



# Geohydrologisch onderzoek en hydrologisch ontwerp waterberging Ossehaar

18 mei 2021

## Verantwoording

|                        |                                                                                                  |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titel</b>           | Geohydrologisch onderzoek en hydrologisch ontwerp waterberging<br>Ossehaar                       |
| <b>Opdrachtgever</b>   | Waterschap Vechtstromen                                                                          |
| <b>Projectleider</b>   | Jacob Harke                                                                                      |
| <b>Auteur(s)</b>       | Eric Ebbers, Marian Koskamp, Tim van Dam, (TAUW bv), Eric van Dijk<br>(Van Dijk Hydroconsultant) |
| <b>Tweede lezer</b>    | Jeroen Lamfers                                                                                   |
| <b>Projectnummer</b>   | 1277770                                                                                          |
| <b>Aantal pagina's</b> | 58                                                                                               |
| <b>Datum</b>           | 18 mei 2021                                                                                      |
| <b>Handtekening</b>    | Ontbreekt in verband met digitale verwerking.<br>Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.         |

## Colofon

TAUW bv  
W.A. Scholtenstraat 3a  
Postbus 722  
9400 AS Assen  
T +31 59 23 91 30 0  
E [info.assen@tauw.com](mailto:info.assen@tauw.com)

## Inhoud

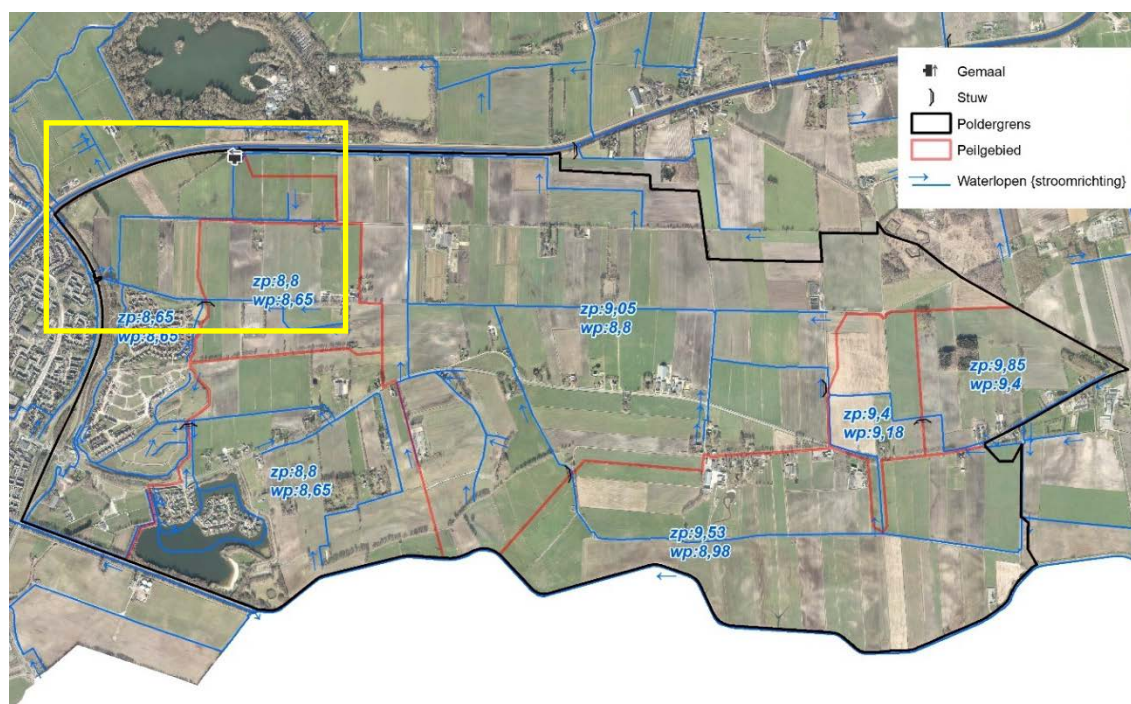
|            |                                              |    |
|------------|----------------------------------------------|----|
| 1          | Inleiding .....                              | 4  |
| 1.1        | Aanleiding .....                             | 4  |
| 1.2        | Doel .....                                   | 5  |
| 1.3        | Aanpak .....                                 | 5  |
| 1.4        | Leeswijzer .....                             | 6  |
| 2          | Huidige situatie .....                       | 6  |
| 2.1        | Oppervlaktewatersysteem en landgebruik ..... | 6  |
| 2.2        | Maaiveldhoogten .....                        | 6  |
| 2.3        | Bodemopbouw .....                            | 7  |
| 2.4        | Grondwatersysteem .....                      | 7  |
| 2.4.1      | Grondwatermodel MIPWA .....                  | 7  |
| 2.4.2      | Peilbuismetingen .....                       | 8  |
| 3          | Samenvatting deelonderzoeken .....           | 10 |
| 3.1        | Geohydrologisch onderzoek .....              | 10 |
| 3.2        | Hydrologisch ontwerp .....                   | 11 |
| 4          | Literatuurlijst .....                        | 14 |
| Bijlage 1  | Kaarten .....                                | 15 |
| Bijlage 2  | Peilbuisgegevens .....                       | 20 |
| Bijlage 3  | Notitie geohydrologische effecten .....      | 25 |
| Bijlage 4  | Notitie hydrologisch ontwerp .....           | 38 |
| Bijlage 1: | Bepaling maatgevende afvoer .....            | 56 |
| Bijlage 2: | Dimensionering toekomstige waterloop .....   | 57 |

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van de wateroverlast in het najaar van 1998 is uitgebreid onderzoek gedaan naar de hoogwaterproblematiek rondom Coevorden. Beleidsmatig zijn verschillende oplossingsrichtingen afgewogen en gebieden aangewezen die ingericht kunnen worden als waterberging voor wateroverlast in Coevorden vanuit het Stieltjeskanaal. Eén van die gebieden is een gebied van ruim 60 ha in een bemalen peilgebied in het noordwesten van de Polder Ossehaar, begrensd door het Stieltjeskanaal ten noorden, de provinciale rondweg N382 ten westen, de woonwijk Ossehaar ten zuiden en de Ossehaarseweg ten oosten (zie figuur 1.1).

Uit de Herijking Wateropgave Vechtstromen Noord (2015) en de NBW-toetsing Vechtstromen Noord (2020) is gebleken dat het plangebied Ossehaar goede mogelijkheden biedt om in perioden van extreme neerslag het teveel aan water tijdelijk te bergen. Hiermee kan worden voorkomen dat via het Stieltjeskanaal teveel water Coevorden instroomt en dat voor de inwoners en de bedrijven problemen gaan ontstaan met wateroverlast. Het concrete doel van de noodberging is dan ook het aftoppen van een T=100 hoogwatergolf tot maximaal 10,40 m+NAP ter hoogte van Ossehaar door water vanuit het Stieltjeskanaal (streefpeil: 9,10 m+NAP) in te laten als de waterstand 10,30 m +NAP passeert. De totale berging van piekberging Ossehaar bedraagt circa 400.000 m<sup>3</sup>.



Figuur 1.1 Huidig watersysteem van de Polder Ossehaar, geel omkaderd de beoogde locatie van de berging

## 1.2 Doel

Om de noodberging in te richten zal het watersysteem aangepast moeten worden en anders gaan functioneren dan in de huidige situatie. Verder zal als gevolg van een bergingsinzet de kwelflux in het gebied toenemen.

In 2009 is er reeds een voorlopig ontwerp uitgewerkt (Grontmij, 2009a), waarbij er aanvullend geohydrologisch onderzoek is verricht en berekeningen zijn gedaan om de invloed van de waterberging op de grondwaterstand en kwel in de omgeving in kaart te brengen.

Nu, ruim tien jaar later, is het voorlopig ontwerp herzien en zijn een aantal uitgangspunten gewijzigd. De effecten van het aangepaste ontwerp, zowel in een reguliere situatie als tijdens de inzet van de berging zijn in voorliggend rapport onderzocht en er zijn maatregelen gedefinieerd om de effecten te mitigeren. Het document is daarmee geschikt als basis en onderbouwing voor het Projectplan 'Waterwet'.

## 1.3 Aanpak

In voorliggend onderzoek is onderscheid gemaakt tussen twee onderzoeksporen, te weten:

- De geohydrologische effecten van het nieuwe watersysteem in de twee verschillende situaties. Het VO (Grontmij, 2009a) en het bijbehorende geohydrologische onderzoek (Grontmij, 2009b) vormen daarbij het vertrekpunt. De onderzoeksobjecten zijn (zie kaart 1 in bijlage 1):
  - o De woonwijk Ossehaar, ten zuiden van het bergingsgebied
  - o De losse percelen Ossehaarseweg 1, 3 en 5 en Stieltjeskanaal 15
  - o Het landbouwgebied, grenzend aan het bergingsgebied, waar een streefpeilwijziging wordt doorgevoerd (zuid 1,2,3 en noord 1,2)
- Het aangepaste hydrologisch ontwerp van het watersysteem op basis van het VO, aangepaste uitgangspunten en het bovenstaande geohydrologisch onderzoek

Omdat het één watersysteem betreft staan beide onderzoeken niet los van elkaar. Waar nodig zijn resultaten met elkaar geïntegreerd.

In het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

- Wat is het effect van de nieuwe systeeminrichting op GxG's en kwel in de omgeving?
- Wat is het geohydrologische effect van de retentie-inzet op GxG's en kwel in de omgeving?
- In welke mate zorgen de geohydrologische effecten in de nieuwe referentie situatie en in het scenario voor knelpunten (landbouw en bebouwing)?
- In welke mate dienen de knelpunten gemitigeerd te worden en op welke manier?
- Hoe moet het watersysteem er rondom het retentiegebied eruit komen te zien gelet op de maatgevende afvoer?
- Hoe moet het watersysteem er in het retentiegebied uit komen te zien? Hoe kan het gebied zo optimaal mogelijk worden geledigd?

## 1.4 Leeswijzer

De huidige situatie van het gebied is omschreven in hoofdstuk 2. Kaarten en peilbuislocaties/-metingen zijn opgenomen in respectievelijk bijlagen 1 en 2. Het geohydrologisch onderzoek en het hydrologisch ontwerp, beiden met ontwerpuitgangspunten, zijn opgenomen in respectievelijk bijlagen 3 en 4. In hoofdstuk 3 is een samenvatting opgenomen van beide notities.

# 2 Huidige situatie

## 2.1 Oppervlaktewatersysteem en landgebruik

De Polder Ossehaar (zie figuur 1.1) ligt ten oosten van de stad Coevorden en heeft een oppervlak van ruim 1.000 ha. De polder bestaat uit zeven peilgebieden die middels stuwen afvoeren naar een bemalen peilgebied met een jaarrond streefpeil van 8,65 m +NAP en een gemaalcapaciteit van 70 m³/min. Het landgebruik is voornamelijk agrarisch (grasland en akkerbouw) met in het westen van de polder een gedeelte nieuwbouw van Coevorden. De streefpeilen en de ligging van de huidige peilgebiedsgrenzen zijn opgenomen in figuur 1.1. Ten behoeve van het doorspoelen van watergangen en vijvers in de woonwijk Ossehaar zit er een inlaatduiker vanuit Binnenvree onder de rondweg in de zuidwesthoek van het gebied.

## 2.2 Maaiveldhoogten

De maaiveldhoogte van het gehele plangebied varieert tussen de 9,0 en 11,5 m +NAP (met uitzondering van een aantal hoge grondlichamen rondom de wijk Ossehaar). De relevante hoogten ten aanzien van woonwijk, percelen en het landbouwgebied zijn opgenomen in tabel 2.1. In bijlage 1 is een uitsnede opgenomen van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3).

Tabel 2.1 Relevante hoogten

|                        | Maaiveld<br>[m NAP] | Vloerpeil<br>[m NAP] | Drempel<br>[m NAP] | Keldervloer<br>[m NAP] | Overig<br>[m NAP]          |
|------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------------|----------------------------|
| Wijk Ossehaar          | 9,6 tot 10,1        | 10,05*               | onbekend           | onbekend               | 9,8 (weghoogte)            |
| Ossehaarseweg 1        | 11,2                | onbekend             | 11,25              | 10,0                   | n.v.t.                     |
| Ossehaarseweg 3        | 10,5                | 11,1                 | onbekend           | 9,06                   | 10,8<br>(ventilatiepijpen) |
| Ossehaarseweg 5        | 10,3                | onbekend             | onbekend           | onbekend               | n.v.t.                     |
| Stieltjeskanaal 15     | 11,0                | onbekend             | onbekend           | onbekend               | n.v.t.                     |
| Landbouwgebied zuid 1  | 9,5 tot 9,6         | n.v.t.               | n.v.t.             | n.v.t.                 | n.v.t.                     |
| Landbouwgebied zuid 2  | 9,5 tot 9,8         | n.v.t.               | n.v.t.             | n.v.t.                 | n.v.t.                     |
| Landbouwgebied zuid 3  | 9,8 tot 10,7        | n.v.t.               | n.v.t.             | n.v.t.                 | n.v.t.                     |
| Landbouwgebied noord 1 | 9,5 tot 9,6         | n.v.t.               | n.v.t.             | n.v.t.                 | n.v.t.                     |
| Landbouwgebied noord 2 | 9,8 tot 10,5        | n.v.t.               | n.v.t.             | n.v.t.                 | n.v.t.                     |

\* Sommige woningen liggen in praktijk lager of hoger (Grontmij, 2009a)

## 2.3 Bodemopbouw

De bodem binnen het plangebied bestaat voornamelijk uit zand tot een diepte van circa 90 m -NAP. De regionale bodemopbouw volgens REGIS II (v.2.2), tot een diepte van circa 10 m -NAP, is weergegeven in bijlage 1. Onder de Holocene deklaag, waarin sporadisch veenlagen kunnen voorkomen, komt verspreid in het gebied keileem voor uit de formatie van Drente. Op basis van uitgevoerde boringen en sonderingen is meer bekend over verbreiding ervan (Grontmij, 2009b). De informatie is samengevat in tabel 2.2. De formatie van Bostel en Peelo bestaan voornamelijk uit fijn zand.

Tabel 2.2: Boorbeschrijvingen

|                        | Boring                     | Boordiepte<br>[m -mv] | Samenstelling                                                                                                                                       |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wijk Ossehaar          | seepw8 en seepw9           | 5,0                   | Matig fijn tot zeer grof zand. Keileem van circa 2,0 tot 2,9 m -mv. Geen keileem tussen de wijk en het bergingsgebied                               |
| Ossehaarseweg 1        | D                          | 5,0                   | Matig fijn tot matig grof zand. Veen van 1,5 tot 2,0 m -mv                                                                                          |
| Ossehaarseweg 3        | E                          | 5,9                   | Zeef fijn tot matig grof zand. Keileem van circa 3,8 tot 4,4 m -mv                                                                                  |
| Ossehaarseweg 5        | F                          | 5,5                   | Matig fijn tot matig grof zand. Keileem van circa 3,0 tot 4,2 m -mv                                                                                 |
| Stieltjeskanaal 15     | BHR000000086803*           | 1,5                   | Zand tot 1,5 m -mv                                                                                                                                  |
| Landbouwgebied zuid 1  | seepw 16                   | 5,0                   | Matig fijn tot matig grof zand. Keileem 0,9 tot 1,6 m -mv                                                                                           |
| Landbouwgebied zuid 2  | seepw17, seepw18 en seepw4 | 5,0                   | Matig fijn tot zeer grof zand. Veenlaagje rond 0,5 m -mv en keileem 1,7 tot 2,4 m -mv (seepw18) en 2,0 tot 3,1 m -mv (seepw4). Geen keileem seepw17 |
| Landbouwgebied zuid 3  | seepw 17, 18 en 4          | 5,0                   | Matig fijn tot zeer grof zand. Veenlaagje rond 0,5 m -mv en keileem 1,7 tot 2,4 m -mv (seepw18) en 2,0 tot 3,1 m -mv (seepw4). Geen keileem seepw17 |
| Landbouwgebied noord 1 | Seepw 24                   | 5,0                   | Zeef fijn tot zeer grof zand                                                                                                                        |
| Landbouwgebied noord 2 | Seepw 23                   | 5,5                   | Zeef fijn tot matig grof zand. Keileem van 3,1 tot 4,3 m -mv                                                                                        |

\* DINOlaket

## 2.4 Grondwatersysteem

### 2.4.1 Grondwatermodel MIPWA

De resultaten uit grondwatermodel MIPWA 3.0 (laag 1) geven een indicatie van de stijghoogten in het eerste watervoerende pakket. In kaarten 4 en 5 in bijlage 1 zijn respectievelijk de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) weergegeven. De relevante hoogten ten aanzien van woonwijk, percelen en het landbouwgebied zijn opgenomen in tabel 2.3.



Tabel 2.3 Relevante GHG en GLG

|                        | GHG<br>[m NAP] | GLG<br>[m NAP] | Maaiveld<br>[m NAP] | GHG<br>[m -mv] | GLG<br>[m -mv] |
|------------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|
| Wijk Ossehaar          | 9,0            | 8,7            | 9,6 tot 10,1        | 0,6 tot 1,1    | 1 tot 1,5      |
| Ossehaarseweg 1        | 8,9            | 8,6            | 11,2                | 2,3            | 2,6            |
| Ossehaarseweg 3        | 9,0            | 8,7            | 11,2                | 2,2            | 2,5            |
| Ossehaarseweg 5        | 9,0            | 8,7            | 10,5                | 1,5            | 1,8            |
| Stieltjeskanaal 15     | 8,9*           | 8,8*           | 11,0                | 2,1            | 2,2            |
| Landbouwgebied zuid 1  | 8,9            | 8,6            | 9,5 tot 9,6         | 0,6 tot 0,7    | 0,9 tot 1,0    |
| Landbouwgebied zuid 2  | 9,0            | 8,6            | 9,5 tot 9,8         | 0,5 tot 0,8    | 0,9 tot 1,2    |
| Landbouwgebied zuid 3  | 9,0            | 8,7            | 9,8 tot 10,7        | 0,8 tot 1,7    | 1,1 tot 2,0    |
| Landbouwgebied noord 1 | 8,9            | 8,7            | 9,5 tot 9,6         | 0,6 tot 0,7    | 0,8 tot 0,9    |
| Landbouwgebied noord 2 | 8,9            | 8,8            | 9,8 tot 10,5        | 0,9 tot 1,6    | 1,0 tot 1,7    |

\* Ligt direct naast hoofdwatgang en naar verwachting daardoor sterk beïnvloed door peil hoofdwatgang

## 2.4.2 Peilbuismetingen

### Wijk Ossehaar

Centraal in het noordelijke deel van woonwijk Ossehaar ligt peilbuislocatie B22E0594 (zie bijlage 2, figuur 1). De grondwaterstand is er op twee dieptes gemeten, te weten boven en onder een ondiepe keileemlaag. De keileemlaag bevindt zich op een diepte van 1,95 tot 2,85 m -mv. Dit meetpunt is bemeaten in de periode juli 2009 tot september 2013. De gemeten grondwaterstanden zijn in figuur 2 in bijlage 2 weergegeven.

Uit de meting blijkt dat de keileemlaag zorgt voor een stagnatie van infiltrerend hemelwater en daarmee voor hoge grondwaterstanden. In perioden met veel neerslag stijgt de freatische grondwaterstand tot circa 9,7 m +NAP (0,1 meter onder de wegen en 0,3 meter onder de woningen). De stijghoogte in het pakket onder de keileemlaag stijgt op die momenten niet verder dan 9,1 m +NAP (0,7 meter onder de wegen en 1,0 meter onder de woningen). Deze waarden komen goed overeen met GxG's uit het MIPWA-model. Uitgaande van een keileemlaag in een groot deel van deze wijk zijn deze hoge freatische grondwaterstanden ook in de rest van de wijk te verwachten.

In de meetperiode (2009 t/m 2013) is een gemiddelde hoeveelheid neerslag gevallen in deze omgeving (KNMI neerslagstation Emmen). Verwacht wordt dat de stijghoogte in extreme situaties met circa 0,5 meter stijgt (Grontmij, 2009b). De stijghoogte bedraagt dan circa 9,6 m NAP. Als gevolg van de keileem liggen de freatische grondwaterstanden dan tegen het maaiveld.

### Ossehaarseweg 1

Op het perceel van Ossehaarseweg 1 is in 2009 peilbuis B22E0589 geplaatst (zie bijlage 2, figuur 3). Dit meetpunt is bemeaten in de periode juli 2009 tot september 2013. De grondwaterstand werd op twee dieptes gemeten: boven en onder een ondiepe veenlaag. De veenlaag bevindt zich op een diepte van 8,85 tot 9,20 m +NAP. In bijlage 2 (figuur 4) zijn de gemeten grondwaterstanden weergegeven.



Uit de metingen volgt dat het filter 1 in een groot gedeelte van het jaar droog staat; alleen in perioden met veel neerslag is een stijghoogte gemeten in het ondiepe filter. Hieruit blijkt dat bij grote neerslaghoeveelheden de veenlaag verstorend werkt; geïnfiltreerd hemelwater stagneert tijdelijk op de veenlaag. Deze tijdelijke hoge grondwaterstand kan jaarlijks optreden. In de bemeten periode is de grondwaterstand onder het niveau van de keldervloer gebleven. De werkelijke GHG en GLG lijken in praktijk 1 à 2 decimeter hoger te liggen dan die berekend zijn met MIPWA 3.0.

#### *Ossehaarseweg 3*

Ten oosten van perceel Ossehaarseweg 3 is in 2009 peilbuislocatie B22E0590 ingericht (zie bijlage 2, figuur 5). Ter hoogte van de peilbuis bevindt zich op een diepte 6,40 tot 7,00 m +NAP een keileemlaag. Deze laag is ook bij boringen in de directe omgeving aangetroffen (boringen uitgevoerd door Grontmij (Grontmij, 2009b)). De hoogteligging en dikte van de laag is variabel. Peilbuis B22E0590 bestaat uit twee filters. Filter 1 is boven de keileemlaag geplaatst; filter 2 is onder de keileemlaag geplaatst. De peilbuis is bemeten in de periode juli 2009 tot september 2013. In bijlage 2 (figuur 6) zijn de gemeten grondwaterstanden weergegeven.

Uit de metingen blijkt dat in perioden met veel neerslag de freatische grondwaterstand (filter 1) sterker stijgt dan de stijghoogte in het pakket onder de keileemlaag (filter 2). De freatische grondwaterstand was in de bemeten periode regelmatig hoger dan de bodemhoogte van de kelder. De werkelijke GHG lijkt in praktijk 1 à 2 decimeter hoger te liggen dan berekend met MIPWA 3.0.

#### *Ossehaarseweg 5*

In 2009 is nabij perceel Ossehaarseweg 5 een peilbuislocatie B22E0591 ingericht (zie bijlage 2, figuur 7). Ter hoogte van de peilbuis bevindt de keileemlaag zich op een diepte van 6,00 tot 7,20 m NAP. De grondwaterstand is over een periode van ruim 1 jaar (juli 2009 t/m september 2010) op twee dieptes bemeten: boven en onder de ondiepe keileemlaag. In bijlage 2 (figuur 8) zijn de gemeten grondwaterstanden weergegeven.

Volgens de metingen is de stijghoogte in het pakket onder de keileemlaag jaarrond hoger dan de freatische grondwaterstand. Gezien de ligging van locatie B22E0591 en het beeld dat bij andere metingen naar voren komt, is dit niet aannemelijk en zou de freatische grondwaterstand hoger uitkomen. De oorzaak hiervan is niet bekend. Mogelijk zijn de buizen verkeerd om gelabeld. In tegenstelling tot de andere peilbuizen in het gebied komen de patronen van beiden grafieken nagenoeg overeen. De vorm is vrijwel identiek. Dit betekent dat ter hoogte van Ossehaarseweg 5 de ondiepe keileemlaag een geringe invloed heeft op de freatische grondwaterstand. Dit resulteert in minder hoge grondwaterstandstijgingen in periodes met veel neerslag. Mogelijk speelt de nabijheid van de primaire watergang een rol. Gezien de onzekerheid van de meetwaarden kan geen vergelijking worden gemaakt met de gegevens uit het regionale model. In vergelijking met andere peilbuismeting is de verwachting dat de werkelijke GHG lijkt in praktijk 1 à 2 decimeter hoger ligt dan berekend met MIPWA 3.0.

*Stieltjeskanaal 15*

In de directe nabijheid van perceel Stieltjeskanaal 15 bevinden zich geen peilbuizen. Het perceel ligt direct naast een primaire watergang met een zomer- en winterpeil van respectievelijk 9,05 en 8,8 m +NAP. Naar verwachting wordt de grondwaterhuishouding sterk beïnvloed door het peil in de hoofdwatergang en wijken de GxG's hooguit enkele decimeters af van wat berekend is met MIPWA 3.0.

*Landbouwgebied*

In het landbouwgebied zijn geen andere peilbuismetingen verricht dan reeds gerapporteerd voor de verschillende percelen. Vooralsnog worden de GHG en GLG voor het landbouwgebied aangehouden, zoals weergegeven in tabel 2.3. Waarbij het voorkomen van keileem kan zorgen voor verhoogde grondwaterstanden in de winterperiode.

## 3 Samenvatting deelonderzoeken

### 3.1 Geohydrologisch onderzoek

*Reguliere situatie*

Ten aanzien van het functioneren van het nieuwe watersysteem zijn in een reguliere situatie (zonder inzet van de bering) de volgende effecten te verwachten:

- Het is de verwachting dat de GHG in landbouwgebied zuid 2 (zie kaart bijlage 1) circa 0,1 meter zal dalen door de aanleg van de nieuwe watergang rond de berging
- Het is de verwachting dat de GHG in het landbouwgebied noord 1 en noord 2<sup>1</sup> en rond perceel Stieltjeskanaal 15<sup>1</sup> circa 0,1 meter zal dalen door het verlagen van het winterstreefpeil
- Circa 0,1 m GLG daling wordt verwacht voor landbouwgebieden zuid 3, noord 1, noord 2<sup>1</sup> en de percelen Ossehaarseweg 3 en Stieltjeskanaal 15<sup>1</sup>
- De herinrichting heeft in de reguliere situatie geen significante invloed op de kwelflux in het gebied
- Daling van de GHG in een deel van het landbouwgebied wordt niet als knelpunt beschouwd
- Het wijzigen van de peilgrenzen leidt in de landbouwgebieden zuid 3, noord 1 en noord 2<sup>1</sup> tot een zeer beperkte toename van gewasschade
- Daling van de GLG en GHG ter hoogte van perceel Stieltjeskanaal 15<sup>1</sup> en daling van de GLG ter hoogte van perceel Ossehaarseweg 3 wordt niet als knelpunt beschouwd
- In de wijk Ossehaar treden geen significante effecten op

Gezien de zeer beperkte effecten wordt het niet noodzakelijk geacht om mitigerende maatregelen te treffen. Wel wordt aanbevolen om de grondwaterstanden in het landbouwgebied op enkele plekken te monitoren om dit te bevestigen.

---

<sup>1</sup> verplaatsing van stuw richting het westen is reeds voorzien, waardoor het effect op deze locatie komt te vervallen

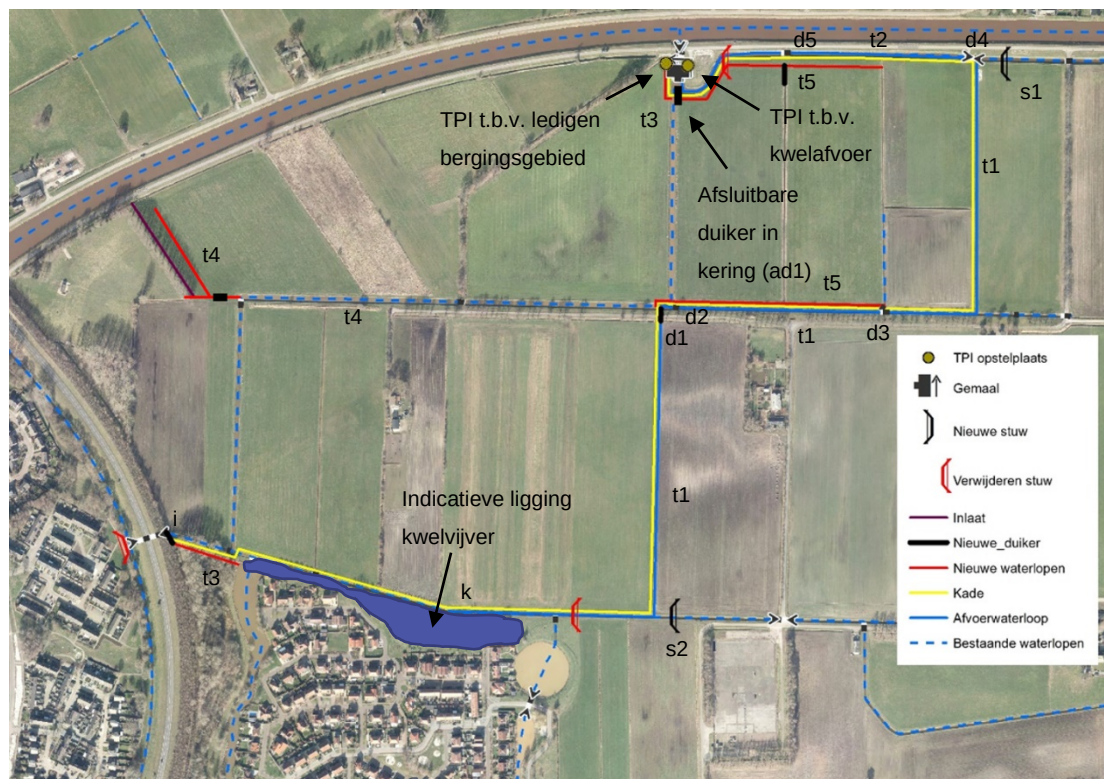
*Situatie tijdens inzet berging*

Ten aanzien van het functioneren van het nieuwe watersysteem tijdens inzet van de berging zijn de volgende effecten te verwachten:

- Uit de studie van Grontmij (Grontmij, 2009b) blijkt dat in de omgeving van de berging de grondwaterstand stijgt en kwel naar de watergangen optreedt. Het gaat om een stijging van 0,5 meter ter plaatse van de woonwijk Ossehaar en om 0,1 meter in het landbouwgebied
  - Het waterschap is voornemens het effect van de berging en daarmee de stijging van respectievelijk 0,5 en 0,1 meter volledig mitigeren
  - De combinatie van de volgende uitgangspunten/maatregelen mitigeren het effect:
    - Een peil van 10,4 m +NAP in de berging
    - Het handhaven van een polderpeil van maximaal 8,8 m +NAP in de wijk Ossehaar
    - Een kwelvijver van gemiddeld 30 meter breed, tot 6 m +NAP diep, gesitueerd tussen de berging en de woonwijk, over de hele breedte van de wijk en in open verbinding met de hoofdwatgang
    - Een hoofdwatgang rondom het retentiegebied met een diepte van 7,0 m +NAP, een bodembreedte van 1,5 meter en een talud van 1 op 1,5
    - Een gemaalcapaciteit (al dan niet door middel van een tijdelijke pompinstallatie) van 80 m<sup>3</sup>/min. De huidige capaciteit bedraagt 70 m<sup>3</sup>/min. Vanuit veiligheidsoverwegingen kan ervoor worden gekozen om extra pompcapaciteit achter de hand te houden die, wanneer het polderpeil onvoldoende laag gehouden kan worden, het water bij de wijk rechtstreeks verpompt naar de berging
  - Rond de percelen Ossehaarseweg 1, 3 en 5 zal tijdens de inzet van de berging de freatische grondwaterstand stijgen
  - De inzet van de berging zorgt voor een vernatting van het gebied. Er zijn maatregelen gedefinieerd om dit effect te mitigeren. Dit neemt niet weg dat in een dergelijke situatie het mogelijk blijft dat een deel van het landbouwgebied inundeert, zoals dat in de huidige situatie ook al kan gebeuren
  - De inzet van de berging heeft geen invloed op de GxG's, omdat de berging zeer zelden wordt ingezet
- Rond de percelen Ossehaarseweg 1, 3 en 5 zal tijdens de inzet van de berging de freatische grondwaterstand stijgen. Nader onderzoek aan de bebouwing zal moeten uitwijzen of de stijging van de freatische grondwaterstand zal leiden tot aantasting van de constructies (in verband met kelders) en welke maatregelen nodig zijn om schade te voorkomen

### 3.2 Hydrologisch ontwerp

Het ontwerp is weergegeven in figuur 3.1. De dimensionering van de verschillende onderdelen is samengevat in tabel 3.1.



Figuur 3.1 Hydrologisch ontwerp watersysteem

Tabel 3.1 Dimensionering onderdelen watersysteem

| Omschrijving                        | Codering<br>figuur<br>3.1 | Bodemhoogte<br>of b.o.k. [m<br>NAP] | Bodembreedte<br>[m]                 | Taludhelling | Afmetingen           |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------|----------------------|
| Hoofdwatgang om<br>berging          | t1                        | 7,5*                                | 1,5*                                | 1:1,5*       |                      |
| Hoofdwatgang om<br>berging          | t2                        | 7,0*                                | 3,0*                                | 1:1,5*       |                      |
| Watgang bij inlaat                  | t3                        | 7,65                                | 3,5                                 | 1:1,5        |                      |
| Hoofdwatgang binnen<br>berging      | t4                        | 7,83                                | 1,5                                 | 1:1,5        |                      |
| Overige watgangen<br>binnen berging | t5                        | Conform<br>bestaande<br>kavelsloten | Conform<br>bestaande<br>kavelsloten | 1:1,5        |                      |
| Duiker                              | d1                        | 8,0                                 |                                     |              | Rond 1000 mm         |
| Duiker                              | d2                        | 8,0                                 |                                     |              | Vierkant 1,0 x 1,0 m |
| Duiker                              | d3                        | 8,0                                 |                                     |              | Vierkant 1,0 x 1,0 m |
| Duiker                              | d4                        | 7,25                                |                                     |              | Vierkant 2,1 x 2,1 m |
| Duiker                              | d5                        | 7,25                                |                                     |              | Vierkant 2,1 x 2,1 m |
| Afsluitbare duiker                  | ad1                       | 8,25                                |                                     |              | Rond 600 mm          |

| Omschrijving      | Codering<br>figuur<br>3.1 | Bodemhoogte<br>of b.o.k. [m<br>NAP] | Bodembreedte<br>[m] | Taludhelling | Afmetingen                          |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------|-------------------------------------|
| Inlaat Binnenvree | i                         | 8,02                                |                     |              | Verlengen met 16<br>meter; rond 0,7 |
| Stuw ST02948      | s1                        |                                     |                     |              | Bestaande<br>afmetingen**           |
| Stuw ST02948      | s2                        |                                     |                     |              | Bestaande afmetingen                |
| Kwelvijver        | k                         |                                     |                     |              | Zie geohydrologisch<br>onderzoek    |

\* Op basis van maatgevende afvoer T10 plus bijbehorende kwelbelasting bij inzet van de berging

\*\* Eventueel automatiseren

Voor de werking van het watersysteem kunnen drie verschillende situaties worden onderscheiden:

- Regulier beheer, waarbij het retentiegebied onderdeel uitmaakt van de polder
- Inzet van het retentiegebied, waarbij het retentiegebied is losgekoppeld van de polder doormiddel van een afsluitbare duiker en de polder alleen maar buitenom het retentiegebied kan afvoeren naar het gemaal
- Lediging van het retentiegebied, waarbij de polder afvoert via het gemaal en het retentiegebied via een aparte (tijdelijke) pomp van minimaal 40 m<sup>3</sup>/min. De lediging van 10,4 naar 10,3 m +NAP verloopt onder vrij verval; van 10,3 naar 8,65 m +NAP via de pomp

De volgende adviezen zijn opgenomen:

- Geadviseerd wordt om de capaciteit van Gemaal Ossehaar bij de volgende renovatie uit te breiden van 70 naar 80 m<sup>3</sup>/min. Tot dat moment kan gebruik gemaakt worden van een tijdelijke pompinstallatie (TPI) met een minimale capaciteit van 8 m<sup>3</sup>/min
- Geadviseerd wordt om het oppervlaktewatersysteem modelmatig te toetsen aan de werknormen uit de NBW. Op deze manier kan getoetst worden of het toekomstige systeem ook bij kwel vanuit de berging toereikend is om NBW-knelpunten te voorkomen. Er kan dan direct ook getoetst worden of de voorgestelde wijzigingen aan het watersysteem niet leiden tot knelpunten elders
- Onder omstandigheden met grote neerslag en kweldruk vanuit het kanaal is het de verwachting dat de piekberging niet binnen zeven dagen geledigd is. Aanvullende TPI-capaciteit is dan benodigd
- Met ledigen kan gestart worden zodra de waterstand op het kanaal onder de 10,30 m +NAP raakt en zekerheid is over de dalende trend. In ieder geval mag het ledigen van de berging niet leiden tot overlast elders. Dit zal per situatie en aan de hand van het verloop van de waterstanden bepaald moeten worden. Dat kan betekenen dat enkele dagen gewacht moet worden en beschouwd moet worden of de daling doorzet voordat begonnen kan worden met ledigen.

## 4 Literatuurlijst

AHN3, Actueel Hoogtebestand Nederland 3, [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)

DINOloket, TNO, [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl)

Grontmij, 2009a, De Greeff, A.J. & H. Praamstra, Noodwaterberging Ossehaar, Inrichting van het gebied Ossehaar als noodbergingsgebied, Grontmij Nederland B.V., Assen

Grontmij, 2009b, Schunselaar, S. & B. De Greeff, Waterberging Ossehaar, Nader geohydrologisch onderzoek, Grontmij Nederland B.V., Assen

HELP-tabellen, <http://help200x.alterra.nl>

Hydrologisch handboek, Waterschap Vechtstromen, 7 juni 2019, herzien augustus 2020

MIPWA 3.0, GxG's huidige situatie, ontvangen van Waterschap Vechtstromen, d.d. 1 maart 2021

NBW-toetsing, rekenresultaten ontvangen van Waterschap Vechtstromen, d.d. 23 februari 2021

Waterbeheersingsplan Ossehaar-Weijerswold, Grontmij 17 juli 2007

## **Bijlage 1      Kaarten**

Kaart 1 Locatie bergingsgebied

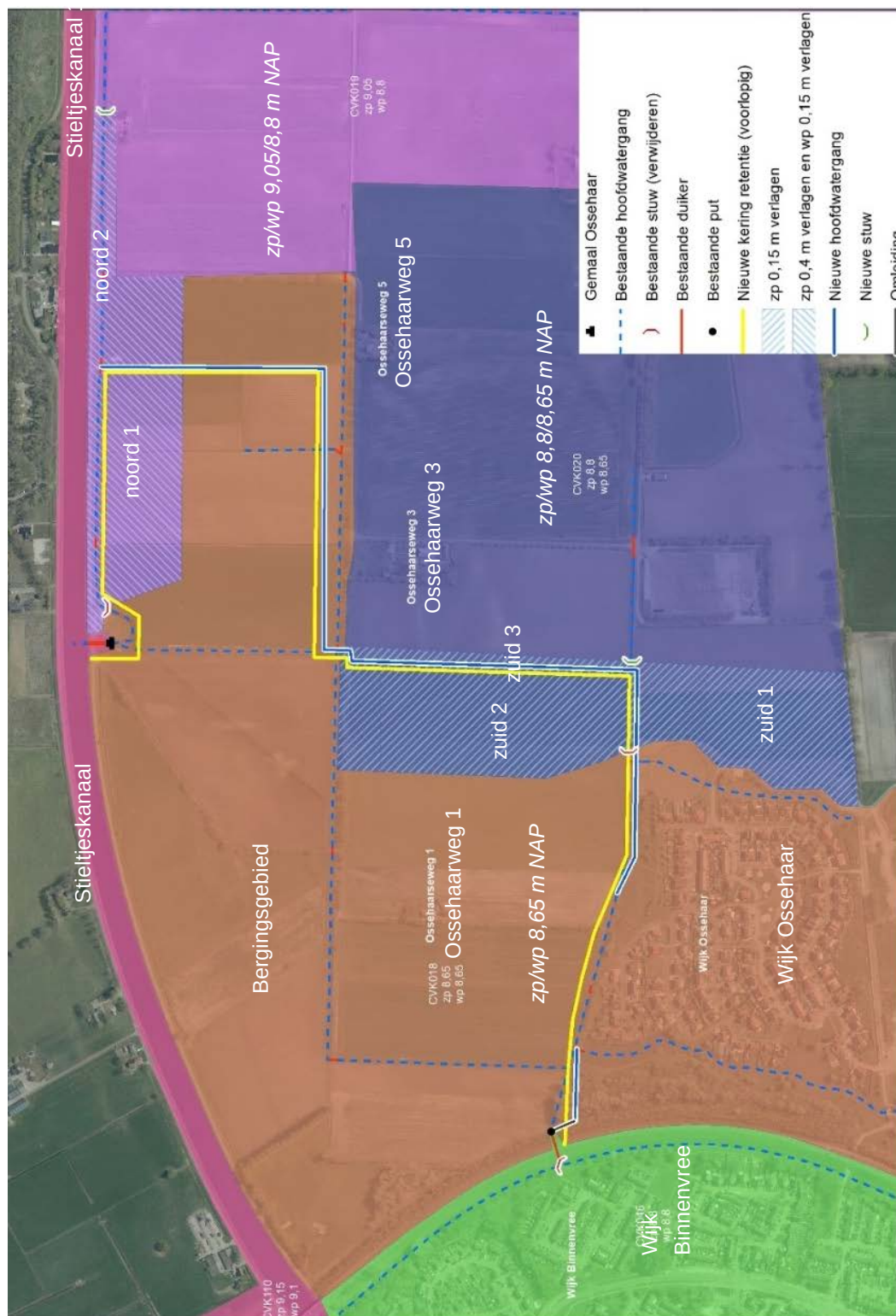
Kaart 2 Maaiveldhoogte

Kaart 3 Bodemopbouw

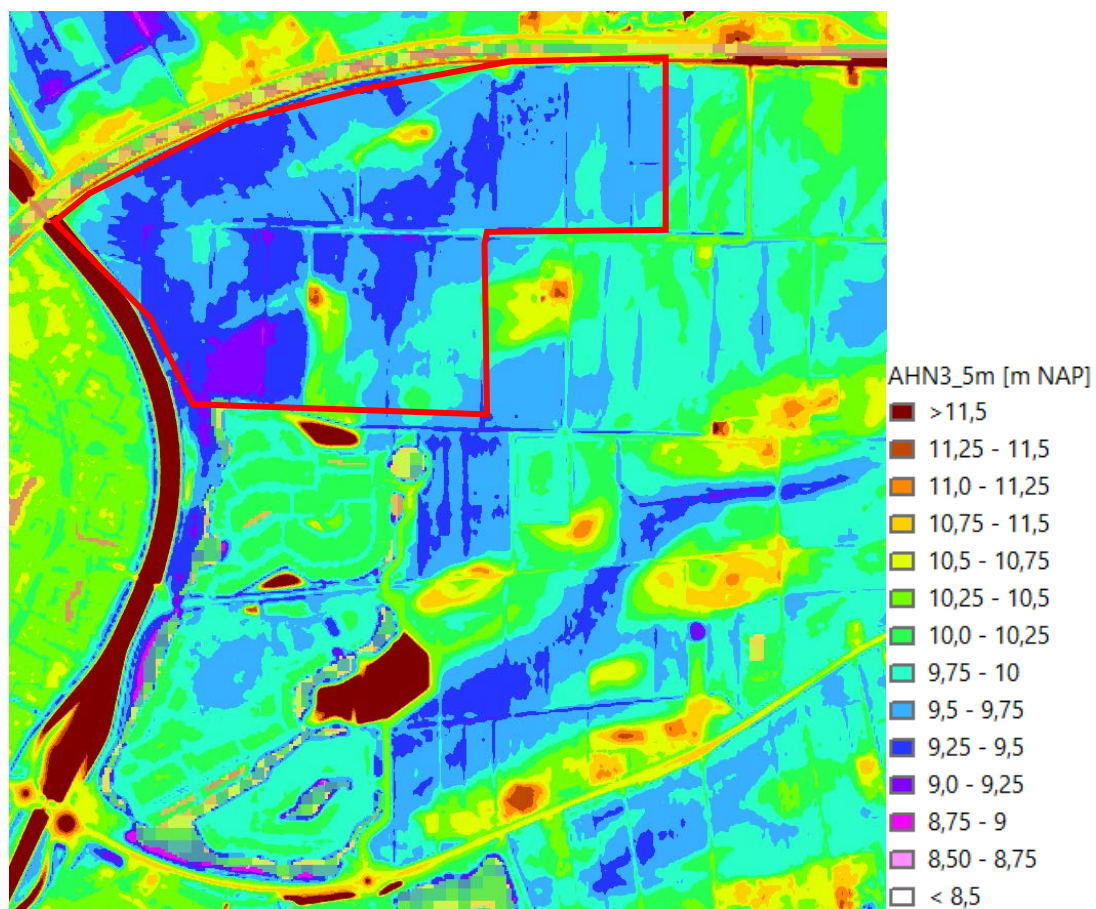
Kaart 4 GHG MIPWA 3.0

Kaart 5 GLG MIPWA 3.0

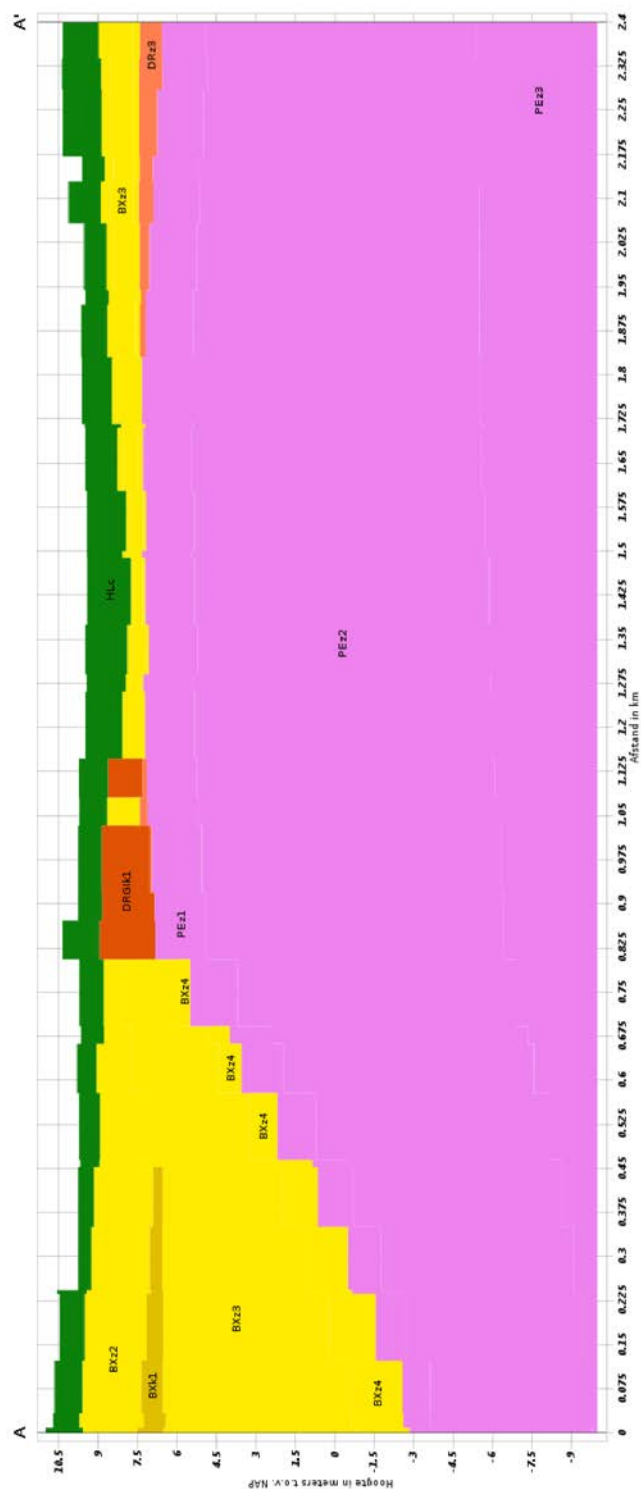




Kaart 1: Locatie van de bergingsgebied Ossehaar

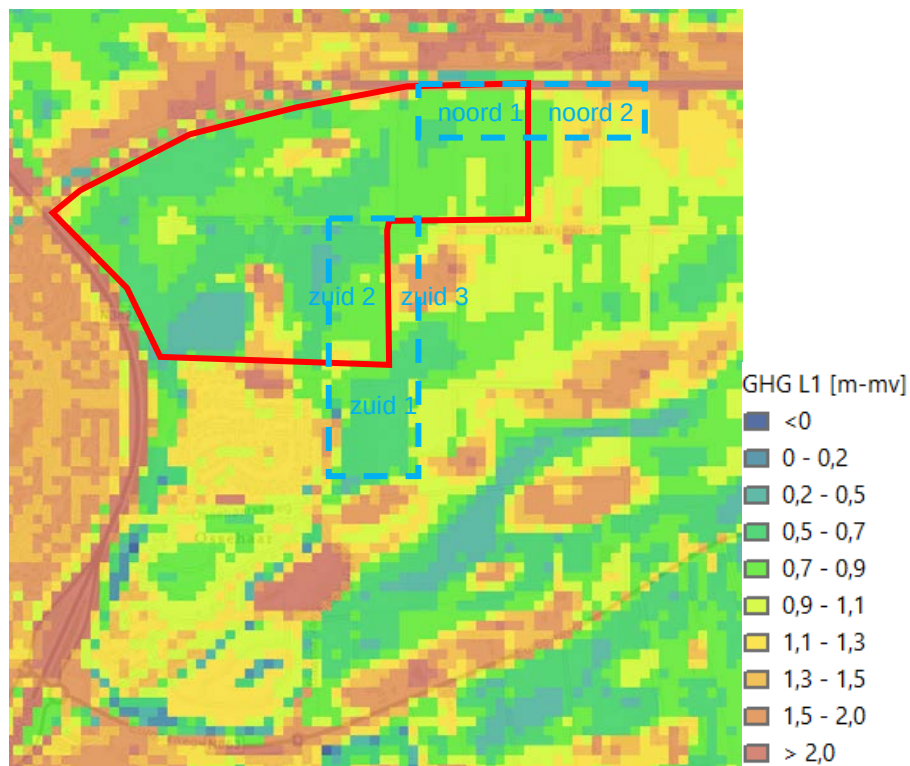


Kaart 4: Maaiveldhoogte in het plangebied op basis van AHN3 (rood kader = globale ligging bergingsgebied)

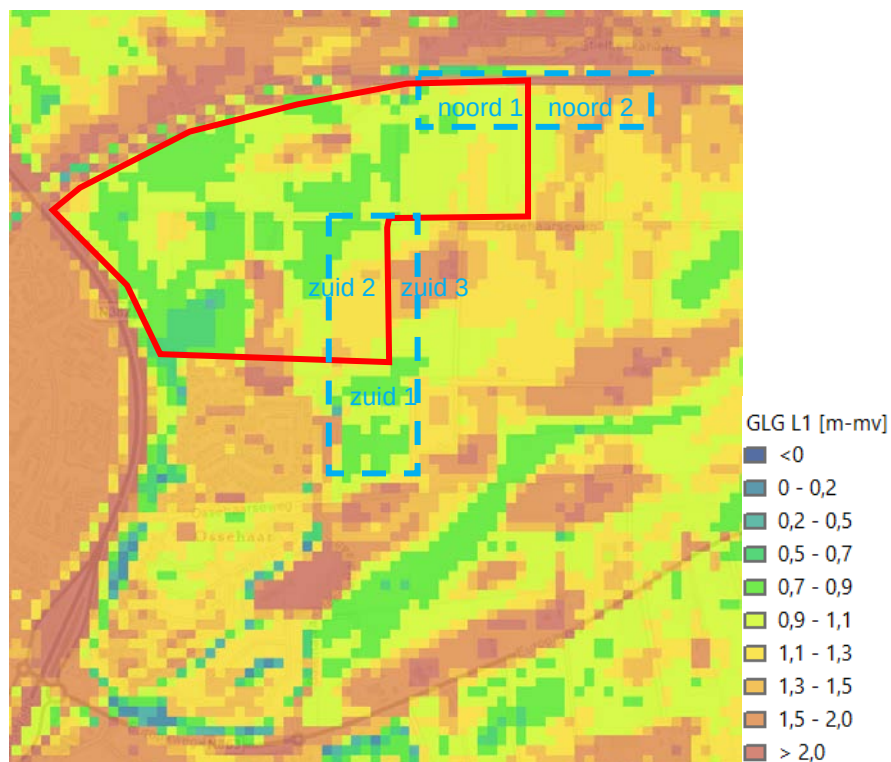


Kaart 3: Bodemopbouw in het plangebied volgens Regis II v2.2 tot een diepte van 10 m-NAP en een afstand van 2,4 km





Kaart 4: GHG in en rondom het plangebied op basis van MIPWA (rood kader = globale ligging bergingsgebied)



Kaart 5: GLG in en rondom het plangebied op basis van MIPWA (rood kader = globale ligging bergingsgebied)

## **Bijlage 2      Peilbuisgegevens**

Figuur 1: Locatie peilbuis B22E0594

Figuur 2: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0594

Figuur 3: Locatie peilbuis B22E0589

Figuur 4: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0589

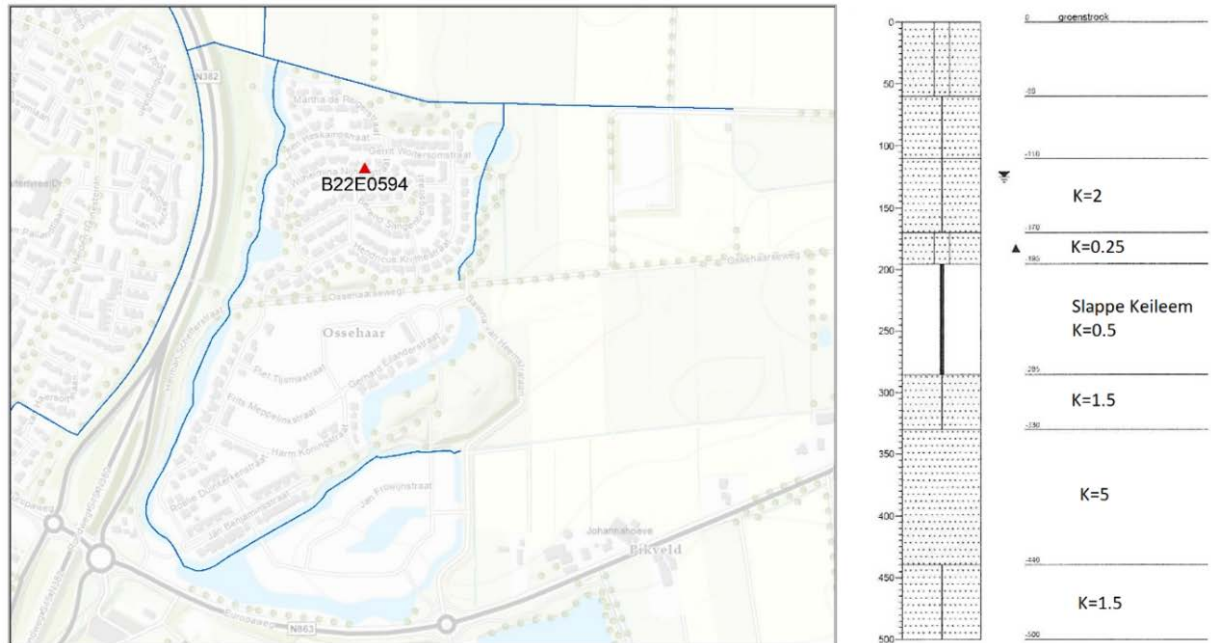
Figuur 5: Locatie peilbuis B22E0590

Figuur 6: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0590

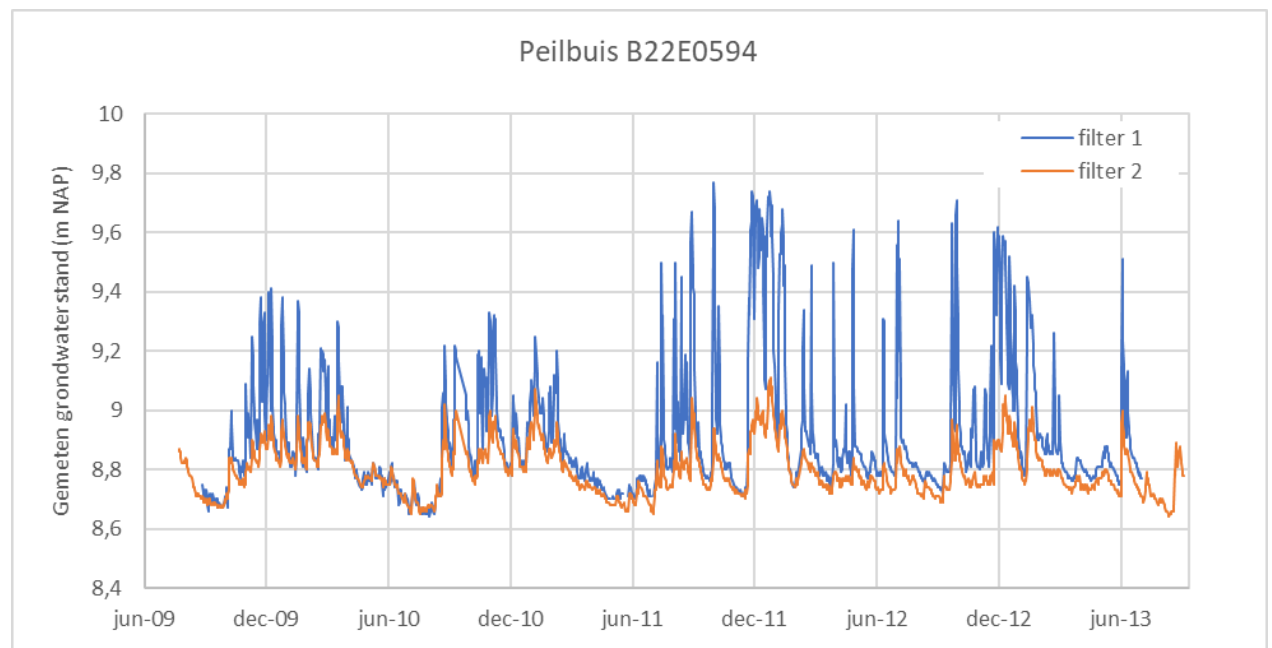
Figuur 7: Locatie peilbuis B22E0591

Figuur 8: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0591

### Peilbuis B22E0594

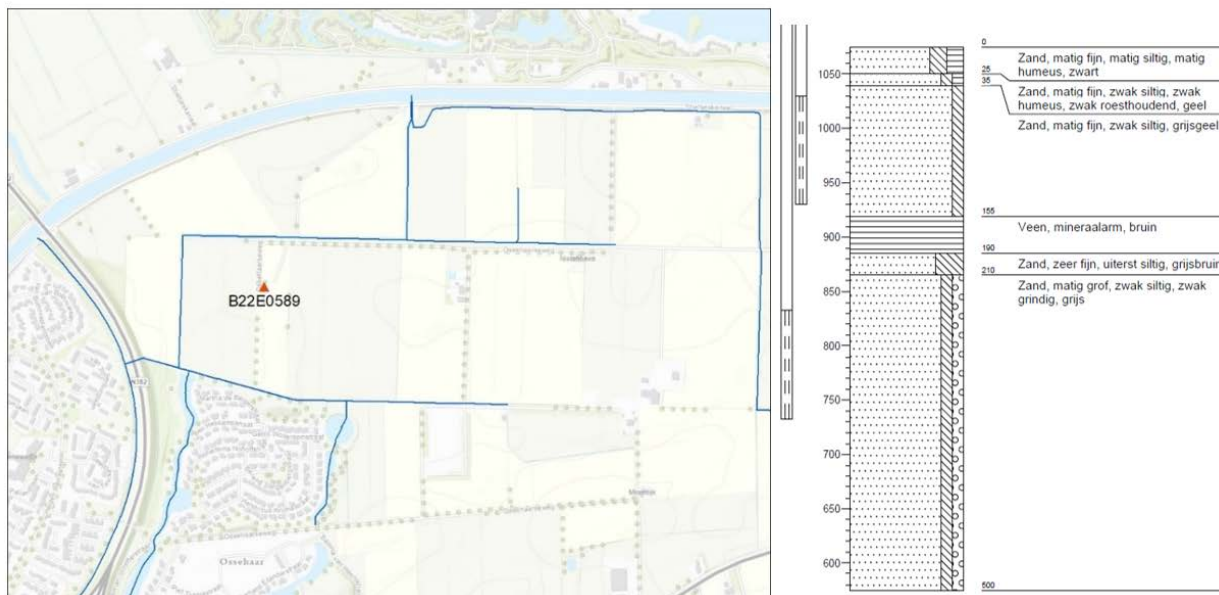


Figuur 1: Locatie van de peilbuis B22E0594 binnen de woonwijk Ossehaar (links) en de bijbehorende bodemopbouw nabij de peilbuis (rechts). De bodemopbouw is verkregen door middel van een boring die is uitgevoerd in 2009 (Boring seepw8, zie Schunselaar en De Greeff (2009))

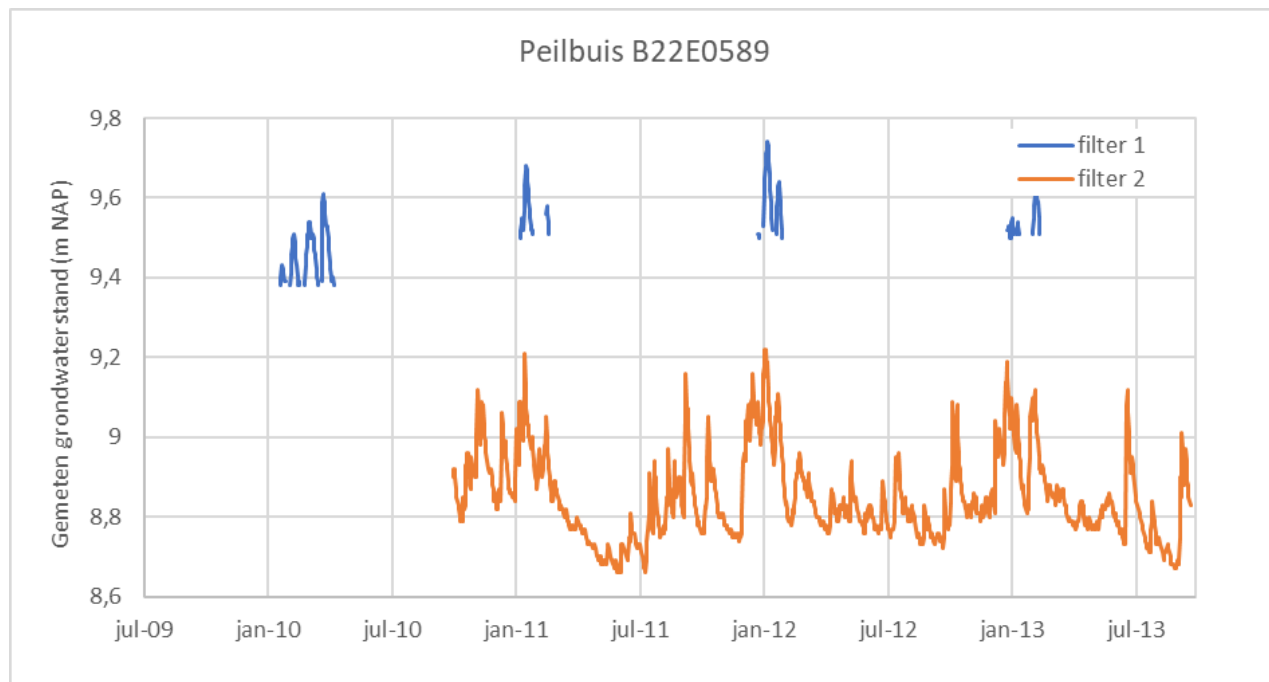


Figuur 4: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0594. Filter 1 (filter 8,7 tot 9,7 m NAP, blauwe lijn) bevindt zich boven de ondiepe keileemlaag en filter 2 (filter 5,23 tot 6,23 m NAP oranje lijn) bevindt zich onder de keileemlaag.

### Peilbuis B22E0589



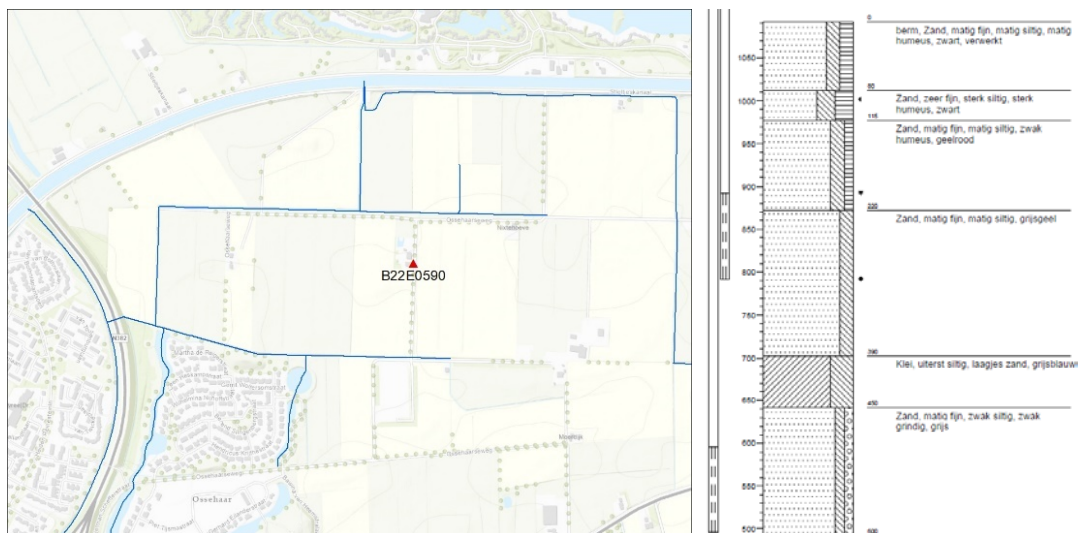
Figuur 3: Locatie van peilbuis B22E0589 op het perceel van Ossehaarseweg 1 (links) en de bodemopbouw ter hoogte van de peilbuis en filterdieptes van de peilbuis (rechts). De bodemopbouw is verkregen door middel van een boring die is uitgevoerd in 2009 (Boring D, zie Schunselaar en De Greeff (2009)).



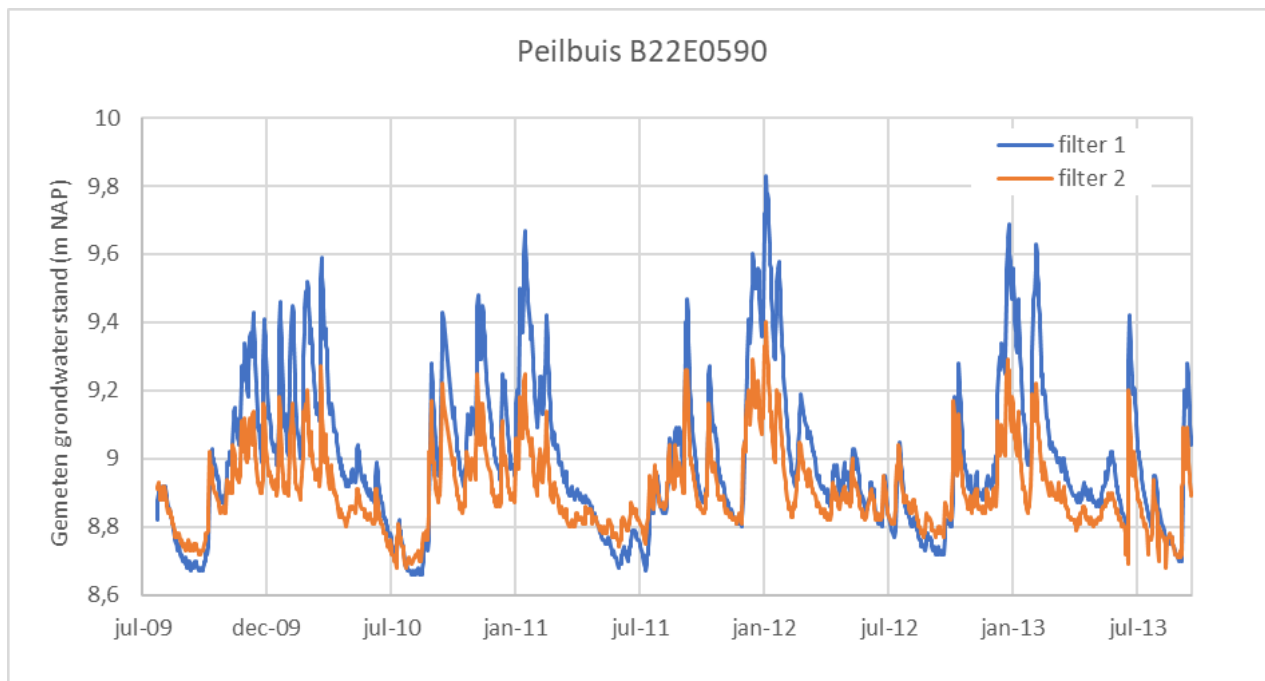
Figuur 4: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0589 ter hoogte van perceel Ossehaarseweg 1. Filter 1 (9,20 tot 10,20 m NAP, blauwe lijn) bevindt zich boven de ondiepe veenlaag en filter 2 (7,33 tot 8,33 m NAP, oranje lijn) bevindt zich onder de veenlaag.



## Peilbuis B22E0590

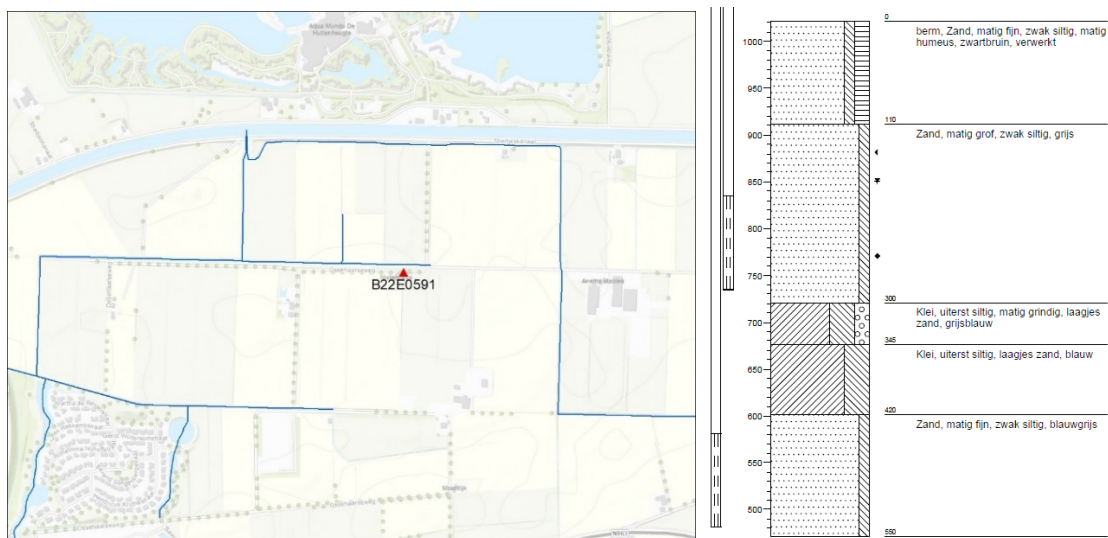


Figuur 5: Locatie van peilbuis B22E0590 nabij het perceel van Ossehaarseweg 3 (links) en de bodemopbouw ter hoogte van de peilbuis en filterdieptes van de peilbuis (rechts). De bodemopbouw is verkregen door middel van een boring die is uitgevoerd in 2009 (Boring E, zie Schunselaar en De Greeff (2009)).

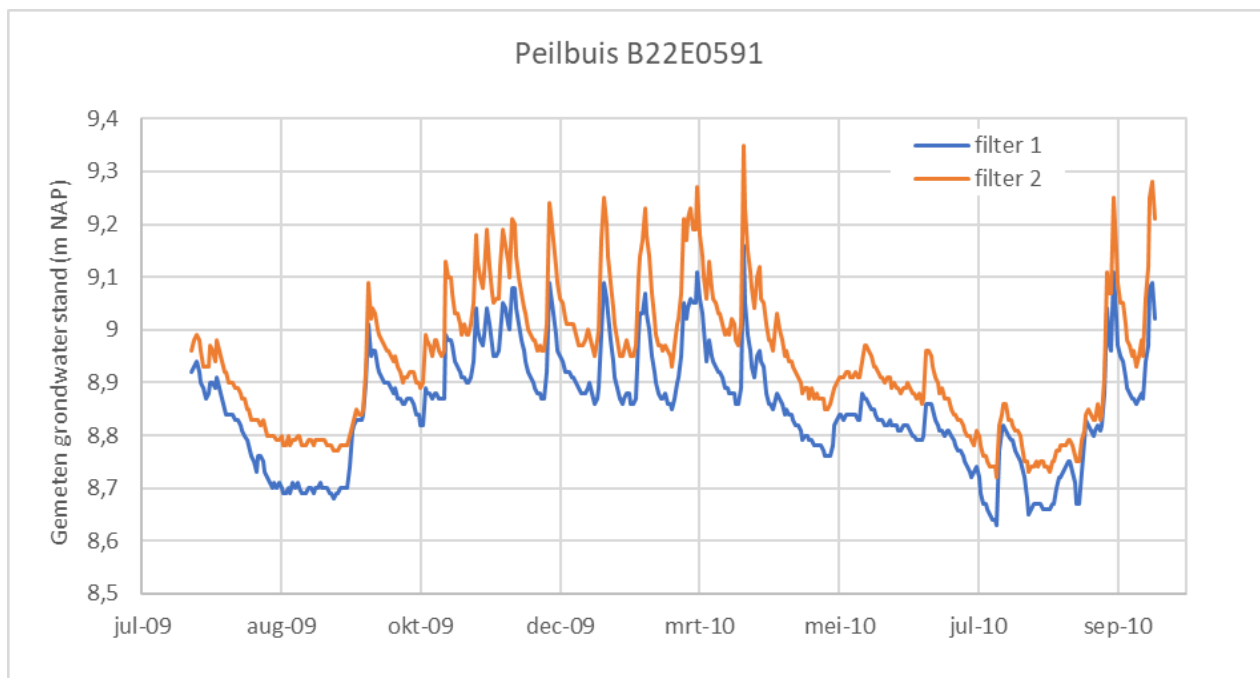


Figuur 6: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0590 ter hoogte van perceel Ossehaarseweg 3. Filter 1 (7,92 tot 8,92 m NAP, blauwe lijn) bevindt zich boven de ondiepe kleilaag en filter 2 (4,96 tot 5,96 m NAP, oranje lijn) bevindt zich onder de kleilaag.

## Peilbuis B22E0591



Figuur 7: Locatie van peilbuis B22E0591 nabij het perceel van Ossehaarseweg 5 (links) en de bodemopbouw ter hoogte van de peilbuis en filterdieptes van de peilbuis (rechts). De bodemopbouw is verkregen door middel van een boring die is uitgevoerd in 2009 (Boring F, zie Schunselaar en De Greeff (2009)).



Figuur 8: Gemeten grondwaterstand peilbuis B22E0591 ter hoogte van perceel Ossehaarseweg 5. Filter 1 (7,35 tot 8,35 m NAP, blauwe lijn) bevindt zich boven de ondiepe kleilaag en filter 2 (4,81 tot 5,81 m NAP, oranje lijn) bevindt zich onder de kleilaag.

**Bijlage 3****Notitie geohydrologische effecten**

## Geohydrologische effecten berging Ossehaar

### 1. Inleiding

In dit onderzoek is antwoord gegeven op de volgende onderzoeksvragen:

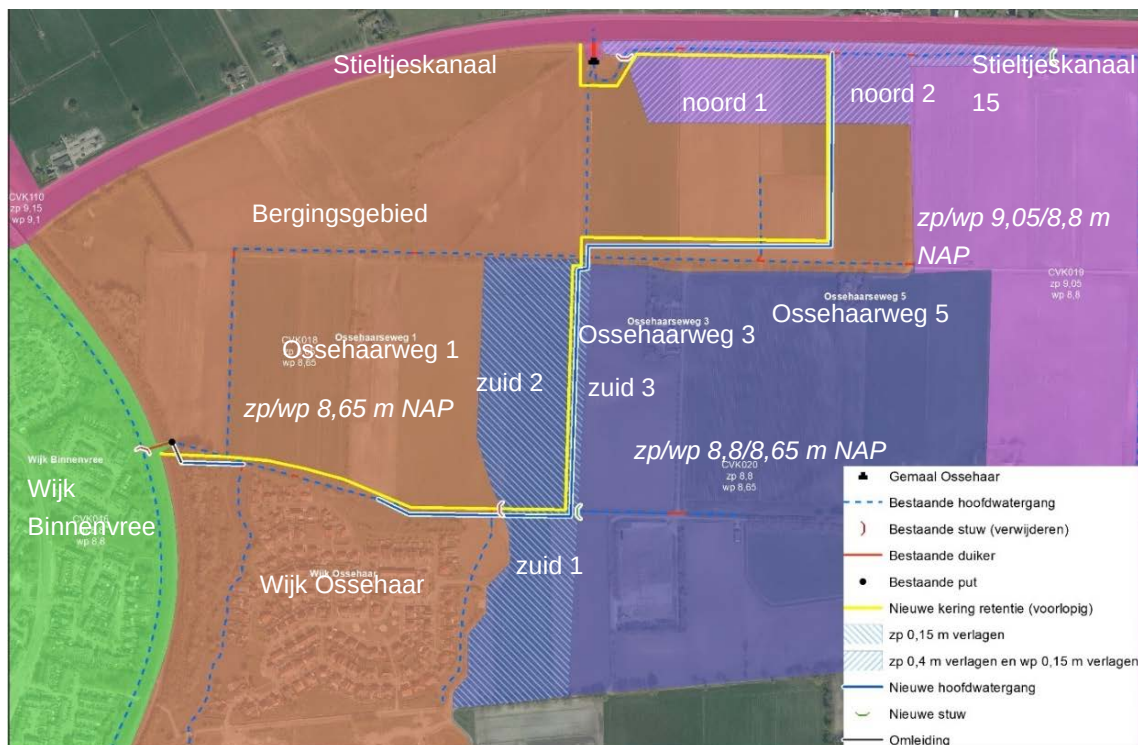
1. Wat zijn de geohydrologische effecten van de nieuwe systeeminrichting zonder retentie-inzet op de GxG's en kwel in de omgeving?
2. Wat zijn de geohydrologische effecten van de nieuwe systeeminrichting met retentie-inzet op de GxG's en kwel in de omgeving?
3. In welke mate zorgen de geohydrologische effecten voor knelpunten (landbouw en bebouwing)?
4. In welke mate dienen de effecten gemitigeerd te worden en op welke manier?

In hoofdstuk 2 is ingegaan op de onderzoeksvragen voor de reguliere situatie zonder bergingsinzet. In hoofdstuk 3 zijn de onderzoeksvragen behandeld die betrekking hebben op de situatie bij bergingsinzet. Per hoofdstuk zijn de antwoorden op de onderzoeksvragen in een apart kader geplaatst, waarin tevens de conclusies en aanbevelingen zijn verwerkt.

### 2. Watersysteem reguliere situatie

#### 2.1 Effect op GxG's

Door het inrichten van het retentiegebied en het omleggen van de hoofdwatgang worden de peilgrenzen verlegd (Grontmij, 2009a). Dit betekent dat bepaalde gebieden te maken krijgen met een lager streefpeil en lagere grondwaterstanden. Aan de oost- en zuidoostzijde van het retentiegebied wordt binnen een oppervlak van circa 12 ha het zomerpeil verlaagd met 0,15 m (van 8,8 naar 8,65 m NAP). Aan de noordzijde van het gebied worden binnen een oppervlak van 7 ha het zomerpeil en winterpeil verlaagd met respectievelijk 0,4 en 0,15 m (van respectievelijk 9,05 en 8,8 naar 8,65 m NAP). De gebieden waar het streefpeil veranderd zijn weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Verandering peilgrenzen en watersysteem in en rondom de waterberging

Om een inschatting te kunnen maken van de effecten van de waterberging op de reguliere situatie is gebruik gemaakt van de berekende stijghoogten van het eerste watervoerende pakket (onder de keileem) in MIPWA 3.0. Hier is voor gekozen, omdat de verbreiding van de keileem heterogeen verdeeld is over gebied en het onbekend is waar deze zich precies bevindt. Hierdoor is het onmogelijk een goede inschatting te maken van de freatische grondwaterstanden (ook als uitgebreide modelberekeningen toegepast zouden worden). Door te kijken naar de effecten op de stijghoogte en die te mitigeren wordt een praktische aanpak gekozen.

De resultaten van MIPWA 3.0 voor het eerste watervoerend pakket zijn per locatie zijn weergegeven in tabel 2.1. voor de periode 2000-2014. Waar mogelijk zijn berekende waarden vergeleken met de gemeten stijghoogten in het gebied. Hieruit volgt dat de laagste stijghoogten en freatische grondwaterstanden behoorlijk goed overeenkomen met de berekende GLG. De hoogste stijghoogten (in de GHG situatie) lijken wat onderschat te worden door het model (maximaal 30 cm), de onderschatting van de freatische grondwaterstanden is nog wat groter. De GHG en GLG per locatie is weergegeven in tabel 2.1 waarbij het verschil tussen gemeten en berekende stijghoogte tussen haakjes is weergegeven.

Tabel 2.4.1 Berekende GHG en GLG per locatie op basis van MIPWA 3.0

|                        | GHG<br>[m NAP] | GLG<br>[m NAP] | Maaiveld<br>[m NAP] | GHG<br>[m -mv]         | GLG<br>[m -mv] |
|------------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------------|----------------|
| Wijk Ossehaar          | 9,0 (+0,1*)    | 8,7            | 9,6 tot 10,1        | 0,6 tot 1,1<br>(-0,1*) | 1 tot 1,5      |
| Ossehaarseweg 1        | 8,9 (+0,3*)    | 8,6            | 11,2                | 2,3 (-0,3*)            | 2,6            |
| Ossehaarseweg 3        | 9,0 (+0,3*)    | 8,7            | 11,2                | 2,2 (-0,3*)            | 2,5            |
| Ossehaarseweg 5        | 9,0 (+0,3*)    | 8,7            | 10,5                | 1,5 (-0,3*)            | 1,8            |
| Stieltjeskanaal 15     | 8,9**          | 8,8            | 11,0                | 2,1                    | 2,2            |
| Landbouwgebied zuid 1  | 8,9 (+0,1*)    | 8,6            | 9,5 tot 9,6         | 0,6 tot 0,7 (-0,1*)    | 0,9 tot 1,0    |
| Landbouwgebied zuid 2  | 9,0 (+0,3*)    | 8,6            | 9,5 tot 9,8         | 0,5 tot 0,8 (-0,3*)    | 0,9 tot 1,2    |
| Landbouwgebied zuid 3  | 9,0 (+0,3*)    | 8,7            | 9,8 tot 10,7        | 0,8 tot 1,7 (-0,3*)    | 1,1 tot 2,0    |
| Landbouwgebied noord 1 | 8,9***         | 8,7            | 9,5 tot 9,6         | 0,6 tot 0,7            | 0,8 tot 0,9    |
| Landbouwgebied noord 2 | 8,9***         | 8,8            | 9,8 tot 10,5        | 0,9 tot 1,6            | 1,0 tot 1,7    |

\* Maximale correctie berekende stijghoogte op basis van verschil tussen berekend en gemeten

\*\* Licht direct naast hoofdwatgang en naar verwachting daardoor sterk beïnvloed door peil hoofdwatgang

\*\*\* Naar verwachting sterk beïnvloed door peil hoofdwatgang i.v.m. ontbreken keileem (boring seepw24, Grontmij, 2009b); geen peilbuisgegevens bekend

Als gevolg van het verlagen van de streefpeilen en herinrichting van het oppervlaktewaterstelsel (Grontmij, 2009a) wordt er een verlaging van de GHG en GLG verwacht. Er zijn twee gebieden te onderscheiden waar (beperkte) effecten worden verwacht, omdat (in de omgeving) de peilwijziging wordt doorgevoerd:

1. Landbouwgebied zuid en het perceel Ossehaarseweg 3. De GHG zal in deze gebieden niet significant wijzigen, omdat het winterstreefpeil gelijk blijft. Het is de verwachting dat door de aanleg van een nieuwe watgang de GHG van landbouwgebied zuid 2 licht daalt, omdat deze watgang ontwaterend werkt. In deze gebieden wordt het zomerpeil verlaagd met 0,15 meter. Voor landbouwgebied zuid 1 en zuid 2 is met MIPWA een GLG berekend die lager is dan het huidige streefpeil. Het is de verwachting dat de aanpassing van het zomerstreefpeil geen invloed heeft op de GLG van deze gebieden. Op basis van de resultaten van MIPWA is aangenomen dat de GLG niet verder daalt dan circa 8,6 m +NAP (laagst voorkomende GLG in het hele plangebied volgens MIPWA resultaten). Door de herinrichting van het oppervlaktewaterstelsel zal de GLG van landbouwgebied zuid 3 hooguit 0,1 m dalen van 8,7 m +NAP naar 8,6 m +NAP (laagst voorkomende GLG in het plangebied). Dit geldt ook voor perceel Ossehaarseweg 3.
2. Landbouwgebied noord en het perceel Stieltjeskanaal 15. Doordat hier het winterpeil wordt verlaagd met 0,15 meter zal de GHG hier hooguit 0,15 meter dalen. De effecten zijn met name gebaseerd op de modelresultaten van MIPWA. In deze gebieden wordt het zomerpeil verlaagd met 0,4 meter. Volgens de resultaten van MIPWA ligt de GLG al enkele decimeters onder het streefpeil.



Door invloed van het Stieltjeskanaal (welke een hoger streefpeil heeft dan de aangrenzende peilvakken) is de verwachting dat de GLG niet veel verder zal dalen dan hooguit 0,1 meter en daarmee niet lager zal worden dan de laagst berekende GLG in het gebied.

Gezien de afstand tot de peilverlaging zijn er geen grondwaterstandsveranderingen te verwachten in de wijk Ossehaar en bij de percelen Ossehaarseweg 1 en 5.

Op basis van de voorgenomen peilwijziging en de verwachte daling van de grondwaterstanden is per locatie aangegeven wat de verwachte verandering van de GHG en GLG is. De resultaten zijn opgenomen in tabel 2.2.

Tabel 2.4.2 Verwachte verandering GHG en GLG als gevolg van de peilveranderingen

|                        | Verlaging<br>streefpeil [m] | Verandering<br>GHG<br>[m NAP] | Verandering<br>GLG<br>[m NAP] | Verandering<br>GHG<br>[m -mv]     | Verandering<br>GLG<br>[m -mv]   |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Wijk Ossehaar          | -                           | -                             | -                             | -                                 | -                               |
| Ossehaarseweg 1        | -                           | -                             | -                             | -                                 | -                               |
| Ossehaarseweg 3        | zp max 0,15                 | -                             | 8,7 naar 8,6                  | -                                 | 2,5 naar 2,6                    |
| Ossehaarseweg 5        | -                           | -                             | -                             | -                                 | -                               |
| Stieltjeskanaal 15     | zp 0,4/ wp 0,15             | 8,9 naar 8,8                  | 8,8 naar 8,7                  | 2,1 naar 2,2                      | 2,2 naar 2,3                    |
| Landbouwgebied zuid 1  | zp 0,15                     | -                             | -*                            | -                                 | -                               |
| Landbouwgebied zuid 2  | zp 0,15                     | 9 naar 8,9**                  | -*                            | 0,5 tot 0,8 naar<br>0,6 tot 0,9** | -                               |
| Landbouwgebied zuid 3  | zp 0,15                     | -                             | 8,7 naar 8,6                  | -                                 | 1,1 tot 2,0 naar<br>1,2 tot 2,1 |
| Landbouwgebied noord 1 | zp 0,4/ wp 0,15             | 8,9 naar 8,8                  | 8,7 naar 8,6                  | 0,6 tot 0,7 naar<br>0,7 tot 0,8   | 0,8 tot 0,9 naar<br>0,9 tot 1,0 |
| Landbouwgebied noord 2 | zp 0,4/ wp 0,15             | 8,9 naar 8,8                  | 8,7 naar 8,6                  | 0,9 tot 1,6 naar<br>1,0 tot 1,7   | 1,0 tot 1,7<br>1,1 tot 1,8      |

\* Een GLG onder de 8,6 m+NAP wordt niet verwacht

\*\* GHG zakt doordat nieuwe watergang ontwaterend werkt

## 2.2 Effect gewijzigde GxG's op landbouw

Verwacht wordt dat een beperkte verlaging van de GHG niet zal leiden tot negatieve effecten (zuid 2). Eerder tot een licht positief effect. Zoals genoemd is er in het gebied veelal sprake van een keileemlaag, waardoor de grondwaterstanden in de winterperiode dicht bij het maaiveld liggen. Dit kan resulteren in indirecte schade (het perceel kan pas later in het jaar bewerkt en ingezaaid worden). En wordt daarom niet als negatief beschouwd.

Een verlaging van de GLG kan zorgen voor een toename van droogtestress voor de landbouwgewassen. Op basis van de HELP-tabellen is voor een aantal locaties met een verlaging van de GLG indicatief bepaald wat de verandering in gewasschade is. De resultaten zijn opgenomen in tabel 2.3.

De locaties landbouwgebied noord 1 en 2 zijn niet meegenomen in de berekeningen doordat de combinatie van grondwaterstanden buiten het toepassingsbereik vallen van de HELP-tabellen. Voor deze gebieden is een aanname voor de gewasschade gemaakt, welke hierna is beschreven.

Tabel 2.4.3 Indicatie gewasschaden op basis van HELP-tabellen

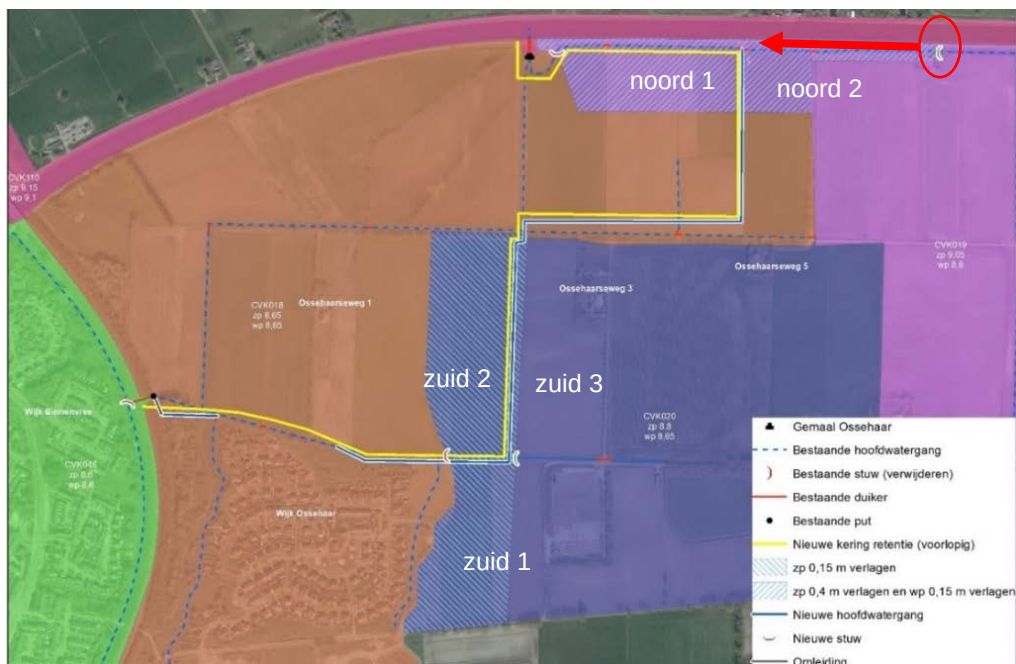
|                          | Bodemtype* | Omschrijving                                             | Gewas       | GHG/GLG<br>huidig<br>[m-mv] | GHG/GLG<br>plan<br>[m -mv] | Schade                                                       |
|--------------------------|------------|----------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Landbouwgebied<br>zuid 3 | Hn21       | Veldpodzolgronden;<br>leemarm en zwak<br>lemig fijn zand | Aardappelen | 1,4 (-<br>0,4**) /2,0       | 1,4 (-<br>0,4**) /2,1      | Droogteschade<br>24 naar 25 %                                |
| Landbouwgebied<br>zuid 3 | pZn23      | Gooreerdgronden;<br>lemig fijn zand                      | Gras        | 0,5 (-<br>0,4**) /1,1       | 0,5 (-<br>0,4**) /1,2      | Natschade 15 %<br>naar 14 %<br>Droogteschade<br>3 % naar 5 % |

\* Op basis van Bodemkaart 1:50:000

\*\* Om gewasschade te beoordelen dienen de freatische GHG en GLG te worden beschouwd: met behulp van meetgegevens is een schatting gemaakt dat het verschil tussen de GHG van het freatisch pakket en de stijghoogte van het eerste watervoerend pakket bij een GHG situatie 0,4 m is.

Uit de resultaten volgt dat als gevolg van het verlagen van de grondwaterstanden er een zeer beperkte toename van de gewasschade te verwachten is in het landbouwgebied zuid 3. Omdat de verwachting is dat daling van de GLG ter hoogte van gebieden noord 1 en noord 2 zich beperkt tot 0,1 meter, is ook in landbouwgebieden noord 1 en noord 2 slechts een zeer beperkte toename van de gewasschade te verwachten.

Er is voor gekozen om de geprojecteerde stuw van het VO (Grontmij, 2009a) zover mogelijk richting het westen te verplaatsen. Hierdoor komen de genoemde effecten in gebied noord 2 (en perceel Stieltjeskanaal 15) te vervallen. Aanvullende maatregelen worden niet noodzakelijk geacht gezien het beperkte effect. Wel wordt aanbevolen om de grondwaterhuishouding in het landbouwgebied na inrichting op enkele locaties enkele jaren te monitoren om het werkelijke effect vast te kunnen stellen.



Figuur 2.2 Reeds voorziene verplaatsing van stuw om verlaging GLG te beperken (rood)

### 2.3 Effect gewijzigde GxG's op percelen

Vooralsnog wordt niet verwacht dat er een negatief effect zal optreden ter plaatse van de percelen Ossehaarseweg 3. De GLG ligt hier in de huidige situatie al relatief diep onder het maaiveld en de belendende panden zijn voor zover bekend niet gefundeerd op houten palen. Voor Stieltjeskanaal 15 is reeds een maatregel voorzien (zie paragraaf 2.2), waardoor geen effecten zijn te verwachten.

### 2.2 Effect op kwel

De herinrichting heeft in de reguliere situatie geen significante invloed op de kwelflux in het gebied. De peilveranderingen en de gebiedsgrootte zijn namelijk zeer beperkt.

1. Wat zijn de geohydrologische effecten van de nieuwe systeeminrichting zonder retentie-inzet op de GxG's en kwel in de omgeving?
  - Het is de verwachting dat de GHG in landbouwgebied zuid 2 circa 0,1 meter zal dalen door de aanleg van de nieuwe watergang rond de berging
  - Het is de verwachting dat de GHG in het landbouwgebied noord 1 en noord 2\* en rond perceel Stieltjeskanaal 15\* circa 0,1 meter zal dalen door het verlagen van het winterstreefpeil
  - Circa 0,1 m GLG daling wordt verwacht voor landbouwgebieden zuid 3, noord 1, noord 2\* en de percelen Ossehaarseweg 3 en Stieltjeskanaal 15\*
  - De herinrichting heeft in de reguliere situatie geen significante invloed op de kwelflux in het gebied
3. In welke mate zorgen de geohydrologische effecten voor knelpunten (landbouw en bebouwing)?
 

Landbouw

  - Daling van de GHG in een deel van het landbouwgebied wordt niet als knelpunt beschouwd
  - Het wijzigen van de peilgrenzen zal in de landbouwgebieden zuid 3, noord 1 en noord 2\* tot een zeer beperkte toename van gewasschade leiden

Bebouwing

  - Daling van de GLG en GHG ter hoogte van perceel Stieltjeskanaal 15\* en daling van de GLG ter hoogte van perceel Ossehaarseweg 3 wordt niet als knelpunt beschouwd
  - In de wijk Ossehaar treden geen significante effecten op
4. In welke mate dienen de maatregelen gemitigeerd te worden en op welke manier?
  - Gezien de zeer beperkte effecten wordt het niet noodzakelijk geacht om mitigerende maatregelen te treffen. Wel wordt aanbevolen om de grondwaterstanden in het landbouwgebied op enkele plekken te monitoren om dit te bevestigen

\* Verplaatsing van stuw reeds voorzien, waardoor het effect op deze locatie komt te vervallen

### 3. Watersysteem bij inzet bergingsgebied

#### 3.1 Effect tijdelijk hoge waterstanden wijk Ossehaar en landbouwgebied

De door Grontmij (Grontmij, 2009b) berekende effecten vormen het vertrekpunt van dit onderzoek. In het betreffende onderzoek is een grondwaterstijging van 0,5 m door bergingsinzet berekend in de woonwijk Ossehaar (van 0,5 m -mv tot aan maaiveld). In het landbouwgebied is een stijging berekend van 0,1 m (van 0,2 naar 0,1 m -mv) als gevolg van de bergingsinzet. De te verwachten effecten zijn daarmee het grootst in de wijk. Een peil van 10,5 m +NAP in de berging en een polderpeil van 8,95 m +NAP zijn daarbij destijds als uitgangspunt aangehouden.

Het waterschap is voornemens het effect van de berging en daarmee de stijging van respectievelijk 0,5 en 0,1 meter volledig te mitigeren.

Op basis van een aantal gewijzigde uitgangspunten wordt het effect beperkt. Het peil in de berging wordt niet 10,5 m +NAP, maar 10,4 m +NAP. Daarnaast is een polderpeil van circa 8,8 m +NAP te verwachten bij extreme omstandigheden in plaats van 8,95 m +NAP (NBW-toetsing). De effectberekening zijn opgenomen in de volgende paragraaf. De gewijzigde uitgangspunten zorgen ervoor dat de stijging in de wijk wordt gereduceerd met circa 0,15 meter (0,35 meter in plaats van 0,5 meter; zie figuur 3.1; verschil base en scenario 1 plus verschil scenario 2 en scenario 3) is en dat in het landbouwgebied nagenoeg geen stijging meer is te verwachten (zie figuur 3.2; verschil base en scenario 1 plus verschil scenario 2 en scenario 3). Het resterende effect kan worden gemitigeerd door aanvullende maatregelen te treffen.

### 3.2 Mitigerende maatregelen wijk Ossehaar en landbouwgebied

Met verschillende maatregelen (of een combinatie daarvan) is het mogelijk om de effecten van de berging op de grondwaterstand te mitigeren. Zoals gezegd vormt het vertrekpunt (base) het onderzoek van Grontmij met een peil in de berging van 10,5 m +NAP en een polder peil van 8,95 m +NAP. In voorliggend onderzoek zijn voor een aantal maatregelen effecten bepaald. Het aanpassen van de uitgangspunten vormt feitelijk een deel van de maatregelen (zie vorige paragraaf). De overige maatregelen richten zich met name op het watersysteem van de wijk, omdat in de woonwijk de voornaamste stijging is te verwachten van de grondwaterstand bij inzet van het bergingsgebied.

De base en vier scenario's (combinatie van maatregelen) zijn uitgewerkt in een (stationair) 2-lagenmodel. In het model is rekening gehouden met een lage c-waarde van de keileemlaag (vijf dagen). In de modelstudie is geen rekening gehouden de ruimtelijke variatie van de keileemlaag. Dit is een worst case benadering, maar ook plausibel omdat niet overal in het gebied keileem voorkomt. Het betreft de volgende simulaties:

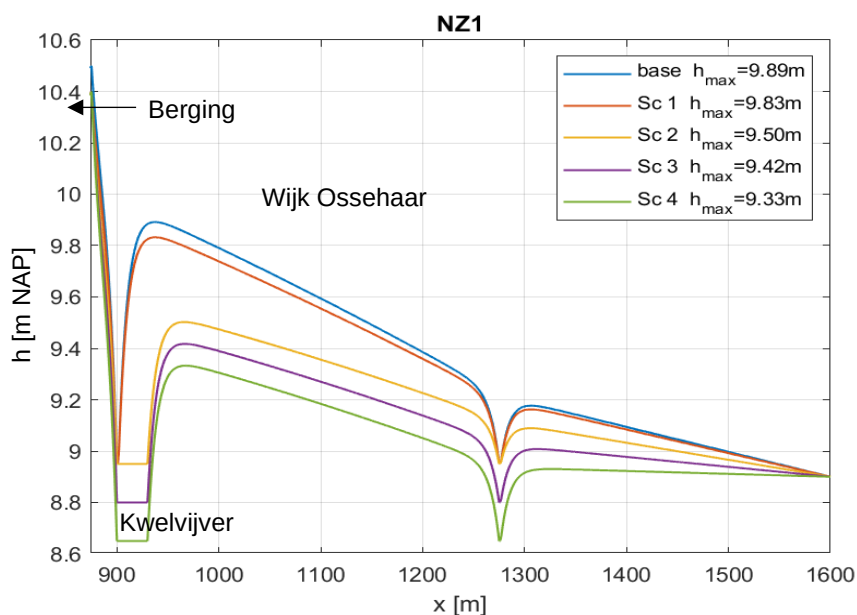
0. Base. Een peil in de berging van 10,5 m +NAP en een peil van 8,95 m +NAP in de polder
1. Een peil in de berging van 10,4 m +NAP en een peil van 8,95 m +NAP in de polder
2. Een peil in de berging van 10,4 m +NAP, een kwelvijver (gemiddeld 30 meter breed, tot 6 m +NAP diep, tussen de berging en de woonwijk, over de hele breedte van de wijk, in open verbinding met de hoofdwatgang) en een peil van 8,95 m +NAP in de polder
3. Een peil in de berging van 10,4 m +NAP, een kwelvijver (omvang zoals in scenario 2) en een peil van 8,8 m +NAP in de polder (ongeveer T100 peil, zonder inzet van berging)
4. Een peil in de berging van 10,4 m +NAP, een kwelvijver (omvang zoals in scenario 2) en een peil van 8,65 m +NAP in de polder (is gelijk aan streefpeil)

N.B. het gaat in alle scenario's om tijdelijke peilen die ontstaan/worden ingesteld tijdens de inzet van de noodberging. Het betreft geen permanente peilwijziging.

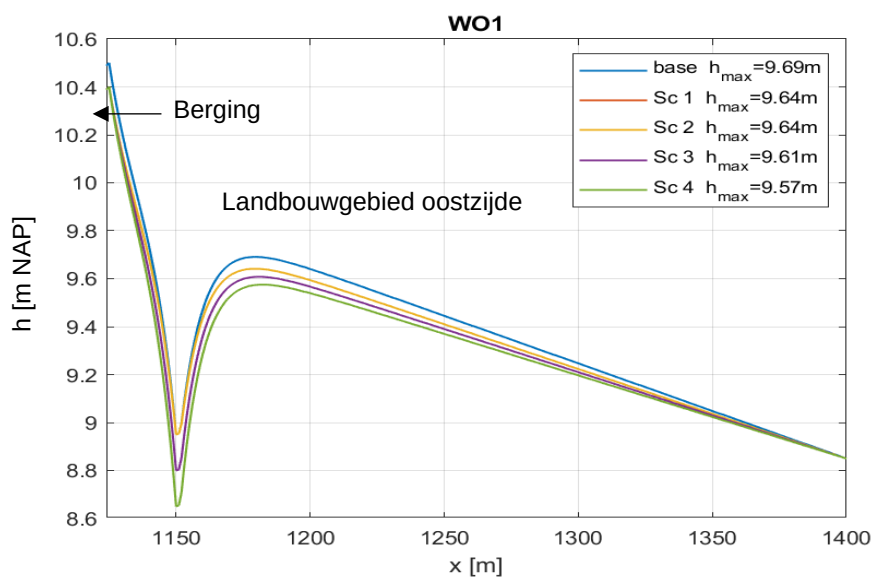
De hoofdwatgang rondom de berging heeft in alle scenario's een beperkte afmeting (bodembreedte 1,5 m en een diepte tot circa 7,5 m +NAP) en is daarmee instaat het kweldebiet af te voeren zonder te zorgen voor een extra verhang in de waterlijn (zie hydrologisch ontwerp in bijlage 4).

### 3.3 Resultaten berekeningen

In figuur 3.1 en 3.2 zijn de te verwachten effecten op de grondwaterstanden weergegeven van de verschillende scenario's in respectievelijk de wijk Ossehaar en het landbouwgebied. In tabel 3.1 is een overzicht opgenomen van de rekenresultaten.



Figuur 3.1 Berekende grondwaterstanden bij verschillende scenario's in de wijk Ossehaar



Figuur 3.2 Berekende grondwaterstanden bij verschillende scenario's in het landbouwgebied



Tabel 3.1 Overzicht rekenresultaten tijdens inzet van berging

|            | Maximale<br>grondwaterstand<br>woonwijk<br>[m NAP] | Vershil t.o.v.<br>base [m] | Maximale<br>grondwaterstand<br>landbouwgebied<br>[m NAP] | Vershil<br>base [m] | Kweldebiet uit<br>polder [m³/min] |
|------------|----------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Base       | 9,9                                                | -                          | 9,7                                                      | -                   | 7,1                               |
| Scenario 1 | 9,8                                                | 0,1                        | 9,6                                                      | 0,1                 | 6,7                               |
| Scenario 2 | 9,5                                                | 0,4                        | 9,6                                                      | 0,1                 | 7,3                               |
| Scenario 3 | 9,4                                                | 0,5                        | 9,6                                                      | 0,1                 | 8,2                               |
| Scenario 4 | 9,3                                                | 0,6                        | 9,6                                                      | 0,1                 | 9,2                               |

Uit de berekeningen volgt dat op basis van scenario 3 de effecten van de bergingsinzet (stijging stijghoogte eerste watervoerend pakket) in zowel de wijk als het landbouwgebied volledig worden gemitigeerd. De verlaging van de maximale stijghoogte van scenario 3 ten opzichte van de base is voor de woonwijk 0,5 meter en voor het landbouwgebied 0,1 meter. Dit is gelijk aan het verschil dat is berekend berekende voor de situatie met en zonder bergingsinzet (Grontmij, 2009b).

Bij de maatregelen van scenario 3 dient een kwelbelasting te worden afgevoerd van circa 8 m³/min bij inzet van de berging. Dit kan door de gemaalcapaciteit van het bestaande poldergemaal uit te breiden van 70 naar 80 m³/min op het moment dat de pompen aan vervanging toe zijn (zie hydrologisch ontwerp bijlage 4). Tot die tijd kan worden gekozen voor een tijdelijke pompinstallatie bij het gemaal. Vanuit veiligheidsoverwegingen kan ervoor worden gekozen om extra pompcapaciteit achter de hand te houden die, wanneer het polderpeil onvoldoende laag gehouden kan worden, het water bij de wijk rechtstreeks verpompt naar de berging.

De inzet van de berging zorgt voor een vernatting van het gebied. Er zijn maatregelen gedefinieerd om dit effect te mitigeren. Dit neemt niet weg dat in een dergelijke situatie het mogelijk blijft dat een deel van het landbouwgebied inundeert (binnen de gestelde normen), zoals dat in de huidige situatie ook al kan gebeuren.

### 3.4 Effect tijdelijk hoge waterstanden individuele percelen

Ten aanzien van de beoordeling van de vier percelen zijn met name de maaiveldhoogten (risico inundatie) en de te verwachten freatische grondwaterstanden in relatie tot de kelderdiepten (kans op opdrijven) van belang. De volgende effecten zijn te verwachten:

- Ossehaarseweg 1 ligt in het bergingsgebied. De maaiveldhoogte direct om de woning ligt op 11,1 m +NAP. Het peil in de berging bedraagt 10,4 m +NAP. Rekening houdend met een opstuwing (door wind) van maximaal 0,2 meter is er geen risico op inundatie van het pand. De bodem van de kelder ligt op 10,0 m +NAP (Grontmij, 2009a). Afgeleid uit het onderzoek van Grontmij (Grontmij, 2009b) in combinatie met de nieuwe uitgangspunten zal de freatische grondwaterstand naar verwachting maximaal stijgen tot circa 10,5 m +NAP. Nader onderzoek aan de woning zal moeten uitwijzen of deze situatie zal leiden tot aantasting van de constructie

- Ossehaarseweg 3 ligt op een afstand van circa 140 meter van de berging. De bodem van de kelder ligt op 9,1 m +NAP (Grontmij, 2009a). Afgeleid uit het onderzoek van Grontmij (Grontmij, 2009b) in combinatie met de nieuwe uitgangspunten zal de freatisch grondwaterstand naar verwachting stijgen tot 10,3 m +NAP. Nader onderzoek aan de woning zal moeten uitwijzen of deze situatie zal leiden tot aantasting van de constructie
- Ossehaarseweg 5 ligt op een afstand van circa 50 meter van de berging. Naar verwachting kan de freatische grondwaterstand ook hier stijgen tot circa 10,3 m +NAP. Vermoedelijk is hier een kelder aanwezig (kelderraam zichtbaar vanaf de straat). Nader onderzoek aan de woning zal moeten uitwijzen of deze situatie zal leiden tot aantasting van de constructie
- Stieltjeskanaal 15 ligt op een afstand van circa 340 meter van de berging. Omdat er direct naast de woning een aanzienlijke watergang ligt en de afstand tot de berging groot is zal de berging naar verwachting geen significante invloed hebben op de freatische grondwaterstand op dit perceel. Deze invloed is eerder te verwachten vanuit een hoge waterstand in het Stieltjeskanaal (waar in het verleden overigens al hoge waterstanden zijn voorgekomen)

### 3.5 Effect op GxG's

De inzet van de berging heeft geen invloed op de GxG's, omdat de berging zeer zelden wordt ingezet

2. Wat zijn de geohydrologische effecten van de nieuwe systeeminrichting met retentie-inzet op de GxG's en kwel in de omgeving?
  - Uit de studie van Grontmij (Grontmij, 2009ab) blijkt dat in de omgeving van de berging de grondwaterstand stijgt en kwel naar de watergangen optreedt. Het gaat om een stijging van 0,5 meter ter plaatse van de woonwijk Ossehaar en om 0,1 meter in het landbouwgebied
  - De inzet van de berging heeft geen invloed op de GxG's, omdat de berging zeer zelden wordt ingezet
3. In welke mate zorgen de geohydrologische effecten voor knelpunten (landbouw en bebouwing)?
  - De inzet van de berging zorgt voor een vernatting van het gebied, dat in de huidige situatie ook al grondwaterstanden kent die dicht tot het maaiveld kunnen komen
4. In welke mate dienen de maatregelen gemitigeerd te worden en op welke manier?
  - Het waterschap is voornemens het effect van de berging en daarmee de stijging van respectievelijk 0,5 en 0,1 meter volledig mitigeren
  - De combinatie van de volgende uitgangspunten/maatregelen mitigeren het effect:
    - Een peil van 10,4 m +NAP in de berging
    - Het handhaven van een polderpeil van maximaal 8,8 m +NAP in de wijk Ossehaar
    - Een kwelvijver van gemiddeld 30 meter breed, tot 6 m +NAP diep, gesitueerd tussen de berging en de woonwijk, over de hele breedte van de wijk en in open verbinding met de hoofdwatgang
    - Een hoofdwatgang rondom het retentiegebied met een diepte van 7,0 m +NAP, een bodembreedte van 1,5 meter en een talud van 1 op 1,5

- Een gemaalcapaciteit (al dan niet door middel van een tijdelijke pompinstallatie) van 80 m<sup>3</sup>/min. De huidige capaciteit bedraagt 70m<sup>3</sup>/min. Vanuit veiligheidsoverwegingen kan ervoor worden gekozen om extra pompcapaciteit achter de hand te houden die, wanneer het polderpeil onvoldoende laag gehouden kan worden, het water bij de wijk rechtstreeks verpompt naar de berging
- Rond de percelen Ossehaarseweg 1, 3 en 5 zal tijdens de inzet van de berging de freatische grondwaterstand stijgen. Nader onderzoek aan de bebouwing zal moeten uitwijzen of de stijging van de freatische grondwaterstand zal leiden tot aantasting van de constructies (in verband met kelders) en welke maatregelen nodig zijn om schade te voorkomen
- De inzet van de berging zorgt voor een vernatting van het gebied. Er zijn maatregelen gedefinieerd om dit effect te mitigeren. Dit neemt niet weg dat in een dergelijke situatie het mogelijk blijft dat een deel van het landbouwgebied inundeert, zoals dat in de huidige situatie ook al kan gebeuren

**Bijlage 4****Notitie hydrologisch ontwerp**

### Ontwerp van het watersysteem

Om de noodberging te realiseren dienen in de polder Ossehaar de nodige maatregelen aan het watersysteem getroffen te worden. Omdat grote delen van het bemalingsgebied tijdens inzet van de noodberging onder de waterstand in de berging liggen, is het noodzakelijk kaden rondom het noodbergingsgebied te realiseren. De benodigde kaden worden in verband met de beperkte beschikbare ruimte zo smal mogelijk gehouden. Aan de zuid- en oostzijde van het gebied wordt daarnaast een nieuwe hoofdwatgang gerealiseerd die de afvoer van het stedelijk watersysteem van de woonwijk Ossehaar en de landbouwgronden ten oosten van de woonwijk richting Gemaal Ossehaar verzorgt en tevens grondwateroverlast moet beperken buiten het bergingsgebied. De nieuwe hoofdwatgang wordt zo veel mogelijk gecombineerd met bestaande schouwsloten.

Zodra het water in het Stieltjeskanaal een peil van 10,30 m+NAP overschrijdt, stroomt het over een lange vaste overlaat in het retentiegebied. Deze overlaat is gesitueerd langs een inlaatsloot in de polder, die op zijn beurt (via een brugconstructie) weer in open verbinding staat met het Stieltjeskanaal.

Door het aanbrengen van de kwelsloot dient de stuw die in de huidige situatie net ten oosten van het gemaal in de hoofdwatgang langs het Stieltjeskanaal staat te worden verplaatst naar het punt waar de sloot langs de kade uitkomt bij duiker DK20884<sup>2</sup>. Daarnaast dient ook nabij de NAM locatie een stuw in de Scheidsloot oostwaarts verplaatst te worden, waardoor twee perceelssloten op een lager peil komen. Beide stuwverplaatsingen zorgen voor een lokale peilverlaging en een vergroting van de lokale kans op droogteschade. Dit is onderzocht in de geohydrologische studie (zie bijlage 3).

Het watersysteem binnen het bergingsgebied zal zoveel mogelijk worden gehandhaafd. In de kade wordt op één plaats een afvoerduiker aangebracht die wordt voorzien van een afsluiter. In een reguliere situatie watert het gebied via de duiker af richting het gemaal.

Doodlopende sloten worden daarnaast zoveel mogelijk voorkomen met het oog op stilstaand water en de waterkwaliteit. De perceelssloten die in de noordoosthoek van het bergingsgebied liggen en die worden afgesneden door de aanleg van de kade, worden daarom hersteld door het aanbrengen van twee perceelssloten aan de teen van de kade. Deze wateren af op de bestaande hoofdwatgang.

Ten behoeve van het doorspoelen van watgangen en vijvers in de woonwijk Ossehaar zit er een inlaatduiker vanuit Binnenvree onder de rondweg in de zuidwesthoek van het gebied.

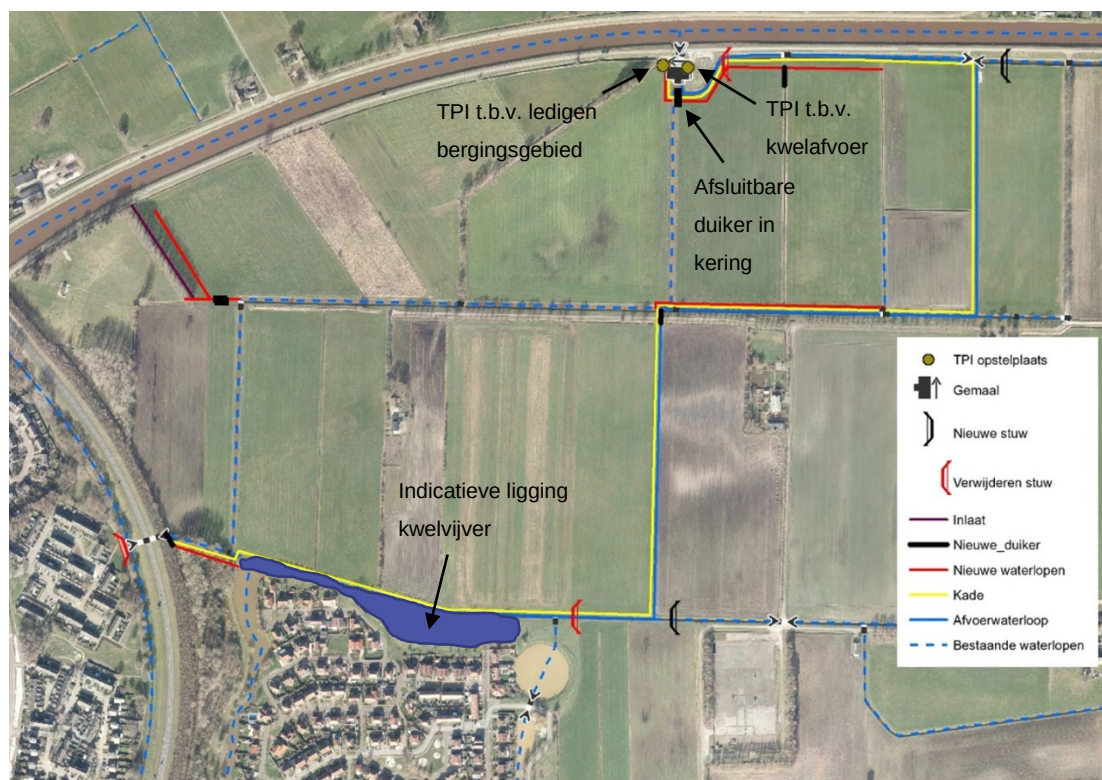
Deze inlaatduiker wordt verlengd en rechtstreeks aangesloten op een sloot die uitkomt in de noordwestelijke vijver (nieuwe kwelvijver, zie geohydrologisch onderzoek in bijlage 3) van de woonwijk Ossehaar (buiten het bergingsgebied). De bestaande inspectieput zou daarbij behouden kunnen blijven, gezien de staat van de putconstructie is dit mogelijk.

---

<sup>2</sup> In het VO (Grontmij, 2009a) was de nieuwe stuw nabij perceel Stieltjeskananaal 15 geprojecteerd. Inmiddels is besloten de stuw zover mogelijk westwaarts te plaatsen

De kade wordt nabij de inlaat aan de zuidkant van de bestaande waterloop gelegd en niet verder naar het noorden, wat als voordeel zou hebben dat inlaat Binnenvree deze niet zou kruisen. Vanwege de grondaankoop is een kade ten noorden van de inlaat echter niet mogelijk.

De onderstaande figuur geeft een overzicht van de maatregelen en de verlegging van peilgebiedsgrenzen die de maatregelen veroorzaken.



*Figuur 1 Overzicht van te treffen maatregelen*

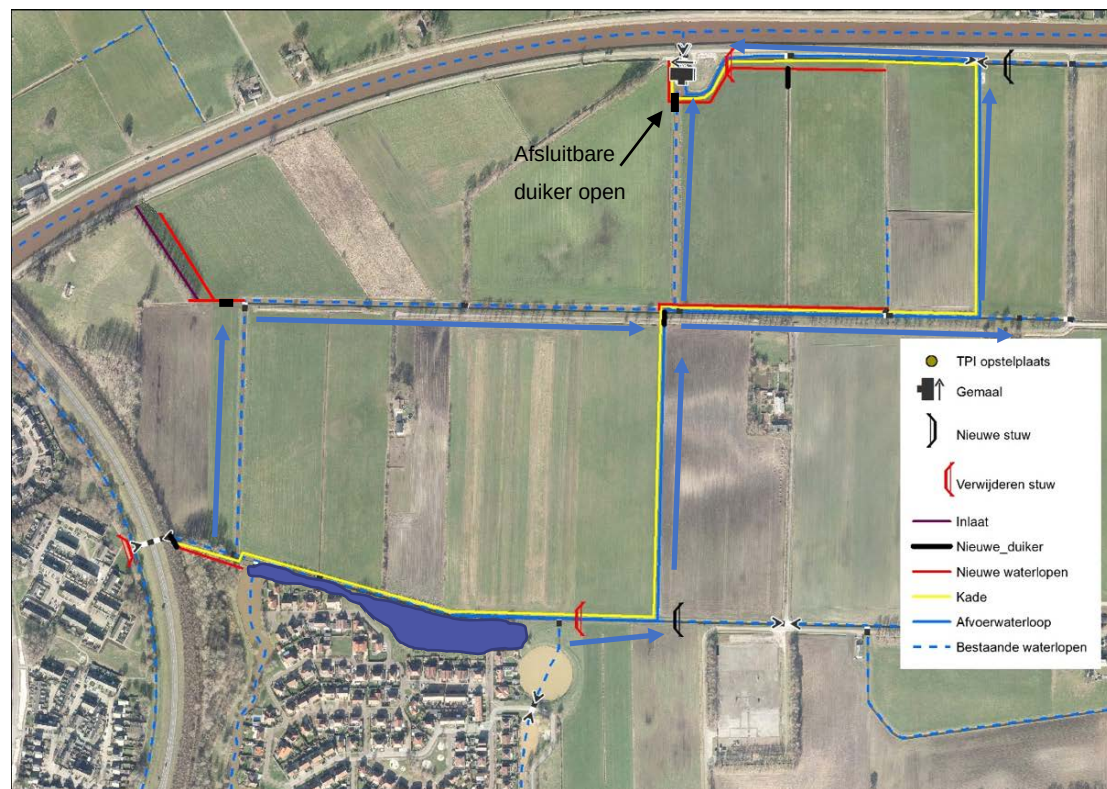
Voor de beschrijving van het watersysteem kunnen drie verschillende situaties worden onderscheiden:

- Regulier beheer, waarbij het retentiegebied onderdeel uitmaakt van de polder
- Inzet van het retentiegebied, waarbij de polder alleen maar buitenom het retentiegebied kan afvoeren naar het gemaal
- Lediging van het retentiegebied, waarbij de polder afvoert via het gemaal en het retentiegebied via een aparte pomp



## Regulier beheer

Het watersysteem binnen het retentiegebied functioneert onder reguliere omstandigheden als poldersysteem dat afvoert naar Gemaal Ossehaar (zie figuur 2). De duiker tussen het retentiegebied en het gemaal staat open.



Figuur 2 Stroomrichtingen tijdens regulier beheer

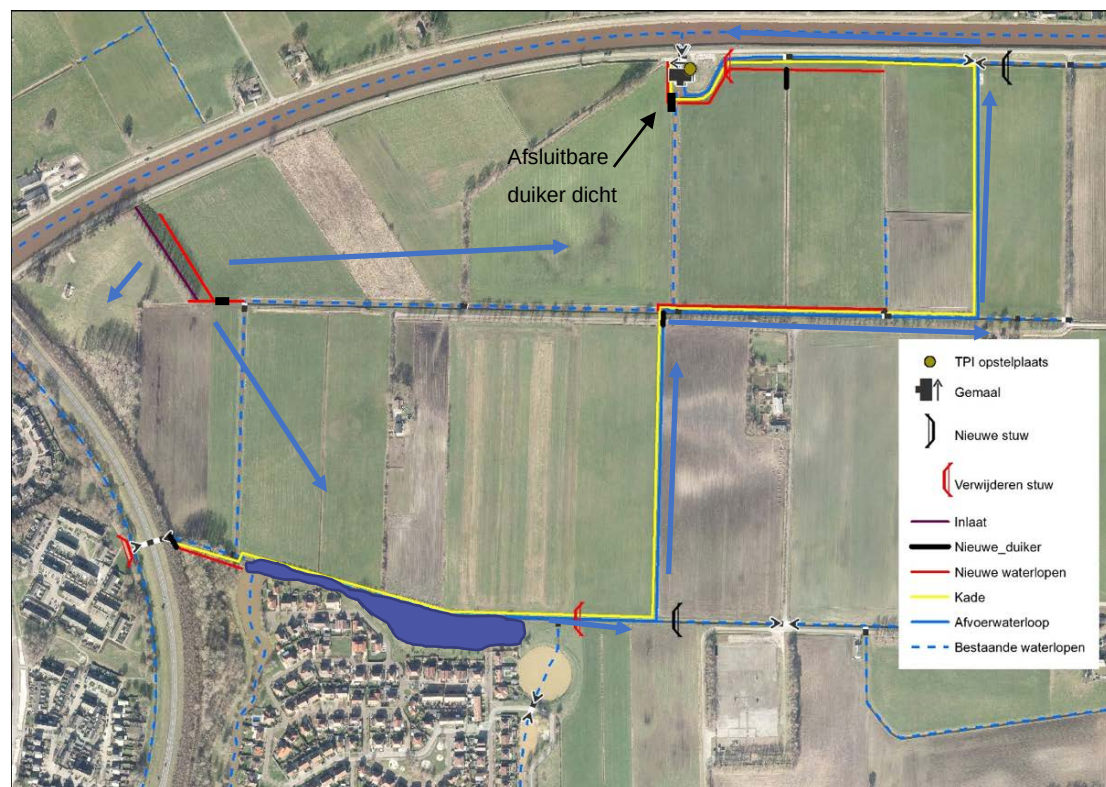
### Inzet van het retentiegebied

Zodra het peil op het Stieltjeskanaal 10,30 m +NAP dreigt te worden overschreden, wordt het gebied afgesloten van het poldersysteem door het sluiten van de duiker tussen het retentiegebied en het gemaal (zie figuur 3). Hierna stroomt de waterberging vol. De waterstand in het retentiegebied is tijdens inzet gelijk aan die op het Stieltjeskanaal.

Uit oogpunt van beheer en onderhoud is een zo kort mogelijke kade gewenst en zou een binnendijkse inlaatvoorziening met dijken eigenlijk niet de voorkeur hebben. Verlaging van de huidige kade is echter geen optie vanwege de aanwezigheid van een gasleiding en de noodzakelijke verlaging van de weg die over de kade loopt. Door toepassing van deze inlaatmethode kan de huidige kade op meer dan 11 m +NAP blijven liggen, waardoor de weg ook bij inzet van de retentie nog berijdbaar blijft voor verkeer.

Direct rondom het inlaatwerk dient een sloot aangelegd te worden. Het water in het inlaatwerk zal na daling van de waterstand in het Stieltjeskanaal namelijk via de bodem infiltreren. Dit kan zorgen voor een (tijdelijk) vernattingseffect in de directe omgeving. Door aanbrengen van een sloot wordt dit effect zo veel mogelijk opgevangen.

Tijdens inzet verloopt de afvoer uit de rest van de polder zoals in figuur 3 aangegeven.



Figuur 3 Stroomrichtingen tijdens inzet van het retentiegebied

### Lediging van het retentiegebied

Om na maximaal een week nadat de waterstand op het Stieltjeskanaal de overlaathoogte weer onderschrijdt het retentiegebied leeg te krijgen, wordt het water uit het gebied gemalen met een tijdelijke pomp nabij het gemaal (zie figuur 4).

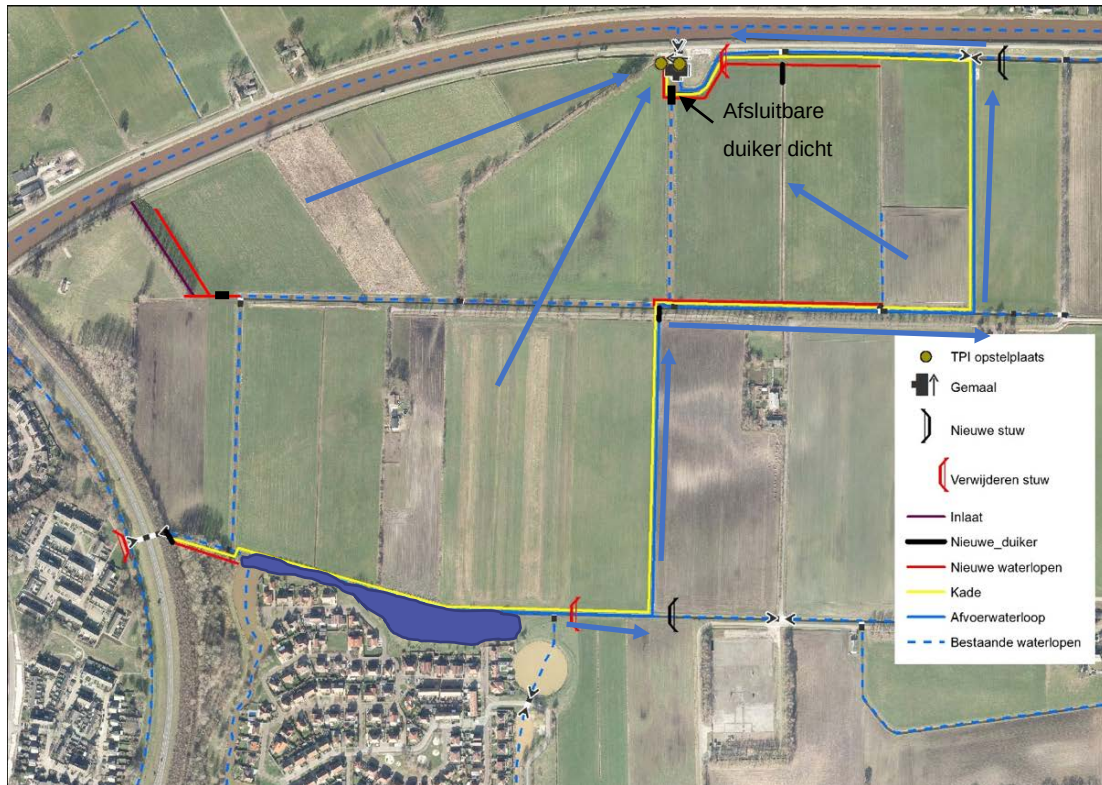
De uitgangspunten voor lediging van het gebied zijn:

- Lediging van de waterschijf tussen 10,30 en 10,40 m +NAP verloopt onder vrij verval over de lange overlaat vanuit de inlaatsloot
- Lediging van de waterschijf tussen 8,65 en 10,30 m +NAP verloopt via de TPI
- Lediging van de afvoer- en kwelsloot verloopt via het reguliere gemaal
- Bij droog weer dienen de waterlopen in de noodberging na maximaal zeven dagen na begin van de lediging door de TPI hun streefpeil weer bereikt te hebben. Dit vereist een minimale pompcapaciteit van 40 m<sup>3</sup>/min
- Zodra na lediging van het gebied zowel de noodberging als de rest van de polder weer op streefpeil zijn, kan bij het gemaal een afsluiter worden geopend en vormt de noodberging weer onderdeel van de polder

Er wordt bewust afgezien van lediging onder vrij verval middels een coupure aan het einde van de inlaatsloot. Ervaring en modelresultaten leren dat de waterstand op het Stieltjeskanaal maar langzaam daalt, waardoor het hier maar een klein deel van de totale afvoer betreft. Een coupure zou dus weinig bijdragen aan de afvoer, terwijl de beheerlast wel groter zou worden.

Gemaal Ossehaar dient ook tijdens lediging voor de rest van de polder beschikbaar te blijven. Daarom blijft de duiker tussen het retentiegebied en het gemaal dicht (zie figuur 4). Deze duiker blijft dicht totdat in het retentiegebied het streefpeil weer bereikt is. Daarmee wordt voorkomen dat bij vroegtijdig openen van de duiker de waterstand in de rest van het bemalen peilgebied te snel oploopt en er rond de duiker te hoge stroomsnelheden ontstaan.





Figuur 4 Stroomrichtingen tijdens lediging van het retentiegebied

## Uitwerking waterlopen en kunstwerken

### Gemaal Ossehaar

Gemaal Ossehaar dient over voldoende capaciteit te beschikken om de maatgevende afvoer, inclusief de extra kwel, te verwerken. In 2020 is een toetsing aan de werknormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) uitgevoerd, waarbij een reeks van buien uit het verleden is doorgerekend, gecorrigeerd voor het huidige (2014) klimaat. Uit deze toetsing volgt dat zelfs bij  $T=100$  geen peilstijging bij het gemaal te verwachten is, waardoor gesteld kan worden dat het hier een robuust gedimensioneerd gemaal betreft en in de polder naar alle waarschijnlijkheid ook bij inzet van de berging geen knelpunten te verwachten zijn.

Vanuit het stand-still principe wordt toch voorgesteld om de capaciteit uit te breiden met de extra kwelflux uit de berging. Deze is bepaald voor zowel een T10- als T100-situatie met behulp van het 2-lagen model (zie geohydrologisch onderzoek in bijlage 3) en is in beide situaties ongeveer  $8 \text{ m}^3/\text{min}$  (zie onderstaande tabellen). De waterstanden zijn in de T100-situatie net iets hoger dan in de T10-situatie. Hierdoor is in de T100-situatie de tegendruk voor de kwel hoger dan in de T10-situatie en daardoor is de kwelflux in de T100-situatie lager is dan in de T10-situatie.

Maatgevende kwelfluxen naar de afvoersloot bij een volle noodberging en een T10-afvoer uit het gebied (locatie doorsneden zie figuur 5)

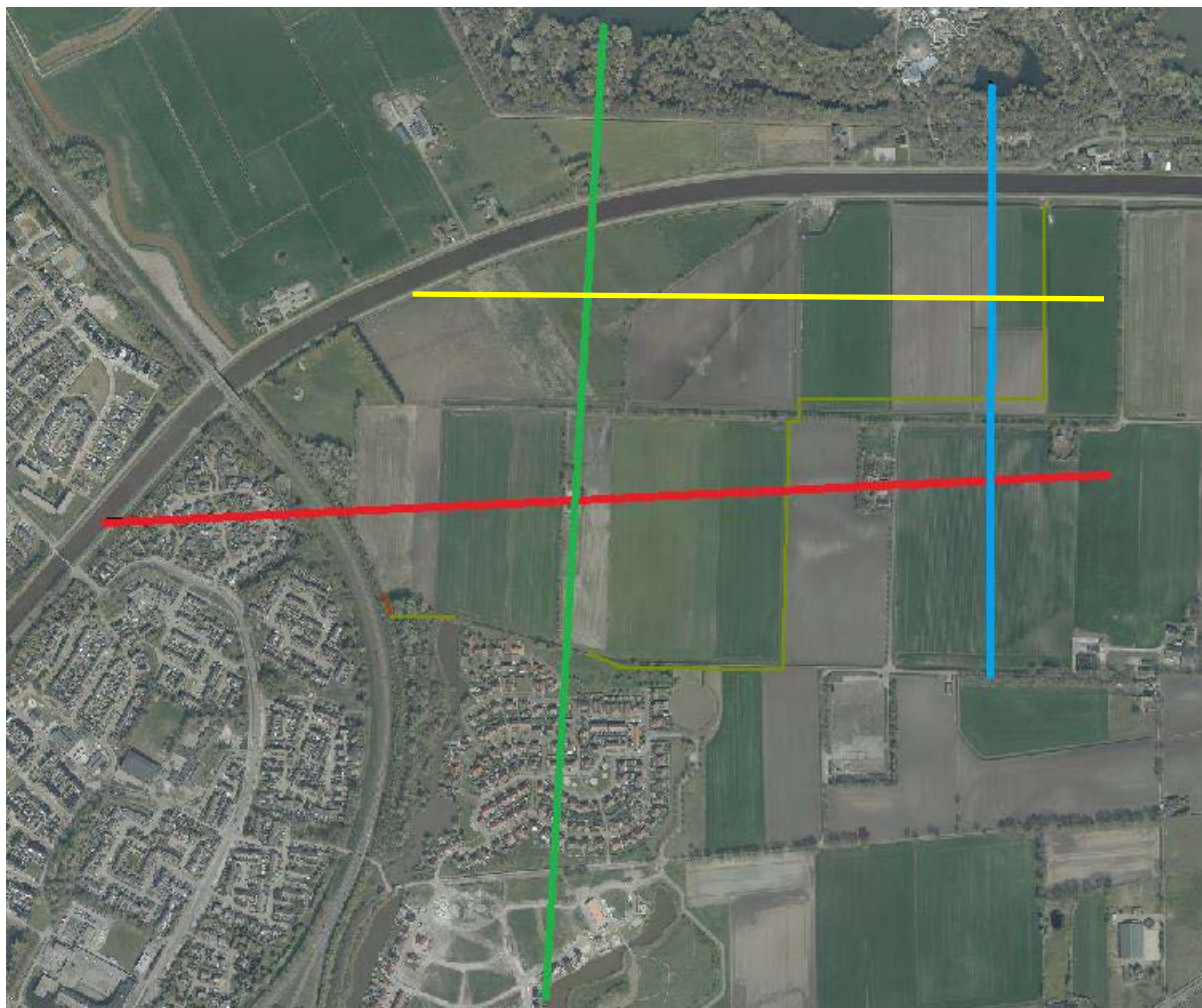
| Doorsnede                 | Lengte kade [m] | Kwelflux (m <sup>3</sup> /d/m) | Kwelflux (m <sup>3</sup> /min) |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Groen                     | 670             | 4,40                           | 2,0                            |
| Groen (zuidkant Ossehaar) | 1600            | 1,00                           | 1,1                            |
| Blauw (noord)             | 480             | 5,00                           | 1,7                            |
| Blauw (zuid)              | 430             | 4,48                           | 1,3                            |
| Geel*                     | 350             | 4,20                           | 1,0                            |
| Rood                      | 420             | 4,20                           | 1,2                            |
| <b>Totaal</b>             | <b>3950</b>     |                                | <b>8,4</b>                     |

\* Voor de sloot langs de N-Z georiënteerde kade helemaal aan de oostkant van het gebied is de uitkomst voor het rode traject (4,2 m<sup>3</sup>/d/m) als representatief aangenomen.

Maatgevende kwelfluxen naar de afvoersloot bij een volle noodberging en een T100-afvoer uit het gebied (locatie doorsneden zie figuur 5)

| Doorsnede                 | Lengte kade [m] | Kwelflux (m <sup>3</sup> /d/m) | Kwelflux (m <sup>3</sup> /min) |
|---------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Groen                     | 670             | 4,39                           | 2,0                            |
| Groen (zuidkant Ossehaar) | 1600            | 0,83                           | 0,9                            |
| Blauw (noord)             | 480             | 4,83                           | 1,6                            |
| Blauw (zuid)              | 430             | 4,38                           | 1,3                            |
| Geel*                     | 350             | 4,08                           | 1,0                            |
| Rood                      | 420             | 4,08                           | 1,2                            |
| <b>Totaal</b>             | <b>3950</b>     |                                | <b>8,1</b>                     |

\* Voor de sloot langs de N-Z georiënteerde kade helemaal aan de oostkant van het gebied is de uitkomst voor het rode traject (4,08 m<sup>3</sup>/d/m) als representatief aangenomen.



*Figuur 5 Doorsnedes waarvoor een maatgevende kwelflux is afgeleid*

Geadviseerd wordt dan ook om de capaciteit van het gemaal uit te breiden van 70 naar 80 m<sup>3</sup>/min bij de volgende renovatie. Tot dat moment kan dan gebruik gemaakt worden van een TPI met een minimale capaciteit van 8 m<sup>3</sup>/min.

### Dimensionering hoofdwatgang

Waterlopen en kunstwerken zijn zo gedimensioneerd dat zij bij regulier gebruik onder maatgevende omstandigheden voldoende aan- en afvoercapaciteit hebben, maar ook aan de eisen voor een snelle lediging van het gebied voldoen en de extra te verwachten kwel bij inzet van de berging kunnen verwerken.

In het kader van aanleg van de berging wordt één hoofdwatgang omgeleid, die op dit moment door het retentiegebied loopt. Deze krijgt tevens de functie van kwelsloot. Voor het functioneren van deze sloot is het van belang dat de huidige T10- en T100-waterstanden in deze sloot ook tijdens waterberging gehandhaafd kunnen worden en al het extra toestromend grondwater kan worden afgevoerd. Bepaling van de benodigde dimensies is dan ook voor beide herhalingstijden uitgevoerd.



De maatgevende afvoer in deze sloot bestaat dan ook uit twee componenten:

- De kwel uit de noodberging
- De maatgevende afvoer uit het gebied zelf

In het VO (Grontmij, 2009a) zijn reeds ontwerpprofielen voorgesteld die afwijken van de hieronder voorgestelde profielen. In het VO is uitgegaan van een diep profiel om de aanwezige keileemlaag in het gebied te kunnen doorsnijden. Voor de overige ontwerpparameters zijn in het VO vervolgens standaardwaarden gebruikt, zodat men uiteindelijk op een zeer groot profiel is uitgekomen, veel groter dan noodzakelijk vanuit hydraulisch perspectief. Ook vanuit geohydrologisch perspectief blijkt een kleinere dimensie afdoende te zijn (zie geohydrologisch onderzoek in bijlage 3).

Bij de onderstaande dimensionering is echter uitgegaan van een profiel dat groot genoeg is voor voldoende afvoer. De verkregen profielen sluiten daarmee beter aan op de huidige waterlopen en kennen aanzienlijk minder ruimtebeslag.

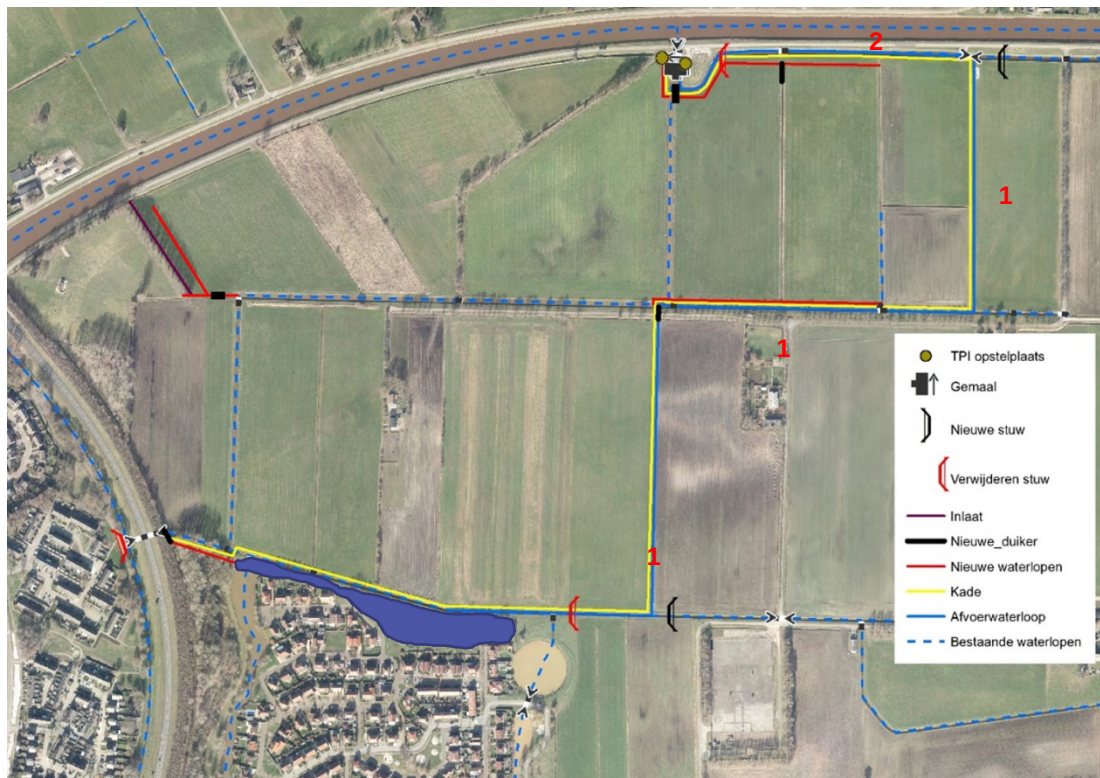
### **T10**

Uitgangspunt bij de dimensionering van de afvoer- en kwelsloot in Ossehaar is dat het verhang in een T10- en T100-situatie, waarop het gebied getoetst wordt, niet mag toenemen (stand-still principe, communicatie met Jeroen van der Scheer van het waterschap, d.d. 23 februari 2021). De maatgevende kwel uit de berging en het T10-debiet zijn daarvoor bij elkaar opgeteld. Voor het totale debiet is de benodigde bodembreedte bepaald, waarbij is uitgegaan van de huidige bodemdiepte.

Waterlopen zijn, conform het hydrologisch handboek van waterschap Vechtstromen, gedimensioneerd op basis van een T10-debiet. Op basis van de afmetingen van de huidige afvoerwaterloop uit de legger en het verloop van de T10-waterstanden in deze sloot is het bijbehorende debiet bepaald. Daarbij is aangehaakt bij de methodiek van het waterschap die uitgaat van schone waterlopen (Bos-Bijkerk-waarde: 34). De huidige T10-afvoer is bepaald op 13,3 m<sup>3</sup>/min, waardoor het ontwerpdebiet met de maatgevende kwel uitkomt op 13,3 + 8,4 = 21,7 m<sup>3</sup>/min. Een uitgebreide berekening is te vinden in Bijlage 1.

Bij de dimensionering zijn twee trajecten onderscheiden (zie figuur 6):

1. Het traject met een lengte van 1200 m en een maatgevende afvoer van 21,7 m<sup>3</sup>/min.
2. Het traject met een lengte van 450 m en een maatgevende afvoer gelijk aan de toekomstige gemaalcapaciteit: 80 m<sup>3</sup>/min.



Figuur 6 Overzicht trajecten waarvoor de benodigde afmetingen zijn bepaald

In de huidige situatie is het T10-peilverschil tussen de bebouwing en het gemaal 2 cm. Dit is dan ook de toegestane toekomstige peilstijging. Met een lengte van 1650 m is het toegestane verhang dus 1,4 cm/km. Dit geeft de afmetingen zoals weergegeven in de onderstaande tabel. Een uitgebreide berekening is te vinden in bijlage 2.

*Benodigde afmetingen waterlopen op basis van een T10-afvoer in combinatie met kwel uit de berging*

| Traject | Debiet (m <sup>3</sup> /min) | Bodemhoogte (m+NAP) | Bodembreedte (m) | Talud (1:x) |
|---------|------------------------------|---------------------|------------------|-------------|
| 1       | 21,7                         | 7,50                | 1,5              | 1,5         |
| 2       | 80                           | 7,00                | 3,0              | 1,5         |

### T100

De huidige T100-afvoer is bepaald op 19,0 m<sup>3</sup>/min, waardoor het ontwerpdebiet met de maatgevende kwel uitkomt op 19,0 + 8,1 = 27,1 m<sup>3</sup>/min. Een uitgebreide berekening is te vinden in Bijlage 1.

Bij de dimensionering zijn dezelfde trajecten onderscheiden als bij de T10-situatie:

1. Het traject met een lengte van 1200 m en een maatgevende afvoer van 27,1 m<sup>3</sup>/min.
2. Het traject met een lengte van 450 m en een maatgevende afvoer gelijk aan de toekomstige gemaalcapaciteit: 80 m<sup>3</sup>/min.

In de huidige situatie is het T100-peilverschil tussen de bebouwing en het gemaal 4 cm. Dit is dan ook de toegestane toekomstige peilstijging. Met een lengte van 1650 m is het toegestane verhang dus 2,8 cm/km. Dit geeft de afmetingen zoals weergegeven in de onderstaande tabel. Een uitgebreide berekening is te vinden in Bijlage 1.

*Benodigde afmetingen waterlopen op basis van een T100-afvoer in combinatie met kwel uit de berging*

| Traject | Debiet (m <sup>3</sup> /min) | Bodemhoogte (m+NAP) | Bodembreedte (m) | Talud (1:x) |
|---------|------------------------------|---------------------|------------------|-------------|
| 1       | 27,1                         | 7,50                | 1,3              | 1,5         |
| 2       | 80                           | 7,00                | 1,8              | 1,5         |

#### **Conclusie dimensionering afvoer- en kwelsloot**

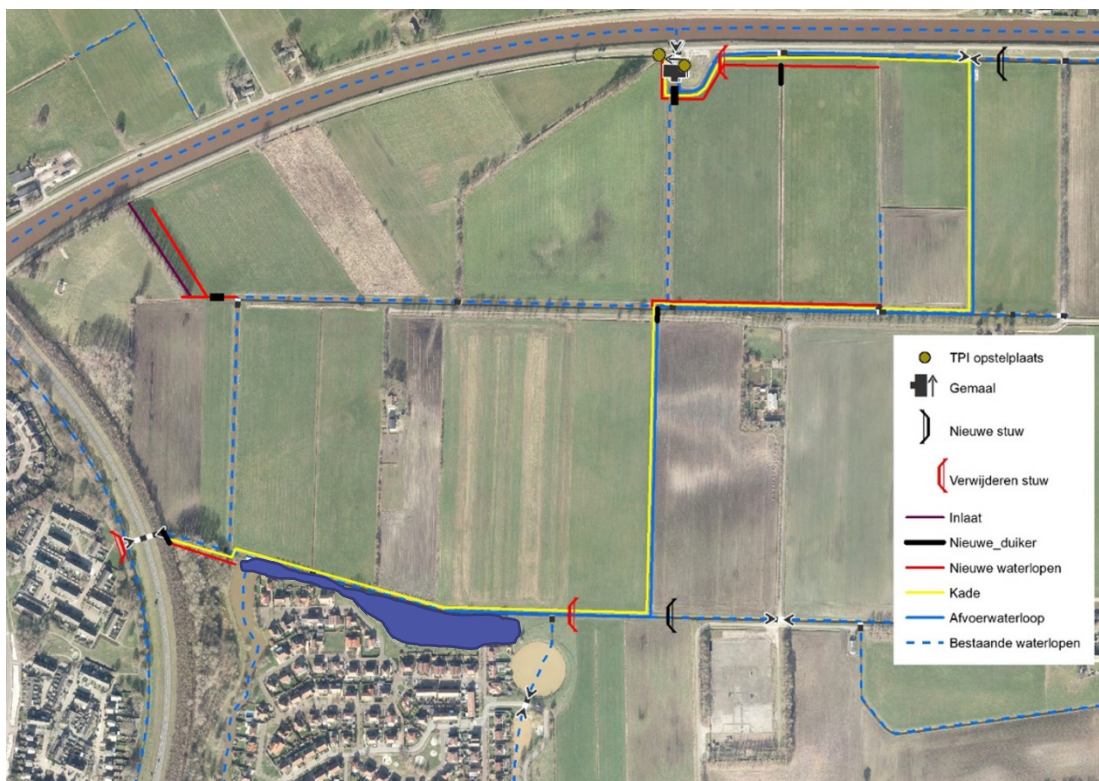
Uit de dimensionering voor inzet van de noodberging in combinatie met een T10-afvoer volgen ruimere afmetingen dan bij dimensionering in combinatie met een T100-afvoer.

De benodigde afmetingen van de waterlopen zijn daarmee als volgt:

| Traject | Bodemhoogte (m+NAP) | Bodembreedte (m) | Talud (1:x) |
|---------|---------------------|------------------|-------------|
| 1       | 7,50                | 1,5              | 1,5         |
| 2       | 7,00                | 3,0              | 1,5         |

#### **Dimensionering sloten binnen berging**

Om alle bestaande sloten binnen de berging een afwatering te kunnen blijven bieden, dient een aantal extra sloten gegraven te worden (rode lijnen in onderstaande figuur). Geadviseerd wordt om bij de maatvoering van deze sloten zoveel mogelijk aan te sluiten bij de afmetingen van de bestaande kavelsloten die door deze sloten ontwaterd worden en een talud van 1:1,5 aan te houden.



Figuur 7 Nieuwe en bestaande waterlopen in en rond de berging

Midden door de berging loopt een bestaande waterloop die de afvoer van een groot deel van de polder verzorgt. Door de nieuwe kwel- en afvoersloot zal deze waterloop zijn functie voor een deel verliezen en alleen nog maar de afvoer van het gebied binnen de berging verzorgen, zowel in reguliere omstandigheden als tijdens inzet van de TPI.

Conform het hydrologisch handboek van waterschap Vechtstromen dient in maatgevende omstandigheden (dus tijdens inzet van de TPI) te worden uitgegaan van een maximale stroomsnelheid van 0,15 tot 0,30 m/s (bij een combinatie van zand en veen, zoals in dit gebied). Een maatgevende situatie betreft dus een stroomsnelheid van 0,30 m/s bij een debiet van 0,67 m<sup>3</sup>/s (=40 m<sup>3</sup>/min).

Geadviseerd wordt om voor de bestaande hoofdwaterloop aan te sluiten bij de huidige leggerdiepte en de volgende afmetingen te hanteren. Deze waterloop wordt daarmee 40 cm smaller dan nu in de legger staat.

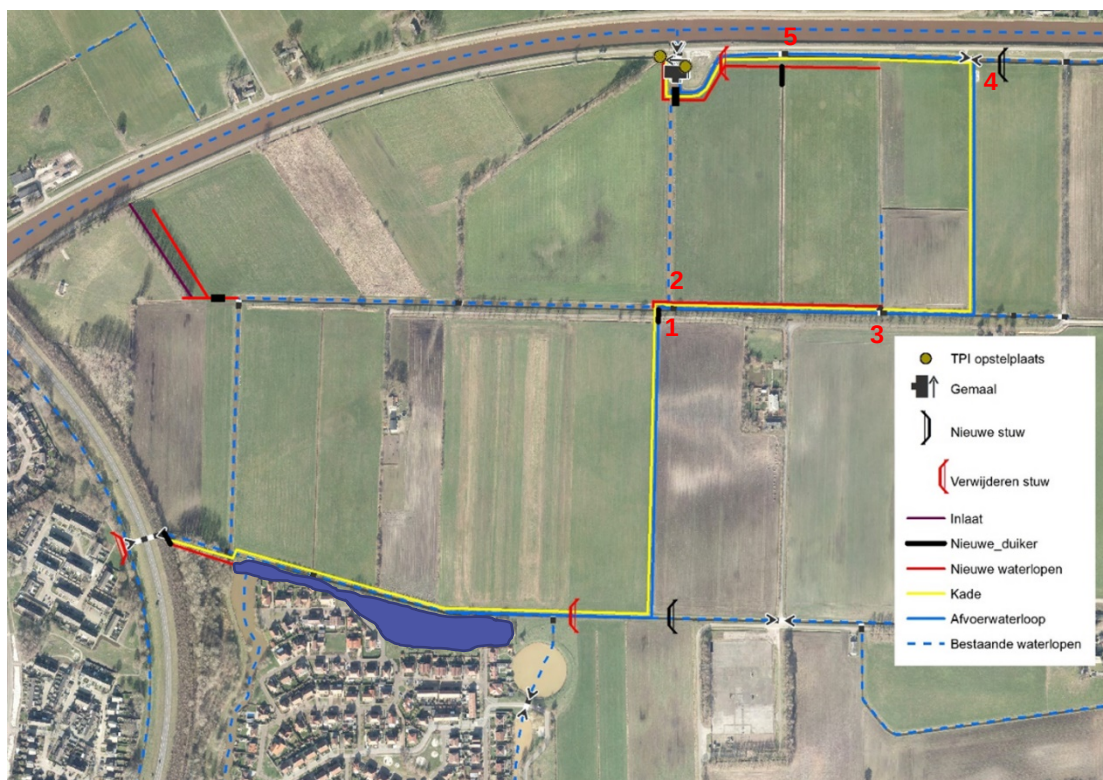
| Bodemhoogte (m+NAP) | Bodembreedte (m) | Talud (1:x) |
|---------------------|------------------|-------------|
| 7,83                | 1,5              | 1,5         |



### Dimensionering duikers

De afvoer door de afvoer- en kwelsloot verloopt door vijf duikers (zie figuur 8). Waterschap Vechtstromen hanteert als richtlijn een maximale uitstroomsnelheid van duikers bij zandgronden van 0,45 m/s bij een T1-afvoer. Hoewel deze afvoer en de bijbehorende waterstanden niet bepaald zijn in het kader van de NBW-toetsing, gaat het hydrologisch handboek van het waterschap er vanuit dat de T10-afvoer ongeveer 150% is van de T1-afvoer, waardoor uitgegaan van een T1-afvoer uit de polder van 8,8 m<sup>3</sup>/min. Inclusief kwel maakt dit ongeveer 17 m<sup>3</sup>/min, aangenomen dat de kwel bij T1-waterstanden op de kwelsloot ongeveer gelijk is aan een situatie met T10-waterstanden op de kwelsloot.

Duiker 1 betreft een zinker van ongeveer 25 m onder een gasleiding. Voor onderleiders is voldoende stroomsnelheid van belang om vervuiling en opstuwing te voorkomen. Het Hydrologisch Handboek hanteert hiervoor een stroomsnelheid van ten minste 0,7 m/s bij T=1. Voor duiker 1 zou dit echter een diameter van 500 mm betekenen. Omdat een dergelijke duiker bij een hoge afvoer voor te veel opstuwing zou zorgen in de nieuwbouwwijk Ossehaar, is in samenspraak met waterschap Vechtstromen gekozen om gericht af te wijken van het Hydrologisch Handboek en te kiezen voor een diameter die in lijn ligt met de andere duikers in de watergang.



Figuur 8 Duikers in de afvoer- en kwelsloot

Geadviseerd wordt voor duiker 1 een diameter van 1000 mm te kiezen met een b.o.k. van 8,00 m +NAP (=2/3 onder streefpeil). Direct stroomafwaarts van duiker 1 kruist een dubbele gasleiding. Geadviseerd wordt hier om de bodem van de watergang, over een lengte van 20 meter, op een diepte van 7,92 m +NAP aan te leggen (in plaats van 7,50 m +NAP). Verbreding over deze lengte is niet noodzakelijk; de verondieping vindt immers maar over een beperkte lengte plaats. Wel zal een (waterdoorlatende) bodemverdediging over dit traject aangebracht moeten worden in verband met verhoogde stroomsnelheden. Op basis van de richtlijnen wordt daarnaast een rechthoekige duiker van 1x1 m geadviseerd voor duikers 2 en 3 met een b.o.k. van 8,00 m +NAP. De bestaande duiker DK20891 (=duiker 3) zal daarbij vernieuwd moeten worden.

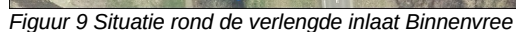
Voor het debiet door duikers 4 en 5 is uitgegaan van de volledige gemaalcapaciteit van 80 m<sup>3</sup>/min. Daarbij is een vierkante duiker met een hoogte en breedte van 2,10 m nodig, waarbij een b.o.k. van 7,25 m +NAP (=25 cm boven de bodemhoogte; 1/3 lucht) wordt geadviseerd. Zowel duiker KDUWW0074 (=duiker 4) als KDUWW0075 (=duiker 5) dienen daarbij te worden vernieuwd.

Voor de afsluitbare duiker in de kering nabij het gemaal is met dezelfde ontwerprichtlijn bij een maatgevend debiet van 0,10 m<sup>3</sup>/s (=14,4 mm/dag, conform het Cultuurtechnisch Vademecum) een diameter van 0,60 m nodig. De b.o.k. dient daarbij op 8,25 m +NAP aangelegd te worden.

#### Dimensionering inlaat vanuit Binnenvree

Om na de inrichting van de berging toch de doorspoeling van het watersysteem in de wijk Ossehaar te kunnen blijven faciliteren, is het noodzakelijk dat de bestaande inlaat vanuit Binnenvree wordt verlengd tot in een aanvoersloot die uitkomt bij de bebouwing Ossehaar (zie figuur 9). De inlaatduiker laat in vanuit de sloot ten westen van de rondweg, waarin het peil 8,77 m +NAP bedraagt (Grontmij 2009a). Voor verlenging van de huidige inlaat vanuit Binnenvree worden de huidige afmetingen van de duiker geadviseerd (rond 700 mm met een b.o.k. op 8,02 m +NAP). De nieuwe inlaat heeft een lengte van ongeveer 16 m.





Stuw nabij Gemaal Ossehaar (ST02948)

53/58



Figuur 10 Verplaatsing van stuw ST02948

De noodzakelijke verplaatsing van de stuw biedt de kans deze te automatiseren. Voordelen hiervan zijn de besturing die op afstand kan plaatsvinden en de uitrusting van de stuw met een regeling, waarmee het debiet gereguleerd kan worden. Dit heeft vooral als voordeel dat bij dreigend waterbezwaar in de woonwijk de afvoer uit deze wijk voorrang kan krijgen en de kans op wateroverlast hier kan worden verkleind. Dit idee is reeds verwoord in het Waterbeheersingsplan Ossehaar-Weijerswold (Grontmij, 2007).

De huidige stuwbreedte kan ook op de toekomstige locatie worden toegepast. Uit het gebied komen geen signalen dat de huidige stuw te veel opstuwing geeft. Ook in het VO (Grontmij, 2009a) is handhaving van de bestaande breedte reeds geadviseerd.

#### Afmeting en regeling stuw nabij NAM-locatie

Stuw ST03596 nabij NAM locatie houdt peilgebied CVK020 op peil. Voor het toekomstige traject van de kwel- en afvoersloot dient deze 120 meter oostwaarts te worden verplaatst (zie figuur 11).

De huidige stuwbreedte kan ook op de toekomstige locatie worden toegepast. Uit het gebied en de NBW-toetsing komen geen signalen dat de huidige stuw te veel opstuwing geeft.





*Figuur 11 Verplaatsing van stuw ST03596*

#### NBW-toetsing

Om zeker te weten of het toekomstige systeem ook bij kwel vanuit de berging toereikend is om NBW-knelpunten te voorkomen, wordt geadviseerd dit systeem modelmatig te toetsen aan de werknormen uit het NBW. Daarbij kan direct getoetst worden of de voorgestelde wijzigingen aan het watersysteem niet leiden tot knelpunten elders.

## Bijlage 1: Bepaling maatgevende afvoer

### T10

|              |      |       |  |                            |              |                          |
|--------------|------|-------|--|----------------------------|--------------|--------------------------|
| bodemhoogte  | 7,83 | m+NAP |  | <b>Ontwerp zomerbed</b>    |              |                          |
| bodembreedte | 1,9  | m     |  | waterdiepte                | 0,81         | m                        |
| gamma        | 34   |       |  | bovenbreedte               | 4,32         | m                        |
| waterstand   | 8,64 | m+NAP |  | A                          | 2,51         | m <sup>2</sup>           |
| talud links  | 1,5  | 1:x   |  | O                          | 4,81         | m                        |
| talud rechts | 1,5  |       |  |                            |              |                          |
| verhang      | 1,86 | cm/km |  | R                          | 0,52         | m                        |
|              |      |       |  | <b>v</b>                   | <b>0,09</b>  | <b>m/s</b>               |
|              |      |       |  | <b>capaciteit zomerbed</b> | <b>0,22</b>  | <b>m<sup>3</sup>/s</b>   |
|              |      |       |  |                            | <b>13,30</b> | <b>m<sup>3</sup>/min</b> |

### T100

|              |      |       |  |                            |              |                          |
|--------------|------|-------|--|----------------------------|--------------|--------------------------|
| bodemhoogte  | 7,83 | m+NAP |  | <b>Ontwerp zomerbed</b>    |              |                          |
| bodembreedte | 1,9  | m     |  | waterdiepte                | 0,81         | m                        |
| gamma        | 34   |       |  | bovenbreedte               | 4,33         | m                        |
| waterstand   | 8,64 | m+NAP |  | A                          | 2,52         | m <sup>2</sup>           |
| talud links  | 1,5  | 1:x   |  | O                          | 4,82         | m                        |
| talud rechts | 1,5  |       |  |                            |              |                          |
| verhang      | 3,70 | cm/km |  | R                          | 0,52         | m                        |
|              |      |       |  | <b>v</b>                   | <b>0,13</b>  | <b>m/s</b>               |
|              |      |       |  | <b>capaciteit zomerbed</b> | <b>0,32</b>  | <b>m<sup>3</sup>/s</b>   |
|              |      |       |  |                            | <b>18,96</b> | <b>m<sup>3</sup>/min</b> |

## Bijlage 2: Dimensionering toekomstige waterloop

### T10 – traject 1

|              |      |       |  |                         |                                |
|--------------|------|-------|--|-------------------------|--------------------------------|
| bodemhoogte  | 7,5  | m+NAP |  | <b>Ontwerp zomerbed</b> |                                |
| bodembreedte | 1,5  | m     |  | waterdiep               | 1,14 m                         |
| gamma        | 34   |       |  | bovenbree               | 4,91 m                         |
| waterstand   | 8,64 | m+NAP |  | A                       | 3,64 m <sup>2</sup>            |
| talud links  | 1,5  | 1:x   |  | O                       | 5,60 m                         |
| talud rechts | 1,5  |       |  |                         |                                |
| verhang      | 1,39 | cm/km |  | R                       | 0,65 m                         |
|              |      |       |  | <b>v</b>                | <b>0,10 m/s</b>                |
|              |      |       |  | <b>capaciteit</b>       | <b>0,36 m<sup>3</sup>/s</b>    |
|              |      |       |  |                         | <b>21,64 m<sup>3</sup>/min</b> |

### T10 – traject 2

|              |      |       |  |                         |                                |
|--------------|------|-------|--|-------------------------|--------------------------------|
| bodemhoogte  | 7    | m+NAP |  | <b>Ontwerp zomerbed</b> |                                |
| bodembreedte | 3    | m     |  | waterdiep               | 1,64 m                         |
| gamma        | 34   |       |  | bovenbree               | 7,91 m                         |
| waterstand   | 8,64 | m+NAP |  | A                       | 8,92 m <sup>2</sup>            |
| talud links  | 1,5  | 1:x   |  | O                       | 8,90 m                         |
| talud rechts | 1,5  |       |  |                         |                                |
| verhang      | 1,39 | cm/km |  | R                       | 1,00 m                         |
|              |      |       |  | <b>v</b>                | <b>0,15 m/s</b>                |
|              |      |       |  | <b>capaciteit</b>       | <b>1,33 m<sup>3</sup>/s</b>    |
|              |      |       |  |                         | <b>79,96 m<sup>3</sup>/min</b> |



**T100 – traject 1**

|              |      |       |  |                         |                     |
|--------------|------|-------|--|-------------------------|---------------------|
| bodemhoogte  | 7,5  | m+NAP |  | <b>Ontwerp zomerbed</b> |                     |
| bodembreedte | 1,3  | m     |  | waterdiep               | 1,14 m              |
| gamma        | 34   |       |  | bovenbree               | 4,71 m              |
| waterstand   | 8,64 | m+NAP |  | A                       | 3,41 m2             |
| talud links  | 1,5  | 1:x   |  | O                       | 5,40 m              |
| talud rechts | 1,5  |       |  |                         |                     |
| verhang      | 2,75 | cm/km |  | R                       | 0,63 m              |
|              |      |       |  | <b>v</b>                | <b>0,14 m/s</b>     |
|              |      |       |  | <b>capaciteit</b>       | <b>0,47 m3/s</b>    |
|              |      |       |  |                         | <b>28,07 m3/min</b> |

**T100 – traject 2**

|              |      |       |  |                         |                     |
|--------------|------|-------|--|-------------------------|---------------------|
| bodemhoogte  | 7    | m+NAP |  | <b>Ontwerp zomerbed</b> |                     |
| bodembreedte | 1,8  | m     |  | waterdiep               | 1,64 m              |
| gamma        | 34   |       |  | bovenbree               | 6,71 m              |
| waterstand   | 8,64 | m+NAP |  | A                       | 6,96 m2             |
| talud links  | 1,5  | 1:x   |  | O                       | 7,70 m              |
| talud rechts | 1,5  |       |  |                         |                     |
| verhang      | 2,75 | cm/km |  | R                       | 0,90 m              |
|              |      |       |  | <b>v</b>                | <b>0,20 m/s</b>     |
|              |      |       |  | <b>capaciteit</b>       | <b>1,37 m3/s</b>    |
|              |      |       |  |                         | <b>82,05 m3/min</b> |