 4: Knelpunt met afvoergebied*

### *Analyse – Type knelpunt*

Het knelpunt wat hier is beschreven is van het type op- en afrit. Dit type knelpunt wordt vaak gekarakteriseerd dooreen lokaal dieptepunt waar het water zich verzamelt. Ook hier is dit het geval. Ter hoogte van de stopstreep voor het stoplicht is het lokaal diepste punt.

Het type knelpunt bepaalt ook mede de oplossingsrichtingen. Zo is het in het geval van een op- en afrit vaak zo dat er een ruimte aanwezig is tussen de rijweg en de aansluitende op- en afrit. Zo ook op deze locatie; de groene strook afgebeeld in Figuur 5. In dit specifieke geval is de groenstrook niet bruikbaar. Het verlengde wegdeel van de op- en afrit is onder verhang aangelegd, waardoor de groene strook enorm uitgediept zou moeten worden wat niet haalbaar is en een onveilige situatie creëert.



*Figuur 5: Groene strook tussen provinciale weg en op- en afrit*

### *Analyse – Conclusie*

Uit het afvoergebied van het knelpunt blijkt dat het meeste water vanaf de weg zelf, en via de weg vanaf de groenstrook ernaast, het knelpunt bereikt. Dit betekent dat de oplossing voor het oplossen van dit knelpunt zich zal moeten richten op het beperken van

toestroming van water vanuit de groenstrook op de weg, of om de toestroming van water vanaf de weg naar dit laagste punt ergens anders te lozen. Deze oplossing kan niet worden gerealiseerd in de groenstrook zelf, door het sterke hoogteverschil tussen de provinciale weg en het verlengde van de weg die aansluit op de op- en afrit.

### 5.1.3 *Afweging oplossingen*

#### *Afweging oplossingen – Geschiktheid*

Voor het bepalen welke maatregel moet worden ingepast om het knelpunt op te lossen, is het van belang om een shortlist te maken van maatregelen die geschikt zijn. Voor het type op- en afrit zijn de volgende maatregelen opgenomen:

- Waterbuffercapaciteit toestromend gebied vergroten
- Wateroverlast van weg naar berm verplaatsen
- Hemelwater afvoeren naar watergangen
- Weg ophogen

Zoals eerder al benoemd is het inpassen van een waterbuffer in de groenstrook geen optie op deze locatie. Verder is er ook weinig inpassingsruimte beschikbaar om het probleem met vergrote buffercapaciteit op te lossen.

Aangezien het water op deze locatie vanuit de berm naar het knelpunt toestroomt, en het verlagen van de berm niet tot de opties behoort, is het verplaatsen van het probleem van de weg naar de berm geen optie.

Het afvoeren van hemelwater naar de watergangen ten noorden en zuiden zou een optie kunnen zijn. Dit moet in overeenstemming worden gedaan met het waterschap. Ook moet gekeken worden naar de beschikbare capaciteit van de watergang om overstroming van de watergang te voorkomen.

Het ophogen van de weg is hier geen optie omdat het knelpunt op een op- en afrit ligt. Het ophogen van de provinciale weg zal zodoende het probleem niet effectief verhelpen, maar verplaatsen verderop op de op- en afrit.

#### *Afweging oplossingen – Meekoppelkansen*

Tijdens het bepalen welke oplossing het best toepasbaar zal zijn, zal na de geschiktheid van mogelijke oplossingen gekeken moeten worden naar de kansen die er liggen om met de maatregel eventueel andere problemen ook te verhelpen. Zo is het op dit knelpunt zo dat de fietstunnel bij extreme neerslag ook onder water komt te staan, en dat de afwatering van deze fietstunnel is aangesloten op een watergang die bij extreme neerslag zijn capaciteit overschrijdt.

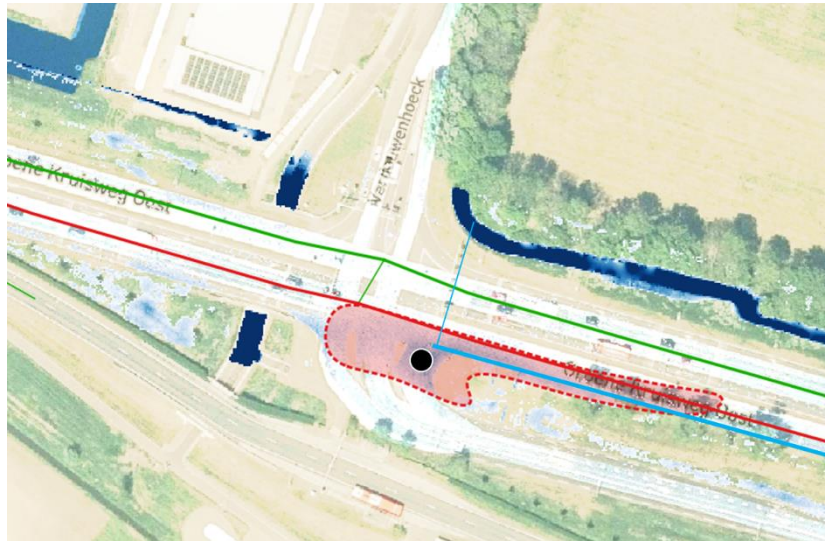
Bij het aanleggen van een maatregel die de wateroverlast op de provinciale weg oplost, kan er dus ook gekeken worden naar het oplossen van deze problematiek. Zo zou het aansluiten van een hemelwaterafvoer op een andere watergang, en het koppelen van de afwatering van de fietstunnel op het nieuw aan te leggen systeem, meerdere problemen verhelpen.

Ook bestaat er in sommige gevallen de mogelijkheid om in gesprek met gemeente of waterschap ervoor te zorgen dat ook wateroverlastlocaties van hen verholpen worden. Hierdoor kan er op kosten bespaard worden.

#### *Afweging oplossingen – Kosten*

Zodra de geschiktheid van maatregelen en meekoppelkansen in kaart zijn gebracht, zijn de kosten van de maatregel doorslaggevend voor de uiteindelijk uitvoering. Hiervoor zijn kostenkanten beschikbaar. Deze kanten zijn echter sterk afhankelijk van de

meekoppelkansen die zich voordoen per locatie. Als er bijvoorbeeld als grond verplaatst zal worden op een locatie, is het aanleggen van ondergrondse maatregelen zoals een hemelwaterafvoer goedkoper dan deze kentallen zullen aangeven.



*Figuur 6: Oplossing hemelwaterafvoer om knelpunt op te lossen*

Voor dit knelpunt is gebruik gemaakt van kostenkengetallen van RioNed uit 2021 (<https://www.riol.net/kostenkengetallen>). Uit de analyse voor deze locatie komt enkel het aanleggen van een hemelwaterafvoer als oplossing aan bod. Aangezien op deze locatie al infrastructuur is aangelegd, wat in het geval van knelpunten oplossen meestal het geval zal zijn, wordt er gebruik gemaakt van de kostenkengetallen die betrekking hebben op de vervanging van bestaand vrijvervalriool.

De kosten die hiermee gepaard gaan zijn opgenomen in tabel 1.

*Tabel 1: Kosten hemelwaterafvoersysteem over lengte van de weg, op basis van kostenkengetallen RioNed 2021.*

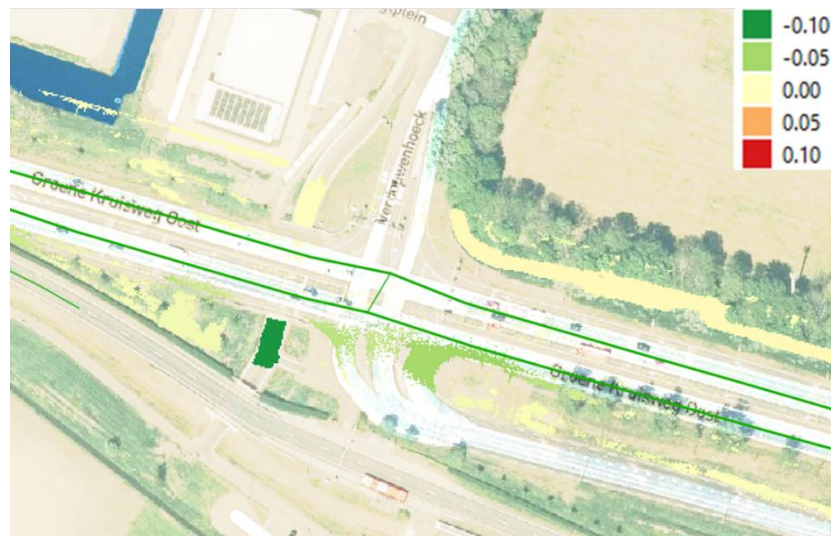
Type	Lengte [m]	Kosten per meter [€/m]	Totaal [€]
Rioolbuis	200	470	94.000,-
Kolk en kolkaansluiting	Iedere 10 meter over 200m	33	660,-
<b>Totaal</b>			<b>94.660,-</b>

De kosten in tabel 1 nemen hemelwaterafvoer mee die puur het knelpunt oplost. Het mogelijk oplossen van de waterproblematiek rondom de fietstunnel is hierin niet opgenomen. De effectiviteit van het huidige tunnelgemaal is namelijk in de modellering niet meegenomen. Om dus een sluitend advies hierover te kunnen geven is een meer uitgebreide modellering nodig.

#### 5.1.4 *Complexe situatie*

##### *Effectiviteit van maatregelen*

In het geval van dit knelpunt blijkt uit de analyse dat de voorgestelde maatregelen effectief genoeg zijn om het knelpunt op te lossen. De begaanbaarheid van de provinciale weg is opgenomen in Figuur 7 voor een bui van 35 mm. Aangezien de weg al voldeed aan de andere eisen, zijn deze niet weergegeven.



*Figuur 7: Knelpuntlocatie opgelost voor bui van 35 mm*

##### *Gedetailleerde analyse*

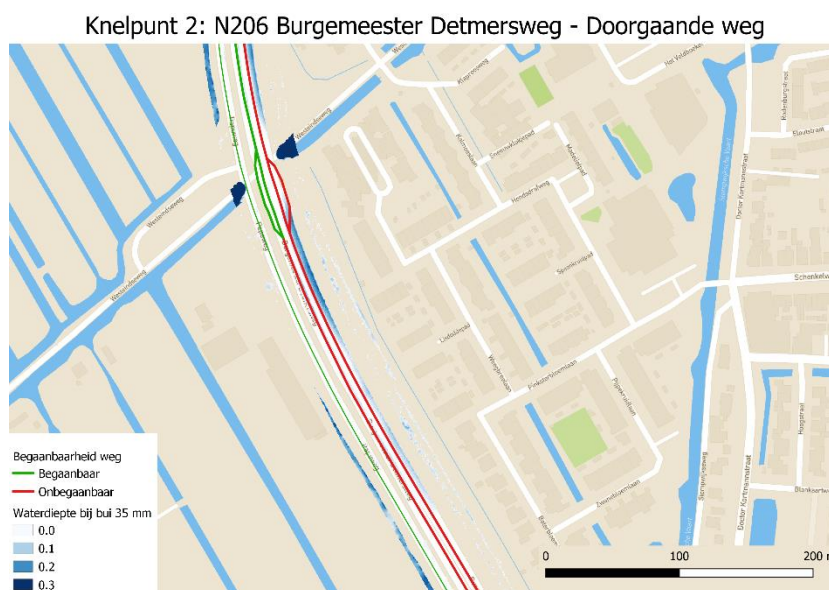
Er is dus geen noodzaak om hier een meer diepgaande analyse uit te voeren waarin details vanuit de omgeving in de modellering moeten worden meegenomen. Mocht de waterproblematiek voor de fietstunnel wel ook moeten worden opgelost, dan kan het tunnelgemaal hiervan worden meegenomen in een extra analyse, waarbij deze aangesloten wordt op het nieuw aangelegde hemelwatersysteem.

## 5.2 Knelpunt 2: N206 Burgemeester Detmersweg – Doorgaande weg

Als eerste stap worden de kaarten die in dit project zijn ontwikkeld bekeken. Dit zijn:

- De waterdieptekaart bij een bui van 35mm
- De waterdieptekaart bij een bui van 70mm
- De duur-water-op-straat-kaart bij een bui van 35mm
- De begaanbaarheid wegen bij een bui van 35mm
- De begaanbaarheid wegen bij een bui van 70mm
- De begaanbaarheid wegen bui duur-water-op-straat bij een bui van 35mm

Door de kaarten integraal te bekijken, kan men een beeld krijgen van de problematiek die zich op een specifieke locatie afspeelt.



*Figuur 8: Begaanbaarheid wegen en waterdiepte voor een 35 mm bui*

Voor de 35 mm bui zien we in figuur 8 dat er water over een deel van de doorgaande weg staat. De hoeveelheid water die hier staat, resulteert in een plas met een diepte van meer dan 5 centimeter. Volgens het afwegingskader is bij een bui van 35 mm deze doorgaande provinciale weg niet veilig begaanbaar. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus rood in de begaanbaarheidsanalyse voor een 35 mm bui.

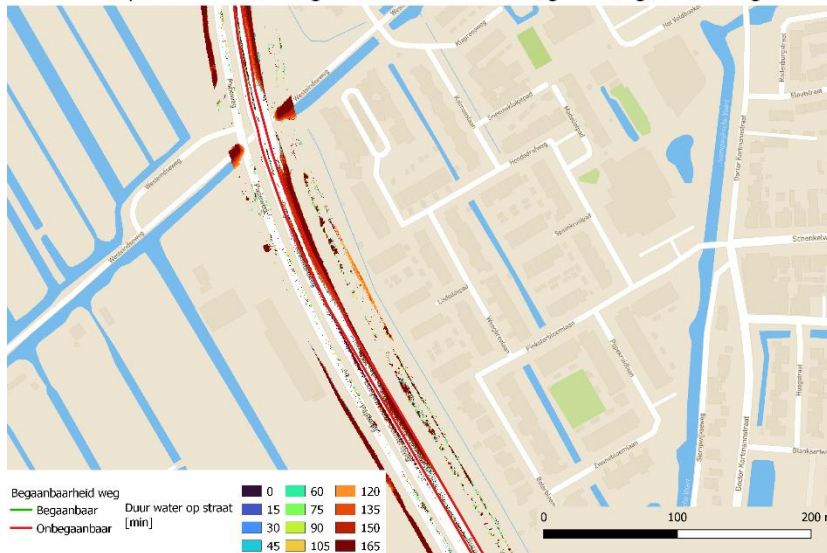
Knelpunt 2: N206 Burgemeester Detmersweg - Doorgaande weg



Figuur 2: Begaanbaarheid wegen en waterdiepte voor een 70 mm bui

Voor de 70 mm bui zien we in figuur 9 dat er water over een deel van de doorgaande weg staat. De hoeveelheid water die hier staat, resulteert in een plas met een diepte van minder dan 15 centimeter. Volgens het afwegingskader is bij een bui van 70 mm deze doorgaande provinciale weg veilig begaanbaar. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus groen in de begaanbaarheidsanalyse voor een 70mm bui.

Knelpunt 2: N206 Burgemeester Detmersweg - Doorgaande weg



Figuur 30: Begaanbaarheid wegen en duur-water-op-straat voor een 35 mm bui

Voor de 35 mm bui zien we in figuur 10 dat er water op de doorgaande weg blijft staan. Deze hoeveelheid water blijft langer dan 30 minuten op het knelpunt staan. Volgens het afwegingskader is water dat op de provinciale weg staat voor langer dan 30 minuten staan, niet acceptabel. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus rood in de begaanbaarheidsanalyse voor een 35 mm bui.



Aan de hand van deze drie figuren zien we dat het knelpunt op de N206 aan de Burgemeester Detmersweg niet voldoet aan het afwegingskader voor de waterdiepte en duur water op straat bij een bui van 35 mm. Bij een bui van 70 mm is de plas ondiep genoeg om aan het afwegingskader te voldoen.

### 5.2.1 Analyse

#### *Analyse – Validatie*

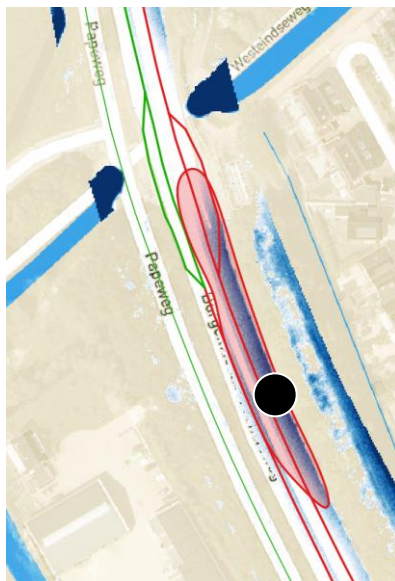
Aan de hand van de figuren, is bepaald dat het knelpunt zich voordoet bij de 35 mm bui, en dat er langer dan 30 minuten wateroverlast plaatsvindt op deze locatie. De eerste stap die nu genomen moet worden is het verifiëren van het knelpunt in de praktijk. Dit kan voor alle provinciale wegen door de wegbeheerders van de provincie en de betreffende gemeente te benaderen. Ook kunnen weggebruikers worden gevraagd of zij de locatie in het verleden als onveilig hebben beschouwd. Daarnaast ligt dit knelpunt vlakbij een woonwijk, en zullen buurtbewoners die geen autobestuurder zijn ook inzicht kunnen geven in het al dan niet daadwerkelijk optreden van dit knelpunt. Als deze verificatie uitwijst dat het knelpunt in de praktijk ook tot wateroverlast leidt, kan verder worden gekeken. Er wordt vaak ook al een oorzaak aangewezen door stakeholders. Deze oorzaak moet vervolgens getoetst worden, maar bevat vaak zeer bruikbare informatie.

#### *Analyse – Oorzaak*

Vervolgens kan er gebruik gemaakt worden van verschillende hulpmiddelen die vanuit de data beschikbaar zijn, om de oorzaak van het knelpunt te bepalen. Dit zijn:

- Hoogtekaart AHN4
- Streamlines
- Stroombanen
- Afvoergebieden

Voor het oplossen van dit knelpunt is gebruik gemaakt van de afvoergebieden. Deze is weergegeven in Figuur 11. Dit afvoergebied toont het gehele gebied dat meer dan 1 m<sup>3</sup> aan water naar het knelpunt toevoert. Dit is een analyse die is uitgevoerd aan de hand van de stroombanen, waarbij de hoeveelheid afstroming bepaald wordt aan de stroming tussen twee rekencellen, waarbij de limiet dus op 1 m<sup>3</sup> wordt gezet over de gehele rekenperiode (1u regen à 35 mm en 1 uur droog om afstroming goed mee te nemen).



*Figuur 41: Knelpunt met afvoergebied*

De wateroverlast op dit knelpunt komt vanaf de weg zelf. De brug die over de watergang loopt, ten noorden van het knelpunt, stroomt af richting dit lokaal laagste punt. Omdat er geen berm aanwezig is vanwege de geluidswal die direct naast de weg staat, kan het water nergens naartoe en blijft het dus op dit knelpunt staan.

#### *Analyse – Type knelpunt*

Het knelpunt wat hier is beschreven is van het type doorgaande weg. Voor dit type knelpunt blijft het water vaak tegen een constructie staan langs de weg, ter hoogte van een lokaal dieptepunt in het wegprofiel. Ook hier is dit het geval. De geluidswal langs de weg beperkt de afstroming van de weg naar de berm.



*Figuur 52: Geen waterhoudende berm langs doorgaande weg*

Het type knelpunt bepaalt ook mede de oplossingsrichtingen. Zo is er bij een doorgaande weg vaak alleen ruimte voor een maatregel onder het wegprofiel of in de berm.

#### *Analyse – Conclusie*

Uit het afvoergebied van het knelpunt blijkt dat het meeste water vanaf de weg zelf komt. Dit betekent dat de oplossing voor het oplossen van dit knelpunt zich zal moeten richten op het beperken van toestromend water vanaf de weg, en om de toestroming van water ergens anders te lozen.

### 5.2.2 *Afweging oplossingen*

#### *Afweging oplossingen – Geschiktheid*

Voor het bepalen welke maatregel moet worden ingepast om het knelpunt op te lossen, is het van belang om een shortlist te maken van maatregelen die geschikt zijn. Voor het type doorgaande weg zijn de volgende maatregelen opgenomen:

- Hemelwater afvoeren naar watergangen
- Weg ophogen
- Busbaan verlaagd aanleggen
- Berm benutten voor berging

Om het hemelwater af te voeren op de watergangen moet het afwateringssysteem onder de geluidswal door worden gelegd. Aan de andere zijde van deze geluidswal is een watergang waar het water op afgekoppeld kan worden.

Het ophogen van de weg behoort tot de opties. Het is hier echt een bebouwd gebied dus het ophogen van de weg zal gepaard moeten gaan met een enorme inspanning. Idealiter wordt dit alleen gedaan als onderhoud aan de weg ook nodig is.

Het verlagen van de busbaan zou hier een optie kunnen zijn. Het bergen van het water op de busbaan is een optie om zodoende de provinciale weg begaanbaar te houden. Deze busbaan is dan echter niet meer goed begaanbaar. Daarnaast kan het verlagen van de busbaan zonder ook de provinciale weg te verlagen, leiden tot gevaarlijke verkeerssituaties.

In deze locatie is het benutten van de berm geen optie. Het water stroomt over de weg naar het knelpunt. De berm aan de zijde van de geluidswal is zeer beperkt qua ruimte. Op de andere berm staan veel grote bomen, het aanpassen van deze berm ten behoeve van wateropslag zal de hittebestendigheid van de naastgelegen fietsroute verminderen.

#### *Afweging oplossingen – Meekoppelkansen*

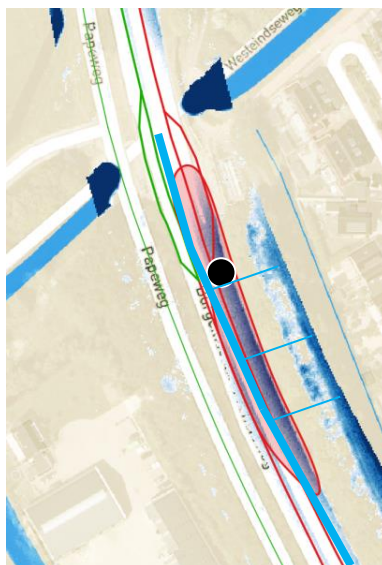
Tijdens het bepalen welke oplossing het best toepasbaar zal zijn, zal na de geschiktheid van mogelijke oplossingen gekeken moeten worden naar de kansen die er liggen om de maatregel in te passen in samenhang met andere bouwwerkzaamheden aan of rondom de weg.

Op de locatie van het knelpunt zal er een aanpassing worden gedaan aan de geluidswal naast de weg. Deze beperkt de geluidsoverlast momenteel onvoldoende. Om deze reden zal de geluidswal worden aangepast.

Tijdens deze werkzaamheden zou het aanleggen van een hemelwaterafvoersysteem goed mogelijk zijn. Dit zou de kosten van deze maatregel drukken en de wateroverlast op de knelpuntlocatie mogelijk verhelpen.

#### *Afweging oplossingen – Kosten*

Zodra de geschiktheid van maatregelen en meekoppelkansen in kaart is gebracht, zijn de kosten van de maatregel doorslaggevend voor de uiteindelijk uitvoering. Enkel voor geschikte maatregelen heeft het nut om een kosteninschatting te doen. Hiervoor zijn kostenkengetallen beschikbaar. Deze kengetallen zijn echter sterk afhankelijk van de meekoppelkansen die zich voordoen per locatie. Als er bijvoorbeeld al grond verplaatst zal worden op een locatie, is het aanleggen van ondergrondse maatregelen zoals een hemelwaterafvoer goedkoper dan uit deze kengetallen naar voren komt. Toch geeft dit een goed beeld van de ordegrootte waar rekening mee kan worden gehouden.



Figuur 63: Oplossing hemelwaterafvoer onder geluidswal om knelpunt op te lossen

Voor dit knelpunt is gebruik gemaakt van kostenkengetallen van RioNed uit 2021 (<https://www.riool.net/kostenkengetallen>). Uit de analyse voor deze locatie komt het aanleggen van een hemelwaterafvoer als oplossing aan bod. Aangezien op deze locatie al infrastructuur is aangelegd, wat in het geval van knelpunten oplossen meestal het geval zal zijn, wordt er gebruik gemaakt van de kostenkengetallen die betrekking hebben op de vervanging van bestaande vrijvervalriolering.

Tabel 2: Kosten hemelwaterafvoersysteem over lengte van de weg, op basis van kostenkengetallen RioNed 2021.

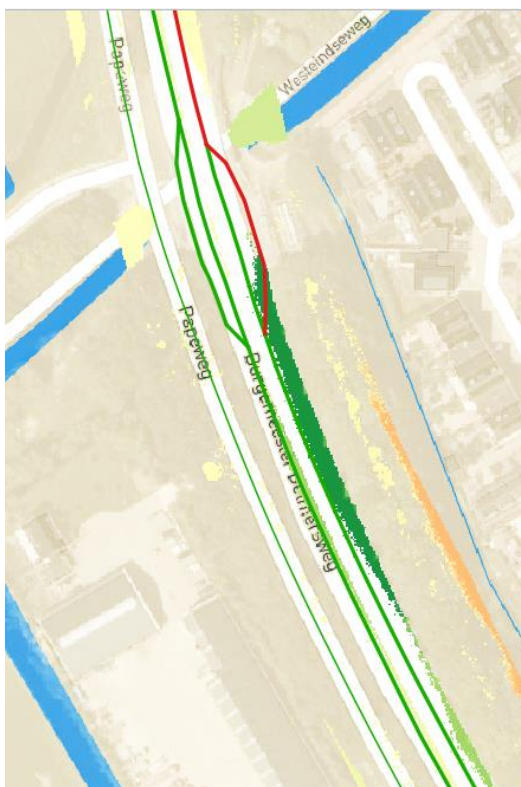
Type	Lengte [m] of aantal [-]	Kosten per meter [€/m] of per stuk [-]	Totaal [€]
Rioolbuis	225	470	105.750,-
Kolk en kolkaansluiting	Iedere 10 meter	330	6.600,-
<b>Totaal</b>			<b>112.350,-</b>

De kosten in bovenstaande tabel zijn bepaald voor het oplossen van dit knelpunt. Het mogelijk oplossen van de waterproblematiek ten noorden van dit knelpunt is niet meegenomen.

### 5.2.3 *Complexe situatie*

#### *Effectiviteit van maatregelen*

In het geval van dit knelpunt blijkt uit de analyse dat de voorgestelde maatregelen effectief genoeg zijn om het knelpunt op te lossen voor een bui van 35 mm.



Figuur 14: Knelpuntlocatie opgelost voor bui van 35 mm

#### *Gedetailleerde analyse*

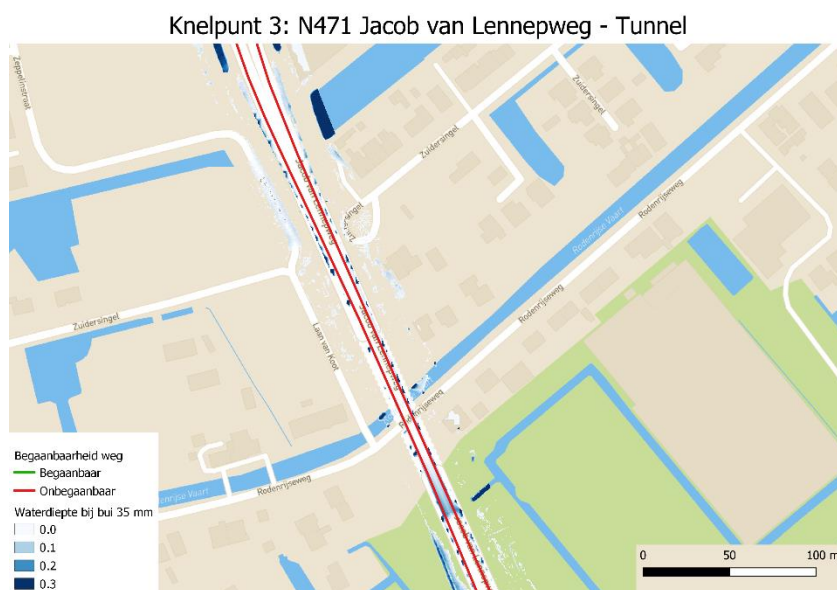
Er is geen noodzaak om hier een meer diepgaande analyse uit te voeren waarin details vanuit de omgeving in de modellering moeten worden meegenomen. Mocht er toch voor een andere oplossing worden gekozen, zoals het ophogen van de weg, dan zou het advies zijn om de situatie in zijn geheel te bekijken en dan dus ook het knelpunt ten noorden van de brug op te lossen.

### 5.3 Knelpunt 3: N471 Jacob van Lennepweg – Tunnel

Als eerste stap worden de kaarten die in dit project zijn ontwikkeld bekeken. Dit zijn:

- De waterdiepte kaart bij een bui van 35mm
- De waterdiepte kaart bij een bui van 70mm
- De duur-water-op-straat kaart bij een bui van 35mm
- De begaanbaarheid wegen bij een bui van 35mm
- De begaanbaarheid wegen bij een bui van 70mm
- De begaanbaarheid wegen bui duur-water-op-straat bij een bui van 35mm

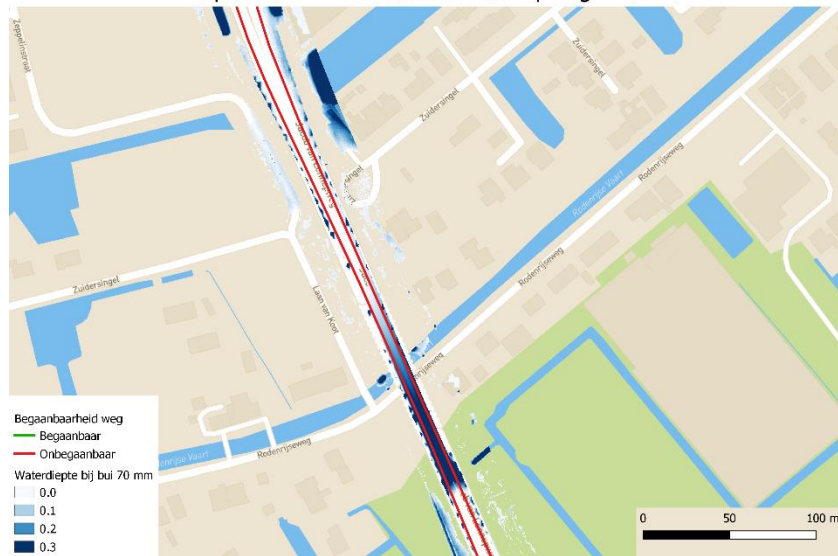
Door de kaarten integraal te bekijken, kan men een beeld krijgen van de problematiek die zich op een specifieke locatie afspeelt.



Figuur 15: Begaanbaarheid wegen en waterdiepte voor een 35 mm bui

Voor de 35 mm bui zien we in figuur 15 dat er water in de tunnel water blijft staan. De hoeveelheid water die hier staat, resulteert in een plas met een diepte van meer dan 5 centimeter. Dit water staat op de provinciale weg en volgens het afwegingskader is bij een bui van 35 mm het wegdeel niet veilig begaanbaar. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus rood in de begaanbaarheidsanalyse voor een 35 mm bui.

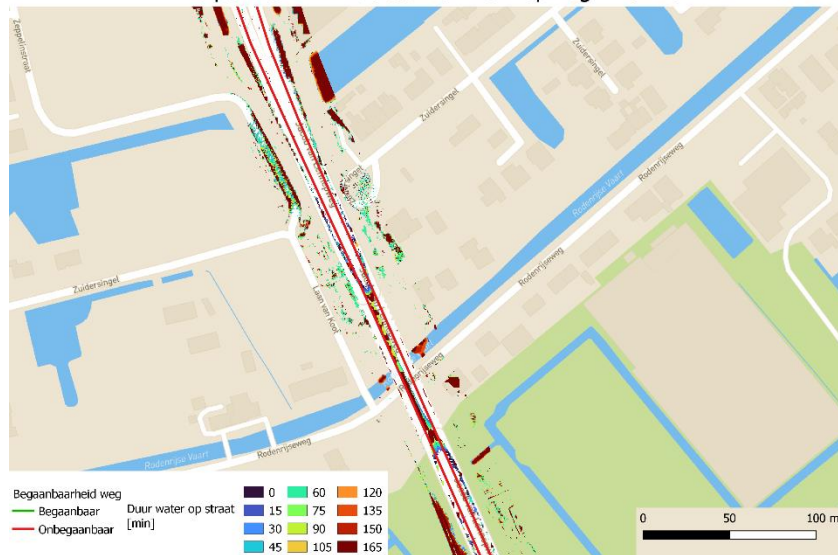
Knelpunt 3: N471 Jacob van Lennepweg - Tunnel



Figuur 16: Begaanbaarheid wegen en waterdiepte voor een 70 mm bui

Voor de 70 mm bui zien we in figuur 16 dat er veel water in de tunnel komt te staan. De hoeveelheid water die hier staat, resulteert in een plas met een diepte van meer dan 15 centimeter. Volgens het afwegingskader is bij een bui van 70 mm deze doorgaande provinciale weg niet veilig begaanbaar. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus rood in de begaanbaarheidsanalyse voor een 70mm bui.

Knelpunt 3: N471 Jacob van Lennepweg - Tunnel



Figuur 77: Begaanbaarheid wegen en duur-water-op-sstraat voor een 35 mm bui

Voor de 35 mm bui zien we in figuur 17 dat er water in de tunnel blijft staan. Deze hoeveelheid water blijft langer dan 30 minuten in de tunnel staan. Volgens het afwegingskader is water dat op de provinciale weg staat voor langer dan 30 minuten staan, niet acceptabel. De begaanbaarheid van dit wegvak kleurt dus rood in de begaanbaarheidsanalyse voor een 35 mm bui.

Aan de hand van deze drie figuren zien we dat het knelpunt op de N471 in de tunnel aan de Jacob van Lennepweg niet voldoet aan het afwegingskader voor de waterdiepte bij een bui van 35 mm, de waterdiepte bij een bui van 70 mm, en voor de duur van water op straat van meer dan 30 minuten bij 35 mm.

### 5.3.1 Analyse

#### Analyse – Validatie

De eerstvolgende stap die nu genomen moet worden is het verifiëren van het knelpunt in de praktijk. Dit kan voor alle provinciale wegen door de wegbeheerders van de provincie en de betreffende gemeente te benaderen. Ook kunnen weggebruikers worden gevraagd of zij de locatie in het verleden als onveilig hebben beschouwd. Daarnaast ligt dit knelpunt vlak bij een bedrijventerrein, en zullen eigenaren hiervan inzicht kunnen geven in het al dan niet daadwerkelijk optreden van wateroverlast bij dit knelpunt. Als deze verificatie uitwijst dat het knelpunt in de praktijk ook tot wateroverlast leidt, kan verder worden gekeken. Er wordt vaak ook al een oorzaak aangewezen door stakeholders. Deze oorzaak moet vervolgens getoetst worden, maar bevat vaak zeer bruikbare informatie.

#### Analyse – Oorzaak

Vervolgens kan er gebruik gemaakt worden van verschillende hulpmiddelen die vanuit de data beschikbaar zijn, om de oorzaak van het knelpunt te bepalen. Dit zijn:

- Hoogtekaart AHN4
- Streamlines
- Stroombanen
- Afvoergebieden

Voor het oplossen van dit knelpunt is gebruik gemaakt van de afvoergebieden. Deze is weergegeven in Figuur 18. Dit afvoergebied toont het gehele gebied dat meer dan 1 m<sup>3</sup> aan water naar het knelpunt toevoert. Dit is een analyse die is uitgevoerd aan de hand van de stroombanen, waarbij de hoeveelheid afstroming bepaald wordt aan de stroming tussen twee rekencellen, waarbij de limiet dus op 1 m<sup>3</sup> wordt gezet over de gehele rekenperiode (1u regen à 35 mm en 1 uur droog om afstroming goed mee te nemen).



Figuur 88: Knelpunt met afvoergebied



De oorzaak van wateroverlast bij dit specifieke knelpunt is de toestroom van water vanuit het noordelijke gebied. Vooral bij de 70 mm bui vergroot het afstroomvolume significant. Dit komt doordat er veel verhard oppervlak aanwezig is in de vorm van het bedrijventerrein ten noorden van de tunnel. Al het water wat hier vandaan komt, stroomt direct richting de tunnel. De tunnel zelf is hier niet op ontworpen en zal dus niet in staat zijn voldoende water te lozen.

#### *Analyse – Type knelpunt*

Het knelpunt wat hier is beschreven is van het type tunnel. Voor dit type knelpunt moet er in de oplossingsrichting zowel gekeken worden naar welke aanpassingen er kunnen worden gedaan om de afvoer van water uit de tunnel te verbeteren, alsook hoe de toestrooming van water kan worden beperkt.

Het type knelpunt bepaalt ook mede de oplossingsrichtingen. Zo is bij een tunnel het vergroten van de gemaalcapaciteit altijd een optie.



*Figuur 199: Toestroom van water wordt over weg richting tunnel geleid*

#### *Analyse – Conclusie*

Als laagste punt in de omgeving is deze tunnel gevoelig voor wateroverlast. Het verhogen van de gemaalcapaciteit om de tunnel sneller af te laten voeren is een denkrichting die specifiek toegepast dient te worden op dit type knelpunt.

#### *5.3.2 Afweging oplossingen*

##### *Afweging oplossingen – Geschiktheid*

Voor het bepalen welke maatregel moet worden ingepast om het knelpunt op te lossen, is het van belang om een shortlist te maken van maatregelen die geschikt zijn. Voor het type doorgaande weg zijn de volgende maatregelen opgenomen:

- Pompcapaciteit tunnel verhogen
- Toestroomgebied verkleinen met drempels
- Water afvoeren op watergang

De pompcapaciteit van het tunnelgemaal verhogen is een goede optie voor iedere tunnel binnen de Provincie Zuid-Holland. Dit zal echter gedaan moeten worden bij vervanging van de pomp, omdat het vervangen van de pomp in de tussentijd financieel niet te onderbouwen valt.

Het toestroomgebied kan worden verkleind door drempels toe te passen. Echter moet er goed gekeken worden naar de locaties waar dit mogelijk is. De provinciale weg zelf is namelijk niet geschikt voor drempels. De provinciale weg gaat ten noorden van het knelpunt echter wel over op kleinere wegen. Hier bestaan mogelijkheden om barrières te creëren om de toestroom van een groot gebied te beperken bij extreme neerslag.

Om het hemelwater af te voeren op de watergangen moeten nieuwe watergangen worden aangelegd, of moet er over significante afstand over privaat terrein water worden geleid. Dit omdat er geen watergang direct langs de tunnel loopt.

#### *Afweging oplossingen – Meekoppelkansen*

Tijdens het bepalen welke oplossing het best toepasbaar zal zijn, zal na de geschiktheid van mogelijke oplossingen gekeken moeten worden naar de kansen die er liggen om de maatregel in te passen in samenhang met andere bouwwerkzaamheden aan of rondom de weg.

Op de locatie van deze tunnel is er weinig bekend over activiteiten van de eigenaren van het bedrijventerrein, alsook niet van de niet bebouwde omgeving. Hierdoor is er voor nu geen mogelijkheid om het knelpunt op te lossen gebruikmakend van meekoppelkansen.

#### *Afweging oplossingen – Kosten*

Zodra de geschiktheid van maatregelen en meekoppelkansen in kaart is gebracht, zijn de kosten van de maatregel doorslaggevend voor de uiteindelijk uitvoering. Enkel voor geschikte maatregelen heeft het nut om een kosteninschatting te doen. Hiervoor zijn kostenkengetallen beschikbaar. Deze kengetallen zijn echter sterk afhankelijk van de meekoppelkansen die zich voordoen per locatie. Als er bijvoorbeeld al grond verplaatst zal worden op een locatie, is het aanleggen van ondergrondse maatregelen zoals een hemelwaterafvoer goedkoper dan uit deze kengetallen naar voren komt. Toch geeft dit een goed beeld van de ordegrrootte waar rekening mee kan worden gehouden.



Figuur 100: Oplossing hemelwaterafvoer onder geluidswal om knelpunt op te lossen

Voor dit knelpunt is gebruik gemaakt van kostenkengetallen van Deltares (<https://publicwiki.deltares.nl/display/AST/Tabellen+aanleg+en+beheerkosten>). Hierbij is het grondverzet de meest significante bijdrage aan de kosten. Het vergroten van het tunnelgemaal wordt aangenomen op 10% van de kosten die het vervangen van de pomp kost. Hier is geen bedrag voor opgegeven omdat dit sterk afhangt van wanneer dit gebeurt, en de grootte van de pomp zoals die nu is.

Tabel 3: Kosten beperken afstroming richting tunnel en vergroten pompcapaciteit op basis van kostenkengetallen van Deltates.

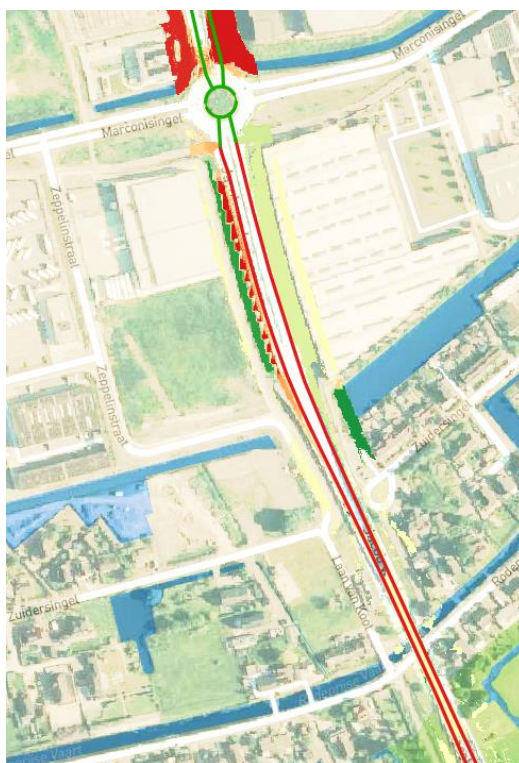
Type	Lengte [m] of aantal [-]	Kosten per eenheid	Totaal [€]
Berm ophogen	800 m	510 €/m	408.000,-
Rotonde aanpassen	2000 m <sup>2</sup>	30 €/m <sup>2</sup>	60.000,-
Capaciteit tunnelgemaal vergroten	1	10%	n.t.b.
<b>Totaal</b>			<b>468.000,-</b>

### 5.3.3 Complexe situatie

#### Effectiviteit van maatregelen

In het geval van dit knelpunt blijkt uit de analyse dat de voorgestelde maatregelen niet effectief genoeg zijn om het knelpunt op te lossen voor een bui van 35 mm en ook niet voor een bui van 70 mm. Wel toont figuur 21 dat er een afname is van de waterdiepte, maar deze afname is niet voldoende om de waterdiepte in de tunnel voldoende te verlagen.

Een belangrijke oorzaak van de wateroverlast is de toestroming van water vanuit het nabijgelegen bedrijventerrein. In de modellering is geen hemelwaterafvoersysteem meegenomen wat tot gevolg heeft dat een deel van het water wat op deze daken valt, in de tunnel terechtkomt. Dit resulteert mogelijk tot een overschatting van de daadwerkelijke situatie.



Figuur 111: Knelpuntlocatie niet opgelost voor bui van 35 mm

#### Gedetailleerde analyse

Om hier een oplossing voor het probleem te realiseren is een aanvullende analyse nodig waarin het hemelwaterafvoersysteem van het omliggende terrein is meegenomen. Zo kan er geanalyseerd worden waar het water daadwerkelijk vandaan komt en ook naartoe gaat. Het water dat in deze situatie alsnog de tunnel instroomt en van bedrijventerreinen afkomt, kan opgelost worden in samenhang met de gemeente en eigenaren van deze bedrijventerreinen. Dit kan door bijvoorbeeld aanpassingen van het hemelwaterafvoersysteem van deze bedrijven aan te passen.