

# Meten, monitoren en sturen in het stedelijk watersysteem

Afstudeerscriptie  
Maarten Zwijnenberg

Onderwijsinstelling: Hogeschool Van Hall Larenstein  
Deeltijd Land- en Watermanagement; minor GWW

Opdrachtgever: Gemeente Bergen op Zoom

Teteringen, juni 2015

**Opdrachtnemer****Hogeschool van Hall Larenstein**

Larensteinselaan 26a  
6882 CT Velp

**Opleiding**

Deeltijd Land- en Watermanagement  
Grond- weg- en waterbouw (GWW)

**Student**

Maarten Zwijnenberg  
Immenhof 22  
4847 SR Teteringen  
Studentnummer 761028102

**Begeleiding VHL**

Dhr. Bert Meijer

**Opdrachtgever****Gemeente Bergen op Zoom**

Jacob Obrechtlaan 4  
4611 AR Bergen op Zoom

**Begeleiding gemeente Bergen op Zoom**

Laurens van der Schraaf  
Daan van Grieken  
Hans van Tilburg

## Voorwoord

Als student van de deeltijd opleiding Land- en Watermanagement aan de hogeschool Van Hall Larenstein heb ik de laatste 4 maanden met veel plezier en enthousiasme gewerkt het aan het onderwerp 'Meten en Monitoren in een stedelijk watersysteem'. De gemeente Bergen op Zoom heeft mij eind februari de kans gegeven om over dit onderwerp een afstudeerscriptie te schrijven. Sinds die tijd heb ik veel geleerd en heb ik veel theorie van de opleiding in de praktijk kunnen brengen. Gedurende deze tijd was ik omringd door deskundige maar vooral gezellige collega's. Dat ik mijn afstudeerperiode als zeer prettig heb ervaren blijkt wel uit het feit dat ik vanaf 1 juli 2015 mijn stagebegeleiders mijn collega's mag noemen. Vanaf dat moment ga ik aan de slag als rioolbeheerder bij de gemeente Bergen op Zoom.

In een voorwoord behoort een woord van dank. Bij deze wil ik graag iedereen bedanken die een bijdrage heeft geleverd aan het onderzoek. Mijn collega's bij de gemeente Bergen op Zoom. Daan van Grieken en Hans van Tilburg voor een warm welkom en het beantwoorden van mijn vele vragen. En in het bijzonder Laurens van der Schraaf die gedurende de hele stageperiode voor mij klaar stond en veel parate kennis met mij heeft gedeeld.

Ook wil ik mijn stagebegeleider van hogeschool Van Hall Larenstein bedanken. De vele gesprekken met Bert Meijer waren leerzaam, recht voor de raap, constructief maar vooral erg gezellig!

Ik wens u veel plezier met het lezen van dit rapport,

Maarten Zwijnenberg

Teteringen, juni 2015

## Samenvatting

Er is tegenwoordig meer aandacht voor meten en monitoren in stedelijk watersystemen. Steeds vaker wordt, met behulp van meetapparatuur, inzichtelijk gemaakt hoe het stedelijk watersysteem hydraulisch functioneert. Dit is belangrijk om te weten omdat investeringen vaak op basis van een modelberekening wordt gedaan. Als het gedrag van het stelsel in de praktijk overeenkomt met het gedrag van het theoretisch model dan heb je een robuuste basis met betrekking tot grote investeringen voor verbetermaatregelen. Dit is in grote lijnen de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom

Het onderzoek richt zich op het stroomgebied Lange Weg in kern Bergen op Zoom. Dit stroomgebied heeft een gemengd stelsel en is, door haar lage ligging, hydraulisch geïsoleerd van de andere stroomgebieden. De belangrijkste hydraulische punten in het gebied zijn de vier externe overstortputten en het gemaal dat het rioolwater afvoert naar het stroomgebied Glacis Zeekant.

Er zijn verschillende gebeurtenissen die je kan meten in een stedelijk watersysteem. Deze gebeurtenissen kun je weer met verschillende meetprincipes bepalen. In de gemeente Bergen op Zoom zijn dit voornamelijk niveaumetingen van het rioolwater met de meetprincipes looptijd en hydrostatisch druk. Geen situatie is hetzelfde. Door goed naar de specifieke kenmerken van het pilotgebied te kijken kan bepaald worden welke meetinstrumenten het beste bij de welke situatie passen.

In een globale meetopzet is bepaald welke meetopstelling het beste aansluit bij de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom. De globale meetopzet is verder uitgewerkt in een meetplan. De meetopstelling die geadviseerd wordt in het meetplan bestaat uit een niveaumeting in de gemaalkelder en niveaumetingen bij de externe overstortputten in het pilotgebied. Voor de niveaumeting in de gemaalkelder wordt een ultrasone niveaumeter geadviseerd terwijl bij de externe overstortputten juist een hydrostatisch drukmeter wordt geadviseerd. Deze opstelling geeft een goed beeld van het vul- en ledigingsgedrag van het stedelijk watersysteem. Hierdoor krijg je een goed beeld van het hydraulisch functioneren in de praktijk.

Als laatste is er ook nog een doorkijk gemaakt met betrekking tot realtime toepassingen. In het pilot gebied wordt geadviseerd om bij de externe overstortputten realtime signalering toe te passen. Indien op deze locaties het oppervlaktewater in de overstortput een bepaalde hoogte bereikt, wordt een signaal naar de riool- en of gemaalbeheerder verzonden. Zo kan worden voorkomen dat oppervlaktewater het stelsel inloopt en naar de zuivering wordt gepompt. Tevens is een 'kanslocatie' in het oostelijk deel van het pilotgebied aangewezen die eventueel geschikt is voor realtime sturing. Dit houdt in dat het rioolwater op die locatie langer vastgehouden kan worden en, met behulp van een regelbare schuif, gecontroleerd kan worden afgevoerd naar een lager gelegen gebied.

## Inhoud

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Voorwoord</b> .....                                       |           |
| <b>Samenvatting</b> .....                                    |           |
| <b>Inhoud</b> .....                                          |           |
| <b>1 Inleiding</b> .....                                     | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Probleemstelling</b> .....                            | <b>2</b>  |
| <b>1.2 Onderzoeksvragen</b> .....                            | <b>2</b>  |
| <b>1.3 Doelstelling</b> .....                                | <b>2</b>  |
| <b>1.4 Keuze van het pilotgebied</b> .....                   | <b>3</b>  |
| <b>1.5 Beoogd product</b> .....                              | <b>3</b>  |
| <b>1.6 Methode</b> .....                                     | <b>4</b>  |
| <b>1.7 leeswijzer</b> .....                                  | <b>4</b>  |
| <b>1.8 Doelgroep</b> .....                                   | <b>4</b>  |
| <b>2 Onderzoeksopzet</b> .....                               | <b>5</b>  |
| <b>2.1 Analyse</b> .....                                     | <b>5</b>  |
| <b>2.2 Informatiebehoefte</b> .....                          | <b>5</b>  |
| <b>2.3 Globale meetopzet &amp; uitwerking meetplan</b> ..... | <b>5</b>  |
| <b>2.3.1 meetlocaties</b> .....                              | <b>6</b>  |
| <b>2.3.2 meetapparatuur</b> .....                            | <b>6</b>  |
| <b>2.4 Inventarisatie/ analyse bestaand meetnet</b> .....    | <b>6</b>  |
| <b>2.5 Kansen voor realtime toepassingen</b> .....           | <b>6</b>  |
| <b>2.6 Aanbevelingen</b> .....                               | <b>6</b>  |
| <b>3 Analyse Stroomgebied Lange Weg</b> .....                | <b>7</b>  |
| <b>3.1 Aan- en afvoer stroomgebied Lange Weg</b> .....       | <b>7</b>  |
| <b>3.2 Eigenschappen leidingen</b> .....                     | <b>8</b>  |
| <b>3.3 Overstortputten en gemalen</b> .....                  | <b>8</b>  |
| <b>3.4 Hoogteligging</b> .....                               | <b>9</b>  |
| <b>3.5 Oppervlaktewater</b> .....                            | <b>10</b> |

|                |                                                                      |           |
|----------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b>       | <b>Analyse meetprincipes/ meetinstrumenten .....</b>                 | <b>12</b> |
| <b>4.1</b>     | <b>Meetprincipes .....</b>                                           | <b>12</b> |
| <b>4.1.1</b>   | <b>Waterniveau .....</b>                                             | <b>12</b> |
| <b>4.1.1.1</b> | <b>waterniveau met principe hydrostatisch druk.....</b>              | <b>13</b> |
| <b>4.1.1.2</b> | <b>waterniveau met principe looptijd .....</b>                       | <b>13</b> |
| <b>4.1.2</b>   | <b>Stroomsnelheid.....</b>                                           | <b>13</b> |
| <b>4.1.2.1</b> | <b>Stroomsnelheid met principe looptijd.....</b>                     | <b>14</b> |
| <b>4.1.2.2</b> | <b>Stroomsnelheid met principe reflectiecorrelatie .....</b>         | <b>14</b> |
| <b>4.1.2.3</b> | <b>Stroomsnelheid met principe Doppler .....</b>                     | <b>15</b> |
| <b>4.1.2.4</b> | <b>Stroomsnelheid met principe electromagnetische inductie .....</b> | <b>15</b> |
| <b>4.1.3</b>   | <b>Neerslag .....</b>                                                | <b>15</b> |
| <b>4.2</b>     | <b>Aanwezige meetinstrumenten kern bergen op Zoom .....</b>          | <b>15</b> |
| <b>4.2.1</b>   | <b>Niveausensor Vegawell 52 .....</b>                                | <b>15</b> |
| <b>4.2.2</b>   | <b>Niveausensor Flygt LSU-100 .....</b>                              | <b>16</b> |
| <b>4.2.3</b>   | <b>Trilvorschakelaar Vegaswing 51 .....</b>                          | <b>16</b> |
| <b>4.3</b>     | <b>Ontsluiting meetgegevens.....</b>                                 | <b>16</b> |
| <b>4.3.1</b>   | <b>Onderstation .....</b>                                            | <b>16</b> |
| <b>4.3.2</b>   | <b>Hoofdpost .....</b>                                               | <b>17</b> |
| <b>4.3.3</b>   | <b>Software beheerder.....</b>                                       | <b>17</b> |
| <b>5</b>       | <b>Informatiebehoefte .....</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>5.1</b>     | <b>Wat is informatiebehoefte? .....</b>                              | <b>18</b> |
| <b>5.2</b>     | <b>Informatiebehoefte gemeente Bergen op Zoom.....</b>               | <b>20</b> |

|          |                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6</b> | <b>Globale meetopzet &amp; uitwerking meetplan</b>   | <b>21</b> |
| 6.1      | Globale meetopzet                                    | 21        |
| 6.1.1    | Hoe lang                                             | 21        |
| 6.1.2    | Hoe goed                                             | 21        |
| 6.1.3    | Wat & waar                                           | 21        |
| 6.2      | Uitwerking meetplan                                  | 22        |
| 6.2.1    | meetlocaties                                         | 22        |
| 6.2.1.1  | Gemaalkelder                                         | 23        |
| 6.2.1.2  | Afvoerende leiding                                   | 23        |
| 6.2.1.3  | Externe overstortputten                              | 24        |
| 6.2.2    | meetapparatuur                                       | 25        |
| 6.2.2.1  | Niveaumeting in de gemaalkelder                      | 25        |
| 6.2.2.2  | Niveaumeting in externe overstortputten              | 26        |
| 6.2.2.3  | Ontsluiting meetgegevens                             | 27        |
| 6.3      | Geografische weergave meetopstelling                 | 28        |
| <b>7</b> | <b>Inventarisatie/ analyse bestaand meetnet</b>      | <b>29</b> |
| 7.1      | Externe overstortput 250002 (Hof van Paltz)          | 29        |
| 7.2      | Externe overstortput 250070 (Hof van Sulzbach)       | 30        |
| 7.3      | Gemaal 251122 (Hof van Voorne)                       | 31        |
| 7.4      | Ontsluiting meetgegevens                             | 31        |
| 7.5      | Geografische weergave huidige meetopstelling         | 32        |
| <b>8</b> | <b>Kansen voor realtime toepassingen</b>             | <b>33</b> |
| 8.1      | Realtime signalering                                 | 33        |
| 8.2      | Realtime sturing                                     | 33        |
| 8.3      | Geografische weergave realtime toepassingen (kansen) | 35        |
| <b>9</b> | <b>Aanbevelingen</b>                                 | <b>36</b> |
|          | Bijlagen 1: kaarten van stroomgebied Lange Weg       | 37        |
|          | Bijlagen 2: foto's oppervlaktewater                  | 42        |
|          | Bijlagen 3: productinformatie meetinstrumenten       | 45        |
|          | Bijlagen 4: onderhoudstabel meetinstrumenten         | 49        |
|          | Bronvermelding                                       | 51        |

# 1 Inleiding

Water staat hoog op de politieke agenda. Door de verandering van het klimaat en de verstedelijking neemt de druk op het stedelijke watersysteem gestaag toe. In de afgelopen 30 jaar werd vooral geïnvesteerd in het aanleggen van gescheiden systemen, grotere diameters en betonnen constructies om meer berging in het systeem te creëren en zo de hoeveelheid en gevolgen van het overstorten van rioolwater op het oppervlaktewater te beperken. Tegenwoordig blijkt deze manier van werken steeds vaker te haperen. Klimaatsveranderingen en veranderingen in ruimte- en grondgebruik hebben ervoor gezorgd dat het besef is gegroeid dat het toekomstige waterbeheer een andere aanpak vereist. Mede door de economische crisis zijn overheden gedwongen doelmatiger te werken, hetzelfde resultaat maar dan met een aanzienlijk kleiner budget. Gemeenten dienen samen te werken om zo kosten te besparen. De gemeenten Bergen op Zoom, Halderberge, Moerdijk, Steenbergen, Woensdrecht, Roosendaal en waterschap Brabantse Delta werken op planvormingsniveau met z'n allen samen in de Waterkring West.

Eén van de onderwerpen waar de Waterkring West zich over buigt is het meten en monitoren van het stedelijke watersysteem. Met behulp van meten en monitoren is het mogelijk om een goed inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van het stelsel. Functioneert het systeem in de praktijk precies zoals het model had berekend? Maar beter inzicht betekent ook dat men betere afwegingen kan maken met betrekking tot investeringen van het stelsel. Verbetermaatregelen worden immers getoetst in een model aan standaardbuizen, afhankelijk van de ontwerpnormen. Naast het toetsen van het hydraulisch functioneren kun je het meetnet ook inrichten zodat realtime toepassingen kunnen worden gerealiseerd.

De gemeente Bergen op Zoom beschikt, in tegenstelling tot andere gemeenten van de Waterkring West, al over een meetnet in het rioolstelsel. Dat wil zeggen, de apparatuur is fysiek aanwezig en het wordt vervangen indien het defect is. Met de verzamelde data, niveau- en debietmetingen, wordt echter tot op heden vrij weinig gedaan. De gemeente Bergen op Zoom wil graag weten hoe het meetnet van de gemeente functioneert en hoe het geoptimaliseerd kan worden zodat men kan vergelijken of het hydraulisch functioneren in de praktijk overeenkomt met de theorie.

## 1.1 Probleemstelling

*In deze afstudeerscriptie wordt antwoord gegeven op de vraag: “Hoe moet een meetnet worden ingericht om het hydraulisch functioneren van een stedelijk watersysteem in de praktijk te toetsen, zodat je een robuuste basis hebt met betrekking tot grote investeringen voor verbetermaatregelen, en gebruik te kunnen maken van realtime-toepassingen”.*

## 1.2 Onderzoeksvragen

- Hoe, met de nadruk op het hydraulisch functioneren, is het stedelijk watersysteem in het pilotgebied opgebouwd?
- Met welke meetprincipes en met welke meetinstrumenten is het mogelijk om functionele data te meten in een stedelijk watersysteem, gericht op het hydraulisch functioneren en realtime-toepassingen?
- Wat is de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom?
- hoe vertaal je deze informatiebehoefte naar een globale meetopzet in het pilotgebied?
- Op welke locaties in het stedelijk watersysteem van de gemeente Bergen op Zoom zijn meetinstrumenten aanwezig?
- Op welke manier kan de gemeten data uitgelezen worden en hoe kunnen realtime-toepassingen worden geactiveerd?
- Wat zijn de kansen in het pilotgebied op het gebied van realtime toepassingen?

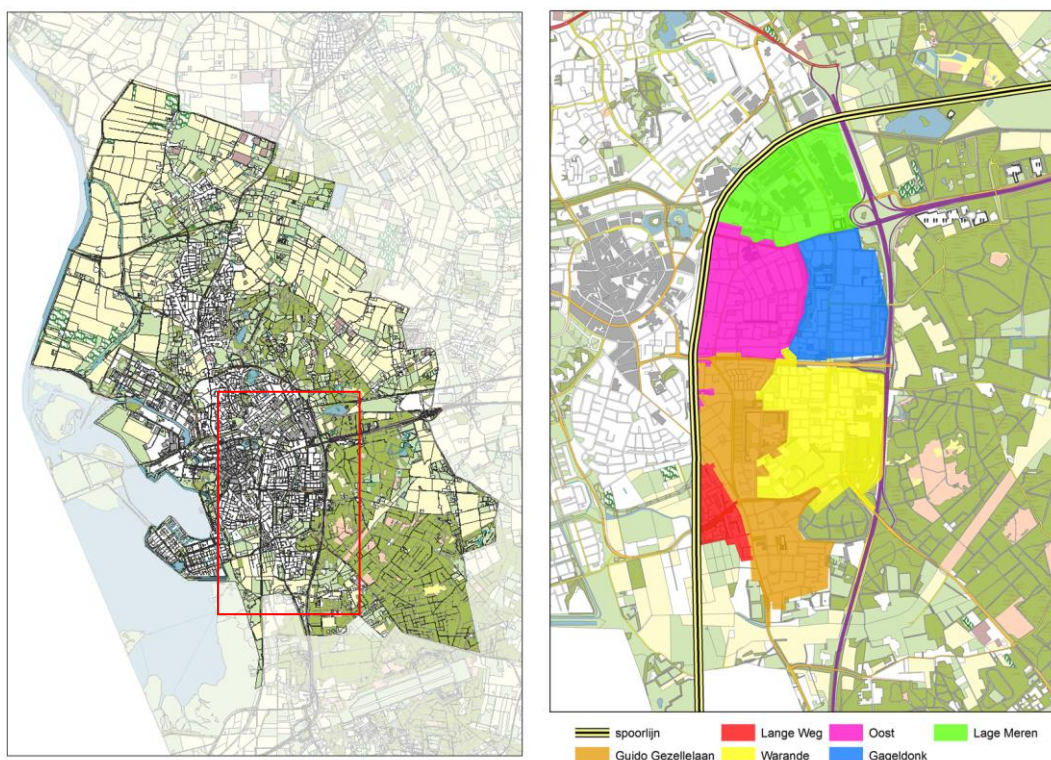
## 1.3 Doelstelling

De doelstelling van dit afstudeerproject is het inzichtelijk maken van de mogelijkheden om met behulp van een meetnet het hydraulisch functioneren van het pilotgebied te toetsen in de praktijk, zodat je een robuuste basis hebt met betrekking tot grote investeringen voor verbetermaatregelen. Tevens wordt er gekeken wat de mogelijkheden zijn om realtime toepassingen in te zetten. Het onderzoek van het pilotgebied kan uiteindelijk door de gemeente uitgerold worden over de resterende stroomgebieden van de gemeente Bergen op Zoom.

## 1.4 Keuze van het pilotgebied

De gemeente Bergen op Zoom bestaat uit de kernen Bergen op Zoom, Halsteren en Lepelstraat. De kern Bergen op Zoom is weer onderverdeeld in 77 stroomgebieden (BRP kern Bergen op Zoom 2009). Het onderzoek naar het inrichten van een meetnet in het stedelijk watersysteem heeft zich beperkt tot de 'gemengde' stroomgebieden ten oosten van het spoor in de kern Bergen op Zoom. Omdat ieder stroomgebied over veel specifieke gebiedskenmerken beschikt, was het moeilijk in te schatten hoeveel gebieden in deze afstudeeropdracht behandeld konden worden.

Uiteindelijk is besloten om stroomgebied Lange Weg te gebruiken als pilotgebied. Dit stroomgebied is geïsoleerd van de andere stroomgebieden en heeft met zijn hoogteligging het meest interessante watersysteem. Op figuur 1.1 zijn zes stroomgebieden weergegeven die aanvankelijk in aanmerking kwamen voor het onderzoek. Stroomgebied Lange Weg is meest zuidelijke stroomgebied aan het spoor en wordt weergegeven in de kleur rood.



Figuur 1.1 Ligging van de 6 stroomgebieden in de kern Bergen op Zoom (BRP kern Bergen op Zoom, 2009)

## 1.5 Beoogd product

Het beoogd product van dit afstudeeronderzoek is een rapport ondersteund door een aantal GIS tekeningen. In het rapport wordt een advies voor het stroomgebied Lange Weg gegeven.

Het advies wordt tevens gevisualiseerd door onderstaande tekeningen:

A3 tekening; advies meetnet stroomgebied Lange Weg.

A3 tekening; huidige situatie meetnet kern Bergen op Zoom.

A3 tekening; kansen stroomgebied Lange Weg gericht op realtime toepassingen.

## 1.6 Methode

Van het onderwerp meten en monitoren is al veel bekend. Met name Stichting Rioned heeft veel kennis beschikbaar in de vorm van verschillende modules. Ook zijn er veel overheidsorganen die op dit moment stoeien met het onderwerp. Veel van deze onderzoeken/ publicaties zijn terug te vinden op internet. Dit is de voornaamste reden dat een deel van het onderzoek middels **literatuurstudie** tot stand is gekomen.

Ook **data-analyse** heeft een groot aandeel in het onderzoek. Er is veel data beschikbaar in het beheerprogramma van de gemeente Bergen op Zoom. Deze ruwe data is oproepbaar maar in één oogopslag geografisch moeilijk te plaatsen. Door de juiste data te exporteren en te koppelen met ander nuttige beschikbare data kan het stroomgebied geografisch zo in ArcGis gevisualiseerd worden dat dit een nuttig hulpmiddel wordt bij de analyse van het stroomgebied Lange Weg.

De analyse van het stroomgebied Lange Weg is tevens tot stand gekomen door middel van **veldwerk**. Alle bemeten locaties zijn bezocht zodat er een goed beeld is ontstaan van het huidige meetnet in relatie tot de ligging van het gebied.

Naast bovenstaande methodes hebben **discussies met experts**, de riool- en gemalenbeheerders van de gemeente Bergen op Zoom, veel input opgeleverd. Deze ervaringsdeskundige hebben veel kennis van de materie en weten dus vaak welke theorie in de praktijk lastig uitvoerbaar is of juist heel goed werkt.

## 1.7 leeswijzer

Het rapport wordt als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksopzet toegelicht. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 het pilotgebied geanalyseerd. Hierbij worden alle specifieke kenmerken die met het hydraulisch functioneren van het stedelijk watersysteem te maken hebben behandeld. Hoofdstuk 4 staat in het teken van alle meetprincipes en meetinstrumenten die op dit moment gebruikt worden in de kern Bergen op Zoom. Ook de ontsluiting van de meetgegevens wordt hier toegelicht. In hoofdstuk 5 wordt de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom behandeld. Hierop volgt in hoofdstuk 6 eerst een globale meetopzet dat vervolgens is uitgewerkt tot een advies voor het pilotgebied. In Hoofdstuk 7 wordt een inventarisatie van het huidige meetnet gemaakt. Hoofdstuk 8 wordt gekenmerkt door de doorkijk naar realtime toepassing in het pilotgebied. Tenslotte worden in hoofdstuk 9 aanbevelingen gegeven.

## 1.8 Doelgroep

Dit rapport kan als leidraad worden gebruikt voor het opstellen van een robuust meetnet van het stedelijk watersysteem binnen een gemeente.

## 2 Onderzoeksopzet

De doelstelling van dit afstudeerproject is het inzichtelijk maken van de mogelijkheden om met behulp van een meetnet het hydraulisch functioneren van het pilotgebied te toetsen in de praktijk.

Tevens wordt er gekeken wat de mogelijkheden zijn om realtime toepassingen in te zetten.

Om tot dit resultaat te komen wordt het onderzoek opgedeeld in zes fases.

Een veel gebruikte bron in dit hoofdstuk: Leidraad riolering; Module C2330 meetplan, 2010.

### *Fase 1 Analyse*

*Analyse stroomgebied Lange Weg*

*Analyse meetprincipes/ meetinstrumenten*

### *Fase 2 Informatiebehoefte*

### *Fase 3 Globale meetopzet & Uitwerking meetplan*

### *Fase 4 Inventarisatie/ analyse bestaand meetnet*

### *Fase 5 Kansen voor realtime toepassingen*

### *Fase 6 Aanbevelingen*

## 2.1 Analyse

In de eerste fase kun je onderscheid maken tussen een analyse van het stroomgebied Lange Weg en een analyse van meetapparatuur. De analyse van het stroomgebied Lange Weg is gericht op alle eigenschappen van het stedelijk watersysteem die invloed hebben op het hydraulisch functioneren. De analyse van de meetapparatuur bestaat uit een analyse van verschillende meetprincipes, meetinstrumenten en ontsluiting van de gemeten data.

## 2.2 Informatiebehoefte

Het is belangrijk om te bepalen wat de informatiebehoefte (meetdoel) is. Zo kan voorkomen worden dat er onnodig veel metingen worden verricht. De meetbehoefte in rioolstelsels kun je vanuit drie verschillende invalshoeken benaderen:

- Signaleren/ registreren
- Controleren/ analyseren
- Sturen/ regelen

## 2.3 Globale meetopzet & uitwerking meetplan

In fase 3 wordt de strategie van het meetplan bepaald. Om tot een robuuste strategie te komen is het noodzakelijk om je eerder bepaalde meetdoelstelling te vertalen naar een globale meetopzet.

Op welke locaties gaan we meten: overstorten, gemalen en overige objecten (WAAR).

Wat ga je meten: niveau, neerslag en debieten (WAT).

Met welke nauwkeurigheid en welke frequentie (HOE GOED).

Met welke meetperiode en meetduur (HOE LANG).

Vervolgens wordt de definitieve meetopzet vastgesteld en verder uitgewerkt.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de meetlocatie en de meetapparatuur.

### 2.3.1 meetlocaties

In de globale meetopzet is besloten wat er gemeten dient te worden. Dit wordt nu vertaald naar een locatie in het stroomgebied. Deze locaties worden vastgelegd en getoetst op een aantal criteria:

- Bereikbaarheid
- Toegankelijkheid
- Vervuilingsgevoeligheid
- Invloed van buitenwater bij een overstort

### 2.3.2 meetapparatuur

In deze fase wordt besloten op welke locatie welke apparatuur wordt gebruikt. Iedere locatie heeft specifieke eigenschappen die van invloed zijn op de meetmethode en het meetinstrument.

Een andere afweging die in deze fase wordt gemaakt is de keuze voor telemetrie. Projecten met een korte doorlooptijd hebben misschien voldoende aan een stand-alone meetopstelling (gemeten data wordt op locatie opgeslagen). Langlopende projecten zijn vooral gebaat bij een meetopstelling die m.b.v. datacommunicatie meteen de data verzend naar de beheerder (telemetrie).

## 2.4 Inventarisatie/ analyse bestaand meetnet

In de vorige fase is een definitieve opstelling van een meetnet vastgesteld. In deze fase gaan we het reeds aanwezige meetnet analyseren. Welke instrumenten zijn waar aanwezig en is het op de juiste manier geïnstalleerd? Kunnen huidige meetinstrumenten gehandhaafd blijven op moeten ze worden vervangen en/ of verplaatst?

## 2.5 Kansen voor realtime toepassingen

Nadat het meetplan is afgerond en alle gegevens van het gebied beschikbaar zijn wordt een globaal overzicht gemaakt van alle sterke en zwakke punten van Lange Weg op het gebied van realtime toepassingen. Welke locaties zijn bijvoorbeeld in de toekomst eventueel geschikt voor realtime control en welke locaties kun je realtime signalering toepassen met behulp van alarmering.

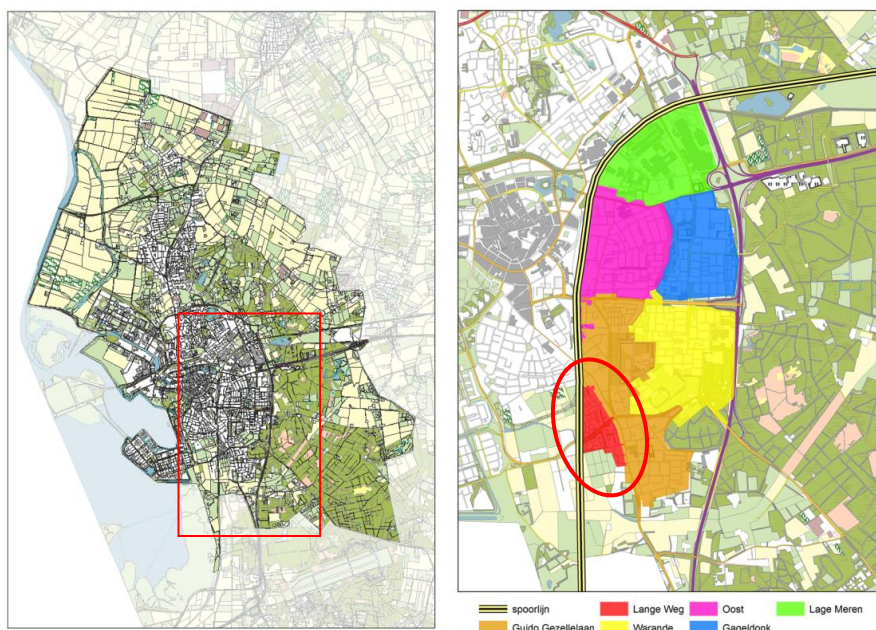
## 2.6 Aanbevelingen

In deze fase worden aanbevelingen gegeven voor een meetnet van het stroomgebied Lange Weg in de kern Bergen op Zoom. Kunnen bijvoorbeeld de huidige meetinstrumenten gehandhaafd blijven of moeten ze worden vervangen en/ of verplaatst?

### 3 Analyse Stroomgebied Lange Weg

Het eerste deel van fase 1 bestaat uit de gebiedsanalyse, hierin wordt gekeken naar alles wat binnen het gebied invloed heeft op het hydraulisch functioneren van het stedelijk watersysteem. De informatie is verkregen middels literatuurstudie, data-analyse en veldwerk.

Het gemengde stroomgebied Lange Weg ligt in het zuiden van de kern Bergen op Zoom en wordt aan de westkant begrensd door het spoor. Aan de oostkant wordt Lange Weg ingesloten door stroomgebied Guido Gezellelaan. De stroomgebieden onderling hebben geen hydraulische verbinding (BRP kern Bergen op Zoom 2009).



Figuur 3.1 Locatie stroomgebied Lange Weg (BRP kern Bergen op Zoom, 2009)

#### 3.1 Aan- en afvoer stroomgebied Lange Weg

Stroomgebied Lange Weg is hydraulisch geïsoleerd van de andere stroomgebieden. Er zijn geen andere stroomgebieden die afvoeren op of via stroomgebied Lange Weg. Ook is er geen drukriolering aangesloten op het stelsel van Lange Weg. De afvoer van Lange Weg is geregeld via een gemaal dat loost, via een persleiding onder het spoor, op stroomgebied Glacis Zeekant. Indien de afvoer van het gemaal niet toereikend is, wordt het water via één van de vier aanwezige externe overstorten afgevoerd.

| Basisgegevens stroomgebied Lange Weg |      |                     |                        |      |                     |
|--------------------------------------|------|---------------------|------------------------|------|---------------------|
| Aantal inwoners                      | 1412 |                     | Berging                | 733  | m <sup>3</sup>      |
| DWA inwoners                         | 14.1 | m <sup>3</sup> /uur | Pompoevercapaciteit    | 53.7 | m <sup>3</sup> /uur |
| DWA industrie                        | 0.1  | m <sup>3</sup> /uur | Afvoer eigen gebied    | 67.8 | m <sup>3</sup> /uur |
| DWA totaal                           | 14.2 | m <sup>3</sup> /uur | Invoer andere gebieden | 0    | m <sup>3</sup> /uur |
| Afvoerend oppervlak                  | 7.7  | Ha                  | Totale afvoer          | 67.8 | m <sup>3</sup> /uur |

Figuur 3.2 Basisgegevens stroomgebied Lange Weg (BRP kern Bergen op Zoom 2009)

### 3.2 Eigenschappen leidingen

Stroomgebied Lange Weg is een jaren zeventig woonwijk met voornamelijk eengezinswoningen en wat kleinschalige bedrijfsmatige panden. In de onderstaande tabel is duidelijk af te leiden dat de riolering in 1974 is aangelegd en dat een deel in 2003 is gerenoveerd en/ of is uitgebreid.

| Jaar van aanleg riolering, stroomgebied Lange Weg |                 |                            |
|---------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Jaar van aanleg                                   | Aantal strengen | Totale lengte strengen (m) |
| 1974                                              | 150             | 3549                       |
| 1994                                              | 1               | 34                         |
| 1999                                              | 4               | 92                         |
| 2003                                              | 20              | 332                        |
| 2007                                              | 7               | 248                        |
| 2008                                              | 1               | 23                         |
| <b>Totaal</b>                                     | <b>183</b>      | <b>4279</b>                |

Figuur 3.3 Jaar van aanleg van de leidingen (beheersysteem gemeente Bergen op Zoom; DG Dialog)

De leidingen in stroomgebied Lange Weg zijn van beton en hebben een diameter variërend tussen de 160mm en 1500mm. Op kaart 2, bijlage 1 zijn alle diameters van de leidingen van stroomgebied Lange Weg geografisch weergegeven.

| Diameter riolering, stroomgebied Lange Weg |                 |                            |
|--------------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Diameter Ø (mm)                            | Aantal strengen | Totale lengte strengen (m) |
| Ø 160                                      | 4               | 58                         |
| Ø 200                                      | 14              | 233                        |
| Ø 250                                      | 1               | 34                         |
| Ø 300                                      | 94              | 2208                       |
| Ø 315                                      | 8               | 271                        |
| Ø 400                                      | 20              | 475                        |
| Ø 500                                      | 12              | 234                        |
| Ø 600                                      | 19              | 485                        |
| Ø 700                                      | 4               | 106                        |
| Ø 1500 x 1500                              | 7               | 175                        |
| <b>Totaal</b>                              | <b>183</b>      | <b>4279</b>                |

Figuur 3.4 Diameters van de leidingen (bron: beheersysteem gemeente Bergen op Zoom; DG Dialog)

### 3.3 Overstortputten en gemalen

Stroomgebied Lange Weg telt vier externe overstortputten en éénemaal (kaart 3, bijlage 1). Een vijfde externe overstortput (putnummer 250165, nabij de persleiding onder het spoor) is recentelijk gesaneerd en heeft geen overstortfunctie meer.

| Externe overstortputten |                        |                  |              |                        |
|-------------------------|------------------------|------------------|--------------|------------------------|
| Putnr                   | Maaiveld               | Straatnaam       | Type stelsel | Drempelniveau          |
| <b>250002</b>           | <b>1.43</b> m + N.A.P. | Hof van Paltz    | gemengd      | <b>0.51</b> m + N.A.P. |
| <b>250055</b>           | <b>1.73</b> m + N.A.P. | Hof van Sulzbach | gemengd      | <b>0.47</b> m + N.A.P. |
| <b>250070</b>           | <b>1.70</b> m + N.A.P. | Hof van Sulzbach | gemengd      | <b>0.45</b> m + N.A.P. |
| <b>250159</b>           | <b>1.31</b> m + N.A.P. | Markgravenlaan   | gemengd      | <b>0.46</b> m + N.A.P. |
| <b>250165</b>           | <b>4.80</b> m + N.A.P. | Markgravenlaan   | gemengd      | Gesaneerd              |

Figuur 3.5 gegevens externe overstortputten (beheersysteem gemeente Bergen op Zoom; DG Dialog)

De vier externe overstortputten hebben het laagste drempelniveau van de kern Bergen op Zoom. Het niveau varieert van 0.45m + N.A.P. t/m 0.51m + N.A.P.

Het waterpeil van de ontvangende watergang is 0.30m + N.A.P. Het verschil tussen het drempelniveau en het waterpeil van de ontvangende watergang is erg klein. Dit geringe verschil maakt het stroomgebied kwetsbaar voor instromend oppervlaktewater in het stelsel.

Vanwege de lage ligging van het stroomgebied is het vanuit Lange Weg onmogelijk om onder vrij verval af te voeren. Alles stroomt onder vrij verval richting het gemaal die het, via een persleiding, naar een hoger gelegen put pompt aan de rand van het spoor. Vanuit die hoger gelegen put stroomt het onder vrij verval met grote leidingen onder het spoor naar het stroomgebied Glacis Zeekant. Dit is een belangrijk hydraulisch knooppunt. Er zijn maar twee locaties in de kern Bergen op Zoom waar het water onder vrij verval onder het spoor wordt afgevoerd.

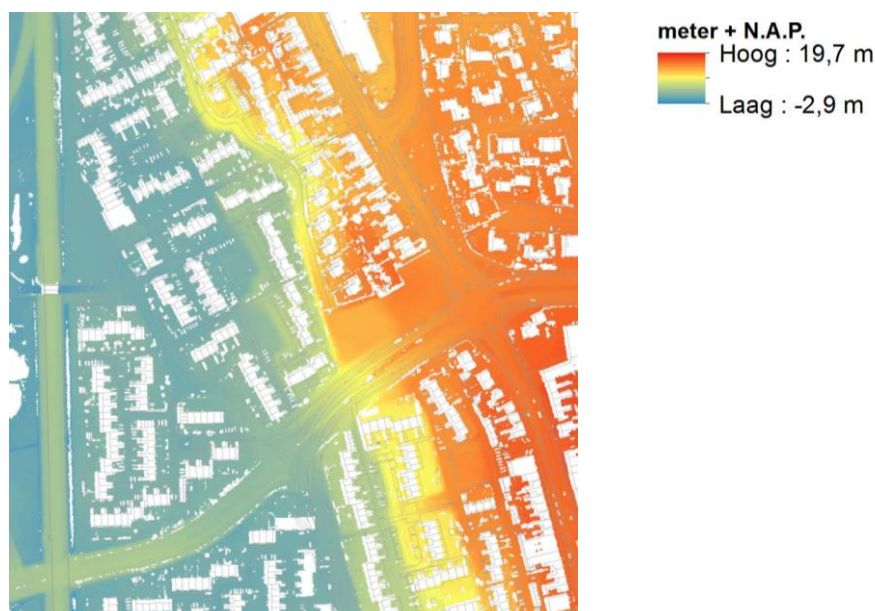
| Gemaal |                 |                |              |                     |                |
|--------|-----------------|----------------|--------------|---------------------|----------------|
| Putnr  | Maaiveld        | Straatnaam     | Type stelsel | Geïnstalleerde cap. | Benodigde cap. |
| 251122 | 2.81 m + N.A.P. | Hof van Voorne | gemengd      | 80.0 m³/uur         | 67.2 m³/uur    |

Figuur 3.6 gegevens gemaal (beheersysteem gemeente Bergen op Zoom; DG Dialog)

In het stroomgebied is (geografisch) nog een klein (5.0 m³/uur) gemaal aanwezig. Hydraulisch gezien hoort dit echter bij een ander stroomgebied, namelijk het verbeterd gescheiden stroomgebied De Boulevard.

### 3.4 Hoogteligging

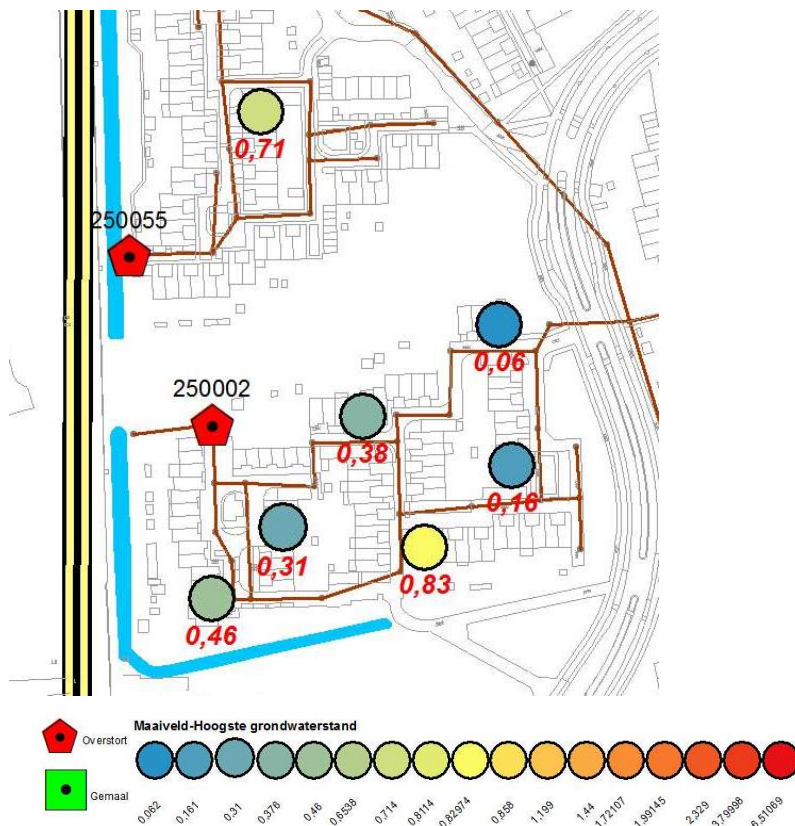
Stroomgebied Lange Weg ligt aan de rand van de Brabantse Wal en is het laagst gelegen stroomgebied van de kern Bergen op Zoom. Het maaiveldverloop van Lange Weg wordt in figuur 3.7 duidelijk weergegeven. Het verschil in maaiveld tussen Lange Weg en omliggende stroomgebieden is op sommige locaties meer dan 10m.



Figuur 3.7 Hoogtekaart (Actueel hoogtebestand Nederland, 2013)

Doordat stroomgebied Lange Weg aan de rand van de Brabantse Wal ligt, heeft het te maken met een sterke mate van kweldruk. Het gevolg van de aanwezige kwel is dat de grondwaterstand behoorlijk wordt opgestuwd.

De combinatie van een laag maaiveld met een hoge grondwaterstand maakt het stroomgebied extra kwetsbaar voor wateroverlast. Om de grondwaterstand goed te monitoren zijn er zeven peilbuizen in het stroomgebied aanwezig. Dit aantal is relatief hoog in vergelijking met andere stroomgebieden.



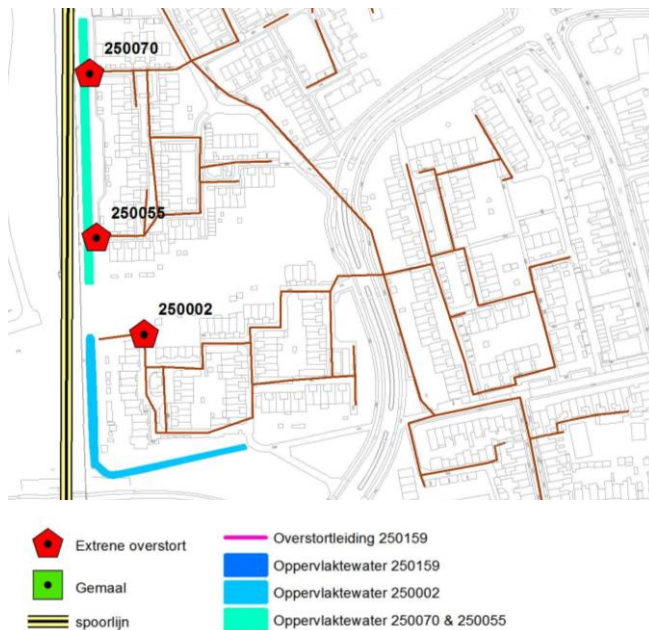
Figuur 3.8 Ontwateringsdiepte (Actueel hoogtebestand Nederland, 2013 & (grondwater meetgegevens 2015)

Uit de verzamelde data blijkt dat het verschil tussen de hoogste grondwaterstand en het maaiveld tussen de 0.06m en 0.85m bedraagt. Een geringe ontwateringsdiepte (maaiveld – grondwaterstand) kan leiden tot schade aan woningen. Maar het grondwater kan ook, indien slechte voegen en/ of breuken in rioolbuizen, infiltreren in het riool. Het gevolg hiervan is dat er grondwater naar de zuivering wordt gepompt.

### 3.5 Oppervlaktewater

De externe overstortputten aan het Hof van Sulzbach (250055 & 250070) en het Hof van Paltz (250002) lozen, bij een overstortgebeurtenis, in een watergang parallel aan het spoor. De watergang is opgesplitst in twee delen en is onderling verbonden met een duiker. De overstortputten aan het Hof van Sulzbach lozen direct op de watergang, bij de overstortput aan het Hof van Paltz wordt het via een overstortleiding geloosd.

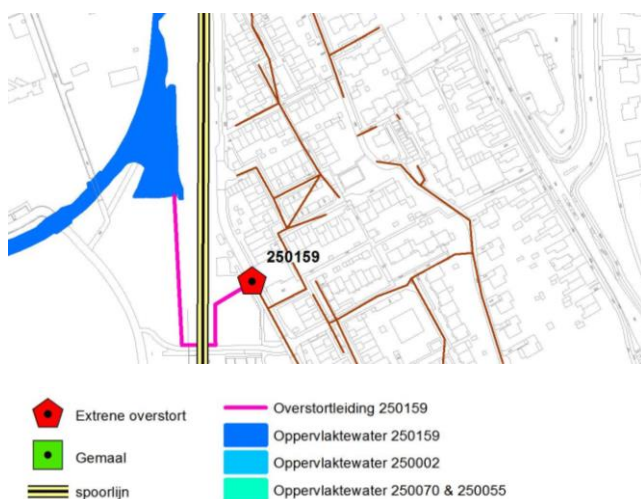
De watergang is een categorie A waterloop. Dit betekent dat het een belangrijk onderdeel van het watersysteem is. Gezien het grote belang en de omvangrijkheid valt het beheer en onderhoud onder de verantwoording van de overheid.



Figuur 3.9 Ontvangende oppervlaktewater (Peilbesluit Steenbergse/ Brabantse Wal 2010)

Tijdens het veldbezoek in mei 2015, bleek dat de watergangen sterk vervuild waren met zwerfafval. Dit kan de uitstroom belemmeren en opstuwing in het stelsel tot gevolg hebben. In bijlage 2 zijn foto's opgenomen van alle ontvangende watergangen van het veldbezoek in mei 2015. Het oppervlaktewater behoort tot het peilvak 'De Meander', onderdeel van peilbesluit Steenbergse/ Brabantse Wal 2010. Zowel het zomerpeil als het winterpeil bedraagt 0.30m + N.A.P. met een marge van 10cm. Het verschil tussen het waterpeil en de laagste overstortdrempel is dus maar 15cm.

De externe overstortput aan de markgravenlaan (250159) loost op een waterpartij aan de andere kant van het spoor. Het tracé loopt van de overstortput onder vrij verval naar een al bestaande boring ter hoogte van de fietstunnel onder het spoor. Via deze boring stroomt het, onder vrij verval en parallel aan het spoor, in een overstortleiding richting de waterpartij. Ook deze waterpartij is een categorie A waterloop en onderdeel van het peilvak 'De Meander'.



Figuur 3.10 Ontvangende oppervlaktewater (Peilbesluit Steenbergse/ Brabantse Wal 2010)

## 4 Analyse meetprincipes/ meetinstrumenten

Het tweede deel van fase 1 bestaat uit een analyse van verschillende meetprincipes, meetinstrumenten en de ontsluiting van de gemeten data. Er zijn verschillende soorten instrumenten op de markt die verschillende soorten metingen verrichten, bijvoorbeeld debietmeters, niveaumeters of neerslagmeters. Deze instrumenten werken ieder volgens een ander meetprincipe. Door alle eigenschappen van deze meetinstrumenten te analyseren kan uiteindelijk per situatie worden afgewogen waar en welke meetinstrumenten het beste tot hun recht komen. Dit hoofdstuk is tot stand gekomen doormiddel van literatuurstudie. Een veel gebruikte bron in dit hoofdstuk: Leidraad riolering; Module C2330 meetapparatuur, 2009.

### 4.1 Meetprincipes

In een stedelijk watersysteem kun je drie verschillende metingen doen. Het meten van het waterniveau, de stroomsnelheid of het neerslagvolume. De metingen kun je met verschillende principes uitvoeren. Je kan bijvoorbeeld het waterniveau doormiddel van druk meten, maar doormiddel van het looptijd principe (ultrasone geluidsgolven). Ieder meetprincipe heeft voor- en nadelen. In tabel 4.1 staan de meest gangbare meetprincipes die worden toegepast in het stedelijk watersysteem.

|                                                                | Waterniveau | Stroomsnelheid | Neerslagvolume |
|----------------------------------------------------------------|-------------|----------------|----------------|
| Druk                                                           | •           |                |                |
| Looptijd (ultrasone geluidsgolven)                             | •           | •              |                |
| Reflectiecorrelatie (ultrasone geluidsgolven)                  |             | •              |                |
| Doppler (ultrasone geluidsgolven en elektromagnetische golven) |             | •              |                |
| Elektromagnetische inductie                                    |             | •              |                |
| Gewicht                                                        |             |                | •              |
| Optisch                                                        |             |                | •              |
| Radar                                                          |             |                | •              |

Figuur 4.1 Overzicht meetprincipes.

#### 4.1.1 Waterniveau

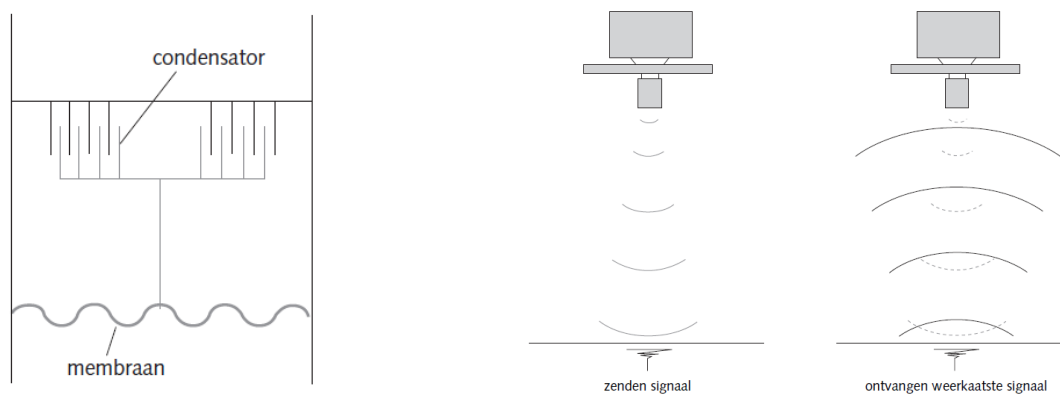
Het waterniveau in een stelsel wordt vaak gemeten in een rioolput. Dit kan een inspectieput, een overstortput maar ook een gemaalkelder zijn. De meest voorkomende plaatsen om het waterniveau te meten zijn overstortputten en gemaalkelders. Het waterniveau kan volgens twee principes worden gemeten: hydrostatisch druk of met looptijd.

#### 4.1.1.1 waterniveau met principe hydrostatisch druk

Bij het principe druk wordt gebruik gemaakt van de hydrostatische waterdruk en luchtdruk op een bepaald punt. Een membraam dat onder de druk vervormt kan het aantal meter waterkolom boven dat punt waarnemen (figuur 4.2). Hoe meer het membraam vervormt hoe sterker het signaal. Omdat de luchtdruk overal varieert, dient de drukmeter deze variatie te compenseren door de luchtdruk afzonderlijk te meten, bijvoorbeeld door een luchtslangetje. De dichtheid van de vloeistof beïnvloed ook de drukmeting, dit betekent dat het verschil in temperatuur ook gecompenseerd dient te worden. De drukmeting vindt altijd plaats in het water en sluit contactloos meten uit. Doordat de niveaumeter altijd in contact met water is, is deze meter, in vergelijking met andere soorten niveaumeters, onderhoudsgevoelig. Afvalwater en slib kunnen onderdelen van de meter aantasten en verstopping in het luchtslangetje kan de meter onnauwkeurig maken. Dit nulpuntsverloop is in een grafiek duidelijk herkenbaar. Deze niveaumeter is echter niet gevoelig voor stroming en/ of turbulentie en functioneert prima in kleine ruimtes.

#### 4.1.1.2 waterniveau met principe looptijd

Bij een 'looptijd' niveaumeting wordt met behulp van een zender een ultrasone geluidsgolf verzonden boven het wateroppervlak. De geluidsgolf weerkaatst op het wateroppervlak en wordt opgevangen door een sensor. De looptijd die de geluidsgolf aflegt tussen de zender en de sensor bepaald het waterniveau. Stroming en/ of turbulentie hebben een negatieve uitwerking op de meting. De meting kan namelijk negatief beïnvloed worden door geluidsabsorberende stoffen zoals luchtbelletjes. Bij een looptijdmeting is het van belang dat de ruimte tussen de zender en de sensor niet gehinderd wordt door obstakels, bijvoorbeeld schuimvorming en andere drijvende objecten. De installatiemogelijkheden van een ultrasone niveaumeter heeft wel beperkingen. Het is in verband met de aanwezige dode hoek lastig om een meter in een kleine ruimte te installeren. De niveaumeter is echter, vanwege het contactloos meten, niet onderhoudsgevoelig.



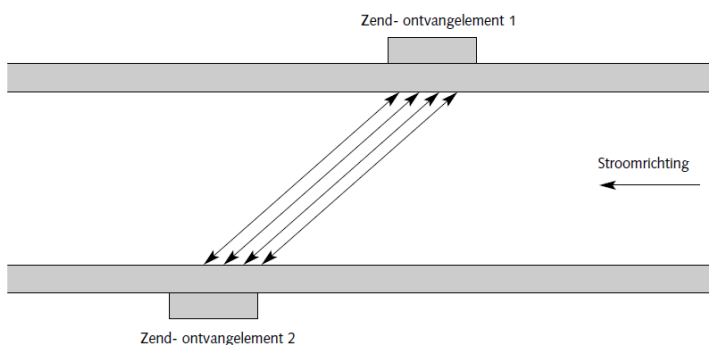
Figuur 4.2 Links het principe van drukmeting, rechts het principe looptijd.

#### 4.1.2 Stroomsnelheid

Het is interessant om te weten hoeveel water een leiding passeert. Om het debiet uit te rekenen moet je eerst de stroomsnelheid bepalen. De stroomsnelheid in een stelsel wordt voornamelijk gemeten in een leiding. Meestal zijn dit leidingen op belangrijke hydraulische locaties. Bijvoorbeeld grote transportleidingen of persleidingen die de afvoer naar een ander stroomgebied verzorgen. De stroomsnelheid kan met vier verschillende principes worden gemeten: Looptijd, reflectiecorrelatie, doppler en elektromagnetische inductie.

#### 4.1.2.1 Stroomsnelheid met principe looptijd

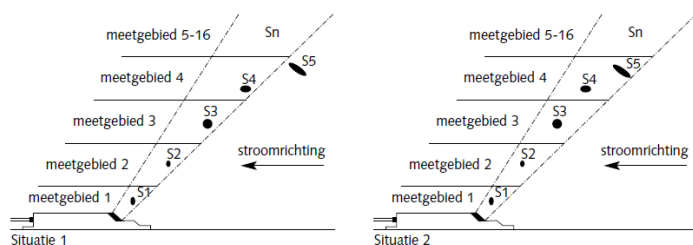
Dit principe om de stroomsnelheid vast te stellen werkt bijna hetzelfde als bij een niveaumeting. Bij een rioolbuis wordt aan beide zijde aan de buitenkant van de buis onder een scherpe hoek een zend-ontvangstelement geplaatst (figuur 4.3). Er wordt één keer met de stroom mee gemeten en één keer tegen de stroom in. Het ultrasone signaal tegen de stroom in heeft meer tijd nodig dan het signaal met de stroom mee. Aan het verschil in looptijd kan men het debiet afleiden. Het voordeel van dit principe is dat de zender- en ontvangstelementen aan de buitenkant van de buis geplaatst kunnen worden. Een nadeel is dat het ultrasone geluid gestoord kan worden door geluidabsorberende stoffen. In vuilwater leidingen of gemengde leidingen is de storing van het signaal aanzienlijk groter als in hemelwater leidingen.



Figuur 4.3 Stroomsnelheid met principe looptijd

#### 4.1.2.2 Stroomsnelheid met principe reflectiecorrelatie

In tegenstelling tot het looptijd principe wordt hier aan één zijde van de buis een zender en ontvanger geplaatst (figuur 4.4). De zender zendt een ultrasoon geluid pulserend uit. Het geluid wordt weerkaatst door reflecterende deeltjes in de vloeistof. Het patroon van de weerkaatsing verschilt per reflecterend deeltje. Via kruiscorrelatietechniek<sup>1</sup> wordt het patroon van weerkaatsing van de 1e puls met de 2e puls vergeleken. Uit deze vergelijking kan de verplaatsing van de reflecterende deeltjes worden bepaald. Deze verplaatsing wordt omgezet in een stroomsnelheid. Een nadeel van dit principe is dat de hoeveelheid reflecterende deeltjes bepalend is voor de betrouwbaarheid van de meting. Te weinig reflecterende deeltjes betekent dat er geen goede meting gedaan kan worden. Bij te veel reflecterende deeltjes bestaat de kans dat de deeltjes lastig geïdentificeerd kunnen worden bij de kruiscorrelatietechniek.



Figuur 4.4 Stroomsnelheid met principe reflectiecorrelatie.

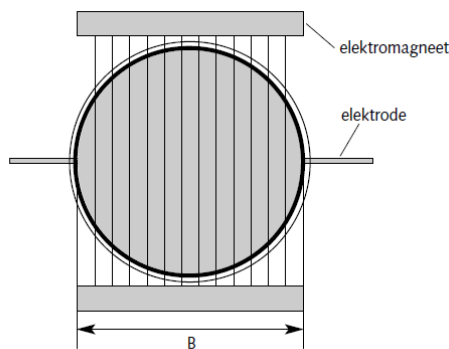
<sup>1</sup> Geeft aan in welke mate een golfvorm van twee signalen, met onderling een eventuele verschuiving, in de tijd op elkaar lijken.

#### 4.1.2.3 Stroomsnelheid met principe Doppler

**Het doppler-principe (ultrasone geluidsgolven & electromagnetische golven)** is bijna vergelijkbaar met het reflectiecorrelatie principe. Er wordt een geluidsgolf onder een hoek met de stroomrichting in het medium verzonden. Het uitgezonden signaal wordt weerkaatst door de aanwezige reflecterende deeltjes. Door de snelheid van de reflecterende deeltjes verandert de signaalfrequentie. Het verschil in frequentie tussen het verzonden signaal en het reflecterende signaal bepaalt de stroomsnelheid. Het doppler principe staat bekend als minder nauwkeurig. De concentratie van de aanwezigheid reflecterende deeltjes is erg bepalend, ook afgezet materiaal aan de wand van de buis kan het signaal verstoren.

#### 4.1.2.4 Stroomsnelheid met principe electromagnetische inductie

Bij dit principe wordt het afvalwater ingezet als geleidend materiaal. Twee spoelen aan beide zijde van de stroom creëren een magnetisch veld. Haaks op deze magnetische spoelen zijn twee meetelectrodes gemonteerd (figuur 4.5). Deze electrodes detecteren het door het stromend water opgewekte spanning. De opgewekte spanning is variabel en afhankelijk van de stroomsnelheid.



Figuur 4.5 Stroomsnelheid met principe electromagnetische inductie.

#### 4.1.3 Neerslag

Neerslag kan worden gemeten volgens de principes: gewicht, optisch of radar. Het meten en monitoren van neerslag valt buiten het kader van de afstudeeropdracht. Regionale neerslaggegevens kunnen worden opgevraagd bij het KNMI of andere instellingen.

### 4.2 Aanwezige meetinstrumenten kern bergen op Zoom

In de kern Bergen op Zoom worden drie verschillende soorten meetinstrumenten gebruikt: twee verschillende soorten niveausensoren en een trilvorkschakelaar. De locaties van de meetinstrumenten komen in hoofdstuk 8 aan bod.

#### 4.2.1 Niveausensor Vegawell 52

De Vegawell 52 is een niveausensor dat werkt volgens het meetprincipe druk. Door de hydrostatische waterdruk en de luchtdruk te bepalen wordt het waterniveau in bijvoorbeeld een overstortput of een gemaalkelder berekend. De sensor van de Vegawell 52 bevindt zich altijd in het water. In bijlage 3 staat een uitgebreide productbeschrijving van de Vegawell 52 (Vega, 2015).

#### 4.2.2 Niveausensor Flygt LSU-100

De LSU-100 is een niveausensor dat werkt volgens het meetprincipe looptijd. De looptijd die de geluidsgolf aflegt tussen de zender en de sensor (via het wateroppervlak) bepaald het waterniveau. De sensor is altijd 30cm boven het maximale peil van het wateroppervlak gemonteerd en heeft dus geen fysiek contact met het water. In bijlage 3 staat een uitgebreide productbeschrijving van de Flygt LSU-100 (Xylem, 2015).

#### 4.2.3 Trilvorkschakelaar Vegaswing 51

De Vegaswing 51 is technisch gezien geen meetinstrument, het werkt niet volgens een meetprincipe. Het is een controlemiddel of toevoeging van een niveaumeting. Het instrument schakelt aan indien de 'vork' fysiek in contact komt met het water en weer uit als het niveau van het water daalt en geen contact meer met de 'vork' heeft. De Vegaswing wordt in de meeste gevallen ingezet bij externe of interne overstortputten. De vork wordt dan precies ter hoogte van de overstortdrempel gemonteerd. Indien de vork in contact komt met het water betekent dit dat er een overstortgebeurtenis plaatsvindt. In principe geeft de Vegaswing 51 alleen aan: wel of niet overstorten. Er kan geen overstortdebiet worden bepaald. De Vegaswing wordt vaak in combinatie met een niveausensor gebruikt. Zodra de Vegaswing 51 aangeeft dat er een overstortgebeurtenis plaatsvindt, wordt het waterniveau van de niveausensor automatisch geraadpleegd. Op deze manier kan het overstortvolume worden bepaald.

Indien een niveausensor (alleen van toepassing bij drukopnemers) last krijgt van nulpuntsdrift<sup>2</sup> kan dit leiden tot foutieve waarden (Module C2330 meetapparatuur, 2009). Dit kan gecorrigeerd worden door de trilvorkschakelaar.

Bij een meetopstelling van een niveausensor in combinatie met een trilvorksensor gebeurt dan het volgende: De vork van de Vegaswing 51 wordt nat en kalibreert automatisch de niveausensor (zelfkalibratie). Zo wordt de overstortgebeurtenis wel goed doorgegeven en de niveausensor is automatisch gekalibreerd. In bijlage 3 staat een uitgebreide productbeschrijving van de Trilvorkschakelaar Vegaswing 51 (Vega, 2015).

### 4.3 Ontsluiting meetgegevens

Het verzamelen en ontsluiten van meetgegevens gaat tegenwoordig allemaal via telemetrie. Telemetrie betekent meten op afstand. De meetinstrumenten zelf bevinden zich wel op de meetlocaties. De meetdata wordt via een onderstation naar de hoofdpst gestuurd. De gebruiker kan uiteindelijk, via speciaal ontwikkelde software, de meetdata raadplegen en beheren.

#### 4.3.1 Onderstation

Bij iedere locatie in het stedelijk watersysteem waar meetinstrumenten aanwezig zijn, bevindt zich een onderstation. Bij een tijdelijke meetopstelling bestaat dit onderstation uit een datalogger en communicatieapparatuur geplaatst in een koffertje in de rioolput (figuur 4.6). Bij een vaste meetopstelling is het onderstation een vaste besturingskast in de buurt van de meetinstrumenten (figuur 4.7). In deze besturingskasten zijn in veel gevallen al voorbereidingen getroffen voor alarmering of in toekomst zelfs realtime control.

---

<sup>2</sup> Verschuiven van het referentieniveau (Oorzaak: elastisch worden van het membraan door ouderdom/ vuil)

De onderstations zijn gekoppeld aan de hoofdpst middels communicatieapparatuur. De communicatie kan zowel bedraad als draadloos plaatsvinden. De meeste dataverbindingen zijn tegenwoordig draadloos. Een draadloze verbinding kan op verschillende manieren tot stand worden gebracht. Veel voorkomende verbindingen zijn (Module C2340 Telemetrie, 2009):

- GSM-netwerk
- SMS (onderdeel van het GSM-netwerk)
- GPRS (uitbreiding op het GSM-netwerk)
- UMTS-netwerk (nog in ontwikkeling)
- Bluetooth/ WIFI (beide kort bereik)

Bijna alle draadloze verbindingen tussen onderstations en de hoofdpst in de kern Bergen op Zoom zijn GPRS-verbindingen.



Figuur 4.6 tijdelijke meetopstelling



Figuur 4.7 vaste meetopstelling

#### 4.3.2 Hoofdpst

De hoofdpst kan een computer bij de gebruiker zijn maar het kan ook door de leverancier via internet beschikbaar worden gesteld. Er kunnen dan meerdere gebruikers, eventueel met verschillende bevoegdheden, inloggen en gegevens inzien en beheren. De hoofdpst is ingericht om de communicatie en het beheer van de meetinstrumenten op afstand te verzorgen.

In de gemeente Bergen op Zoom worden de gegevens via internet (citrix omgeving) beschikbaar gesteld en kan via speciale software worden geraadpleegd. Op de hoofdpst kun je ook de alarmering instellen. Denk hierbij aan gemaalstoringen, hoogwatermeldingen en andere belangrijke hydraulisch gebeurtenissen. De operator of beheerder kan bijvoorbeeld bij een gemaalstoring een SMS of een email krijgen (Module C2340 Telemetrie, 2009).

#### 4.3.3 Software beheerder

Alle data kan uiteindelijk, via speciaal ontwikkelde software, door de riool- en gemaalbeheerder worden ingezien en worden beheerd. In de gemeente Bergen op Zoom wordt de software "Aquaview++" gebruikt. In één overzicht staan alle gemalen, drukrioleringen en bemeten overstorten. Alle gemeten data van de afgelopen jaren is oproepbaar en kan worden weergegeven in grafieken.

## 5 Informatiebehoefte

Het is belangrijk om te bepalen wat de informatiebehoefte (meetdoel) is. Zo kan worden voorkomen dat er onnodig veel metingen worden verricht. Dit hoofdstuk is tot stand gekomen doormiddel van literatuurstudie. Een veel gebruikte bron in dit hoofdstuk: Leidraad riolering; Module C2310 meetaplan, 2010.

### 5.1 Wat is informatiebehoefte?

De informatiebehoefte van een stedelijk watersysteem (het meetdoel) kun je onderverdelen in drie categorieën:

#### Signaleren/ registreren

Bij het signaleren en/ of registreren gaat het voornamelijk om bijzondere situaties in het rioolsysteem. Een gemaal met veel draaiuren tijdens droogweer situaties, drijvend toiletpapier of dode vissen in een watergang. Bij dit soort meldingen/ klachten gaat het meestal niet verder dan het signaleren en registreren van deze situaties. Het kan wel aanleiding zijn om met behulp van meetapparatuur de oorzaak van de klachten te achterhalen.

#### Controleren/ analyseren

Een rioolsysteem wordt op de tekentafel ontworpen. Voor aanleg van bijvoorbeeld een bergbezinkvoorziening of het afkoppelen van een hele woonwijk, wordt het hydraulisch functioneren van het rioolsysteem gesimuleerd in een model. De werkelijkheid wordt nagebootst met high tech software. Als je gaat modelleren, ben je sterk afhankelijk van gegevens die je tot je beschikking hebt. Zijn sommige gegevens niet juist, dan kan dit de modeluitkomst negatief beïnvloeden. Bij een controle of analyse van het hydraulisch functioneren van het rioolsysteem wil je weten of het systeem inderdaad werkt zoals verwacht in modelberekeningen. Het controleren/ analyseren van het systeem kan vanuit drie invalshoeken benaderd worden: scannen, volgen of onderzoeken.

#### Scannen

Een indicatie van het hydraulisch functioneren van het systeem. Direct beschikbare gegevens, zoals waarnemingen en (bestaande) metingen, worden vergeleken met modelberekeningen. Een globaal inzicht in het systeem, geen inzicht in het detailfunctioneren.

#### Volgen

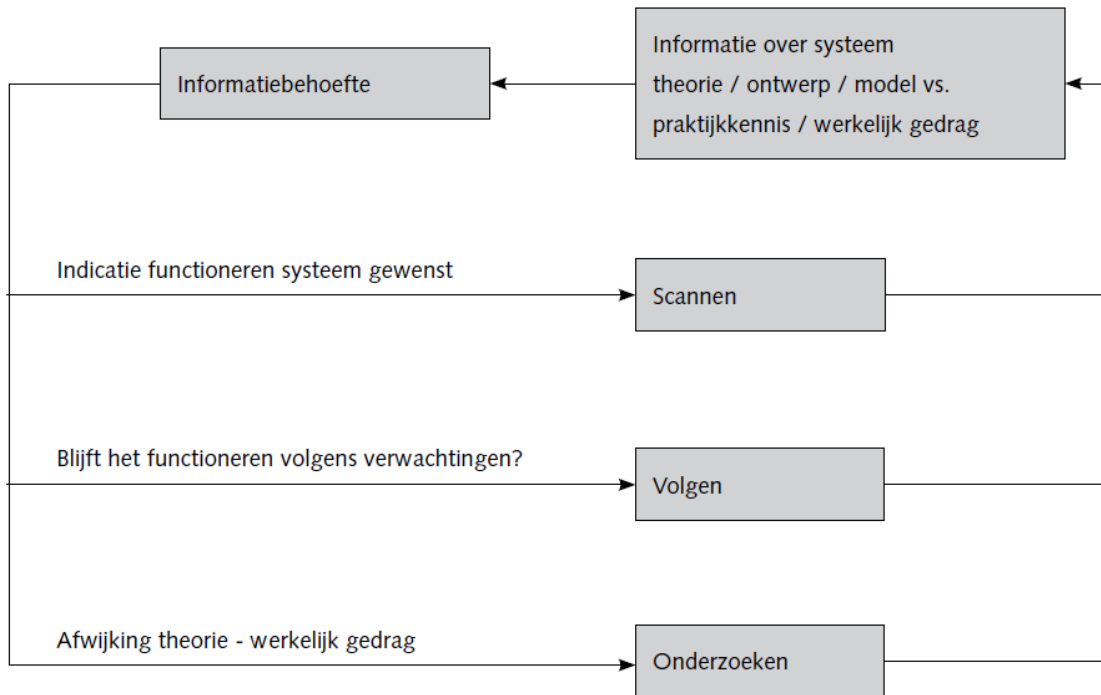
Op dit niveau krijg je een goed inzicht in het functioneren van het rioolsysteem, de vergelijking tussen het hydraulisch functioneren volgens het model en in de praktijk. Dit inzicht is vormt de basis voor toekomstige investeringen aan het rioolsysteem.

#### Onderzoeken

Een zeer nauwkeurig beeld van het hydraulisch functioneren. Sommige onderdelen van het rioolsysteem worden op detailniveau onderzocht.

### Sturen/ regelen

Het sturen en/of regelen kan een vervolgstap zijn op de controle en analyse van het rioolsysteem. Als je weet hoe het stelsel werkt en hoe het gedraagt bij bijzondere gebeurtenissen, kan je het systeem beïnvloeden door specifieke onderdelen in het systeem te variëren. Zo kan je bijvoorbeeld op basis van verkregen data besluiten om, middels gestuurde afsluiters, de stroomrichting in een stelsel te veranderen. Gericht om de berging in het systeem optimaal benutten om zo de vuiluitworp bij externe overstorten te minimaliseren.



*Figuur 5.1 Onderscheid tussen scannen, volgen en onderzoeken.*

## 5.2 Informatiebehoefte gemeente Bergen op Zoom

In het verleden heeft de gemeente Bergen op Zoom al diverse metingen gedaan in het rioolsysteem. Deze metingen waren vooral gericht op de externe overstorten. De resultaten van deze metingen werden, in het kader van de WVO-vergunning<sup>3</sup>, overhandigd aan het waterschap Brabantse delta. Van de overige ingewonnen meetgegevens werd vrij weinig gebruik gemaakt. Voor de Waterkring West heeft iedere deelnemende gemeente zijn informatiebehoefte opgesteld. In onderstaande tabel staat de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom. Deze informatiebehoefte is door de gemeente zelf opgesteld en luidt als volgt:

| Nr | Informatiebehoefte                              | meetdoelstelling                                                                                                                                             |
|----|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Inzicht in praktijk functioneren.               | Peilverloop van de gemalen in beeld brengen.<br>Debieten en draaiuren pompgemalen in beeld brengen.<br>Peilverloop in hoofdafvoerleidingen in beeld brengen. |
| 2  | Inzicht in het functioneren van de gemalen.     | Peilverloop van de gemalen in beeld brengen.<br>Debieten en draaiuren pompgemalen in beeld brengen.                                                          |
| 3  | Inzicht in het functioneren van de overstorten. | Peilverloop bij de overstorten in beeld brengen.                                                                                                             |
| 4  | Inzicht in omvang van foutaansluitingen.        | Peilverloop onder DWA-omstandigheden in beeld brengen.                                                                                                       |

Figuur 5.2 Informatiebehoefte gemeente Bergen op Zoom. (Gemeente Bergen op Zoom, 2015)

De informatiebehoefte, beschreven in bovenstaande tabel, is vrij globaal weergegeven. Nadat de rioolbeheerder van de gemeente Bergen op Zoom enkele punten nader had toegelicht, is de informatiebehoefte van de gemeente als volgt omschreven.

De gemeente Bergen op Zoom is van mening dat, met bovenstaande informatiebehoefte, een goed beeld van het hydraulisch functioneren ontstaat. Het rioolsysteem moet bij benadering in de praktijk hydraulisch hetzelfde functioneren als een theoretisch model.

Voor de gemeente is dit belangrijk omdat investeringen op basis van een modelberekening worden gedaan. Als het gedrag van het stelsel in de praktijk overeenkomt met het gedrag van een theoretisch model dan heb je een robuuste basis met betrekking tot grote investeringen voor verbetermaatregelen.

De informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom kun je scharen in de categorie **controleren/ analyseren** op het detailniveau **volgen**.

Op nummer 4 in de tabel staat: Inzicht in omvang foutaansluitingen. Foutaansluitingen in het stedelijk watersysteem zijn bijvoorbeeld huisaansluitingen die op het HWA-stelsel zijn aangesloten. Deze foutaansluitingen kunnen met speciale meetapparatuur worden opgespoord. Dit is een specialistische techniek die nog volop in ontwikkeling is. Omdat het stroomgebied Lange Weg een gemengd stroomgebied is, kunnen er geen foutaansluitingen voorkomen. Inzicht in de omvang van foutaansluitingen valt hierdoor buiten de afstudeeropdracht.

<sup>3</sup> Wet verontreiniging oppervlaktewateren

## 6 Globale meetopzet & uitwerking meetplan

In fase 3 wordt de strategie van het meetplan bepaald. Om tot een robuuste strategie te komen is het noodzakelijk om de eerder bepaalde meetdoelstelling te vertalen naar een globale meetopzet. Deze globale meetopzet kan vervolgens verder uitgewerkt worden in een meetplan. De inhoud van dit hoofdstuk is met behulp van literatuurstudie, veldwerk en discussies met experts tot stand gekomen (Module C2310 meetplan, 2010).

### 6.1 Globale meetopzet

In een globale meetopzet staan vier vragen centraal (Bron leidraad Riolerings , module C2300).

Op welke locaties gaan we meten: overstorten, gemalen en overige objecten (WAAR).

Wat ga je meten: niveau, neerslag en debieten (WAT).

Met welke nauwkeurigheid en welke frequentie (HOE GOED).

Met welke meetperiode en meetduur (HOE LANG).

Gezien de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom, het toetsen van het hydraulisch functioneren in de praktijk, kan de volgende globale meetopzet opgesteld worden.

#### 6.1.1 Hoe lang

Metten en monitoren is geen tijdelijk proces. Als je het vul- en ledigingsgedrag van een stelsel wilt monitoren moeten er geen tijdelijke maar een vaste meetopstelling geplaatst worden.

#### 6.1.2 Hoe goed

De meting moet met hoge nauwkeurigheid en een frequentie van minimaal één keer per 15 minuten worden uitgevoerd. Een verschil van een paar cm kan, in het geval van Lange Weg, het verschil zijn van wel of geen water op straat.

#### 6.1.3 Wat & waar

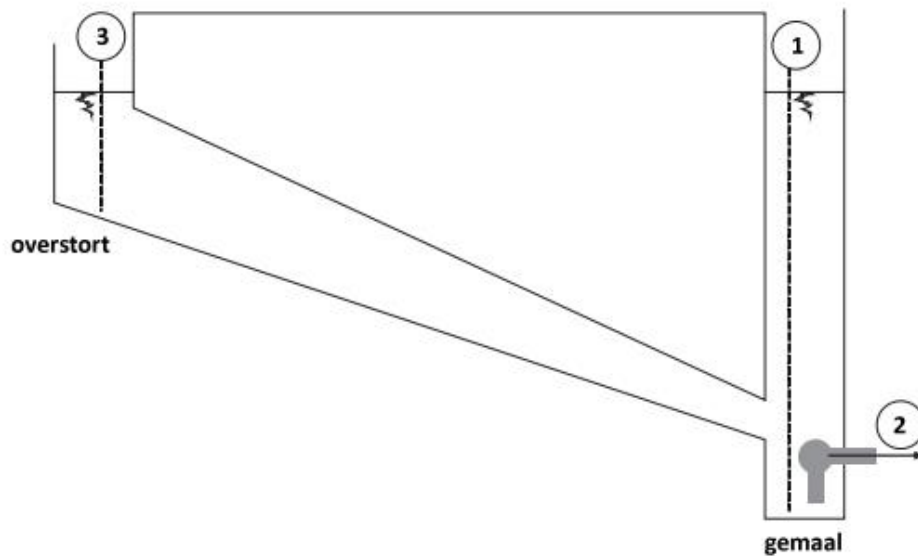
Een minimale meetopzet die aansluit bij de informatiebehoefte is in figuur 6.1 weergegeven. Punt 1 is de gemaalkelder. De gemaalkelder is het laagste punt van het stroomgebied. Door daar het waterniveau te meten krijg je een goed beeld van de vulling in het gemengde stelsel in het stelsel.

Punt 2 is de afvoerleiding van het gemaal. Deze afvoerleiding is bepalend voor het ledigingsgedrag. Het afvoerende debiet kan met een debietmeter worden bepaald maar ook met de waterniveaumeter bij punt 1. Het uitgaande debiet wordt dan berekend met behulp van de gemaalcapaciteit en de afmetingen van de gemaalkelder.

Punt 3 is de overstortput. Dit kan zowel een in- als een externe overstortput zijn. In het stroomgebied Lange Weg zijn het externe overstortputten. Met een niveaumeter **voor** de overstortmuur kan het overstortgedrag bepaald en het overstortdebiet berekend worden. Met een niveaumeter **achter** de overstortmuur kan het oppervlaktewater gemonitord worden. Bij een omgekeerde overstortgebeurtenis, oppervlaktewater stroomt het stelsel in, wordt er oppervlaktewater naar de zuivering gepompt.

Voor het vul- en ledigingsgedrag van het stelsel is het meten bij een externe overstortput minder relevant als het meten in een gemaalkelder. Voor een beheerder van het stedelijk watersysteem is het echter wel wenselijk om te weten wanneer er een overstortgebeurtenis plaats vindt of dat er oppervlaktewater het stelsel in stroomt.

Normaliter dien je ook neerslaggegevens te meten. Neerslagmeters zijn echter onderhoudsgevoelig en zeer kwetsbaar. De radarbeelden daarentegen zijn tegenwoordig sterk verbeterd. Over een grid van 1 x 1 km kun je iedere 5 minuten informatie opvragen. Vanwege dit feit valt de neerslagmeter buiten het kader van de afstudeeropdracht.



Figuur 6.1 Minimale meetopzet tbv analyse vul- en ledigingsgedrag.

## 6.2 Uitwerking meetplan

In de globale meetopzet is besloten wat er gemeten dient te worden. Dit wordt nu vertaald naar een exacte locatie in het stroomgebied.

### 6.2.1 meetlocaties

De meetlocaties worden definitief vastgelegd en getoetst op onderstaande criteria:

- Bereikbaarheid  
Is de meetlocatie goed bereikbaar (per auto)?
- Toegankelijkheid  
Is de meetlocatie goed toegankelijk of ligt deze op een drukke doorgaande weg?  
Is er bijvoorbeeld, bij het installeren of onderhouden van de meetlocatie, een verkeersafzetting nodig?
- Vervuilingsgevoeligheid  
Bestaat er een kans dat de meetlocatie hinder ondervindt van zwerfvuil uit de omgeving?
- Invloed van buitenwater bij een externe overstort  
Bestaat er een kans dat het ontvangende oppervlaktewater over de overstortdrempel het stelsel inloopt?

#### 6.2.1.1 Gemaalkelder

Het belangrijkste meetpunt is de gemaalkelder. De data van de neerslagradar samen met de meetgegevens van een waterniveaumeter in een ontvangstkelder van een gemaal beslaan meer dan 99% van de tijd het vul- en ledigingsgedrag van het stedelijk watersysteem.

Het gemaal in stroomgebied Lange Weg ligt aan het hof van Voorne en op steenworp afstand van het spoor (figuur 6.3). Het is goed bereikbaar en alleen toegankelijk met de juiste sleutels.

De gemaalkelder is voorzien van een afsluitbaar luik. De kans op vervuiling van buitenaf is hierdoor uitgesloten. Vervuiling in de gemaalkelder kan alleen via de aanvoerende leidingen in de ontvangstkelder terecht komen. In de gemaalkelder is geen invloed van oppervlaktewater.

| Toetsingscriteria Gemaal Hof van Voorne |        |
|-----------------------------------------|--------|
| xxx = heel slecht, ✓✓✓ = heel goed      |        |
| Bereikbaarheid                          | ✓✓✓    |
| Toegankelijkheid                        | ✓✓✓    |
| Vervuilingsgevoeligheid                 | x      |
| Invloed van buitenwater                 | n.v.t. |

Figuur 6.2 Toetsingstabel gemaal Hof van Voorne.



Figuur 6.3 Gemaal Hof van Voorne. (Bron: google streetview 2014)

#### 6.2.1.2 Afvoerende leiding

Het gemaal aan het Hof van Voorne pompt het water naar een hoger gelegen put waar het ,onder vrijverval, naar het stromingsgebied Glacis Zeekant stroomt. Het afvoerende debiet is belangrijke informatie voor het hydraulisch functioneren van het stedelijk watersysteem. Het afvoerende debiet kan op twee manieren gemeten worden:

- Debietmeter installeren op de afvoerende leiding
- Niveaumeter in de gemaalkelder

Omdat er in de gemaalkelder al een niveaumeter komt te hangen, is dit de meest voordelige oplossing. Het uitgaande debiet kan worden bepaald door het waterniveau in de gemaalkelder te meten. Met het gemeten waterniveau, in combinatie met de capaciteit van het gemaal en de afmetingen van de gemaalkelder, kan het afvoerende debiet worden bepaald.

### 6.2.1.3 Externe overstortputten

Het stroomgebied Lange Weg is het meest laag gelegen stroomgebied van de kern Bergen op Zoom. Het gebied heeft maar liefst vier externe overstortputten. Het verschil tussen de overstortdrempels van de externe overstortputten en het ontvangende oppervlaktewater varieert tussen de 15 en 21cm. Mede Hierdoor is het een erg kwetsbaar gebied.

Voor het vul- en ledigingsgedrag is het meten van de externe overstorten minder interessant. Door de kwetsbaarheid van het gebied heeft het vooral een signalerende werking. Als beheerder van het stedelijk watersysteem is het zeer wenselijk om te weten of er wel of geen overstortgebeurtenis plaats vindt. Overstortgebeurtenissen kunnen wel veel zeggen over het hydraulisch functioneren van het stedelijk watersysteem. Als bijvoorbeeld bij hevige neerslag alle overstorten in werking treden behalve de overstort met de laagste overstortdrempel kan dit het gevolg zijn van verstopping in het systeem (dit kan vervolgens worden uitgesloten met rioolinspectie).

Wel of geen overstortgebeurtenis, het zegt in veel gevallen iets over het huidige functioneren van het stedelijk watersysteem. Daarom wordt geadviseerd om alle vier de externe overstortputten voor de overstortmuur te voorzien van een niveaumeter. Hiermee kan het overstortdebiet worden berekend en een overstortgebeurtenis worden gesignaleerd.

Door het geringe verschil tussen het peil van het oppervlaktewater en het niveau van de overstortdrempel (0,15 – 0,21m) is het wenselijk om ook het waterniveau achter de overstortmuur te meten. Een omgekeerde overstortgebeurtenis kan zo snel gesignaleerd worden. In paragraaf 3.5 is reeds beschreven welke overstortput in welke watergang uitkomt. Als overstortputten in dezelfde watergang uitkomen hoeft maar één keer het niveau gemeten te worden (wet van communicerende vaten). De overstortputten aan het Hof van Sulzbach (250055 & 250070) en aan het Hof van Paltz (250002) lozen bij een overstortgebeurtenis op dezelfde watergang. De watergang wordt tussen het Hof van Sulzbach en het Hof van Paltz echter onderbroken door een duiker. De kans op verstopping, met opstuwing als gevolg, is aanwezig.

Daarom wordt geadviseerd om bij drie van de vier externe overstortputten achter de overstortmuur een niveaumeter te installeren:

|                  |                  |
|------------------|------------------|
| Markgravenlaan   | 250159           |
| Hof van Paltz    | 250002           |
| Hof van Sulzbach | 250055 of 250070 |

| Toetsingscriteria OVS Markgravenlaan 250159 |      |
|---------------------------------------------|------|
| Bereikbaarheid                              | ✓✓✓✓ |
| Toegankelijkheid                            | ✓    |
| Vervuilingsgevoeligheid                     | ✗    |
| Invloed van buitenwater                     | ✗✗   |

Figuur 6.4 Toetsingstabel externe overstort Markgravenlaan.

| Toetsingscriteria OVS Hof van Sulzbach 250070 |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Bereikbaarheid                                | ✓✓  |
| Toegankelijkheid                              | ✓✓  |
| Vervuilingsgevoeligheid                       | ✗✗✗ |
| Invloed van buitenwater                       | ✗✗✗ |

Figuur 6.5 Toetsingstabel externe overstort Hof van Sulzbach (250070).

| Toetsingscriteria OVS Hof van Sulzbach 250055 |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Bereikbaarheid                                | ✓✓  |
| Toegankelijkheid                              | ✓✓  |
| Vervuilingsgevoeligheid                       | xxx |
| Invloed van buitenwater                       | xxx |

Figuur 6.6 Toetsingstabel externe overstort Hof van Sulzbach (250055).

| Toetsingscriteria OVS Hof van Paltz 250002 |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Bereikbaarheid                             | ✓✓  |
| Toegankelijkheid                           | ✓✓  |
| Vervuilingsgevoeligheid                    | xxx |
| Invloed van buitenwater                    | xxx |

Figuur 6.7 Toetsingstabel externe overstort Hof van Paltz (250002).

## 6.2.2 meetapparatuur

In paragraaf 6.2.1 is aangegeven welke meetlocaties allemaal ingericht moeten worden. In deze paragraaf wordt besloten welke instrumenten per locatie gebruikt moeten worden en op welke manier ze moeten worden geïnstalleerd. Iedere locatie heeft specifieke eigenschappen die van invloed kunnen zijn op de meetmethode en het meetinstrument.

Een andere afweging die in deze fase wordt gemaakt is de keuze voor de ontsluiting van de gegevens.

### 6.2.2.1 Niveaumeting in de gemaalkelder

Een niveaumeting kan met twee verschillende meetprincipes worden uitgevoerd (zie hoofdstuk 4): het meetprincipe hydrostatische druk (drukopnemer) en het meetprincipe looptijd (ultrasoon). Beide meetprincipes hebben voor- en nadelen.

| Voor- en nadelen niveaumeters t.b.v. een gemaalkelder | Drukopnemer | Ultrasoon |
|-------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Installatiemogelijkheden                              | ✓✓          | ✓✓        |
| Onderhoudsgevoeligheid                                | x           | ✓         |
| Meetnauwkeurigheid                                    | ✓✓          | ✓✓        |

Figuur 6.8 Voor- en nadelen niveaumeters in een gemaalkelder

In een gemaalkelder is het geen probleem om een ultrasone niveaumeter te installeren. In een rioolput daarentegen heb je al snel te maken met een dode hoek als gevolg van het gebrek aan beschikbare hoogte. Omdat een ultrasone niveaumeter aanzienlijk minder onderhoudsgevoelig is, wordt geadviseerd om een ultrasone niveaumeter in de gemaalkelder te installeren.

Het installeren van een ultrasone niveaumeter bij voorkeur in een hoek van de gemaalkelder. Een locatie waar de het weinig tot geen hinder kan ondervinden van eventueel aanwezig turbulentie/ stroming. De meter heeft een onderhoudscyclus van één keer per jaar. Dit is voornamelijk gericht op de controle van fysieke onderdelen op corrosie en/ of beschadiging. Ook het reinigen en controleren ophanging/ bevestiging van de sensor behoort tot de onderhoudstaken. Voor een uitgebreide onderhoudstabel zie bijlage 4.

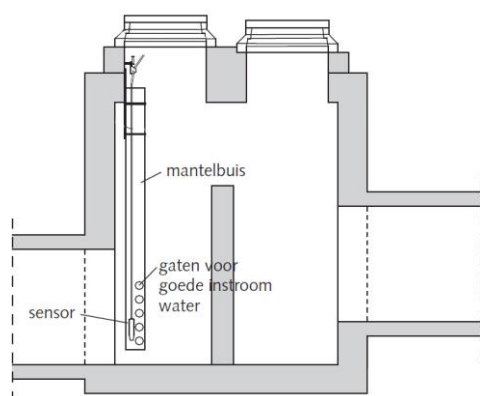
### 6.2.2.2 Niveaumeting in externe overstortputten

In de onderstaande tabel zijn de voor-en nadelen van een drukopnemer en een ultrasone niveaumeter t.b.v. een externe overstortput weergegeven.

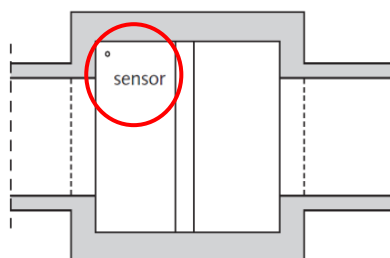
| Voor- en nadelen niveaumeters t.b.v. externe overstortput | Drukopnemer | Ultrasoon |
|-----------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Installatiemogelijkheden                                  | ✓✓          | xx        |
| Onderhoudsgevoeligheid                                    | x           | ✓         |
| Meetnauwkeurigheid                                        | ✓✓          | ✓✓        |

Figuur 6.8 Voor- en nadelen niveaumeters in een externe overstortput.

Beide niveaumeters scoren op één onderdeel een onvoldoende. De installatiemogelijkheden van een ultrasone niveaumeter zijn een probleem. Door de beperkte ruimte die beschikbaar is in een overstortput heeft de ultrasone niveaumeter een probleem met het meetbereik. Dit is een probleem dat alleen verholpen kan worden indien men de put fysiek gaat aanpassen (vergroten of verhogen). Dit is uiteraard niet wenselijk. De onderhoudsgevoeligheid van de drukopnemer is wel op te lossen. De onderhoudscyclus van een drukopnemer is één keer per half jaar (zie bijlage 4). Door de onderhoudscyclus te verhogen naar één keer per 3 maanden verhoog je levensduur en de betrouwbaarheid van de meting. Tevens kan de drukopnemer in de hoek van de put (figuur 6.9) en in een mantelbuis geplaatst worden (figuur 6.10). Zo is de drukopnemer minder gevoelig voor stroming/ turbulentie en zwervend afval. In de mantelbuis moeten wel genoeg gaten zitten voor een goede instroom. Bovenstaande argumenten zijn van toepassing op de te plaatsen niveaumeters zowel voor als achter de overstortmuur. Het advies is om in totaal 7 hydrostatische drukopnemers te installeren in vier externe overstortputten.



Figuur 6.9 Dwarsdoorsnede: drukopnemer in mantelbuis

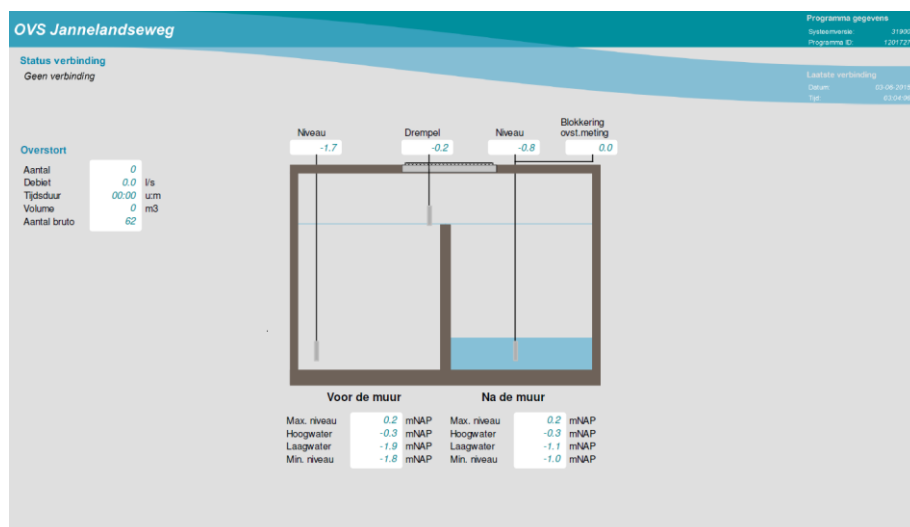


Figuur 6.10 Boven-aanzicht: locatie sensor

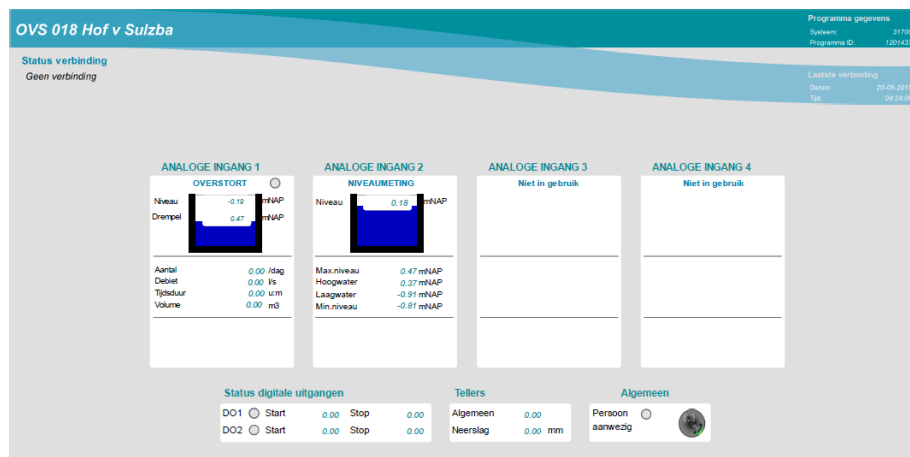
De nieuwe generatie drukopnemers hebben volgens de leveranciers minder tot geen last van nulpuntsdrift. Mede hierdoor adviseren wij geen trilvorkschakelaars te plaatsen. Mocht in de toekomst blijken dat er toch regelmatig nulpuntsdrift optreedt dan kunnen deze instrumenten alsnog geïnstalleerd worden (module C2330 meetapparatuur, 2009).

### 6.2.2.3 Ontsluiting meetgegevens

De meetopstelling, beschreven in de bovenstaande paragrafen, betreft een vaste meetopstelling. Dit betekent dat bij iedere meetlocatie een onderstation moet komen in de vorm van een besturingskast. De besturingskast dient zo ingericht te worden dat in de toekomst gebruik gemaakt kan worden van realtime toepassingen zoals hoogwatermeldingen of sturing. Via deze besturingskast moet de data middels GPRS naar de hoofdpst in Bergen op Zoom worden verzonden. Vanuit hier wordt de data via een internetverbinding beschikbaar gesteld aan de gebruikers. Het is belangrijk dat de software die hiervoor gebruikt kan worden overzichtelijk en gebruiksvriendelijk is. Alle meetlocaties in één geografisch overzicht. Ook dient iedere meetlocatie een schematisch overzicht te hebben met alle aanwezige meetinstrumenten. Het is belangrijk dat al deze statusoverzichten eenduidig zijn om verwarring te voorkomen.



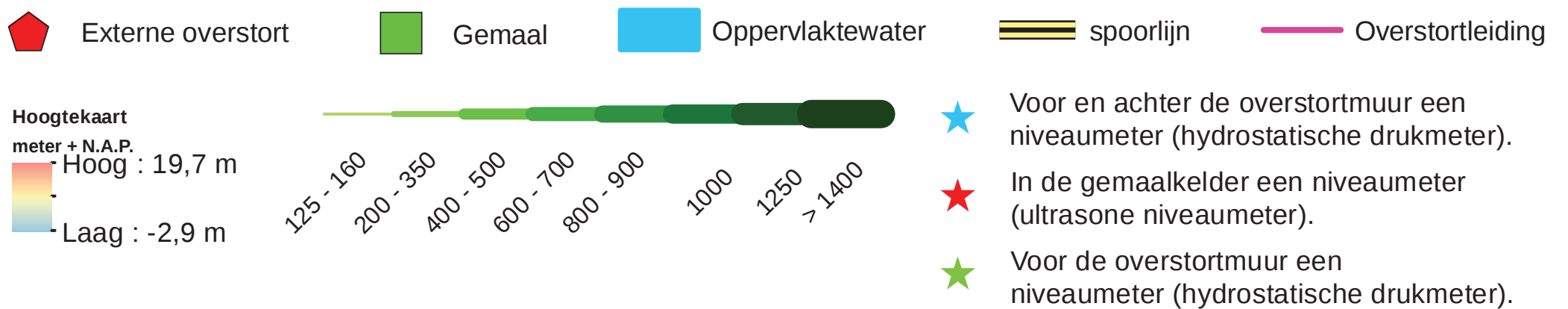
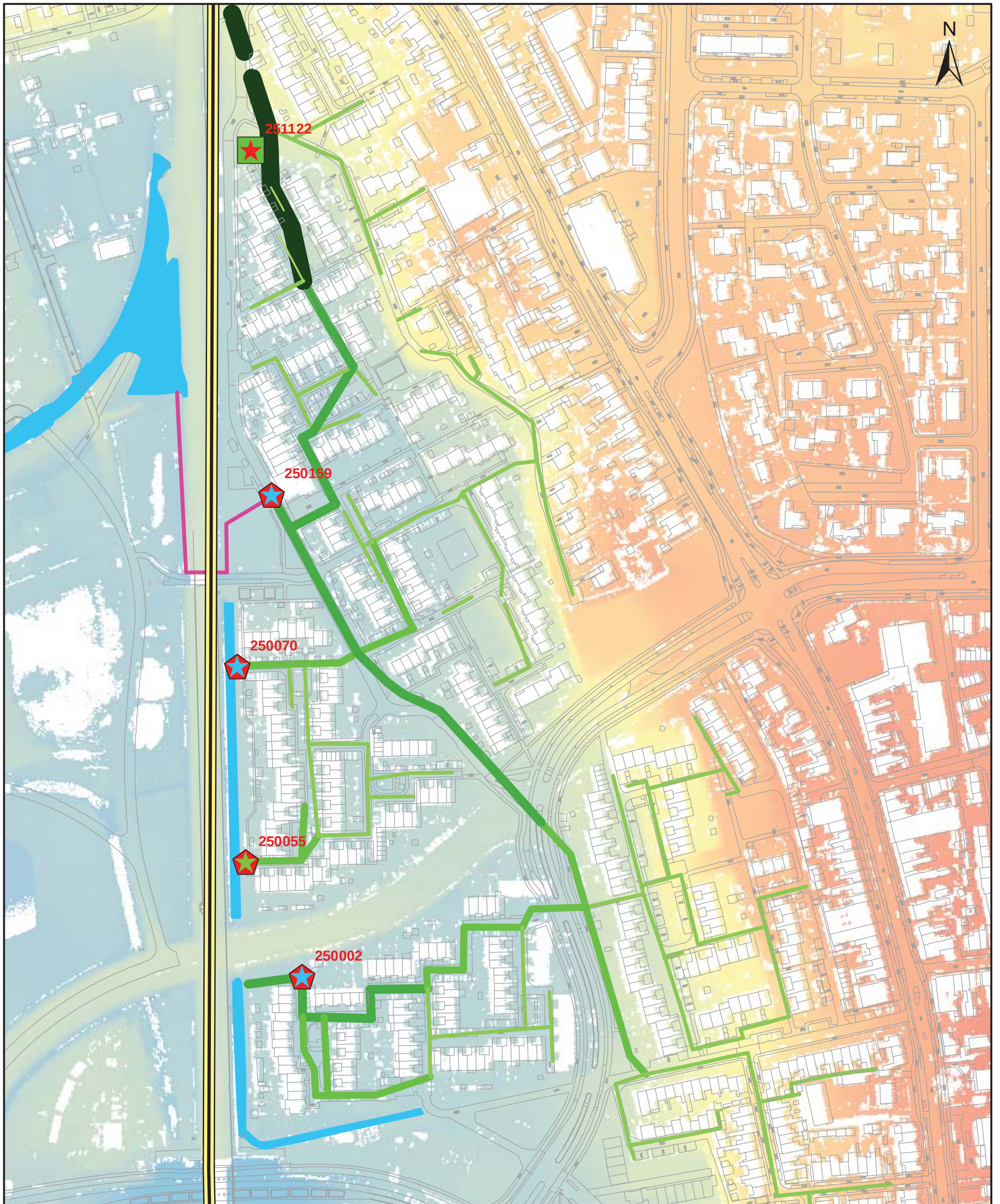
Figuur 6.11 Voorbeeld statusoverzicht externe overstort aan Jannelandseweg



Figuur 6.12 Voorbeeld statusoverzicht externe overstort aan Hof van Sulzbach

Op figuur 6.11 en 6.12 zijn twee statusoverzichten van externe overstortlocaties te zien. Beide locaties zijn voorzien van exact dezelfde meetinstrumenten. Toch zien beide overzichten er totaal verschillend uit.

# Advies meetnet stroomgebied 'Lange Weg'



## 7 Inventarisatie/ analyse bestaand meetnet

Op drie locaties in het stroomgebied Lange Weg is meetapparatuur aanwezig. Er zijn externe overstortputten voorzien van meetinstrumenten en 1 gemaal.

- Externe overstortput 250070 aan het Hof van Sulzbach.
- Externe overstortput 250002 aan het Hof van Paltz.
- Gemaal 251122 aan het Hof van Voorne.

### 7.1 Externe overstortput 250002 (Hof van Paltz)

In de overstortput aan het Hof van Paltz zijn drie meetinstrumenten aanwezig: twee hydrostatische drukopnemers van het type Vegawell 52, en één trilvorkschakelaar. De hydrostatische drukopnemers zijn zowel voor als achter de overstortmuur geplaatst. De niveauschakelaar is in de ruimte voor de overstortmuur op exact dezelfde hoogte als de overstortdrempel geplaatst (figuur 7.1). Op onderstaande foto's is de positie van de meetapparatuur in de put goed te zien.

Het oppervlaktewater (figuur 7.2) staat op het moment van het veldbezoek aanzienlijk hoger dan in het stelsel. In beide gevallen zijn de hydrostatische drukopnemers geplaatst tussen de overstortmuur en de aan- of afvoerende leiding. Hydrostatische drukopnemers zijn minder gevoelig voor stroming en/ of turbulentie dan ultrasone niveaumeters. Toch is het beter om de sensor van de drukopnemer buiten het stroomprofiel te plaatsen. Bij voorkeur in de hoek van de put. De vork van de niveauschakelaar hangt wel op een goede positie. Deze is op enige afstand van de overstortmuur geplaatst zodat de sensor niet negatief beïnvloed kan worden door turbulente stroming of de overstortende straal. In de overstortput is ook zwerfvuil aangetroffen. Grote stukken (huis)vuil kunnen verstrikt raken in de staalkabel van de sensor en zo de meting negatief beïnvloeden. De sensor van de drukopnemer is bevestigd aan een staalkabel met onderaan een gewicht. Het gewicht of de staalkabel kan door de aanwezige stroming de sensor verplaatsen.



Figuur 7.1 Overstortput 250002, voor de overstortmuur



Figuur 7.2 Overstortput 250002, achter de overstortmuur



Figuur 7.3 Overstortput 250002, besturingskast

## 7.2 Externe overstortput 250070 (Hof van Sulzbach)

Ook in overstortput 250070 aan het hof van Sulzbach zijn drie meters aanwezig: twee hydrostatische drukopnemers van het type vegawell 52 en één niveauschakelaar. De hydrostatische drukopnemers zijn wederom zowel voor als achter de muur geplaatst. De niveauschakelaar is voor de muur en ter hoogte van de overstortdrempel geplaatst. Op onderstaande foto's is de positie van de meetapparatuur in de put goed te zien.

Tijdens het veldbezoek in februari 2015 bleek dat het niveau van het water achter de muur hoger stond dan de overstortdrempel. Het oppervlaktewater van de ontvangende watergang stroomde over de overstortdrempel het stelsel in. Dit betekent dat er op dat moment rioolvreemd water (in dit geval oppervlaktewater) naar de zuivering werd gepompt.



Figuur 7.4 Overstortput 250070, voor de overstortmuur



Figuur 7.5 Overstortput 250070, achter de overstortmuur



Figuur 7.6 Overstortput 250070, voor de overstortmuur



Figuur 7.7 Zwerfvuil in ontvangende watergang

De situatie is bijna gelijk aan die van overstortput 250002. De hydrostatische drukopnemers zijn geplaatst tussen de overstortmuur en de aan- of afvoerende leiding. De meting kan negatief beïnvloed worden door eventuele aanwezige stroming. De vork van de niveauschakelaar is op een kleine afstand geplaatst van de overstortdrempel en ondervindt geen hinder van turbulente stroming of de overstortende straal. In de overstortput zelf is geen zwerfvuil gevonden. In de ontvangende watergang is wel een enorme hoeveelheid (huis)vuil gevonden. Grote stukken plastic en andere obstakels (figuur 7.7) kunnen de uitstroom van de overstortput dusdanig belemmeren dat dit opstuwing in het stelsel tot gevolg kan hebben.

### 7.3 Gemaal 251122 (Hof van Voorne)

In de gemaalkelder van het gemaal (figuur 7.8) is alleen een hydrostatische drukopnemer type Vegawell 52 aanwezig. De putbodem van de gemaalkelder is het laagste punt van het stelsel van stroomgebied Lange Weg. Dit is één van de belangrijkste punten om te meten in een rioolstelsel in het kader van het vul- en ledigingsgedrag van het stedelijk watersysteem. Met het veldbezoek hebben we niet in de gemaalkelder gekeken.

De status van de drukopnemer en de positie in de put is onbekend.

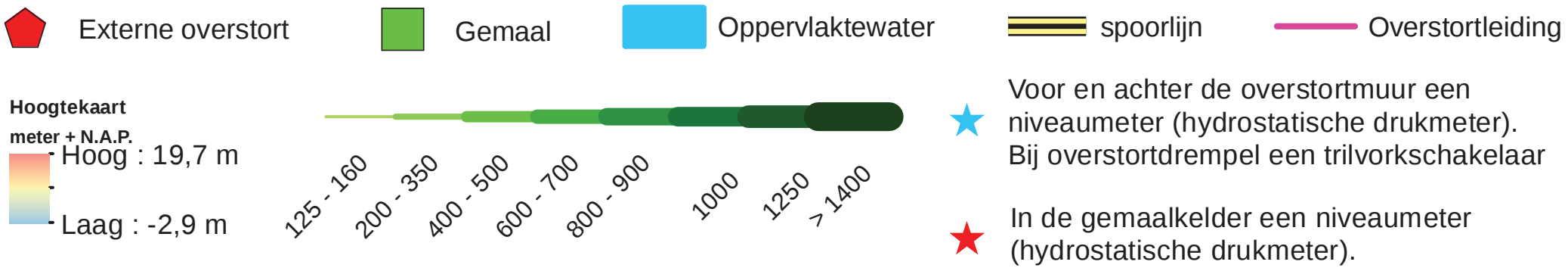
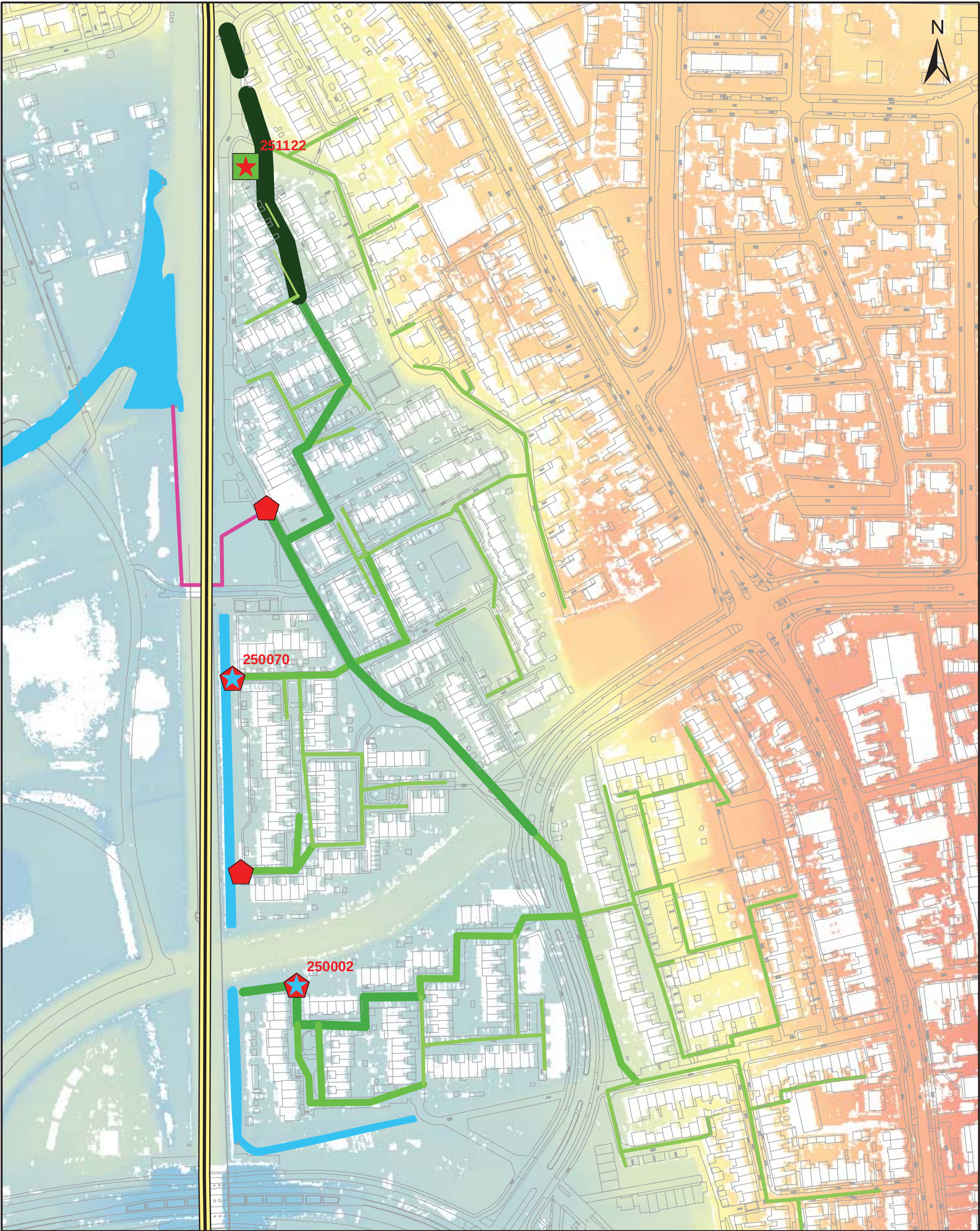


*Figuur 7.8 Gemaal 252211 aan het Hof van Voorne*

### 7.4 Ontsluiting meetgegevens

Bij alle drie de meetlocaties zijn besturingskasten aanwezig (zie figuur 7.3 & 7.6). Deze besturingskasten zorgen voor voeding en dat de meetgegevens via GPRS bij de hoofdpst in Bergen op Zoom terecht komen. De besturingskasten zijn zo ingericht dat ze in de toekomst gebruikt kunnen worden voor realtime sturing en signalering. De meetgegevens kunnen, via een citrix-omgeving, met behulp van speciale software door de rioolbeheerder worden ingezien. De statusoverzichten van alle meetlocaties zijn niet eenduidig. Veel overzichten worden op een verschillende manieren weergegeven en zijn niet compleet (zie figuur 6.11 & 6.12).

# Huidige situatie meetnet stroomgebied 'Lange Weg'



## 8 Kansen voor realtime toepassingen

Realtime toepassingen zijn situaties waarbij de actie afhankelijk is van de status van het stelsel op dat moment (realtime). In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt in realtime signalering en realtime sturing.

### 8.1 Realtime signalering

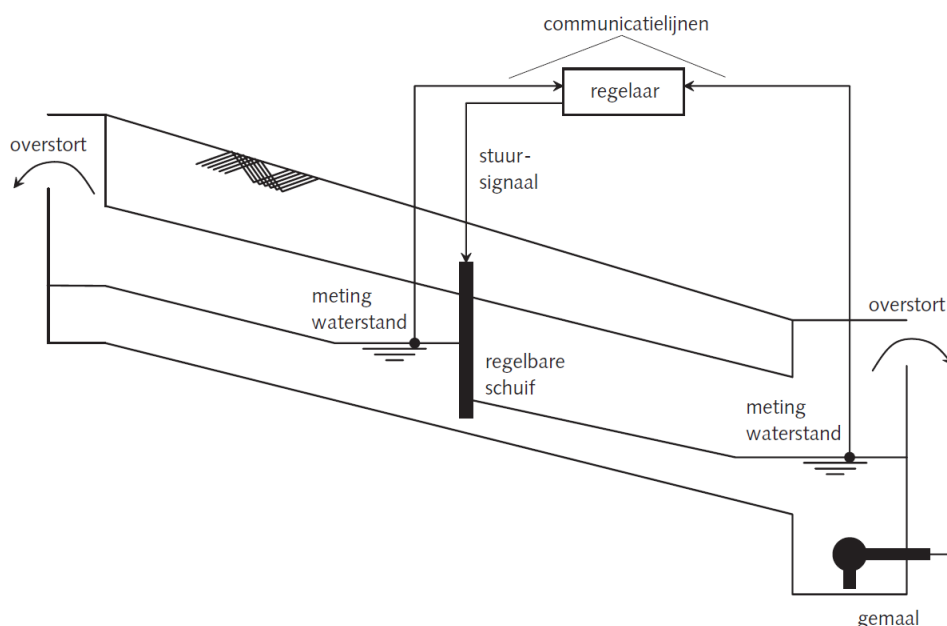
Realtime signalering is eigenlijk te vergelijken met alarmering. Als ergens in het stelsel zich een situatie voordoet die onmiddellijk actie vraagt, kan de hoofdpst een signaal naar de riool- of gemaalbeheerder zenden. Dit kan in de vorm van een SMS of een email. Dergelijke situaties kunnen zijn: hoogwater, gemaalstoring of inloop van oppervlaktewater in een gemengd stelsel.

Er zijn vijf locaties in het stroomgebied die in aanmerking komen voor realtime signalering. Op één van die locaties is al realtime-signalering aanwezig. Dit betreft het gemaal aan het Hof van Voorne. Indien daar een gemaalstoring optreedt, wordt een bericht naar de gemaalbeheerder verzonden. De overige vier locaties zijn de externe overstortputten. Het is niet wenselijk dat bij een externe overstortput oppervlaktewater het gemengde stelsel in loopt. Dit zou betekenen dat er 'schoon' oppervlaktewater naar de zuivering wordt gepompt. Indien men realtime signalering toepast, kan men tijdig ingrijpen. Als het oppervlaktewater achter de overstortmuur een bepaald niveau bereikt (bijvoorbeeld het niveau van de overstortdrempel), kan een bericht naar de rioolbeheerder worden verzonden. Vervolgens kan de rioolbeheer uitzoeken wat de oorzaak van de hoge waterstand is (bijvoorbeeld opstuwung in de watergang).

Op de kaart 'realtime toepassingen in stroomgebied Lange Weg' zijn de kansen, met betrekking tot realtime signalering, geografisch in het rood weergegeven.

### 8.2 Realtime sturing

Bij realtime sturing ga je op basis meetgegevens (op dat moment/ realtime), kunstwerken sturen zodat die de werking van het stelsel kunnen beïnvloeden.



Figuur 8.1 principe realtime sturing

De meest gebruikte toepassing van realtime sturing is het beperken van de vuiluitworp bij een externe overstort. Door een regelbare schuif (figuur 8.1) wordt het rioolwater bovenstrooms langer vastgehouden zodat de berging van het stelsel optimaal benut kan worden. Hierdoor zal er uiteindelijk minder rioolwater over de overstortdrempel stromen. Minder rioolwater op het oppervlaktewater betekent een reducering van de vuiluitworp. Deze toepassing is voornamelijk geschikt in hellende gebieden. Rioolwater uit hoger gelegen gebied dat, in verband met het grote verhang, te snel naar lager gelegen gebied stroomt kan plaatselijk problemen opleveren (module C2350 sturen hydraulisch functioneren, 2008).

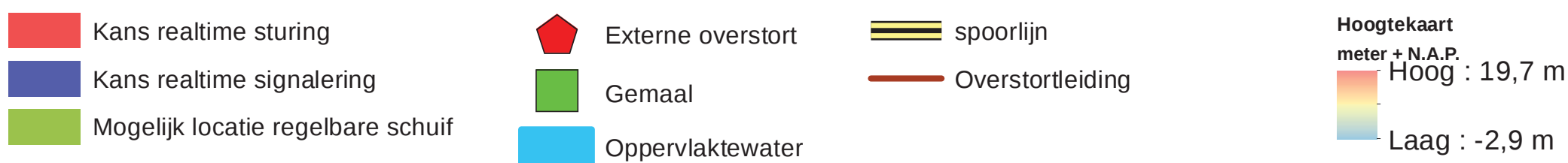
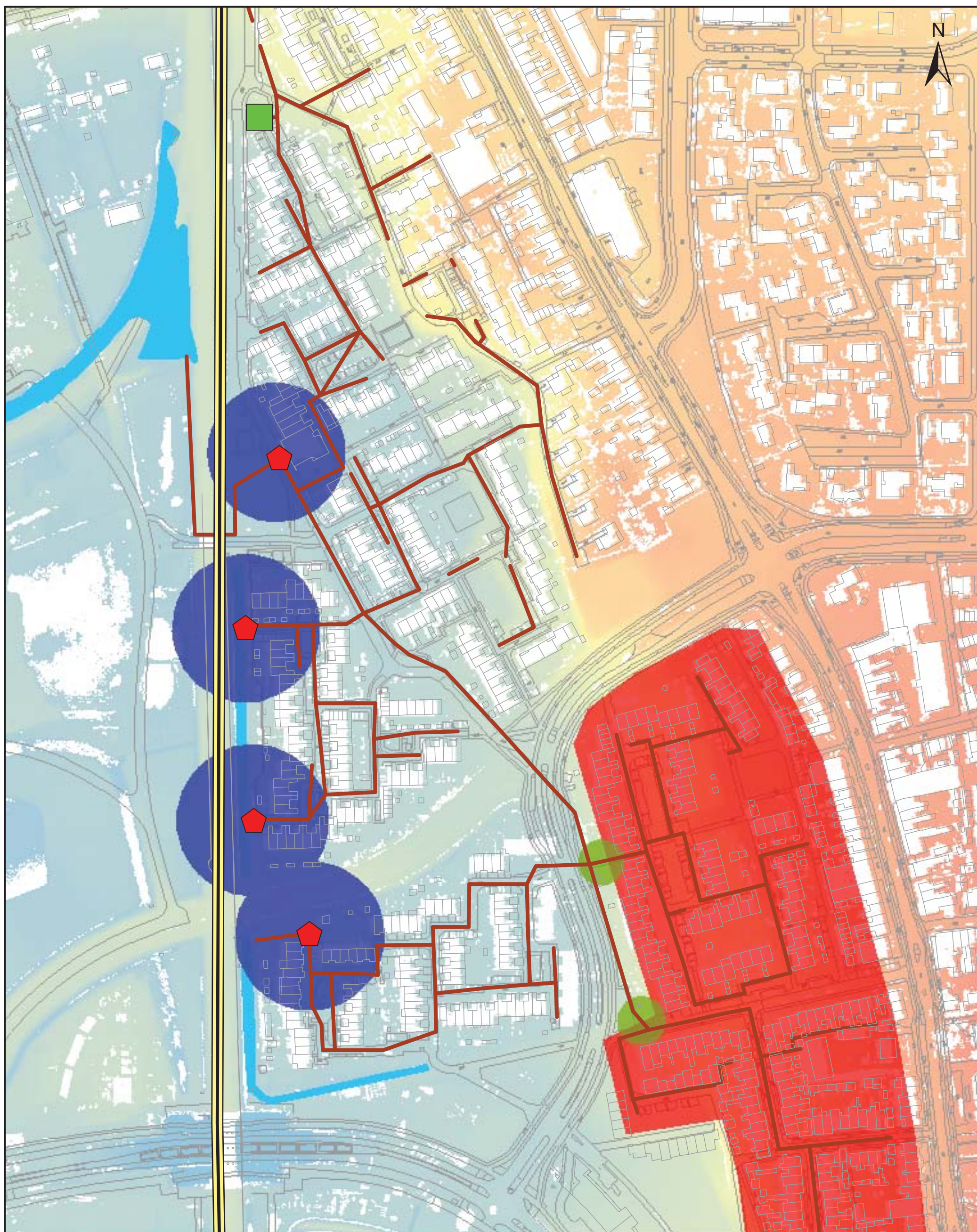
In de gemeente Bergen op zoom is voldoende hellend gebied aanwezig doordat het aan de rand van de brabantse wal ligt. Het stroomgebied Lange Weg is het laagst gelegen gebied van de kern Bergen op Zoom. Hierdoor is het erg kwetsbaar voor water-op-straat. Dit is ook de reden dat het stroomgebied geïsoleerd is van andere stroomgebieden, deze gebieden liggen namelijk allemaal aanzienlijk hoger. In het stroomgebied zelf is ook hoogteverschil aanwezig. De bob-hoogte<sup>4</sup> van het oostelijk deel van Lange Weg is ongeveer 10m hoger dan de bob-hoogte van het westelijk deel. In het oostelijk deel van Lange Weg kan je met behulp van een regelbare schuif het rioolwater langer vasthouden. Hierdoor komt het water minder snel en meer gecontroleerd in het laagste deel van Lange Weg terecht. De kans op water-op-straat zou op deze manier aanzienlijk verkleind kunnen worden.

Op de kaart 'realtime toepassingen in stroomgebied Lange Weg' zijn de kansen, met betrekking tot realtime sturing, geografisch in het blauw weergegeven. Dit betekent dat dit gebied de potentie heeft om voor realtime sturing in aanmerking te komen. Het is nog niet onderzocht of het technisch uitvoerbaar is en of de kosten opwegen tegen de baten.

---

<sup>4</sup> De hoogte van de binnenkant van de onderkant van de rioolbuis.

# Realtime toepassingen stroomgebied Lange Weg Kansen



## 9 Aanbevelingen

De gemeente Bergen op Zoom wil graag antwoord op de volgende vraag: ***“Hoe moet een meetnet worden ingericht om het hydraulisch functioneren van een stedelijk watersysteem in de praktijk te toetsen en gebruik te kunnen maken van realtime-toepassingen?”***

Het antwoord op deze vraag is in hoofdstuk 7 en 8 gegeven.

In hoofdstuk 7 is een meetopzet geadviseerd die aansluit bij de informatiebehoefte van de gemeente Bergen op Zoom. Deze meetopzet bestaat uit vijf meetlocaties waar enkel en alleen het waterniveau gemeten wordt. Met deze minimale meetopzet krijg je een goed beeld hoe het stedelijk watersysteem in het onderzoeksgebied functioneert in de praktijk. Met behulp van het gemeten waterniveau kunnen andere zaken, zoals afvoerend debiet of overstortvolume, worden berekend. Het waterniveau wordt bepaald volgens het meetprincipe druk en looptijd.

De gemeente beschikt op drie locaties reeds over meetinstrumenten. Het advies is om deze locaties aan te vullen met twee nieuwe locaties zoals aangegeven in de gewenste meetopzet (H7).

De inrichting op bestaande meetlocaties verschilt op sommige locaties met de gewenste meetopzet. Het advies is om de ‘juiste’ meetinstrumenten pas te plaatsen indien de huidige instrumenten aan vervanging toe zijn. Er dient wel kritisch te worden gekeken naar de plaatsing van de instrumenten in de put. In een aantal gevallen is er geen sprake van een ideale meetopstelling.

In hoofdstuk 8 is al een doorkijk gemaakt naar een aantal realtime toepassingen. Het advies is om de realtime signalering toe te passen. Dit is, indien alle meetlocaties zijn ingericht, relatief eenvoudig in te stellen, terwijl het een grote meerwaarde heeft. Voor realtime sturing is een ‘kanslocatie’ aangegeven. Deze locatie zou misschien voldoen om daar, met behulp van een regelbare schuif, rioolwater vast te houden en gecontroleerd naar lager gebied laten stromen. Als in dit gebied in de toekomst veel wateroverlast voorkomt, is het advies om te onderzoeken of realtime sturing op deze locatie technisch haalbaar is.

## Bijlagen 1: kaarten van stroomgebied Lange Weg

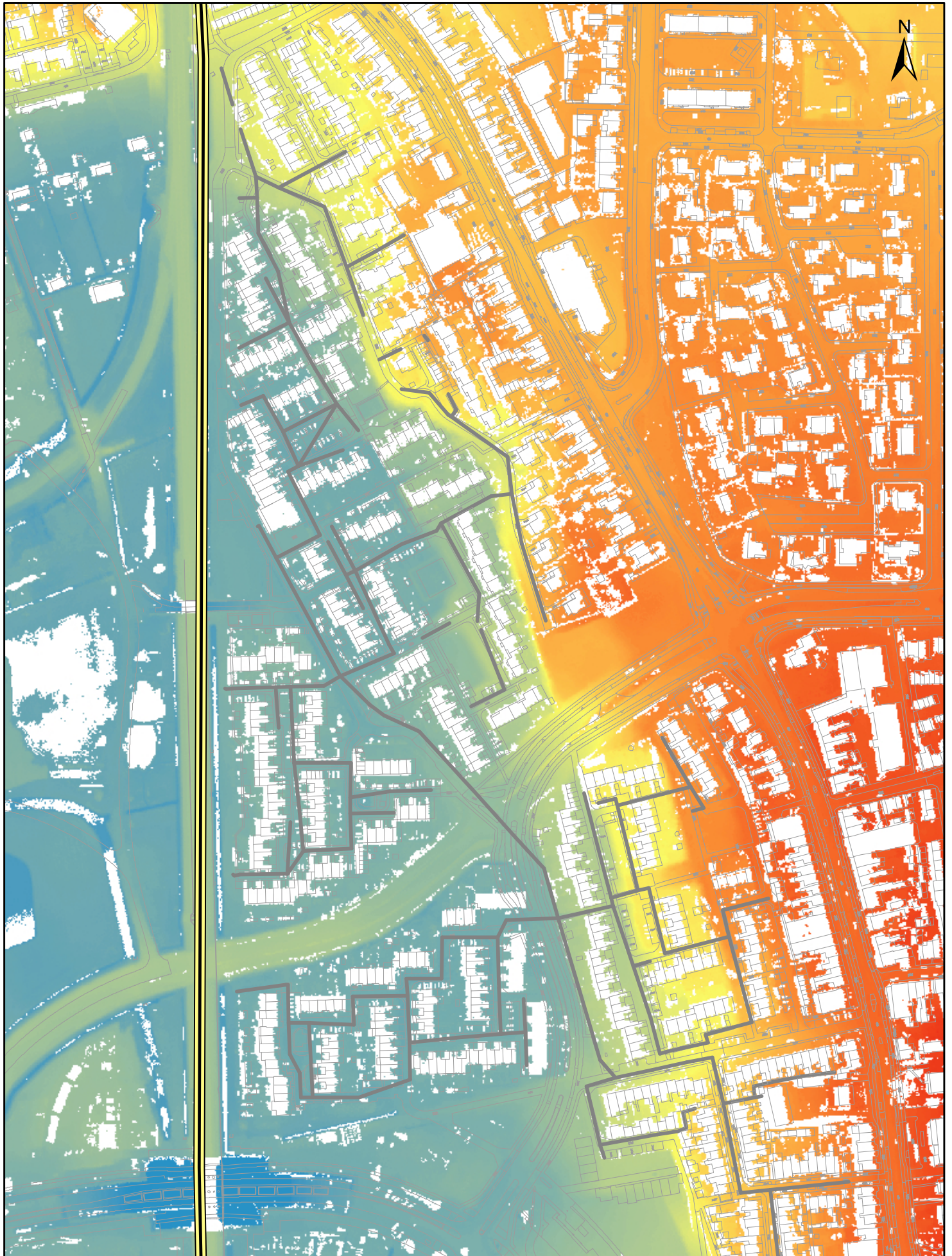
*Hoogtekaart* van het stroomgebied Lange Weg

Overzicht van het *diameterverloop* van de rioolstrengen in het stroomgebied Lange Weg.

Overzicht van alle *externe overstortputten en gemalen* in het stroomgebied Lange Weg.

Overzicht van de *ontwateringsdiepte* in het stroomgebied Lange Weg.

# Hoogtekaart stroomgebied 'Lange Weg'



Hoogtekaart

meter + N.A.P.

Hoog : 19,7 m



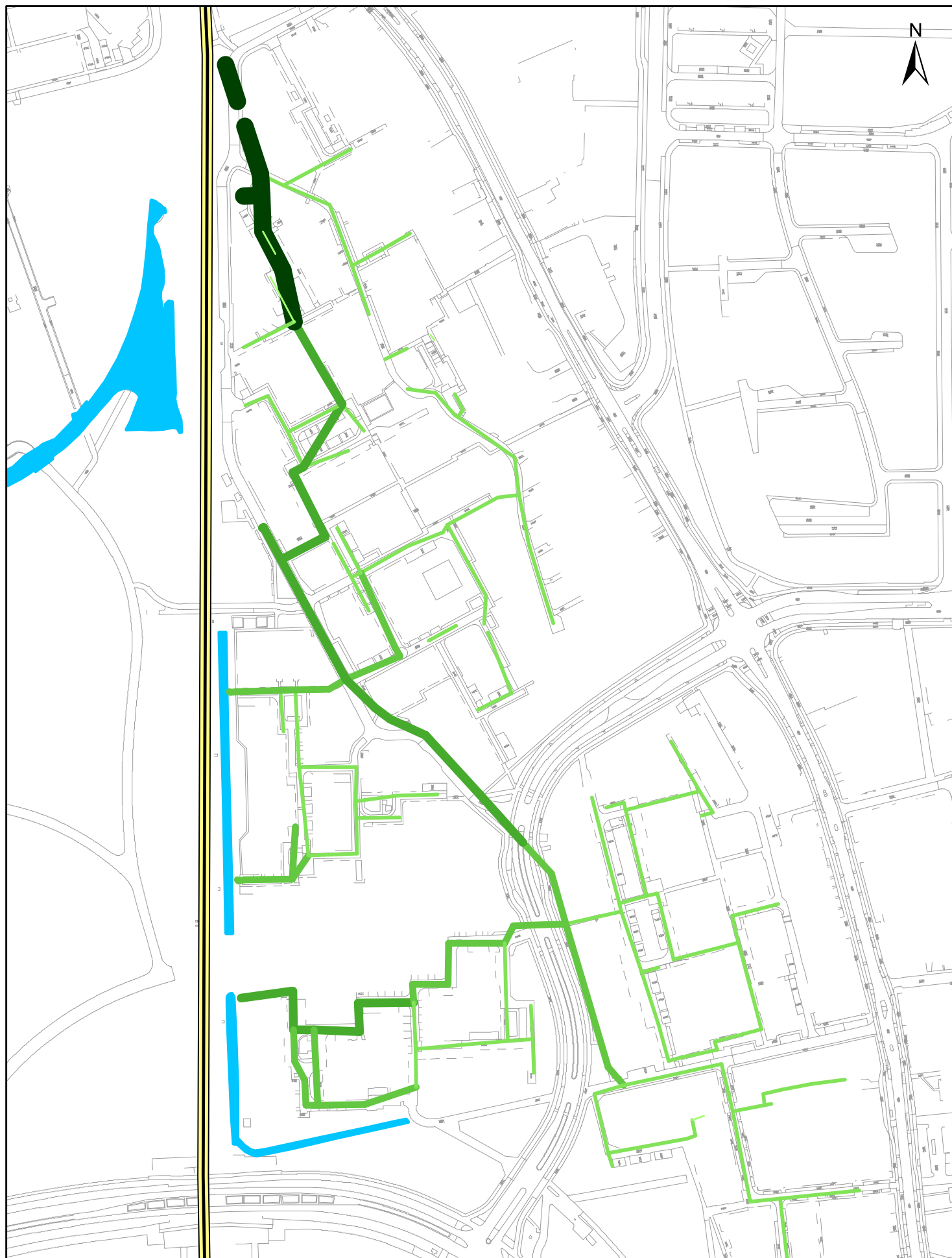
Laag : -2,9 m

Bron: Algemene hoogtekaart Nederland

spoorlijn

Riolering

# Diameterverloop leidingen stroomgebied 'Lange Weg'



Oppervlaktewater

spoorlijn

125 - 160

200 - 350

400 - 500

600 - 700

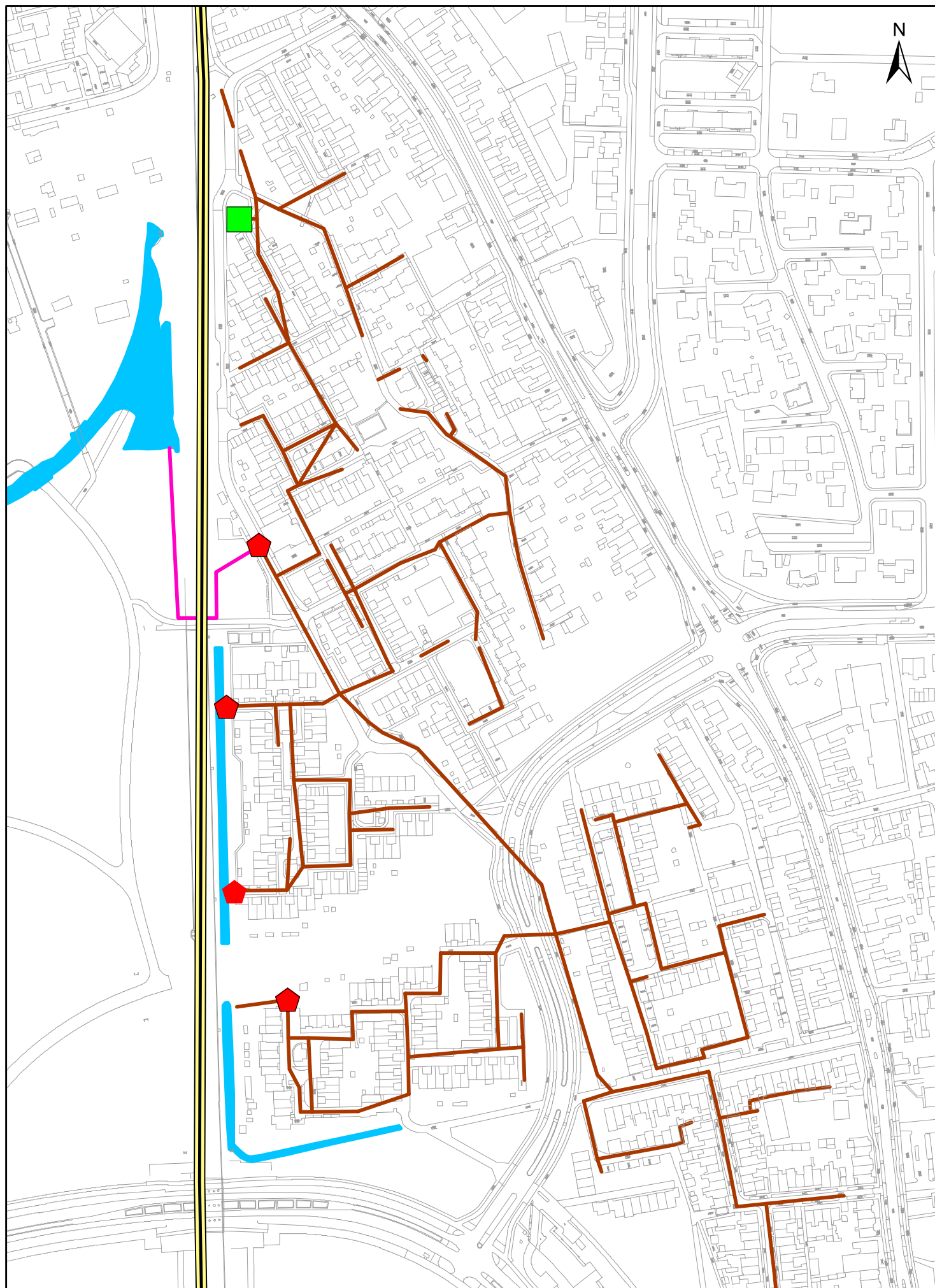
800 - 900

1000

1250

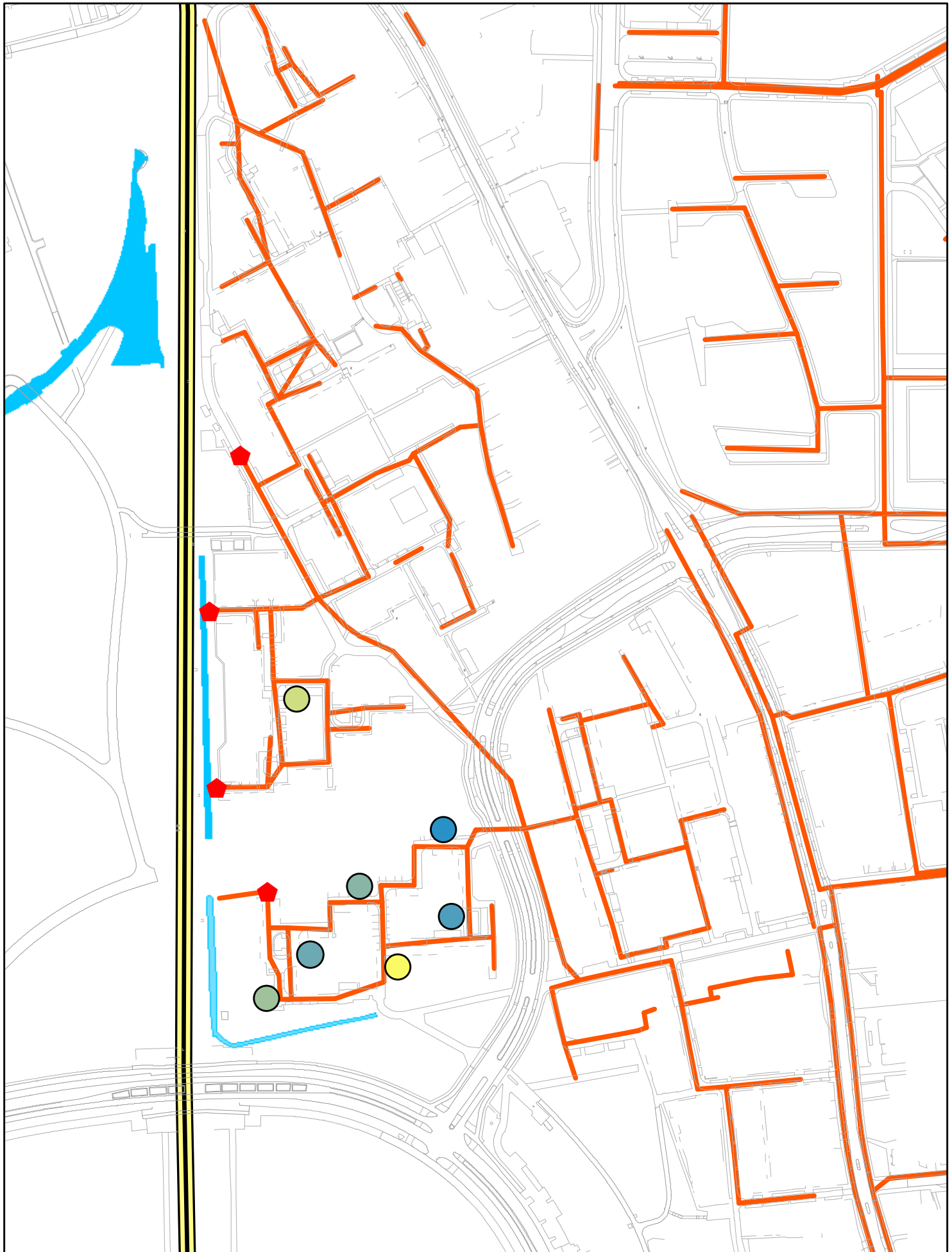
> 1400

# Externe overstorten/ gemalen stroomgebied 'Lange Weg'



-  Externe overstort
-  Gemaal
-  Oppervlaktewater
-  spoorlijn
-  Overstortleiding

# Ontwateringsdiepte stroomgebied 'Lange Weg'



MV-GWSH



0.062 0.161 0.31 0.376 0.46 0.6538 0.714 0.8114 0.82974 0.858 1.199 1.44 1.72107 1.99145 2.529 3.79998 6.51069

Oppervlaktewater

OVERSTORT

LEIDINGEN

## **Bijlagen 2: foto's oppervlaktewater**

Foto's van het ontvangende oppervlaktewater bij externe overstortputten.

*Externe overstort 250002:*



*Externe overstort 250055:*



*Externe overstort 250070:*



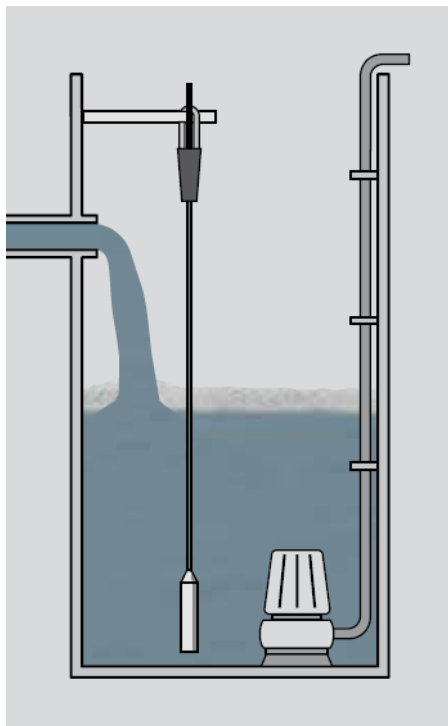
*Externe overstort 250159:*



### **Bijlagen 3: productinformatie meetinstrumenten**

### Niveausensor Vegawell 52

De Vegawell is een niveausensor dat werkt volgens het meetprincipe druk. Middels de bepaling van de hydrostatische waterdruk en de luchtdruk wordt het waterniveau in bijvoorbeeld een overstortput of een gemaalkelder berekend. De sensor van de Vegawell bevindt zich altijd in het water.



Volgens de gegevens van de leverancier is de Vegawell 52 geschikt om constant metingen te verrichten in een bepaalde vloeistof. Door de aanwezigheid van een in vacuüm gemonteerde keramische meetcel is hij tevens zeer betrouwbaar en nauwkeurig. Hij heeft een stevige behuizing en is makkelijk te bevestigen.

| Technische gegevens Vegawell 52 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| <b>Meetcel</b>                  | CERTEC®            |
| Diameter sensor                 | 22mm               |
| Procesdruk                      | 0 - 60bar          |
| <b>Procestemperatuur</b>        | -20 - +80° C.      |
| Standaard afwijking             | 0.2% - 0.1%.       |
| <b>Uitgaand signaal</b>         | Standaard 4 - 20mA |

### Niveausensor Flygt LSU-100

De LSU-100 is een niveausensor dat werkt volgens het meetprincipe looptijd. De looptijd die de geluidsgolf aflegt tussen de zender en de sensor (via het wateroppervlak) bepaald het waterniveau. De sensor is altijd 30cm boven het maximale peil van het wateroppervlak gemonteerd en heeft dus geen fysiek contact met het water.

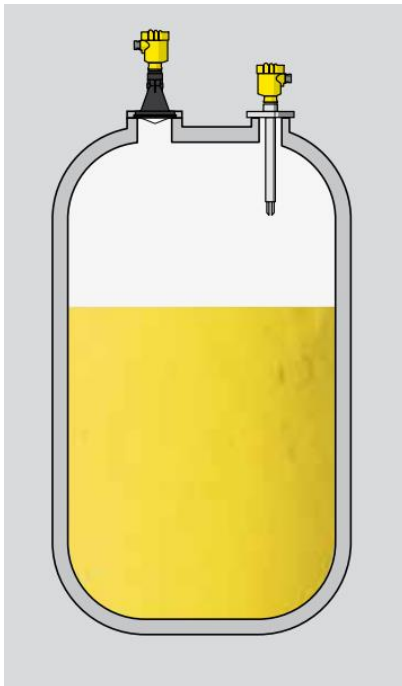


Volgens de leverancier eenvoudig te monteren en gemakkelijk te onderhouden. De sensor kan niet worden beïnvloed door eventueel aanwezige stroming of geraakt worden door stromend zwerfafval. Hierdoor is de sensor nauwkeurig en heeft de sensor periodiek minder onderhoud nodig dan een sensor die wel constant in contact staat met water/ zwerfafval.

| Technische gegevens LSU-100 |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| <b>Materiaal</b>            | PVC en RVS         |
| Diameter sensor             | 62mm               |
| meetbereik                  | 0 - 5m of 0 - 10m  |
| <b>Procestemperatuur</b>    | -40 - +60° C.      |
| Hoogte sensor               | 228mm              |
| <b>Uitgaand signaal</b>     | Standaard 4 - 20mA |

### Trilvorkschakelaar Vegaswing 51

De Vegaswing 51 is technisch gezien geen meetinstrument, het werkt niet volgens een meetprincipe. Het is een controlemiddel of toevoeging van een niveaumeting. Het instrument schakelt aan indien de vork fysiek in contact komt met het water en weer uit als het niveau van het water daalt en geen contact meer met de vork heeft. De Vegaswing wordt vaak ingezet bij externe of interne overstortputten. De vork wordt dan precies ter hoogte van de overstortdrempel gemonteerd. Indien de vork in contact komt met het water betekent dit dat er een overstortgebeurtenis plaatsvindt. In principe geeft de Vegaswing 51 alleen aan: wel of niet overstorten. Er kan geen overstortdebiet worden bepaald. De Vegaswing wordt vaak in combinatie met een niveausensor gebruikt. Zodra de Vegaswing aangeeft dat er een overstortgebeurtenis plaatsvindt, wordt het waterniveau van de niveausensor automatisch geraadpleegd. Op deze manier kan het overstortvolume worden bepaald. Indien een niveausensor door een onbekende reden een verkeerde waarde zou doorgeven, dan kan het zijn dat er water over de overstortdrempel komt terwijl dit door de niveausensor niet gesignaleerd wordt. Bij een meetopstelling van een niveausensor in combinatie met een trilvorksensor gebeurt dan het volgende: De vork van de Vegaswing wordt nat en kalibreert automatisch de niveausensor. Zo wordt de overstortgebeurtenis wel goed doorgegeven en de niveausensor is automatisch gekalibreerd.



Volgens de gegevens van de leverancier heeft de Vegaswing de volgende voordelen: Lage kosten voor service en onderhoud. Gemakkelijk te bevestigen en in gebruik te nemen. Nauwkeurige werking in verband schakelpunt dat niet afhankelijk is van het product.

| Technische gegevens Vegaswing 51 |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| Lengte vork                      | 40mm                       |
| Dichtheid                        | 0.7 - 2.5g/cm <sup>3</sup> |
| Procesdruk                       | -1 - 64bar                 |
| Procestemperatuur                | -40 - +150° C.             |
| Signaal                          | Standaard 4 - 20mA         |

## **Bijlagen 4: onderhoudstabel meetinstrumenten**

| Apparatuur            | Onderhoudsfrequentie                                      | Onderhoudswerkzaamheden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Algemeen              | Minimaal eens per maand<br>(vaker bij onlineopstellingen) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle aanwezigheid gelogde meetdata</li> <li>• Controle datum/tijd-stempel en juiste synchronisatie</li> <li>• Controle doorzenden data (telemetrie)</li> <li>• Validatie meetdata (<i>zie module C2380</i>)</li> <li>• Invullen logboek</li> </ul>                                                                                       |
| Druksensor            | Eens per zes maanden                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle fysieke onderdelen op o.a. corrosie en beschadiging</li> <li>• Controle ophanging/bevestiging sensor</li> <li>• Reiniging sensor en terugplaatsen sensor op exacte locatie</li> <li>• Controle/Vervanging batterijvoeding</li> <li>• Controle betrouwbaarheid via handmatig meten waterstand</li> <li>• Invullen logboek</li> </ul> |
| Ultrasone niveaumeter | Eens per twaalf maanden                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle fysieke onderdelen op o.a. corrosie en beschadiging</li> <li>• Controle bevestiging sensor</li> <li>• Controle vrije ruimte ultrasoon signaal (verwijderen aangroei/blokkades)</li> <li>• Controle betrouwbaarheid via handmatig meten waterstand</li> <li>• Invullen logboek</li> </ul>                                            |

## Bronvermelding

- Aquaфин (2014). *Intelligente sturing van riolen*. Antwerpen: Aquaфин
- Grontmij (2009). *Basisrioleringsplan kern Bergen op Zoom*. De Bilt: Grontmij
- Leidraad Riolering (2010). *Module C2300 Meten (hydraulisch functioneren)*. Ede: Stichting Rioned
- Leidraad Riolering (2010). *Module C2310 Meetplan*. Ede: Stichting Rioned
- Leidraad Riolering (2009). *Module C2320 Opzet meetnet*. Ede: Stichting Rioned
- Leidraad Riolering (2009). *Module C2330 Meetapparatuur*. Ede: Stichting Rioned
- Leidraad Riolering (2009). *Module C2340 Telemetrie*. Ede: Stichting Rioned
- Leidraad Riolering (2008). *Module C2350 Sturen hydraulisch functioneren*. Ede: Stichting Rioned
- RPS Advies (2010) *grondwater meetgegevens gemeente Bergen op Zoom*. Delft: RPS advies
- Waterkring West (2014). *Afvalwaterplan, kansen voor een maximale samenwerking*. West-Brabant: Waterkring West
- Waterschap Brabantse Delta (2010) *Peilbesluit Steenbergse/ Brabantse Wal 2010*. Breda: WBD
- 
- AHN (2013). *Actueel hoogtebestand Nederland*. Amersfoort: AHN
- Beheersysteem gemeente Bergen op Zoom; *DG Dialog*. De Bilt Grontmij
- Google streetview (2014). Google
- Vega, *wastewater industry*. Schiltach: Vega
- Xylem, *water & wastewater treatment solutions*. New York: Xylem