

## Notitie

Voor: Idverde  
Van: [redacted] en [redacted]  
Bedrijf: Iv-Infra b.v.  
  
Datum: 29 april 2024  
Referentie: INFR231053  
Onderwerp: Hydrologische analyse DO Drasse Driehoek

# 1 Inleiding

## 1.1. Aanleiding

Gemeente Tilburg is voornemens om 136 ha nieuwe natuur en 12 km ecologische verbindingszone te ontwikkelen. Vanuit deze ambitie wil de gemeente investeren in drie stadsparken en twee ecologische verbindingszones om de stad. Eén van deze stadsparken betreft het Stadsbos013 met daarin de Drasse Driehoek. In de Drasse Driehoek liggen een aantal wat grotere open gebieden die zullen worden omgevormd naar natuur. De unieke ligging van de Drasse Driehoek zorgt voor schoon kwelwater aan het oppervlak, waardoor deze locatie erg kansrijk is voor natuurontwikkeling. Door deze omvorming kan het relatief droge natuurgebied Stadsbos013 worden verrijkt met vochtige natuur. In Figuur 1 is de locatie van Drasse Driehoek weergegeven.



Figuur 1: Locatie Drasse Driehoek



## 1.2. Doel

In de rapportage 'Waterhuishouding Drasse Driehoek' [1] zijn de effecten van de geplande maatregelen op grondwater en de omgeving kwalitatief geanalyseerd. In deze rapportage is met betrekking tot de te verwachte effecten als gevolg van de waterhuishoudkundige ingrepen onder meer het volgende aangegeven:

- Dat het overtollige regenwater na een neerslaggebeurtenis snel verdwijnt.
- Dat de stijging van zowel het oppervlaktewater en het grondwater zich beperken tot de Drasse Driehoek.
- Dat de uitstralingseffecten richting de omgeving verwaarloosbaar zijn.

Voor deze beweringen is echter geen onderbouwing gegeven. Daarom heeft de gemeente Tilburg om een nadere analyse van de hydrologische situatie gevraagd. In deze notitie wordt daarom op basis van [1] een nadere analyse uitgevoerd, met als doel:

- Beter inzicht krijgen op de huidige en toekomstige geohydrologische situatie.
- Bepalen uitstalingseffecten van de waterstandsverhoging op de omgeving.
- Het nader analyseren van eventuele effecten op de spoorlichaam.

## 2 Aanvullend onderzoek huidige situatie

### 2.1. Bodem en ondergrond

#### 2.1.1. Bodem

De bodem van de Drassige Driehoek bestaat grotendeels uit een moerige broekeerdgrond met een zanddek en een moerige tussenlaag op zand, bodemcode zWz (Figuur 2). Het zijn minerale zandgronden met veel moerig materiaal en zijn kenmerkend voor zowel beekdalen als gebieden met vennen. De broekeerdgronden zijn onder natte omstandigheden ontstaan.

De directe omgeving van de Drassige Driehoek komen veldpodzolgronden bestaande uit leemarm en zwak lemig fijn zand (Hn21) voor. Een veldpodzolgrond is een bodemtype dat wordt gekenmerkt door hydromorfe kenmerken hoog in het profiel, wat erop wijst dat ze in het verleden permanent of periodiek met water verzadigd waren. Doordat er minder moerig materiaal in deze gronden aanwezig is zijn ze tegenwoordig als gevolg van lagere grondwaterstanden vaak droger.



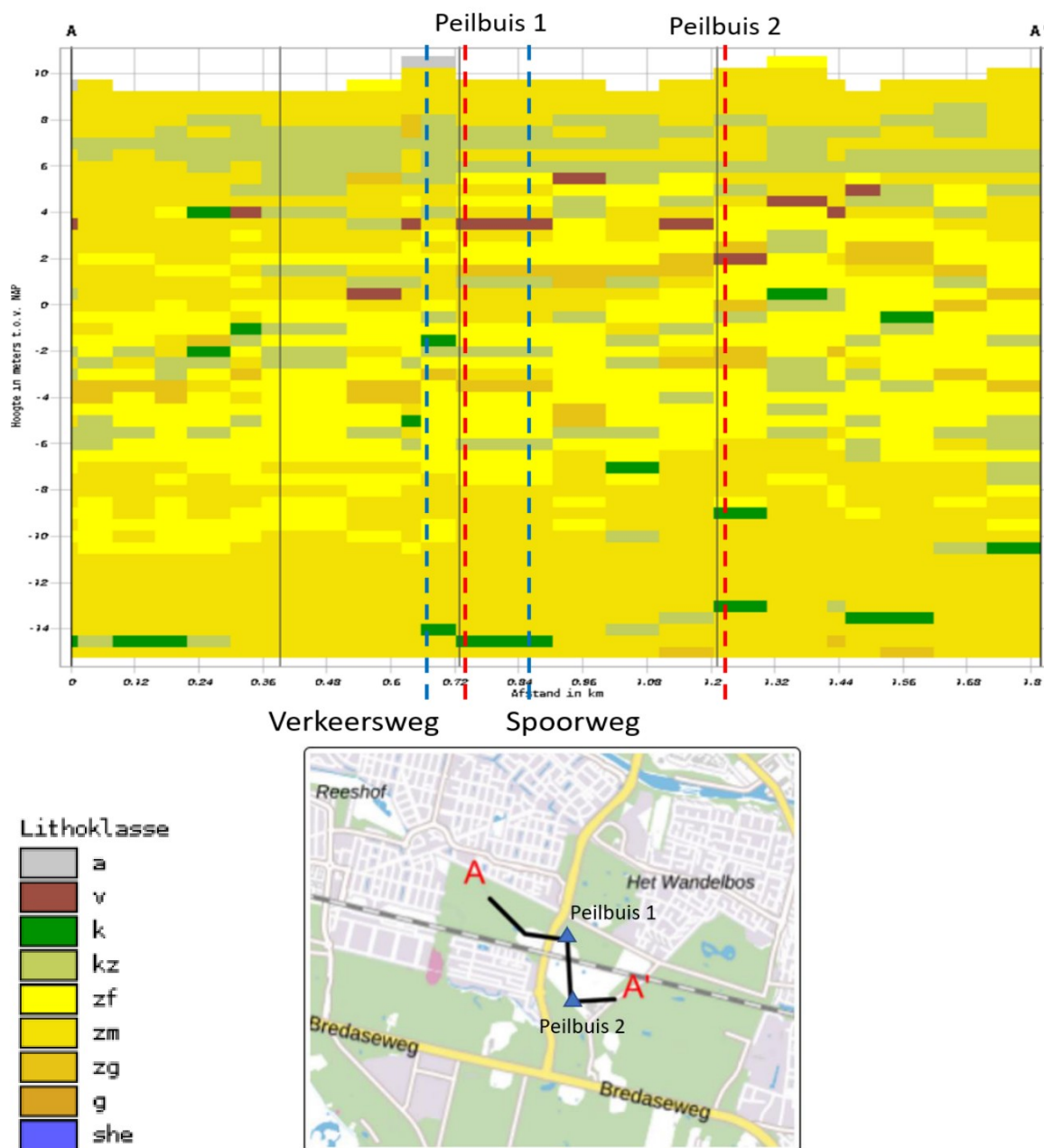
Figuur 2 Bodemkaart schaal 1:50.000

#### 2.1.2. Ondergrond

De ondergrondopbouw in Drasse Driehoek is bepaald aan de hand van BRO GeoTop v1.6. In GeoTop is het mogelijk om een dwarsdoorsnede van de laagopbouw weer te geven (Figuur 3). De ondergrond bestaat voor een groot deel uit fijn zand en matig fijn zand met leemhoudende tussenlagen en een geringe kans op veen.



De kans op leemlagen neemt naar de diepte toe geleidelijk af. Volgens DINOloket zijn aan de rand van het projectgebied twee peilbuizen aanwezig. De locaties van deze peilbuizen zijn ook in Figuur 3 weergegeven.



Figuur 3: Doorsnede Drasse Driehoek

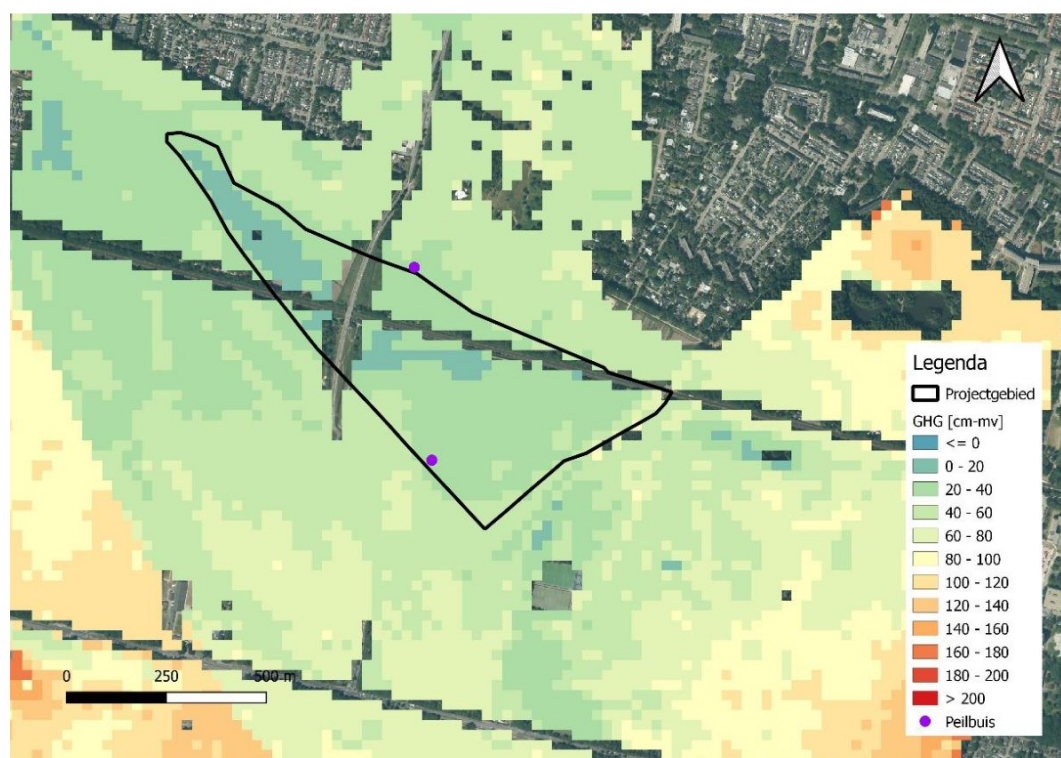


## 2.2. Grondwater

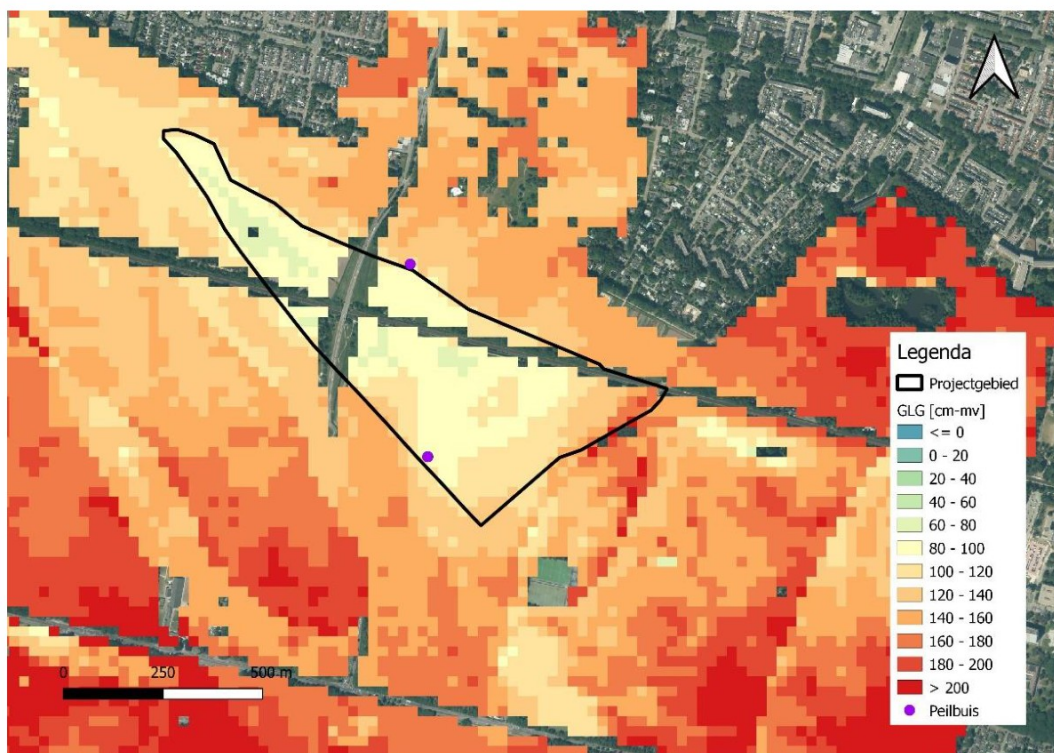
### 2.2.1. Grondwaterstand o.b.v. grondwaterkaarten

Uit grondwaterkaarten [7] voor het projectgebied blijkt dat de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) tussen 0 en 60 cm-mv varieert en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) tussen 80 en 180 cm-mv varieert. De GHG en GLG kaarten zijn in Figuur 4 en Figuur 5 opgenomen.

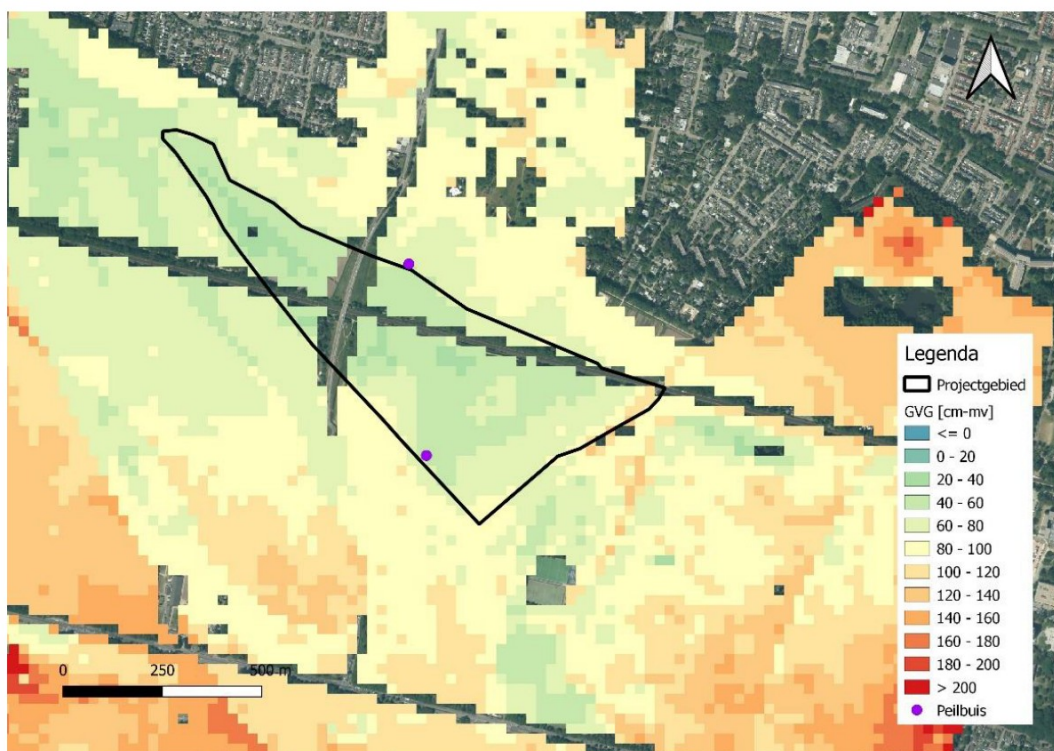
De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand is van belang voor natuurontwikkeling en varieert tussen 20 en 100 cm-mv (Figuur 6). Uit de grondwatertrappenkaart (Gt in Figuur 7) blijkt duidelijk dat de drasse driehoek een natte enclave is binnen een veel drogere omgeving. Rond de gebiedsgrens gaan de natte Gt II en Gt III al snel over in de veel drogere Gt VI.



Figuur 4: Kaart GHG

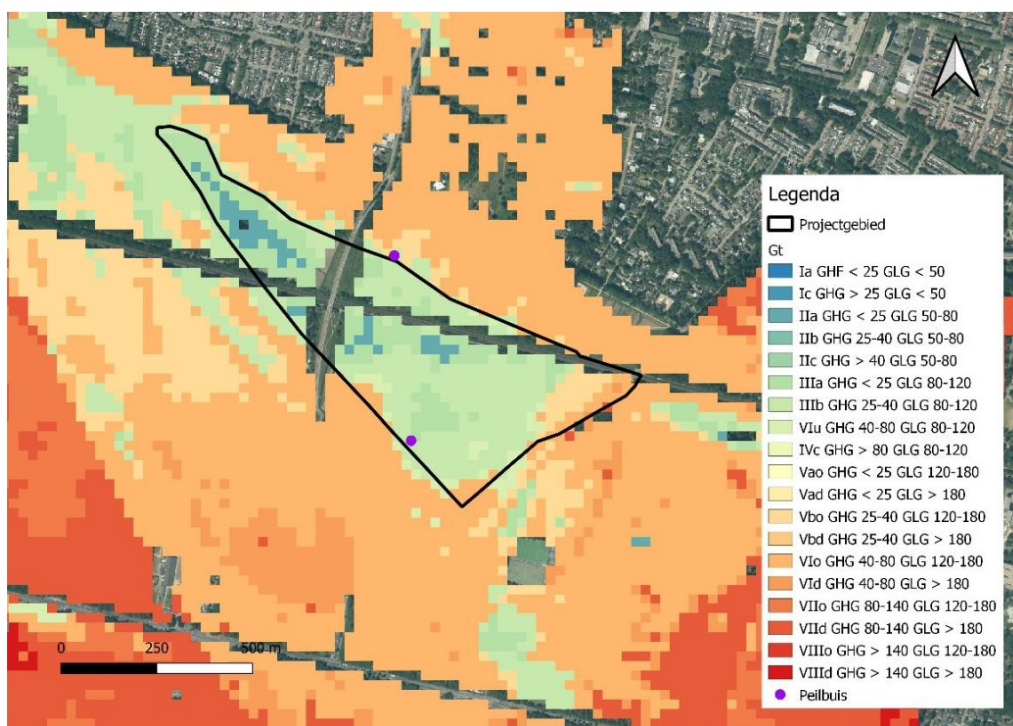


Figuur 5: Kaart GLG



Figuur 6: Kaart GVG



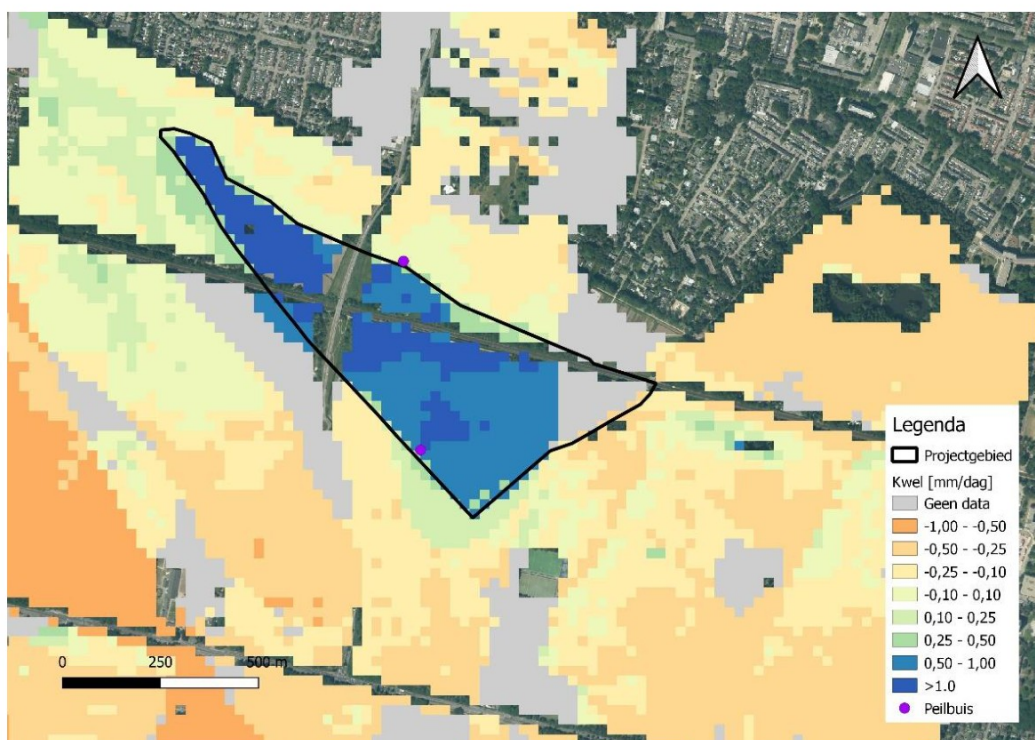


Figuur 7: Kaart GT

### 2.2.2. Kwel

De Drasse Driehoek betreft een kwelgebied (Figuur 8). De abrupte overgang tussen de Drasse Driehoek en de omgeving komt ook tot uiting in de kwel. Uit de kwelkaart blijkt dat de kwelintensiteit het hoogste is in het noordwesten van het gebied. In het hele gebied is sprake van kwel.





Figuur 8: Kaart kwel

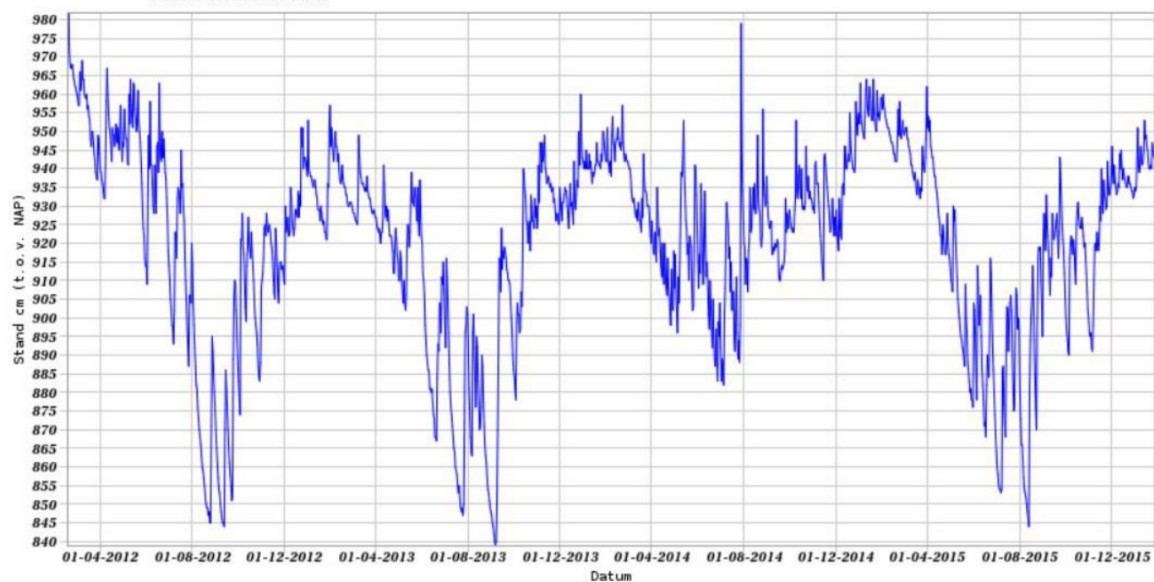
### 2.2.3. Grondwaterstand o.b.v. peilbuismetingen

De gemeten grondwaterstanden in peilbuizen 1 en 2 zijn in de onderstaande figuren te vinden. In peilbuis 1 ligt de filter tussen -5,06m t.o.v. maaiveld en -6,06m t.o.v. maaiveld. In peilbuis 2 ligt de filter tussen -2,31m t.o.v. maaiveld en -2,81m t.o.v. maaiveld. Om te kunnen bepalen of de gemeten waterstanden in een peilbuis ook representatief zijn voor de freatische grondwaterstand is het van belang inzicht te hebben in de peilbuissituatie in het hydrologische systeem. Uit de grondwatertrappenkaart (Figuur 7) en de kwelkaart (Figuur 8) blijkt dat beide beschikbare peilbuizen aan de rand van het gebied de Drasse Driehoek liggen. In deze randzone is sprake van een abrupte overgang van hoog naar laag, van nat naar droog en van kwel naar wegzijging. Hierdoor staan deze peilbuizen niet op een representatieve locatie. Naast deze overgangen is ook de filterstelling van de peilbuis van belang om te kunnen beoordelen of de gemeten standen ook representatief zijn voor het freatisch vlak. Daarom is nader gekeken naar de laagopbouw van de ondergrond.



## Grondwaterstanden

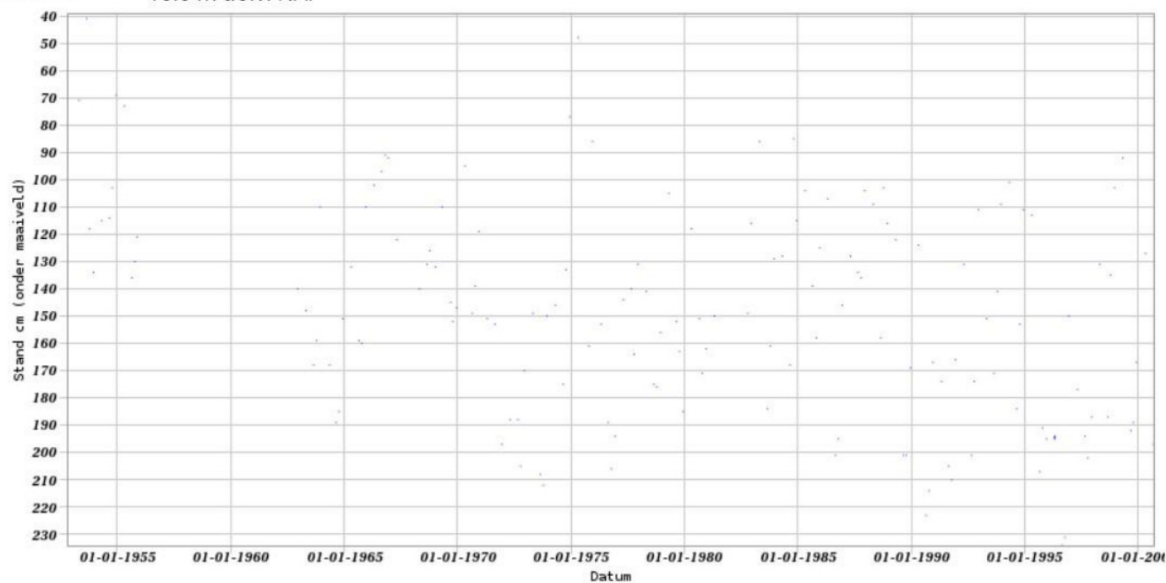
Identificatie: GMW000000004545  
Identificatie buis: GMW000000004545-001  
Coördinaten: 129556, 398082 (RD)  
Maaiveld: 10.06 m t.o.v. NAP



Figuur 9: Gemeten grondwaterstanden peilbuis 1

## Grondwaterstanden

Identificatie: B50E0461  
Identificatie buis: B50E0461-001  
Coördinaten: 129600, 397600 (RD)  
Maaiveld: 10.6 m t.o.v. NAP



Figuur 10: Gemeten grondwaterstanden peilbuis 2



Ter plaatse van de peilbuizen is de grondopbouw afgeleid. Deze zijn in de onderstaande tabellen opgenomen.

Tabel 1: Grondopbouw ter plaatse van peilbuis 1

Grondsoort	Begin laag [m t.o.v. maaiveld]	Eind laag [m t.o.v. maaiveld]	Dikte [m]
Zand midden	0	-2	2
Kleig zand	-2	-3	1
Zand midden	-3	-3,5	0,5
Kleig zand	-3,5	-4	0,5
Zand fijn	-4	-4,5	0,5
Zand midden	-4,5	-5	0,5
Zand fijn	-5	-5,5	0,5
Zand midden	-5,5	-6,0	0,5
Veen	-6,0	-6,5	0,5
Zand midden	-6,5	-7	0,5
Zand fijn	-7	-8	1
Zand grof	-8	-8,5	0,5
Kleig zand	-8,5	-9	0,5
Zand midden	-9	-10,5	1,5
Zand fijn	-10,5	-11,5	1
Kleig zand	-11,5	-12	0,5
Zand fijn	-12	-12,5	0,5
Zand midden	-12,5	-13	0,5
Zand grof	-13	-13,5	0,5
Zand fijn	-13,5	-15,5	2

Tabel 2: Grondopbouw ter plaatse van peilbuis 2

Grondsoort	Begin laag [m t.o.v. maaiveld]	Eind laag [m t.o.v. maaiveld]	Dikte [m]
Zand midden	0	-2	2
Kleig zand	-2	-2,5	0,5
Zand midden	-2,5	-4	1,5
Kleig zand	-4	-4,5	0,5
Zand midden	-4,5	-5	0,5
Kleig zand	-5	-5,5	0,5
Zand midden	-5,5	-6	0,5
Zand fijn	-6	-7,5	1,5
Zand grof	-7,5	-8	0,5
Veen	-8	-8,5	0,5
Zand fijn	-8,5	-10	1,5



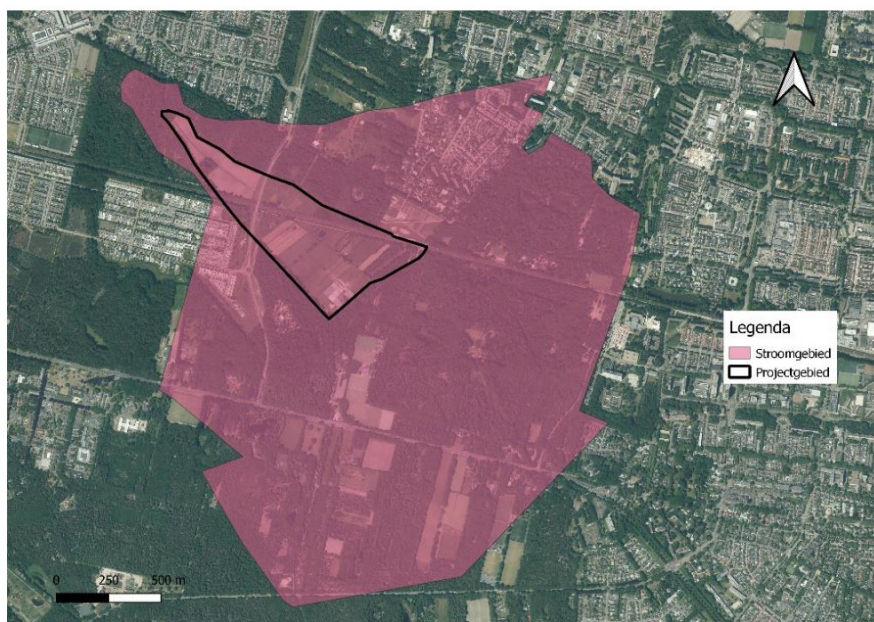
Grondsoort	Begin laag [m t.o.v. maaiveld]	Eind laag [m t.o.v. maaiveld]	Dikte [m]
Zand grof	-10	-10,5	0,5
Kleiig zand	-10,5	-11	0,5
Zand fijn	-11	-12	1
Zand grof	-12	-13	1
Zand fijn	-13	-16	3

Ter plaatse van beiden peilbuizen zijn er boven het filter kleiige lagen aanwezig. Ook hieruit blijkt dat de gemeten grondwaterstanden niet representatief zijn voor de freatische grondwaterstand in de Drasse Driehoek. Het betreft niet de in de toplaag gemeten grondwaterstand maar de grondwaterstand van het watervoerende zandpakket waarin de filter zich bevindt [6].

Uit Figuur 3 blijkt dat er ruimtelijke variaties zijn in de grondopbouw. Vanwege deze variaties is de grondopbouw ter plaatse van peilbuis 2 als representatief gekozen.

### 2.3. Maatgevende afvoer

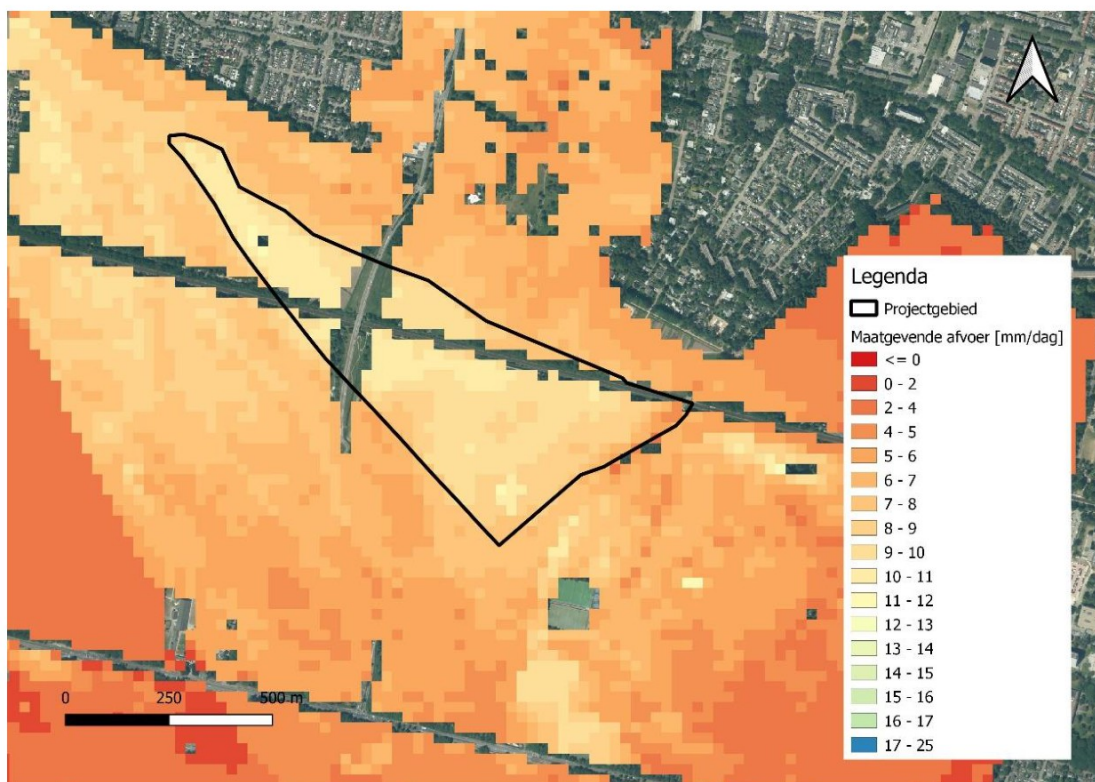
In de rapportage 'Waterhuishouding Drasse Driehoek' [1] is geconcludeerd dat het gesimuleerde afvoer in het projectgebied groter is dan de gemeten afvoer in het benedenstroomse meetpunten (5,8 tegen 3,2 m<sup>3</sup>/s). Om de afvoer te valideren is deze opnieuw berekend op basis van de maatgevende afvoer kaart [7], zie Figuur 12.



Figuur 11: Stroomgebied volgens afbeelding 4.3 in [1]

Uit een GIS-analyse blijkt dat de gemiddelde maatgevende afvoer 5,6 mm/dag bedraagt, en volgens afbeelding 4.3 in [1] is de totale oppervlakte van het stroomgebied ongeveer 4178159m<sup>2</sup>. Het stroomgebied is ook in Figuur 11 weergegeven. Hiermee is de berekende totale afvoer van het stroomgebied 0,27m<sup>3</sup>/s, wat

veel lager is dan de gemeten en de gesimuleerde afvoer. Dit verschil betekent dat of het stroomgebied in de werkelijkheid veel groter is, dat er extra water op het gebied wordt geloosd of dat de eenheden die in [1] gegeven zijn niet correct zijn. Het is dan ook verstandig dit nader te analyseren.



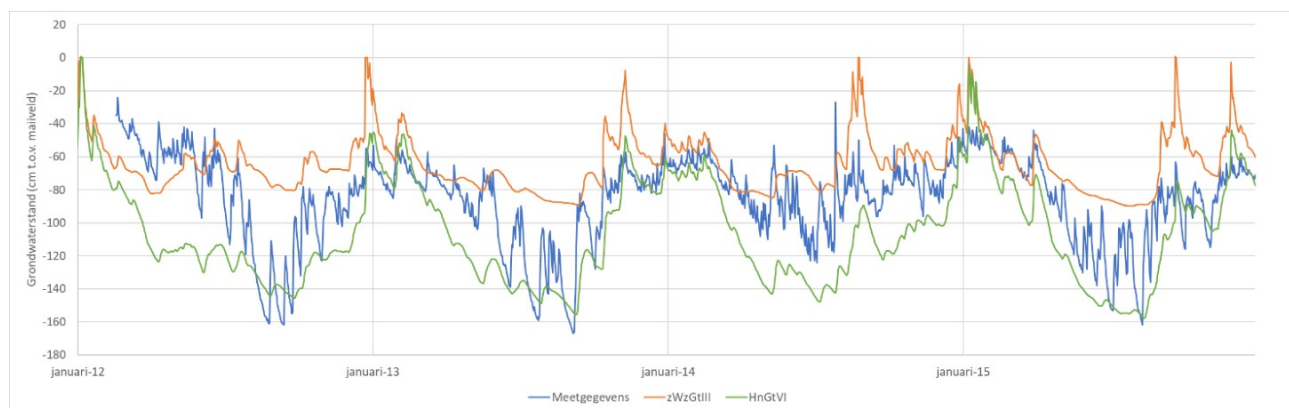
Figuur 12: Kaart maatgevende afvoer



### 3 Aanvullend onderzoek grondwatersituatie

In de rapportage 'Waterhuishouding Drasse Driehoek' [1] is gebruik gemaakt van het oppervlaktewatermodel Sobek om de voorgenomen waterhuishoudkundige ingrepen mee door te rekenen. Met het oppervlaktewatermodel kunnen de te verwachte effecten op het oppervlaktewaterpeil en de afvoer worden berekend. Voor een inschatting van de te verwachte effecten op het grondwater is gebruik gemaakt van het model SWAP. SWAP staat voor Soil, Water, Atmosphere en Plant. Met het model kan het transport van water en de daarin opgeloste stoffen in de onverzadigde en verzadigde bodem worden gesimuleerd. Het model is ontwikkeld om de stroming van water op veldschaal te simuleren. Het model is vooral geschikt voor het modelleren van de interactie tussen grond- en oppervlaktewater. Daarom is het model gebruikt om de veranderingen in het oppervlaktewaterpeil te vertalen naar de te verwachte effecten op het grondwater.

Alhoewel de gemeten grondwaterstanden in de randzone van de Drasse Driehoek niet representatief zijn voor het gebied is er wel bekeken of deze metingen konden worden gereproduceerd (Figuur 13). Gezien de ligging van de peilbuis net buiten de Drasse Driehoek is voor de buislocatie gebruik gemaakt van een veldpodzolgrond met een grondwatertrap VI (HnGtVI). Gebruikmakend van deze drogere grond komt de gemeten stijghoogte redelijk goed overeen met de berekende grondwaterstand. De Drasse Driehoek bestaat echter uit een broekeerdgrond met overwegend grondwatertrap III (zWzGtIII). Deze nattere situatie is dan ook gebruikt om het effect van de peilverhoging van het oppervlaktewater mee door te rekenen.



Figuur 13 Berekende en gemeten grondwaterstanden voor de huidige situatie

Voor de uitgangssituatie is uitgegaan van een Grondwatertrap III (Gt III). De GHG is 32 cm en de GLG bedraagt 86 cm (Tabel 3). Naast veranderingen in de grondwaterstandskarakteristiek als gevolg van inrichtingsmaatregelen is het ook van belang om meer extreme omstandigheden in ogenschouw te nemen. Voor de droge situatie is daarom gekeken naar de effecten op de LG3 in een 10% droog jaar en voor de natte situatie is gekeken naar inundatieomstandigheden. De inundatieomstandigheden kunnen worden onderverdeeld in plasvorming en wateroverlast. Bij plasvorming stijgt het grondwater voor kleine gedeeltes in het perceel tot in maaiveld waardoor plassen op het land gaan ontstaan. Naarmate de natte omstandigheden extremer worden stijgt het grondwater verder. Indien er sprake is van plasvorming op meer





dan de helft van een perceel kan worden gesproken van wateroverlast. Voor de mate van plasvorming en wateroverlast is gebruik gemaakt van het aantal dagen dat de grondwaterstand een laag maaiveldniveau overschrijdt (plasvorming) en het aantal dagen dat het gemiddelde maaiveldniveau wordt overschreden (wateroverlast).

Tabel 3: Rekenresultaten op basis van berekeningen met het model SWAP

	Huidig	Peilopzet	Verschil	Eenheden
GHG	-32,2	-26,7	5,5	cm tov mv
GLG	-86,1	-79,8	6,3	cm tov mv
Gt	IIIb	IIb		-
LG310%	-92,2	-85,4	6,8	cm tov mv
Plasvorming	7	10,5	3,5	d/j
Wateroverlast	3,4	4,9	1,5	d/j

Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van een klimaatreeks van 30 jaar (1991-2020) voor KNMI-neerslagstation Tilburg. Alle rekenresultaten zijn gebaseerd op deze 30 jaar. Bij de peilopzet is gebruik gemaakt van een peilverhoging van 10 cm. Uit de resultaten (Tabel 3) blijkt dat een peilstijging van 10 cm van het oppervlaktewaterpeil een effect van ruim 5 cm op de grondwaterstand (GHG +5,5 GLG +6,3 cm). Onder droge omstandigheden is de stijging bijna 7 cm. Dit betekent dat de bodem bij een peilstijging gemakkelijker van vocht kan worden voorzien. Ook onder natte omstandigheden heeft een peilstijging van 10 cm ook gevolgen voor wateroverlast en plasvorming. Het aantal dagen met plassen op het land neem in de berekeningen toe van gemiddeld 7 dagen per jaar naar 10,5 dagen per jaar. Dit is evenals voor wateroverlast een toename van circa 30% van de tijd.

De berekende veranderingen in de kwel blijven beperkt deze is gemiddeld ruim 1 mm/dag en neemt als gevolg van de peilstijging iets af. Gezien de relatief hoge kwel is de afname relatief gering.



## 4 Analyse uitstralingseffecten

### 4.1. Theoretische achtergrond

Voor de bepaling van de uitstralingseffecten worden analytische oplossingen gehanteerd die zijn ontleend aan Mazure [3]. Bij de bepaling van de grondwaterstandsverandering spelen de spreidingslengte en de drainage weerstand een cruciale rol. Hierbij is de spreidingslengte een maat voor de invloedsafstand van de peilverschillen en deze wordt bepaald met:

$$\lambda^* = \sqrt{kD}c^*$$

Waarin:

$\lambda^*$  = spreidingslengte (m)

$k$  = doorlaatfactor (m/d)

$D$  = laagdikte (m)

$c^*$  = vervangende weerstand van het afdekkende pakket (d)

De vervangende  $c$ -waarde ( $c^*$ ) is bepaald op basis van de formule van Ernst [4] en is afhankelijk van de verdeling tussen de doorlatende en ondoorlatende grondlagen in de bodem. Hierbij wordt voor  $c^*$  de onderstaande formule gehanteerd:

$$c^* = c_1 + \alpha \cdot c_d$$

Waarin:

$c_1$  = drainageweerstand van het eerste watervoerende pakket (d)

$\alpha$  = vormfactor [-]

$c_d$  = drainageweerstand volgens grondwatertrappen (d)

Met de bovenstaande formules kan het effect van twee gebieden met een verschillend peil worden bepaald. Hierbij is de formule van Edelman [5] gehanteerd. Een visualisatie hiervan is in Figuur 14 te zien.

$$\frac{Q_x}{Q_0} = \frac{(\varphi_p - \varphi_x)}{(\varphi_p - \varphi_k)} = e^{-\frac{x}{\lambda^*}}$$

Waarin:

$Q_x$  = debiet in het eerste watervoerend pakket op een afstand  $x$  (m<sup>3</sup>/dag)

$Q_0$  = debiet in het eerste watervoerend pakket op een afstand 0 (m<sup>3</sup>/dag)

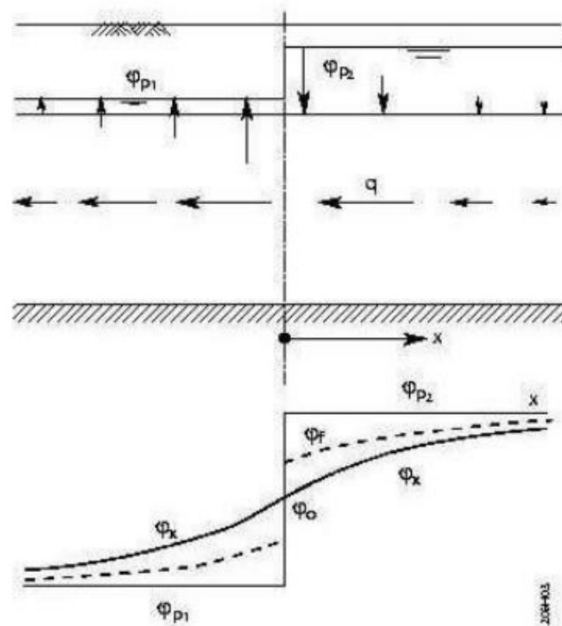
$\varphi_x$  = stijghoogte in het eerste watervoerend pakket op een afstand  $x$  (m)

$\varphi_p$  = polderpeil (m)

$\varphi_k$  = stijghoogte in het eerste watervoerend pakket op de grens tussen de twee gebieden (m)

$\lambda^*$  = spreidingslengte (m)

$x$  = afstand (m)



Figuur 14: Overzicht van de effecten van 2 gebieden met een verschillend polderpeil

## 4.2. Uitgangspunten

Voor de analyse van de uitstralingseffecten worden de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

### 4.2.1. Grondwatertrap

Uit de GT-kaart is de grondwatertrap afgeleid. Voor het projectgebied is Gt III als meest representatieve Gt gehanteerd.

### 4.2.2. Oppervlaktewater

Het oppervlaktewaterpeil in de toekomstige situatie is met SOBEK gemodelleerd. Hieruit blijkt dat met name rondom de onderdoorgang van de Burgemeester van Voorst tot Voorstweg en in de spoorsloot er verschillen te zien zijn in het waterpeil. In de toekomstige situatie is de waterstand in natte situaties op deze locaties circa 6cm hoger geworden [1]. Het toekomstige waterpeil is hoger bovenstrooms dan benedenstrooms. Door het verschil in maaiveldhoogtes kan het waterpeil verschillen. Uit het rapport in [1] blijkt dat de waterstand in de toekomstige situatie met maximaal 10cm kan stijgen. Voor de analyse van de uitstralingseffecten is daarom een conservatief peilverschil van 10cm aangehouden.

### 4.2.3. Doorlatendheid

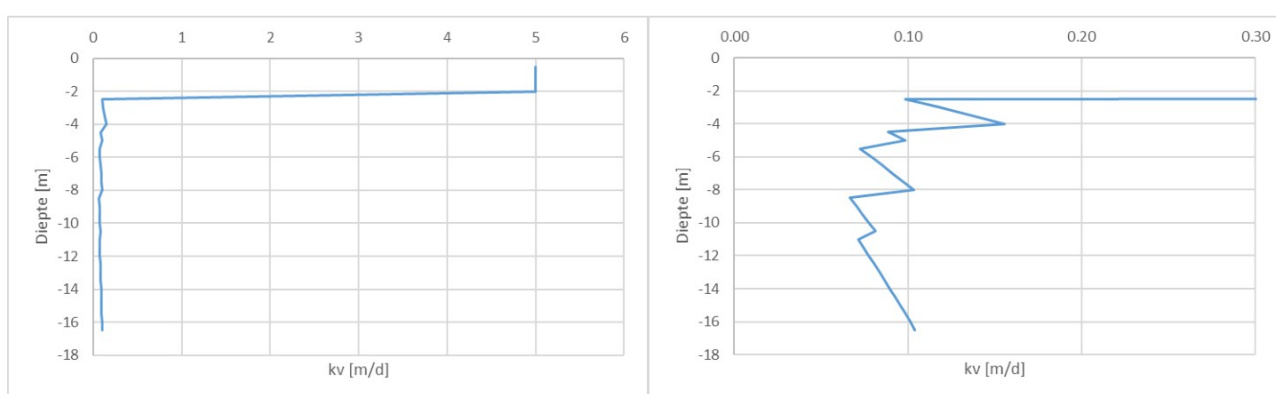
Op basis van de representatieve bodemopbouw in Tabel 2 is de verticale (kv) en horizontale (kh) doorlatendheid van de grondlagen bepaald. De gehanteerde kv en kh waarden zijn in Tabel 4 opgenomen. Het voortschrijdend gemiddelde van de verticale en horizontale doorlatendheid zijn berekend bij toenemende diepte en de resultaten zijn in Figuur 15 en Figuur 16 weergegeven. Voor de ondergrond wordt een gemiddelde kv waarde van 0,1m/dag en een gemiddelde kh waarde van 3,5m/dag gehanteerd.



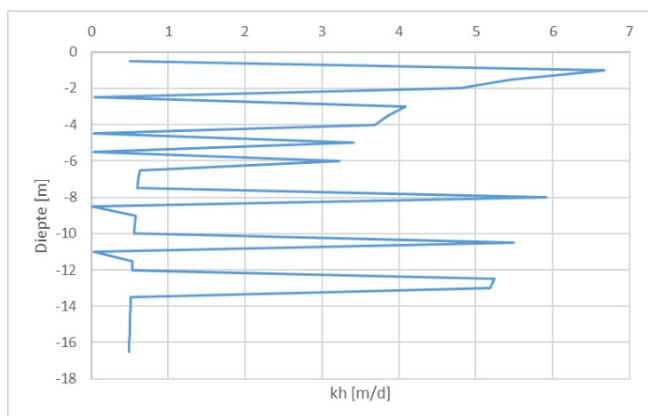


Tabel 4: Kv en kh per grondsoort

Grondsoort	Kv [m/dag]	Kh [m/dag]
Zand fijn	1	2
Zand midden	5	10
Zand grof	10	20
Kleiig zand	0,02	0,1
Veen	0,01	0,05



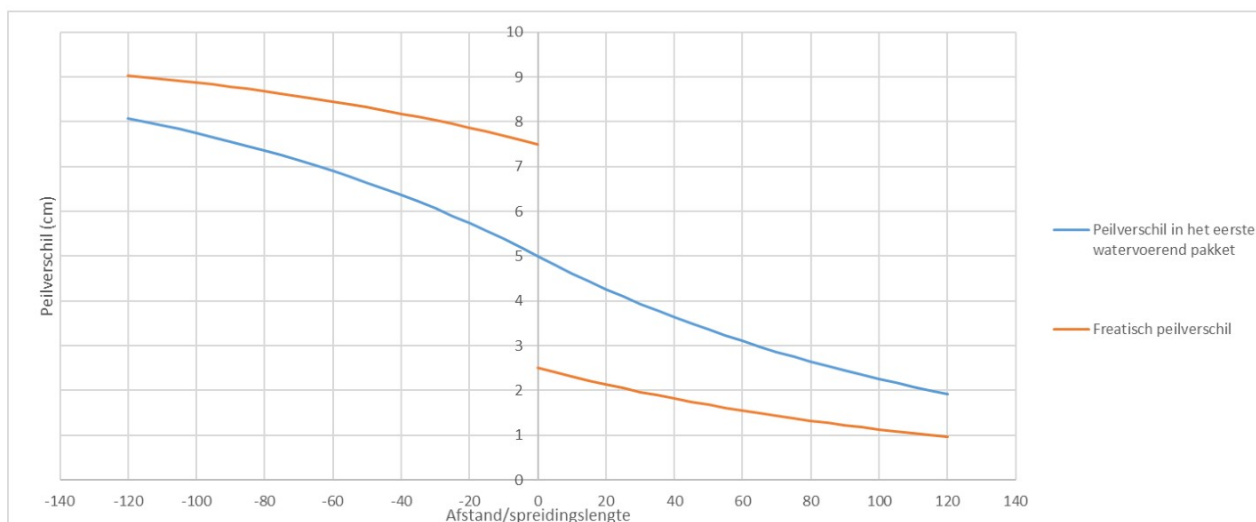
Figuur 15: Voortschrijdend gemiddeld van de verticale doorlatendheid (rechts: ingezoomd)



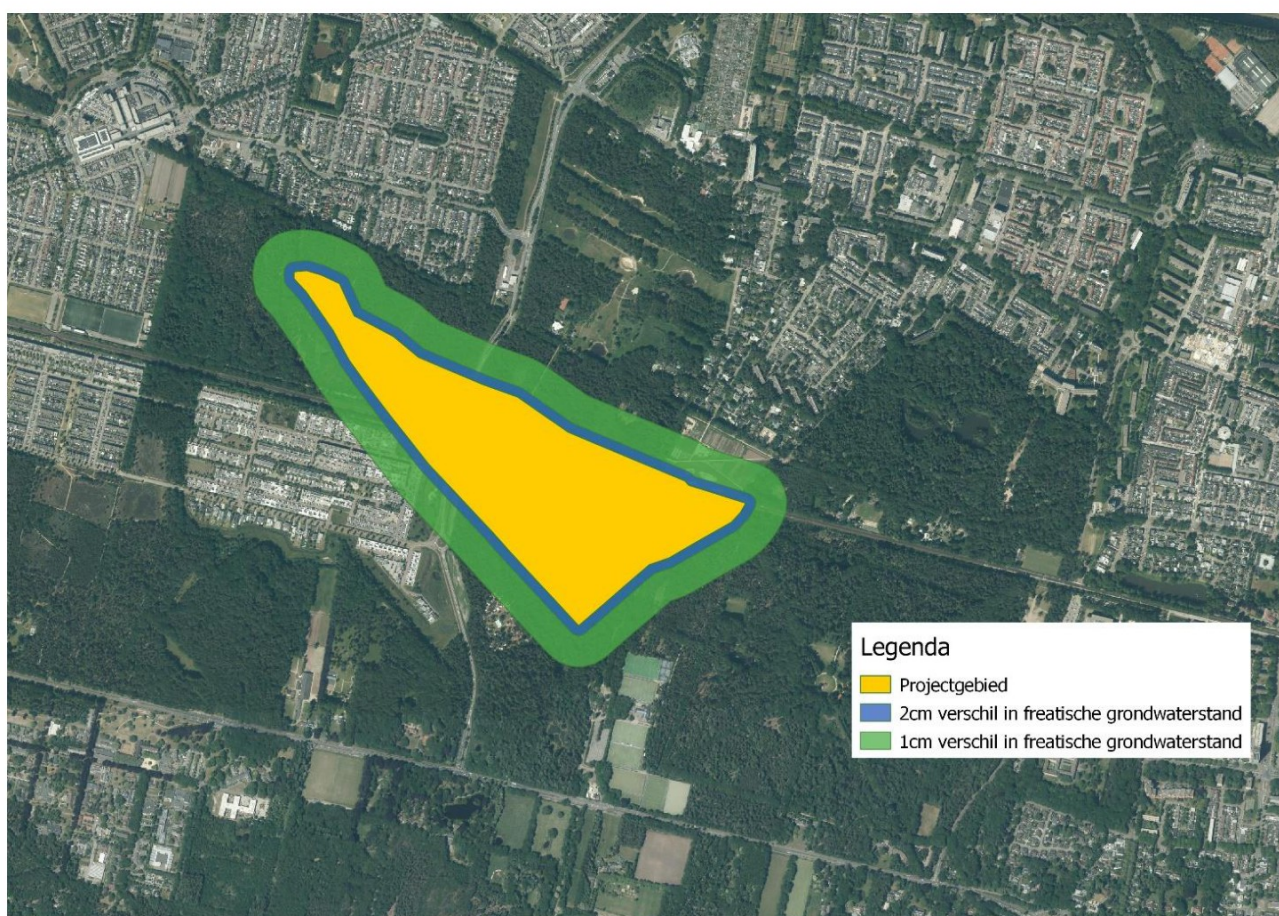
Figuur 16: Voortschrijdend gemiddeld van de horizontale doorlatendheid.

### 4.3. Resultaten

De uitstralingseffecten zijn in Figuur 17 en Figuur 18 weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat de freatische grondwaterstand 2cm hoger is op een afstand van 27,5m. Op een afstand van 115m is de freatische grondwaterstand 1cm hoger.



Figuur 17: Effecten van 2 gebieden met een verschillend oppervlaktewaterpeil (afstand<0: projectgebied Drasse Driekhoek, afstand>0: omliggende gebieden buiten Drasse Driekhoek)



Figuur 18: Ruimtelijke weergave van het verschil in freatische waterstand in de omgeving van Drasse Driekhoek



## 5 Effecten van drooglegging op spoordijk

### 5.1. Uitgangspunten

In de toekomstige situatie zal het waterpeil in de spoorstoot en de freatische grondwaterstand tijdens een neerslaggebeurtenis iets toenemen. Voor de analyse van de veranderende drooglegging op de stabiliteit van de spoordijk is een eenvoudige berekeningen opgesteld in D-Geo Stability. Hiervoor zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

#### 5.1.1. Drooglegging

De drooglegging (afstand tussen maaiveld en het oppervlaktewaterpeil) van de spoordijk in de toekomstige situatie is ongeveer 1,9 m. In de huidige situatie bedraagt dit ongeveer 2 m. Hiermee wordt voldaan aan de door ProRail gehanteerde minimale drooglegging van 1,7 meter.

#### 5.1.2. Dwarsprofiel

Het dwarsprofiel van de spoordijk is op basis van AHN data afgeleid. Er wordt aangenomen dat de bodem van de sloot 1m onder het huidig waterpeil ligt, en dat de bodembreedte van de sloot 1,5m is. Dit is een standaardwaarde die wordt aangenomen.

#### 5.1.3. Grondopbouw

De gehanteerde grondopbouw is een vereenvoudigde versie van de grondopbouw ter plaatse van de spoordijk in Figuur 3. De grondlagen en de sterkteparameters hiervan zijn in Tabel 5 opgenomen.

Tabel 5: Gehanteerde grondopbouw en sterkteparameters

Grondsoort	Begin laag [m t.o.v. maaiveld]	Eind laag [m t.o.v. maaiveld]	Dikte [m]	Volumegewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	c [Kpa]	φ [°]
Antropogeen zand	0	-2	2	17,2	0	30
Leem	-2	-4	2	16,3	23,1	23,1
Pleistoceen zand	-4	-5	9	20	0	30

#### 5.1.4. Stijghoogte en freatische grondwaterstand

De freatische grondwaterstand in de huidige situatie en de toekomstige situatie is afgeleid uit de resultaten van het SWAP model. In de huidige GHG situatie is deze 32cm onder maaiveld in de toekomstige GHG situatie is deze 27cm onder maaiveld. De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is aan de peilbuismetingen ontleend, en deze bedraagt 9,3m.

#### 5.1.5. Verkeersbelasting

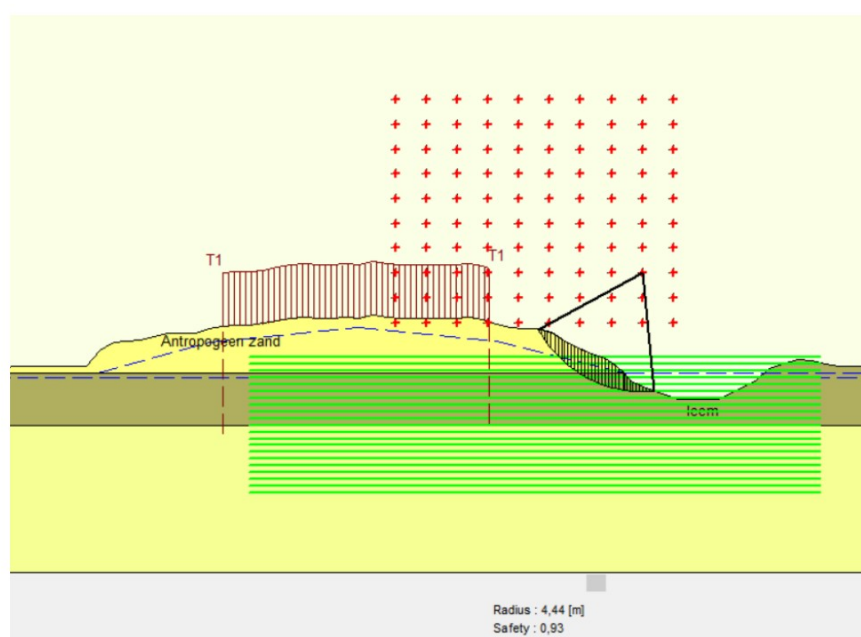


Als verkeersbelasting boven de spoordijk is  $15 \text{ kN/m}^2$  aangenomen. Deze verkeersbelasting is aanwezig over een breedte van 10m.

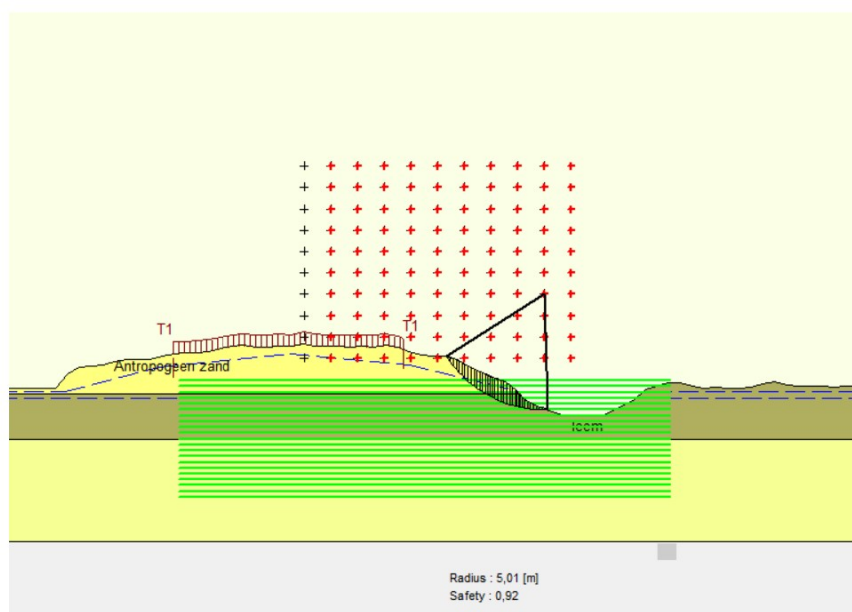
## 5.2. Resultaten

Uit de resultaten blijkt dat de binnenwaarts stabiliteitsfactor van de dijk in de huidige situatie 0,93 bedraagt en in de toekomstige situatie 0,92 bedraagt. Het verschil tussen deze stabiliteitsfactoren is hiermee 0,01. De veranderende drooglegging heeft daarom geen significant effect op de stabiliteit van de spoordijk.

Een grafische weergave van de schematisatie en de resultaten zijn in Figuur 19 en Figuur 20 opgenomen.



Figuur 19: Berekende SF huidige situatie



Figuur 20: Berekende SF toekomstige situatie



## 6 Conclusie

---

De geplande waterhuishoudkundige maatregelen zorgen voor een vernatting binnen het projectgebied van de Drasse Driehoek. De stijging van het oppervlaktewaterpeil die in de orde is van 10 cm in het projectgebied heeft een stijging van het grondwater van 5 tot 7 cm tot gevolg. Als gevolg van de vernattingsmaatregelen zal naast het stijgen van het grondwaterniveau ook inundatie in de vorm van plasvorming op maaiveld en wateroverlast iets toenemen. De huidige plasvorming die gemiddeld 7 dagen per jaar zal optreden stijgt naar ruim 10 dagen per jaar. Gedurende droge perioden zal het grondwater als gevolg van een peilstijging van 10 cm ongeveer 7 cm minder ver uitzakken.

Naast de gewenste effecten binnen de Drasse Driehoek hebben de vernattingsmaatregelen ook effecten op de grondwaterstand in de omliggende gebieden. Uit de analyse blijkt de vernatting van de Drasse Driehoek een beperkt uitstralingseffect te hebben op de omgeving. De grondwaterstand op een afstand van 27,5m zal 2cm hoger geworden, en de grondwaterstand op een afstand van 115m zal 1cm hoger geworden.

De vernattingsmaatregelen kunnen ook van invloed zijn op de stabiliteit op de spoordijk. Daarom is voor de analyse van de veranderende drooglegging op de stabiliteit van de spoordijk is een eenvoudige analyse uitgevoerd. Uit de resultaten blijkt dat de binnenwaarts stabiliteitsfactor van de dijk in de huidige situatie 0,93 bedraagt en in de toekomstige situatie 0,92 bedraagt. Het verschil tussen deze stabiliteitsfactoren is hiermee 0,01. De veranderende drooglegging en hiermee samenhangende veranderingen in de grondwaterstand hebben derhalve geen significant effect op de stabiliteit van de spoordijk.

Verder is de gesimuleerde afvoer in [1] groter dan de gemeten afvoer, zoals beschreven in paragraaf 2.3. Het wordt aanbevolen om aanvullend onderzoek uit te voeren naar de oorzaak hiervan. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door een meter bij de benedenstroomse stuw te plaatsen om de modelresultaten te vergelijken met de werkelijkheid. Na dit onderzoek kan worden geconcludeerd of de huidige stuwen en duikers voldoende gedimensioneerd zijn.





## Referenties

---

- [1] Wittenveen + Bos, Waterhuishouding Drasse Driehoek, 19 mei 2021
- [2] Stowa, De actuele Gt-kaart, <https://atlaterra.nl/grondwaterkaart>
- [3] Mazure, Geohydrologische gesteldheid van de Wieringermeer, 1936
- [4] Ernst, Wegzijing en kwel: de grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden, 1983
- [5] Edelman, Grondwater hydraulic for extensive aquifers, 1972
- [6] WOT, Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden, juli 2009, <https://edepot.wur.nl/133456>
- [7] Van der Gaast et al., Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken 2007, <https://edepot.wur.nl/343128>