



# Modellering beekherstel Oude Leij

Opdrachtgever: Gemeente Tilburg

Referentie: INFR180361

Revisie: 0

Datum: 3 november 2020

**Iv-Infra b.v.**

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Modellerings beekherstel Oude Leij

Ondertitel document:

Referentie: INFR180361

Revisie: 0

Datum: 3 november 2020

Opdrachtgever: Gemeente Tilburg

Projectnummer opdrachtgever:

Project: INFR180361 BTL, Tilburg West EVZ en beekherstel Oude Leij

Opgesteld door:  J

Gecontroleerd door:  J



## Inhoudsopgave

|                 |                                                                 |           |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>        | <b>Inleiding</b>                                                | <b>5</b>  |
| 1.1.            | Typering Referentiesituatie                                     | 6         |
| <b>2</b>        | <b>Eisen Ontwerp</b>                                            | <b>7</b>  |
| 2.1.            | Eisen uit het PvE                                               | 7         |
| 2.2.            | Interpretatie eisen naar afvoerscenario's                       | 8         |
| <b>3</b>        | <b>Uitgangspunten model ontwerp</b>                             | <b>9</b>  |
| 3.1.            | Referentiemodel                                                 | 9         |
| 3.2.            | Aanpassingen objecten ontwerp                                   | 9         |
| 3.3.            | Bouwstenen Ontwerpmodel                                         | 11        |
| 3.3.1.          | Bodemprofiel                                                    | 11        |
| 3.3.2.          | Bodemhoogte                                                     | 13        |
| 3.3.3.          | Vistrappen                                                      | 13        |
| 3.3.4.          | Stuwen                                                          | 13        |
| 3.3.5.          | Ruwheden                                                        | 13        |
| 3.3.6.          | Aanpassing Maaiveld                                             | 14        |
| 3.4.            | Synthese aanpassingen profiel                                   | 15        |
| 3.5.            | Voorwaarden aanpassing model ontwerp                            | 16        |
| 3.6.            | Afwijkingen model ten opzichte van het landschappelijk ontwerp. | 17        |
| 3.7.            | Randvoorwaarden afvoer                                          | 17        |
| <b>4</b>        | <b>Resultaten hydraulische toetsing</b>                         | <b>19</b> |
| 4.1.            | Resultaten Koolhoven                                            | 20        |
| 4.2.            | Resultaten Bredaseweg - Piusoord                                | 21        |
| 4.3.            | Resultaten tussen de vistrappen                                 | 22        |
| <b>5</b>        | <b>Conclusies en aandachtspunten</b>                            | <b>23</b> |
| 5.1.            | Conclusies                                                      | 23        |
| 5.2.            | Aandachtspunten/aanbevelingen                                   | 24        |
| 5.2.1.          | Kwetsbare bomen Bredaseweg                                      | 24        |
| 5.2.2.          | Stijging waterstand hoge afvoer                                 | 24        |
| <b>6</b>        | <b>Referenties</b>                                              | <b>25</b> |
| <b>BIJLAGEN</b> |                                                                 | <b>26</b> |
| <b>A.</b>       | <b>Zomer</b>                                                    | <b>26</b> |
| A.1.            | Zomer Koolhoven Diepte                                          | 26        |
| A.2.            | Zomer Bredaseweg tot Piusoord Diepte                            | 27        |



|           |                                                 |    |
|-----------|-------------------------------------------------|----|
| A.3.      | Zomer tussen de vistrappen Diepte               | 28 |
| A.4.      | Zomer Koolhoven Waterstand                      | 29 |
| A.5.      | Zomer Bredaseweg tot Piusoord Waterstand        | 30 |
| A.6.      | Zomer tussen de vistrappen Waterstand           | 31 |
| A.7.      | Zomer Koolhoven Stroomsnelheid                  | 32 |
| A.8.      | Zomer Bredaseweg tot Piusoord Stroomsnelheid    | 33 |
| A.9.      | Zomer tussen de vistrappen Stroomsnelheid       | 34 |
| <b>B.</b> | Voorjaar                                        | 35 |
| B.1.      | Voorjaar Koolhoven Stroomsnelheid               | 35 |
| B.2.      | Voorjaar Bredaseweg tot Piusoord Stroomsnelheid | 36 |
| B.3.      | Voorjaar tussen de vistrappen Stroomsnelheid    | 37 |
| <b>C.</b> | Winter                                          | 38 |
| C.1.      | Winter Koolhoven Waterstand                     | 38 |
| C.2.      | Winter Bredaseweg tot Piusoord Waterstand       | 39 |
| C.3.      | Winter tussen de vistrappen Waterstand          | 40 |
| <b>D.</b> | T1                                              | 41 |
| D.1.      | T1 Koolhoven Waterstand                         | 41 |
| D.2.      | T1 Bredaseweg tot Piusoord Waterstand           | 42 |
| D.3.      | T1 tussen de vistrappen Waterstand              | 43 |
| D.4.      | T1 Koolhoven Stroomsnelheid                     | 44 |
| D.5.      | T1 Bredaseweg tot Piusoord Stroomsnelheid       | 45 |
| D.6.      | T1 tussen de vistrappen Stroomsnelheid          | 46 |
| <b>E.</b> | T10                                             | 47 |
| E.1.      | T10 Bredaseweg tot Piusoord Waterstand          | 47 |
| E.2.      | T10 tussen de vistrappen Waterstand             | 48 |
| <b>F.</b> | T100                                            | 49 |
| F.1.      | T100 Koolhoven Waterstand                       | 49 |
| F.2.      | T100 Bredaseweg tot Piusoord Waterstand         | 50 |
| F.3.      | T100 Tussen de vistrappen Waterstand            | 51 |

# 1 Inleiding

Gemeente Tilburg en Waterschap Brabantse Delta hebben de wens om voor een deel van de Oude Leij beekherstel uit te voeren. BTL en Iv-Infra stellen hiervoor het ontwerp op, waarbij BTL het landschappelijk ontwerp verzorgt, wat door Iv-Infra hydraulisch wordt doorgerekend en gedimensioneerd.

De aangepaste inrichting van het gebied is enerzijds op gericht om bepaalde doelsoorten de beek op te krijgen, en mag anderzijds niet tot wateroverlast leiden voor de omgeving. Er zijn eisen opgesteld ten aanzien van de hydraulica waar het ontwerp aan moet voldoen. Dit rapport vormt een verslag van de toetsing van het ontwerp op de hydraulische eisen.

In het oorspronkelijke project was het ontwerp voorzien voor traject vanaf de A58 tot en met de wijk Koolhoven. In de loop van het project is gebleken dat nog aanvullend onderzoek nodig is om tot een ontwerp te komen voor het gedeelte bovenstrooms van de vistrap Gilzerbaan. Het traject waarvoor het ontwerp hydraulisch onderzocht is, is daarom ingekort en loopt nu van de vistrap Gilzerbaan tot aan de stuw Dalemdreef (Figuur 1).



Figuur 1 Het beschouwde traject van de Oude Leij met hierin de stuwen (witte halve cirkel) , duikers (groene driehoek) en vistrappen (vis)

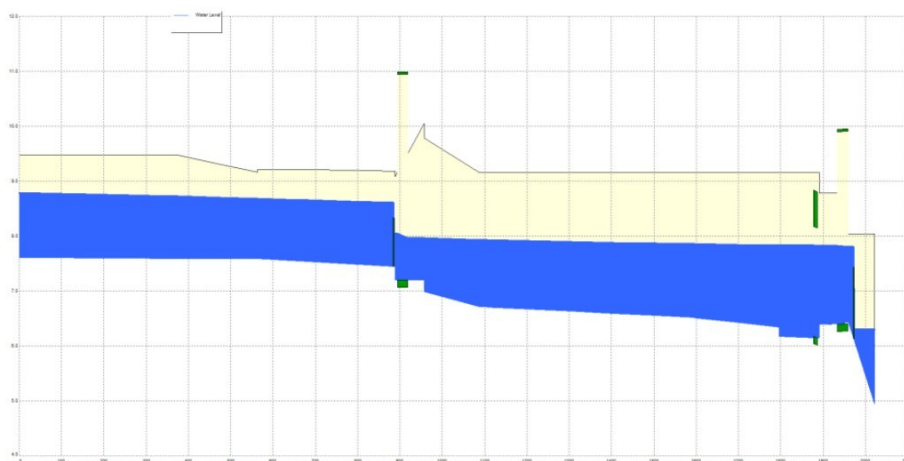
## 1.1. Typering Referentiesituatie

Het traject loopt vanaf de Gilzerbaan tot aan de stuw bij de Dalemdreef (Figuur 1). De geul van de Oude Leij ligt grotendeels als een trapeziumvormige bak in het landschap. Bij de vistrap Gilzerbaan stroomt de beek langs bos en open terrein. Tussen de vistrap Piusoord en de Bredaseweg stroomt de Oude Leij langs akkers en weilanden aan de westelijke oever en langs bos aan de oostelijke oever. Tussen de Bredaseweg en de Dalemdreef stroomt de beek door de wijk Koolhoven, een woonwijk in ontwikkeling. De beek stroomt door een strook van ongeveer 60 meter breed tussen de bebouwing. Aan de westelijke oever van de beek staan bomen, een beukenlaan. De beek stroomt onder twee wegen door, de Koolhovenlaan en de Dalemdreef. Bij de Dalemdreef stroomt de beek tevens onder de spoorweg door.

Er zijn 2 vistrappen, vistrap Piusoord en vistrap Gilzerbaan (Figuur 1). Over de vistrap Piusoord is het hoogteverschil bovenstrooms-benedenstrooms 0,96 meter bij een lengte van 365 meter. De vistrap heeft 14 V-vormige traptreden. Over de vistrap Gilzerbaan is het hoogteverschil bovenstrooms-benedenstrooms 1,03 meter bij een lengte 100 meter. De vistrap heeft 11 V-vormige traptreden.

Evenwijdig aan de vistrappen is een bijloop met vaste stuw. Bij een lagere afvoer staat er stagnant water in de bijgeul. Bij een hogere afvoer stromen de stuwen over en stroomt de bijgeul mee.

Er zijn in de hoofdloop twee stuwen aanwezig, stuw Bredaseweg en stuw Dalemdreef (Figuur 1). In situaties met lage afvoeren (zomersituatie) wordt water bovenstrooms van de stuwen vastgehouden. De stuw Bredaseweg is een vaste stuw met een stuwstand +8,45 meter NAP. De stuw bij de Dalemdreef is een beweegbare stuw. De stuw wordt gestuurd op een waterpeil +7,8 m NAP stroomopwaarts van de stuw. Door de stuwen is het waterstand verhang, buiten de stuwen en vistrappen om, klein. Hiermee samenhangend is er een groot deel van het jaar nauwelijks stroming tussen Piusoord en Dalemdreef. Deze stagnante situatie is ongunstig voor de ecologie.



Figuur 2 Dwarsdoorsnede waterloop tussen Piusoord en Dalemdreef in referentiesituatie met lage afvoer

## 2 Eisen Ontwerp

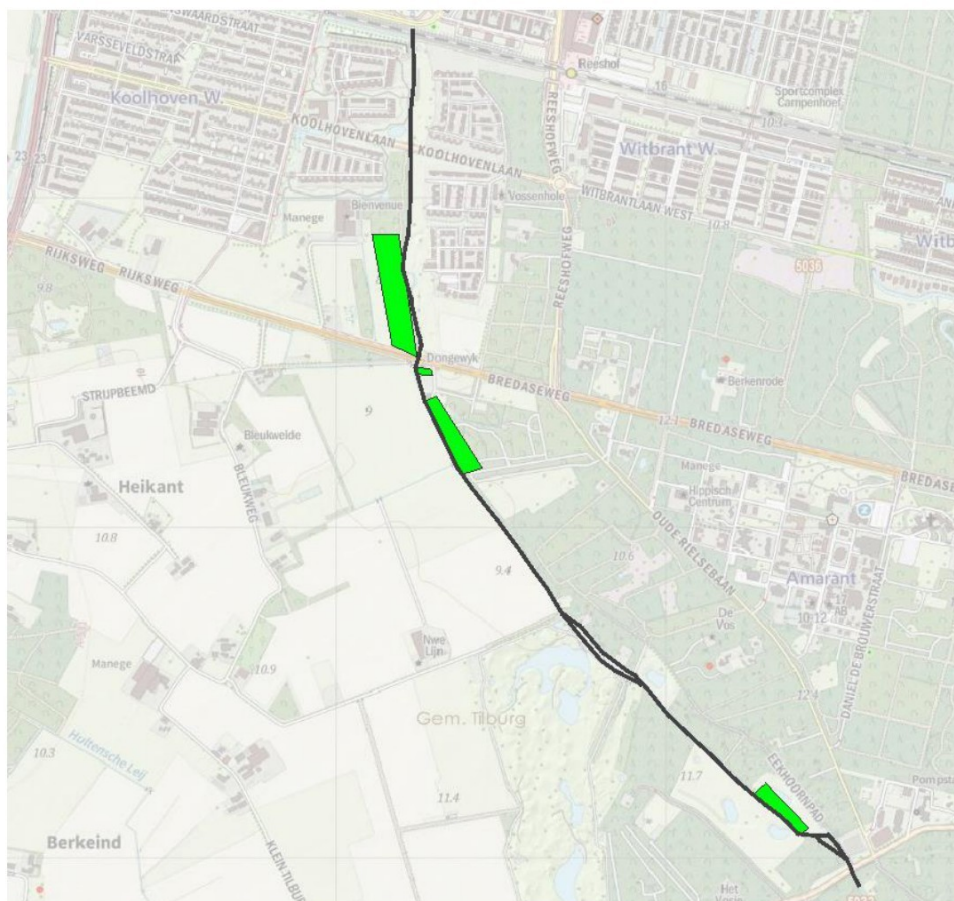
### 2.1. Eisen uit het PvE

Voor het project Oude Leij is door Waterschap Brabantse Delta een programma van eisen opgesteld [1]]. De eisen ten aanzien van de hydraulica zijn hieronder samengevat:

- 1 Stroomsnelheid bij voorkeur tussen 20-50 cm/s;
- 2 Stroomsnelheid minimaal tussen 10-70 cm/s;
- 3 Op het diepste punt van de waterloop bedraagt de waterdiepte minimaal 0,5 meter gedurende de winter en het voorjaar;
- 4 De waterdiepte in de zomer bedraagt bij voorkeur meer dan 0,3 meter;
- 5 Geen vergroting van nat-, droogteschade of overstromingsfrequentie aan percelen, bebouwing of infrastructuur van derden rondom het plangebied.

Daarnaast is later besloten de volgende eisen nog toe te voegen[2]:

- 6 Maximaal 10 cm peilverschil bij locaties met kwetsbare bomen, Figuur 3



Figuur 3 Locatie kwetsbare bomen en boomgroepen, lichtgroen omkaderd



## 2.2. Interpretatie eisen naar afvoerscenario's

Om de eisen uit het PvE met een rekenmodel toetsbaar te maken zijn de eisen vertaald naar kwantitatieve waarden per maatgevende afvoersituatie. De eisen zijn gedeeltelijk overgenomen uit [1]

- 1 De stroomsnelheid ligt voor *voorjaar* tussen 20-50 cm/s;
- 2 De stroomsnelheid ligt voor *zomer* en *T1* tussen 10-70 cm/s;
- 3 De waterdiepte voor *zomer* bedraagt *minimaal* 0,3 m;
- 4 Waterpeil ontwerpsituatie is ten opzichte van referentiesituatie:
  - A *Vergelijkbaar of hoger* voor *zomer*;
  - B *Vergelijkbaar of minimaal gelijk* voor *winter*;
  - C *Vergelijkbaar of minimaal gelijk* voor *T1*;
  - D *Vergelijkbaar of lager* voor *T10*;
  - E *Vergelijkbaar of lager* voor *T100*;

Voor bovenstaande eisen wordt een verschil van 5 centimeter als vergelijkbaar beschouwd.

- 5 Maximaal 10 cm peilverschil bij locaties met kwetsbare bomen (zoals de beukenlaan).

De maatgevende afvoeren bij de Bredaseweg zijn samengevat in Tabel 1. De voor dit project doorgerekende scenario's zijn diegene waarvoor in de rechter kolom een naam is gegeven. De afvoer bij de droogste maand is 10 liter/seconde. Bij deze afvoer is de stroming in de beek vrijwel 0. Om een zomersituatie te berekenen met enige stroming is gekozen voor een hogere afvoer, 5% van de afvoer bij T1. Dit is een afvoer die meer is dan de afvoer tijdens de droogste maand, maar minder dan de vaak voorkomende afvoer.

Tabel 1 Maatgevende afvoeren.

| Maatgevende afvoeren | Afvoer (m3/s) | Naam     |
|----------------------|---------------|----------|
| Droogste week        | 0             |          |
| Droogste maand       | 0,01          |          |
| Q= 5.% van T=1       | 0,05          | Zomer    |
| Vaak voorkomend      | 0,12          |          |
| Voorjaar             | 0,24          | Voorjaar |
| Half maatgevend      | 0,56          | Winter   |
| T1 maatgevend        | 1,05          | T1       |
| T10 afvoer           | 1,51          | T10      |
| T25 afvoer           | 1,68          |          |
| T50 afvoer           | 1,89          |          |
| T100 afvoer          | 2,1           | T100     |

Het landgebruik grenzend aan de beek is bepalend voor de lokaal toe te passen maatgevende afvoer;

- T10 is maatgevend voor landbouwpercelen en bos,
- T100 is maatgevend voor een bewoond gebied.



## 3 Uitgangspunten model ontwerp

---

### 3.1. Referentiemodel

De hydraulica van het traject is gemodelleerd met een Sobek model. WSBD heeft een referentiemodel aangeleverd waarmee de huidige situatie gemodelleerd kan worden. Dit Sobek-model wordt doorgerekend met laterale afvoeren, die zijn bepaald met gekalibreerde neerslag-afvoermodellen. De casenaam van het basismodel is "Boven Donge watersysteemtoets 2018".

### 3.2. Aanpassingen objecten ontwerp

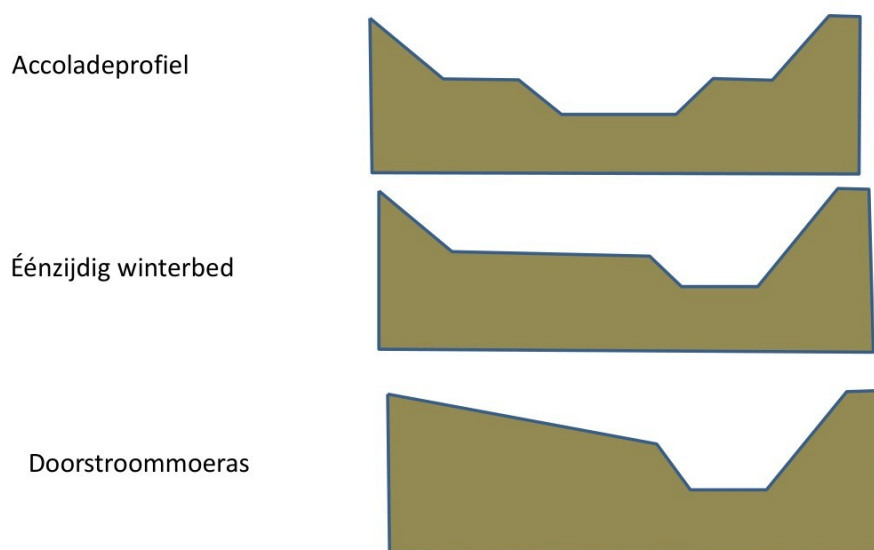
BTL heeft een landschappelijk ontwerp opgesteld. Dit ontwerp is vertaald naar een aanpassing van het referentie model. De belangrijkste aanpassingen worden hieronder samengevat.

#### Stuwen

- Stuw Bredaseweg wordt verwijderd. Hiermee verdwijnt een barrière voor de vistrek.
- Voor de stuw Dalemdreef wordt de klepstand met 40 centimeter verlaagd. Het doel van de verlaging is om het verhang voor de toekomstige verbinding langs de stuw Dalemdreef te verkleinen en om stroming stroomopwaarts te genereren.
- Bovenstrooms van de stuwen Bredaseweg en Dalemdreef staan bomen. Deze bomen zijn gevoelig voor een daling in de grondwaterstand. Door het verwijderen stuw/verlagen stuwstand daalt de grondwaterstand. Om de boomwortels de kans te geven om mee te groeien met de daling in de grondwaterstand wordt de stuwstand Dalemdreef geleidelijk verlaagd. Hierbij wordt een stuwpeildaling van 10 cm per jaar aangehouden over een periode van 4 jaar. Door de geleidelijke daling kunnen boomwortels van de beukenlaan meegroeien met de verwachte daling in het waterpeil. Bij de stuw Bredaseweg is dat niet mogelijk en treed de daling in de waterstand in één keer op.
- De stuw bij de vistrap Piusoord blijft onveranderd.

#### Profielen

- Voor het model zijn een aantal basisprofielen bedacht, deze zijn weergegeven in Figuur 4.
- Accoladeprofiel: het accolade profiel bestaat uit een verlaagd zomerbed met daarnaast een verhoogd winterbed.. Het zomerbed biedt de mogelijkheid om tijdens lage afvoeren stroming te houden in de geulen. Het zomerbed moet beperkt in omvang zijn om voldoende waterdiepte en stroomsnelheid te garanderen. Het winterbed zorgt ervoor dat tijdens hoge afvoeren voldoende afvoercapaciteit geboden wordt en de waterstand voldoende laag blijft.  
Afhankelijk van de beschikbare ruimte zijn er:
  - o Tweezijdig accoladeprofiel: verlaagd zomerbed en aan beide zijden een winterbed.
  - o Eenzijdig accoladeprofiel: verlaagd zomerbed en aan één zijde een winterbed. Er is slechts aan één zijde ruimte voor een winterbed.
- Hoofdloop en doorstroommoeras: Parallel aan elkaar is een hoofdloop, die altijd water afvoert, en een moeras met een geleidelijk oplopende bodem, dat water afvoert tijdens hogere afvoeren.



Figuur 4 Basisprofielen ontwerp

#### Vistrap

- De vistrap bestaat uit stenen treden. Deze treden hebben een opstuwend effect op de waterstand bovenstrooms. Er worden maximaal 2 treden verwijderd uit de vistrap Piusoord. De invloed die treden in de vistrap hebben op de waterstand stroomopwaarts zit als een plaatselijke verhoging van de bodem in het model. Bij de vistrap Piusoord kunnen aan de bovenzijde twee treden verwijderd worden uit de vistrap. In het model is hiertoe 9 centimeter afgehaald van de bovenstroomse bult,

#### Bodemhoogte

- Met aanpassing van de bodemhoogte is een verhang gegenereerd om voldoende stroming te houden en zijn aanpassingen aan stuwstanden gecompenseerd. Daarbij is een afweging gemaakt tussen stroomsnelheid, voldoende waterdiepte tijdens lage afvoeren, en niet te hoge waterstanden tijdens hoge afvoeren.

#### Bruggen / Duikers

- De Oude Leij kruist een aantal wegen bij de Bredaseweg, Koolhovenlaan en Dalemndreef. Deze duikers blijven onveranderd.

### 3.3. Bouwstenen Ontwerpmodel

De aanpassingen aan het systeem van de Oude Leij zoals beschreven in paragraaf 3.2 moeten vertaald worden naar invoerparameters in het model. Hieronder zijn de invoerparameters voor het model beschreven.

#### 3.3.1. Bodemprofiel

De basisprofielen zijn uitgewerkt naar profielen met vaste afmetingen, zoals weergegeven in Tabel 2. In Figuur 5 zijn de locaties waar de verschillende profielen zijn toegepast weergegeven.

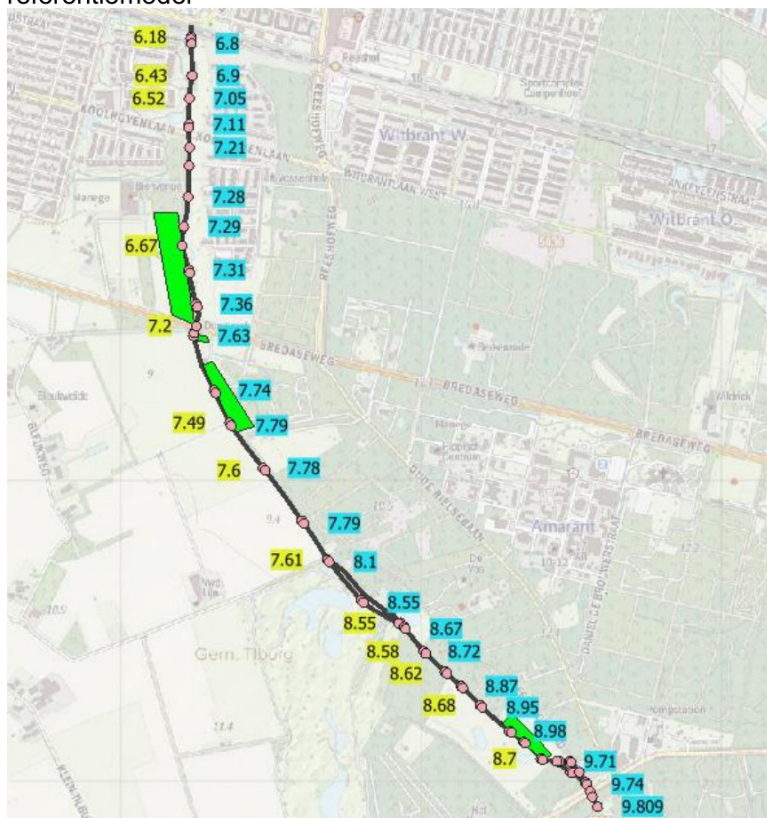
Tabel 2 Ontwerpmodel dwarsdoorsnede profielen

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Profiel 5_<br>breed_wblaag      |  |
| Profiel 8                       |  |
| Profiel 8 _breed                |  |
| Profiel 8 _breed_wblaag         |  |
| Profiel 10                      |  |
| Profiel 11a en<br>11b<br>_breed |  |



### 3.3.2. Bodemhoogte

In Figuur 6 is de bodemhoogte van het zomerbed aangegeven samen met de bodemdiepte in het referentiemodel



Figuur 6 Ontwerpmodel bodemhoogte zomerbed(blauw) en bodemdiepte in referentiemodel (geel)

### 3.3.3. Vistrappen

De invloed die treden in de vistrap hebben op de waterstand stroomopwaarts zit als een plaatselijke verhoging van de bodem in het model. Bij Piusoord zijn twee treden verwijderd. Twee treden weghalen komt in het model overeen met 9 centimeter afhalen van de drempel.

### 3.3.4. Stuwen

De stuw bij de Bredaseweg is verwijderd in het ontwerpmodel.

Het stuwpeil van de stuw Dalemdeef wordt in fases verlaagd met 40 cm tot +7,4 m NAP. In de modellering wordt uitgegaan van de eindsituatie van +7,4 m NAP.

### 3.3.5. Ruwheden



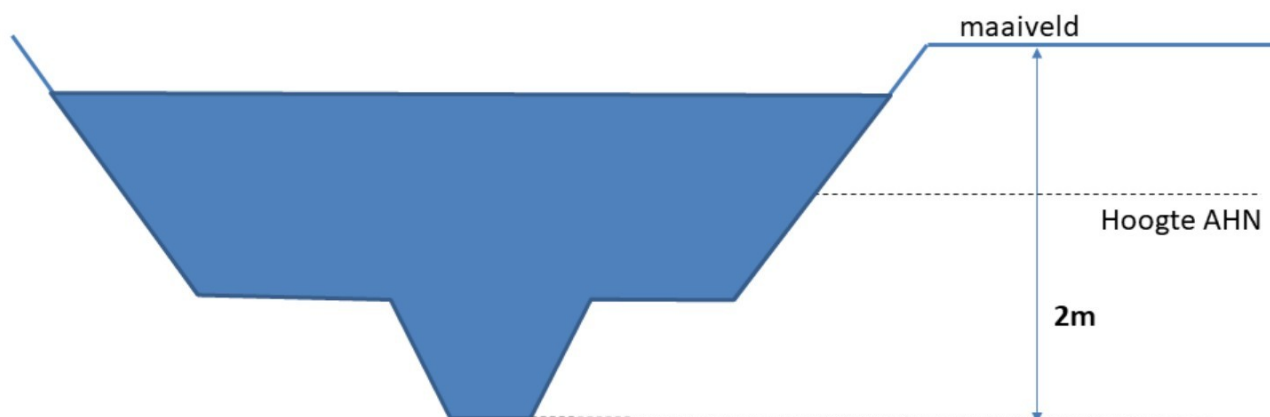
Voor de hoofdloop van de Oude Leij is een Strickler  $k_s = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . aangenomen. Het doorstroommoeras en het winterbed zijn ruwer gemaakt. Het winterbed heeft een ruwheid  $k_s = 15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Het doorstroommoeras heeft een ruwheid  $k_s = 10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . De waarden zijn conservatief, lees aan de ruwe kant, gebaseerd op [3].

### 3.3.6. Aanpassing Maaiveld

De profielen worden aan de bovenkant begrensd door het maaiveld. In het referentiemodel komt de maaiveldhoogte niet overeen met de daadwerkelijke hoogtes volgens het AHN3. Een representatieve overgang naar het maaiveld is van belang bij hoge afvoeren. Als in het model de maaiveldhoogte te laag gekozen wordt dan zal bij een hoge afvoer het doorstroomoppervlak overschat worden. Dit leidt namelijk tot een overschatting in de berekende waterstand.

Er is gekozen om een praktische, conservatieve invulling te geven voor het verloop van het profiel naar maaiveld. Het maaiveld ligt 2 meter boven de bodem. Een conservatieve benadering voor de maaiveldhoogte is dat maaiveld boven de hoogte in AHN ligt. Het stroomvoerende oppervlak wordt dan onderschat (Figuur 7).

Er is gecontroleerd of de maaiveldhoogte in het model hoger is dan de hoogte in AHN. Voor een aantal punten is de maaiveldhoogte in het model lager dan AHN hoogte. Omdat het aantal locaties beperkt is en het hoogteverschil tussen model en AHN beperkt is, enkele centimeters tot 35 centimeter, wordt dit aanvaardbaar geacht. De locaties waar dit het geval is zijn weergegeven in Figuur 8.



Figuur 7 Maaiveldhoogte in het model vergeleken met AHN.



Figuur 8 Maaiveld in model lager dan AHN.

### 3.4. Synthese aanpassingen profiel

Door te variëren met de invoerparameters kan het ontwerp meer in overeenstemming worden gebracht met de eisen. Een verandering die een positief effect heeft op de ene eis, kan voor andere eisen een negatief effect hebben. Bijvoorbeeld: een verlaging van de stuwstand zal stilstaand water in beweging brengen, maar kan in de zomer ervoor zorgen dat de waterstand in de beek daalt en daarmee het grondwater in het aangrenzende gebied verlagen. Het effect van een verandering is ook complex, omdat een verandering aan het profiel zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts doorwerkt. Wat het tot slot ook lastig maakt om te voldoen aan de gestelde eisen is dat er fysieke grenzen aan de aanpassing zitten. Zo vormt bebouwing een harde grens voor het verbreden van het profiel. Het pad om tot een eindontwerp te komen zal niet in een rechte lijn verlopen.

In Tabel 3 is een synthese gegeven van potentiële veranderingen aan de profielen, het doel dat je met de verandering wilt bereiken en de nadelen die aan de verandering zitten. In de tabel staan alleen aanpassingen waarmee gevarieerd is in het ontwerpmodel. Er zijn nog meer aanpassingen mogelijk, zoals het verflauwen en steiler maken van de taluds van het zomerbed, of het variëren van de ruwheid. Deze parameters zijn bij de modellering constant gebleven en worden daarom niet genoemd in de tabel. Er is ook niet gevarieerd met stuwen in het model, de stuw bij de Bredaseweg is verwijderd en de stuwstand bij de



Dalemdreef is verlaagd naar een door WSBD vastgesteld peil. Omdat de invloed op het watersysteem van de verandering van die stuwen zo groot is, zijn de effecten toch genoemd in de tabel.

Tabel 3 Synthese van aanpassingen aan profiel, de gevolgen op de hydraulica en de nadelen en beperkingen.

| Aanpassing                    | Doel                                                                                               | Nadeel/Beperking                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verlagen van winterbed        | Waterstand lager bij hoge afvoer                                                                   | Winterbed wordt te nat bij lage afvoer                                                                                                                            |
| Verbreiding van winterbed     | Waterstand lager bij hoge afvoer                                                                   | Ruimte om winterbed te verbreden is gelimiteerd.                                                                                                                  |
| Verhogen bodemhoogte zomerbed | a) Waterstand omhoog bij lage afvoer.<br>b) Stroming omhoog brengen stroomafwaarts bij lage afvoer | 1) Hogere waterstanden bij hoge afvoer<br>2) Lagere stroming stroomopwaarts<br>3) Duikers en vistrappen vormen harde grenzen                                      |
| Verlagen bodemhoogte zomerbed | a) Waterstand omhoog bij lage afvoer.<br>b) Stroming omhoog brengen stroomopwaarts bij lage afvoer | 1) Lagere waterstanden stroomopwaarts bij lage afvoer<br>2) Lagere stroomsnelheid stroomafwaarts bij lage afvoer<br>3) Duikers en vistrappen vormen harde grenzen |
| Weghalen/verlagen stuw        | a) Stroming omhoog stroomopwaarts bij lage afvoer<br>b) Waterstand lager bij hoge afvoer           | 1) Lagere waterstand bij lage afvoer<br>2) Hogere waterstand bij hoge afvoer stroomafwaarts                                                                       |
| Weghalen trede vistrap        | a) Stroming hoger stroomopwaarts bij lage afvoer<br>b) Waterstand lager bij hoge afvoer            | 1) Lagere waterstand bij lage afvoer.                                                                                                                             |
| Aanleg doorstroommoeras       | a) Ecologische verbetering<br>b) Waterstand lager bij hoge afvoer                                  | 1) Hogere waterstand bij hoge afvoer (vergeleken met winterbed met zelfde afmeting)                                                                               |

### 3.5. Voorwaarden aanpassing model ontwerp

In theorie kunnen parameters in het model aangepast worden, totdat aan alle eisen voldaan wordt.

Winterbedden kunnen bijvoorbeeld eindeloos verbreed worden om maar een lagere waterstand te krijgen bij hoge afvoeren. Er dient echter ook rekening gehouden te worden met andere eisen en randvoorwaarden, zoals de landschappelijke inpassing. De 'harde' randvoorwaarden waar binnen dit project rekening mee wordt gehouden zijn:

- Stuw Bredaseweg wordt verwijderd
- Stuwstand Dalemdreef wordt met 40 centimeter verlaagd.



- Duikers blijven onveranderd.
- Tijdens de zomerafvoer staat het winterbed (zo veel mogelijk) droog.
- Voor de passage door het bos tussen de vispassage is het doorstroomprofiel maximaal even breed als in het referentiemodel.
- In Koolhoven is het profiel maximaal 60 meter breed (aanwezigheid van de bebouwing).
- Langs de landbouwpercelen is het profiel maximaal 12 meter breed.
- Uit de vistrap Piusoord mogen maximaal twee traptreden verwijderd worden.
- Vistrap Gilzerbaan verandert niet.

Door deze randvoorwaarden kan op een aantal punten niet volledig aan alle eisen worden voldaan. Hier wordt nader op ingegaan in hoofdstuk 4 en 5.

### 3.6. Afwijkingen model ten opzichte van het landschappelijk ontwerp.

Om aan de hydraulische eisen te voldoen is bij het opstellen van het ontwerpmodel een aantal aanpassingen gedaan ten opzichte van het aangeleverde landschappelijk ontwerp.

- Op een aantal plaatsen is het winterbed /doorstroommoeras verbreed om bij hoge afvoeren de waterstand te verlagen. Het gaat hierbij om de profielen 5\_breed\_wblaag, Profiel 8 \_breed, Profiel 8 \_breed\_wblaag, Profiel 11b\_breed, Profiel 12 breed uit Tabel 2. De locaties waar deze profielen zijn toegepast zijn weergegeven in Figuur 5.
- Op een aantal plaatsen is het winterbed verlaagd om bij hoge afvoeren de waterstand te verlagen. (Profiel 5\_breed\_wblaag en Profiel 8 \_breed\_wblaag)
- Er zijn treden uit de vistrap Piusoord gehaald, om stroomopwaarts stroming te genereren en de waterstand te verlagen.

### 3.7. Randvoorwaarden afvoer

De volgende situaties zijn doorgerekend:

- Zomer
- Voorjaar
- Winter
- T1
- T10
- T100

De situaties verschillen van elkaar in de afvoer die bovenstrooms op het model wordt gezet. De situaties zomer, voorjaar, winter en T1 bestaan uit uniforme afvoer. De situatie T10 en T100 zijn dynamische situaties, waarbij een afvoergolf gesimuleerd wordt.

De berekeningen met de afvoergolf zijn uitgevoerd met randvoorwaarden meegeleverd met het referentiemodel. In Tabel 3 wordt het ontwerp vergeleken met de metingen. Er is een discrepantie voor de piekafvoer bij de Bredaseweg tussen enerzijds het Sobek model en anderzijds de afvoeren uit afvoermetingen bij de Bredaseweg.



Tabel 4 Vergelijking van afvoer Bredaseweg volgens uit meting en volgens uit het ontwerpmodel.

| Afvoersituatie | Meting m <sup>3</sup> /s (Tabel 1) | Model m <sup>3</sup> /s |
|----------------|------------------------------------|-------------------------|
| Zomer          | 0,05                               | 0,062                   |
| Voorjaar       | 0,24                               | 0,26                    |
| Winter         | 0,56                               | 0,66                    |
| T1             | 1,05                               | 1,08                    |
| T10            | 1,51                               | 1,92                    |
| T100           | 2,1                                | 2,35                    |

## 4 Resultaten hydraulische toetsing

Voor het verwerken van de resultaten is het traject in drie delen onderverdeeld:

- **Koolhoven**

Dit stuk, vanaf de stuw Bredaseweg tot aan de stuw Dalemdreef, ligt tussen een woonwijk. Er is relatief veel ruimte om de beek in te richten met een doorstroommoeras en een breed winterbed. Verder wordt de hydraulica bepaald door de verlaging in de stuwstand van de stuw Dalemdreef

- **Tussen de Bredaseweg en Piusoord**

De stuw bij de Bredaseweg wordt verwijderd. Dit veroorzaakt een sterke daling van de waterstand stroomopwaarts van de stuw. Langs de oostelijke oever van de beek is een bos aanwezig. De bestaande oever blijft hier in stand. Bij de andere oever grenst de beek aan landbouwgrond. Aan deze oever kan het winterbed gelegd worden.

- **Tussen de vistrappen:**

Voor een gedeelte grenst de beek aan beide zijde aan een bos. Hier is geen mogelijkheid om iets te veranderen aan de huidige beek. Het bovenstroomse deel grenst aan de westelijke kant aan open terrein. De mogelijkheid bestaat om het profiel van de beek te verbreden. Met het weghalen van twee treden van de vistrap Piusoord wordt tussen de vistrap extra verhang gecreëerd.



Figuur 9 Ruimtelijke verdeling voor resultaten modellering



In bijlage A1A tot en met F staan de resultaten per afvoersituatie gegroepeerd. Voor de waterstand wordt het verschil tussen de referentie en het ontwerp weergegeven. Daarbij wordt een verschil van 5 centimeter acceptabel geacht.

#### 4.1. Resultaten Koolhoven

|                          | Criterium (par 2.2)                         | Voldoet? | Bijlage    | Opmerkingen                                                                                                                    |
|--------------------------|---------------------------------------------|----------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stroomsnelheid           |                                             |          |            |                                                                                                                                |
| 1                        | Voorjaar: 0.2m/s < Vel, <0.5                | Ja       | B.1        | Gemiddelde stroomsnelheid onder 0,2m/s vanwege onderlopend winterbed. In zomerbed is stroomsnelheid boven 0,2m/s.              |
| 2a                       | Zomer: 0.1m/s < Vel, <0.7 m/s               | Ja       | A.7        |                                                                                                                                |
| 2b                       | T1: 0.1m/s < Vel, <0.7 m/s                  | Ja       | D.4        |                                                                                                                                |
| Waterdiepte              |                                             |          |            |                                                                                                                                |
| 3                        | Waterdiepte minimaal 0.3m                   | Ja       | A.1        | Op één locatie (ten zuiden van Koolhovenlaan) komt de waterdiepte een paar centimeter tekort.                                  |
| Waterpeil tov referentie |                                             |          |            |                                                                                                                                |
| 4a                       | Peil gelijk of hoger zomer                  | Nee      | A.4        | Lokaal kan niet worden voldaan vanwege verlagen klepstand stuw Dalemndreef                                                     |
| 4b                       | Peil gelijk of lager winter                 | Nee      | C.1        | Versmalling onderdoorgang bij Koolhovenlaan heeft opstuwend effect Profiel niet ruim genoeg                                    |
| 4c                       | Peil gelijk of lager T1                     | Nee      | D.1        | Versmalling onderdoorgang bij Koolhovenlaan heeft opstuwend effect Profiel niet ruim genoeg                                    |
| 4d                       | Peil gelijk of lager T10                    | NVT      |            | T100 maatgevend in plaats van T10                                                                                              |
| 4d                       | Peil gelijk of lager T100                   | Nee      | F.1        | Bodem zomerbed verhoogd, om grondwater op peil te houden. Winterbedverbreding/ -verdieping compenseert onvoldoende             |
| 5                        | Max. 10 cm peilverschil bij kwetsbare bomen | Ja       | A.4 en C.1 | Door daling stuwstand te spreiden over meerdere jaren krijgen boomwortels kans om mee te groeien met de grondwaterstanddaling. |



#### 4.2. Resultaten Bredaseweg - Piusoord

|    | Criterium                                   | Voldoet | Bijlage    | Opmerkingen                                                                                                       |
|----|---------------------------------------------|---------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Stroomsnelheid                              |         |            |                                                                                                                   |
| 1  | Voorjaar: 0.2m/s < Vel, <0.5                | Ja      | B.2        | Gemiddelde stroomsnelheid onder 0,2m/s vanwege onderlopend winterbed. In zomerbed is stroomsnelheid boven 0,2m/s. |
| 2a | Zomer: 0.1m/s < Vel, <0.7 m/s               | Ja      | A.8        |                                                                                                                   |
| 2b | T1: 0.1m/s < Vel, <0.7 m/s                  | Ja      | D.5        |                                                                                                                   |
|    | Waterdiepte                                 |         |            |                                                                                                                   |
| 3  | Waterdiepte minimaal 0.3m                   | Ja      | A.2        | Op één locatie (nabij de Bredaseweg) komt de waterdiepte een paar centimeter tekort.                              |
| 4  | Waterpeil tov referentie                    |         |            |                                                                                                                   |
| 4a | Peil gelijk of hoger zomer                  | Nee     | A.5        | Lokaal kan niet worden voldaan vanwege verwijderen stuw                                                           |
| 4b | Peil gelijk of lager winter                 | Nee     | C.2        | Verhoging waterstand bij landbouwgebied                                                                           |
| 4c | Peil gelijk of lager T1                     | Ja      | D.2        |                                                                                                                   |
| 4d | Peil gelijk of lager T10                    | Ja      | E.1        |                                                                                                                   |
| 4d | Peil gelijk of lager T100                   | NVT     | -          | Geen bebouwing. Situatie niet relevant                                                                            |
| 5  | Max. 10 cm peilverschil bij kwetsbare bomen | Nee     | A.5 en C.2 | Grote waterstanddaling bij Bredaseweg is onvermijdelijk wegens verwijderen stuw.                                  |



### 4.3. Resultaten tussen de vistrappen

|                          | Criterium                                   | Voldoet | Bijlage | Opmerkingen                                                                                                                                           |
|--------------------------|---------------------------------------------|---------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stroomsnelheid           |                                             |         |         |                                                                                                                                                       |
| 1                        | Voorjaar: 0.2m/s < Vel, <0.5                | Ja      | B.3     | Stroomsnelheid onder 0,2 m/s omdat het winterbed meestroomt.                                                                                          |
| 2a                       | Zomer: 0.1m/s < Vel, <0.7 m/s               | Ja      | A.9     | In buurt Piusoord stroomsnelheid lager dan 0.1m/s vanwege onderlopend winterbed verlaagt stroomsnelheid. Zomerbed wel stroomsnelheid hoger dan 0.1m/s |
| 2b                       | T1: 0.1m/s < Vel, <0.7 m/s                  | Ja      | D.6     |                                                                                                                                                       |
| Waterdiepte              |                                             |         |         |                                                                                                                                                       |
| 3                        | Waterdiepte minimaal 0.3m                   | Ja      | A.3     |                                                                                                                                                       |
| Waterpeil tov referentie |                                             |         |         |                                                                                                                                                       |
| 4a                       | Peil gelijk of hoger zomer                  | Nee     | A.6     | Hangt samen met verwijderen treden vistrap                                                                                                            |
| 4b                       | Peil gelijk of lager winter                 | Ja      | C.3     |                                                                                                                                                       |
| 4b                       | Peil gelijk of lager T1                     | Ja      | D.3     | Bij Gilzerbaan iets hoger dan 5 centimetger                                                                                                           |
| 4c                       | Peil gelijk of lager T10                    | Ja      | E.2     |                                                                                                                                                       |
| 4d                       | Peil gelijk of lager T100                   | NVT     | -       | Geen bebouwing. Situatie niet relevant                                                                                                                |
| 5                        | Max. 10 cm peilverschil bij kwetsbare bomen | Ja      | A.6     |                                                                                                                                                       |



## 5 Conclusies en aandachtspunten

---

Het landschappelijke model zoals opgesteld door BTL is voor het traject tussen de stuw Dalemdreef en de vistrap Gilzerbaan vertaald naar een Sobek model, en dit ontwerp is getoetst aan de hydraulische eisen zoals opgesteld in het Programma van Eisen [2][1]. Op basis hiervan wordt een aantal conclusies getrokken (zie paragraaf 5.1), en worden enkele aandachtspunten/aanbevelingen benoemd (paragraaf 5.2).

### 5.1. Conclusies

Het ontwerp zoals berekend met het Sobek model voldoet voor een groot deel aan de eisen. Op stroomsnelheid en waterdiepte voldoet het ontwerp in grote lijnen. Daarbij moet opgemerkt worden dat de marges ten opzichte van de eisen klein zijn. Op een aantal punten kan niet volledig worden voldaan, vanwege fysieke beperkingen om het model aan te passen (zie paragraaf 3.5) in combinatie met eisen die onverenigbaar zijn (zie Tabel 3).

Een eis waaraan niet voldaan wordt is een gelijke of hogere waterstand bij een (lage) zomer afvoer. Bij lage afvoeren treedt een algemene daling in de waterstand op. De grootste daling in de waterstand is voorzien bij de stuw Dalemdreef, bij de Bredaseweg en stroomopwaarts van de Piusoord. Oorzaak van de daling is de aanpassingen aan de stuwen en vistrap. De aanleiding van de aanpassingen aan de stuwen en de vistrap is om een waterstandsgradiënt te genereren om stroming te genereren. Voor de stuw Dalemdreef is een extra reden om de stuw te verlagen, het verkleinen van het hoogteverschil bij de stuw. De daling in waterstand zal leiden tot een daling van het grondwaterstand. De daling lijkt problematisch voor de boomgroep bij de Bredaseweg. De bomen staan dicht in de buurt van de stuw. De waterstanddaling is zeer drastisch en is onvermijdelijk gegeven een verwijdering van de stuw.

Een andere eis waar niet aan voldaan wordt is dat bij hogere afvoeren de waterstand gelijk blijft of lager wordt. Voor veel plekken is de mate van stijging acceptabel, minder dan 5 centimeter. Voor een aantal plaatsen kan dat wel een probleem zijn.

Tussen de Bredaseweg en Piusoord is de stijging beperkt, maar voor de winterafvoer neemt deze toe tot ruim 10 centimeter. Het winterbed is voor dit traject verbreed tot een maximum van 12 meter. Voor de wijk Koolhoven is er een stijging in de waterstand ten zuiden van de Koolhovenlaan. Om de stijging van de waterstand bij hoge afvoeren te compenseren zijn verschillende opties onderzocht. De breedte van het winterbed is opgerekt tot 60 meter. Voor een verdere verbreding vormt bebouwing een grens. Naast de verbreding van het winterbed is deze verlaagd zodat het winterbed in de zomer net droog staat en in de voorjaarsituatie onder water. Een verdere daling van het zomerbed is uitgesloten omdat het winterbed dit leidt tot een nog grotere daling in de waterstand. Ondanks de verbreding en verdieping van het winterbed is er toch nog sprake van een lichte stijging van de waterstand bij hogere afvoeren.

Hoewel zoals hierboven beschreven wordt op een aantal locaties niet volledig aan de gestelde eisen voldoet wordt geconcludeerd dat het landschappelijk ontwerp met een paar beperkte aanpassingen (zie paragraaf 3.6) voldoet aan de doelstellingen, namelijk het verbeteren van de ecologie en het voorkomen van



wateroverlast. Wel zijn er enkele aandachtspunten waar wellicht nader naar moet worden gekeken voordat het ontwerp wordt gerealiseerd, deze worden benoemd in paragraaf 5.2.

Benadrukt wordt dat een model per definitie een benadering van de werkelijkheid is. Zeker bij een hydraulisch model als dit, waarbij relatief grote onzekerheden zitten in de uitgangspunten en randvoorwaarden (denk bijvoorbeeld aan de opgegeven ruwheden) dient te worden beseft dat ook de resultaten omgeven zijn met een bepaalde mate van onzekerheid. Omdat de uitgangspunten over het algemeen conservatief zijn gekozen zal de werkelijke situatie eerder gunstiger dan ongunstiger uitpakken.

## 5.2. Aandachtspunten/aanbevelingen

### 5.2.1. Kwetsbare bomen Bredaseweg

De daling van het waterpeil bij de Bredaseweg lijkt problematisch voor de boomgroep bij de Bredaseweg. Bij verwijdering van de nabijgelegen stuw is een dergelijke daling onvermijdelijk. Om de bomen te behouden zou kunnen worden gedacht aan de volgende maatregelen:

- Bepaal de invloed van de waterpeildaling op de grondwaterstand bij de bomen. De bomen staan op enige afstand van de Oude Leij dus mogelijk is de grondwaterstanddaling beperkt.
- In tussenfases verwijderen van de stuw waarbij de waterstand geleidelijk naar beneden gebracht wordt.
- Verplanten van de bomen.

### 5.2.2. Stijging waterstand hoge afvoer

Zoals beschreven in paragraaf 5.1 stijgt op enkele locaties de waterstand bij hoge afvoer. Binnen de huidige eisen en randvoorwaarden is dit in het hydraulisch model niet op te lossen. Hoewel de stijging beperkt is zou, wanneer dit toch niet gewenst is, kunnen worden overwogen om één van de volgende maatregelen te nemen:

- Een verdere verbreding van de stroomgeul. Dit vergt een aanpassing in het landschappelijk ontwerp en mogelijke aankoop van grond/kap van bomen.
- Een verlaging van de bodem van het zomerbed. Dan moet wel geaccepteerd worden dat de stroomsnelheid afneemt en moet ook voor lief worden genomen dat de waterstand in de zomer daalt.
- Een modeltechnische ingreep om tot een lagere waterstand te komen, is het verlagen van de ruwheid van het winterbed en doorstroommoeras. De waarden toegepast in het model zijn conservatief gekozen. Een minder conservatieve waarde voor de ruwheid vraagt ten eerste meer onderzoek naar de daadwerkelijk aanwezige ruwheid, en bovendien mogelijk een andere inrichting van het winterbed/doorstroommoeras met minder dichte/hoge begroeiing om de lagere ruwheid te rechtvaardigen.
- Er kan ook gekozen worden om een compensatieregeling te treffen wanneer natschade optreedt. Dit is met name kansrijk voor het landbouwgebied tussen de Bredaseweg en Piusoord. Voor een verdere verbreding van de beek moeten kosten gemaakt worden die mogelijk hoger zijn dan een compensatie van de boeren voor extra natschade.



## 6 Referenties

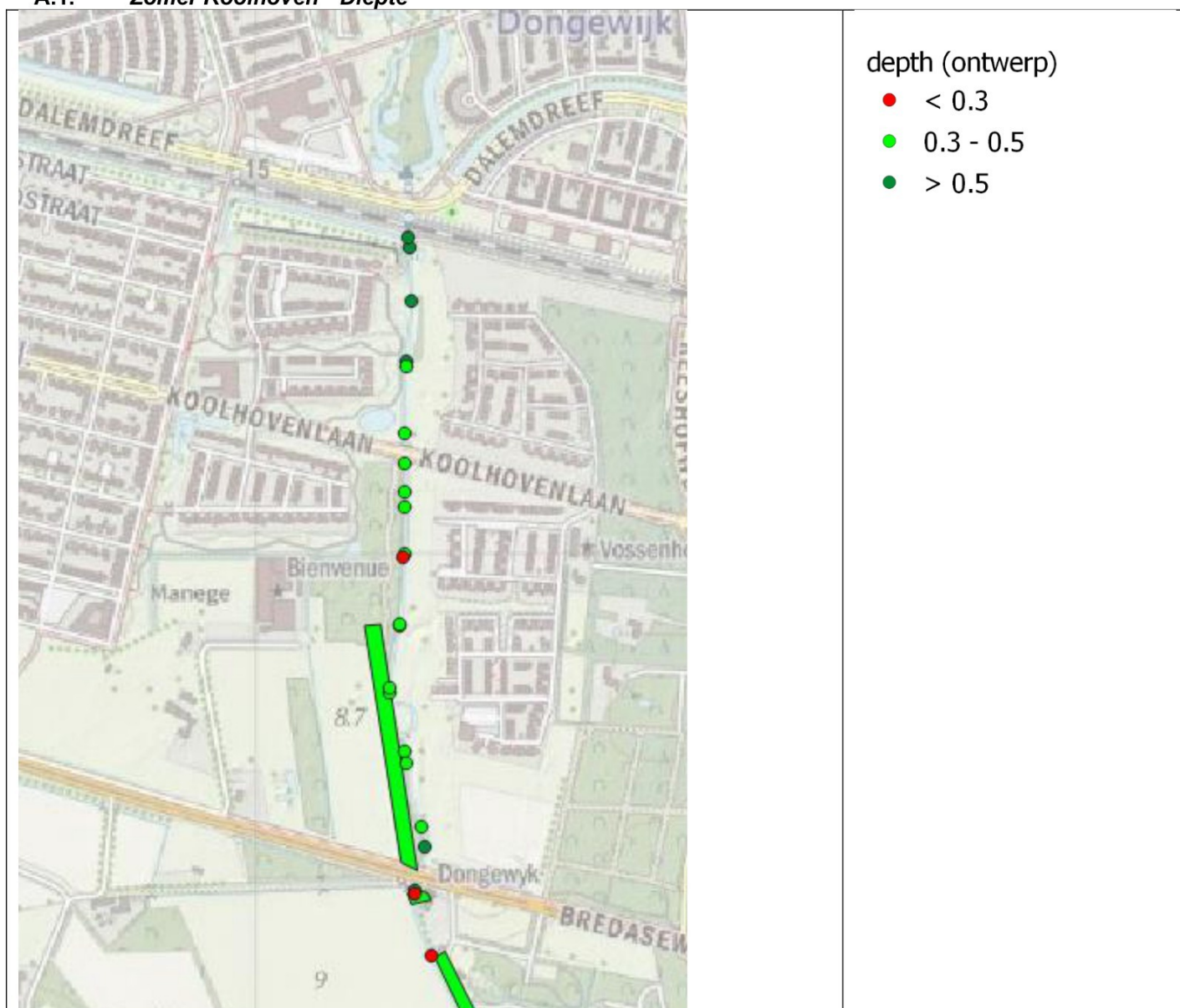
---

- [1] WBSD, 2017, Memo, Boven-Donge Gilzerbaan – Bredaseweg – Koolhoven : programma van eisen en randvoorwaarden EVZ, beekherstel en vismigratie
- [2] Iv-Infra, 2020, Overzicht stand van zaken modellering Oude Leij, Infr 18036
- [3] Cultuurtechnisch Vademecuum, 1988, deel5 ontwerp en uitvoering

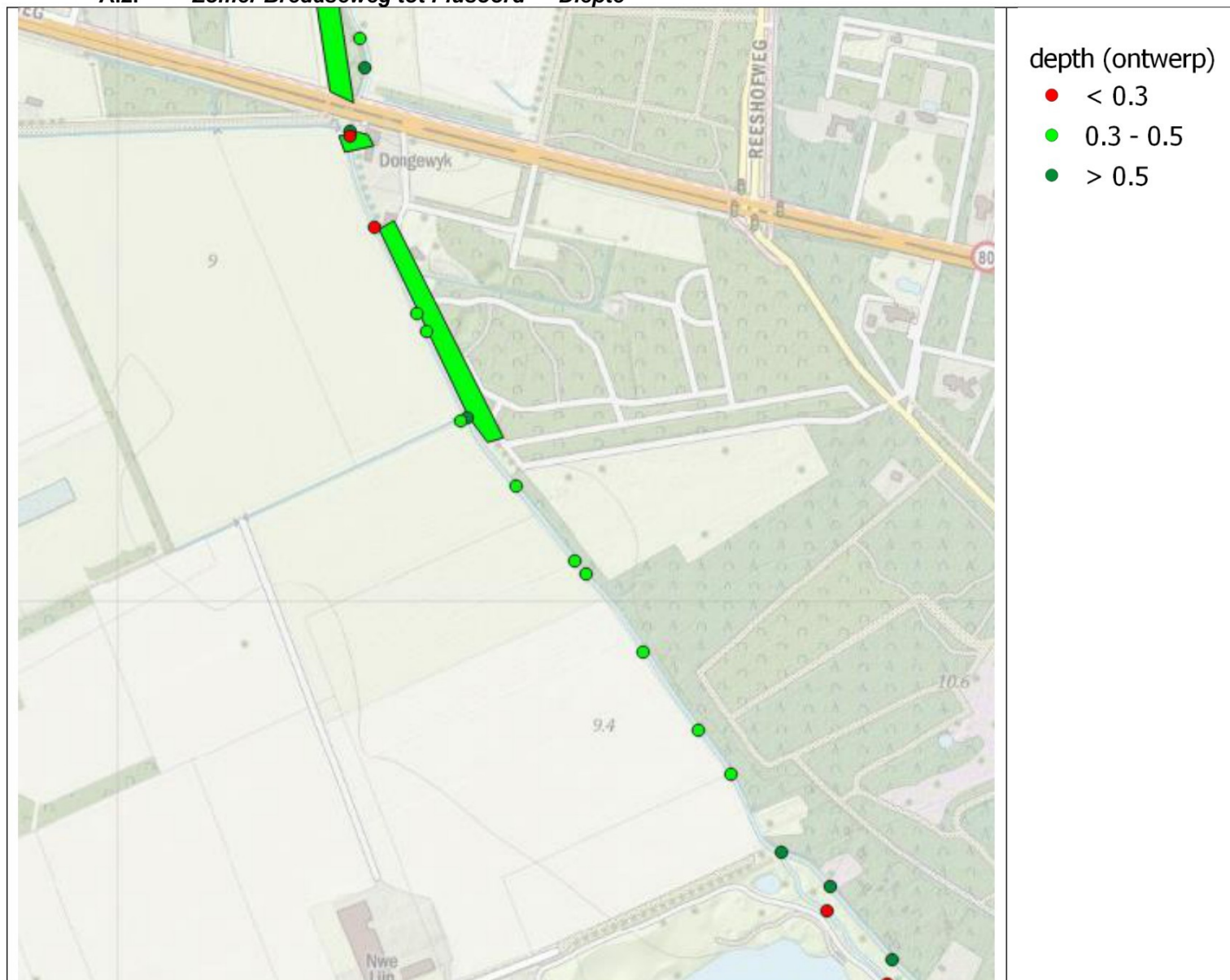
## BIJLAGEN

### A. Zomer

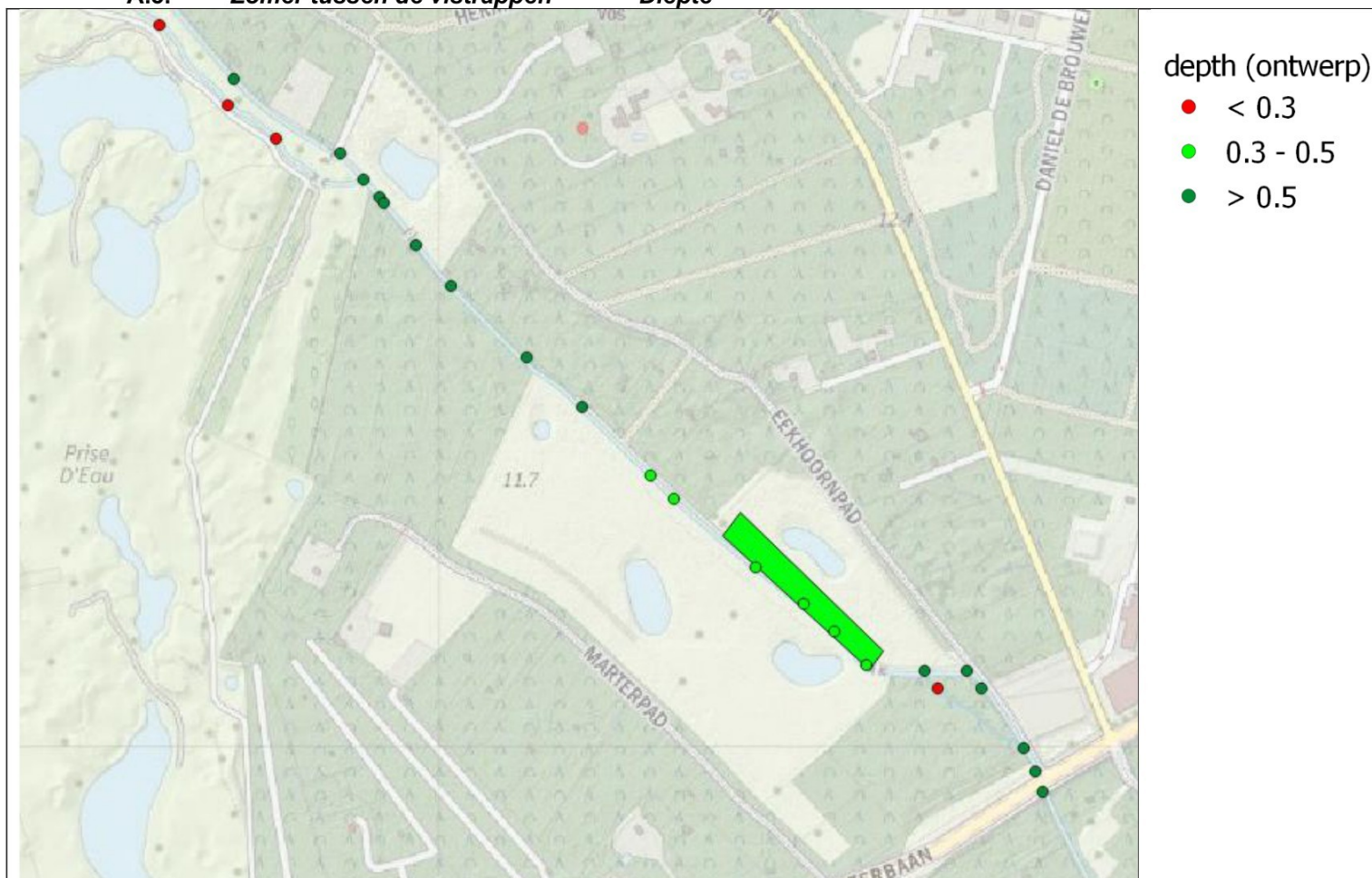
#### A.1. Zomer Koolhoven Diepte



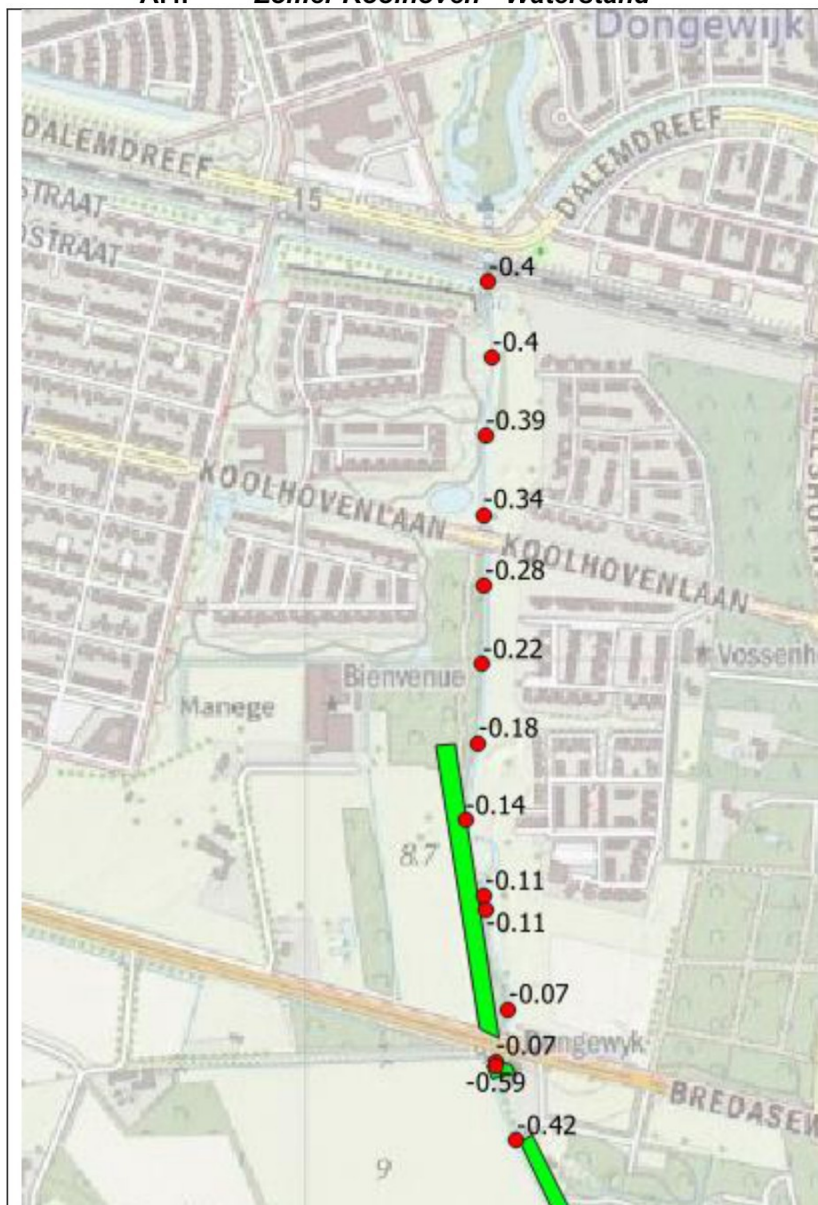
## A.2. Zomer Bredaseweg tot Piusoord Diepte



**A.3. Zomer tussen de vistrappen Diepte**



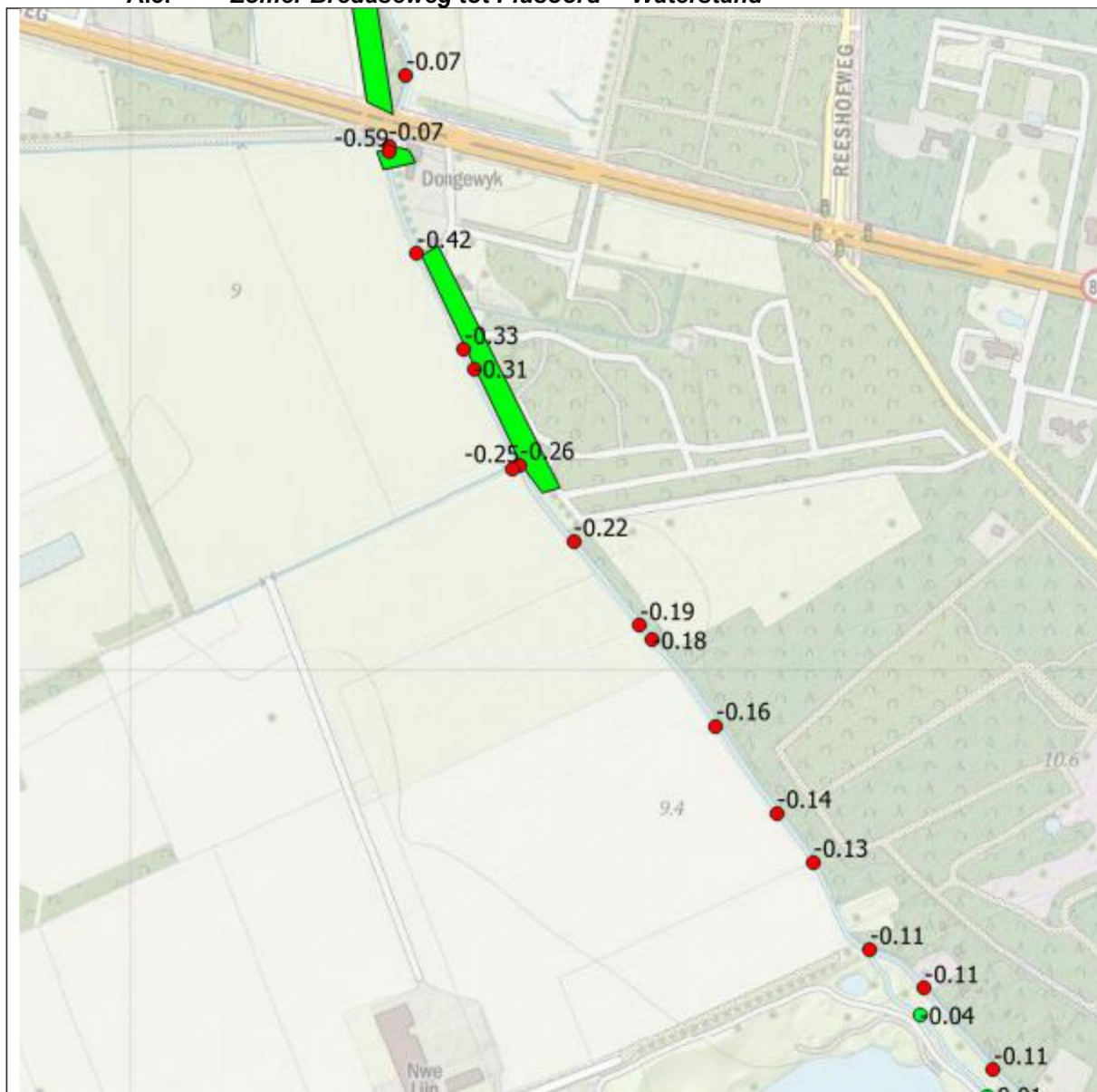
#### A.4. Zomer Koolhoven Waterstand



level (difference)

- < -0.05
- -0.05 - 0.05
- > 0.05

### A.5. Zomer Bredaseweg tot Piusoord Waterstand



depth (ontwerp)

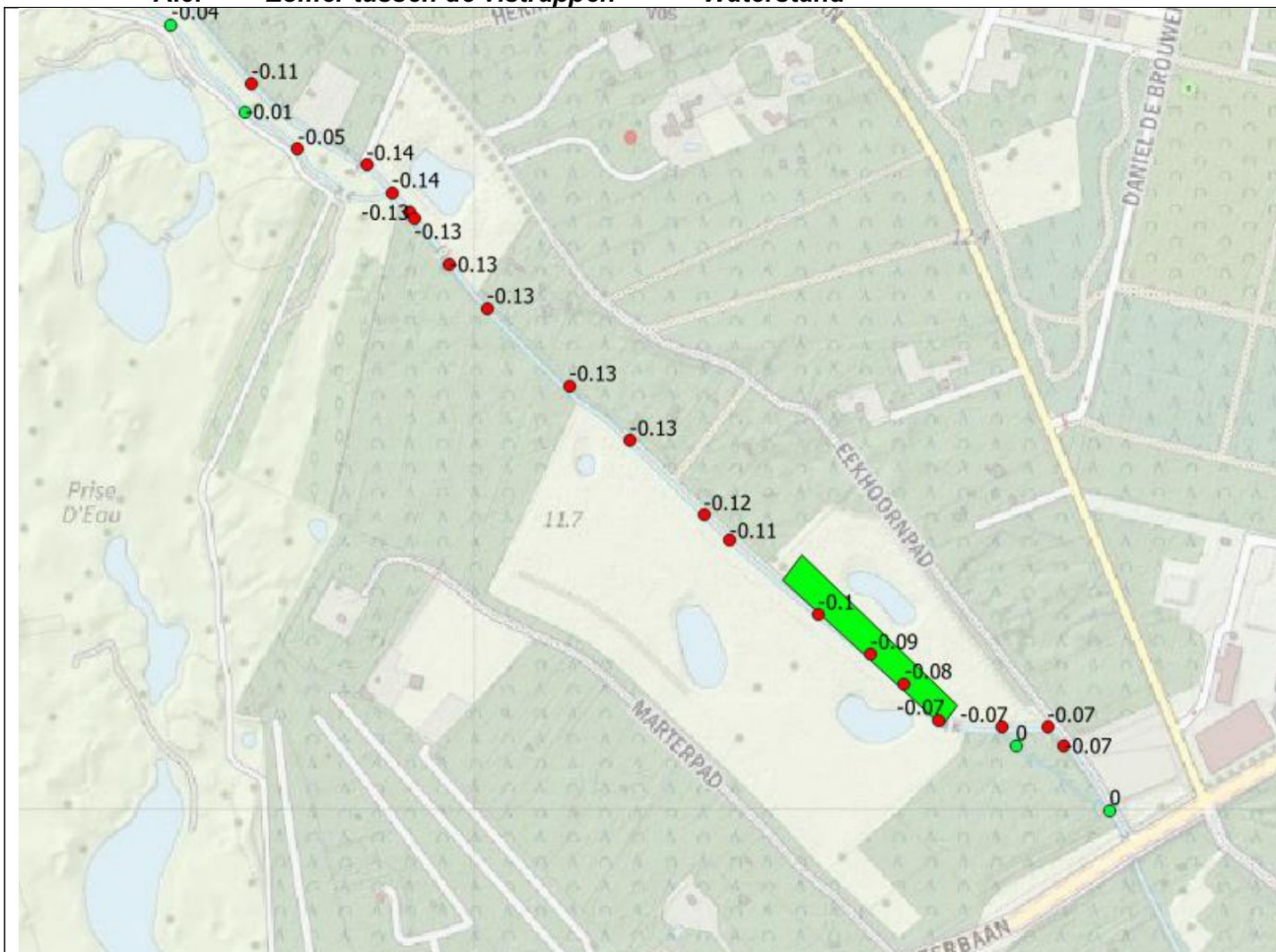
• < 0.3

• 0.3 - 0.5

• > 0.5



**A.6. Zomer tussen de vistrappen Waterstand**



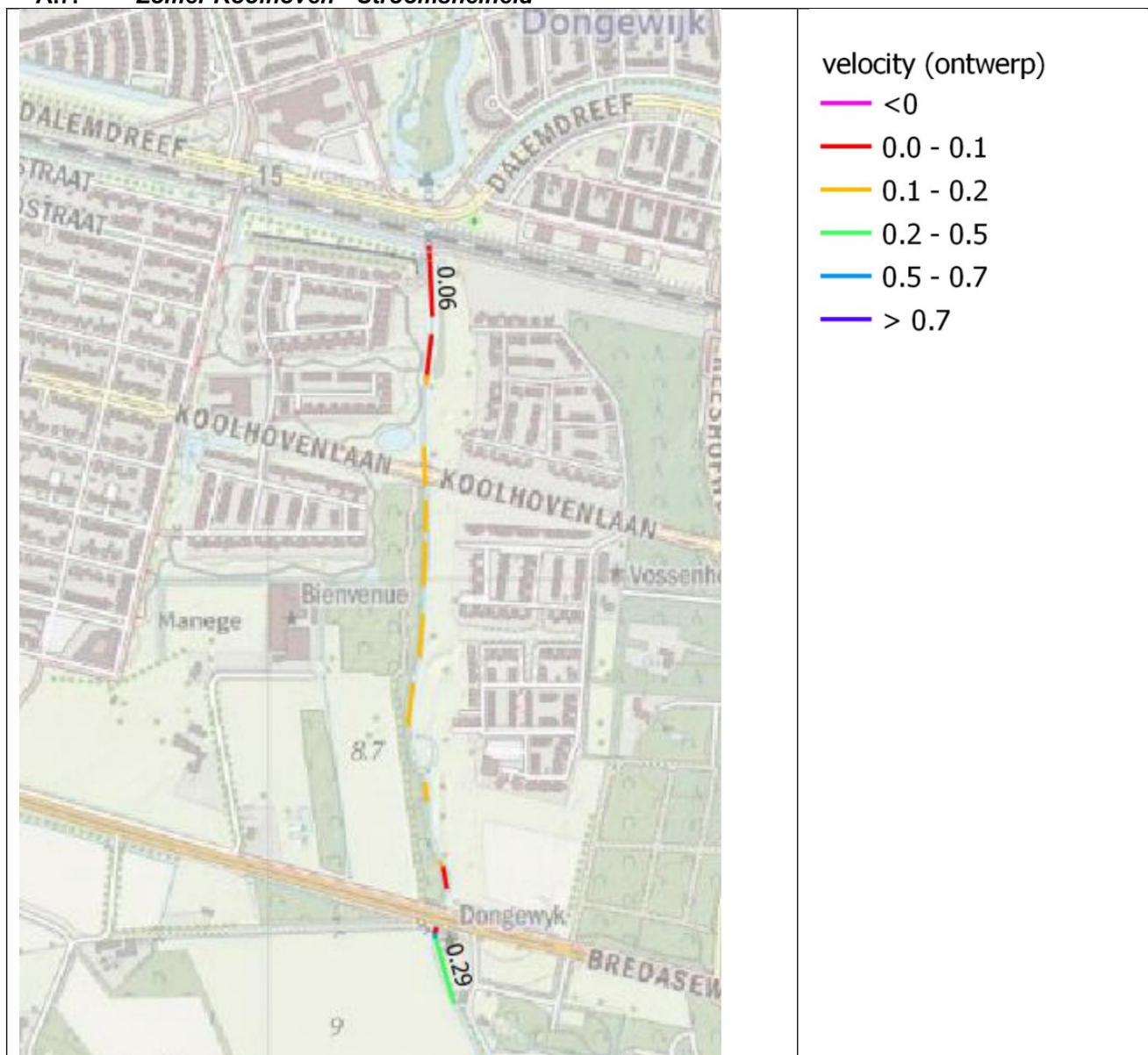
depth (ontwerp)

• < 0.3

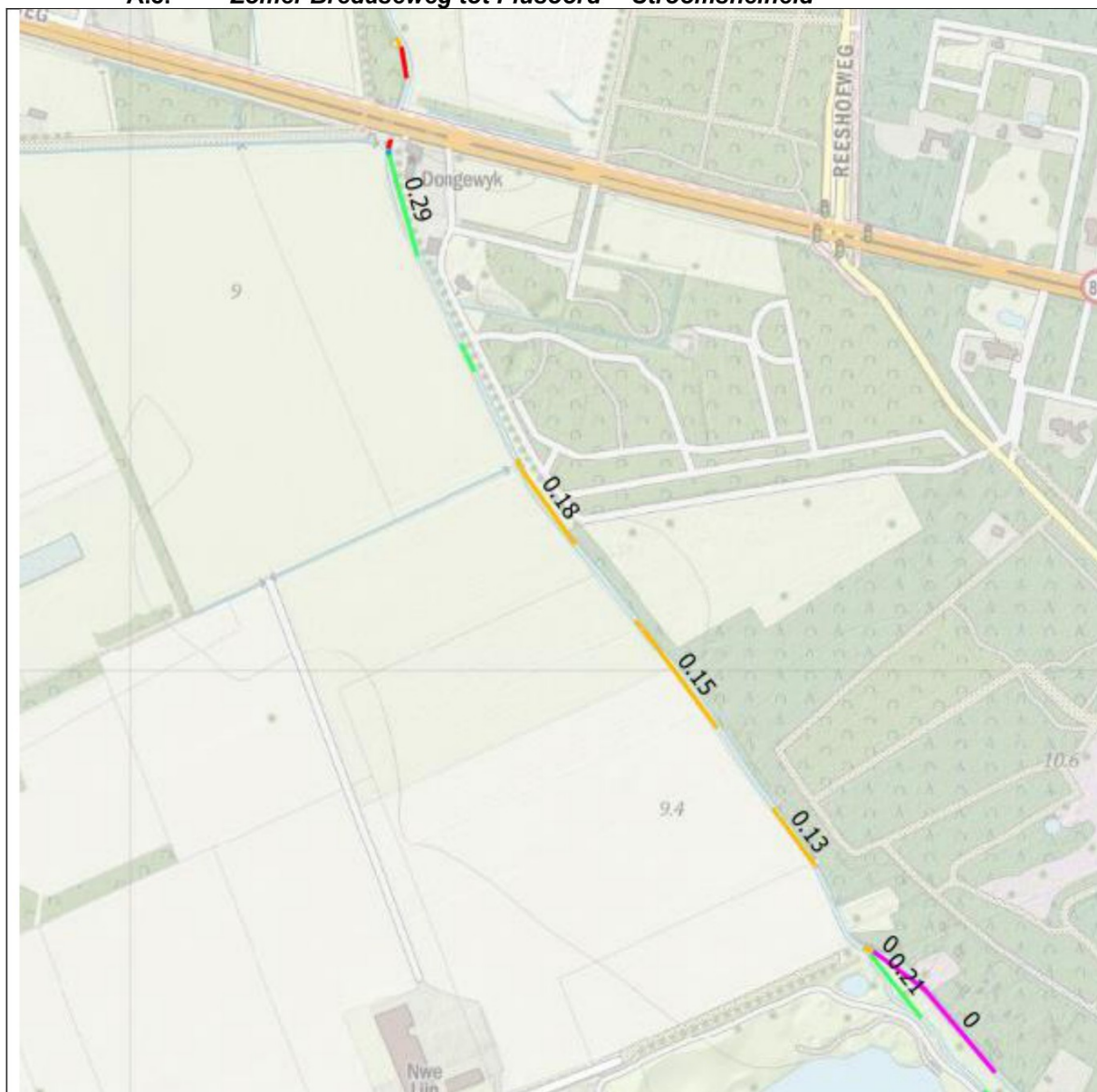
• 0.3 - 0.5

• > 0.5

# A.7. Zomer Koolhoven Stroomsnelheid



**A.8. Zomer Bredaseweg tot Piusoord Stroomsnelheid**

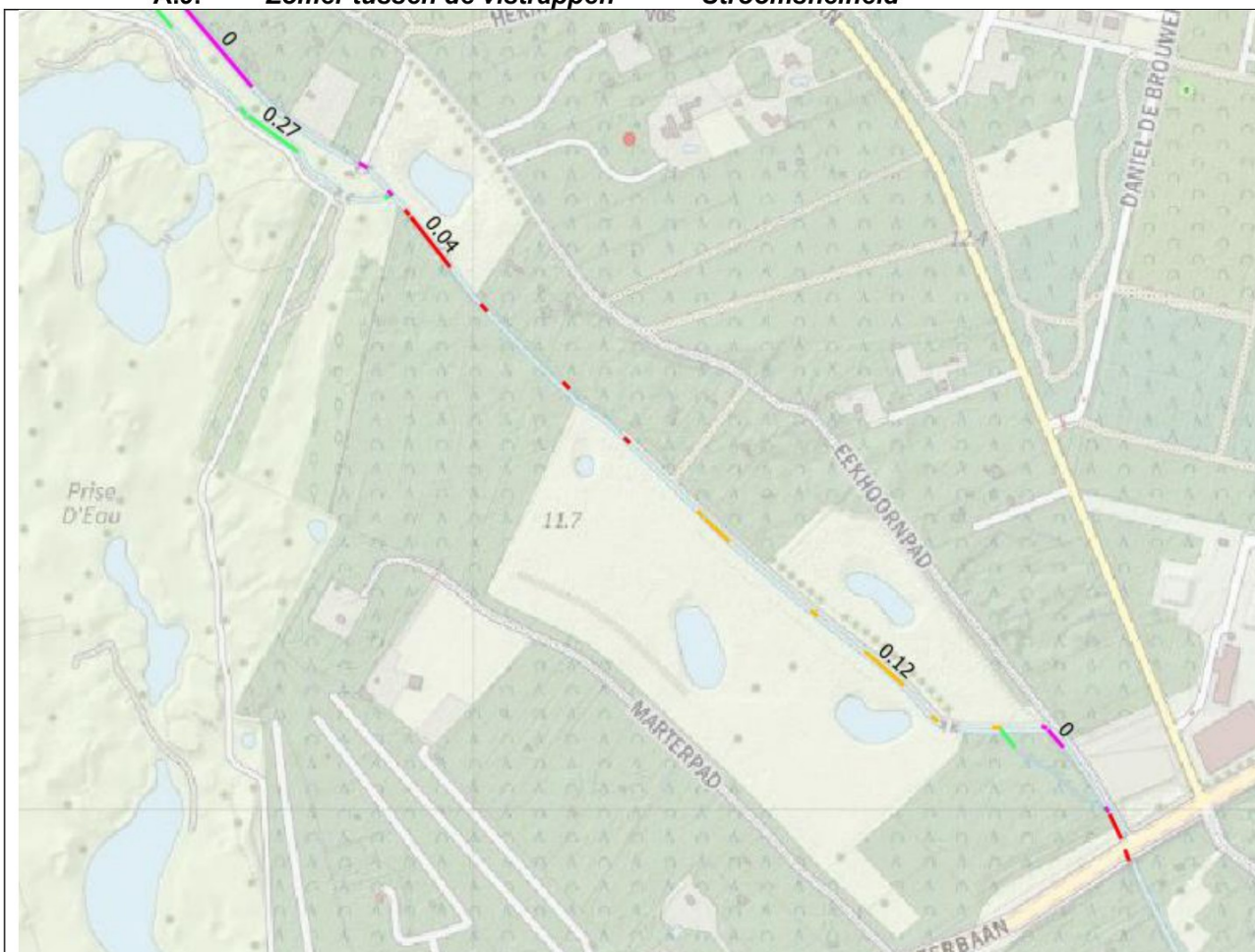


velocity (ontwerp)

- <0
- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 0.7
- > 0.7



**A.9. Zomer tussen de vistrappen Stroomsnelheid**

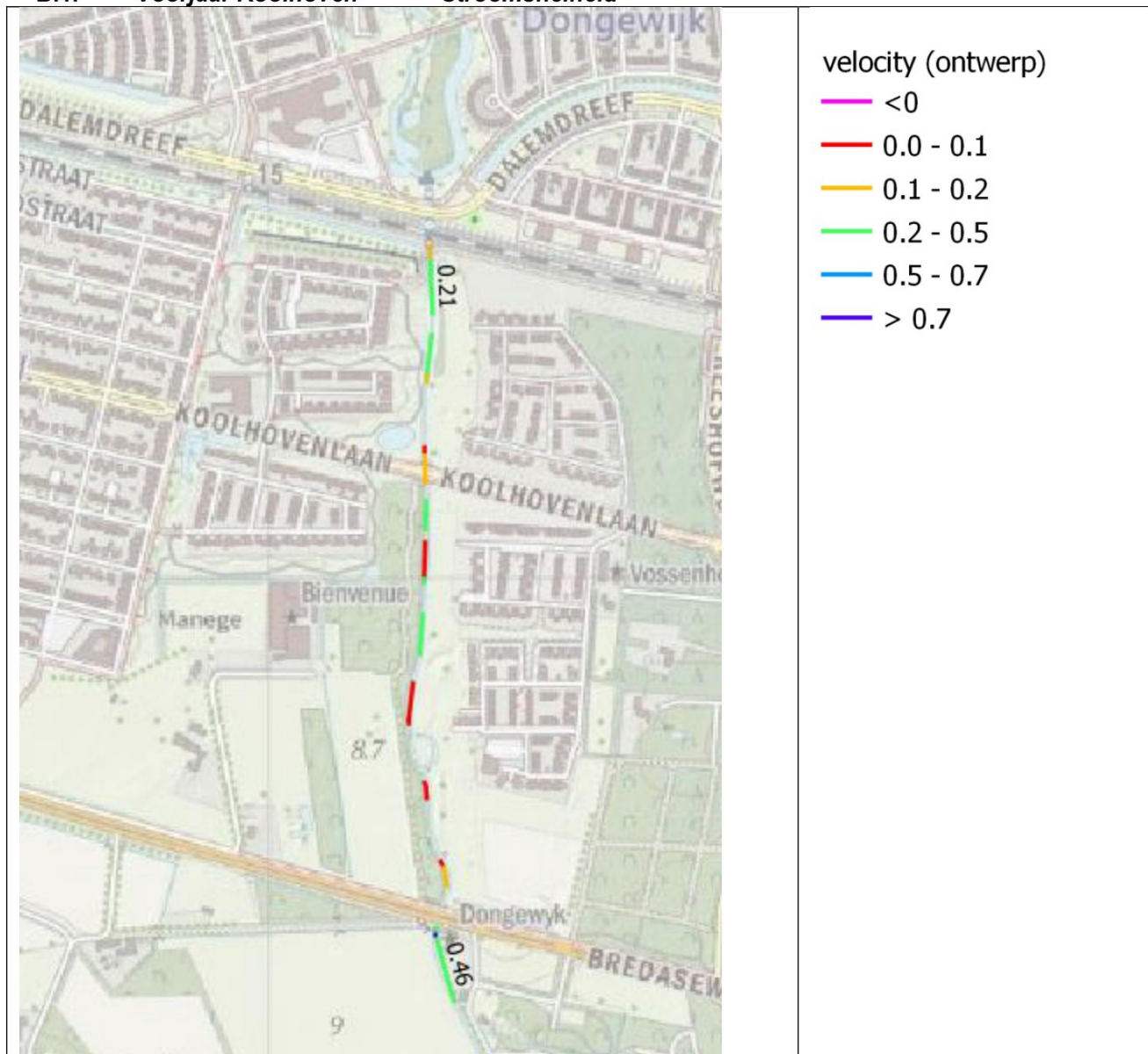


velocity (ontwerp)

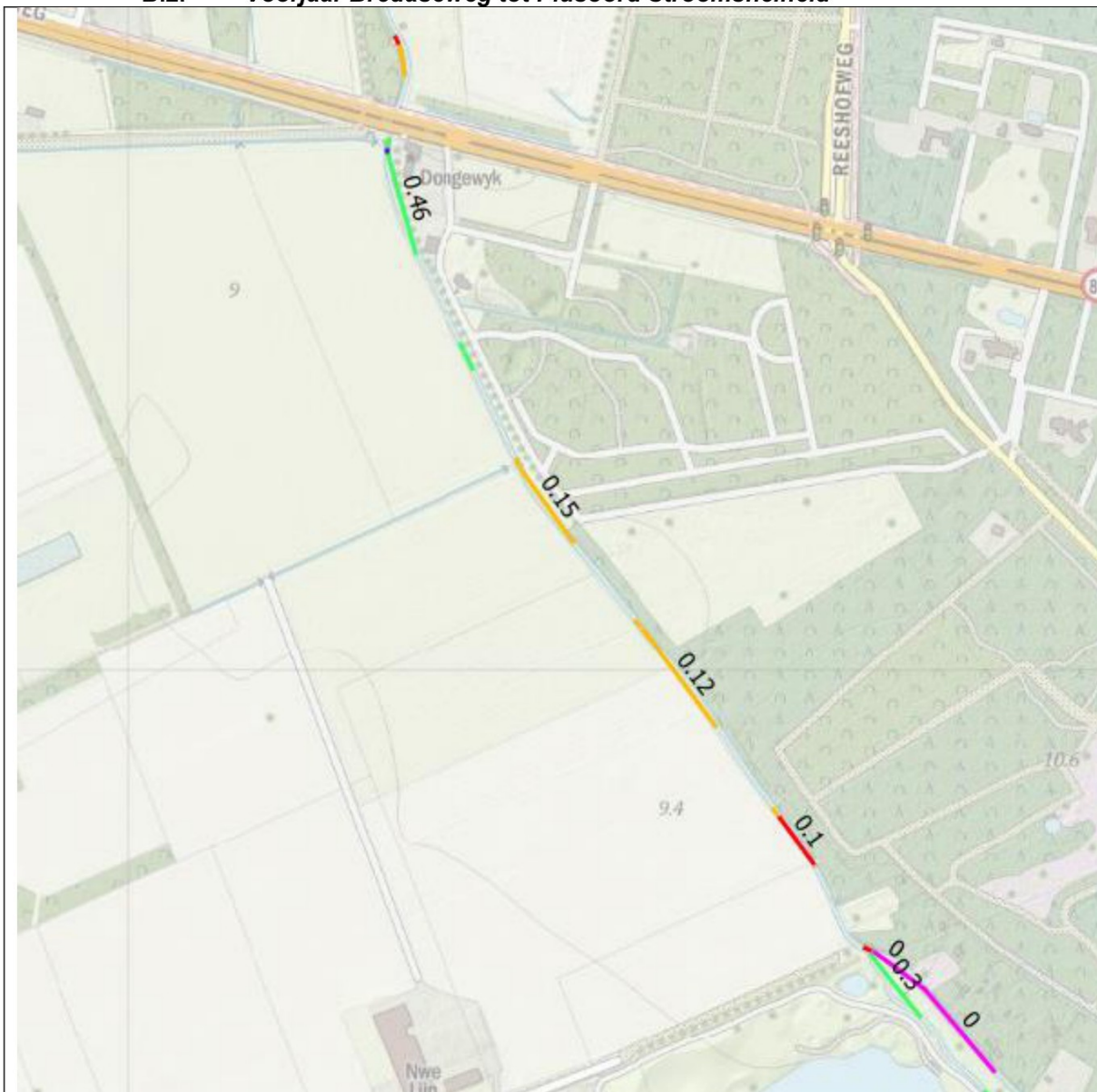
- <0
- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 0.7
- > 0.7

## B. Voorjaar

### B.1. Voorjaar Koolhoven Stroomsnelheid



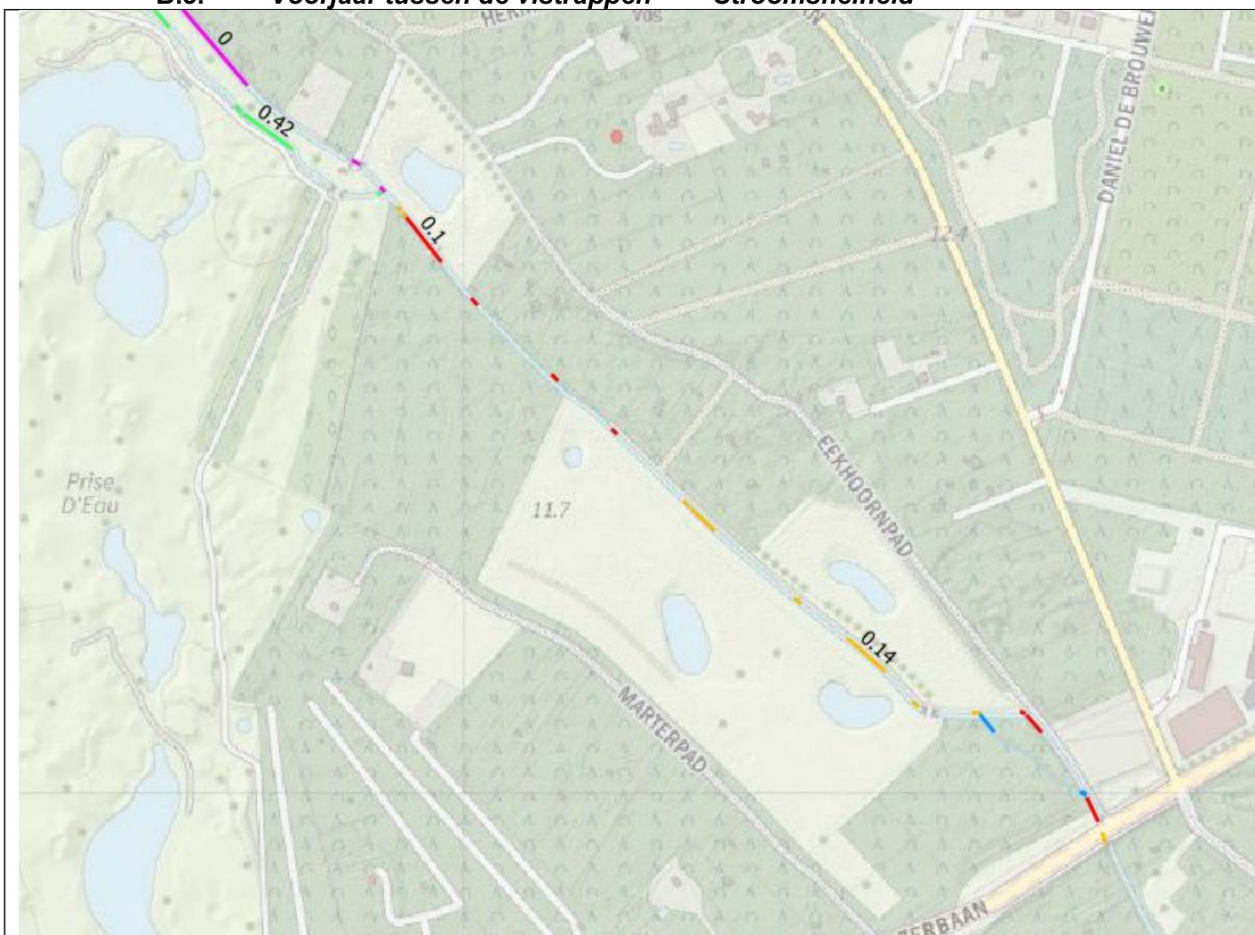
## B.2. Voorjaar Bredaseweg tot Piusoord Stroomsnelheid



velocity (ontwerp)

- < 0
- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 0.7
- > 0.7

**B.3. Voorjaar tussen de vistrappen Stroomsnelheid**

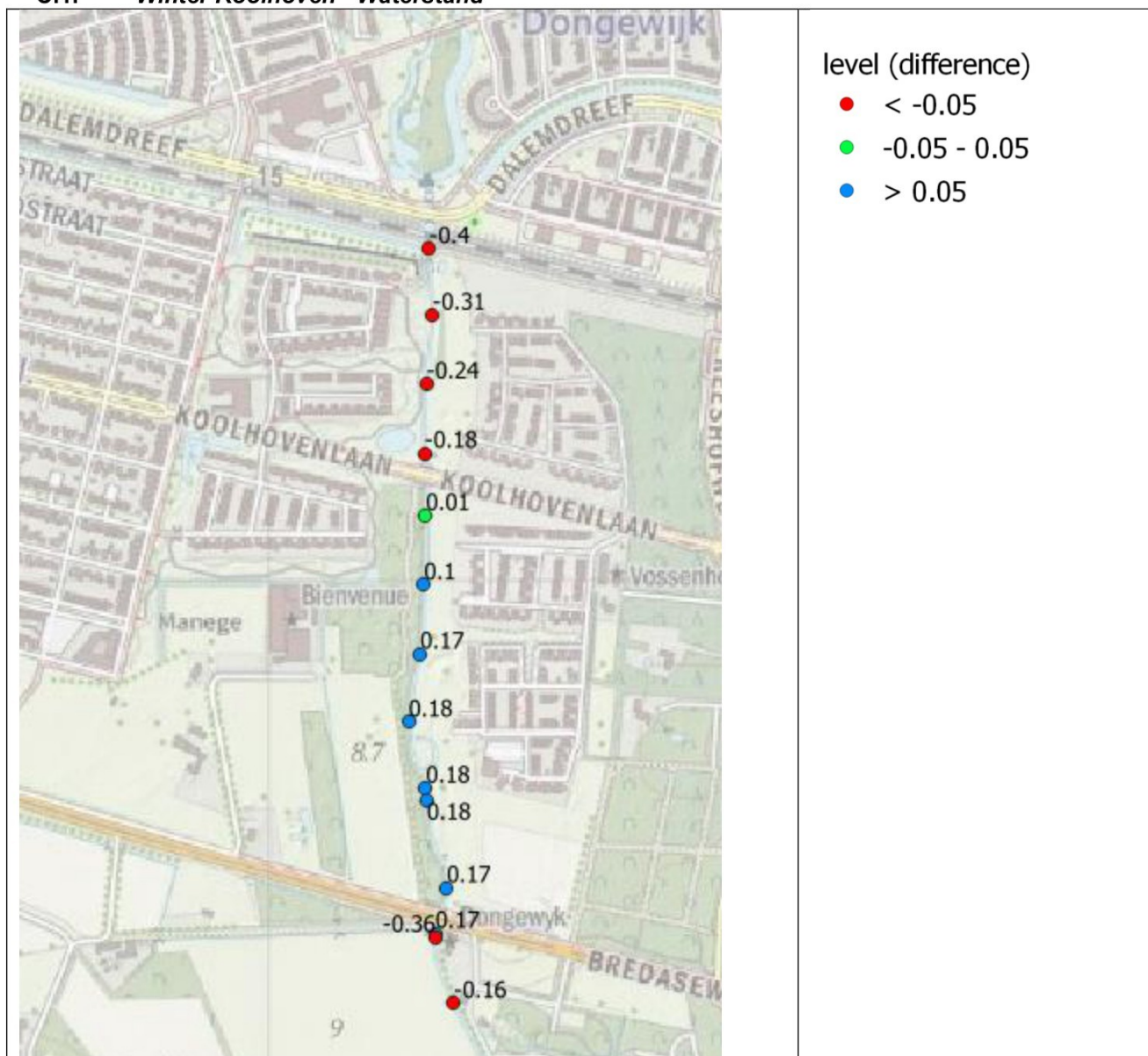


velocity (ontwerp)

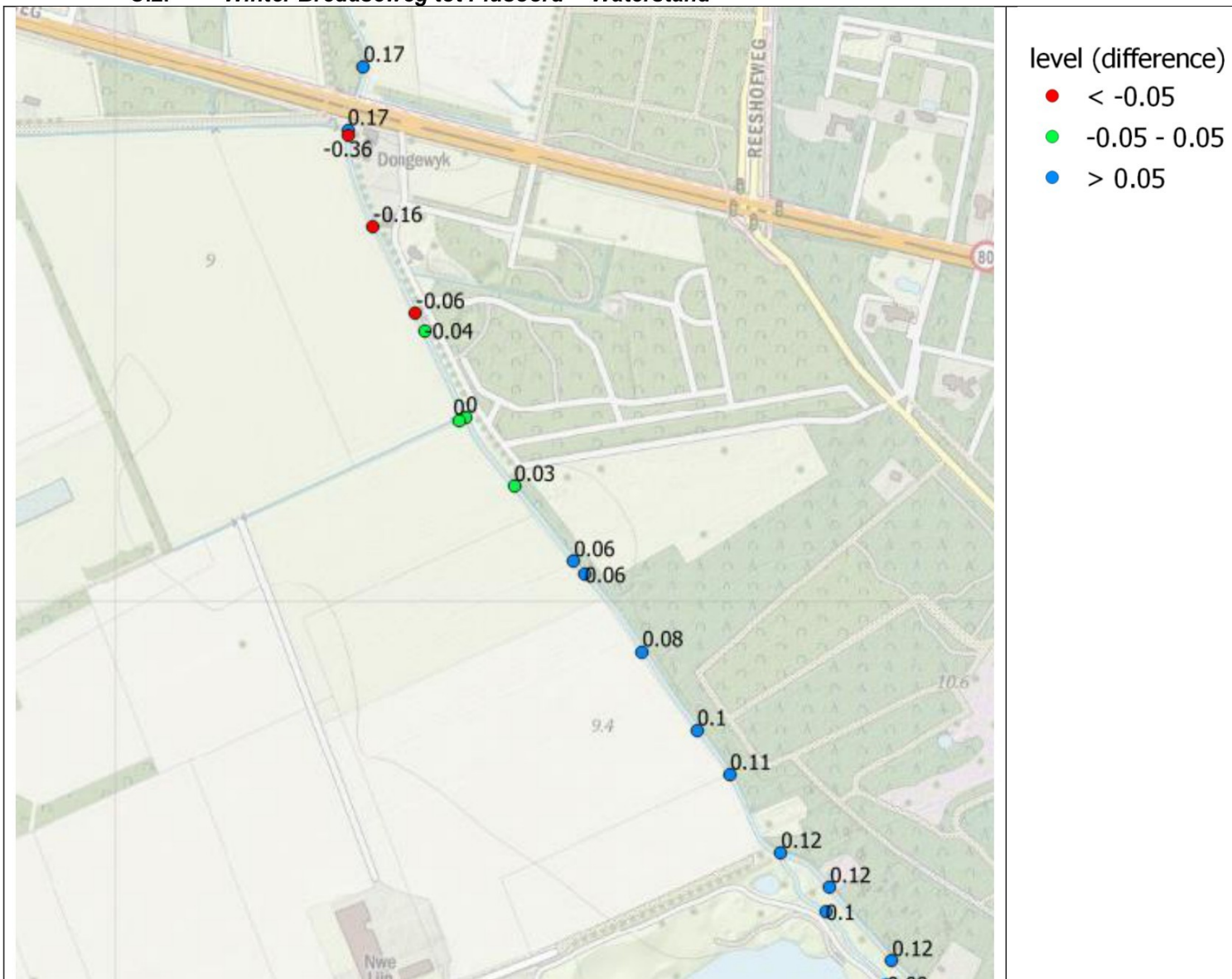
- <0
- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 0.7
- > 0.7

## C. Winter

### C.1. Winter Koolhoven Waterstand

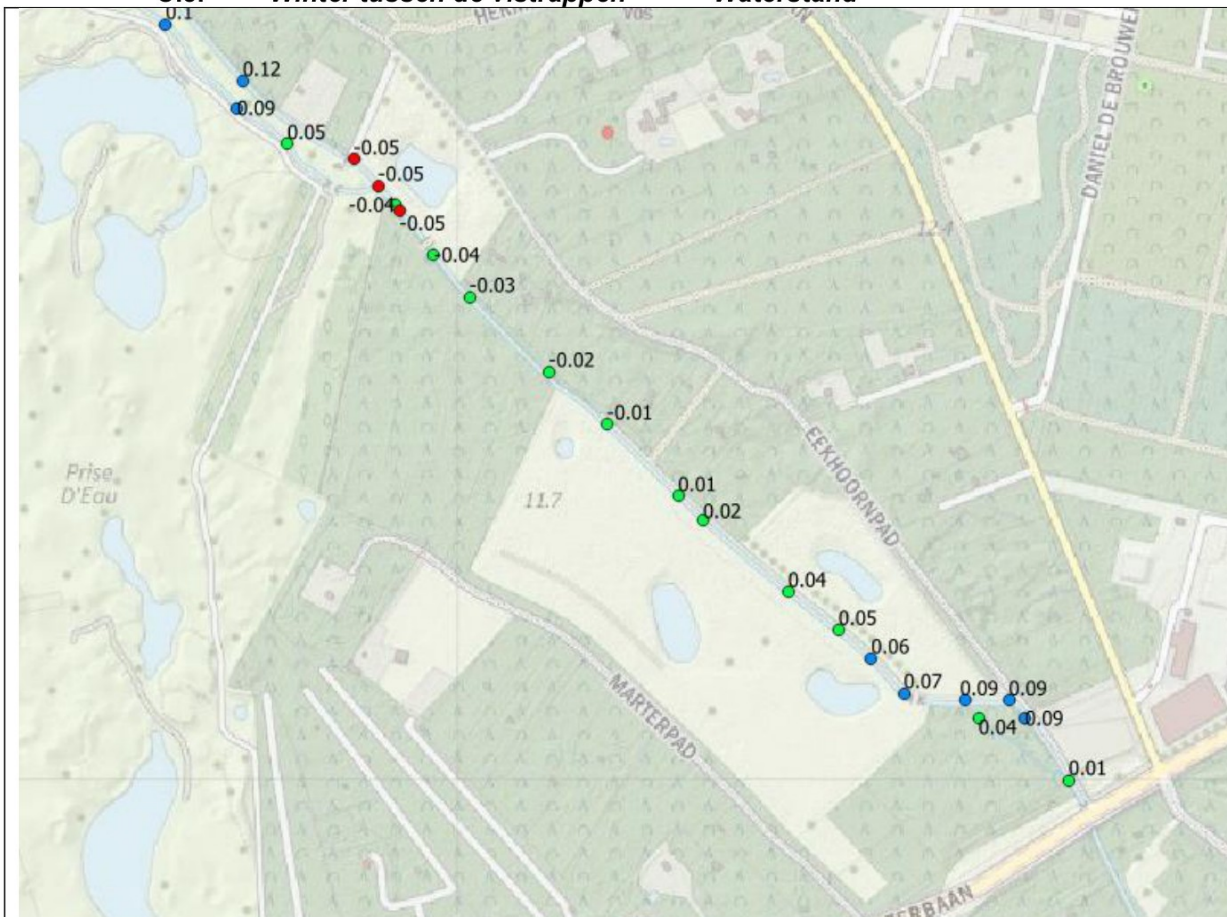


## C.2. Winter Bredaseweg tot Piusoord Waterstand





C.3. Winter tussen de vistrappen Waterstand

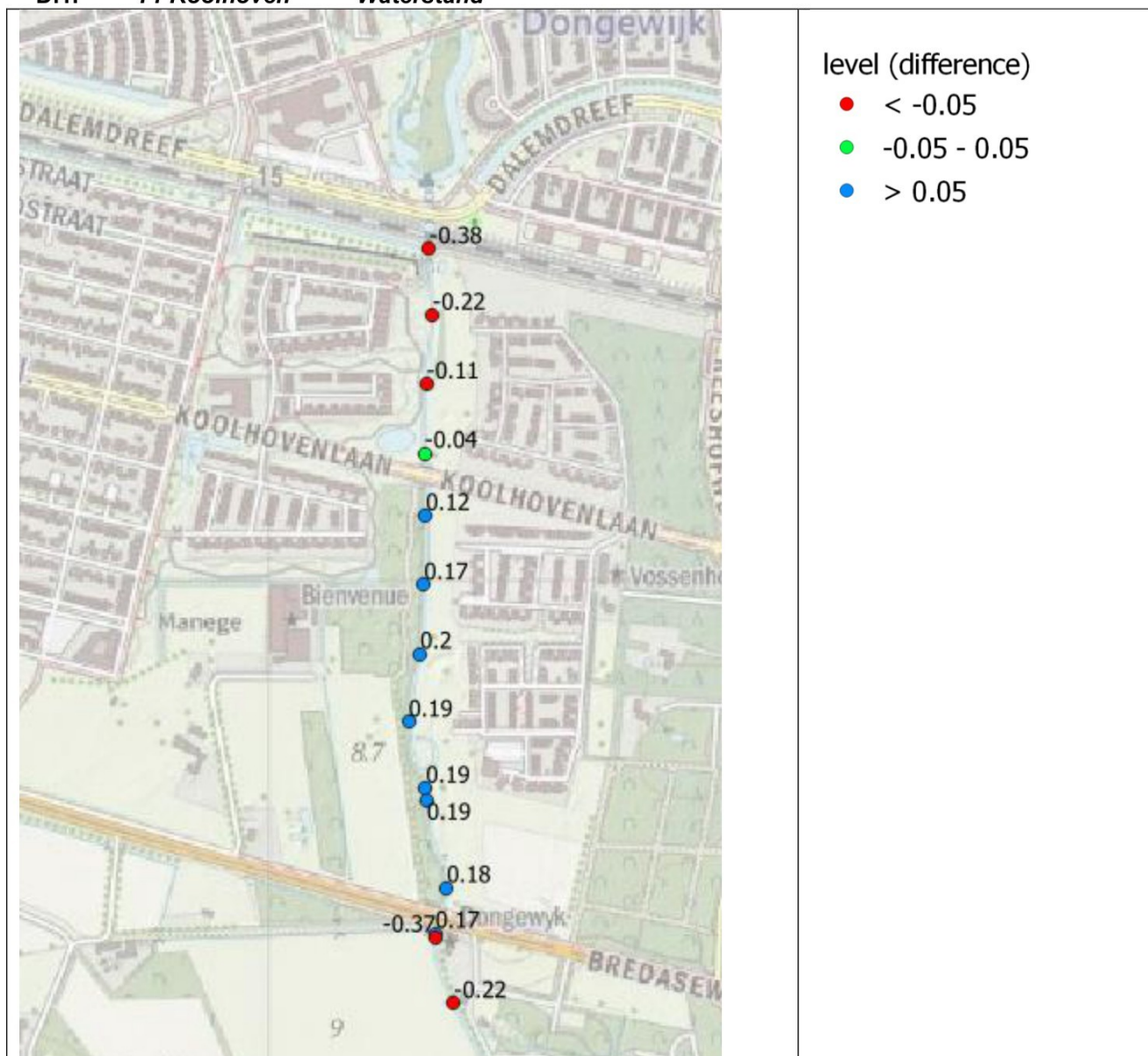


level (difference)

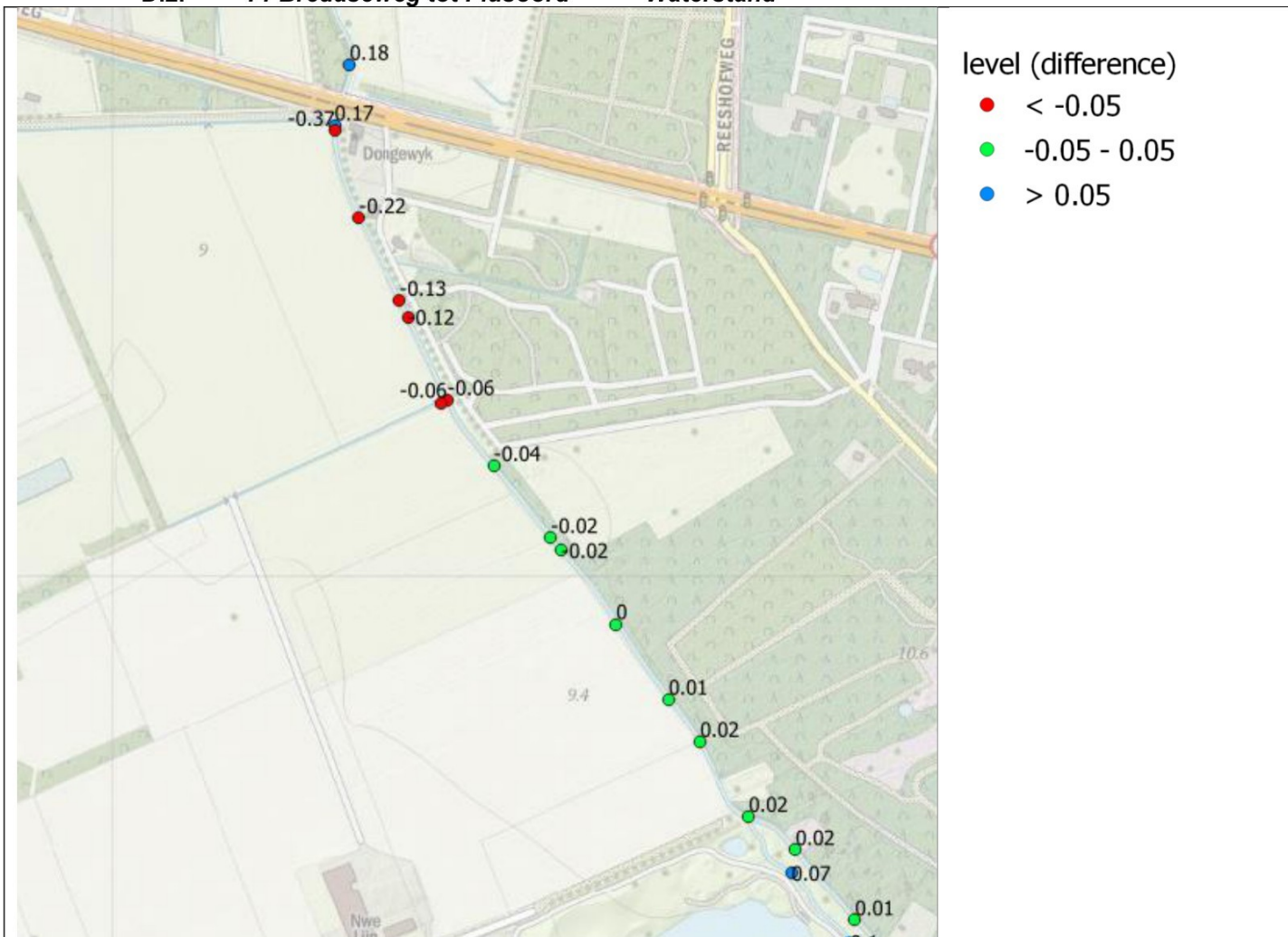
- < -0.05
- -0.05 - 0.05
- > 0.05

## D. T1

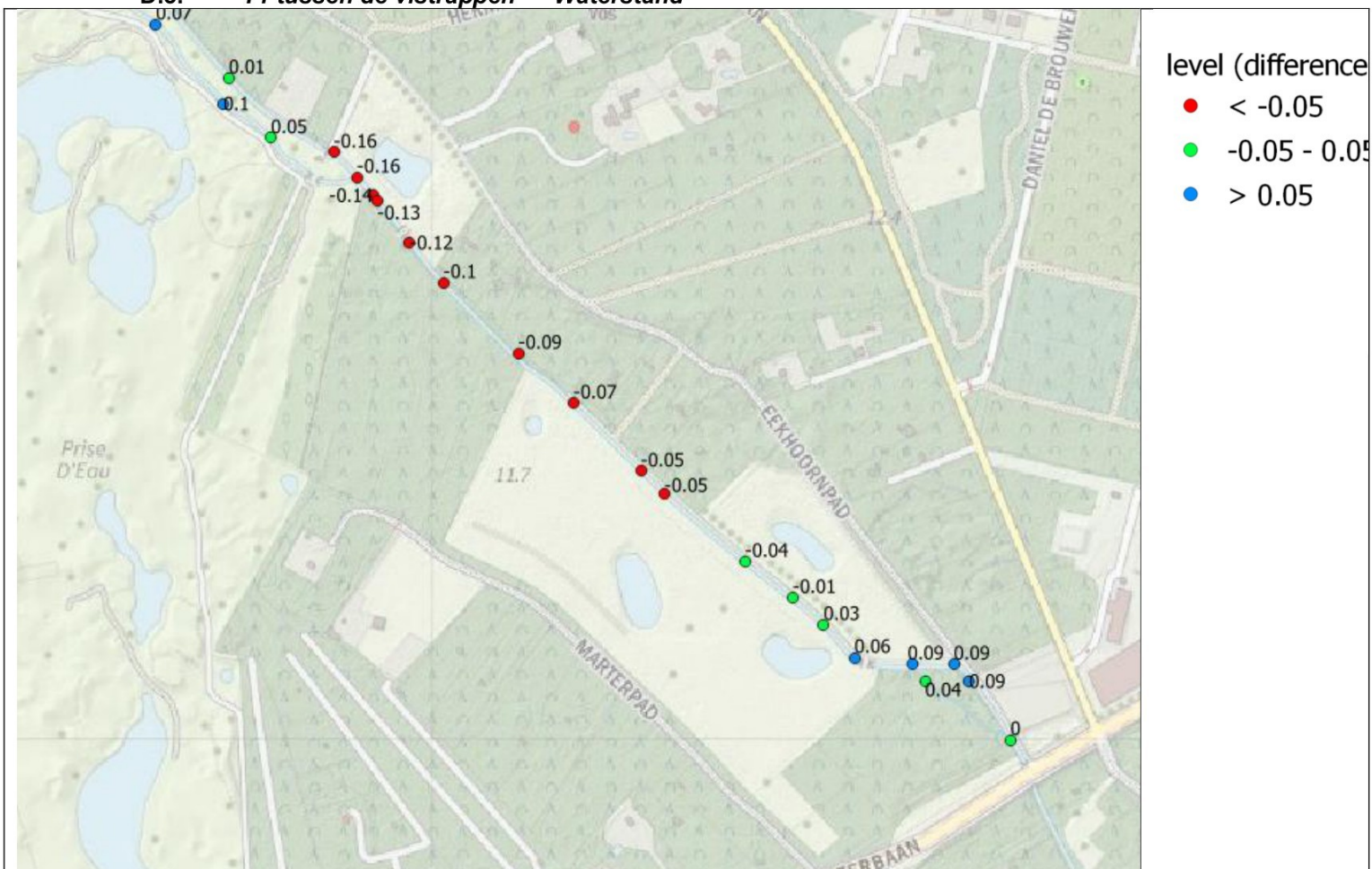
### D.1. T1 Koolhoven Waterstand



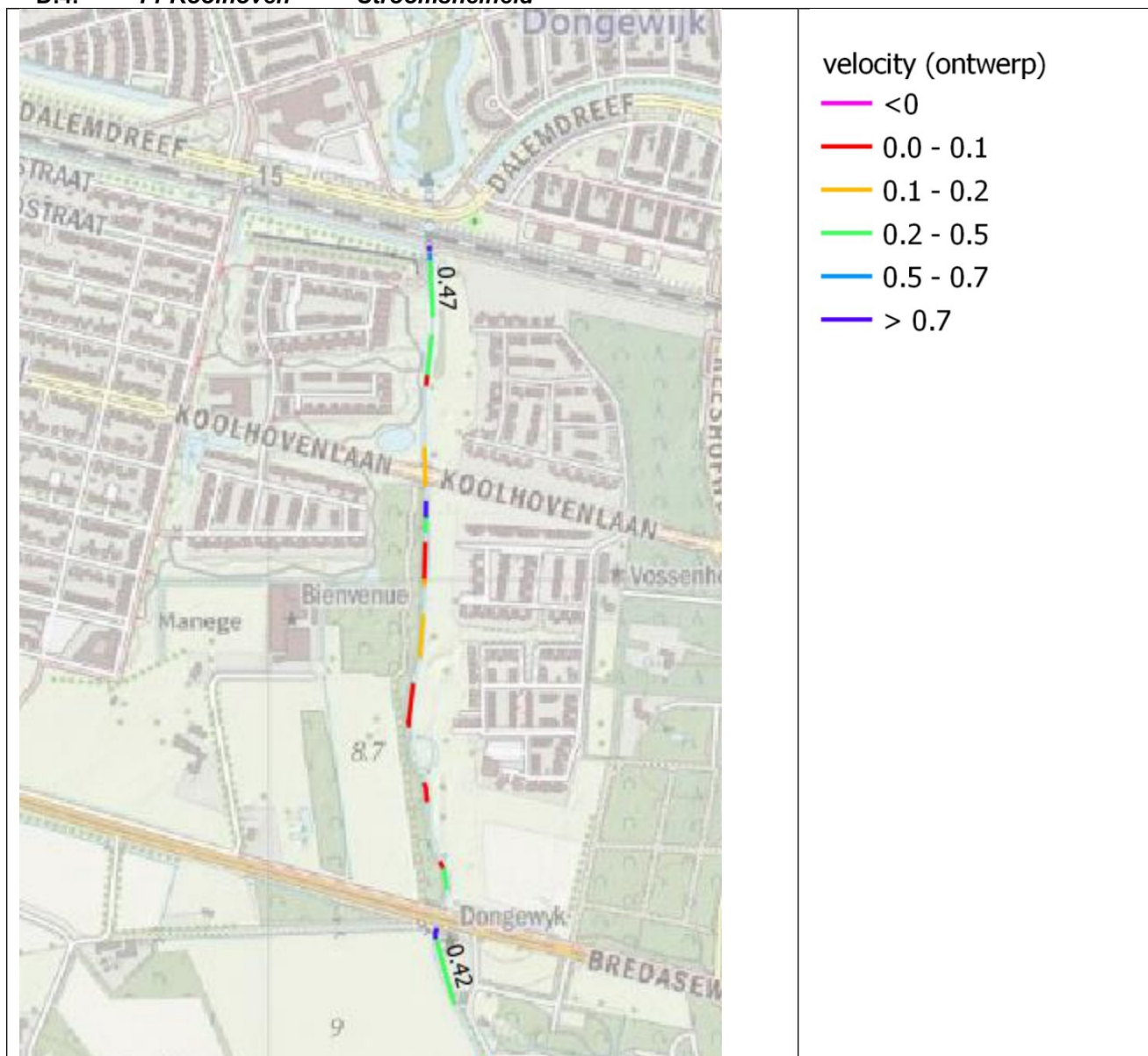
**D.2. T1 Bredaseweg tot Piusoord Waterstand**



### D.3. T1 tussen de vistrappen Waterstand

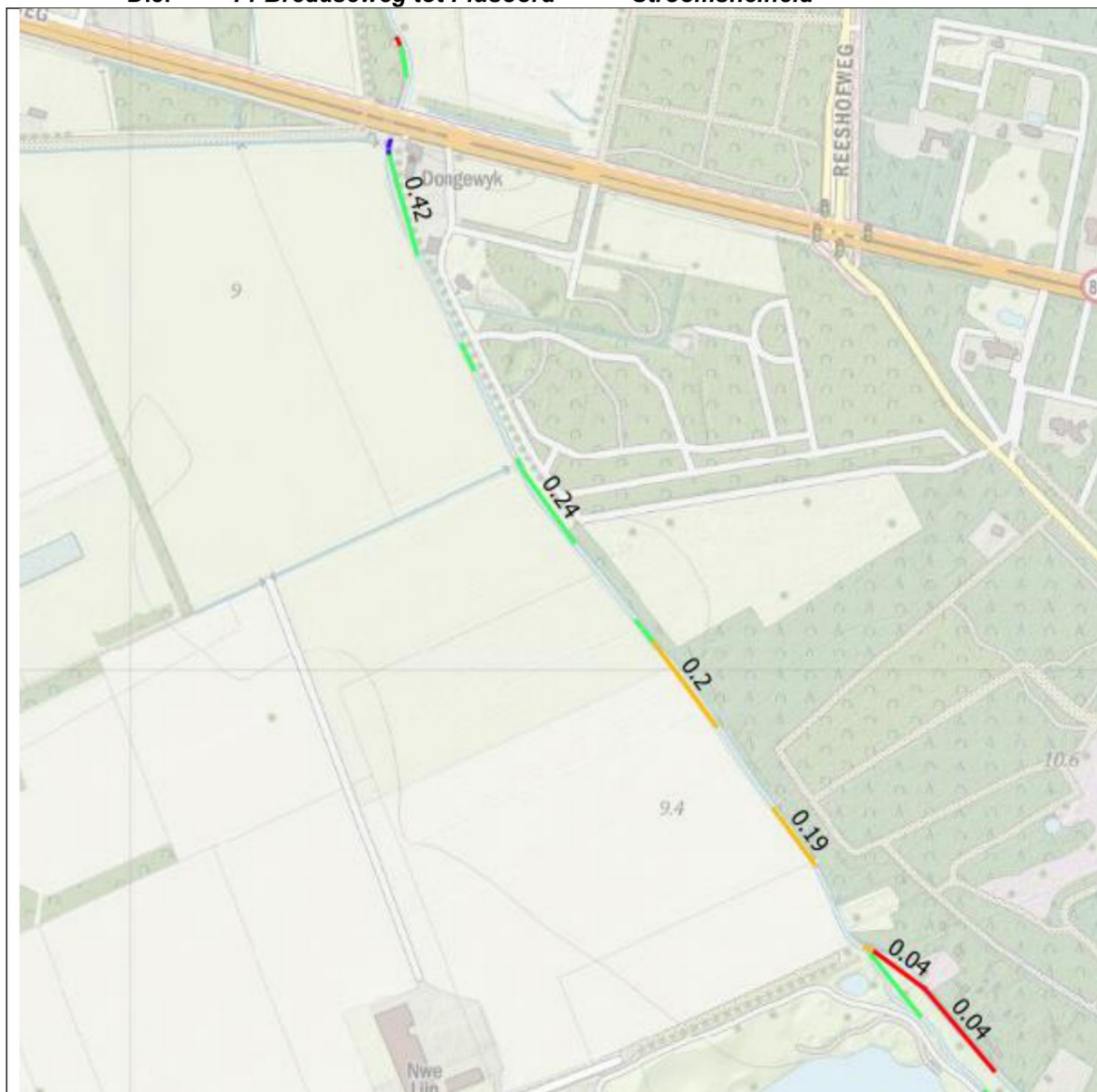


#### D.4. T1 Koolhoven Stroomsnelheid





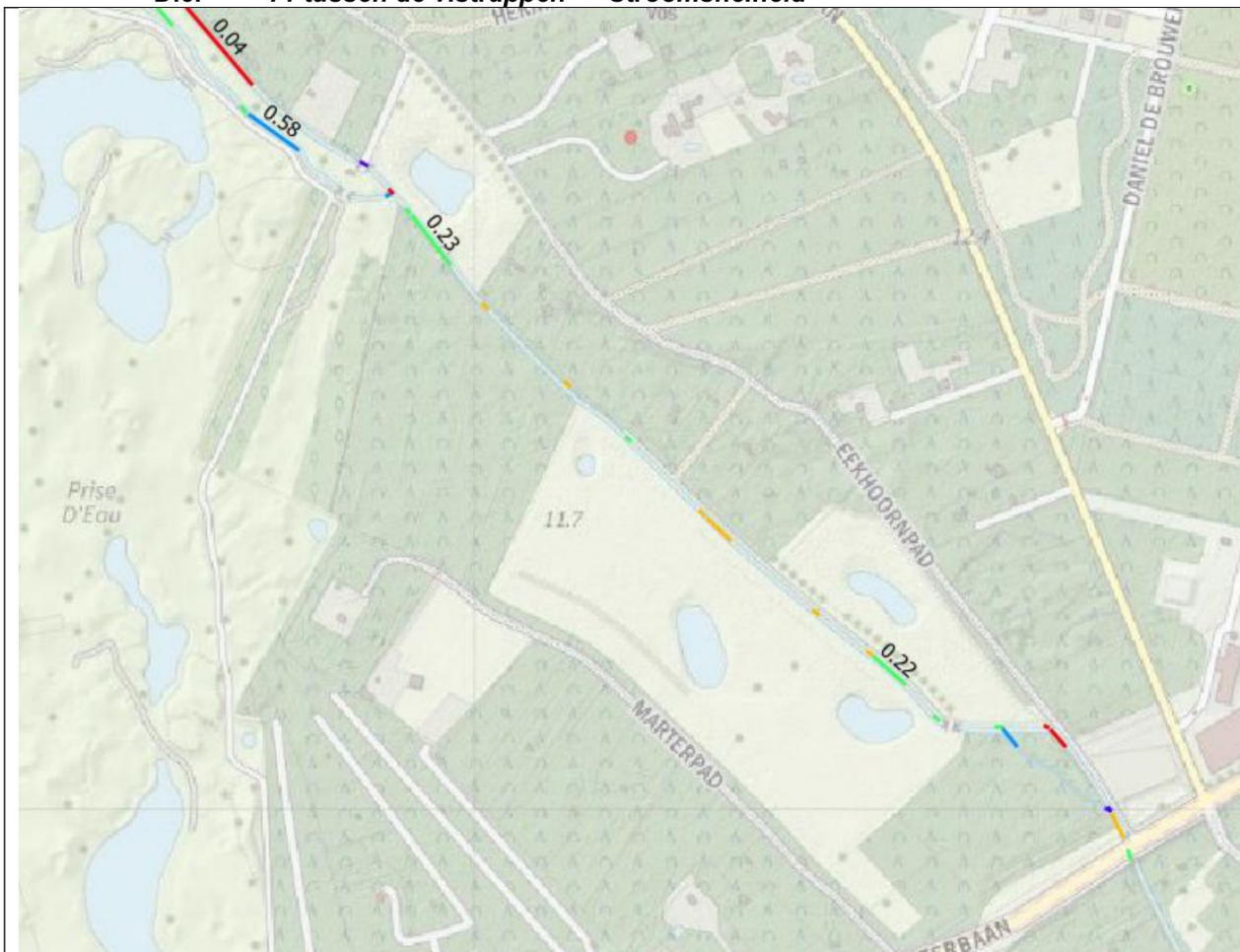
**D.5. T1 Bredaseweg tot Piusoord Stroomsnelheid**



velocity (ontwerp)

- <0
- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 0.7
- > 0.7

**D.6. T1 tussen de vistrappen Stroomsnelheid**

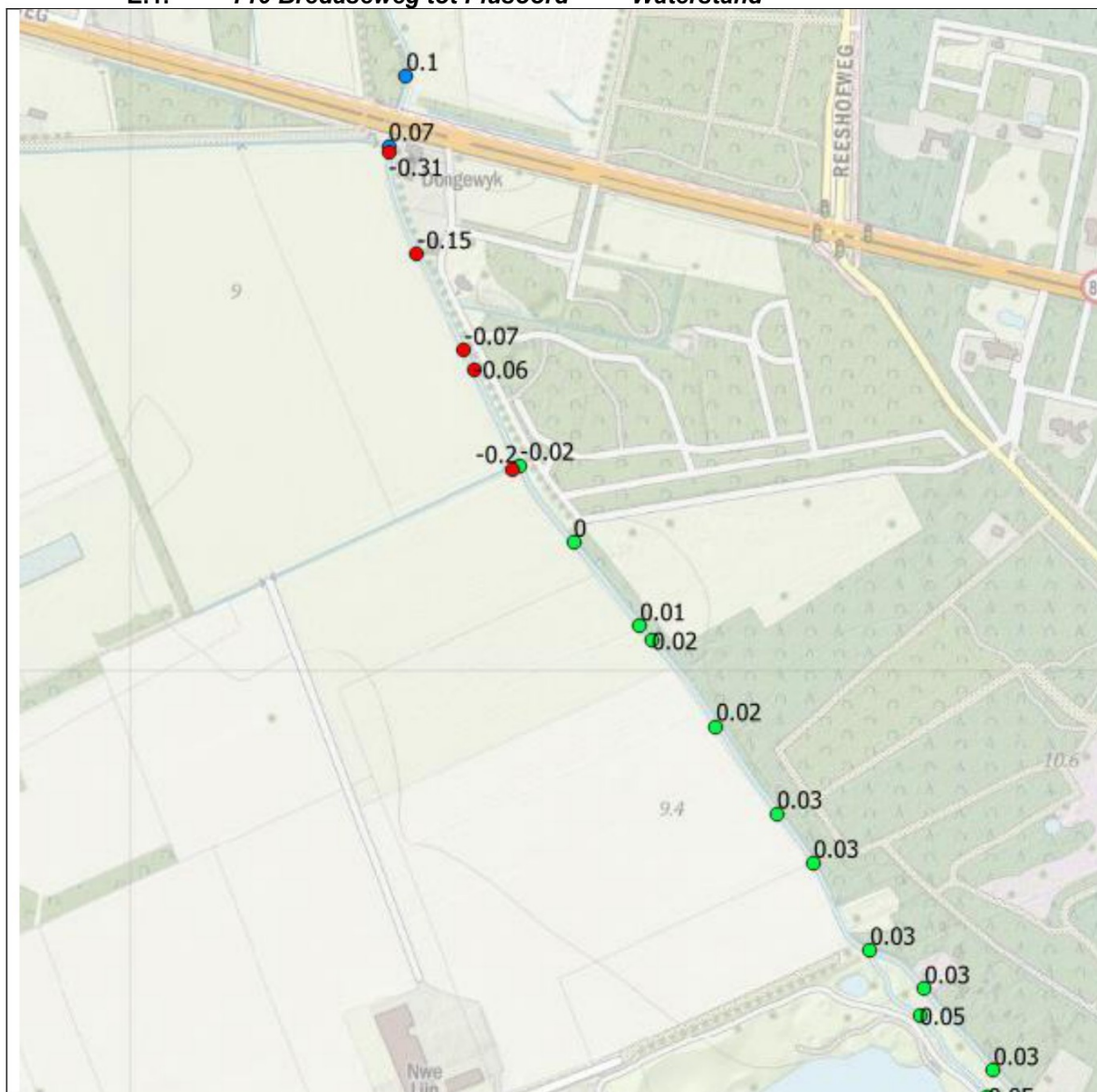


velocity (ontwerp)

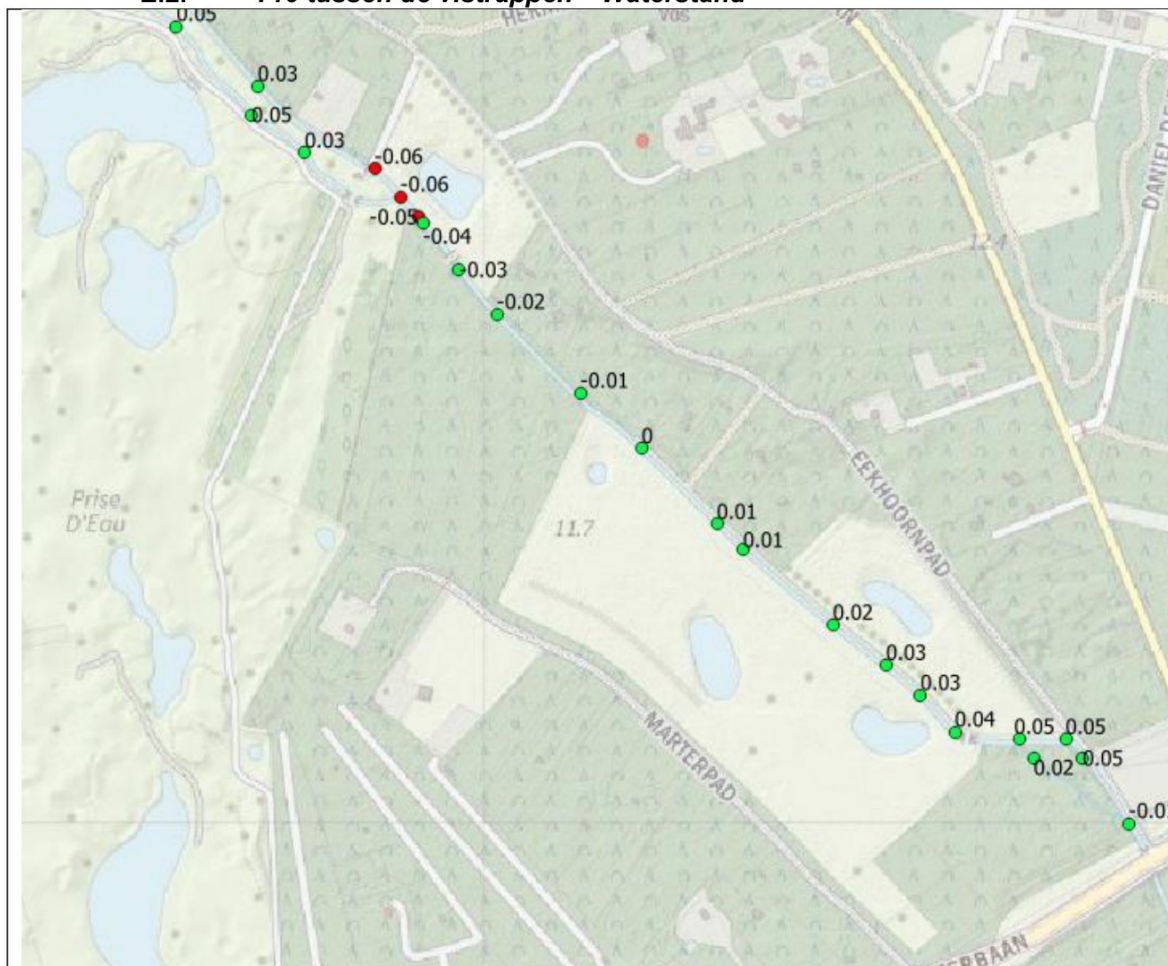
- <0
- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 0.7
- > 0.7

## E. T10

### E.1. T10 Bredaseweg tot Piusoord Waterstand

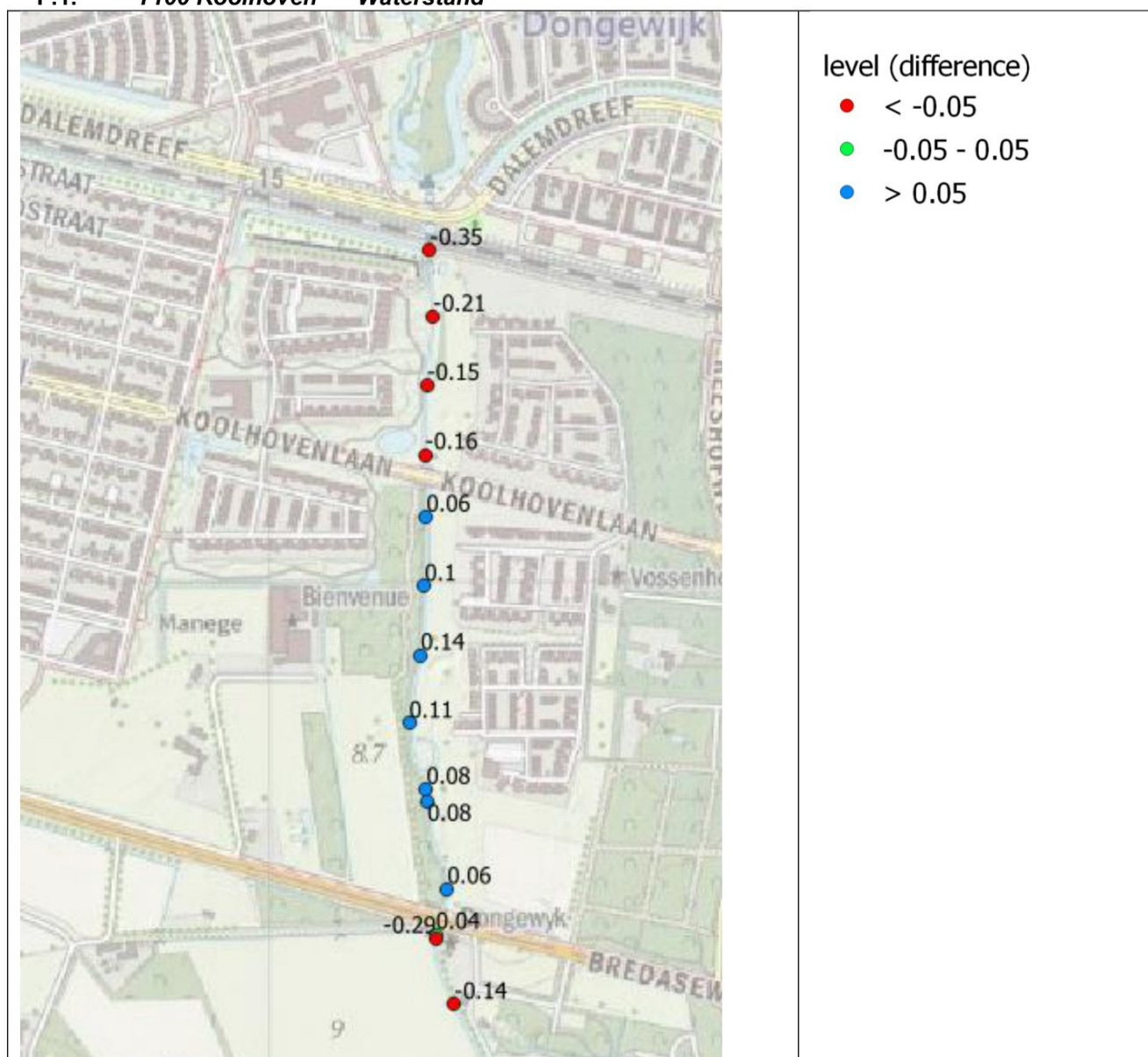


## E.2. T10 tussen de vistrappen Waterstand



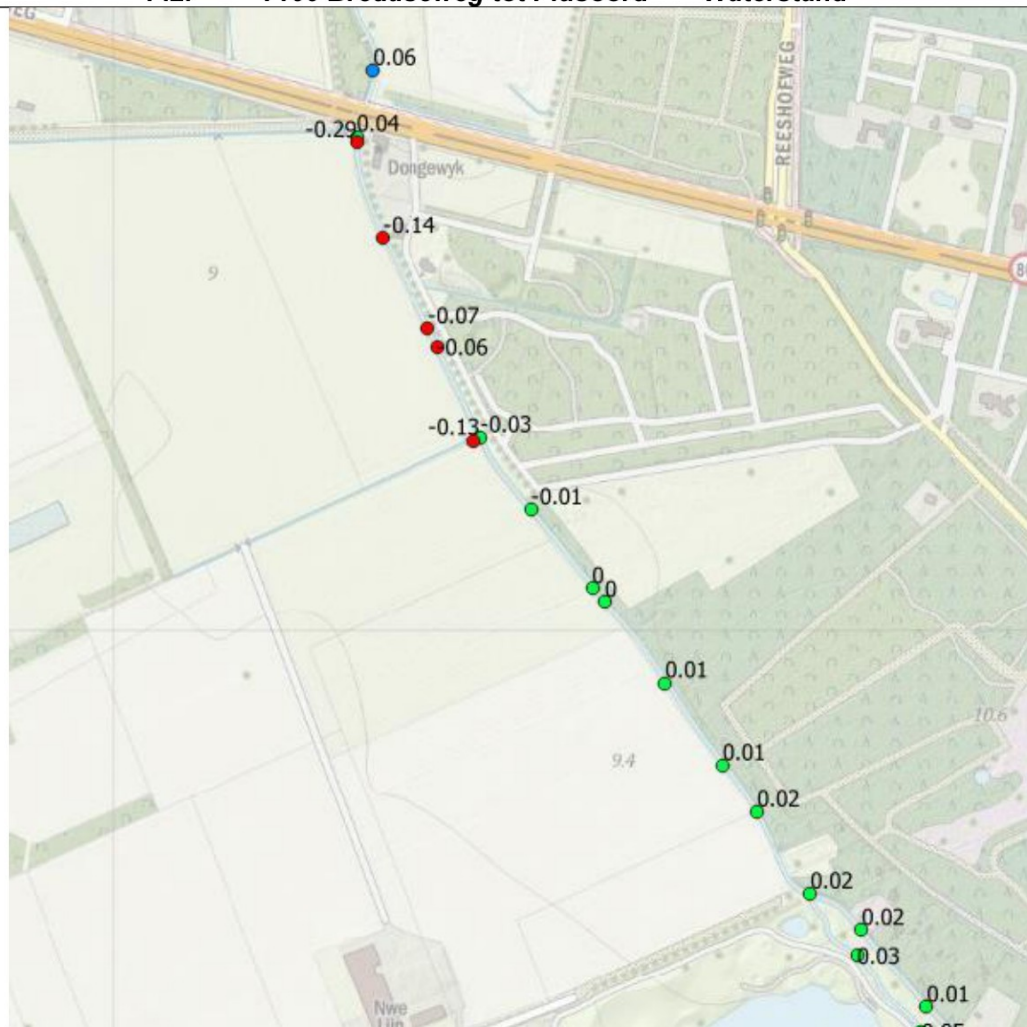
## F. T100

### F.1. T100 Koolhoven Waterstand





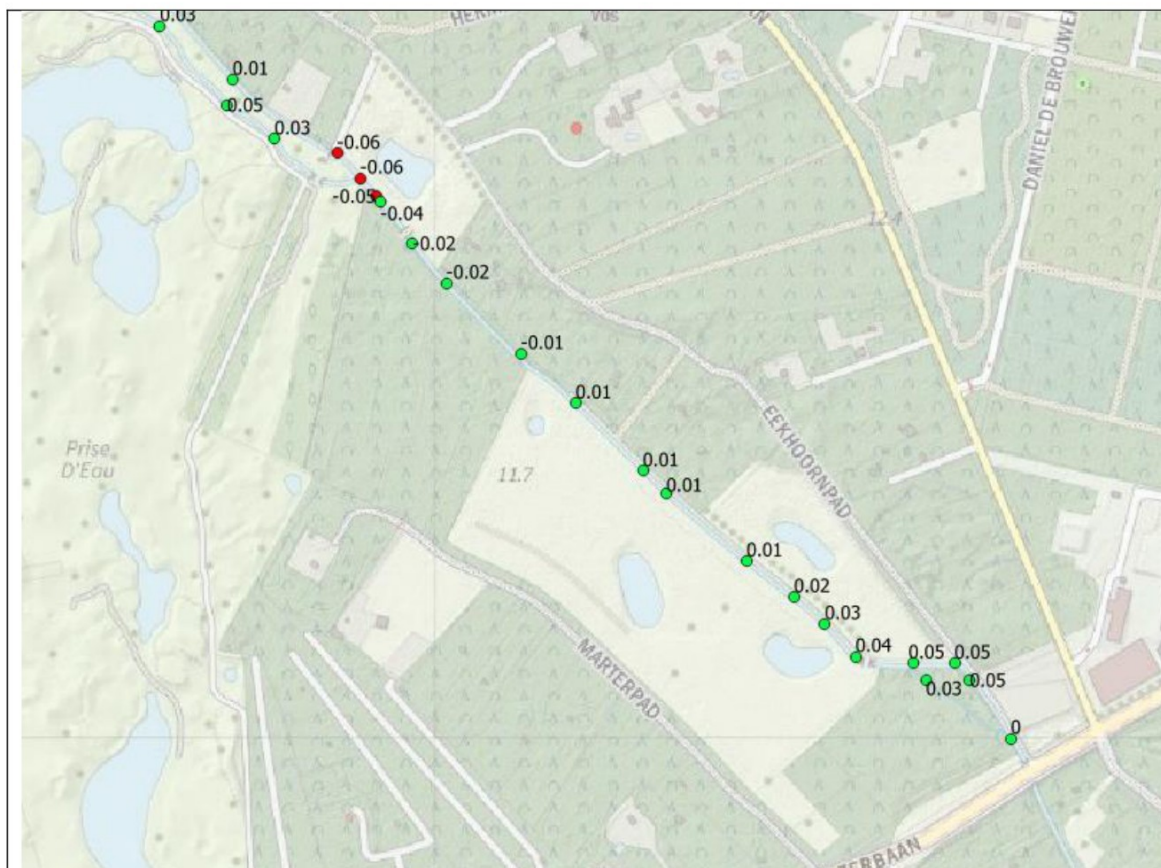
**F.2. T100 Bredaseweg tot Piusoord Waterstand**



level (difference)

- < -0.05
- -0.05 - 0.05
- > 0.05

**F.3. T100 Tussen de vistrappen Waterstand**



level (difference)

- < -0.05
- -0.05 - 0.05
- > 0.05



Waarderweg 40  
2031 BP Haarlem  
Nederland

Pettelaarpark 10-15  
5216 PD 's-Hertogenbosch  
Nederland

Nevelgaarde 10  
3436 ZZ Nieuwegein  
Nederland

**iv-Infra b.v.**  
Trapezium 322  
3364 DL Sliedrecht  
Nederland

Telefoon +31 88 943 3200

Trompstraat 36a  
9190 Stekene  
België

Westervoortsedijk 73  
Gebouw CB  
6827 AV Arnhem  
Nederland

Postbus 135  
3360 AC Sliedrecht  
[www.iv-infra.nl](http://www.iv-infra.nl)