

# Rapportage water, bodem en klimaat

MER Zuidplaspolder

*We benadrukken graag dat het een ambtelijke concept rapportage is die we als gemeente in deze fase van het MER ook ambtelijk beoordelen voor het geven van een reactie. Hierover heeft nadrukkelijk nog geen bestuurlijke afstemming plaatsgevonden.*

*We nemen graag ambtelijke, informele reacties van andere ambtelijk betrokkenen mee in het vervolg, ter aanscherping van deze concept rapportage voordat het bestuurlijk verder wordt voorbereid. Daarom sturen we in deze fase het rapport ook naar onze vooroverleg partners en regionale ambtelijke overleg partners. Met dit concept rapport sorteren we voor op de keuze van het voorkeursalternatief (VKA) voor het definitieve MER, een besluit dat wordt voorgelegd aan het college van B&W van Zuidplas. We weten in elk geval dat het VKA een combinatie wordt van maatregelen uit de verschillende in het MER beschreven en beoordeelde alternatieven. Het voorkeursalternatief is nadrukkelijk dus nog niet bepaald, maar in het MER zijn wel punten van aandacht voor de keuze van het VKA opgenomen.*

*We vertrouwen erop dat het rapport niet met andere partijen of betrokkenen zonder onze schriftelijke toestemming wordt gedeeld.*



## Verantwoording

**Titel:** Rapportage water, bodem en klimaat  
**Onderwerp:** MER Zuidplaspolder  
**Projectnummer:** 51007971  
**Klant:** Gemeente Zuidplas  
**Referentienummer:** Text.  
**Versie:** C3

**Datum:** 4 november 2022

**Auteur:** Nikéh Booister, Julia de Niet, Harm Nomden,  
Harrie Gielen, Adrie Otten, Arend van  
Woerden, Ayla Algoe  
**E-mailadres:** Nikeh.booister@sweco.nl

**Gecontroleerd door:** Alex Hekman  
**Paraaf gecontroleerd:**

**Vrijgegeven door:** Laurens van der Schraaf  
**Paraaf vrijgegeven:**

# Inhoudsopgave

1.	Inleiding .....	6
1.1	Aanleiding en doel .....	6
1.2	Leeswijzer .....	8
2.	Uitgangspunten .....	10
2.1	Studiegebied .....	10
2.2	Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen .....	10
2.3	Beoordelingskader en ingreep-effectrelaties .....	12
2.4	Aannames en uitgangspunten .....	12
2.5	Methodiek .....	13
3.	Alternatieven .....	15
4.	Referentiesituatie .....	17
4.1	Huidige situatie .....	17
4.2	Autonome ontwikkeling .....	39
5.	<b>Functioneren</b> systeem: ecohydrologische beschouwing .....	47
6.	Effectenbeoordeling water .....	57
6.1	Oppervlaktewaterkwantiteit .....	57
6.2	Water aan- en afvoer .....	71
6.3	Oppervlaktewaterkwaliteit .....	81
6.4	Grondwaterkwantiteit .....	90
6.5	Grondwaterkwaliteit .....	98
7.	Effectenbeoordeling bodem .....	102
7.1	Bodembeweging .....	102
7.2	Bodemkwaliteit (milieuhygiënisch onderzoek) .....	109
8.	Effectenbeoordeling klimaat .....	113
8.1	Waterveiligheid .....	113
8.2	Klimaatverandering: droogte en hittestress .....	124
9.	Conclusie en aanbevelingen voor het voorkeursalternatief .....	132
9.1	Onderbouwing voorkeursalternatief (VKA) .....	132
9.2	Nader te onderzoeken .....	140
10.	Effectbeoordeling VKA .....	144
10.1	Inleiding .....	144

10.2	Effectbeoordeling VKA .....	144
10.3	Leemten in kennis .....	144
10.4	Discussie .....	144
10.5	Advies voor verdere detaillering en uitwerking plannen .....	144
11.	Bibliografie.....	146

Concept

## Samenvatting

...

Concept

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

### 1.1.1 Bestemmingsplan en milieueffectrapportage Middengebied

De gemeente Zuidplas werkt aan de ontwikkeling van het Middengebied. Het gaat om een integrale gebiedsontwikkeling waarin ruimte wordt geboden aan woningen, bedrijvigheid, (maatschappelijke) voorzieningen, infrastructuur en natuur. De kern van de ontwikkeling wordt gevormd door de realisatie van een nieuw dorp van 8.000 woningen. Het plangebied ligt in de oksel van de A12 en de A20, tussen de kernen Nieuwerkerk a/d IJssel, Moordrecht en Zevenhuizen (Figuur 1-1).



Figuur 1-1 - Plangebied ontwikkeling Middengebied

Om de ontwikkeling van het Middengebied mogelijk te maken, moet een nieuw bestemmingsplan opgesteld worden. Het bestemmingsplan moet de planologische mogelijkheden bieden voor de ontwikkeling van het Middengebied. Bij de ontwikkeling van het Middengebied zijn belangrijke (milieu)effecten niet op voorhand uit te sluiten. De gemeente Zuidplas heeft

daarom besloten om bij het bestemmingsplan een milieueffectrapportage (m.e.r.) uit te voeren. Als onderdeel van de m.e.r. wordt een Milieueffectrapport (MER) opgesteld.

### 1.1.2 Doel voorliggend rapport

In het MER worden de effecten van de ontwikkeling van het Middengebied beschreven. Dit gebeurt voor alle relevante thema's die een relatie hebben met de fysieke leefomgeving. Een van de thema's waar in het MER aandacht aan wordt besteed is water, bodem en klimaat. Voorliggend rapport levert de input voor de effectbeschrijving en -beoordeling voor dit thema.

Dit rapport heeft in het proces van het MER op twee momenten input geleverd:

1. Een effectanalyse voor vijf alternatieven met als doel input leveren voor het samenstellen van een voorkeursalternatief.
2. Effectanalyse van het voorkeursalternatief.

#### 1. Vijf alternatieven

In de eerste stap zijn de effecten onderzocht van vijf alternatieven:

- Basisalternatief;
- Alternatief 'Maximaal klimaatrobuust';
- Alternatief 'Duurzame mobiliteit';
- Alternatief 'Circulair / duurzame energie';
- Alternatief 'Groen-blauw raamwerk'.

De alternatieven worden uitgebreid beschreven in het bijlagendocument Bijlage 4 Alternatievenbeschrijving bij het MER. Het basisalternatief is de ontwikkeling van het Middengebied zoals beschreven in het Masterplan Middengebied Zuidplaspolder (maart 2021), vastgesteld in de Bestuurlijke Overeenkomst voor de Ontwikkeling Middengebied Zuidplaspolder (juli 2021) en verder uitgewerkt in het Stedenbouwkundige Casco Middengebied Zuidplaspolder (januari 2022). Dit basisalternatief bevat uitgangspunten voor het programma van de woningbouw, het bedrijventerrein en de voorzieningen. Verder zijn in het basisalternatief uitgangspunten en ambities beschreven voor de invulling van de thema's

- natuur/groen;
- waterhuishouding;
- klimaatadaptatie;
- mobiliteit;
- circulariteit en energie.

In het basisalternatief zit als het ware het basis ambitieniveau van de gemeente voor het Middengebied.

De vier overige alternatieven kennen in beginsel dezelfde uitgangspunten als het basisalternatief. Per alternatief is daar bovenop voor het betreffende thema een maximaal ambitieniveau uitgewerkt. Bijvoorbeeld: in het alternatief 'maximaal klimaatrobuust' is maximaal invulling gegeven aan maatregelen die er toe leiden dat de ontwikkeling van het Middengebied zo klimaatrobuust mogelijk is. Voor de overige thema's is dit alternatief gelijk aan het basisalternatief. En zo is in het alternatief 'duurzame mobiliteit' maximaal invulling gegeven aan het thema duurzame mobiliteit.

Voorliggend rapport levert input voor de effectanalyse van de vijf alternatieven voor het thema water, bodem en klimaat.

### **Voorkeursalternatief**

Op basis van de effectanalyse van de vijf alternatieven is in het MER een Voorkeursalternatief (VKA) samengesteld. Dit VKA bestaat uit een combinatie van onderdelen/maatregelen uit de verschillende alternatieven. Daarnaast zijn ook zaken meegenomen die niet in het MER zijn meegenomen, maar wel van belang zijn in de keuzevorming. Denk bijvoorbeeld aan zaken als economische haalbaarheid, technische uitvoerbaarheid, risico's, etc. De elementen waaruit het VKA bestaat zijn beschreven in Bijlage 4 Alternatievenbeschrijving van het MER. Voor dit VKA is vervolgens gekeken of die leidt tot andere effecten dan reeds in beeld gebracht bij de vijf bovengenoemde alternatieven. In voorliggend rapport worden de effecten van het VKA beschreven voor het thema water, bodem en klimaat.

## 1.2 Leeswijzer

In [hoofdstuk 2](#) worden de uitgangspunten beschreven die zijn gehanteerd bij het onderzoek. Er wordt onder meer ingegaan op het studiegebied, de relevante kaders vanuit wet- en regelgeving en beleid, het beoordelingskader en de manier waarop het onderzoek is uitgevoerd.

De effecten van de planontwikkeling worden onderzocht ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie wordt gevormd door de huidige situatie, eventueel aangevuld met de autonome ontwikkelingen. Een beschrijving van de voor voorliggend onderzoek relevante referentiesituatie is opgenomen in [hoofdstuk 3](#).

In [hoofdstuk 4](#) worden de effecten van de vijf alternatieven beschreven. In dat hoofdstuk wordt eerst stil gestaan bij de beoordelingscriteria die worden gehanteerd. Vervolgens wordt per criterium de effecten beschreven en beoordeeld. Het hoofdstuk eindigt met een samenvatting en een conclusie van de effecten en de onderscheidende verschillen tussen de alternatieven.

Tot slot wordt in [hoofdstuk 5](#) in beeld gebracht wat de effecten zijn van het voorgestane voorkeursalternatief. Daarbij wordt ook aangegeven of er op dit moment nog sprake is van leemten in kennis.

Dit deelrapport heeft drie bijlagen. In bijlage 1 is een tabel opgenomen waarin de voor dit deelrapport relevante onderdelen van de onderzochte alternatieven zijn samengevat en in sommige gevallen verder zijn uitgediept. De tabel geeft inzicht in de gehanteerde peilen, watersysteem en maatregelen ten behoeve van o.a. waterberging, waterkwaliteit/-kwantiteit. Vervolgens is in bijlage 2 een waterbalans opgenomen. Op basis van deze waterbalans is ingeschat hoeveel kwel er is en hoeveel kwel er te verwachten valt in de verschillende alternatieven. Tot slot is in bijlage 4 een tabel opgenomen waarin is aangegeven op welke manier de eisen uit Convenant Klimaatadaptief Bouwen zijn meegenomen in dit onderzoek.

### **MER herziening omgevingsbeleid Provincie Zuid-Holland**

Op het moment van opstellen van het MER voor het Middengebied is de provincie Zuid-Holland bezig met een herziening van haar beleid, zodat de ontwikkeling van het



Middengebied zoals opgenomen in de overeenkomst van 1 juni 2021 hier binnen past. De herziening moet eind 2022 worden vastgesteld. Voor de Herziening is begin 2022 een provinciaal MER opgesteld (MER Herziening provinciaal omgevingsbeleid, Witteveen+Bos, maart 2022). In juli 2022 is een aanvulling opgesteld naar aanleiding van het toetsingsadvies van de Commissie m.e.r. Bij het MER voor het Middengebied is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de resultaten van dit provinciaal MER. Daaruit beschikbare informatie is ook meegenomen in voorliggend deelrapport.

Concept

## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Studiegebied

In het MER is het te onderzoeken gebied aangeduid met twee termen: het plangebied en het studiegebied. Het plangebied is het gebied waarbinnen de ontwikkelingen plaatsvinden. Het plangebied ligt in de oksel van de A12 en de A20, tussen de kernen Nieuwerkerk a/d IJssel, Moordrecht en Zevenhuizen. De noordzijde van het plangebied wordt begrensd door de het bedrijventerrein Doelwijk, de A12 en spoorweg Gouda - Rotterdam. De oostzijde van het plangebied wordt grotendeels begrensd door de A20. De zuid- en westzijde wordt begrensd door de N219, zie Figuur 1-1 (wit omliggende gebied).

Naast het plangebied is er het gebied waar de effecten van de ontwikkelingen mogelijk merkbaar zijn, het zogenaamde studiegebied. Het studiegebied omvat dus het plangebied en een gebied waar de verschillende omgevingseffecten duidelijk merkbaar zijn. Voor de wateraspecten beslaat het studiegebied een iets ruimer gebied dan het plangebied. Waterlopen of waterlichamen stoppen niet bij de grens van het plangebied.

### 2.2 Kadern wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen

Voor dit deelrapport is zijn de volgende kaders gehanteerd:

Nationaal en Europees beleid:

- Waterwet: Deze nationale wet regelt het beheer van sloten, plassen en singels en grondwater, en verbetert de samenhang tussen het waterbeheer en de ruimtelijke ordening.
- De Wet Bodembescherming (Wbb): Deze wet omvat regels om de bodem te beschermen. De Wbb stelt dat grondwater een onderdeel van de bodem is. De sanering van verontreinigde bodem en grondwater door middel van de Wbb geregeld.
- Kaderrichtlijn Water (KRW): de Europese Unie heeft regels vastgesteld voor de kwaliteit van het water in alle EU-lidstaten in de KRW. Hierin staat beschreven dat landen water moeten beschermen en de kwaliteit van het water moeten verbeteren. Ook verplicht de wet de landen om bij het gebruik, onderhoud en schoonmaken zo min mogelijk water en energie te gebruiken. Doelen uit het KRW moeten in 2027 zijn bereikt.

Wetten zijn algemeen en daardoor nog niet uitvoerbaar. Hoe de regels die zijn uitgelegd in de wetten moet worden uitgevoerd staat beschreven in de uitwerkingen van die wetten, de zogenaamde besluiten en beleid. Hieronder een overzicht van besluiten die voortvloeien uit nationale wetten.

In de Nationale Adaptatie Strategie worden daarnaast de 6 meest urgente klimaatrisico's geïdentificeerd. Drie van de klimaatrisico's worden opgepakt in het ontwikkelen van een klimaatbestendig dorp:

- Meer hittestress bij mensen door extreem weer;
- Vaker uitval delen van vitale en kwetsbare functies door extreem weer;
- Minder veerkracht van de natuur doorat de klimaatzones verschuiven;

HHSK regelgeving: de keur en de legger.

- o In de keur staan verlichtingen en onderhoudstaken met betrekking tot watergangen, dijken en andere objecten. De keur bestaat voornamelijk uit verboden, beschrijvingen van activiteiten die niet mogen op en rond het water.

HHSK beleid:

- o Waterbeheerprogramma 2022-2027:  
In het Waterbeheerprogramma staan de belangrijkste doelen van het waterschap voor de komende jaren uitgelijnd. Het is een sturend document en er zijn geen juridische verplichtingen aan verbonden. In het huidige waterbeheerprogramma zijn de volgende ambities opgenomen:
  - Klimaatadaptatie: Een watervriendelijke leef- en werkomgeving die extreem weer goed kan verwerken;  
Alle nieuw- en verbouw is water- en klimaatbestendig;  
Regenwater verwerken zonder negatieve gevolgen;
- o Overstromingsrisico's: Het verkleinen van het overstromingsrisico;
- o Watervoorziening en verzilting: Voldoende zoetwater, ondanks toenemende verzilting;
- o Bodemdaling in veenweidegebied: Zo weinig mogelijk bodemdaling in Veenweidegebied;
- o Wateroverlast: schade door wateroverlast voorkomen
- o Grondwater en fundering: functies en grondwatersysteem in evenwicht
- Beleid waterberging bij ruimtelijke ontwikkelingen 2012:  
Deze regeling stelt dat ter compensatie van verhardingstoename dient extra waterberging te worden aangelegd. De regelgeving is indirect meegenomen bij de inrichting van het watersysteem, waarbij is gecontroleerd dat genoeg waterberging wordt ingericht om te compenseren voor het extra verhard oppervlak.
- Waterwet: op basis van doorvertaling in het beleid van HHSK
- Waterverordening Zuid-Holland:  
Is indirect meegenomen in de analyse wateroverlast, waarbij verschillende neerslagsscenario's zijn meegenomen die effect hebben op het gebied. Het uitgangspunt voor het Middengebied is echter dat het gebied zijn eigen broek op kan houden, dat gaat verder dan de NBW normen in de waterverordening. Dit is conform het convenant klimaatadaptief bouwen.
- Convenant klimaatadaptief bouwen:  
waarin uitgangspunten klimaatadaptief bouwen zijn opgenomen. Dit is geen formele wet- en regelgeving of beleid maar een overeenkomst waar de Gemeente Zuidplas als het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard zich aan hebben gecommitteerd.
- KRW: De doelen uit het KRW moeten in 2027 zijn bereikt. Het hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard maakt daarom

iedere zes jaar plannen om de doelen te bereiken. De KRW doelstellingen en beoordeling zijn meegenomen in deze studie.

- De Wet Bodembescherming (Wbb)
- Besluit Bodemkwaliteit (BKK) In het Besluit bodemkwaliteit staan regels voor de toepassing van grond, baggerspecie en bouwstoffen en stelt kwaliteitseisen aan de uitvoering van bodemwerkzaamheden

In het coalitieakkoord is opgenomen dat bodem en water sturend moet worden voor de ruimtelijke ordening. De eerste uitwerking hiervan is mei 2022 gepresenteerd in het Beleidsprogramma van I&W (MinI&W, 2022). Voor alles achter de kering zijn de uitspraken uit het beleidsprogramma ter inspiratie meegenomen voor het alternatief Maximaal Klimaatrobust.

## 2.3 Beoordelingskader en ingreep-effectrelaties

Voor het MER is op basis van de NRD en het advies van de Commissie m.e.r. een beoordelingskader vastgesteld. Voor het aspect water, bodem en klimaat geldt het volgende beoordelingskader:

Thema	Aspecten
Bodem	Bodemkwaliteit
Water	Bodembeweging
	Oppervlaktewaterkwantiteit
	Oppervlaktewaterkwaliteit
	Grondwaterkwantiteit
	Grondwaterkwaliteit
Klimaat	Waterveiligheid
	Waterafvoer
	Klimaatadaptatie: hitte en droogte

### Hoe verhoudt het thema klimaatadaptatie zich tot andere klimaat-relevante onderwerpen zoals klimaatmitigatie en circulariteit?

In het MER is onderscheid gemaakt tussen klimaatmitigatie en klimaatadaptatie. Bij maatregelen ter vermindering van klimaatverandering is er sprake van mitigatie. Dit draait om het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. Bij maatregelen ter aanpassing aan klimaatverandering die desondanks toch optreedt, is er sprake van adaptatie. Hierbij gaat men uit van de effecten van klimaatverandering (droogte, hitte, wateroverlast) en bereidt zich daarop voor. Vanwege de grote overlap met de thema's water en bodem wordt klimaatadaptatie meegenomen in voorliggend deelrapport Water, bodem en klimaat. Klimaatmitigatie wordt samen met het onderwerp circulariteit beschreven in Deelrapport Duurzaamheid.

## 2.4 Aannames en uitgangspunten

In dit deelrapport zijn de volgende aannames en uitgangspunten gehanteerd:

- De realisatie van het Vijfde Dorp en de rest van het Middengebied zal gefaseerd plaatsvinden. Om toch een beeld van verschillende alternatieven te geven zijn alle gebieden direct meegenomen in dit

deelrapport en het MER. Twee gebieden zijn buiten beschouwing gelaten:

- De Groene Waterparel bevat nu waardevolle natuur, dit gebied staat wel op alle plaatjes van het plangebied maar wordt in overleg met de Gemeente Zuidplas en het Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard niets aangepast in de alternatieven. Om deze reden is het gebied transparant weergegeven op kaarten.
- Het 'agrarisch' gebied, een deel van het gebied aan het zuidwesten, naast de Groene schakel wordt eveneens niet meegenomen in de aanpassingen. Dit gebied is daarom eveneens transparant gemaakt.
- Autonome bodemdaling: In het rapport wordt uitgegaan van een autonome bodemdaling van 5mm/jaar. Dit is gestoeld op basis van ervaringen bij op andere locaties (o.a. van actieve deelnemers van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling waaronder gem. Woerden en Oudewater) met een vergelijkbare bodemopbouw (klei en veen) en zettingen die wij via bodemdalingkaart 2.0 constateren voor de voor de A20 en de spoorlijn Gouda-Den Haag en Gouda-Rotterdam die al geruime tijd geleden zijn aangelegd.
- Het watersysteem in het gebied is complex. Om primaire effecten te beoordelen is het niet altijd nodig en mogelijk dit watersysteem helemaal mee te nemen. We kennen het watersysteem en zullen de nodige nuancering aanbrengen in het voorkeursalternatief. Een verdiepende studie over de impact van de ontwikkeling op het watersysteem zal in een later stadium wenselijk zijn om detaillering aan te brengen in het watersysteem.
- In de verschillende analyses worden de meest recente KNMI klimaatscenario's gehanteerd. De scenario's staan omschreven in KNMI 2015, nieuwe inzichten zijn gegeven in klimaatsignaal 2021. Omdat die laatste geen scenario's geeft kunnen gegevens niet altijd hier op gebaseerd worden. Waar mogelijk zijn de inzichten uit klimaatsignaal 2021 gebruikt.
- Alternatieven en ophogen peilen: Er is in de alternatieven gekozen voor het verhogen van peilen in het totale plangebied. Later in het proces, op basis van de effectbeoordeling en voortschrijdend inzicht, is naar voren gekomen dat het verhogen van peilen niet zomaar in alle gebieden mogelijk is, zo zal de groene schakel veel later in het proces pas worden ontwikkeld. In het VKA is deze verdere en gefaseerde specificering verder uitgewerkt.

## 2.5 Methodiek

Dit deelrapport omvat negen deelthema's en een integrale beschouwing op het onderwerp ecohydrologie. Per deelthema wordt in de betreffende paragraaf beschreven op welke beoordelingscriteria zijn gebruikt voor de effectbeoordeling. De effectbeoordeling is per thema op de volgende manier uitgevoerd:

1. Oppervlaktewaterkwantiteit: aan de hand van een oppervlaktewaterbalans zijn met neerslagvolumes en bergingscurves de waterstanden en volumes uitgerekend.
2. Water aan- en afvoer: aan de hand van afvoervolumes, neerslag en verdamping en de mogelijkheden tot peilfluctuatie in de alternatieven is

berekend of er voldoende aan- en afvoermogelijkheden zijn in het gebied. Daarnaast is het watersysteem versimpeld geanalyseerd en zijn nieuwe peilvakken ingetekend.

3. Oppervlaktewaterkwaliteit: Er is aan de hand van bestaande gegevens en onderzoeken en aanvullende gesprekken met het waterschappen een kwalitatieve analyse gemaakt van de waterkwaliteit. Belangrijke thema's die zijn meegenomen zijn kwel, landbouw, stedelijk gebied en klimaatverandering.
4. Grondwaterkwantiteit: Aan de hand van een waterbalans is berekend wat de effecten zijn van het ophogen van peilen op kwel in de Zuidplaspolder en het plangebied. De resultaten van deze analyse zijn verwerkt in andere hoofdstukken waarvoor dit relevant is.
5. Grondwaterkwaliteit: op basis van de resultaten van thema grondwaterkwantiteit zijn de effecten op de grondwaterkwaliteit bepaald. Hierbij is rekening gehouden met afstromend/infiltrerend regenwater, het wel of niet toepassen van bodempassages, slechte kwelwaterkwaliteit. Er is een kwalitatieve analyse gemaakt van de effecten.
6. Bodemkwaliteit: Aan de hand van de bekende bodemkwaliteitskaart is een kwalitatieve beschouwing gemaakt van de effecten van het planvoornemen op de bodemkwaliteit.
7. Waterveiligheid: HKV heeft in de eerste helft van 2022 nieuwe overstromingsberekeningen gemaakt. Aan de hand van deze berekeningen is een kwalitatieve analyse gemaakt van de effecten van deze berekeningen op de waterveiligheid.
8. Bodembeweging: Veenoxidatie, restzetting en effecten van de bebouwing op de omgeving zijn de meest relevante thema's voor dit onderwerp. Er is aan de hand van bestaande kennis en expert judgement een kwalitatieve analyse gemaakt van de te verwachten effecten.
9. Klimaatverandering, droogte en hittestress: klimaatverandering is meegenomen onder verschillende thema's, wateroverlast zit in oppervlaktewaterkwaliteit en ook waterveiligheid is apart meegenomen. Droogte en hitte zijn hier apart beschouwd. Het effect van droogte op het watersysteem en de omgeving zijn meegenomen aan de hand van het maken van verdampingsberekeningen. Het effect van hitte is meegenomen aan de hand van voorgestelde hoeveelheid schaduw, dit is een kwalitatieve analyse.
10. Ecohydrologie: Er is een kwalitatieve beschouwing gemaakt van de werking van watersysteemaspecten op de waterkwaliteit en
11. ecohydrologie. Voor het detailniveau van de studie geeft deze beschouwing eerste inzicht

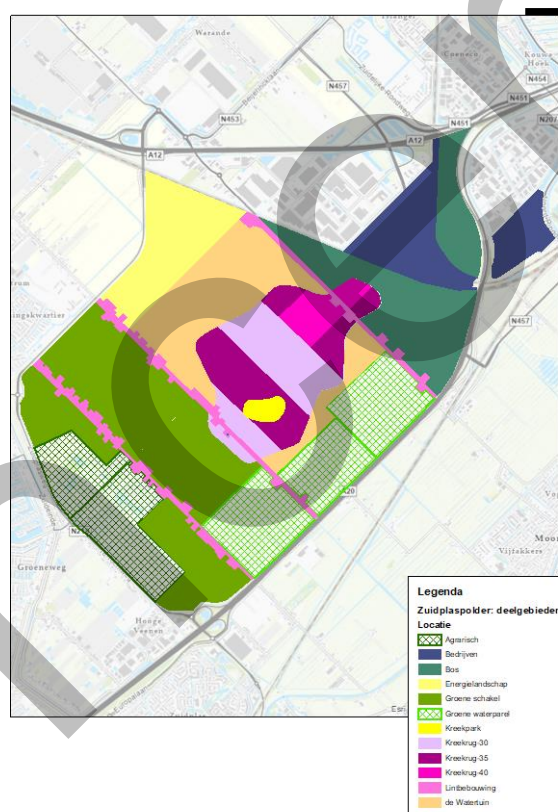
Op hoofdlijnen is de volgende methodiek gehanteerd in de beoordelingscriteria.

Beoordeling	
+ +	Voldoet aan extreme scenario's zss (+2m) en neerslag en bovendien aanpasbaar aan verdere klimaatverandering (bijvoorbeeld 200 mm/48u)
+	Voldoet aan convenant KAB
0/+	Voldoet aan convenant KAB (in mindere mate)
0	Situatie verandert niet ten opzichte van referentie
0/- / - -	Voldoet niet aan beleid, geen mogelijkheden tot toekomstige aanpassing of situatie verslechtert tov referentie

### 3. Alternatieven

Binnen de kaders van de al bekende informatie uit voorgaand onderzoek zijn alternatieven uitgewerkt conform het advies van de Commissie MER (CieMER, 2021). Er is veel onderzoek gedaan in het plangebied, deze onderzoeken zijn zo goed als mogelijk meegenomen in het bepalen van de alternatieven. Een uitgebreide toelichting van de alternatieven staat in Bijlage 4 Alternatievenbeschrijving van het MER. In bijlage I van dit rapport staat een samenvattende tabel met de belangrijkste uitgangspunten van alternatieven die van toepassing zijn op dit deelrapport.

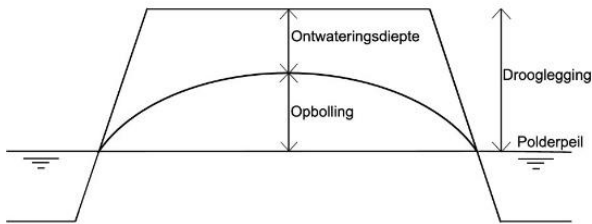
Er zijn twee onderwerpen die in dit rapport veelvuldig voorbij komen en die mogelijk op verschillende manieren geïnterpreteerd kunnen worden. Het gaat om de ‘drooglegging en ontwateringsdiepte’ en ‘bodemdaling’. Hieronder een korte toelichting op hoe wij daar in dit rapport mee zijn omgegaan. Figuur 3-1 laat het plangebied zien met verschillende deelgebieden zoals gehanteerd in dit rapport.



Figuur 3-1 Plangebied opgedeeld in deelgebieden

#### Drooglegging en ontwateringsdiepte

In de alternatieven is rekening gehouden met voldoende drooglegging en ontwateringsdiepte om grondwateroverlast te voorkomen. Drooglegging is verschil tussen maaiveld en waterpeil. Naast drooglegging wordt ook vaak gekeken naar ontwateringsdiepte. Ontwateringsdiepte is het verschil tussen maaiveld en de grondwaterstand ter plaatse. Voor het berekenen van de ontwateringsdiepte is rekening gehouden met een opbolling van 0,1 m voor wegen en 0,2 m voor tuinen en woningen. Deze uitgangspunten komen voort uit ervaringen uit het verleden en logische waarden waarbij normaliter rekening gehouden wordt.



Figuur 3-2 toelichting drooglegging en ontwateringsdiepte

### Bodemdaling

De beschreven vloerpeilen, wegpeilen en hoogte van tuinen in onderstaande alternatieven zijn peilen na restzetting. De totale bodemdaling in de toekomst bestaat uit autonome bodemdaling en restzetting van opgehoogde grond. De restzettingseis, gaat voor de basissituatie uit van 20 cm/30 jaar (gebaseerd op de uitgangspunten in Witteveen+Bos, 2022). In alternatief Maximaal Klimaatrobuust is de restzettingseis lager, hier wordt uit gegaan van 10 cm/ 60 jaar en wordt uitgegaan van alternatieve bouwmethodes en goede voorbelasting om verdere zetting te voorkomen. Deze restzettingseis komt voort uit de vervangingstermijn van de wegfundering. In gebieden met een stevige zandondergrond zou deze 60 jaar meekunnen. In het Handboek visuele inspectie van het CROW (3.4.4 Zetting) staat dat wanneer het hoogteverschil ten opzichten van de omgeving groter is dan 40 cm, deze moet worden beoordeeld als 'ernstig'. Uitgaande van een restzettingseis van 10 cm/60 jaar in combinatie van een autonome bodemdaling van 5 mm/jaar is rehabilitatie van de weg en het riool pas na 60 jaar vereist. Hiermee wordt de levensduur van de weg en het riool gelijk getrokken met die van zandgronden. Hiermee wordt afwenteling voorkomen. De autonome bodemdaling is gebaseerd op ervaringen elders en analyse van de omgeving (zie ook hoofdstuk zettingen).

### Bouwwijzen

In het Masterplan worden verschillende bouwwijzen voorgesteld voor het gebied de Watertuinen. Zo worden drijvend wonen, wonen op terpen en wonen op palen genoemd. In de verschillende alternatieven zijn deze bouwwijzen toegevoegd. Voor drijvend wonen is een minimale diepte van 0,6m NAP nodig. Amfibisch bouwen is niet toegevoegd, de verwachting is dat in verband met ongelijkmatige zetting van de ondergrond, minimaal benodigde diepte (dieper dan drijvend wonen) om woning te laten drijven en peilfluctuatie dit naar verwachting geen haalbare optie is. Zie voor toelichting Veenetië studie (Gemeente Woerden, 2019).

### Overstromingsdiepten

Bij het opstellen van de alternatieven is rekening gehouden met overstromingsresultaten van Deltares 2010 (Deltares, 2010). Parallel aan het opstellen van het MER is een aanvullend onderzoek uitgevoerd door HKV naar de overstromingsrisico's (HKV, 2022). Het HKV rapport is voor afronding van het MER verwerkt in dit rapport.



## 4. Referentiesituatie

In dit hoofdstuk wordt een omschrijving gegeven van de referentiesituatie van het Middengebied. De verschillende onderwerpen onder de thema's water, bodem en klimaat worden voor de huidige situatie en autonome ontwikkeling omschreven conform advies NRD.

### 4.1 Huidige situatie

#### 4.1.1 Oppervlaktewatersysteem

Het plangebied is begrensd door grote snelwegen en een spoorlijn en is waterhuishoudkundig gezien onderdeel van de Zuidplaspolder. De waterhuishoudkundige hoofdstructuur van de Zuidplaspolder bestaat uit de Ringvaart, tochten en sloten die een stevige basis vormen voor nieuwe ontwikkelingen in het Middengebied. De Zuidplaspolder is een laag gelegen polder met daarin (buiten het plangebied gelegen) het laagste punt van Nederland.

De hoofdstructuur van het watersysteem van de polder is al meer dan 100 jaar oud. Het systeem is gericht op een efficiënte afvoer van water naar de Hollandsche IJssel. De Zuidplaspolder is voor driekwart omsloten door de Ringvaart (boezem) met een ringdijk en de polder is ingedeeld door een rechthoekig stelsel van tochten met lintbebouwing en sloten (Figuur 4-1). Binnen het watersysteem van de Zuidplaspolder spelen zeven tochten een centrale rol in de water aan- en afvoer. Van oorsprong wateren alle kavelsloten af naar deze tochten.

De tochten zijn genummerd van zuidoost naar noordwest en worden in de centrale as verbonden door de Noordelijke en Zuidelijke Dwarsweg (Figuur 4-2). De Derde en Vierde tocht liggen midden in het te ontwikkelen plan voor het Vijfde Dorp. De Tweede tocht ligt zuidwestelijker in het plangebied en loopt voor een deel door de Groene schakel. De Vijfde tocht loopt door het bedrijventerreinen in het noordoosten.

Tussen de tochten ligt grasland, gescheiden door sloten. In het oosten van het gebied bevindt zich de Groene Waterparel, een klein waterrijk natuurgebied. Dit gebied heeft een hoge ecohydrologische waarde en is kwetsbaar voor veranderingen in waterpeil (zie verder [paragraaf 4.1.9](#)). Het huidige beheer is er dan ook op gericht dat de (eco)hydrologische omstandigheden in dit gebied niet verandert.



Figuur 4-1 - Schematisch overzicht van het poldersysteem in de Zuidplaspolder (KuiperCompagnons, maart 2021)

Midden in de polder ligt het plangebied, zoals omschreven in hoofdstuk 2.1. Dit gebied wordt het Middengebied genoemd.

#### 4.1.2 Water aan- en afvoer

Het polderwater in het gebied wordt via tochten afgevoerd en vervolgens via de Ringvaart naar het gemaal Abraham Kroes. Kavelsloten wateren af op de tochten in het gebied. De wateraanvoer is in figuur 4-3 aangegeven met een zwarte peil en de waterafvoer met rode peilen. De watergangen bij de Tweede en Derde Tocht worden gebruikt voor af- en aanvoer.

Ten Zuidwesten van gemaal Vierde Tocht wordt water afgevoerd richting Zevenhuizen en naar de Tweede Tocht gevoerd. Vanuit de Tweede Tocht wordt water direct naar gemaal Abraham Kroes afgevoerd naar de Hollandse IJssel. Het water van de Derde Tocht (zuidwestelijk) van gemaal KGM-190 stroomt naar de Tweede Tocht op de plangrens. Noordoostelijk van gemaal KGM-190 stroomt het water via de Derde Tocht naar het zuiden naar de Tweede Tocht. De afvoercapaciteit van het gebied bedraagt 18 mm/dag.

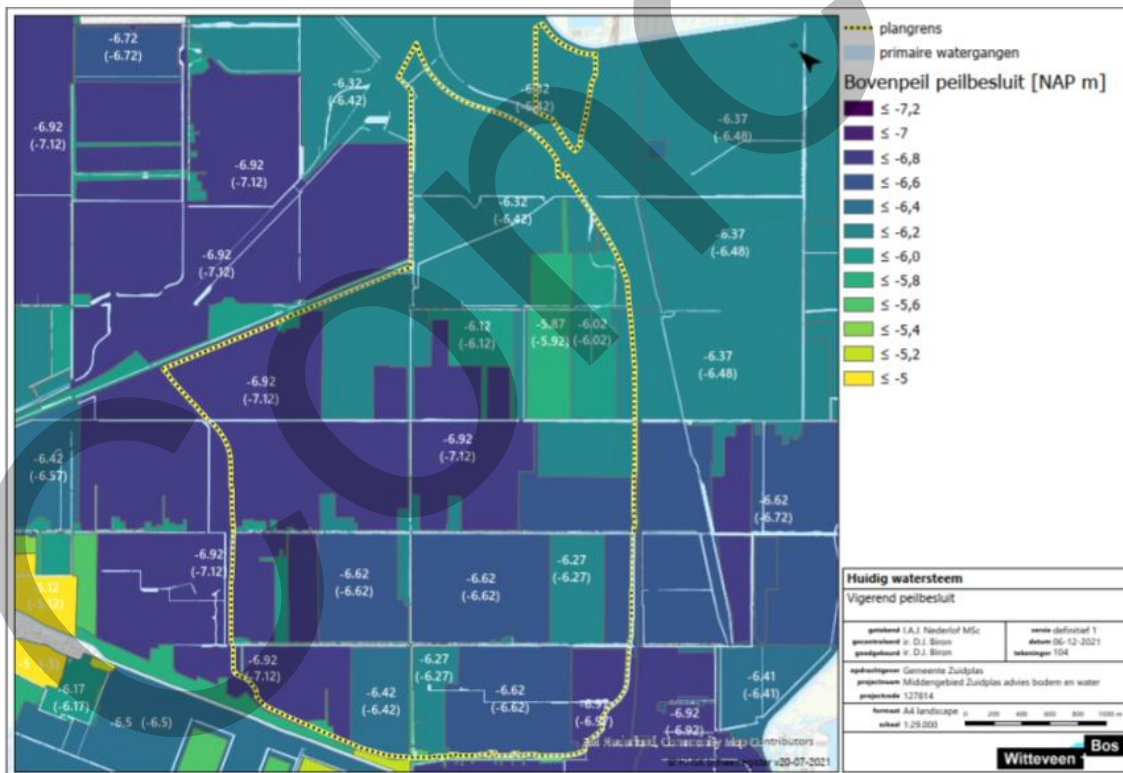
Bij calamiteiten (extreme neerslag) wordt via de Vierde Tocht het polderwater uit het plangebied direct naar de Hollandsche IJssel weggepompt via gemaal Abraham Kroes. Water stroomt dan door de Groene Waterparel. Dit is onwenselijk gezien de specifieke natuurwaarden in het gebied en de huidige kwaliteit van het oppervlaktewater.



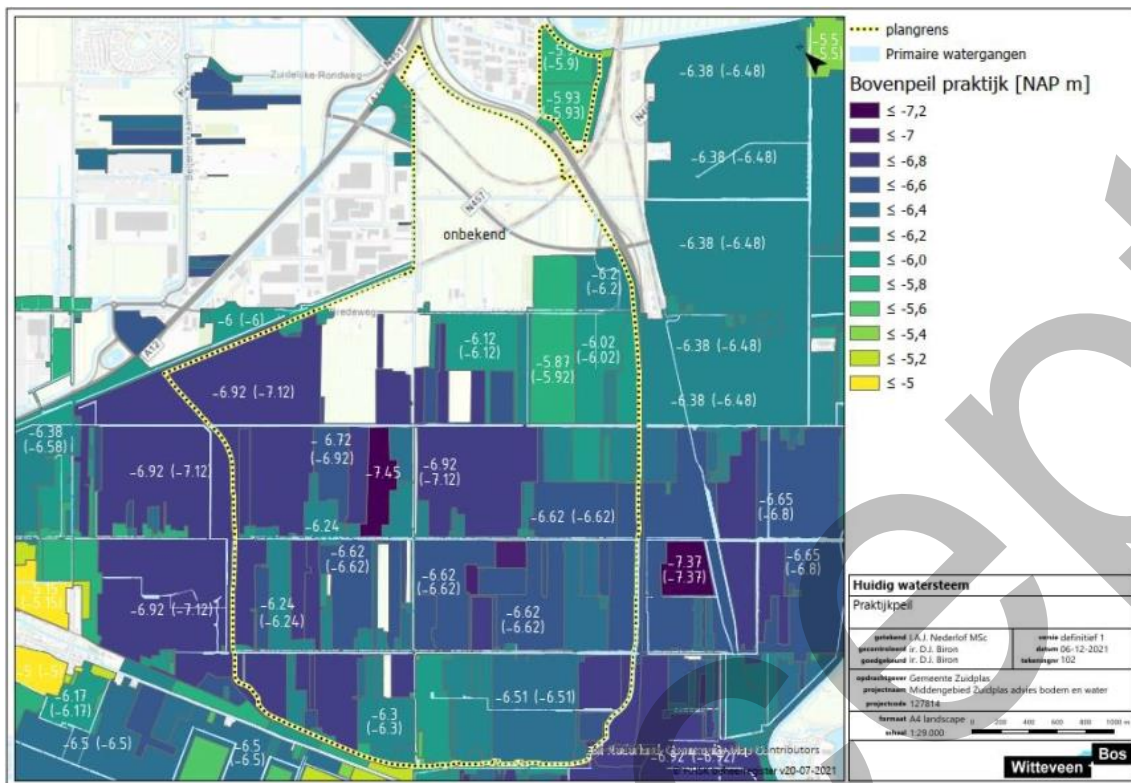
### Oppervlaktewaterpeilen

In het huidige watersysteem zijn veel peilvakken met verschillende waterpeilen en heeft daarmee een versnipperd karakter (KuiperCompagnons, maart 2021). De vele peilvakken zijn ontstaan door gedifferentieerde maaiveldaling als gevolg van verschillen in de bodemopbouw en menselijk ingrijpen in het gebied. Om de maaiveldaling te volgen is het waterpeil in de loop van de tijd trapsgewijs verlaagd (geïndexeerd). Dit is gedaan om het land voldoende te ontwateren en landbouw mogelijk te maken. Om risico's op funderingsschade van historische panden als gevolg van lage grondwaterstanden te voorkomen zijn soms kleine peilvakken ingericht met een aangepast peil, middels op- of onderbemalingen. HHSK heeft sinds 1973 geen waterpeilen meer geïndexeerd om bodemdaling te remmen.

De waterpeilen conform het vigerend peilbesluit zijn weergegeven in Figuur 4-4. De (streef)waterpeilen variëren tussen -6,92 m en -5,87 m NAP (bovenpeil). HHSK heeft recent de praktijkpeilen in kaart gebracht, zie Figuur 4-5. Het praktijkpeil wijkt op diverse plekken af van het peilbesluit in verband met lokale omstandigheden. Binnen het plangebied varieert het praktijkpeil van NAP -7,45 m tot NAP -6,02m (excl groene waterparel). De praktijkpeilen zijn de meest recente gegevens en worden, waar beschikbaar, in overleg met HHSK in de MER-onderzoeken als uitgangspunt gebruikt. Het is bekend dat ook de praktijkpeilen kunnen verschillen van de werkelijkheid. Waar geen praktijkpeilen bekend zijn, wordt in overleg met HHSK uitgegaan van het vigerend peilbesluit.



Figuur 4-4 - Vigerend peilbesluit (bron: HHSK beheerregister v.20-07-2021)



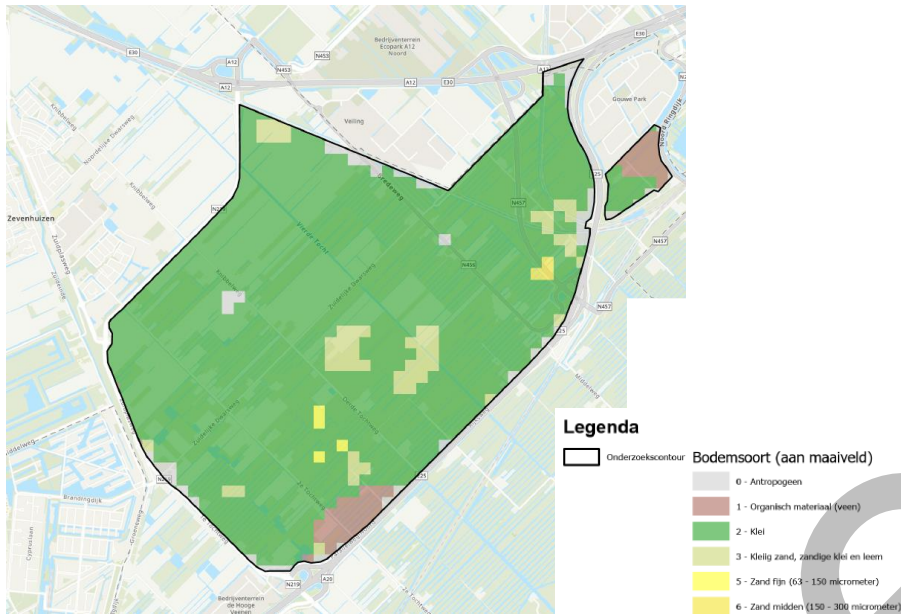
Figuur 4-5 - Praktijkpeilen (bron: HHSK beheerregister v.20-07-2021)

### 4.1.3 Bodembeweging

Bodembeweging wordt in het plangebied hoofdzakelijk veroorzaakt door twee processen: oxidatie van veen of zetting als gevolg van belasting van de bodem. Bij grote belastingen kunnen bodembewegingen ontstaan die bestaande bebouwing (gebouwen en infrastructuur) negatief kunnen beïnvloeden.

#### *Bodemdaling als gevolg van veenoxidatie (landelijk gebied)*

Jarenlang is er op de afname in drooglegging als gevolg van maaiveld daling gereageerd door het waterpeil hierop aan te passen en te verlagen, waardoor mede de veenoxidatie werd versneld. In 1973 is HHSK met het indexeren van peilen gestopt. Door de historische peilindexatie en de daaropvolgende bodemdaling is het reliëf versterkt en de voormalige Kreekrug, bestaande uit zavel en zand, beter zichtbaar geworden in het maaiveld. De delen met voornamelijk veen in de ondergrond dalen harder, de Kreekrug daalt minder snel. Veel veenoxidatie heeft in het verleden al plaatsgevonden, ook is er ontveend. Het plangebied kent daarom weinig plekken waar veen nog aan het oppervlak ligt (zie figuur 4-38).



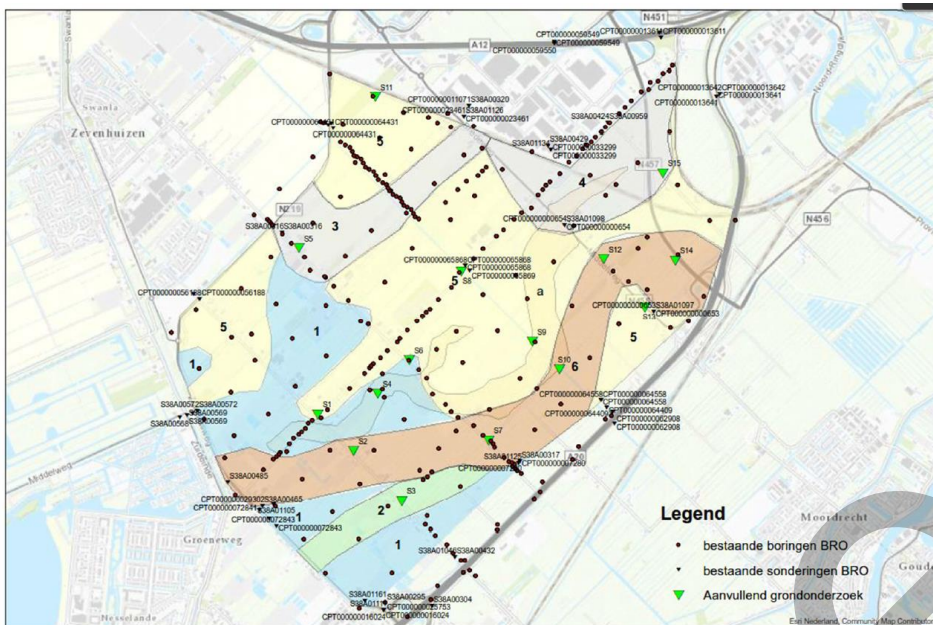
Figuur 4-6 Bodemsoort aan maaiveld op basis van gegevens uit Dinoloket.

#### *Bodemdaling als gevolg van zetting (stedelijk gebied)*

Zetting ontstaat wanneer slappe lagen (veen en klei) in de bodem belast wordt met extra gewicht. Er is een sterke variatie in de zettingsgevoeligheid van het gebied als gevolg van de gevarieerde samenstelling van de bodem in het plangebied: zoals zavel en zand ter plaatse van de Kreekrug en de omliggende gebieden met veel klei en op enkele plekken veen. De locatie van de hoger gelegen stevige Kreekrug is niet exact te bepalen, gezien de verschillen in bodemopbouw die zijn ontstaan door verschillende zijstromen en vertakkingen. In het rapport van Deltares (Deltares, 2020) is een studie verricht naar de bodemopbouw van de Zuidplaspolder en de zettingsgevoeligheid van de slappe lagen. Hierbij concludeert Deltares dat de ondergrond in het projectgebied zeer zettingsgevoelig is. In het onderstaande figuur (figuur 4-7) en bijbehorende Tabel 4-1 wordt inzicht gegeven in de dikte van de samendrukbare lagen in het plangebied. Tevens worden in tabel 4-1 de diktes weergegeven van respectievelijk de kleilaag en veenlaag tot aan de pleistocene zandlaag, de zettingsgevoelige lagen. Figuur 4-8 en 4-9 geven weer wat de dikte van de deklaag is over het gebied, hierop is te zien dat de zettingsgevoelige lagen nog meters dik zijn. Let op, het gaat hier om zettingsgevoeligheid, dus samendrukken van lagen en niet over het oxideren van veen.

Op de bodemdalingkaart staan panden geregistreerd, deze dalen nauwelijks, naar waarschijnlijkheid is dit zo doordat panden op palen staan en daardoor niet dalen. Om die reden is gekeken naar niet onderheide objecten, zoals de A20 en de spoorlijn Gouda-Den Haag en Gouda-Rotterdam die al geruime tijd geleden zijn aangelegd. Daling ligt hier rond de ca. 3-4 mm per jaar, met uitschieters tot ca. 10mm jaar. Doordat de gehele spoorlijn en snelweg zakken komt dit naar verwachting door autonome zetting. Mogelijk kan dit lokaal versterkt worden door ophoging door onderhoud. Zie figuur 4-10.

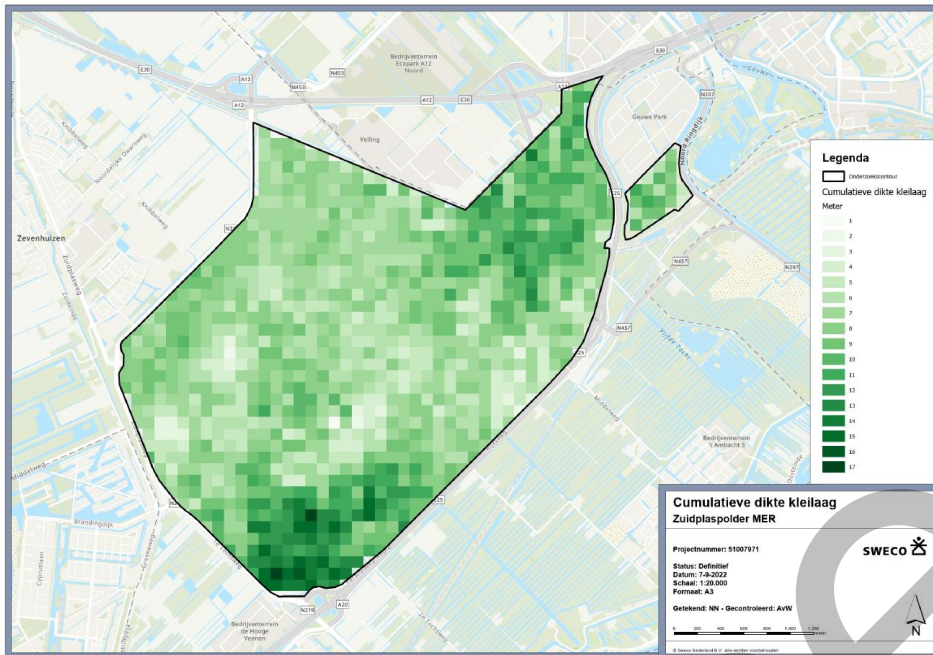
In hoofdstuk 4.2.4 wordt ingegaan op toekomstige effecten van bodemdaling.



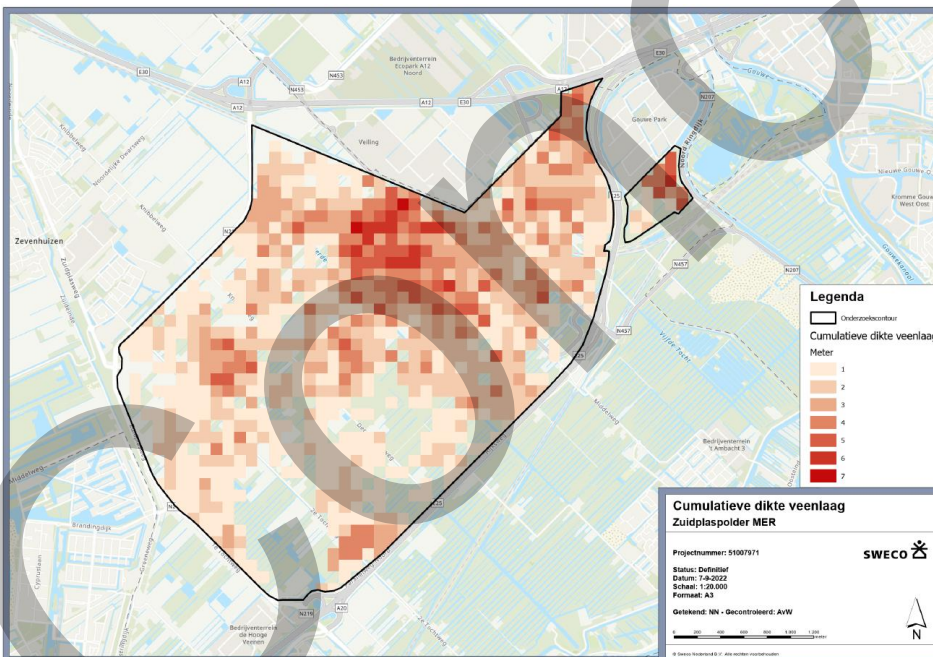
Figuur 4-7 – Gebiedsindeling op basis van het bestaande grondonderzoek (Deltares, 2020)

Tabel 4-1 kenmerken gebiedsindeling behorende bij figuur 4-7 (Deltares 2020).

gebied	Kleur in figuur 7	Kenmerk	
1	blauw	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en veen	Zand vanaf NAP -13 a – 14 m; dikte slappe lagen 7 a 8 m
2	groen	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en enkele meters veen	Zand vanaf NAP -13 a – 14 m; dikte slappe lagen 7 a 8 m
3	grijs	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en veen	Zand vanaf NAP -13,5 a – 14,5 m; dikte slappe lagen 7,5 a 8,5 m
4	grijs	Holocene grondopbouw klei en veen	Zand vanaf NAP -13,5 a – 14,5 m; dikte slappe lagen 8 a 9 m
5	geel	Holocene grondopbouw bestaande uit klei en veen	Zand vanaf NAP -11 a – 12 m; dikte slappe lagen 5,5 a 6,5 m
6	roodbruin	Holocene grondopbouw uit klei en veen	Zand vanaf NAP -9,5 a -10,5 m; dikte slappe lagen 4,5 a 5,5 m
a	oranje	Holocene grondopbouw uit klei en veen; doorsneden door zand (geulopvulling)	Overgenomen uit figuur 4

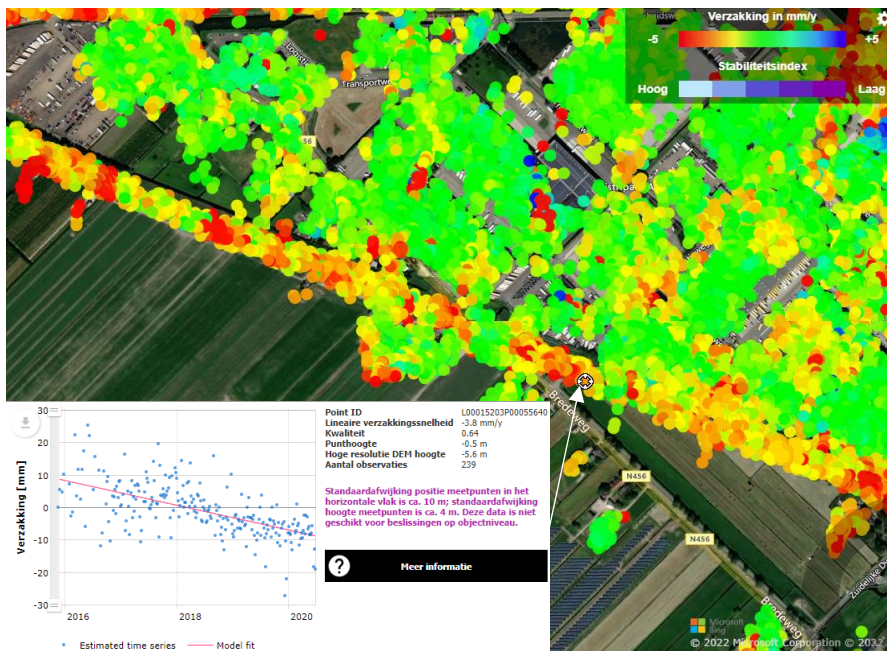


Figuur 4-8 Dikte kleilaag tot aan de pleistocene zandlaag op basis van Geotop



Figuur 4-9 Dikte veenlaag tot aan de pleistocene zandlaag op basis van Geotop





Figuur 4-10 voorbeeld daling van de spoorlijn tussen Utrecht en Den Haag ten noorden van het Middengebied ter hoogte van de Bredeweg. Ter indicatie is een oranje punt gepakt (veel voorkomend), in dit voorbeeld is de bodem de afgelopen ca. 5 jaar met gemiddeld 3,8mm/jaar gedaald, dat komt neer op bijna 2cm (SkyGeo, 2022). Groene punten zijn objecten die niet of nauwelijks dalen, dit komt veelal doordat objecten zijn onderheid.

#### 4.1.4 Waterveiligheid

Door de lage ligging van de Zuidplaspolder is waterveiligheid een belangrijk onderwerp. De polder is gelegen langs de Hollandse IJssel, de Gouwe en de Ringvaart. Daarnaast is een overstroming vanuit de Rotte ook mogelijk. In een overstromingsanalyse uitgevoerd door HKV is geconcludeerd dat de overstroming vanuit de Hollandse IJssel (primaire kering) en de Gouwe (regionale kering) maatgevend zijn. Dat betekent dat hierbij de waterstanden en snelheid van de overstroming hoger zijn dan andere scenario's en daarmee bepalend voor de waterveiligheidsopgave. De Hollandse IJssel staat in verbinding met de Nieuwe Waterweg maar kan worden afgesloten door de Hollandse IJsselkering. In de overstromingsscenario's is rekening gehouden met het scenario dat de Hollandse IJsselkering gesloten is en dat de Hollandse IJsselkering niet gesloten is.

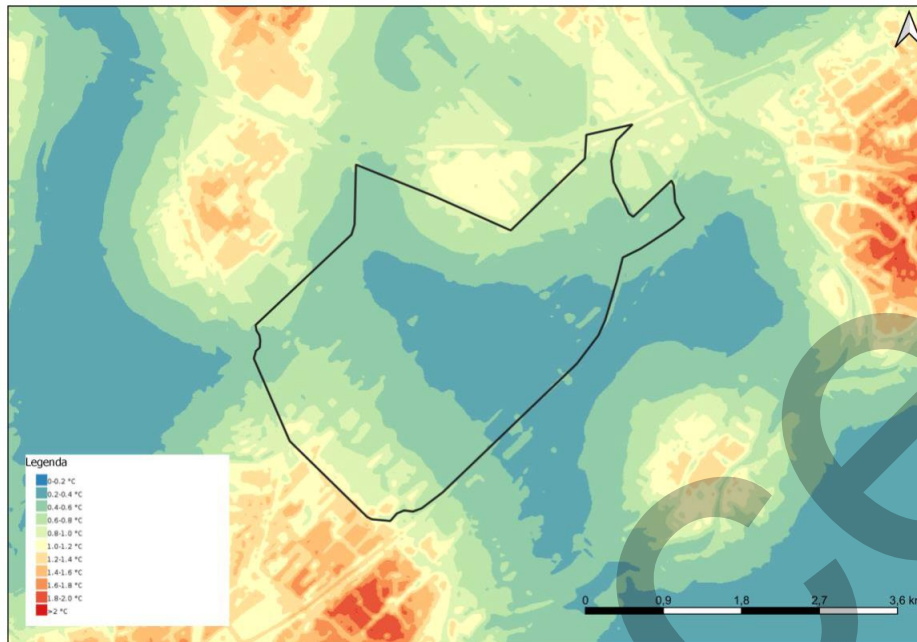
De kans op een overstroming vanuit de Hollandse IJssel is eens in de 10.000 jaar. De kans dat een persoon komt te overlijden door een dergelijke overstroming is eens in de 100.000 jaar. Bij de normering en daarmee bij dijkversterkingen is rekening gehouden met de toename van economische activiteit in het achterland. In deze normering kijkt men naar de situatie in 2050.

#### 4.1.5 Klimaat: hitte en droogte

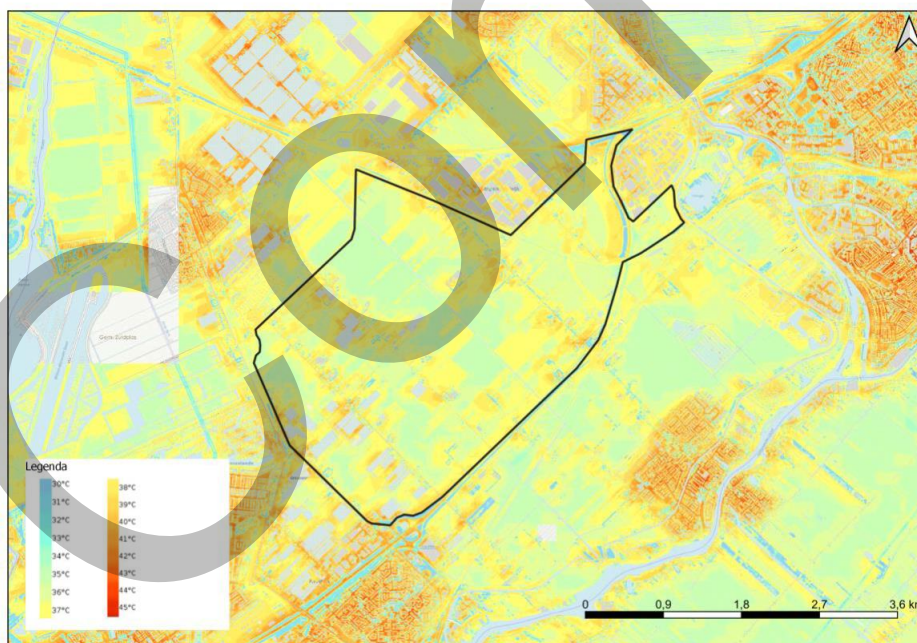
##### Hitte

Het Middengebied is in de huidige situatie grotendeels onverhard en heeft weinig tot geen last van hittestress. Door het open karakter is er geen belemmering voor wind, waardoor warmte minder blijft hangen. Figuur 4-11 laat het stedelijk hitte-eiland effect zien, dat vooral optreedt in de dorpen rondom het

Middengebied. Figuur 4-12 geeft een hitte-kaart weer waarin de gevoelstemperatuur wordt weergegeven, welke is gebaseerd op type oppervlak en aanwezigheid van groen en bomen (Climate Adaptation Services, 2022). De figuren laten zien dat de temperaturen in het Middengebied relatief laag zijn in vergelijking met de omgeving.



Figuur 4-11 - Stedelijk hitte-eiland effect Middengebied (Climate Adaptation Services, 2022)



Figuur 4-12 - Gevoelstemperatuur Middengebied in huidige situatie (Climate Adaptation Services, 2022)

## Droogte

Droge periodes kunnen resulteren in onder andere lage waterstanden en toenemende bodemdaling. In het Middengebied worden in de huidige situatie de negatieve gevolgen van droogte voorkomen door water aan te voeren vanuit de Ringvaart (Witteveen+Bos, 2021). Dit water is gebiedsvreemd en van mindere kwaliteit en dit geeft beperkingen aan de hoeveelheid in te laten water. Daarnaast neemt de aanvoer van (slechte) kwel toe als waterstanden lager worden als gevolg van droogte. In hoofdstuk 4.1.8 wordt verder in gegaan op de gevolgen hiervan op de waterkwaliteit.

#### 4.1.6 Grondwaterkwantiteit

Door hoger gelegen omliggende wateren heeft de diepe polder te maken met kweldruk, wat wordt versterkt doordat de Hollandse IJssel insnijdt in het watervoerend pakket. De kweldruk in de Zuidplaspolder is dusdanig hoog dat, in combinatie met een laag polderwaterpeil en een dunne instabiele deklaag, door opbarsten wellen zijn ontstaan. Volgens het Hoogheemraadschap zijn veel wellen al ontstaan bij het droogleggen van de polder (periode 1825-1840) (HHSK, 2021). Het oppervlaktewater in de polder wordt deels gevoed door diep grondwater. Het grondwater is doorgaans van slechte kwaliteit; ijzerrijk, zilt en met een laag zuurstofgehalte (zie ook waterkwaliteit).

Om inzicht te krijgen in de omvang en druk van de kwel heeft de gemeente Zuidplaspolder zes peilbuizen laten plaatsen (Witteveen+Bos, 2022). Met deze peilbuizen is de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket gedurende 13 maanden gemonitord in 2021. Uit de resultaten blijkt dat de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket gemiddeld rond -6,0 m NAP ligt. De hoogst gemeten stijghoogte tot nu toe bedraagt NAP -5,81 m. In vrijwel alle peilgebieden ligt de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket dus hoger dan het streefpeil.

Tabel 4-2 Meetresultaten stijghoogtes in (m NAP). Meetperiode 24-6-2020 (bron: op basis van peilbuis tijdreeksen van Wareco) (Witteveen+Bos, 2022)

Peilbuis	Gemiddel de	Min	10 percentiel	90 percentiel	Max	Maaiveld- hoogte	Vershil maaiveld- gemiddelde stijghoogte [m]
Pb 1-1.2	-6,03	-6,13	-6,08	-5,98	-5,91	-5,72	0,31
Pb 3	-6,37	-6,51	-6,43	-6,32	-6,07	-4,75	1,62
Pb 4	-6,00	-6,08	-6,04	-5,95	-5,81	-4,81	1,19
Pb 5.2	-6,04	-6,16	-6,10	-5,99	-5,85	-5,75	0,29
Pb 6	-6,08	-6,17	-6,12	-6,04	-5,95	-5,17	0,91

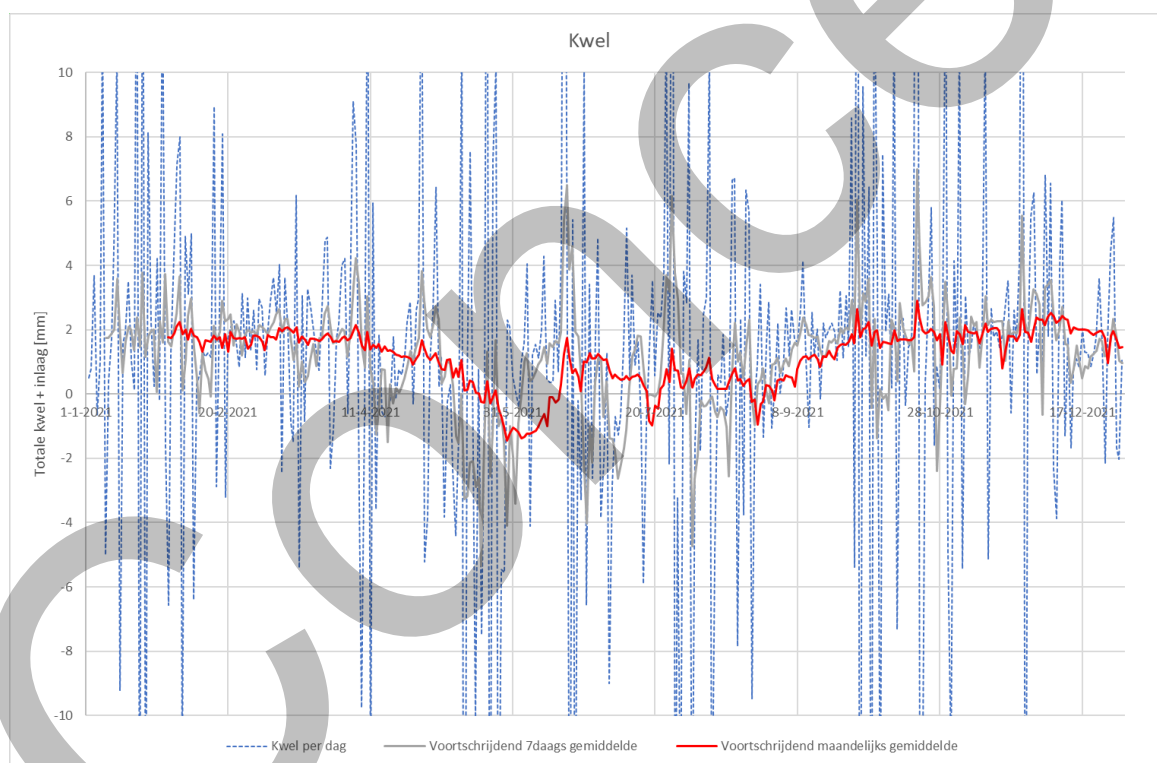
Om een indruk te krijgen van de kwelintensiteit is er voor het jaar 2021 een waterbalans opgesteld. De waterbalans wordt nader toegelicht in de aparte notitie “Waterbalans Zuidplaspolder” (zie bijlage II). In de waterbalans is de gemiddelde kwel voor de hele Zuidplaspolder (ook buiten het plangebied) berekend op basis van:

- Neerslag en verdamping  
Bron: dagsommen van KNMI-stations Rotterdam en Cabauw (KNMI 2022);

- Landgebruik en gewasfactoren  
Bron: Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 6 (Universiteit Wageningen);
- Grondwaterstanden  
Bron: Dinoloket  
Bron validatie: metingen uitgevoerd door Wareco in opdracht van gemeente Zuidplas over 2021
- Uitmaling (HHSK)  
Het debiet van twee gemalen is bekend: gemaal Zuidplas (KGM-128) en gemaal Abraham Kroes Zuidplaspolder (KGM-1A).
- Inlaat (HHSK)  
De hoeveelheid ingelaten water is niet bekend. Volgens HHSK zijn er minstens 60 inlaten in de polder. Voorlopig is hier een aanname in gedaan over de hoeveelheid ingelaten water in overleg met HHSK.

Op basis van de waterbalans worden de volgende gemiddelde kwelintensiteiten berekend:

- 0,5 à 1,0 mm/dag voor de periode april-september
- 2,0 mm/dag voor de periode oktober – maart.



Figuur 4-13: Berekende kwel over het jaar 2021

#### 4.1.7 Grondwaterkwaliteit

##### Algemene grondwaterkwaliteit

In plangebied is sprake van een situatie waarin kwelwater de grondwaterkwaliteit bepaalt. De bron van het kwelwater is zeewater. Deze kwel is doorgaans brak tot zout, zuurstofarm, ijzerrijk en nutriëntenrijk (met name fosfaat en stikstof). Dit resulteert in een slechte oppervlaktewaterkwaliteit en bruin water door oxidatie van ijzer (roest).

Milieu hygiënische grondwaterkwaliteit

Voor de milieu hygiënische grondwaterkwaliteit en aanwezige verontreiniging, zie hoofdstuk 4.1.9.

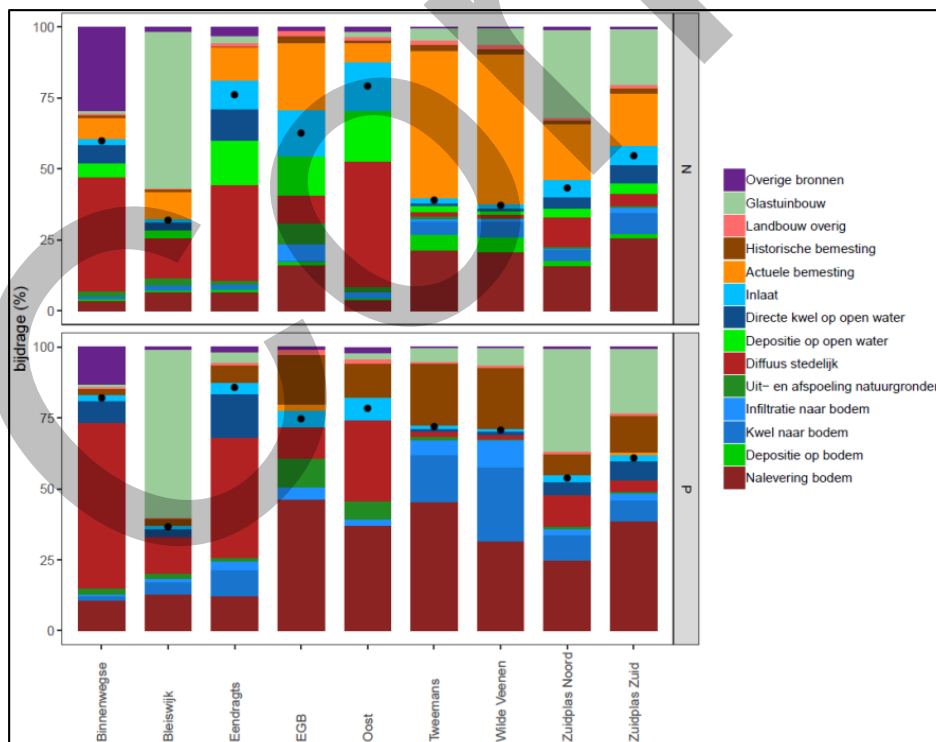
4.1.8 Oppervlaktewaterkwaliteit

De waterkwaliteit in het Middengebied staat onder druk door zilte en nutriëntrijke kwel en afstroming van landbouwpercelen (KuiperCompagnons, maart 2021). Door hoger gelegen omliggende wateren en de Hollandse IJssel, die het watervoerend pakket doorsnijdt, heeft de polder te maken met kweldruk. De kweldruk in de Zuidplaspolder is dusdanig hoog, in combinatie met een laag waterpeil en een dunne instabiele deklaag, dat door opbarsten wellen zijn ontstaan (Witteveen+Bos, 2022). Daarnaast zijn in de sloten veel nutriënten aanwezig door agrarisch gebruik. Dit resulteert in een groot deel van het plangebied in een slechte waterkwaliteit.

Herkomst nutriënten

In Figuur 4-14 zijn de resultaten te zien van onderzoek naar de herkomst van nutriënten in de landbouwgebieden van Schieland. De Zuidplaspolder wordt hierin ook weergegeven (Zuidplas-noord en Zuidplas-zuid).

Zowel stikstof als fosfaat zijn voor iets meer dan de helft afkomstig uit 'natuurlijke' bronnen. Een groot deel daarvan is afkomstig van nalevering uit de bodem (mineralisatie van de veenbodern en uitloging), maar ook kwel speelt een grote rol. De nutriënten van niet-natuurlijke oorsprong komen voornamelijk uit de glastuinbouw en actuele en historische bemesting. Voor zowel stikstof als fosfaat geldt dat er in de huidige situatie meer uit de glastuinbouw en bemesting komt dan uit kwel.



Figuur 4-14 - Herkomst nutriënten in de periode 2000-2013 voor stikstof (boven) en fosfor (beneden). De zwarte punten geven het percentage aan achtergrondbelasting. De bronnen onder de punt zijn 'natuurlijk', de bronnen erboven zijn van humane oorsprong. Aangenomen is dat de inlaat voor de helft van natuurlijke oorsprong is en voor de helft van humane afkomst. Uit: Schipper et al., 2019.

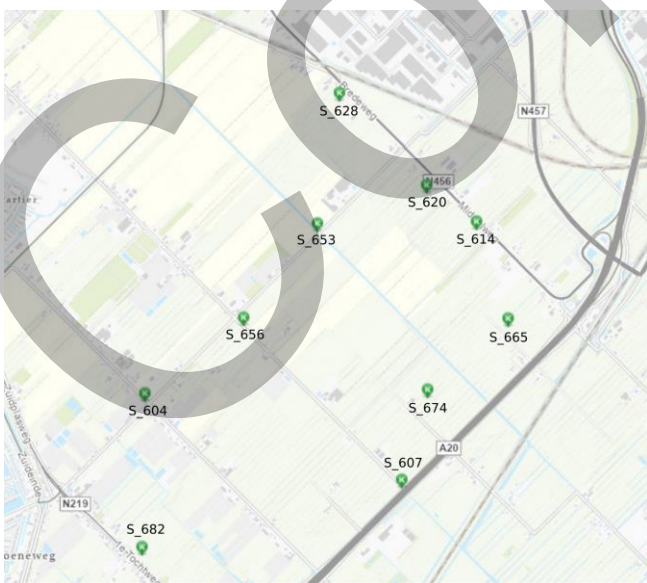
### Kaderrichtlijn Water

De Kaderrichtlijn Water (KRW) is een Europese regeling die tot doel heeft dat in heel Europa de waterkwaliteit in orde is. Hiertoe hebben alle lidstaten zich verplicht in 2027 de waterkwaliteit op orde te hebben. De ecologische kwaliteit in zogenaamde KRW waterlichamen is hierbij leidend. In het plangebied ligt het KRW waterlichaam Zuidplaspolder-Zuid.

Het waterschap meet op verschillende punten in het gebied de waterkwaliteit (zie Figuur 4-15). Op deze meetpunten wordt eens in de drie jaar maandelijks in de zomermaanden bemonsterd. Uit deze gegevens zijn de jaarlijkse zomergemiddelden berekend en vervolgens de gemiddelden van deze jaarlijkse zomergemiddelden. De resultaten zijn te zien in

Tabel 4-3.

Het meetpunt S\_604 ligt in het KRW waterlichaam Zuidplaspolder-Zuid. Dit waterlichaam is een laagveen vaart (M10). Hiervoor heeft het waterschap de KRW-doelen afgeleid (HHSK, 2021). Voor totaal-stikstof is dit 3,1 mg N/l en voor totaal-fosfor 0,19 mg P/l. De huidige concentraties zijn ruim hoger.



Figuur 4-15 - Ligging van de waterkwaliteitsmeetpunten

Tabel 4-3. Zomergemiddelde concentraties en beoordeling volgens de KRW methodiek.

Deelgebied		tN	tP	Cl
M10	<b>GEP</b>	<= 2,4	<= 0,22	<= 300
M10	S_604	<b>6,7</b>	<b>0,34</b>	267
Akker	<b>GEP</b>	<= 8,0	<= 0,50	<= 300
Akker	S_628	3,9	<b>0,54</b>	103
Akker	S_653	5,5	0,28	172
Weide	<b>GEP</b>	<= 4,8	<= 0,30	<= 300
Weide	S_656	2,8	0,19	160
Weide	S_682	<b>6,9</b>	<b>0,55</b>	187
Weide	S_607	4,8	0,20	139
Waterparel	<b>GEP</b>	<= 2,3	<= 0,09	<= 350
Waterparel	S_665	<b>2,8</b>	0,10	210
Waterparel	S_674	1,8	0,03	157

De nutriëntenconcentraties in het KRW-waterlichaam zijn te hoog vergeleken met de gewenste concentraties voor het KRW watertype M10 (zie

Tabel 4-3). In de tabel staan de doelen aangegeven in de kolom *GEP* (Goed Ecologisch Potentieel). In het deelgebied Akker is op meetpunt S\_628 de fosfaatconcentratie te hoog. Op meetpunt S\_682 in het deelgebied Weide zijn zowel de stikstofconcentratie als de fosfaatconcentratie te hoog. In de Waterparel is op meetpunt S\_665 de stikstofconcentratie te hoog.

Biologie	GEP	Toestand			Doel- bereik 2027
		2009	2015	2021	
Macrofauna (EKR)	≥ 0,60	Orange	Yellow	Yellow	onzeker
Overige waterflora (EKR)	≥ 0,45	Orange	Orange	Yellow	onzeker
Vis (EKR)	≥ 0,60	Light Green	Yellow	Yellow	onzeker
Fytoplankton (EKR)	≥ 0,60		Light Green	Yellow	vrijwel zeker

#### Algemeen fysische chemie

Fosfor totaal (zgm) (mg P/l)	≤ 0,21	Yellow	Yellow	Yellow	vrijwel zeker
Stikstof totaal (zgm) (mg N/l)	≤ 3,30	Orange	Yellow	Yellow	redelijk zeker
DIN (winterperiode) (mg N/l)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
Zoutgehalte (zgm) (mg Cl/l)	≤ 300	Light Green	Light Green	Light Green	vrijwel zeker
Temperatuur (max. waarde) (gr.C)	≤ 25,0	Light Green	Light Green	Light Green	vrijwel zeker
Zuurgraad (zgm) (-)	5,5 - 8,0	X	Light Green	Light Green	vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging(sgraad)(zgm) (%)	40 - 120	Orange	Light Green	Light Green	vrijwel zeker
Doorzicht (zgm) (m)	≥ 0,65		Orange	Orange	onzeker

Figuur 4-16 - Beoordeling ecologische toestand op de onderdelen biologie en algemeen fysische chemie voor het waterlichaam Zuidplaspolder Zuid (Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard, 2021).

In het waterlichaam Zuidplaspolder-Zuid is ook de biologie getoetst (Figuur 4-16). Op de maatlaten macrofauna, overige waterflora, vis en fytoplankton wordt "matig" gescoord. De oorzaak daarvan ligt waarschijnlijk in de (veel) te hoge nutriëntenconcentraties en niet-natuurlijke inrichting.

De overige watergangen zijn geen KRW-waterlichaam. HHSK heeft voor de niet-KRW wateren normen afgeleid, zie Tabel 4-4. Voor deze wateren geldt een inspanningsverplichting, geen resultaatsverplichting zoals bij KRW-waterlichamen. Deze doelen zijn nog in concept. Een deel van het plangebied valt onder het deelgebied Weide, een ander deel onder het deelgebied Akkerbouw. Ook voor de Waterparel zijn aparte doelen.

Tabel 4-4. Voorgestelde doelen voor de niet-KRW wateren (HHSK, 2021)

Deelgebied	Biologie (EKR)	Fosfaat (mg P/l)	Stikstof (mg N/l)	Chloride (mg/l)
Weidegebied	Planten: 0,40	0,30	4,8	300
Akkerbouwgebied	Planten: 0,35	0,50	8,0	300
Waterparel	Planten: 0,45	0,09	2,3	350

#### De Groene Waterparel

De Groene Waterparel vormt een uitzondering binnen het systeem en staat juist bekend om de goede waterkwaliteit. De Waterparel ligt in een hoger peilvak waar ook kattenklei aanwezig is (dit zijn zure, onvruchtbare bodems). Dit gebied kent bijzondere inheemse soorten zoals knolrus, vlottende bies en naaldwaterbies. Op sommige graslanden is blauwgrasontwikkeling gaande. Dit alles komt door de bijzondere kattenklei in de bodem in combinatie met de hydrologie en waterbeheer (van Diggelen, Verstijnen, Roelofs, & Smolders,



2020). Het waterpeil is hier ca -6,1 m NAP, het peil is dus nu hoger dan in omliggende peilvakken. Het schone water in de Waterparel staat niet in verbinding met het water in de rest van het plangebied. Alleen in tijden (van langdurige) laag water wordt water uit de Vierde tocht met gemaal Groene Waterparel naar de Groene Waterparel gepompt. Ten tijden van calamiteiten wordt water uit de Zuidplaspolder via de Vierde tocht door de Groene Waterparel afgevoerd richting de Hollandse IJssel.

In de Groene Waterparel gelden de waterkwaliteitsdoelen zoals weergegeven in Tabel 4-4. De waterkwaliteit mag in dit gebied niet veranderen.

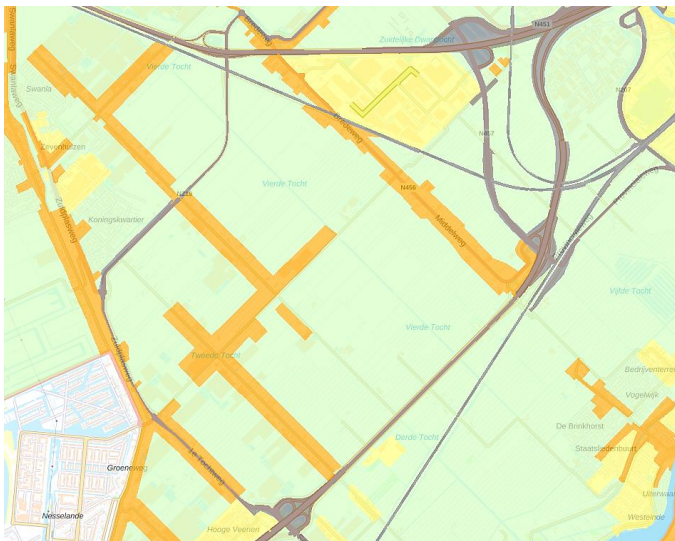
#### 4.1.9 Bodemkwaliteit (milieu hygiënisch onderzoek)

Vanuit het oogpunt van verspreidings-, gezondheids- en/of ecologische risico's ten gevolge van bodemverontreiniging met chemische stoffen moet de mogelijke aanwezigheid van bodemverontreinigingen in kaart worden gebracht. Deze verontreinigingen kunnen onaanvaardbare risico's met zich meebrengen in zowel de aanlegfase als de exploitatiefase. Bodemverontreinigingen omvat chemische stoffen die van nature niet in het milieu voorkomen en ten gevolge van menselijk handelen in de grond en/of het grondwater zijn terecht gekomen.

De Wet bodembescherming (Wbb) geeft regels voor de bescherming en sanering van de bodem. In de Wbb is aangegeven wanneer sprake is van bodemverontreiniging en wanneer deze zodanig is dat sanering met spoed nodig is. Tevens is in de Wbb aangegeven waar de saneringsdoelstelling aan moet voldoen mede afhankelijk van het (toekomstig) gebruik van de bodem. In het Besluit bodemkwaliteit (BKK) zijn regels opgenomen voor de toe te passen grond. De BKK waarborgt dat de kwaliteit van het oppervlaktewater en grondwater als gevolg van de toe te passen grond voldoende wordt beschermd. Ten behoeve van de toepassing van grond is specifiek voor Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS), ook het Tijdelijk Handelingskader (THK) van toepassing.

##### Te verwachten bodemkwaliteit-BKK (grond)

Op basis van de bodemkwaliteitskaarten zijn de bovengrond (0,0 – 0,5 m -mv) en de ondergrond (0,5 – 2,0 m -mv) van het projectgebied gelegen in zone 12: Lintbebouwing zeeleipolders, zone 15: Kantoren, bedrijven na 1990 en kassen en zone 16: Buitengebied - zeeleipolders incl. rand geanalyseerd. Volgens de bodemkwaliteitskaart voldoet de *bovengrond* die vrijkomt bij ontgravingen overwegend aan de klasse 'landbouw/natuur' m.u.v. de wegen (aangegeven in oranje in Figuur 4-17). Deze voldoen aan de klasse 'industrie'. Ter plaatse van de categorie 'Industrie' worden verhoogde gehalten aan zware metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) verwacht. Volgens de bodemkwaliteitskaart voldoet de *ondergrond* die vrijkomt bij ontgravingen overwegend aan de klasse 'landbouw/natuur'. De *ondergrond* ter plaatse van de wegen voldoet aan de kwaliteitsklassen 'wonen' (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

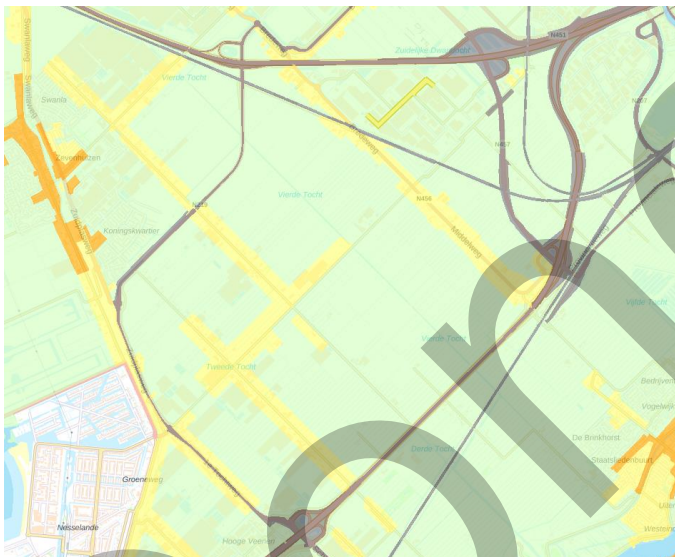


Ontgravingskaart

Bovengrond

- Industrie
- Wonen
- Landbouw/natuur
- Niet gezoneerd
- Water

Figuur 4-17 Bodemkwaliteit bovengrond bij ontgraving (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)



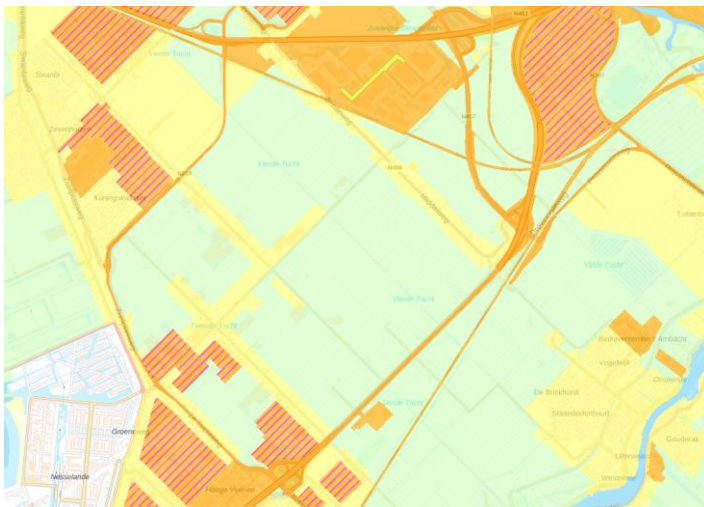
Ontgravingskaart

Ondergrond

- Industrie
- Wonen
- Landbouw/natuur
- Niet gezoneerd
- Water

Figuur 4-18 Bodemkwaliteit ondergrond bij ontgraving (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)

Op basis van de toepassingskaart (kwaliteit ontvangende grond) voldoet een groot deel aan de klasse 'landbouw/natuur'. Uitzondering hierop zijn de wegen, die voldoen aan de 'klasse wonen' en een klein deel in het zuidwestelijk deel die is ingedeeld als wonen/industrie (zie Figuur 4-19)

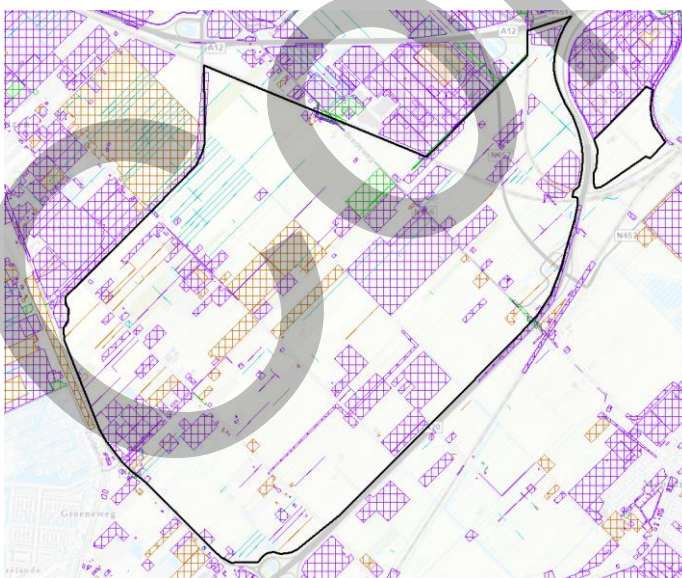


Figuur 4-19 Bodemkwaliteit boven en ondergrond bij toepassing (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)

- wonen/industrie
- industrie
- wonen
- landbouw/natuur
- Water

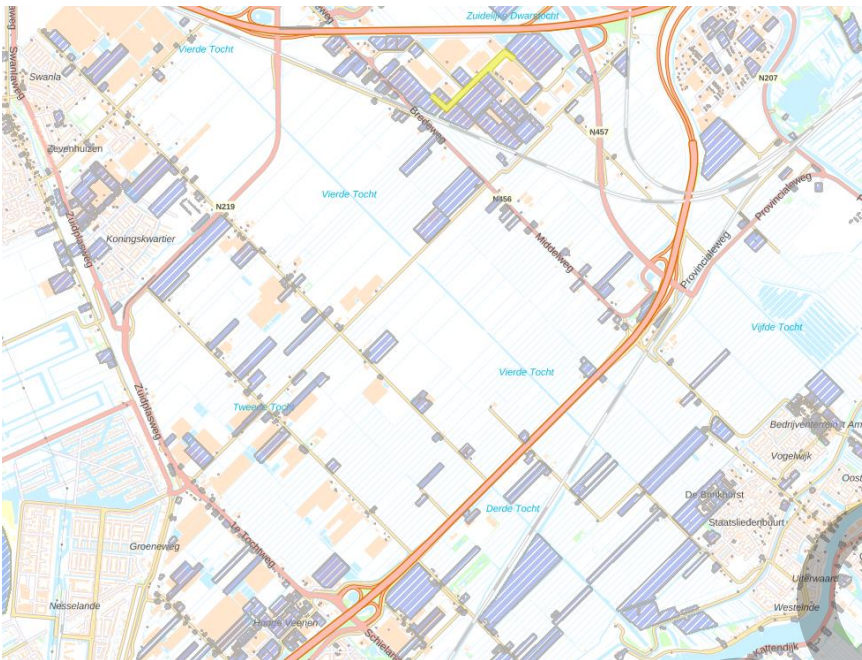
Te verwachte verontreinigingen-WBB (grond)

In het bodemloket zijn meerdere reeds uitgevoerde bodemonderzoeken geregistreerd (zie figuur 4-15). Op basis van deze gegevens is gebleken dat een deel van het terrein is onderzocht. De in paars aangegeven delen zijn voldoende onderzocht en is de verwachting dat hier conform de WBB geen aanvullende gegevens nodig zijn. Ter plaatse van de delen aangeduid als historie bekend en onderzoek uitvoeren in Figuur 4-20 bestaat het vermoeden dat bodemverontreinigingen aanwezig zou kunnen. Binnen de projectlocatie zijn meerdere bedrijvenactiviteiten geregistreerd (figuur 4-16) vooral t.b.v. agrarische doeleinden. Aanvullend zijn een (voormalige) vijftal stortplaatsen (zie Figuur 4-21) aanwezig binnen het projectgebied. De kans bestaat dat de bodem is beïnvloed ten gevolge van deze activiteiten.



- Voortgang onderzoek**
- Gegevens aanwezig, status onbekend
  - Saneringsactiviteit
  - Voldoende onderzocht/gesaneerd
  - Onderzoek uitvoeren
  - Historie bekend

Figuur 4-20 - status beschikbare bodemonderzoeken (Rijkswaterstaat, 2022)



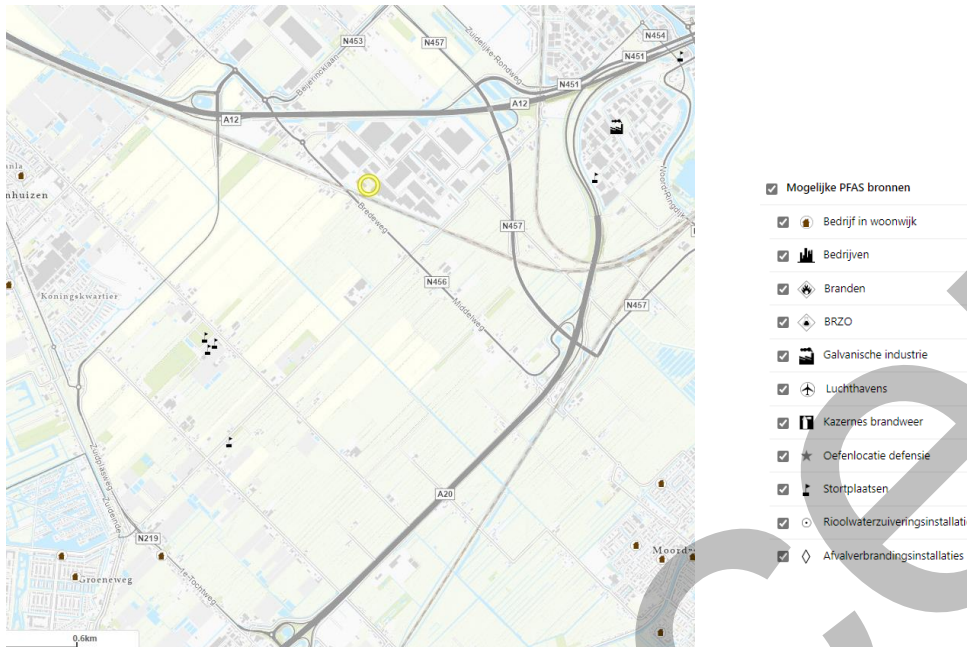
Figuur 4-21 - Situering bedrijfsactiviteiten weergegeven in blauwe markering (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)

### PFAS in grond-THK

In de afgelopen jaren is veel aandacht besteed aan de 'nieuwe verontreiniging' PFAS. PFAS typeert zich als een stof die persistent, bioaccumulatief en toxisch is en daarmee schade kan opleveren voor het de mens en het milieu. PFAS worden al decennia gebruikt in industriële- en andere processen en in vele producten. Ze worden toegepast in allerlei alledaagse toepassingen, zoals verf, blusschuim, pannen, kleding en cosmetica. Door het wijdverbreide gebruik en door emissies, incidenten en de stofeigenschappen worden PFAS niet alleen bij puntbronnen, maar ook als diffuse verontreinigingen in grond, grondwater en oppervlaktewater aangetroffen. Tevens kan het toepassen van grond en het opbrengen van baggerspecie mogelijk bijdragen aan de verspreiding van PFAS in de bodem. Momenteel is onderzoek gaande over de effecten en het gedrag van PFAS in het milieu. Dit betekent o.a. dat vigerende wet- en regelgeving continue in ontwikkeling is en saneringstechnieken voor zowel grond als grondwater beperkt zijn en vooral nog in ontwikkeling zijn. Met behulp van de PFAS-bronnenkaart van Sweco zijn enkel PFAS-bronnen nabij het onderzoeksgebied te vinden (zie Figuur 4-22). Vanwege de mobiliteit van de stoffen en het feit dat deze stoffen niet of nauwelijks afbreken, valt het echter niet te sluiten dat de bodem in het gebied verontreinigd is geraakt met PFAS.

Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) is een stofgroep van ruim 6000 stoffen die bestaan uit fluor- en alkylverbindingen. Hieronder vallen o.a. PFOS en PFOA. Op basis van de beschikbare gegevens bij de Omgevingsdienst Midden-Holland wordt de bovengrond (0,0-0,5 m -mv) van de projectlocatie ingedeeld in de klasse 'wonen/industrie'. Dat betekent dat voor PFOS een gehalte van ca. 3,0 µg/kg d.s., voor PFOA 7 µg/kg d.s en voor de overige PFAS een gehalte van 3,0 µg/kg d.s. wordt verwacht (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022). Op de kruising van de Knibbelweg en de Derde Tochtweg is een meetlocatie van de achtergrondwaarden van PFAS aanwezig. Uit de meting in de

bovengrond blijkt dat de concentratie van PFOA 4,7 µg/kg d.s, van PFOS <1,0 µg/kg d.s en van de overige PFAS 0,27 µg/kg d.s. is (Rijkswaterstaat, 2022). Vergelijkbare gehalten worden in de omgeving verwacht.



Figuur 4-22 - Mogelijke PFAS-bronnen in het gebied (Sweco, 2022)

#### Aandachtsgebieden verontreinigingen- WBB (grond)

Uit de gegevens van de Omgevingsdienst Midden-Holland is gebleken dat de onderstaande verontreinigingscontouren aanwezig zijn (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022):

- Tegenover Knibbelweg 85: sterke verontreiniging met nikkel.
- Knibbelweg 48: sterke verontreiniging met zware metalen en PAK. In het systeem is een BUS melding geregistreerd. Onbekend is als deze verontreiniging reeds is verwijderd of niet.
- Zuidelijke dwarsweg 4a: sterke verontreiniging met minerale olie in het bodemtraject 0,7 tot 1,2 m -mv (omvang 25 m<sup>3</sup>).
- locatie MY-P 13 Julianaweg te Moerkapelle: matige verontreiniging met barium in de bovengrond (0,0 -0,5 m -mv).
- Derde Tochtweg 6 Moordrecht: sterke verontreiniging met PAK. Onbekend is tot welke diepte deze verontreiniging aanwezig. In het systeem is een BUS melding geregistreerd. Onduidelijk is als deze verontreiniging reeds is verwijderd of niet.
- Bredeweg ter hoogte van de spoortunnel: sterke verontreiniging met zware metalen, minerale olie en PAK in de zandige bodem meteen onder het asfalt van het fietspad.
- Spoorwegovergang Vijfde Tochtweg Moordrecht: sterke restverontreiniging aanwezig met koper en PAK tot ca. 1,0 m -mv.

#### Aandachtsgebieden diffuus lood in grond

Lood is een zware metaal die door veelvuldig gebruik bij o.a. industriële processen en ophooglagen met afval in de bodem is terecht gekomen. Lood kan vooral bij jonge kinderen schadelijke gezondheidsgevolgen hebben. Om deze effecten weg te nemen vraagt de overheid om speciaal aandacht voor

diffuus lood vooral in (speel)tuinen en kinderspeelplaatsen. De Omgevingsdienst Midden-Holland waaronder het huidige projectgebied valt heeft in de regio middels onderzoek vastgesteld waar verhoogde loodgehaltes verwacht kan worden. Uit Figuur 4-23 blijkt dat op een deel van het projectgebied een verhoogd gehalte van lood kan worden verwacht.



Figuur 4-23 - Situering aandachtsgebieden diffuus lood (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)

#### Milieu hygiënische grondwaterkwaliteit

In de atlas van de Omgevingsdienst Midden-Holland zijn verschillende onderzoeken opgenomen die de grondwaterkwaliteit beschrijven. Uit deze gegevens blijkt over het algemeen dat het freatische grondwater overwegend lokaal licht verontreinigd kan zijn met zware metalen, vluchtige aromaten en/of PAK. Binnen het projectgebied zijn eveneens lokaal sterke verontreinigingen geconstateerd in het grondwater met minerale olie, vluchtige aromaten, PAK en zware metalen (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022).

Onderstaande verontreinigingscontouren zijn aanwezig binnen het projectgebied (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022):

- Zuidelijke dwarsweg 4a: sterke verontreiniging met minerale olie in het grondwater tot een diepte van ca. 2,0-2,5 m -mv (omvang 250 m<sup>3</sup>).
- Perceelgrens met Bredeweg 180: sterke verontreiniging met PAK tot een diepte van ca. 1,5-2,5 m -mv in het grondwater (omvang 1.140 m<sup>3</sup>)
- Knibbelweg 60: sterke verontreiniging met minerale olie en vluchtige aromaten tot een diepte van ca. 1-3 m-mv en 5,5-6,5 m-mv. Omvang is onbekend.
- NAVOS locatie Knibbelweg (voormalige stortplaats): sterke verontreiniging met vluchtige aromaten en zware metalen op een diepte van ca. 3,0 - 4,0 m-mv en 5,2 - 7,2 m-mv.
- Bredeweg 180: sterke verontreiniging met PAK en minerale olie (lokaal) met een omvang van 4.870 m<sup>3</sup> tot een diepte van ca. 2,0 m-mv.

## 4.2 Autonome ontwikkeling

In deze paragraaf wordt beschreven welke autonome ontwikkelingen worden verwacht. Daarbij wordt alleen ingegaan op de thema's waar autonome ontwikkelingen te verwachten zijn.

### 4.2.1 Oppervlaktewatersysteem

Sinds 1973 heeft HHSK waterpeilen niet meer geïndexeerd. Wanneer landgebruik zoals landbouw wenselijk is in de toekomst zullen peilen wel weer moeten worden verlaagd. Door de verlaging in peil zal de bodem sneller dalen en zal steeds meer kwel worden aangetrokken. Dit betekent voor de lage peilvakken dat de gemalen iets meer water moeten afvoeren en ook neemt de kans op wateroverlast iets toe. Daarnaast zal door de bodemdaling de inundatiediepte toenemen.

### 4.2.2 Klimaatverandering

Door klimaatverandering zal de intensiteit en de frequentie van hevige neerslag toenemen en zullen periodes van extreme hitte en/of droogte vaker voorkomen en stijgt de zeespiegel (KNMI, 2021). Voor het MER zijn de KNMI'14 scenario's (KNMI, 2015) en het klimaatsignaal 2021 (KNMI, 2021) als vertrekpunt genomen. Voor hitte en droogte wordt scenario WH voor het jaar 2050 gebruikt. Daarnaast wordt een doorkijk gegeven naar de effecten in 2085 en 2100. Hierin wordt uitgegaan van een hoge wereldwijde temperatuurstijging in combinatie met een verandering van luchtstromingen boven Nederland.

Het Deltaprogramma houdt op dit moment rekening met zeespiegelstijging tussen de 0,4 meter en 1 meter in 2100, recente rapportages tonen aan dat een grotere zeespiegelstijging niet ondenkbaar is (Deltacommissaris, 2022).

#### Neerslag

Figuur 4-24 laat de waterdiepte zien bij een bui die met het huidige klimaat kan voorkomen met een kans van  $T = 100^1$  (70 mm in 2 uur). Met name het westelijke en centrale deel van het Middengebied zijn kwetsbaar. De wegen en bebouwing blijven in het algemeen droog maar op de lagere percelen ontstaat wateroverlast. In het 2050 WL scenario zal een bui van deze omvang vaker voorkomen en een herhalingsijd hebben van ongeveer 50 jaar ( $T = 50$ ), waardoor de kans op wateroverlast toeneemt. Daarnaast neemt de hoeveelheid neerslag bij het 2050 WL scenario toe met ca. 8%. In scenario 2085 WH zal de neerslag naar verwachting toenemen met ca. 30% ten opzichte van de huidige situatie.

Door de toename van kwel door zeespiegelstijging, in combinatie met meer extreme neerslaggebeurtenissen, moeten de pompen in lage peilvakken meer water kunnen afvoeren.

#### Hittestress

De verwachting volgens het KNMI is dat in 2085 de gemiddelde temperatuur met +1,3 tot +3,7°C stijgt in de zomer, en de warmste dagen met +2,0 - +4,9°C. Daar komt bij dat het aantal zomerse (>25°C) en tropische (>30°C) dagen naar verwachting 30-130% toenemen (KNMI, 2015). Omdat het gebied in de

<sup>1</sup>  $T = 100$  betekent dat een dergelijke bui gemiddeld één keer per 100 jaar optreedt.

autonome situatie niet als stedelijk gebied ingericht wordt zal de gemiddelde temperatuur toenemen op basis van de gemiddelde stijging.

#### Droogte

Ook droge periodes komen naar verwachting vaker voor als gevolg van klimaatverandering. In de huidige situatie worden peilen sinds 1973 niet meer geïndexeerd. Hiermee is bodemdaling verminderd en de kans op bodemopbarsting verkleind.

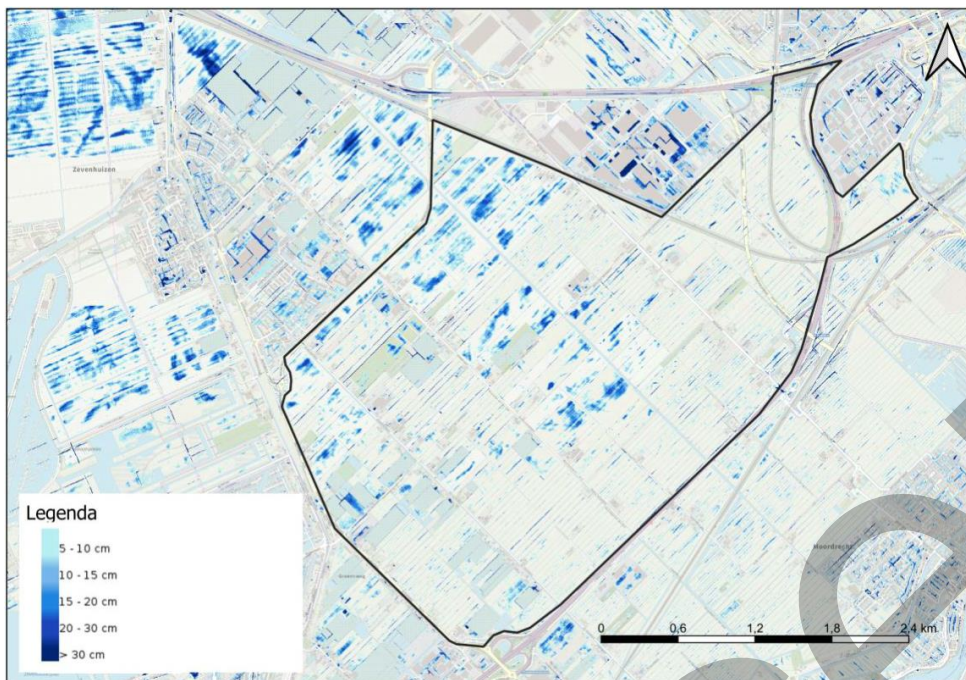
Wanneer huidige functies in het gebied behouden blijven (bedrijven, landbouw, woningen) dan zal in de toekomst mogelijk peilindexatie weer nodig zijn. Het verlagen van peilen kan bodemdaling versterken. Het dalen van de bodem en verlagen van peilen kan er bij oudere bebouwing op palen voor zorgen dat de houten paalkoppen droog komen te staan. Dit kan voor paalrot zorgen en daarmee verzakking van woningen.

Door bodemdaling kan ook schade optreden aan wegen en andere infrastructuur, zoals riolering, waardoor beheer en onderhoudskosten stijgen. Bij lagere grondwaterstanden kunnen bomen onvoldoende water krijgen en blad verliezen (Stowa, 2022). Het kan ook zijn dat boomwortels op zoek gaan naar water op grotere diepte wat kan leiden tot schade aan ondergrondse infrastructuur. Bodemdaling en de gevolgen daarvan wordt beschouwd in **paragraaf 4.2.4.**

#### Zeespiegelstijging

Als gevolg van zeespiegelstijging nemen zonder aanvullende maatregelen waterstanden in het hoofdsysteem toe. Ook neemt op lange termijn de kweldruk toe in de ondergrond. Precieze duiding van de effecten van zeespiegelstijging zijn onbekend. Naar verwachting zal het effect op stijghoogten maximaal 5-10% van de hoogte van zeespiegelstijging toenemen. In gebieden waar de waterpeilen extra hoog worden gehouden om droogval en schade aan houten funderingspalen te voorkomen is de buffercapaciteit van de bodem beperkt (minder ontwateringsdiepte) en het risico op wateroverlast groter (Witteveen+Bos, 2021). In droge perioden is meer wateraanvoer nodig om waterpeilen hoog te houden.





Figuur 4-24 - Waterdiepte bij huidige T=100 bui (70 mm in 2 uur) (Climate Adaptation Services, 2022)

### 4.2.3 Water aan- en afvoer

De wateraanvulling van sloten als gevolg van kwel zal toenemen als gevolg van zeespiegelstijging en bodemdaling. In geval van droogte zal (meer) water ingelaten worden vanuit de Ringvaart om uitzakken van waterpeilen te voorkomen. Beide vormen van wateraanvoer, kwel en ingelaten water, zijn tijdens langdurige droogte (lage rivierafvoeren) van een andere waterkwaliteit dan water uit het plangebied (gebiedsvreemd water). In tijden van (extreme) droogte zal de Hollandse IJssel, en daarmee ook de Ringvaart, licht verziltten door de invloed vanuit zee.

Om te blijven voldoen aan de NBW-normen<sup>2</sup> zal bij toenemende natte perioden en perioden van extreme neerslag meer water moeten worden afgevoerd. Afvoer zal zo veel mogelijk plaatsvinden via gemaal Abraham-Kroes maar zal bij vaker voorkomende extremen waarschijnlijk ook vaker via Gemaal 4<sup>e</sup> tocht plaatsvinden. Dit kan een negatief effect hebben op de Groene Waterparel.

### 4.2.4 Bodembeweging

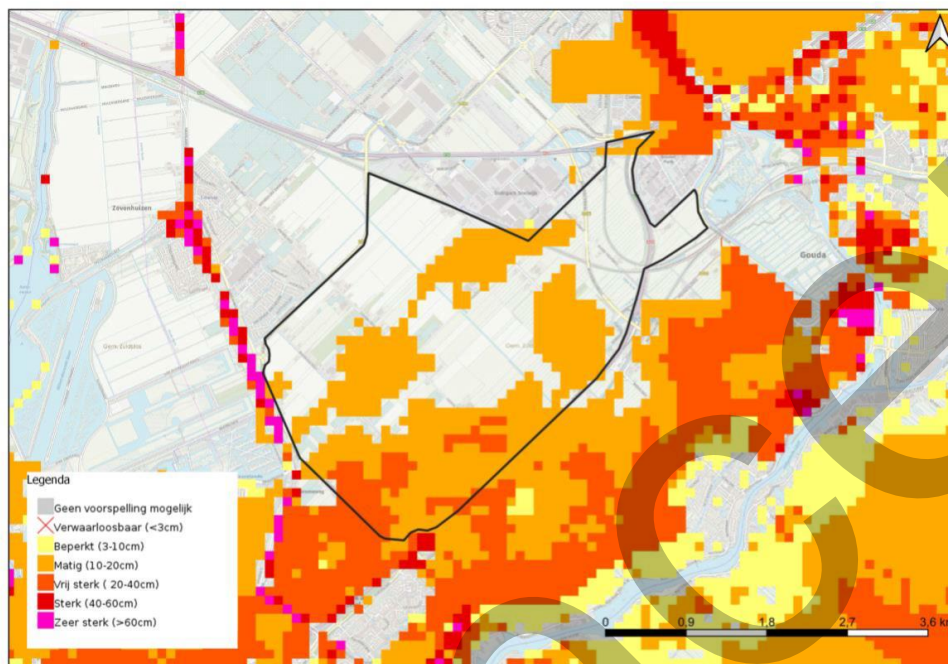
Er zijn twee oorzaken van bodemdaling: natuurlijke (historische belasting door sedimentatie, beweging aardplaten) en als gevolg van menselijk ingrijpen (belasting door menselijke activiteit, peilbeheer, belasting door menselijke activiteiten, grondwateronttrekking, gaswinning).

#### *Bodemdaling als gevolg van veenoxidatie (landelijk gebied)*

De bodemdaling als gevolg van veenoxidatie in de autonome ontwikkeling is niet exact te kwantificeren. Aan de hand van de ondergrondgegevens zijn twee

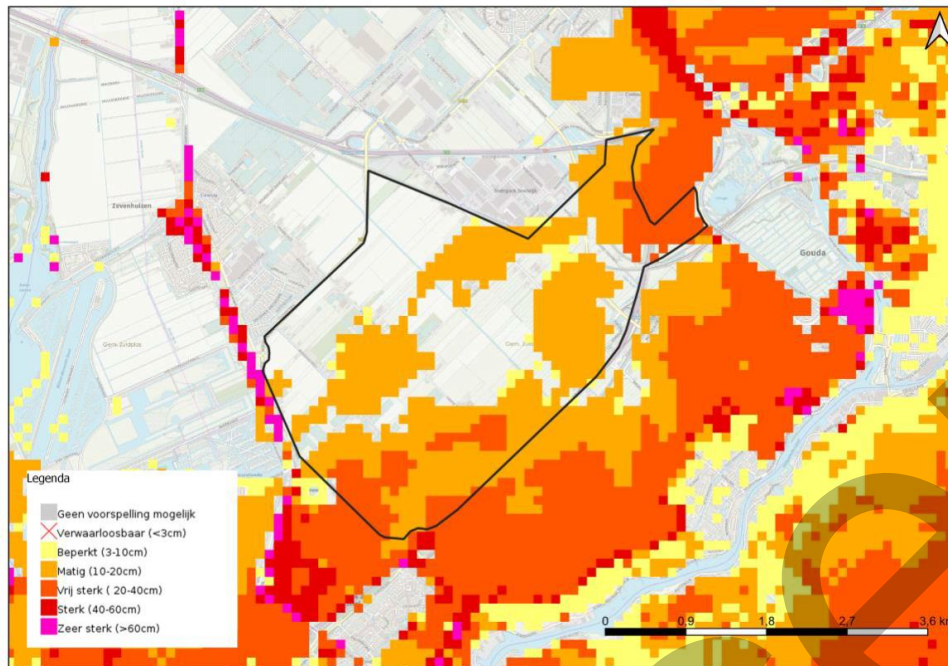
<sup>2</sup> NBW-normen:

scenario's uitgewerkt voor de Klimateffectenatlas waarin zowel het peilbeheer als de ontwikkeling van het klimaat zijn meegenomen. Figuur 4-23 laat de verwachte bodemdaling zien in en rondom het plangebied in een laag bodemdalingsscenario tot 2050. In dit scenario een laag klimaatscenario gebruikt, GL, in plaats van het meest extreme scenario WH en gaat men uit van peilfixatie. In dit geval is de verwachte bodemdaling 10-20cm tot 2050. Dit komt neer op <1mm daling per jaar door veenoxidatie in de ondergrond.



Figuur 4-25 - Autonome bodemdaling, laag scenario zichtjaar 2050 (Klimateffectenatlas)

Figuur 4-26 laat de verwachte bodemdaling vanuit de Klimateffectatlas zien in het hoge scenario voor het Middengebied tot 2050. Hierin is bij het maken van de klimateffectatlas aangenomen dat het waterpeil regelmatig wordt geïndexeerd om de drooglegging gelijk te houden met het oog op de dalende bodem, en dat de temperatuur verder zal stijgen met meer droogte en veenoxidatie als gevolg. In werkelijkheid is het waterpeil al sinds 1973 niet meer geïndexeerd. Aan de hand van een overleg met HHSK in het kader van de Provinciale MER is vastgesteld dat Figuur 4-26 een lichte overschatting is van de bodemdaling in de autonome ontwikkeling is (Witteveen+Bos, 2021). Afhankelijk van de bodempbouw kan de bodem lokaal sneller of minder snel dalen.



Figuur 4-26 - Autonome bodemdaling hoog scenario zichtjaar 2050 (Klimaat-effectenatlas)

#### *Autonome bodemdaling (landelijk en stedelijk gebied)*

Autonome bodemdaling wordt veroorzaakt door natuurlijke processen als historische belasting door sedimentatie (autocompactie), droogte en belasting door natuurlijke sedimentatie. De autonome bodemdaling is zeer lastig te bepalen. Dit komt door de gebrekkige informatie die beschikbaar is voor het gebied en de complexiteit om überhaupt autonome bodemdaling te meten.

Op basis van de bodemdalingskaart 2.0, bodemopbouw (klei en veen) en expert judgement (o.a. op basis van geotechnische ervaring en ervaringen van actieve deelnemers van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling waaronder gemeente Woerden en Capelle aan den IJssel) wordt ingeschat dat de autonome bodemdaling varieert tussen de 2 en 5 mm per jaar. 2mm is te verwachten op de Kreekrug waar spraken is van een meer stevige ondergrond. 5mm is te verwachten in de gebieden waar de ondergrond uit dikke samendrukbare lagen veen en klei bestaat (meer de randen van het gebied). Op sommige locaties waar de bodem uit zeer zettingsgevoelige bodemlagen bestaat kan spraken zijn van meer dan 5mm per jaar.

#### *Bodemdaling als gevolg van zetting (stedelijk gebied)*

In de autonome ontwikkelingen worden binnen het plangebied geen noemenswaardige verzwaringen en of ophogingen uitgevoerd, waardoor bodemdaling als gevolg van zetting niet plaats zal vinden.

### 4.2.5 Waterveiligheid

Door klimaatverandering zal de zeespiegel naar verwachting versneld stijgen na 2050. Het klimaatsignaal van het KNMI (2021) gaat uit van een stijging van de zeespiegel van 0,15-0,41 meter in 2050 en 0,54-1,21 meter in 2100 (KNMI, 2021). Het kennisprogramma zeespiegelstijging (MinlenW) houdt daarnaast rekening met een zeespiegelstijging van 2 meter in 2100. Ten behoeve van

deze MER studie heeft HKV overstromingsstimulaties gemaakt voor de Zuidplaspolder en specifiek het Middengebied. In deze studie is ook een simulatie gemaakt voor 2 meter zeespiegelstijging (HKV, 2022).

Door hogere zeewaterstanden sluiten primaire keringen vaker. In de overstromingssimulaties is rekening gehouden met extreme situaties met zowel een open als gesloten Europoortkering en Hollandse IJsselkering (HKV, 2022).

Een stijgende zeespiegel leidt tot hogere overstromingsdiepten bij een dijkdoorbraak. Daarnaast vergroot bodemdaling vergroot effect verder doordat de afstand tussen bodem en waterpeil groter wordt.

In de overstromingssimulaties voor de Zuidplaspolder is geconcludeerd dat een overstroming vanuit de Hollandse IJssel, met een open Hollandse IJsselkering maatgevend is met een doorbaak bij Nieuwerkerk Noord. In deze situatie, ondanks zijn zeer kleine kans, treden de hoogste waterstanden op. Overstromingsdiepten tot -2,1m NAP treden in deze situatie op in 2050. Voor 1 breslocatie, Gouda Sluisdijk, is ook zichtjaar 2100 en 2 meter zeespiegelstijging gesimuleerd. Hier treden waterstanden op tot respectievelijk -2,2m NAP en -1,5m NAP (HKV, 2022). Met maaiveldhoogten variërend rond de -6m NAP komt dit neer op een waterdiepte van ca. 3,9-4,5 meter diep.

Als gevolg van aanpassingen in de ruimtelijke inrichting en het watersysteem kunnen daarnaast de gevolgen van overstromingen veranderen. Een verbreding van de A20 en de onderdoorgangen kan de overstroming onder de weg door versnellen waardoor water sneller bij de Zuidplaspolder aankomt. Naar verwachting heeft dit echter geen enorme impact op de overstromingsdiepten ten opzichte van de huidige situatie.



Figuur 4-27 Relatieve zeespiegelstijging = absolute zeespiegelstijging + bodemdaling

#### 4.2.6 Grondwaterkwantiteit

Door toename van stijghoogten in de ondergrond als gevolg van zeespiegelstijging en door een afnemende dikte van de deklaag (in geval van het plangebied met name door compactering van de ondergrond) neemt de kans op opbarsten en welvorming verder toe, omdat de tegendruk van grond en oppervlaktewater afneemt. Stijghoogten hoger dan het huidig maaiveld zijn niet ongewoon in Nederland. In bijvoorbeeld de Haarlemmermeerpolder ligt de stijghoogte 1 tot 2 meter boven het maaiveld (Goudriaan, de Louw, & Kramer, 2011). Het is afhankelijk van de bodemopbouw en dikte van de deklaag of opbarsting en wellen hiermee een direct probleem vormen. Door deze verandering neemt kwel toe.

De Groene Waterparel zal, gezien het beleid van het waterschap en de provincie, op hetzelfde waterpeil blijven waardoor in dit gebied meer tegendruk blijft op de kweldruk.

#### 4.2.7 Grondwaterkwaliteit

Door het stijgen van de zeespiegel kan het zijn dat het grondwater zouter wordt. De combinatie van maaiveld daling, hogere stijghoogten in het diepe grondwater

en potentieel hoger zoutgehaltes leiden tot een toename van zoute kwel. Dit is negatief voor de waterkwaliteit in de polder.

#### Milieu hygiënische grondwaterkwaliteit

Voor de milieu hygiënische grondwaterkwaliteit en aanwezige verontreiniging, zie hoofdstuk 4.2.9.

### 4.2.8 Oppervlaktewaterkwaliteit

Inlaatwater kan in de autonome situatie dan meer zout bevatten, wat een negatief effect heeft op de waterkwaliteit. Kwel in het gebied is zoals eerder beschreven zilt- en ijzerrijk, wat een (negatief) effect heeft op de waterkwaliteit in het gebied.

De waterkwaliteit kan op de langere termijn in droge perioden verslechteren, onder andere door de toename van kwel (zie 4.2.6) en mogelijk inlaten van water. Door het in de toekomst mogelijk weer indexeren van het waterpeil zal meer kwel worden aangetrokken in de laagste peilvakken. De Groene Waterparel zal, gezien het beleid van HHSK, op hetzelfde waterpeil blijven en geen achteruitgang in waterkwaliteit ondergaan.

Wanneer peilen in de toekomst worden geïndexeerd kan dit voor veenoxidatie zorgen in de ondergrond (op basis van gegevens klimaateffectatlas). Dit heeft bodemdaling en uitstoot van CO<sub>2</sub> tot gevolg. Bovendien komen bij het proces nutriënten vrij die de waterkwaliteit verslechteren. Daarnaast wordt bij verlaging van het waterpeil meer zilte kwel (eveneens hoger gehalte aan nutriënten) aangetrokken, dit leidt tot een verslechtering van de waterkwaliteit. De kans op eutrofiëring neemt toe. Het is niet bekend wat de kwaliteit van het kwelwater precies is in het plangebied. Zoals te lezen in hoofdstuk 4.1.8 is er voor het beheergebied van HHSK een studie gedaan naar herkomst van stoffen, de precieze verhouding stoffen voor het plangebied en in welke mate kwel een bijdrage levert aan de verslechtering van de waterkwaliteit is niet 1-op-1 over te nemen, dit is zeer gebiedsafhankelijk. Dat kwel een aanzienlijke bijdrage levert blijft wel staan gezien de lokale omstandigheden.

#### KRW waterlichamen

Het is onzeker of de KRW-waterlichamen Zuidplaspolder Noord, Zuidplaspolder Zuid en Ringvaart qua biologische toestand het KRW-doel bereikt in 2027. Over het algemeen is de verwachting dat de chemische toestand verbetert of dat de goede toestand gehandhaafd blijft in de referentiesituatie.

Zilte kwel heeft een negatieve invloed op de ecologische toestand van het water. Daarnaast heeft zilte kwel vaak ook hogere nutriënten concentraties wat voor een grotere kans op algenbloei zorgt. Het is onduidelijk of verzilting meegenomen is in het afleiden van de KRW doelen.

### 4.2.9 Bodemkwaliteit (milieu hygiënisch onderzoek)

In de autonome situatie wordt de bestaande bedrijvigheid in het plangebied voortgezet. Er zijn geen autonome ontwikkelingen bekend die van invloed zijn op de bodemkwaliteit.

Wanneer landgebruik niet wijzigt zal de verontreinigingssituatie niet veranderen. Deze stoffen blijven aanwezig in de bodem. Op basis van de huidige kennis

komen er geen ontwikkelingen bij in de autonome situatie die verontreinigingen versterken.

Concept

## 5. Functioneren systeem: ecohydrologische beschouwing

In hoofdstuk 4 is een beschrijving gegeven van de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen voor de verschillende thema's voor water, bodem en klimaat. Zoals uit die beschrijving blijkt hebben veel thema's invloed op elkaar. Vanuit de Commissie m.e.r. is geadviseerd om een samenhangend onderzoek uit te voeren naar de waterhuishouding waarbij inzichtelijk wordt hoe de waterhuishouding en de ecohydrologie van het plangebied in elkaar zitten. Ecohydrologie gaat in op drie belangrijke componenten: het functioneren van de bodem, het watersysteem en het reageren van de ecologie daar op.

In dit hoofdstuk geven we hier een beschrijving van en geven een beschouwing op de ecohydrologische effecten van maatregelen genomen in de alternatieven. We nemen in deze analyse mee wat het effect van de ontwikkeling op het grotere geheel van de polder is en hoe deze systemen als onderlegger gebruikt worden voor de stedenbouw en de groenontwikkeling. Daarnaast beschouwen we de effecten van klimaatverandering op het planvoornemen. Figuur 5-1 geeft de relaties tussen verschillende milieucompartimenten weer. Het figuur laat zien dat de componenten van buiten naar binnen in het algemeen meer invloed op elkaar hebben dan andersom. Dus: de hoogteverschillen en reliëf hebben meer invloed op het landgebruik dan dat het landgebruik invloed heeft op de hoogteverschillen en reliëf.



Figuur 5-1 relaties tussen milieucompartimenten volgens het Rangordemodel (Stowa, 2017)

### 5.1.1 Algemene beschrijving ecohydrologisch systeem

Het grondwater in de Zuidplaspolder en in het Middengebied is ijzerrijk, nutriëntenrijk en zuurstofarm (Witteveen+Bos, 2021). Het water uit de bodem is licht brak met chloridegehaltes tussen de 100 en 200mg/l. De kwaliteit van de (diepere) bodem heeft door grondwaterstroming, neerslag en kwel (en opbarsting) invloed op de waterkwaliteit in het gebied. Dit komt doordat er in dit gebied in het algemeen sprake is van kwel. Met deze kwel wordt water aangevoerd dat onder invloed staat van de zee. Dit resulteert in de beschreven grondwaterkwaliteit.

#### *Fosfaat*

Het grondgebruik in de huidige situatie in de Zuidplaspolder en het Middengebied is overwegend bedrijven, kassenbouw en agrarisch gebied. Planten hebben nutriënten nodig om te kunnen groeien, daarom worden landbouwgronden bemest en kan er een overschot aan fosfaat ontstaan in de ondergrond. Wanneer water uit de ondergrond omhoog komt (kwel) kunnen stoffen uit de ondergrond mobiliseren. Ook van het oppervlak kunnen stoffen mobiliseren bij bijvoorbeeld het ophogen van peilen. Uit waterkwaliteitsmetingen komt naar voren dat er veel fosfaat in het oppervlaktewater zit. Een deel hiervan komt uit kwel, een deel uit landbouwgrond en van actuele bemesting.

Voedselrijk water met nutriënten zoals fosfaat en stikstof zorgen voor een hogere kans op algenbloei. Algen zorgen voor veel schaduw, het gebrek aan licht zorgt er voor dat andere planten en dieren slecht kunnen leven en groeien. Daarnaast gebruiken algen veel zuurstof wat kan leiden tot zuurstofloosheid waar andere planten en dieren eveneens onder te lijden hebben. Dit gebeurt vooral in open water. Een andere mogelijkheid is dat langs het water natte nutriëntminnende natuur ontwikkelt, bijvoorbeeld in de vorm van voedselrijk moeras zoals riet en ruigten. Deze (water)planten zorgen voor schaduw waardoor algen juist minder de kans krijgen.

Algenbloei is in een stedelijke omgeving onwenselijk, daarom het verminderen van fosfaat in de bodem belangrijk. Het voor een groot deel verwijderen van landbouw uit het gebied zal niet direct leiden tot de vermindering van fosfaat. Het uitspoelen van de reeds aanwezige fosfaat uit de ondergrond kan tientallen jaren duren. Het duurt daardoor lang voordat fosfaatgehaltes tot een acceptabel gehalte zijn gedaald. Hoe lang dit effect duurt is onduidelijk.

#### *IJzer*

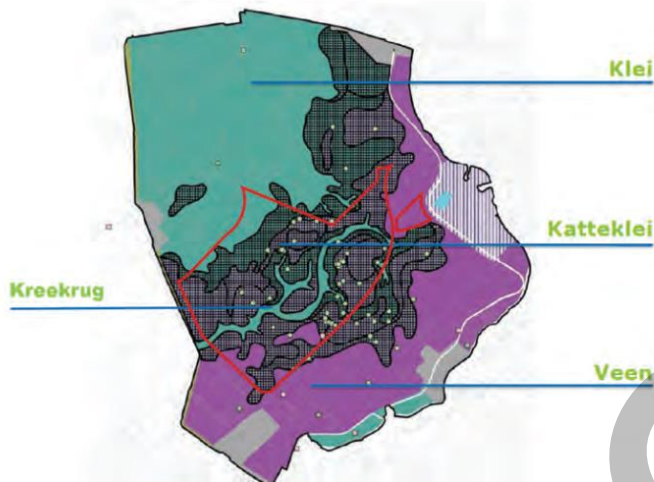
Het water in het plangebied is ijzerrijk. IJzer (wat resulteert in bruin water) zorgt voor minder doorzicht, wat leidt tot weinig of geen waterplanten. Dit kan leiden tot een ongunstig lichtklimaat voor algen en daarmee minder algen. IJzer heeft daarnaast een immobiliserend effect op fosfaat. Over het algemeen leidt dit tot minder problemen met fosfaat in Nederland dan wanneer er geen sprake was van ijzerhoudend grondwater. Echter, wanneer water zuurstofloos wordt (bijvoorbeeld door veel algen) laat het ijzer het fosfaat weer los (Deltares, 2017).

#### *Katteklei en klei*

Het Middengebied kent speciale omstandigheden. De bodem is overwegend opgebouwd uit klei en katteklei met in het zuidelijkste puntje nog wat veen, zie figuur 5-20. Katteklei is een bijzonder soort klei. Door het chemische proces dat ontstaat wanneer pyriet uit de katteklei in aanraking komt met zuurstof en water



wordt fosfaat vastgelegd. Het zure water dat ontstaat als gevolg van deze reactie is over het algemeen zeer onvruchtbaar. Er zijn echter specifieke oeverkruid-klassen die hier goed op groeien. Deze oeverkruid-klasse zijn beperkt aanwezig in Nederland maar zijn internationaal belangrijk om in stand te houden. De Groene Waterparel heeft door de combinatie van waterhuishouding en deze bodemopbouw bijzondere natuurwaarden. Onderstaande figuur (5-20) is indicatief. Hoeveel katteklei er precies aanwezig is en waar is onzeker.



Bodemkaart Zuidplaspolder  
(bron: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard) **Figuur 5-2**

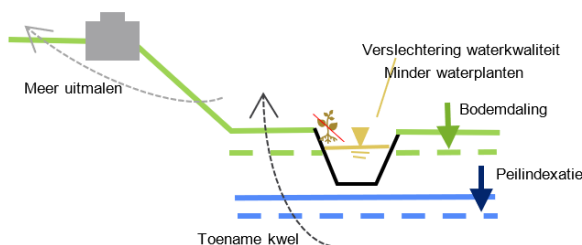
Figuur 5-2 Aanwezige katteklei in gebied, in rood omlijnd plangebied

### 5.1.2 Ingreep-effect relaties

#### Referentiesituatie

In de referentiesituatie is op veel plekken sprake van bruin oppervlaktewater vanwege de ijzerrijke kwel. Daarnaast geven waterkwaliteitsmetingen aan dat er veel fosfaat in het water zit. Fosfaat kan uit de diepere ondergrond komen maar kan ook afspoelen van landbouwgronden in het gebied.

Sinds 1973 zijn waterpeilen niet meer geïndexeerd, hiermee is het dalen van de bodem verminderd. Als gevolg van zeespiegelstijging of peilindexatie in de toekomst om het huidige landgebruik mogelijk te maken, kan kwel toenemen. Deze kwel is ijzerrijk. Bruin, ijzerrijk water heeft effect op het doorzicht, weinig doorzicht zorgt voor weinig tot geen waterplanten. Minder waterplanten heeft effect op macrofauna en vis, en daarmee een lage biodiversiteit. Daarnaast wordt het bruinige water als onaantrekkelijk ervaren.



Figuur 5-3 Globale weergave effecten wanneer peilindexaties weer zouden worden toegepast in het gebied

De toename van kwel zorgt er voor dat er meer water uit de ondergrond in het oppervlaktewater terecht komt. Dit zorgt er voor dat er continu meer water uit het gebied moet worden gepompt en het leidt tot afname van de bergingscapaciteit. Het systeem is daarmee minder robuust.

### Effecten ingreep van alternatieven

In de verschillende alternatieven wordt het peil opgezet, hierin is variatie tussen een gemiddeld peil van -6,2m NAP (tussen bandbreedte van -6,05 en -6,35m NAP) en een gemiddeld peil van -5,8m NAP (opzetten tot maximaal -5,3m NAP). Dit zorgt er voor dat gebieden de Watertuinen, het Energielandschap en de Groene Schakel met gemiddelde peilen 0,1m tot 0,7m water op het maaiveld hebben staan. De gemiddeld nattere omstandigheden zorgen er voor dat het huidig landgebruik niet meer mogelijk is. Ook voor wonen zijn dit uitdagende omstandigheden, hiervoor zijn alternatieve woonvormen getoetst. De natte omstandigheden bieden kansen voor het ontwikkelen van natuur en recreatiegebied.

Door het opzetten van het peil wordt een groot deel van de kwel in het gebied weggedrukt. Dit heeft een positief effect op de waterkwaliteit doordat minder ijzerrijke kwel uit de ondergrond naar boven komt, het doorzicht wordt beter en waterplanten krijgen meer de kans. Het opzetten van het peil leidt echter tot uitspoeling van fosfaat uit de bovengrond (voormalig agrarisch gebruik) wat weer voor een verslechtering van de waterkwaliteit kan zorgen. Meer fosfaat leidt tot meer voedingswaarden, wat kan leiden tot een toename van algenbloei in wateren. Afgraven en verbeteren van de grond kan zorgen voor minder voedingswaarden en daarmee minder invloed van fosfaat. Een andere mogelijkheid is in te zetten op ontwikkeling van natte natuur die nutriëntminnend is. Denk bijvoorbeeld aan het creëren van voedselrijk moeras zoals riet en ruigten. Deze waterplanten zorgen voor schaduw waardoor algen minder de kans krijgen.

Als gevolg van de peilopzet ontstaat met regelmaat ondiep water op plekken. Ondiep water warmt makkelijk op, warm water (>25°C) leidt tot botulisme en algenbloei. Daarnaast kan een vochtige omgeving zorgen voor meer insecten, wat voor mensen die wonen in de Watertuinen onaantrekkelijk kan zijn. Het creëren van schaduw zorgt voor minder opwarming. Riet en waterplanten zorgen voor een omgeving met vissen en kikkers die muggenlarven opeten. Daarnaast helpt het verdiepen van waterpartijen om opwarming te voorkomen. Met hoge peilen is de kans op opbarsting kleiner.

#### 5.1.3 Ecohydrologie in deelgebieden: huidig en beschrijving van effecten van wijzigingen

Het Middengebied is gelegen in de Zuidplaspolder. Aanpassingen aan het watersysteem in het Middengebied kunnen effect hebben op het ecohydrologisch systeem van de totale polder. De relatie tussen het Middengebied en de rest van de Zuidplaspolder is beschreven. Daarna is een korte omschrijving van de ecohydrologische effecten in de verschillende deelgebieden omschreven.

#### Relatie Middengebied – rest van de Zuidplaspolder

Het Middengebied ligt middenin de Zuidplaspolder. Het watersysteem van het Middengebied is nauw verbonden met de rest van de Zuidplaspolder. Vanuit de

Ringvaart wordt water ingelaten in de Zuidplaspolder komt via twee aanvoer in het Middengebied. Het water wordt door het Middengebied gevoerd en uiteindelijk via gemaal 4<sup>e</sup> tocht door de Groene Schakel richting het Abraham Kroes gemaal afgevoerd. Door het huidige landgebruik in de polder is het water dat wordt afgevoerd rijk aan nutriënten. Een verandering van functie naar stedelijk gebied in het Middengebied leidt niet per se tot verslechtering van de waterkwaliteit in de rest van de Zuidplaspolder.

Het verhogen van peilen in het Middengebied zorgt voor afname van (ijzerrijke)kwel. Daarvoor zijn verschillende ingrepen nodig in het watersysteem, zoals verplaatsing van pompen/gemalen om het waterpeil in het Middengebied te beheersen. Bij een waterpeil >-6m NAP zal er beperkt grondwater opwellen. In theorie kan het zo zijn dat het veranderen van het waterpeil van invloed is op de rondom het Middengebied gelegen gebieden, kwel van slechte kwaliteit kan daar toenemen. De effecten hiervan op de rest van de Zuidplaspolder zijn naar verwachting minimaal. Een 2D/3D grondwatermodellering zal hier meer duidelijkheid over geven, de beschikbaarheid van data over kwel en bodemopbouw dragen bij aan de kwaliteit van de modellering (zie hoofdstuk 6.3).

## Middengebied - deelgebieden

In de huidige situatie is het Middengebied met name grasland met daarop boerderijen en bedrijven. De verschillende gebieden hebben op dit moment beperkte ecohydrologische waarden. Het watersysteem is met name ingericht op het faciliteren van aanwezige functies. Hieronder zijn per gebied de waarden en de effecten als gevolg van verandering aan peilen en inrichting omschreven.

### Groene Waterparel

De Groene Waterparel is een voor een groot deel hydrologisch afgesloten gebied in het Middengebied. Door de unieke omstandigheden met kateklei in de ondergrond (zie boven) ontstaan zure omstandigheden. Hierdoor groeit in dit gebied de oeverkruid-klasse goed, een belangrijke soortgroep om internationaal in stand te houden.

Ondanks de gunstige omstandigheden neemt de bijzondere vegetatie in het gebied toch af (van Diggelen, Verstijnen, Roelofs, & Smolders, 2020). Mogelijk is dit een effect van het inlaten van gebiedsvreemd water. Precieze details zijn hierover onbekend. Randvoorwaarde om de omstandigheden voor oeverkruid-klasse en andere typische soorten goed genoeg te houden is om tenminste 2 maanden tijdens het groeiseizoen geen gebiedsvreemd water in te laten (van Diggelen, Verstijnen, Roelofs, & Smolders, 2020).

De Groene Waterparel wordt gezien als een belangrijk stukje natuur. Het is belangrijk dat dit gebied geïsoleerd blijft. Daarnaast zal het huidige peil in dit gebied (diverse peilgebieden tussen de ca. -5,8 en -6,6m NAP) gehandhaafd moeten blijven om de huidige vegetatie in stand te houden. In de alternatieven en het planvoornemen zijn geen ingrepen aan de Groene Waterparel voorzien. De effecten van verstedelijking, opzetten van waterpeil en klimaatverandering kunnen echter wel effect hebben op de Groene Waterparel. Door het verhogen van het waterpeil in de watertuinen en de kreekkrug kan kwel licht toenemen richting de groene waterparel. Afhankelijk van de verandering van de kwaliteit van het kwelwater heeft dit effect. Maatregelen zoals een bufferzone of buffersloot hebben beperkt effect. **Een verdiepende verkenning naar de**

verandering van de kwaliteit van kwel moet inzichtelijk maken of en wat de invloed is van de verandering van kwel in het gebied. Ten tijde van dit schrijven is die analyse nog niet afgerond.

De inrichting van het watersysteem is er in de toekomst op gericht dat meer water kan worden vastgehouden (berging) ten tijden van extreme neerslag. Hierdoor is de kans dat water in calamiteiten wordt afgevoerd door de groene waterparel klein.

### **Kreekrug**

De Kreekrug wordt in alle alternatieven opgehoogd volgens meer traditionele methoden zoals ophogen met zand. Door het verhogen van de waterpeilen wordt kwel uit de ondergrond verminderd. Deze twee factoren samen zorgen voor een vermindering tot volledige reductie van uitspoeling van stoffen uit de ondergrond naar het oppervlaktewater. Wat een gunstig effect heeft op de waterkwaliteit.

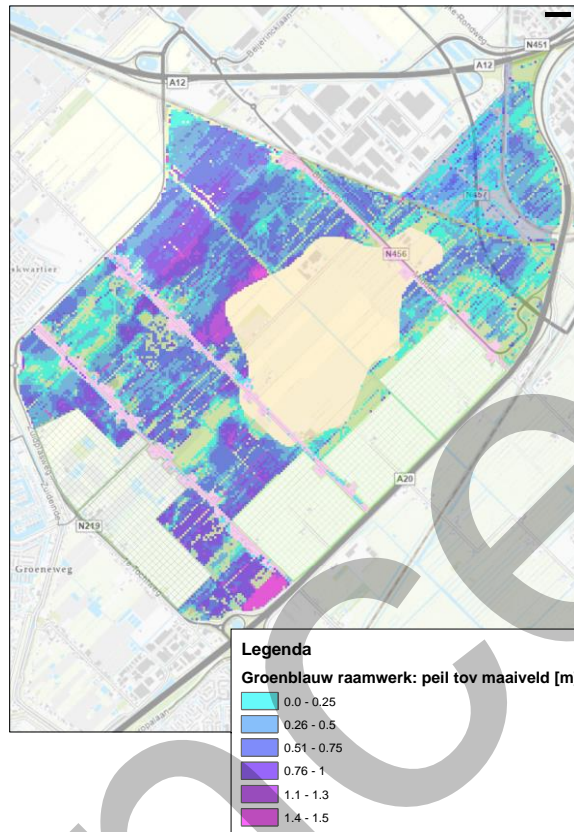
Op de Kreekrug wordt het deel van het dorp gebouwd met hogere woningdichtheid. Afhankelijk van de precieze inrichting kan het zo zijn dat er daardoor meer auto's rijden waardoor afstromend regenwater eerder vervuild raakt (fosfaatrijk, metalen, PAK). Het afstromend water kan voor verslechtering van de waterkwaliteit zorgen wanneer geen aanvullende maatregelen genomen worden. Mogelijkheden om water te zuiveren zijn bijvoorbeeld bodempassages, bijvoorbeeld via bermassage of middels Wadi's (Stowa, n.d.).

De verwachte toename van verharding zorgt er voor dat het gebied in warme periodes verder opwarmt. Het waterrijke landschap in combinatie met bomen kan voor de vermindering van het hitte effect zorgen. Bomen en planten zullen bestand moeten zijn tegen natte en drogere omstandigheden.

### **Watertuinen**

Ook in het gebied dat ontwikkeld wordt als de Watertuinen is het landgebruik op dit moment met name grasland met agrarisch gebruik. De bodem is dus rijk aan nutriënten. In de verschillende alternatieven wordt gesproken over bouwen op terpen, bouwen op palen en drijvend bouwen. In geval van bouwen op palen en drijvend bouwen kan natuur gecreëerd worden om en onder woningen. Dit zorgt voor minder grondverzet en meer waterbergingsmogelijkheden en kansen voor natuurontwikkeling. Wanneer geen grondverbetering wordt toegepast kan de voedselrijke grond leiden tot algenbloei.

Een vochtig moeraslandschap in een woongebied kan leiden tot meer insecten zoals muggen, wat onaantrekkelijk is voor bewoners. Zoals in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** te zien is, ontstaan bij een maximaal peil van -5,3m NAP bij Alternatief Groen-blauw raamwerk waterdiepten van tot 1 meter in het Watertuinen gebied. Dieper water zorgt voor verminderde kans op opwarming en daardoor botulisme en algenbloei. Met lagere waterstanden kunnen drassige omstandigheden ontstaan en daarmee een grotere kans op opwarming en botulisme, algenbloei en insecten. Het verdiepen van waterpartijen door de toplaag af te graven kan hier een oplossing voor zijn. Hiermee zal een deel van de nutriëntenlast ook direct afnemen. Met hoge waterpeilen zal de kans op opbarsting verkleinen. De afgegraven grond kan mogelijk in andere delen van het gebied gebruikt worden voor ophogen.



Figuur 5-4 effect van het hoogste peil (-5,3m NAP) in Alternatief Groen-blauw raamwerk. Het huidige maaiveld komt onder water te staan met waterdiepten tussen de 0 en 0,5m met op sommige plekken diepten tot 1m.

### Groene Schakel

In dit gebied is in de huidige situatie met name sprake van agrarisch gebruik en enkele kassen. Dit landgebruik is met het oog op bodemdaling, kwel, opbarsting en klimaatverandering op termijn niet goed meer houdbaar. Dit landgebruik vraagt om verlaging van peilen om grond droog te houden. Dit zorgt voor een toename van kwel, een vergrote kans op opbarsting en noodzaak voor meer pompen. Daarnaast blijft de bodem verder dalen. HHSK heeft waterpeilen al sinds 1973 niet meer geïndexeerd.

Er wordt daarom gekeken om het gebied als transformatiegebied in de loop van de tijd te vernatten. Dit biedt kansen voor de ontwikkeling van natuur. Ook in dit gebied is naar verwachting sprake van kattenklei in de ondergrond, wat kansen biedt voor natuurontwikkeling zoals in de Groene Waterparel. Verder onderzoek zal de kansen hierop verder in beeld moeten brengen.

De Provincie Zuid-Holland heeft in haar recente wijziging van het omgevingsbeleid een Ecologische Verbindingszone (EVZ) door het gebied

aangewezen<sup>3</sup>. De EVZ zal ongeveer 50-100 meter breed worden. Deze EVZ is in dit MER meegenomen als onderdeel van het alternatief Groen-blauw raamwerk en kan een belangrijke functie hebben in de ontwikkeling van natuur in de Groene schakel.

Voor de Groene Schakel zijn er twee ontwikkelmogelijkheden voor natuur. Er kan natuur ontwikkeld worden die past bij de nu aanwezige nutriëntrijke omstandigheden. Voedselrijk moeras is bijvoorbeeld kansrijk in dit gebied, zoals riet en ruigten. Een andere mogelijkheid is om de nutriëntrijke grond af te graven, verbeterde armere grond terug te brengen en zo andere natuurtypen te ontwikkelen. In geval van afgraving zal altijd grond teruggebracht moeten worden om de kans op opbarsten niet groter te maken.

### **Energielandschap**

Het Energielandschap wordt vanuit het basisprincipe ingericht met zonnepanelen. In de alternatieven worden mogelijkheden omschreven om het Energielandschap te combineren met een waterberging en/of buffer. Door de ligging langs de 4<sup>e</sup> tocht en het lage maaiveldniveau loopt water als eerste naar het Energielandschap afhankelijk van de inrichting met peilvakken en kunstwerken. Het Energielandschap kan bij deze functiecombinatie bijvoorbeeld worden ingericht met drijvende of verhoogde zonnepanelen. Een andere mogelijkheid is het plaatsen van windmolens, waardoor in het Energielandschap geen of minder zonnepalen nodig zijn. Windmolens en zonnepanelen hebben een levensduur van ca. 30 jaar, voor de eerste periode kan rekening gehouden worden met de klimaatsituatie tot 2050.

Met een waterbuffer in het Energielandschap kan regenwater vastgehouden worden om bijvoorbeeld de EVZ in de Groene Schakel langer te kunnen voeden in droge perioden en om zo natuurwaarden te beschermen. Een kanttekening is dat water dat langdurig verblijft onder zonnepanelen (zeker in het geval van grote aaneengesloten oppervlaktes) zuurstofloos wordt. In combinatie met een fosfaatrijke bodem wordt het water ook rijk aan algen. Voor deze functiecombinatie is bodemverbetering (afgraven van nutriëntrijke grond en aanvullen met schone grond) waarschijnlijk noodzakelijk. Bij kortere verblijfsduur van water onder zonnepanelen zal dit effect verwaarloosbaar zijn. Een belangrijk voordeel is dat het gebied zo veel mogelijk zelfvoorzienend is in de waterbehoefte. Een alternatieve mogelijkheid om het gebied in droge perioden van water te voorzien is het inlaten van water uit de Ringvaart. Gezien de waterkwaliteit ligt dit meer voor de hand. Een nadeel is echter dat ook de beschikbaarheid van water uit het regionale systeem in de toekomst kan afnemen. Een toename van de afhankelijkheid van het regionale systeem voor zoet water is in principe daarom niet wenselijk.

Het Energielandschap kan ook fungeren als waterbergingsgebied ten tijde van extreme neerslag. Uit een analyse moet blijken of dit noodzakelijk is. Uit de overstromings- en wateroverlast analyse is gebleken dat het Energielandschap als één van de eerste gebieden in het Middengebied onder water komt te staan (HKV, 2022). Om schade te voorkomen, te verminderen en herstel te bevorderen kunnen vitale elektrische onderdelen van zonnepanelen hoger geplaatst worden. Zoals hiervoor aangegeven is een andere mogelijkheid het plaatsen van windmolens.

<sup>3</sup> Deze EVZ was tot de herziening van het omgevingsbeleid over de buisleidingenzone ter hoogte van de Vierde Tocht geprojecteerd. Na herziening van het omgevingsbeleid ligt de EVZ in het deelgebied de Groene Schakel.

### **Koning Willem I bos**

Onderdeel van het plan is het ontwikkelen van het Koning Willem I bos. Om te voorkomen dat veel extra beheer nodig is in het gebied zou een moeras of wilgenbos goed passen bij het bodem- en watersysteem. Er wordt gesproken over het lokaal gebruiken van hout vanuit het bos voor het bouwen van woningen. Een productiebos vraagt lagere waterpeilen om bomen om mee te bouwen te laten groeien.

### **Bedrijventerrein**

Het bedrijventerrein wordt in de alternatieven, vergelijkbaar met de Kreekrug bouwrijp gemaakt door ophoging. Met deze ophoging wordt de huidige ondergrond afgedekt. In combinatie met het opzetten van peilen zal dit leiden tot minder uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater.

De aanleg van bedrijventerreinen zorgt voor afstroming van vervuild water via het verhard oppervlak, wat voor een verslechtering van de waterkwaliteit kan zorgen. Bodempassages kunnen voor een groot deel afspoelende vervuiling afvangen. Afhankelijk van het type bedrijven zijn bodempassages toereikend of ontoereikend (en moeten extra maatregelen op het bedrijfsperceel worden getroffen). Wanneer meer bekend is over de type bedrijven is een verdiepende analyse nodig.

## **5.1.4 Effecten van klimaatverandering op de ecohydrologie**

Klimaatverandering zorgt op termijn voor effecten op het gebied en daarmee op de ecohydrologische situatie. Hieronder zijn de effecten van klimaatverandering kort omschreven.

### **Hitte**

Klimaatverandering leidt naar verwachting tot gemiddeld hogere temperaturen en het vaker voorkomen van zomerse en tropische dagen. Dit kan er voor zorgen dat oppervlaktewater opwarmt. Wanneer water opwarmt tot temperaturen >25°C kan botulisme ontstaan. Dit is een ziekte waardoor watervogels verlamd raken en verdrinken. Daarnaast kan met name in ondiepe en nutriëntrijke waterpartijen (blauw)algengroei ontstaan. Blauwalg kan zorgen voor ziekteverschijnselen bij mensen zoals huid en oogklachten maar ook maag- en darmklachten, koorts en hoofdpijn.

Bij waterdiepten van >50-80cm is de kans op botulisme als gevolg van de toename van hete dagen kleiner. Om algengroei te verminderen en andere onderwaterplanten een kans te geven is het terugdringen van voedingsstoffen, zoals fosfaat noodzakelijk. Een andere mogelijkheid is zorgen voor voldoende doorstroming.

### **Droogte**

De waterpeilen in het plangebied gaan in de verschillende alternatieven omhoog ten opzichte van de huidige situatie. Het belangrijkste doel is het verminderen van kwel uit de ondergrond. In perioden van droogte kan het echter zo zijn dat er meer water verdampt dan er in het gebied aanwezig is. Hierdoor kunnen waterstanden uitzakken tot onder het kwelniveau, dit zorgt voor aanvulling van het oppervlaktewater vanuit de ondergrond. Het kwelwater is overwegend van slechte kwaliteit. Om het gebied in droge perioden van voldoende water te voorzien en/of verslechtering van de waterkwaliteit tegen te gaan is het wenselijk om aanvullende maatregelen te nemen om regenwater zo

lang mogelijk vast te houden in het gebied. Dit kan door een hoger peilniveau, flexibel peilbeheer of door waterbuffers in te richten.

Tot slot is ook extra inlaat van water uit de Ringvaart mogelijk, maar gezien de toenemende waterschaarste in ook de omliggende gebieden zou dit moeten worden voorkomen. Bovendien is het water uit de Ringvaart gebiedsvreemd. Over het algemeen is gebiedsvreemd water onwenselijk in het gebied. Daarnaast kan bij het planten van vegetatie en het ontwikkelen van natuur rekening gehouden worden met de veranderende omstandigheden. Zo kunnen op hogere plekken meer droogtebestendige bomen worden gepland en op de nattere plekken juist meer vegetatie die tegen natte voeten kan.

### **Wateroverlast**

In de toekomst is de verwachting dat extreme neerslag vaker voorkomt. Dit heeft als gevolg dat het gebied vaker nat is. In de Watertuinen zorgt dit er voor dat op het maaiveld vaker een laag water staat. Dit is afhankelijk van de maaiveldhoogten in het gebied en de gekozen peilen in peilgebieden. Wanneer vaker zomerse hoosbuien optreden ontstaan periodiek natte omstandigheden in de zomer. In de winter zullen peilen overwegend hoger staan gedurende een grote periode in het seizoen. Wonen op terpen, palen of drijvend (bij voldoende diepgang) kan voor een wateroverlast vrije leefomgeving zorgen.



## 6. Effectenbeoordeling water

In dit hoofdstuk worden de te beoordelen thema's voor het onderwerp water verder uitgewerkt. Voor ieder thema wordt de huidige situatie omschreven, worden de belangrijkste factoren die invloed hebben op de beoordeling van de effecten beschouwd en worden de effecten per alternatief beschreven en beoordeeld.

### 6.1 Oppervlaktewaterkwantiteit

#### 6.1.1 Beoordelingscriteria

In het thema oppervlaktewaterkwantiteit wordt ingegaan op benodigde waterberging in tijden van (extreme) neerslag. Op basis van het watersysteem en inrichtingskeuzes op hoofdlijnen bij verschillende alternatieven is het effect van verschillende buien getoetst. Hierbij is rekening gehouden met extreme neerslag, ook in 2100.

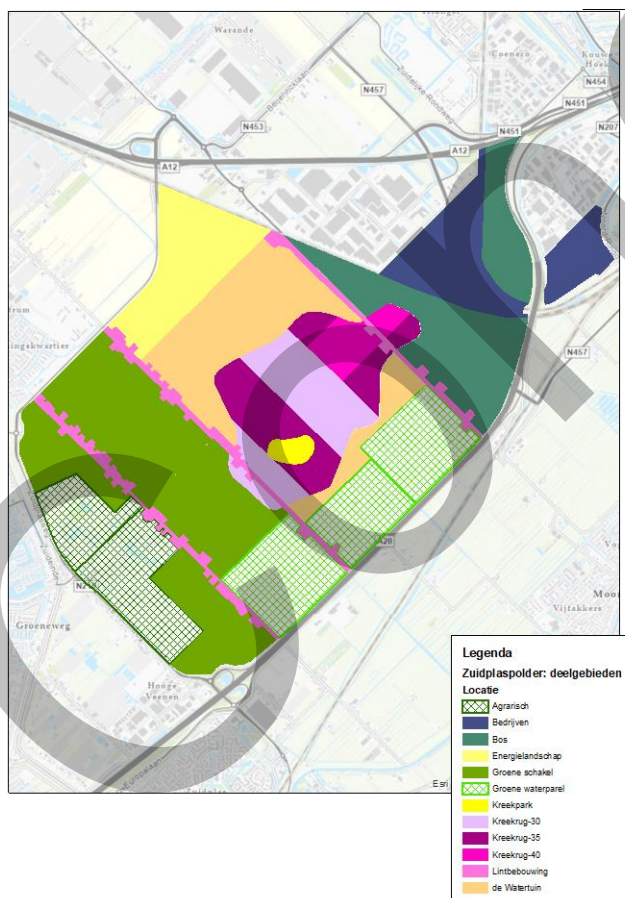
##### Beoordelingscriteria oppervlaktewaterkwantiteit

- ++** Het watersysteem is toereikend of aanpasbaar om, rekening houdend met klimaatverandering, in het jaar 2100 nog te voldoen aan de norm voor wateroverlast en is eenvoudig en robuust ingericht. Er mag geen schade ontstaan aan bebouwing, infrastructuur en vitale voorzieningen bij neerslag van 143 mm/24u (T=100) in 2050. Bij extreme neerslag (200 mm/48 uur) blijven vitale voorzieningen en kwetsbare objecten functioneren. De inrichting van het gebied is aanpasbaar aan verdere klimaatverandering.
- +** Het waterafvoersysteem is toereikend voor de in het jaar 2100 geldende norm voor wateroverlast en is eenvoudig en robuust ingericht. Er mag geen schade ontstaan aan bebouwing, infrastructuur en vitale voorzieningen bij neerslag van 90 mm/uur (T=250) in 2050. Er is genoeg ruimte om water te bergen tijdens periodes van extreme neerslag (143 mm/24 uur) waardoor vitale voorzieningen blijven functioneren. De inrichting van het gebied is aanpasbaar aan verdere klimaatverandering.
- 0/+** Er treedt geen schade op aan bebouwing, infrastructuur en vitale voorzieningen, en vitale voorzieningen blijven functioneren bij neerslag van 90 mm/uur (T=250) in 2050.
- 0** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie.
- 0/-** De waterstructuur wordt kwantitatief aangetast. Er is niet genoeg ruimte om water te bergen tijdens periodes van extreme neerslag

- (143 mm/24 uur), waardoor schade ontstaat aan infrastructuur, bebouwing.
- Het watersysteem is ontoereikend in het jaar 2050. Er is niet genoeg ruimte om water te bergen tijdens periodes van extreme neerslag (143 mm/24 uur), waardoor schade ontstaat aan infrastructuur en woningen. Ook vitale functies blijven niet functioneren.
- Er ontstaat schade aan bebouwing en voorzieningen bij neerslag van tenminste 90 mm/uur (T=250) in 2050. En er is minder ruimte om water te bergen dan in de referentie situatie.

### 6.1.2 Uitwerking op thema's

De alternatieven worden binnen het thema oppervlaktewaterkwantiteit beoordeeld op het ontstaan van wateroverlast. De waterpeilen die optreden bij extreme neerslagsscenario's worden bepaald door de inrichting van het gebied en de hoeveelheid beschikbare waterberging, het landgebruik, de hoogteligging en het peilbeheer. De keuze voor de hoogte van de weg- en vloerpeilen van de (nieuwe) woningen/bebouwing/infrastructuur bepaalt vervolgens de kans op schade aan de bebouwing, infrastructuur en vitale voorzieningen als gevolg van extreme neerslag. De kans op overstroming door een dijkdoorbraak en de gevolgen hiervan worden beschreven in paragraaf 4.9.



Figuur 6-1 - Deelgebieden in het Middengebied

Om de maximale waterstanden als gevolg van extreme neerslag te bepalen is een oppervlaktewaterbalans opgesteld uitgaande van de indeling van de deelgebieden en de peilgebieden zoals beschreven in Bijlage 4 van het MER - Alternatieven en weergegeven in Figuur 6-1.

Alle factoren gebruikt voor de oppervlaktewaterbalans zijn opgesteld op basis van de beschrijvingen voor de alternatieven in het Masterplan (KuiperCompagnons, maart 2021), op basis van informatie van en gesprekken met gemeente en HHSK en met informatie uit de andere analyses in dit rapport. Zo is voor de referentiesituatie en voor ieder alternatief per deelgebied bepaald hoeveel verhard oppervlak er is, het natte oppervlak, de hoeveelheid groen, welke delen worden opgehoogd en welke peilen worden gehanteerd.

De volgende stapsgewijze aanpak is gevolgd:

1. **Bepalen oppervlakten:** binnen de deelgebieden zijn er grote verschillen in verhard en onverhard oppervlak en daarnaast in op te hogen oppervlaktes;
2. **Neerslagsscenario's:** er wordt getoetst aan drie maatgevende extreme neerslagsscenario's;
3. **Bepalen waterstandsstijgingen en inundatieoppervlakten:** op basis van het gegeven peilbeheer behorende bij ieder alternatief worden de uiteindelijke waterpeilen bij de maatgevende neerslagsscenario's bepaald;
4. **Effectbeoordeling:** toetsing van de waterpeilen aan mogelijke schade.

Hieronder zijn deze stappen verder toegelicht.

### Landgebruik en verhard oppervlak

Voor deze eerste analyse wordt voor alle alternatieven uitgegaan van een onderverdeling van het oppervlak in verhard, onverhard en nat conform Een eis van het waterschap is dat extra verhard oppervlakte in het plangebied wordt gecompenseerd door aanleg van extra nat oppervlak. Bij grote plannen, zoals de ontwikkeling van het middengebied, ligt de compensatie-eis tussen 5 en 20% van het extra verhard oppervlak. In navolging van het Masterplan is voor deze analyse uitgegaan van een compensatie-eis van 15% voor elke m<sup>2</sup> extra verhard oppervlak, gaandeweg de planvorming kan dit nog worden bijgesteld door HHSK. In de deelgebieden Kreekrug en Watertuin is een groter deel wateroppervlak opgenomen dan in de huidige situatie (5% huidige situatie, bij de alternatieven 20%). Om opbarsting te voorkomen, kan de bodem van dit "waterdeel" ook net boven het bovenpeil liggen, waardoor dit bij een extreme bui direct onderloopt en dus compleet als waterberging functioneert.

Tabel 6-1. Deze percentages bepalen hoeveel water in welk tijdsbestek in het oppervlaktewater terecht komt. Neerslag op verhard oppervlak stroomt direct af richting het oppervlaktewater, terwijl op onverhard oppervlak water kan infiltreren in de ondergrond.

De oppervlaktes zijn inschattingen gebaseerd op de beschrijving in het masterplan en de volgende aannames:

- Er is uitgegaan van kleine tuinen (~5% van het oppervlak van woningen) en een grote openbare ruimte. Binnen de openbare ruimte kan veel waterberging worden ingericht, terwijl tuinen mogelijk verhard worden.
- Weinig huizen hebben groene daken omdat wordt uitgegaan van zonnepanelen op de daken (KuiperCompagnons, maart 2021). Daken gelden daarom als verhard oppervlak.

Een eis van het waterschap is dat extra verhard oppervlakte in het plangebied wordt gecompenseerd door aanleg van extra nat oppervlak (HHSK, 2012). Bij grote plannen, zoals de ontwikkeling van het middengebied, ligt de compensatie-eis tussen 5 en 20% van het extra verhard oppervlak. In navolging van het Masterplan (KuiperCompagnons, maart 2021) is voor deze analyse uitgegaan van een compensatie-eis van 15% voor elke m<sup>2</sup> extra verhard oppervlak, gaandeweg de planvorming kan dit nog worden bijgesteld door HHSK. In de deelgebieden Kreekrug en Watertuin is een groter deel wateroppervlak opgenomen dan in de huidige situatie (5% huidige situatie, bij de alternatieven 20%). Om opbarsting te voorkomen, kan de bodem van dit “waterdeel” ook net boven het bovenpeil liggen, waardoor dit bij een extreme bui direct onderloopt en dus compleet als waterberging functioneert.

Tabel 6-1: Oppervlakte van type deelgebieden en percentage verhard/onverhard/nat (gebruikt als basis in alle alternatieven)

Gebiedstype	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energie-landschap	Groene schakel	Lint-bebouwing	Totaal
Oppervlakte [ha]	133	162	87	128	77	236	54	1116
Oppervlakte [%]	12%	15%	8%	11%	7%	21%	5%	100%
Verdeling Verhard/Onverhard/Nat								
Verhard [%]	27%	52%	75%	18%	15%	18%	59%	34%
Onverhard [%]	53%	28%	15%	72%	75%	72%	31%	54%
Nat [%]	20%	20%	10%	10%	10%	10%	10%	12%

### Hoogte deelgebieden en opgehoogd oppervlak

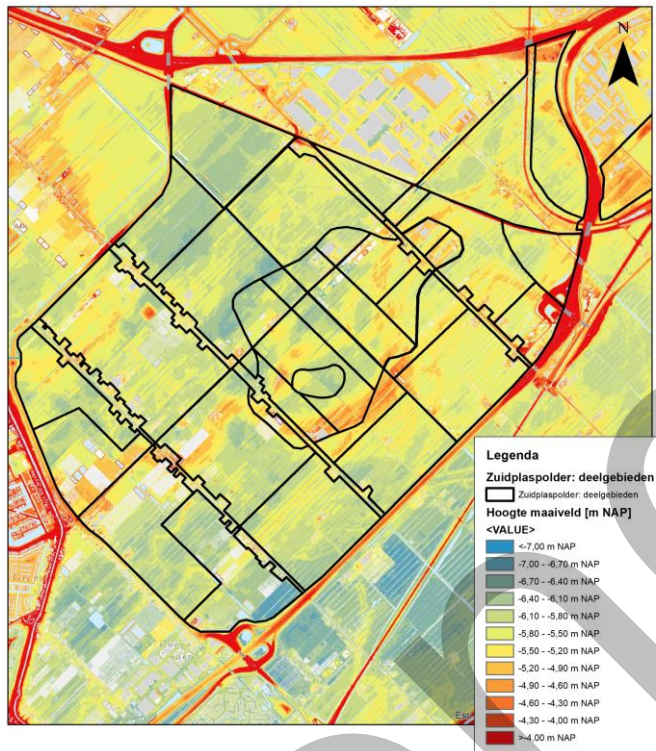
Binnen het projectgebied is er sprake van een redelijk hoogteverschil (zie Figuur 6-2), het maaiveld varieert van ca. -7,00 m NAP tot -4,00 m NAP. De alternatieven verschillen in het oppervlak dat opgehoogd wordt in het kader van bouwrijp maken en bebouwen (voor meer informatie zie MER – Bijlage 4, alternatievenbeschrijving). Keuzes rondom inrichting en bouwwijze van de nieuwe bebouwing bepalen hoeveel van het oppervlak opgehoogd wordt en tot welk niveau. Zo kan men integraal ophogen, alleen het bebouwd oppervlak, of uitgaan van woningen op palen of zelfs drijvende woningen waardoor alleen wegen op opgehoogd terrein komen te liggen.

In het basisalternatief wordt al het bebouwde oppervlak (woningen/gebouwen) plus de tuinen opgehoogd: zowel in de Kreekrug als de Watertuin (wonen op terpen) gaat dat in de berekeningen om 80% (zie Tabel 6-2). Het bedrijventerrein wordt voor 75% verhoogd.

In de alternatieven Maximaal klimaatrobuust en Groen-blauw raamwerk wordt maar 10% van de Watertuinen opgehoogd, er worden hier respectievelijk woningen op palen en drijvend gebouwd. In het alternatief Maximaal klimaatrobuust wordt minder oppervlak van de Kreekrug opgehoogd: 64%. In dit alternatief wordt wel de Lintbebouwing opgehoogd en dus niet geamoveerd.

Tabel 6-2: Type deelgebieden met oppervlakte en gemiddelde hoogte maaiveld (referentiesituatie volgens AHN3) en percentage van het oppervlak verhoogd.

Gebiedstype	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energie-landschap	Groene schakel	Lint-bebouwing	Totaal
Oppervlakte [ha]	133	162	87	128	77	236	54	877
Gem. hoogte maaiveld [mNAP]	-5,83	-5,71	-5,55	-5,60	-6,12	-5,80	-5,55	-5,76
Deel van het oppervlak dat wordt opgehoogd								
Referentie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Basis	80%	80%	75%	3%	3%	3%	0%	36%
Klimaatrobuust	10%	64%	75%	3%	3%	3%	50%	26%
GroenBlauw	10%	80%	75%	3%	3%	3%	0%	26%



Figuur 6-2 – Hoogte maaiveld ten opzichte van NAP in de referentiesituatie (AHN3)

### Extreme neerslagsituaties

Er zijn drie neerslagscenario's gebruikt om de kans op wateroverlast in beeld te brengen: 90mm/24u (T=250 in 2050), 143mm/24uur (T=100 in 2085<sup>4</sup> WL Upper scenario) en 200mm/48uur (neerslaghoeveelheid Limburg juli 2021, toetsing zeer extreme situatie). Met de overige uitgangspunten worden voor deze drie extreme neerslagsituaties de maatgevende waterpeilen berekend in alle deelgebieden voor de verschillende scenario's.

Tabel 6-3: Extreme neerslagscenario's

Neerslag	Duur	Bron	Maalcapaciteit
90 mm	1 uur	Eis convenant Klimaatadaptief Bouwen (BouwAdaptief, 2022)	18 mm/dag
143 mm	24 uur	Maatgevende bui 2100, in overleg met HHSK	maalstop
200 mm	48 uur	Extreme toetsing, Limburg 2021 bui (Deltares, 2021)	maalstop

<sup>4</sup> 2085 is het referentiejaar van het KNMI voor klimaatscenario's, dit geeft de verandering van het klimaat rond 2071 en 2100 (KNMI, 2015) en wordt meegenomen als referentiesituatie voor 2100

Bij het eerste neerslagsscenario is afvoer via de gemalen wel mogelijk, met een maalcapaciteit van 18 mm per dag voor het hele gebied. Bij de laatste twee neerslagsscenario's, 143 mm in 24 uur en 200 mm in 48 uur, is afvoer niet mogelijk, omdat bij deze extreme situatie de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg en de Algerakering in de Hollandse IJssel wellicht dicht gaan. Er is dan spraken van een maalstop vanuit de polders om het primaire watersysteem te ontlasten. Daarnaast is er van uitgegaan dat infiltratie in het plangebied bij deze extreme neerslaghoeveelheden niet verder optreedt. Daarom zal alle neerslag in het eigen gebied geborgen moeten worden op het wateroppervlak of op het bestaande maaiveld.

### Het peilbeheer

In de alternatieven wordt uitgegaan van een flexibel peil met een onderpeil en een bovenpeil. Bij de berekening van wateroverlast wordt bij ieder alternatief uitgegaan van het bovenpeil bij de start van de extreme bui. De bovenpeilen zijn voor de alternatieven per deelgebied weergegeven in Tabel 6-4. De deelgebieden die binnen eenzelfde peilvak vallen, hebben hierbij hetzelfde bovenpeil en dus hetzelfde startpeil.

In Figuur 4-4 is weergegeven hoeveel van het oppervlak onder water komt te staan bij dit bovenpeil. Bij het basisalternatief komen grotere delen van vooral de deelgebieden Energielandschap en Groene Schakel onder water te staan. Bij het Alternatief Maximaal klimaatrobuust en Groen-blauw raamwerk is dit zelfs nog meer. In paragraaf 6.1.3 worden de effecten verder beschouwd.

Tabel 6-4: Deelgebieden/peilgebieden met hun toegewezen bovenpeil (startpeil berekeningen) en percentage inundatie bij dit peil voor de Referentie, Basisalternatief en Alternatief Maximaal Klimaatrobuust en Groenblauw. Het kleurverloop geeft verschillen aan in waterdiepten, ze hebben geen specifieke betekenis.

Gebiedstype	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint	Totaal
<b>Oppervlakte [ha]</b>	133	162	87	128	77	236	54	<b>877</b>
<b>Bovenpeil (maximaal streefpeil)</b>								
Referentie	-6,40	-6,40	-6,25	-6,60	-6,60	-6,60	-6,30	-6,48
Basis	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05
Klimaatrobuust	-5,65	-5,65	-6,05	-5,65	-5,65	-5,65	-5,65	-5,69
GroenBlauw	-5,30	-5,50	-5,50	-5,30	-5,30	-5,30	-6,05	-5,40
<b>Nat oppervlak [%] bij bovenpeil</b>								
Referentie	6%	4%	3%	0%	4%	3%	8%	3%
Basis	15%	15%	11%	10%	60%	24%	20%	18%
Klimaatrobuust	70%	35%	11%	45%	93%	64%	41%	52%
GroenBlauw	50%	20%	25%	78%	97%	82%	20%	62%

### Het peilbeheer en de bestaande vloerpeilen

Per alternatief is beschreven hoe er met huidige bebouwing en de nieuwe peilen wordt omgegaan. Veel van de huidige bebouwing ligt langs de tochten en is dus onderdeel van de lintbebouwing. Hier zijn veel kleine peilvakken aanwezig, vaak met een ander peil dan de omgeving. Als het peil hoger wordt kan dit gevolgen hebben voor de huidige bebouwing.

In het Basisalternatief blijft huidige bebouwing bestaan. Kleine peilvakken met hogere of lagere peilen moeten worden behouden om schade te voorkomen. In de alternatieven Maximaal Klimaatrobuust en Groen-blauw raamwerk worden bestaande gebouwen, inclusief lintbebouwing op termijn aangepast aan de hogere peilen. Door de tijd zullen bij renovatie, verkoop of sloop de kleine peilvakken opgenomen worden in de grotere peilvakken. Woningen worden geamoveerd of opgevijseld.

Witteveen+Bos heeft een eerste inschatting gemaakt van de vloerpeilen van woningen in het gebied (Witteveen+Bos, 2021). Niet van alle bestaande gebouwen in het Middengebied is een inschatting gemaakt. In totaal zijn 143 objecten meegenomen, vooral langs de Derde tocht en een deel van de Vierde tocht. Dit is ongeveer 50% van de gebouwen in het gebied. De beschikbare gegevens laten zien dat de hoogte van de ingeschatte vloerpeilen variëren tussen -5,80 en -3,80m NAP. In vervolgfases is ten behoeven van vergunningverlening een preciezere en uitgebreidere inmeting nodig om effecten preciezer in beeld te brengen.

Tabel 6-5 geeft een indicatie hoeveel van de 143 ingemeten objecten last krijgen van wateroverlast (water hoger dan vloerpeil obv inmetingen Witteveen + Bos) bij verschillende scenario's. Hierbij is nog geen rekening gehouden met drooglegging, mogelijk aanwezige kelders en kruipruimtes. De getallen zijn ook weergegeven voor de maatgevende waterpeilen tijdens de drie extreme neerslagsscenario's.

Tabel 6-5: Ter indicatie, aantal bestaande gebouwen/objecten (van de 143) met een vloerpeil beneden bovenpeil of beneden de maatgevende waterpeilen behorende bij de drie extreme neerslagsscenario's.

Alternatief	Referentiesituatie		Basialternatief		Klimaatrobuust		Groenblauw	
	m NAP	#objecten	m NAP	#objecten	m NAP	#objecten	m NAP	#objecten
Bovenpeil	-6,50	0	-6,05	0	-5,65	7	-6,05	0
Na 90mm in 1uur	-5,88	0	-5,71	4	-5,51	13	-5,81	1
Na 143mm in 24uur	-5,74	3	-5,59	9	-5,42	25	-5,66	7
Na 200mm in 48uur	-5,64	7	-5,51	13	-5,33	36	-5,54	12

Er is verder onderzoek nodig om definitief vast te kunnen stellen wat het effect van hogere peilen op bestaande bebouwing is, o.a. om vast te stellen hoeveel overhoogte men nodig heeft om rekening te houden met zettingen of opbolling en andere aspecten die wateroverlast verergeren. Dit is maatwerk per woning, omdat percelen, afwatering en woningen verschillen.

### Vitale voorzieningen

Tijdens periodes van extreme neerslag is het belangrijk om schade aan huizen, infrastructuur, vitale voorzieningen en kwetsbare objecten te voorkomen of beperken. Onder vitale voorzieningen worden objecten verstaan die een essentiële of belangrijke functie hebben voor het gebied of de bewoners, zoals snelwegen, scholen, ziekenhuizen, maar ook bijvoorbeeld gasleidingen. In de huidige situatie is er een aantal vitale voorzieningen in het plangebied aanwezig (risicokaart.nl, sd): langs de rand van het gebied loopt een snelweg en spoorlijn. Verder is er in het gebied een locatie waar propaan is opgeslagen en loopt er een aantal buisleidingen door het gebied. In het masterplan zijn de geplande voorzieningen in het Vijfde Dorp beschreven (KuiperCompagnons, maart 2021). Hierin worden onder andere de volgende vitale voorzieningen genoemd:

- Voorschoolse en buitenschoolse voorzieningen en basisscholen (integrale kindcentra) en een middelbare school
- Locatie van het Centrum Jeugd en Gezin (CJG)

- Eerstelijnszorg en apotheek
- Opvang/dagbesteding en jongerencentrum
- Sporthal en sportverenigingen

Aan de hand van de inundatiediepten is meegenomen of vitale voorzieningen, voor zover details bekend, mogelijk schade oplopen.

### 6.1.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basisalternatief	Alternatief Maximaal klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief Circulair / Duurzame energie	Alternatief duurzame mobiliteit
Beoordeling	+	++	++	-	n.v.t.

#### Referentiesituatie

Tabel 6-6 presenteert de waterstanden en oppervlak dat onder water komt te staan voor de drie neerslagsscenario's. Per deelgebied is uitgegaan van een startpeil dat gelijk is aan het bovenpeil. Daarna is berekend hoe hoog het waterpeil komt tijdens de bui (zonder of met malen van de peilvakken) en welke gebieden dan onder water komen te staan. Bij een bui van 143mm in 24 uur komt het waterpeil bij drie bestaande gebouwen boven de vloerpeilen.

Zoals te zien is in de tabel wordt de maatgevende waterstand bij het extreemste scenario (200mm/48uur) ongeveer -5,65m NAP. Hierbij staat het deelgebied Energielandschap voor 94% onder water, waarbij met een gemiddelde maaiveldhoogte van -6,12m NAP er ongeveer 45cm water op het maaiveld staat. Ook de Watertuin en de Groene Schakel komt voor meer dan 60% onder water te staan.

Tabel 6-6: Referentiesituatie: resultaten 3 neerslag-scenario's op waterpeil en inundatieoppervlak

Alternatief	Referentiesituatie								
	Gebied	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint	Totaal
Verhoogd oppervlak [%]		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Resultaten neerslagsscenario's Maximaal Peil [m NAP]									
Bovenpeil [mNAP] (start berekening)		-6,40	-6,40	-6,25	-6,60	-6,60	-6,60	-6,30	-6,48
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)		-5,85	-5,85	-5,64	-5,95	-5,95	-5,95	-5,83	-5,88
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)		-5,75	-5,75	-5,64	-5,77	-5,77	-5,77	-5,68	-5,74
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)		-5,65	-5,65	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64
Resultaten scenario's: oppervlak dat onder water komt te staan[%]									
Nat oppervlak bij bovenpeil [%]		6%	4%	3%	0%	4%	3%	8%	3%
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)		47%	38%	41%	12%	74%	34%	32%	38%
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)		62%	47%	41%	31%	90%	53%	41%	51%
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)		72%	54%	41%	46%	94%	64%	44%	60%

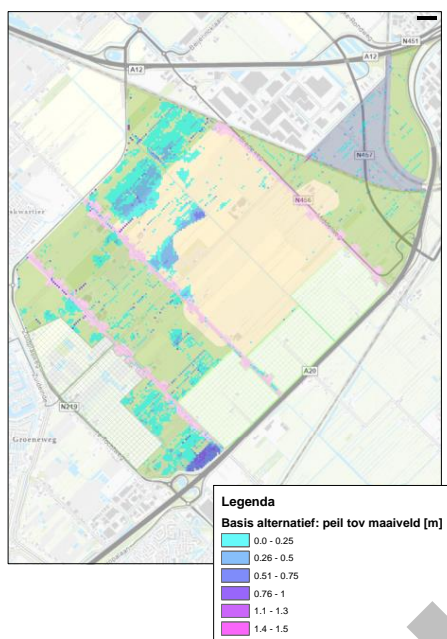
Het effect van de extreme buien wordt hieronder op eenzelfde manier in kaart gebracht voor de alternatieven, waarbij vooral de ophogingen en de veranderingen in peilbeheer tot hogere waterstanden leiden.

#### Basisalternatief

Het basisalternatief bestaat vooral uit ophogingen in de gebieden de Kreekrug, de Watertuin en de bedrijventerreinen in combinatie met de verhoging van het streefpeil naar -6,20 m NAP (+/-15 cm) in veel van de gebieden. Dat is tot 55cm hoger dan in de referentiesituatie.



Bij een bovenpeil van -6,05 m NAP (dus zonder extreme neerslag) komt het water in de (bestaande en nieuwe) waterlopen tot aan het maaiveld en komen enkele deelgebieden onder water te staan (zie Figuur 6-3). Bij het bovenpeil staat 22% van het totale oppervlak van het projectgebied onder water (zie Tabel 6-7). Het deelgebied Energielandschap staat voor 60% onder water. Dit gaat in het basisalternatief voornamelijk om grasland/akkerland in de Groene Schakel, woongebied in de Watertuinen en zonnepanelen velden in het Energielandschap. Het waterpeil komt bij een bui met 90mm in 1 uur bij enkele bestaande gebouwen ter hoogte van het vloerpeil, zie paragraaf 6.1.2.



Figuur 6-3: Inundatiekaarten van de deelgebieden als wordt uitgegaan van het bovenpeil (startpeil berekeningen) voor Basisalternatief. De gebieden Kreekrug en Watertuin (lichtgeel) worden grotendeels opgehoogd en inunderen dus nauwelijks.

In de Kreekrug en de Watertuinen is als uitgangspunt genomen dat op de opgehoogde delen geen water geborgen kan worden, alleen op geplande verlaagde locaties zoals watergangen en wadi's. Een groot deel van de neerslag stroomt hierbij af via het verharde oppervlak. Onder deze omstandigheden stroomt het water af richting het peilgebied met het energielandschap, Koning Willem I bos, en de Groene Schakel. Als gevolg daarvan verspreidt water zich meer over gebieden en stijgt het peil in de meest extreme situatie tot gemiddeld -5,51 m NAP in het hele gebied.

Tabel 6-7: Basisalternatief: resultaten 3 neerslag-scenario's op waterpeil en inundatieoppervlak

Alternatief	Basisalternatief							
	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint	Totaal
Verhoogd oppervlak [%]	80%	80%	75%	3%	3%	3%	0%	36%
<b>Resultaten neerslagscenario's Maximaal Peil [m NAP]</b>								
Bovenpeil [mNAP] (start berekening)	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)	-5,61	-5,61	-5,57	-5,80	-5,80	-5,80	-5,81	-5,71
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)	-5,51	-5,51	-5,51	-5,65	-5,65	-5,65	-5,66	-5,59
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,54	-5,51
<b>Resultaten scenario's: oppervlak dat onder water komt te staan[%]</b>								
Nat oppervlak bij bovenpeil [%]	20%	20%	11%	10%	60%	24%	20%	18%
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)	20%	20%	22%	27%	89%	50%	33%	32%
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)	20%	20%	25%	45%	93%	63%	42%	36%
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)	20%	20%	25%	59%	96%	73%	51%	39%

Om schade te voorkomen en het functioneren van vitale en kwetsbare functies te waarborgen dient rekening te worden gehouden met een maatgevend waterpeil van -5,51 m NAP (bij 200mm in 48 uur). Aangezien wordt uitgegaan van een vloerpeil van -5,00 m NAP en wegpeil van -5,20 m NAP blijft bij deze extreme neerslagsituatie een drooglegging bestaan van respectievelijk 0,50m (vloerpeil) en 0,30m (wegpeil) bij het meest extreme neerslagscenario.

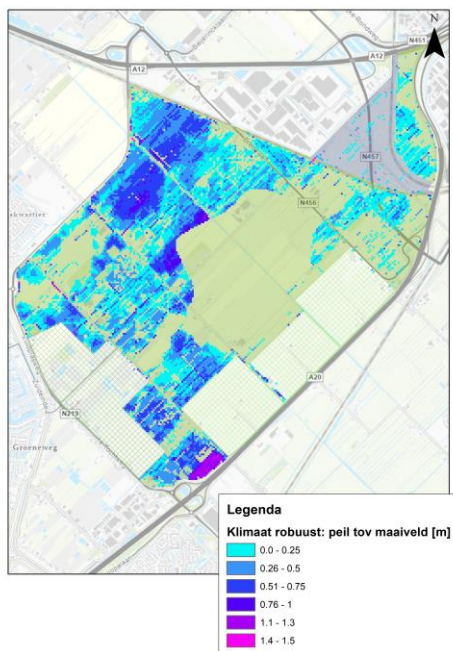
In het peilvak van de Lintbebouwing (waar het peil ook tot -6,20 m NAP, met een bovenpeil van -6,05 m NAP, wordt opgezet) treedt in het meest extreme neerslagscenario een peilstijging op van gemiddeld 51 cm boven het bovenpeil (bij 200 mm in 48 uur). Hier is extra berging of gemaalcapaciteit nodig om deze bebouwing te beschermen.

Geconcludeerd wordt dat in het basisalternatief het watersysteem verschillende getoetste neerslagextremen op kan vangen zonder dat schade optreedt aan nieuw te bouwen objecten, vitale voorzieningen en infrastructuur, ook in 2100. Bij neerslag vanaf 90mm/1u kan het voorkomen dat kruipruimtes een vochtige bodem krijgen of dat er tijdelijk water in komt te staan, permanente schade zal hierbij niet optreden bij standaard gebruik van een kruipruimte. In geval van de extreme neerslagscenario's (zelfs bij 200mm in 48uur) blijven vitale voorzieningen functioneren. Omdat bestaande bebouwing in de Groene Schakel en in de Lintbebouwing zonder verdere maatregelen problemen krijgt, scoort dit alternatief niet maximaal, maar + (effectbeoordeling: +).

#### **Alternatief Maximaal Klimaatrobuust**

In het Alternatief Maximaal Klimaatrobuust wordt bijna overal uitgegaan van het streefpeil van -5,80 m NAP (+/-15 cm). Bij het bovenpeil van -5,65m NAP komen deelgebieden zoals Bos, Energielandschap en Agrarisch al deels of grotendeels onder water te staan, dit zal een groot deel van het jaar voorkomen met name in de winter (zie Figuur 6-4 en Tabel 6-8). Hierbij gaat het om grote oppervlaktes die 20-50 cm onder water komen te staan.

Ten opzichte van het basisalternatief wordt minder oppervlak opgehoogd in de Watertuinen. Het oppervlak dat wordt opgehoogd, krijgt een hoger vloerpeil/wegpeil ten opzichte van het basisalternatief waardoor de kans op schade aan vitale functies en wegen klein is. De Lintbebouwing wordt in dit alternatief opgevijseld of geamoveerd, wat ook de kans op wateroverlast en schade verlaagd. Op basis van de inmetingen van Witteveen + Bos (zie paragraaf 6.1.2.) krijgen diverse gebouwen last van wateroverlast. Wanneer bestaande gebouwen niet worden opgevijseld of geamoveerd komt er bij 7 bestaande gebouwen water over de drempel bij het bovenpeil in dit alternatief. 36 bestaande gebouwen krijgen last van wateroverlast bij een zeer extreme bui van 200mm in 48 uur.



Figuur 6-4: Inundatiekaarten van de deelgebieden als wordt uitgegaan van het bovenpeil (startpeil berekeningen) voor alternatief Maximaal klimaatrobust. Het deelgebied Kreekrug wordt grotendeels opgehoogd en inundeert dus niet (het groene niet-geïndeerde deel).

De waterstand als gevolg van het meest extreme scenario wordt -5,33m NAP. In dit alternatief komen de vloerpeilen op -4,45 m NAP, wat zorgt voor een drooglegging van 88cm voor de woningen onder het meest extreme neerslagsscenario. Datzelfde geldt voor de evacuatie routes, terwijl overige wegen aangelegd worden op -4,65m NAP (68 cm drooglegging).

Tabel 6-8: Alternatief Maximaal Klimaatrobust: resultaten 3 neerslag-scenario's op waterpeil en inundatieoppervlak

Alternatief	Maximaal Klimaatrobust								Totaal
	de Waterlijn	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energie landschap	Groene schakel	Lint		
<b>Verhoogd oppervlak [%]</b>	10%	64%	75%	3%	3%	3%	50%	26%	
<b>Resultaten neerslagscenarios Maximaal Peil [m NAP]</b>									
<b>Bovenpeil [mNAP] (start berekening)</b>	-5,65	-5,65	-6,05	-5,65	-5,65	-5,65	-5,65	-5,65	-5,69
<b>Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)</b>	-5,50	-5,50	-5,57	-5,50	-5,50	-5,50	-5,50	-5,50	-5,51
<b>Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)</b>	-5,42	-5,42	-5,35	-5,42	-5,42	-5,42	-5,42	-5,42	-5,42
<b>Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)</b>	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33
<b>Resultaten scenarios: oppervlak dat onder water komt te staan[%]</b>									
<b>Nat oppervlak bij bovenpeil [%]</b>	73%	35%	11%	45%	93%	64%	41%	52%	
<b>Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)</b>	80%	35%	22%	59%	96%	73%	48%	61%	
<b>Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)</b>	82%	36%	25%	68%	97%	77%	49%	64%	
<b>Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)</b>	84%	36%	25%	75%	97%	80%	50%	66%	

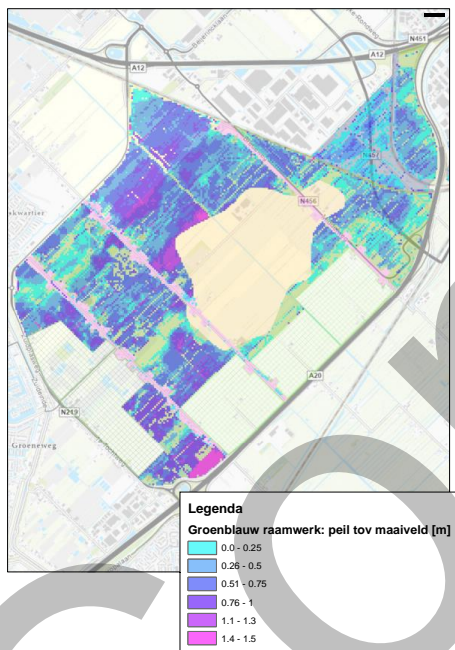
Geconcludeerd wordt dat in het basisalternatief het watersysteem verschillende getoetste neerslagextremen op kan vangen zonder dat schade optreedt aan nieuw te bouwen objecten, vitale voorzieningen en infrastructuur, ook in 2100. Ook kruipruimtes blijven droog bij bovenstaande neerslagsituaties. Er treedt geen schade op aan bebouwing, infrastructuur en vitale voorzieningen omdat er voldoende opgehoogd wordt en de drooglegging nog groot is. In geval van zeer extreme neerslag blijven vitale voorzieningen functioneren. Omdat ook alle bestaande woningen worden opgevijseld of geamoveerd, scoort dit alternatief beter op waterkwantiteit/wateroverlast. Dit alternatief scoort dan ook erg positief (effectbeoordeling: ++).

Ten tijde van het opstellen van de alternatieven werd gewerkt met verouderde overstromingsanalyses, het vloerpeil van -4,45m NAP is gebaseerd op

overstromingsdiepten uit een studie van Deltares (Deltares, 2010). Vanuit het perspectief van wateroverlast zou ophoging tot een hoogte van ca. -5,1m NAP voldoende zijn, rekening houdend met wisselwerking tussen peilgebieden in extreme omstandigheden. Ook in dat geval zou dit alternatief nog sterk positief worden beoordeeld.

### Alternatief Groen-blauw raamwerk

In het Alternatief Groen-blauw raamwerk worden verschillende streefpeilen aangehouden in de deelgebieden. In de Lintbebouwing wordt het huidige lage peil gehandhaafd. Verder wordt uitgegaan van een flexibel en hoger bovenpeil in de andere gebieden van -5,50 (Kreekrug) en -5,30m NAP (Watertuin). Bij deze bovenpeilen staat 62% van het Middengebied onder water (Figuur 6-5). Bij het bovenpeil krijgen bestaande gebouwen geen probleem, omdat de lintbebouwing in dit alternatief een apart peilvak krijgt. Bij het extreemste neerslagsscenario komt het waterpeil bij 12 bestaande gebouwen over de drempel. Zie paragraaf 6.1.2.



Figuur 6-5: Inundatiekaart van de deelgebieden als wordt uitgegaan van het bovenpeil (startpeil berekeningen) voor alternatief Groen-Blauw raamwerk. Het deelgebied Kreekrug (lichtgeel) wordt grotendeels opgehoogd en inundeert dus nauwelijks.

De maatgevende waterpeilen komen in het meest extreme neerslagsscenario op -5,0m NAP en komen daarmee 33cm hoger te liggen dan de waterstanden bij Alternatief Maximaal Klimaatrobust. Vergeleken met de vloerpeilen van -4,60m NAP en wegpeil van -4,70m NAP van dit alternatief levert dit een minimale drooglegging op van 40cm voor de woningen en 30cm voor de wegen.

Geconcludeerd wordt dat in het alternatief Groen-blauw raamwerk het watersysteem verschillende getoetste neerslagextremen op kan vangen zonder dat schade optreedt aan nieuw te bouwen objecten, vitale voorzieningen en infrastructuur, ook in 2100. Ook kruipruimtes blijven droog bij bovenstaande neerslagsituaties. Er zal geen schade optreden aan bebouwing, infrastructuur en vitale voorzieningen omdat er voldoende opgehoogd wordt en de drooglegging nog groot is. In geval van extreme neerslag blijven vitale voorzieningen functioneren.

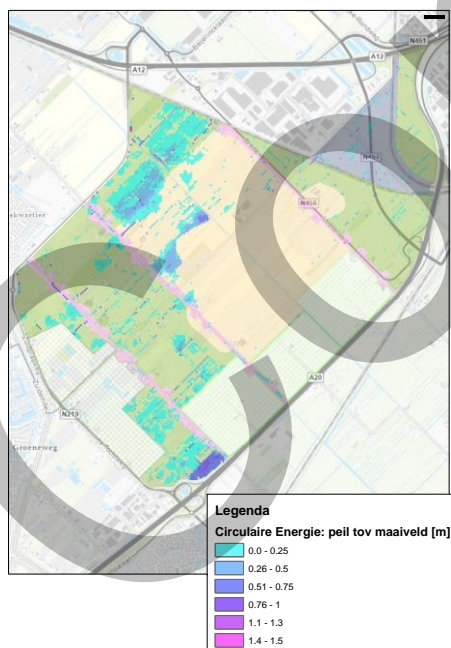
Door de hoge waterstand onder normale condities, komen het Energielandschap, het bos, de Groene Schakel nagenoeg altijd onder water te staan. Omdat wateroverlast in extreme situaties, ook in 2100 in bebouwde gebieden voorkomen wordt, is dit alternatief beoordeeld als sterk positief (effectbeoordeling: ++).

Tabel 6-9: Alternatief Groen-blauw raamwerk: resultaten 3 neerslag-scenario's op waterpeil en inundatieoppervlak

Alternatief	Raamwerk Groen-Blauw							
	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint	Totaal
Verhoogd oppervlak [%]	10%	80%	75%	3%	3%	3%	0%	26%
Resultaten neerslagscenario's Maximaal Peil [m NAP]								
Bovenpeil [mNAP] (start berekening)	-5,30	-5,50	-5,50	-5,30	-5,30	-5,30	-6,05	-5,40
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)	-5,19	-5,06	-5,14	-5,19	-5,19	-5,19	-5,81	-5,20
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)	-5,13	-5,01	-5,01	-5,13	-5,13	-5,13	-5,66	-5,13
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)	-5,01	-5,01	-5,01	-5,01	-5,01	-5,01	-5,54	-5,04
Resultaten scenario's: oppervlak dat onder water komt te staan[%]								
Nat oppervlak bij bovenpeil [%]	85%	20%	25%	78%	97%	82%	20%	62%
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)	86%	20%	25%	83%	97%	84%	33%	67%
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)	87%	20%	25%	85%	97%	85%	42%	68%
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)	88%	20%	25%	88%	97%	87%	51%	69%

### Alternatief Circulair / Duurzame energie

Bij het alternatief circulair wordt uitgegaan van dezelfde peilen als in het basisalternatief. Dit betekent dat het waterpeil onder extreme omstandigheden (143mm/24uur en 200mm/48uur) stijgt tot -5,50 m NAP en daarmee dus iets meer dan 10cm onder het vloerpeil van de bebouwing komt te staan (-5,4m NAP) (Figuur 6-6). Dit betekent dat er erg weinig drooglegging overblijft. Dit is het gevolg van het uitgangspunt in dit alternatief dat zo min mogelijk wordt opgehoogd (om de aanvoer van zand zo beperkt mogelijk te houden). Hierdoor kunnen vloeren alsnog nat worden en daarmee flinke schade oplopen. Daarom wordt dit alternatief negatief beoordeeld (effectbeoordeling: -).



Figuur 6-6: Inundatiekaarten van de deelgebieden als wordt uitgegaan van het bovenpeil (startpeil berekeningen) voor alternatief Circulair. De gebieden Kreekrug en Watertuin (lichtgeel) worden grotendeels opgehoogd en inunderen dus nauwelijks.

Tabel 6-10: Alternatief Circulair: resultaten 3 neerslag-scenario's op waterpeil en inundatieoppervlak

Alternatief	Circulair								Totaal
	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energie-landschap	Groene schakel	Lint		
Verhoogd oppervlak [%]	80%	80%	75%	3%	3%	3%	0%		36%
Resultaten neerslagscenario's Maximaal Peil [m NAP]									
Bovenpeil [mNAP] (start berekening)	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)	-5,61	-5,61	-5,57	-5,80	-5,80	-5,80	-5,80	-5,81	-5,71
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)	-5,51	-5,51	-5,51	-5,65	-5,65	-5,65	-5,65	-5,66	-5,59
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,51	-5,54	-5,51
Resultaten scenario's: oppervlak dat onder water komt te staan[%]									
Nat oppervlak bij bovenpeil [%]	20%	20%	11%	10%	60%	24%	20%		18%
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)	20%	20%	22%	27%	89%	50%	33%		32%
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)	20%	20%	25%	45%	93%	63%	42%		36%
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)	20%	20%	25%	59%	96%	73%	51%		39%

### Alternatief Duurzame Mobiliteit

Dit alternatief is qua watersysteem en vloerpeilen gelijk aan het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten in vergelijking met het basisalternatief.

### Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. de oppervlaktewaterkwantiteit

- In vervolgfases is ten behoeven van vergunningverlening een precieze en uitgebreidere inmeting nodig van bestaande panden en objecten om effecten preciezer in beeld te brengen. Hierbij zal per pand in beeld gebracht moeten worden of er kelders en kruipruimtes zijn en wat de invloed van het verhogen van peilen is.
- In deze waterbalans is de precieze werking van het watersysteem niet meegenomen dit omdat er vanuit wordt gegaan dat dit met de nieuwe inrichting sterk wijzigt. In het VKA wordt hier verder op ingegaan.

## 6.2 Water aan- en afvoer

### 6.2.1 Beoordelingscriteria

Dit thema is uitgewerkt aan de hand van wensen voor het versimpelen van het watersysteem. Op basis van het aantal peilvakken zijn de verschillende alternatieven beoordeeld. Daarnaast is gekeken naar de benodigde water aanvoer en de relatie tot droogte en afvoer. In hoofdstuk 8.2 wordt ingegaan op de effecten van droogte en waterbuffers in verschillende alternatieven.

#### Beoordelingscriteria wateraanvoer en -afvoer

- ++** Het aan- en afvoer systeem is toereikend voor omstandigheden in 2100 of er is voldoende ruimte gereserveerd om het systeem in de toekomst uit te breiden. De structuur van het watersysteem is eenvoudig en robuust en heeft maximaal 3 peilvakken. Door grote buffers en berging is het systeem uitstekend in staat pieken en dalen op te vangen, zelfs onder de meest extreme omstandigheden. De afhankelijkheid van aanvoer vanuit omliggende gebieden is minimaal (inclusief de Ringvaart is minimaal).
- +** Het aan- en afvoersysteem is toereikend voor omstandigheden in 2100 of er is voldoende ruimte gereserveerd om het systeem in de toekomst uit te breiden. Het watersysteem is redelijk eenvoudig ingericht waardoor (genoeg) aan- en afvoer makkelijk te regelen is. Er zijn 4 tot 10 peilvakken. De buffer en bergingscapaciteit in het systeem neemt toe, maar in extreme situaties is aan- en afvoer nog steeds nodig.
- 0/+** Het aan- en afvoersysteem is toereikend voor omstandigheden in 2050. Er zijn meer dan 10 peilvakken, maar minder dan in de referentie situatie. De aan- en afvoer naar de omgeving onder extreme omstandigheden is kleiner dan in de referentiesituatie.
- 0** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie.
- 0/-** Het aan- en afvoersysteem is niet toereikend voor omstandigheden in 2050. Er zijn even veel of meer peilvakken dan in de referentie en er is sprake van minder berging/buffer in het systeem.
- Het aan- en afvoersysteem is niet toereikend voor omstandigheden in 2050. Er zijn meer peilvakken dan in de referentie en het watersysteem is ingewikkeld waardoor aan-en afvoer lastig te regelen is.
- Het aan- en afvoersysteem is niet toereikend voor omstandigheden in het huidige klimaat. Het watersysteem is ingewikkeld en versnipperd, waardoor water aan- en afvoer lastig te regelen zijn. Er zijn meer/ kleinere peilvakken dan in de referentie en peilen verschillen sterk. Polder heeft te maken met hoge kwelflux, zeker in de toekomst.

### 6.2.2 Uitwerking op thema's

#### **Peilvakken**

Het huidige polderlandschap heeft veel sloten en een enorme hoeveelheid (kleine) peilvakken (>50 (Witteveen+Bos, 2021)). Dit maakt het beheer van het watersysteem gecompliceerd. Er zijn veel kunstwerken en ingrepen nodig om water aan- en af te voeren naar gebieden, en door de veelheid aan peilvakken is de kans op inundatie en droogte groter. De scheidingen tussen de peilvakken met dammetjes, stuwen en gemalen vormen daarnaast een obstakel voor flora

en fauna omdat verschillende soorten zich niet makkelijk tussen de gebieden kunnen verplaatsen. Ook vormen ze een obstakel voor recreatieve activiteiten. Het is daarom de wens van HHSK om het aantal peilgebieden in het Middengebied te verminderen. Dit maakt het beheer van het gebied makkelijker en eenvoudiger en maakt gebruik van het water voor recreatieve doeleinden, zoals kanoroutes, beter mogelijk (KuiperCompagnons, maart 2021).

In dit MER worden daarom alternatieven getoetst met minder peilvakken en de effecten er van op de omgeving. In dit hoofdstuk wordt alleen in gegaan op de effecten voor het watersysteem en niet op ecologische en recreatieve doeleinden. Er is een analyse gemaakt van de effecten van het verschil tussen huidig waterpeil en nieuwe waterpeilen en de assets/kunstwerken (dammetjes, stuwen, gemalen etc.) die beïnvloed worden door peilverandering. Afhankelijk van de mate van peilopzet moeten assets aangepast worden. In het VKA wordt de uitwerking van peilvakken en deelgebieden in meer detail verbonden met het aan- en afvoersysteem.

### **Robuust watersysteem**

Het huidige afvoersysteem is beschreven in hoofdstuk 4.1.1. HHSK heeft als uitgangspunt dat de bestaande hoofdwaterstructuur van het Middengebied gehandhaafd blijft. Voor de toekomst is de volgende voorkeursvolgorde voor waterbeheer van belang: vasthouden, hergebruiken en afvoeren.

Door het aantal peilvakken in de alternatieven te verminderen wordt het aan- en afvoersysteem simpeler. Er zijn minder gemalen en andere kunstwerken zoals stuwen nodig. Doordat overlast en droogte opgevangen kunnen worden in een groter gebied wordt het systeem robuuster.

### **Water aan- en afvoer en klimaatverandering**

Water aan- en afvoer zijn afhankelijk van de waterbalans van de polder en verschillen sterk door het jaar heen. Klimaatverandering heeft grote invloed op deze waterbalans. Extreme situaties (nat en droog) worden naar verwachting in de toekomst nog extremer of zullen langer duren. Ook de aanleg van het Vijfde Dorp heeft grote invloed op de waterbalans.

Het huidige systeem kan 18mm per dag afvoeren via het Abraham Kroesemaal. Ditzelfde geldt voor de andere gemalen in de polder, waarbij de capaciteit is afgestemd op het betreffende gebied. Voor de gemiddelde aan- en afvoer van water zijn vier variabelen van belang: neerslag, verdamping, kwel en toegestane peilfluctuatie (buffervolume). Uitgangspunt voor de autonome ontwikkeling is dat in het Middengebied de huidige waterstructuur en pompgemalen blijven voldoen aan de normen voor het af- en aanvoeren van water, ook als de neerslagintensiteit toeneemt of als het langer droog is (Witteveen+Bos, 2022).

### Neerslag:

- De neerslag is voor alle alternatieven gelijk, de inrichting van het gebied verschilt tussen de alternatieven en heeft invloed op de hoeveelheid en snelheid waarmee neerslag tot afstroming komt in het watersysteem. Door klimaatverandering worden neerslagintensiteiten extremer en worden langere periodes van droogte verwacht.



Verdamping:

- Verdamping is afhankelijk van landgebruik, grondwaterpeil en het oppervlak open water. De verwachting is dat de droge periodes langer gaan duren, waardoor meer verdamping ontstaat. Tijdens extreem warme en droge periodes kan het gaan om 4-5 mm/dag, wat 2-3mm/dag hoger is dan normaal. Dit leidt tot grotere watertekorten in droge periodes.

Kwel:

- In de huidige situatie wordt uitgegaan van een gemiddeld waterpeil rond de -6,45m NAP (verschillend per peilgebied) resulterend in een kwelflux van gemiddeld 1,5-2 mm/dag. Deze kwelflux resulteert in een noodzaak om water af te voeren, waarmee al ca. 10% van de maalcapaciteit van het Abraham Kroes gemaal gebruikt wordt (totale capaciteit van het gemaal is 18mm/dag). Een hoger streefpeil zorgt voor minder kwel, waardoor meer maalcapaciteit beschikbaar blijft om neerslag uit te malen. Let wel, bij hevige neerslag stijgt het peil en neemt de kwel af.
- Op langere termijn leidt zeespiegelstijging tot een toename van de kweldruk in de polders. Zonder aanvullende maatregelen leidt dit tot meer kwel. Bij peilaanpassingen gericht op het verminderen van kwel moet hier rekening mee worden gehouden (zie hierover verder in paragraaf 4.4)

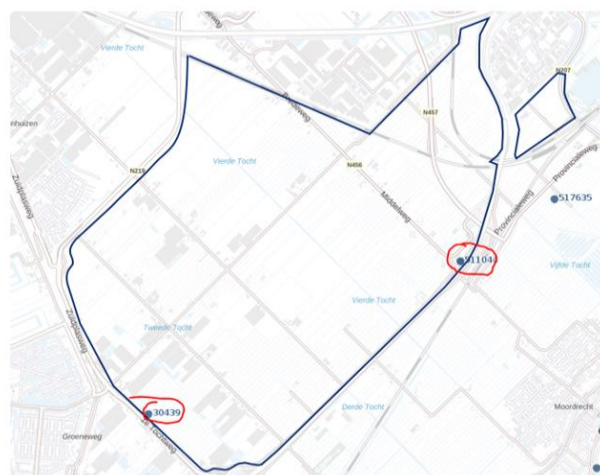
Toegestane peilfluctuatie:

- Door flexibel peilbeheer kan het gebied beter pieken en dalen opvangen, wat uiteindelijk op momenten dat dit gewenst is leidt tot meer of minder snelle waterafvoer (bij de neerslagpieken) en wateraanvoer (tijdens droogtes).

In hoofdstuk 4.1 zijn verschillende neerslagsscenario's doorgerekend. Na de maatgevende buien van 90mm/1 uur, 143mm/ 24 uur en 200mm/ 48 uur duurt het respectievelijk 5, 9 en 11 dagen voordat deze hoeveelheid neerslag weer is uitgemalen. Op aanvoer mogelijkheden in geval van droogte wordt in paragraaf 4.9 in gegaan.

**Rijksmonumenten**

In de huidige situatie zijn twee rijksmonumenten aanwezig. Monument met nummer 30439, langs de N219 in het zuidwestelijk deel van het plangebied, ligt in het agrarisch gebied. In dit gebied worden geen aanpassingen in peilen doorgevoerd. Monument nummer 51104 valt net binnen het plangebied. In de huidige situatie is het streefpeil in dit gebied -6,32 m NAP. Dit betekent dat in het basis alternatief het peil niet sterk zou stijgen, waardoor het rijksmonument niet of nauwelijks effect zal ondervinden van de peilverandering. Voor Alternatieven Maximaal klimaatrobuust en Groen-blauw raamwerk stijgt het peil wel sterk ten opzichte van de huidige situatie. Het monument zou moeten worden



Legenda  
 Rijksmonument

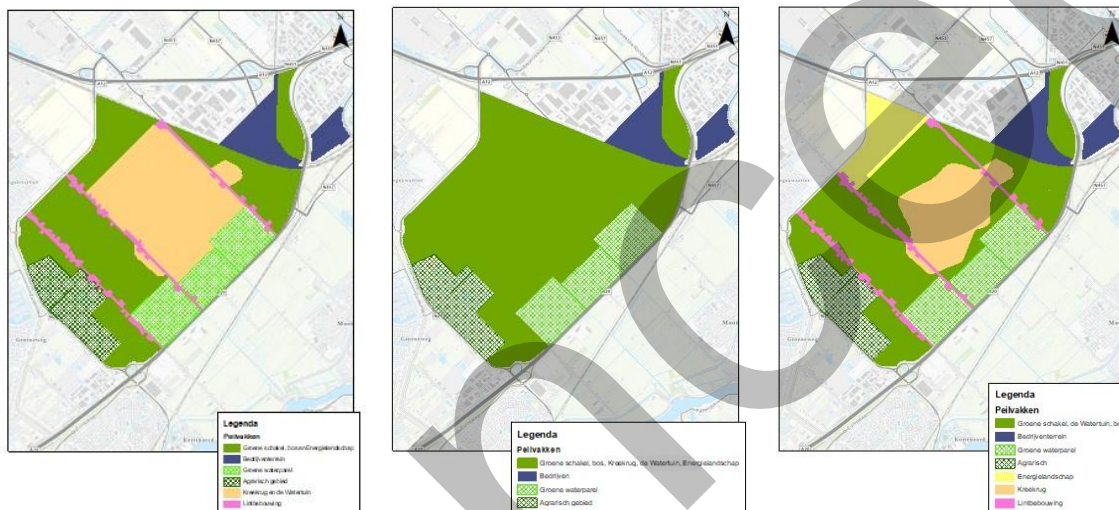
Figuur 6-7 bestaande rijksmonumenten

opgevijseld om negatieve effecten te mitigeren.

### 6.2.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basisalternatief	Alternatief Maximaal Klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief Circulair / duurzame energie	Alternatief Duurzame mobiliteit
Beoordeling	0/+	++	+	0/+	0/+

Voor de beoordeling van effecten zijn de peilgebieden in alternatieven hieronder grofweg ingetekend (Figuur 6-8). Hierbij is geen rekening gehouden met het huidige hoofdwatersysteem. Het geeft een beeld van mogelijke indeling van peilgebieden en de effecten op de omgeving.

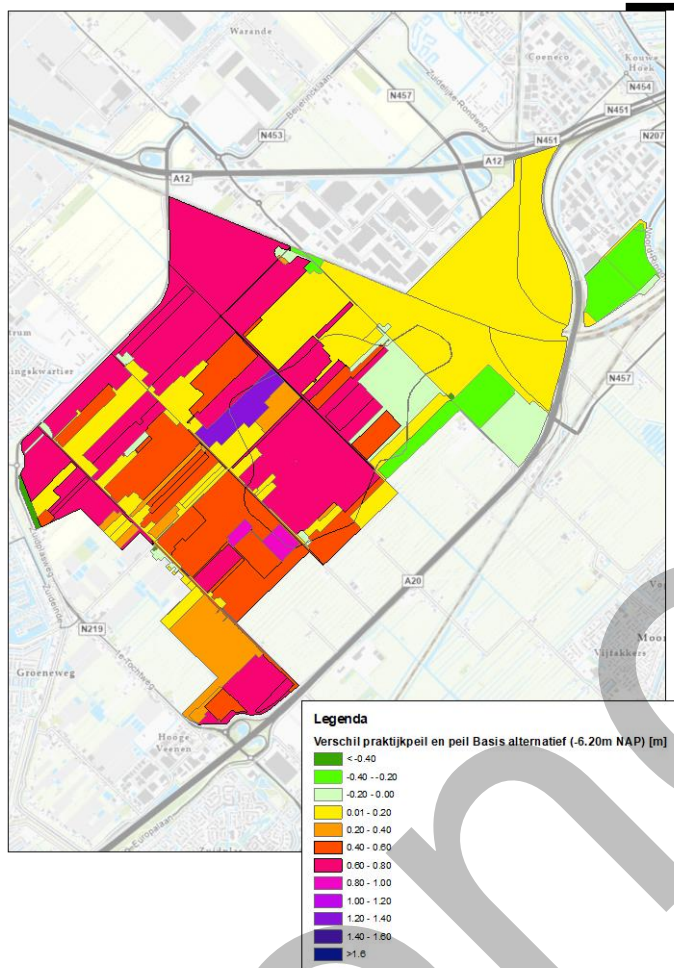


Figuur 6-8: Peilgebieden voor Basisalternatief, Alternatief Maximaal klimaatrobuust en Alternatief Groen-blauw raamwerk weergegeven in verschillende kleuren. Alternatief Circulair / duurzame energie en alternatief Duurzame mobiliteit is gelijk aan het basisalternatief

#### Basisalternatief

In dit alternatief bestaat het watersysteem uit meer dan 10 peilvakken (zie Figuur 6-8). Daarmee wordt uitgegaan van een sterke beperking van het aantal peilvakken ten opzichte van de referentiesituatie. Uitgangspunt is dat bij de huidige bebouwing en de Groene Waterparel de huidige peilvakken behouden blijven. Deze twee gebieden zijn niet meegenomen in de analyse van peilvakken en zijn transparant weergegeven in de figuren. De Kreekrug en Watteruin, het buitengebied (Bos en Groene schakel), Bedrijventerrein, Groene Waterparel en Lintbebouwing krijgen elk hun eigen peilvak, (ervan uitgaande dat de lintbebouwing langs de Tweede, Derde en Vierde tocht blijft bestaan en elk behouden het huidige peil). Binnen de lintbebouwing is uitgegaan van het samenvoegen van een aantal peilvakken, dit kan mogelijk gevolgen hebben voor bebouwing. Het gevolg ten opzichte van huidige peilen van het instellen van een peil van -6,2mNAP in het totale gebied is te zien in Figuur 6-9. In grote delen van het gebied gaat het peil tussen de 0,4 en 0,8m omhoog ten opzichte van het huidige praktijkpeil. Er zijn diverse opmalingen in het gebied, met name rondom de lintbebouwing. Hier gaat het peil slechts 0-0,2m NAP omhoog. Dit

geldt niet voor alle lintbebouwing. In een beperkt aantal gebieden verandert het peil niet of is sprake van een daling van het water peil.



Figuur 6-9 Verschil effect van de huidige praktijkpeilen ten opzichte van het verhogen van peilen naar -6,2m NAP

De waterstructuur verandert in dit alternatief niet veel ten opzichte van het huidige afvoersysteem (KuiperCompagnons, maart 2021). De stroomrichting voor afvoer blijft hetzelfde, via de Tweede Tocht naar het Abraham Kroes gemaal en bij calamiteiten via de Vierde Tocht.

Doordat de ophoging van bebouwd gebied groter is dan het opzetten van het waterpeil, ontstaat meer berging en kan het waterpeil verder stijgen zonder dat er wateroverlast ontstaat. In natte periodes hoeft minder te worden afgevoerd en kan het systeem de pieken eenvoudiger opvangen. Door de grotere waterbuffer is er in droge periodes minder aanvoer nodig. Het watersysteem wordt hiermee robuuster dan in de huidige situatie. Een deel van de buffer gaat verloren door de toename van verdamping bij een groter wateroppervlak. Door het verhogen van peilen moeten stuwen, gemalen, bruggen en duikers worden aangepast. Door het creëren van verschillende peilvakken zijn diverse nieuwe stuwen en gemalen nodig.

Tabel 6-11 beïnvloede assets in de verschillende deelgebieden

	Stuw	Dam	Gemaal	Inlaat	Duiker	Brug
<b>Bedrijven</b>	1	3	0	1	15	8
<b>Bos</b>	7	2	1	0	27	6
<b>de Watertuin</b>	12	3	0	5	18	0
<b>Energielandschap</b>	2	1	0	1	9	0
<b>Groene schakel</b>	13	10	1	1	42	2
<b>Kreekdorp</b>	7	4	3	5	21	0
<b>Lintbebouwing</b>	28	11	3	1	177	17
<b>Totaal</b>	70	34	8	14	309	33

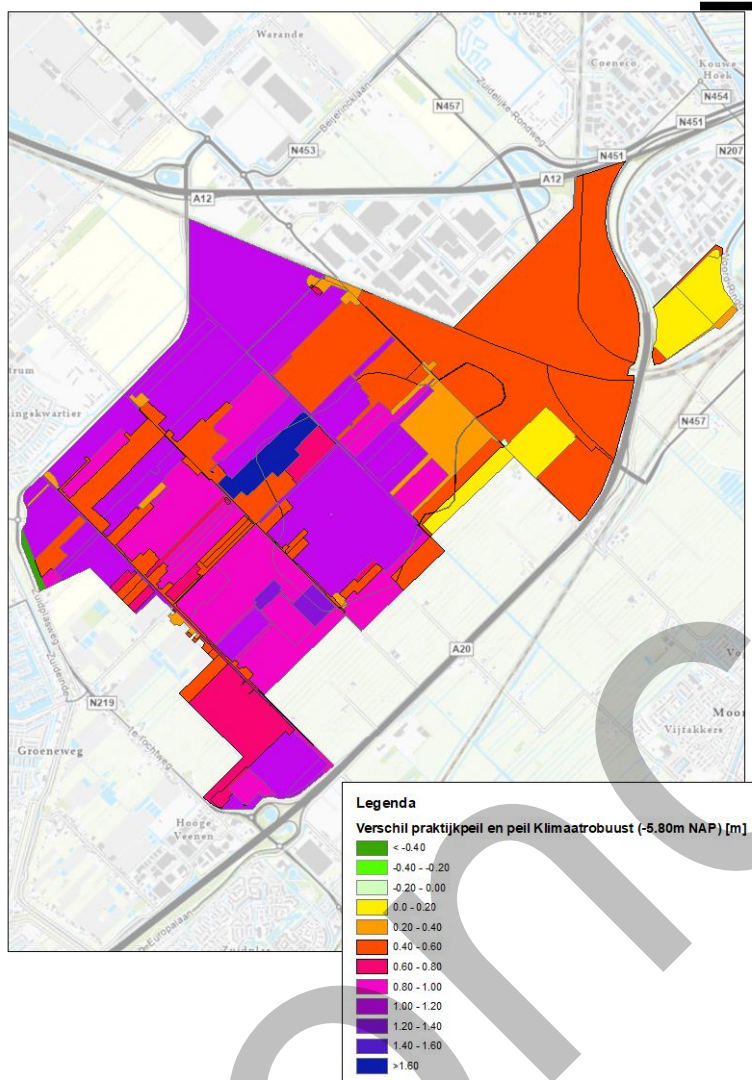
Met een gemiddeld streefpeil van -6,20m NAP neemt de kwelflux af met 0,0–0,5mm/dag (zie bijlage III of paragraaf 4.4). In de toekomst neemt naar verwachting de kweldruk echter wat toe door zeespiegelstijging waardoor de hoeveelheid kwel per saldo kan toenemen, wat invloed heeft op de hoeveelheid water dat wordt afgevoerd.

Ondanks dat het watersysteem in het basisalternatief eenvoudiger is ingericht, scoort dit alternatief beperkt positief (effectbeoordeling: 0/+) omdat er nog steeds meer dan 10 peilvakken in het plangebied aanwezig zijn en de impact op kwel, voorkomen wateroverlast en waterbuffer relatief beperkt zijn.

#### **Alternatief Maximaal klimaatrobuust**

In dit alternatief bestaat het watersysteem uit een minimaal aantal peilvakken (3). De huidige bebouwing wordt waar nodig opgehoogd of verwijderd. Bedrijventerrein, Groene Waterparel en het buitengebied vormen elk een peilgebied, waardoor drie peilvakken ontstaan. De Groene Waterparel en het agrarisch gebied zijn buiten beschouwing gelaten in deze analyse.

In dit alternatief gaat het waterpeil in het gehele plangebied omhoog. In grote delen van het gebied gaat het peil tussen de 0,8 en 1,2 m omhoog ten opzichte van het huidige praktijkpeil. Er zijn diverse opmalingen in het gebied, met name rondom de lintbebouwing. Hier gaat het peil 0,4 tot 0,6 NAP omhoog. Dit geldt niet voor alle lintbebouwing. Zie Figuur 6-10.



Figuur 6-10 - Verschil effect van de huidige praktijkpeilen ten opzichte van het verhogen van peilen naar -5,8 m NAP

Aan de basisstructuur van het watersysteem verandert niet veel ten opzichte van het huidige afvoersysteem. De stroomrichting voor afvoer blijft hetzelfde, via de Tweede Tocht naar het Abraham Kroes gemaal. Door het verhogen en samenvoegen van peilen moeten stuwen, gemalen, bruggen en duikers worden aangepast of komen te vervallen. Door het creëren van nieuwe peilvakken zijn diverse nieuwe stuwen en gemalen nodig. Minder peilvakken zorgt per saldo wel voor een afname van het aantal benodigde assets.

Tabel 6-12 beïnvloedde assets in de verschillende deelgebieden, bij minder peilvakken komt een groot deel te vervallen

	Stuw	Dam	Gemaal	Inlaat	Duiker	Brug
<b>Bedrijven</b>	1	3	0	1	15	8
<b>Bos</b>	7	2	1	0	27	6
<b>de Watertuin</b>	12	3	0	5	18	0

<b>Energielandschap</b>	2	1	0	1	9	0
<b>Groene schakel</b>	13	10	1	1	42	2
<b>Kreekdorp</b>	7	4	3	5	21	0
<b>Lintbebouwing</b>	28	11	3	1	177	17
<b>Totaal</b>	70	34	8	14	309	33

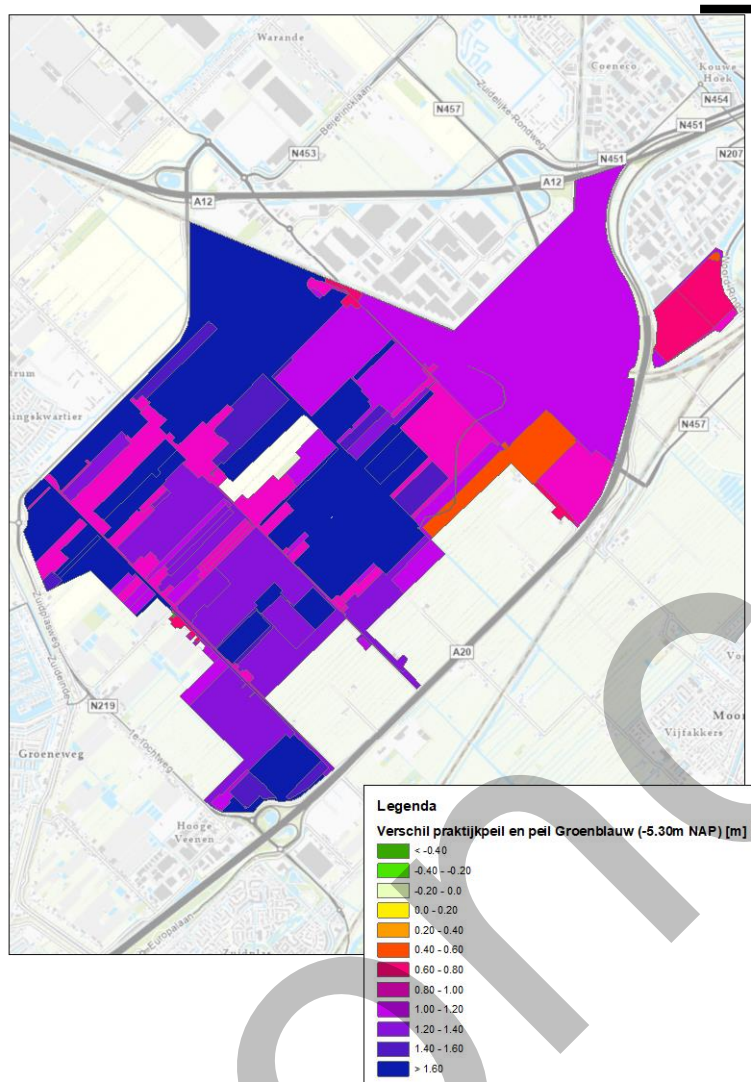
Binnen het gebied wordt extra veel waterberging ingericht om neerslag op te vangen. Onder ander in het Energielandschap kan water vanuit de Kreekrug en Watertuin worden opgeslagen. Vanaf hier kan het via de rand van het plangebied naar de Tweede Tocht en dan naar de Hollandse IJssel worden afgevoerd.

De totale waterberging neemt door de grote ophoging in dit alternatief heel sterk toe. In combinatie met het geringe aantal peilvakken kunnen extreme neerslagsituaties binnen het plangebied worden opgevangen, en is geen afvoer naar de omgeving nodig. Ook kan water beter vastgehouden worden en is minder wateraanvoer nodig in droge periodes. De kweldruk wordt geminimaliseerd waarbij rekening is gehouden met zeespiegelstijging, waardoor de gemaalcapaciteit volledig ingezet kan worden voor waterafvoer in geval van extreme neerslag.

Dit alternatief wordt beoordeeld met (++) ten opzichte van de referentie situatie, omdat het op alle vlakken goed scoort: zowel op het aantal peilvakken, eenvoud van het systeem, een grotere waterbuffer en daarmee een grotere robuustheid van het watersysteem.

#### **Alternatief Groen-blauw raamwerk**

In dit alternatief bestaat het watersysteem uit ca. 9 peilvakken. Het Energielandschap krijgt een eigen peilvak, net als de Kreekrug, het bedrijventerrein en de lintbebouwing. Hierdoor ontstaan minstens negen peilvakken (ervan uitgaande dat de lintbebouwing langs de Tweede, Derde en Vierde tocht blijft bestaan en elk het huidige peil behouden). Het aantal peilvakken kan verder toenemen als binnen de lintbebouwing verschillende peilen ontstaan vanwege verschillen in bouwhoogtes. Om dit te kunnen beoordelen is aanvullend onderzoek nodig. In grote delen van het gebied gaat het peil tussen de 1,2 – 1,6m omhoog ten opzichte van het huidige praktijkpeil. Er zijn diverse opmalingen in het gebied, met name rondom de lintbebouwing. Hier gaat het peil 0,8 – 1,0 m omhoog. Zie Figuur 6-11.



Figuur 6-11 - Verschil effect van de huidige praktijkpeilen ten opzichte van het verhogen van peilen naar -5,3m NAP

De stroomrichting voor de afvoer blijft hetzelfde: via de Tweede Tocht naar het Abraham Kroes gemaal. Door het verhogen en samenvoegen van peilen moeten stuwen, gemalen, bruggen en duikers worden aangepast of komen te vervallen. Minder peilvakken zorgt wel voor een afname van het aantal benodigde assets. Door het creëren van verschillende peilvakken zijn echter ook diverse nieuwe stuwen en gemalen nodig.

Tabel 6-13 beïnvloedde assets in de verschillende deelgebieden, bij minder peilvakken komt een groot deel te vervallen

	Stuw	Dam	Gemaal	Inlaat	Duiker	Brug
<b>Bedrijven</b>	1	3	0	1	15	8
<b>Bos</b>	7	2	1	0	27	6

<b>de Watertuin</b>	12	3	0	5	18	0
<b>Energielandschap</b>	2	1	0	1	9	0
<b>Groene schakel</b>	13	10	1	1	42	2
<b>Kreekdorp</b>	7	4	3	5	21	0
<b>Lintbebouwing</b>	28	11	3	1	177	17
<b>Totaal</b>	<b>70</b>	<b>34</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>309</b>	<b>33</b>

Er wordt een grotere peilfluctuatie toegestaan, waardoor er enerzijds een grotere buffer is voor droge periodes en anderzijds veel berging in geval van piekneerslag. De kweldruk neemt af tot nul en de hogere waterpeilen kunnen zelfs leiden tot infiltratie. Ook op de lange termijn (2100) zal er geen sprake meer zijn van kwel, wat er voor zorgt dat minder water hoeft te worden afgevoerd. De volledige capaciteit van de gemalen kan dan gebruikt worden voor de afvoer van neerslagwater uit het gebied.

Door de afname in het aantal peilvakken wordt het alternatief beoordeeld met (+). Door de sterk toegenomen waterbuffer en waterbergingscapaciteit is er minder wateraanvoer en waterafvoer nodig. Het watersysteem is minder afhankelijk van de omgeving dan de referentiesituatie. Het systeem wordt daarmee robuuster en kan ook in de toekomst goed overweg met de gevolgen van klimaatverandering. Dit leidt uiteindelijk tot een beoordeling van positief (effectbeoordeling: +).

#### **Alternatief Circulair / Duurzame energie**

Dit alternatief is qua watersysteem gelijk aan het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten dan het basisalternatief.

#### **Alternatief Duurzame Mobiliteit**

Dit alternatief is qua watersysteem gelijk aan het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten dan het basisalternatief.

#### **Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. de water aan- en afvoer**

Afhankelijk van keuzes in de inrichting hebben invloed op het watersysteem heeft dit effect het aantal peilvakken en kunstwerken in het gebied. Onderdeel hier van is het wel of niet opnemen van opmalingen in het plangebied, er zitten nu grote en kleine opmalingen verbonden aan het plangebied. Dit is niet meegenomen in de beoordeling omdat hier onvoldoende over bekend is.



## 6.3 Oppervlaktewaterkwaliteit

### 6.3.1 Beoordelingscriteria

Voor het thema oppervlaktewaterkwaliteit wordt ingegaan op de chemische en ecologische waterkwaliteit. Verschillende aspecten die effect hebben op de waterkwaliteit zijn kwel, landbouw en stedelijk gebied/ verstedelijking en de natuurlijke inrichting van het gebied, deze aspecten worden beschreven. Daarnaast wordt het effect van klimaatverandering meegenomen in de beoordeling. De chemische en ecologische waterkwaliteit hebben invloed op het behalen van KRW doelen, het wel of niet halen van KRW doelen is niet expliciet als effect beschreven omdat dit een gevolg is van het verbeteren of verslechteren van de waterkwaliteit en andere maatregelen die genomen worden.

#### Oppervlaktewaterkwaliteit

- ++** De chemische én ecologische kwaliteit van de waterstructuur wordt sterk verbeterd. Slechte kwel wordt weggedrukt en ook in de toekomst (met zeespiegelstijging en toenemende hitte en droogte) kan de waterkwaliteit worden gegarandeerd, ook in 2100. Het watersysteem is zo ingericht dat het risico op opbarsting minimaal is. Er zijn zoveel mogelijk natuurvriendelijke oevers om de ecologische kwaliteit van het water te verbeteren.
- +** De chemische én ecologische kwaliteit van de waterstructuur wordt verbeterd. Het watersysteem is zo ingericht dat het risico op opbarsting klein is. Slechte kwel wordt in het grootste deel van het jaar weggedrukt, ook in de nabije toekomst (ref. 2050). Er zijn zoveel mogelijke natuurvriendelijke oevers.
- 0/+** De chemische of ecologische kwaliteit van de waterstructuur wordt verbeterd. Slechte kwel wordt het grootste deel van het jaar weggedrukt.
- 0** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie.
- 0/-** De chemische en ecologische kwaliteit van de waterstructuur verslechtert in beperkte mate.
- De chemische en ecologische kwaliteit van de waterstructuur verslechtert. De kans op kwel en opbarsting neemt toe door aangepaste waterpeilen. Afstromend regenwater vanaf het oppervlaktewater zorgt voor vervuiling van het oppervlaktewater
- De chemische en ecologische kwaliteit van de waterstructuur verslechtert in sterke mate. Kwel en opbarsting nemen toe. Ook de waterkwaliteit in de Groene Waterparel verslechterd,

### 6.3.2 Uitwerking op thema's

#### **Kwel**

Uit onderzoek voor dit MER (zie paragraaf 6.4 en bijlage II) blijkt dat er sprake is van een kwelsituatie van ca. 1-2mm/dag in het plangebied met een stijghoogte van rond de 6 meter. Kwel in dit gebied is ijzerrijk. IJzerrijke kwel zorgt voor bruin water, wat onaantrekkelijk is voor de omgeving. Daarnaast leidt ijzerrijke kwel tot beperkt doorzicht waardoor planten minder goed kunnen groeien. Het verhogen van waterpeilen kan zorgen voor tegendruk, dit leidt tot een afname van kwel (zie waterbalans en bijlage II). Een afname van kwel heeft een positief effect op de waterkwaliteit.

## Landbouw

Door het gebruik van mest en bestrijdingsmiddelen zorgt voor het afspoelen van onder andere stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater. Daarnaast kunnen deze stoffen uitspoelen uit de bodem nadat ze geïnfiltreerd zijn. Ook veenoxidatie door verlaging van grondwaterstanden draagt bij aan verrijking van het oppervlaktewater met nutriënten. In het plangebied is nauwelijks veen aan het oppervlak aanwezig, hierdoor is de kans op oxideren van veen klein. Het waterschap meet op verschillende punten in het gebied de waterkwaliteit (zie Figuur 4-15 voor locaties en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor de resultaten). Op de meeste meetpunten zijn (sterk) verhoogde concentraties stikstof en/of fosfaat te zien. Mest en bestrijdingsmiddelen hebben hiermee een negatief effect op de waterkwaliteit. Het is per meetpunt niet duidelijk welk deel van de nutriënten afkomstig is uit de landbouw en welk deel te wijten is aan nutriëntrijke kwel.

Als landbouwgrond onder water wordt gezet om oppervlaktewater te creëren of om water in natte perioden te bergen, bestaat het risico dat in de bodem opgeslagen fosfaat vrijkomt en het oppervlaktewater hoge concentraties fosfaat gaat bevatten. Onder zuurstofloze omstandigheden in de waterbodem komt aan ijzer gebonden fosfaat vrij. Dit is ongewenst en kan tot hoge concentraties fosfaat en daarmee (blauw)algen leiden. Mogelijkheden om dit tegen te gaan zijn het afgraven van de fosfaatrijke bouwvoor alvorens het gebied onder water te zetten, het diepploegen van de bodem of het afdekken van de bodem met schoon zand na afgraven. Omdat afgraven onwenselijk is vanuit het risico op opbarsting en vanuit het oogpunt van duurzaamheid is het verstandig om in te zetten op voedselrijke natuur. Geen grote, open watervlakten, maar liever een stelsel van sloten met natuurvriendelijke oevers, plasdras situaties en wilgenmoerasbossen.

## Stedelijk gebied

Als landbouwgebied wordt omgezet in stedelijk gebied, verandert de aard van de processen die invloed hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. In stedelijk gebied stroomt regenwater van verhardingen af naar oppervlaktewater, al dan niet via een regenwaterriool. Dit water is vaak vervuild met nutriënten, metalen en PAK, minerale olie en organische stoffen, vooral als het water afkomstig is van wegen, parkeerplaatsen en daken. Regenwater kan ook vervuild raken door vogel- en hondenpoep. Afstromend regenwater kan vuiler zijn dan van landbouwpercelen afstromend regenwater (Stowa, 2007). Daarnaast komen er regelmatig fouten voor in de riolering (zogenoemde foutaansluitingen), waardoor rioolwater gemengd wordt met regenwater en zo via het hemelwaterriool op het oppervlaktewater terecht komt. Ook riooloverstorten kunnen voorkomen. Omzetting van landbouwgrond in stedelijk gebied leidt daardoor niet per definitie tot een betere oppervlaktewaterkwaliteit.

Een groot deel van de vervuiling van het oppervlaktewater kan worden voorkomen door afstromend regenwater te laten infiltreren in de bodem. Wanneer regenwater via een bodempassage het oppervlaktewater bereikt, wordt het grootste deel van de verontreinigingen (met name fosfaat, metalen en PAK) afgevangen. In gesprekken met HHSK is gebleken, dat het beleid van het hoogheemraadschap is dat afstromend regenwater niet direct in oppervlaktewater stroomt, maar eerst een bodempassage ondergaat of infiltreert in een wadi. Er moet op worden toegezien dat foutaansluitingen niet

voorkomen. Riiooloverstorten zullen niet voorkomen, omdat er een gescheiden stelsel wordt aangelegd.

### Natuurvriendelijke oevers

Aanleg van natuurvriendelijke oevers vergroot de biodiversiteit in het water en is nodig om de waterkwaliteit te verbeteren en het GEP (Goed Ecologisch Potentieel) voor een groot aantal biologische doelen te halen. Het aanleggen van natuurvriendelijke oevers wordt beschouwd als een van de belangrijkste maatregelen om het GEP voor de biologische doelen in een oppervlaktewater te halen. De chemische waterkwaliteit wordt echter meestal niet door natuurvriendelijke oevers verbeterd, omdat de opname van nutriënten door waterplanten meestal (zeer) klein is ten opzichte van de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten (Stowa, 2009). Het positieve effect op het voorkomen van waterplanten, macrofauna en vissen is de belangrijkste reden om natuurvriendelijke oevers aan te leggen en dus het behalen van GEP.

- 1 Bloemrijk grasland;
- 2 Vegetatie van vochthoudende grond;
- 3 Vegetatie van natte ruigtes (plas-dras);
- 4 Moerasplanten die in ondiep water staan;
- 5 Moerasplanten die in dieper water staan;
- 6 Drijfbladplanten;
- 7 Ondergedoken waterplanten.



Figuur 6-12 Zones van een natuurvriendelijke oever (Stowa, 2009)

De uitvoering van de natuurvriendelijke oever is maatwerk en hangt af van de beschikbare ruimte, de inpassing in de bestaande situatie en het gewenste beeld. Afwisseling is van belang voor de biodiversiteit en de waterkwaliteit. Hoe flauwer de oever hoe meer ruimte voor verschillende soorten, zie Figuur 6-12. Een flauwe oever kan een talud hebben variërend tussen 1:2 en 1:5. Vanuit ecologisch oogpunt is in stagnant (niet stromend water) een gradiënt van 1:5 of flauwer het meest optimaal (Stowa, 2009). Bij weinig ruimte kan gekozen worden voor een plas- of drasberm. Dit is een natte oeverstrook met een diepte van zo'n 0 tot 50 centimeter onder het gemiddelde waterpeil.



Figuur 6-13 1) plasberm, 2) drasberm (Stowa, 2009)

Bij aanleg van natuurvriendelijke oevers dient ook rekening gehouden te worden met het opbarstrisico. Mogelijk kunnen flauwe oevers daardoor niet overal worden ingepast, dit is afhankelijk van bodemsterkte, dikte en waterpeilen.

### **Groene Waterparel**

De Groene Waterparel wordt gekenmerkt door de unieke eigenschappen van kattenklei in de bodem (B-Ware, 2020). Deze klei zorgt voor zuur en fosfaatarm oppervlaktewater met als gevolg een unieke plantengemeenschap. Het gaat om zeldzame soorten uit de oeverkruid-klasse. Uit onderzoek in de Groene Waterparel door B-Ware (B-Ware, 2020) is gebleken dat de waterkwaliteit in de sloten sterk beïnvloed wordt door de aanwezigheid van kattenklei en de weersomstandigheden. In natte perioden is de invloed van het kattenklei groot, doordat water via de bodem naar de sloten stroomt. Dit water is zuur en nutriëntenarm. In droge perioden, wanneer gebufferd, nutriëntenrijk water wordt aangevoerd, worden de pH en de nutriëntenconcentraties hoger. In sloten met een hogere aanvoer van gebufferd en nutriëntenrijk water, komen meer exemplaren van algemeen voorkomende waterplanten voor, ten koste van de zeldzame soorten uit de oeverkruid-klasse. Deze doelsoorten komen voor in sloten die voldoende lang (> 2 maanden per jaar) zuur blijven. In het rapport van B-Ware (2020) wordt gesteld dat het voor de instandhouding van deze soorten belangrijk is de huidige hydrologische situatie in stand te houden en niet zomaar te wijzigen. Het vasthouden van water in het gebied door het verhogen van de waterpeilen of het verlagen van het maaiveld voor natuurontwikkeling kunnen een negatief effect hebben op de doelsoorten van de oeverkruid-klasse. Daarom is het beleid van HHSK om de situatie in de Groene Waterparel niet te wijzigen en dit wordt in deze MER nagevolgd. Het vaker afvoeren van water via de Groene Waterparel kan een negatief effect hebben, omdat het gebied wordt doorspoeld met gebufferd, nutriëntenrijk water.

In de verschillende alternatieven wordt het peil in gebieden naast de Groene Waterparel in meerdere of mindere mate opgezet. Op de Kreekrug, de Watertuin en de Groene Schakel kunnen peilen hoger worden dan de peilen in de Groene Waterparel. Wanneer het waterpeil hoger wordt dan in de Groene Waterparel ontstaat meer kweldruk richting de Groene Waterparel. Uit een eerste analyse blijkt dat in een deel van de Groene Waterparel de kweldruk toeneemt van 0,25mm/dag naar 0,3mm/dag. Zie hoofdstuk 6.4 en bijlage IV voor verdere toelichting op de kwelstroming. Daarnaast verandert de richting van de kwelstroming, de kwaliteit van de kwel is op basis van beschikbare metingen naar verwachting vergelijkbaar. Of de verandering van kwel een effect heeft op de bodemchemische processen in de ondergrond heeft verdere verkenning nodig.

B-Ware geeft in gesprekken over de Groene Waterparel aan, dat de mate van opbolling, waterhoogten en doorlatendheid van de percelen van invloed kunnen zijn op de biogeochemische processen in de Groene Waterparel. Deze biogeochemische processen zijn van essentieel belang voor de goede waterkwaliteit en ecologische kwaliteit. De mate van ontwatering en opbolling in de Groene Waterparel moet zo min mogelijk veranderen ten opzichte van de huidige situatie. Het is van belang dat de Vierde Tocht met dezelfde waterpeilen als nu de Groene Waterparel doorsnijdt. De Vierde Tocht heeft gezien de doorsnijding het grootste effect op de Groene Waterparel.

### **Aquathermie**

Er wordt verkend wat de mogelijkheden zijn om aquathermie toe te passen in het Vijfde Dorp (Alternatief Circulair/duurzame energie). Hiervoor worden in een apart onderzoek verschillende mogelijkheden onderzocht:

- Open warmte-koude systeem (ook wel WKO);
- Aquathermie uit het oppervlaktewater in de Watertuinen;
- Aquathermie via de BAL-leiding van Dunea.

Het WKO systeem en aquathermie uit oppervlaktewater kunnen effect hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. De effecten worden hieronder kort omschreven. Deze effecten zijn niet meegenomen in de beoordeling van alternatieven voor dit thema.

#### *WKO*

Bij een WKO systeem wordt water opgeslagen in de ondergrond (watervoerend pakket). Afhankelijk van de vraag wordt warmte of koude onttrokken aan het WKO systeem. Bij een WKO systeem wordt water van circa 12 tot 15 graden in de bodem gebracht waarbij de temperatuur van het grondwater 10 à 12 graden bedraagt. Hierdoor kan, theoretisch, de oplosbaarheid van mineralen vergroot worden. In de praktijk is dit echter verwaarloosbaar doordat de temperatuurverschillen daarvoor te klein zijn.

Bij een goed aangelegd systeem is er geen invloed op het oppervlaktewater omdat de afstand tussen opslag en oppervlaktewater voldoende groot is. Wanneer het systeem te ondiep wordt aangelegd, kan er kortsluitstroming ontstaan. Dit betekent dat grondwater naar het oppervlaktewater kan stromen en de temperatuur/kwaliteit van het oppervlaktewater kan beïnvloeden. Door het WKO systeem voldoende diep aan te leggen wordt dit risico weggenomen (> 40 m -mv). In de aanleg van systemen wordt het goed afsluiten van lagen als basiseisen meegenomen. Het risico op kortsluiting, bij goed aanleggen, zeer beperkt.

In de huidige situatie is er sprake van kwel in het plangebied. Door de kwel kan de WKO opslag verstoord worden en energie overdracht plaats vinden naar het oppervlaktewater. Dit kan leiden tot temperatuursverandering van het oppervlaktewater.

Wanneer de WKO voldoende diep wordt aangelegd (tenminste 40m diep) is de kans van uitwisseling door kwel klein. Het opzetten van peilen in het plangebied om de kwel te mitigeren zorgt er ook voor dat beïnvloeding van het WKO systeem door kwel vermindert.

#### *Aquathermie uit oppervlaktewater*

Aquathermie uit oppervlaktewater is het meest rendabel bij diepere waterpartijen. Dieper water heeft meer temperatuur verschil, diepere lagen zijn kouder en de toplaag warmt op door de zon. Onder diep oppervlaktewater wordt gesproken over ca. 20 meter diep. Er is tenminste een diepte van 2 meter nodig om temperatuurverschil te creëren waar je warmt uitwisseling mee kunt creëren. Hoe ondieper het oppervlaktewater is hoe meer temperatuurschommeling door weervariaties er is en hoe minder rendabel aquathermie wordt. Op dit moment is het uitgangspunt dat in het plangebied geen water ontstaat van voldoende omvang en voldoende diepte om aquathermie op toe te passen. Deze vorm van WKO is daarom bij de effectbeoordeling van de alternatieven niet meegenomen.

### Aquathermie BAL leiding - DUNEA

Een andere mogelijkheid is het winnen van warmte vanuit een drinkwaterleiding van Dunea. Water wordt vanuit de ondergrond gewonnen en via een leiding getransporteerd. Doordat dit water uit de ondergrond komt heeft het een hogere temperatuur, deze warmte kan worden gebruikt voor warmtewinning. Er is geen invloed van water in deze buis op het grond- en oppervlaktewater als gevolg van warmtewinning. Hiermee zijn er geen negatieve effecten te beschouwen.

### Klimaatverandering

Klimaatverandering zorgt voor hogere temperaturen en meer (langere perioden van) droogte. Dit heeft effect op de waterkwaliteit. Warmte zorgt ervoor dat chemische en biologische processen sneller verlopen. Wat leidt tot een grotere kans op (blauw)algenbloei en botulisme en lagere zuurstofconcentraties in het water (zie paragraaf 5.2). Daarnaast zal in de loop van de jaren een verschuiving van voorkomende planten- en diersoorten plaatsvinden, waardoor de soortensamenstelling in gebieden kan veranderen. Droogte kan zorgen voor lagere waterpeilen en hiermee een verhoogde kwel van basen- en nutriëntrijk water.

Naar verwachting komen ook perioden met intensievere regenval voor. In het algemeen zorgt dit voor verhoogde afspoeling naar het oppervlaktewater en meer riooloverstorten, mits deze voorkomen. Wanneer de noodzaak ontstaat om water via oppervlaktewater af te voeren, gebeurt dit via de Vierde Tocht. Het uitgangspunt van het Hoogheemraadschap is dat water niet ongewild wordt afgevoerd door de Groene Waterparel, de kans dat gedurende calamiteiten water wel moet worden afgevoerd door de Groene Waterparel neemt toe door vaker hevige neerslag.

### 6.3.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basisalternatief	Alternatief Maximaal klimaatrobust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief Circulair/Energie	Alternatief Duurzame mobiliteit
Chemische waterkwaliteit	0/+	+	++	0/+	0/+
Ecologische waterkwaliteit	0/+	+	++	0/+	0/+
Risico op kwel/opbarsting	0	+	++	0	0

### Referentiesituatie

In de referentiesituatie is de waterkwaliteit matig of ontoereikend. Ook de ecologische waterkwaliteit is niet in orde en scoort matig (zie paragraaf 4.1.8). een uitzondering hierop is de Groene Waterparel, waar een unieke vegetatie van de oeverkruid-klasse voorkomt.

### Basisalternatief

In het basisalternatief wordt water vastgehouden en wordt een flexibel waterpeil aangehouden. Er zijn geen maatregelen specifiek voor de waterkwaliteit opgenomen. Als het waterpeil hoog staat, zal er minder kwel zijn dan in de

huidige situatie, bij een laag waterpeil blijft de hoeveelheid kwel gelijk of neemt op bepaalde plekken zelfs toe. Dit betekent dat de hoeveelheid kwel varieert, maar nog steeds een negatieve invloed heeft op de waterkwaliteit en dat het risico van opbarsting blijft bestaan.

Het veranderen van landbouwgebied in stedelijk gebied heeft niet per definitie een positief effect op de waterkwaliteit, omdat afstromend regenwater hoge concentraties aan metalen, PAK en nutriënten kan bevatten. Omdat de kwaliteit van afstromend regenwater van verhardingen slecht is, is het beleid van het waterschap om nooit rechtstreeks af te koppelen, maar altijd via een berm bodempassage. Dit om verslechtering van waterkwaliteit te voorkomen. Dit is tevens een uitgangspunt voor het basisalternatief. Dat betekent dat voor het basisalternatief er vanuit wordt gegaan dat het afstromend water via een bodempassage wordt gefilterd, waardoor het weinig invloed zal hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit.

Verandering van landbouw naar stedelijk gebied heeft wel een positieve invloed op het voorkomen van gewasbeschermingsmiddelen, mits er in het stedelijk gebied een verbod (of beperking) is ingesteld op het gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen. De gemeente gebruikt geen bestrijdingsmiddelen, maar voor particulieren is gebruik toegestaan. Dit levert dus nog een beperkt risico op.

Er zijn geen maatregelen specifiek opgenomen voor het verbeteren van de aquatisch ecologische kwaliteit. Deze volgt voor een groot deel de chemische waterkwaliteit en daarom is ook voor de ecologische waterkwaliteit ingeschat dat deze niet (veel) zal veranderen ten opzichte van de autonome ontwikkeling.

Samengevat wordt geconcludeerd dat het basisalternatief een positief effect heeft op de chemische waterkwaliteit. Dit heeft te maken met het feit dat afstromend regenwater niet rechtstreeks naar de waterpartijen stroomt, maar via een zuiverende bodempassage gaat en de invloed van de landbouw op de waterkwaliteit afneemt. Dit zal op zijn beurt een positief effect hebben op de ecologische kwaliteit. Omdat als gevolg van het basisalternatief de chemische en ecologische waterkwaliteit beperkt verbetert (waarmee wordt bijgedragen aan het halen van de KRW-doelen), wordt het basisalternatief beperkt positief beoordeeld (0/+).

#### **Alternatief Maximaal klimaatrobuust**

Bij het Alternatief Maximaal klimaatrobuust zijn de waterpeilen hoger dan in de referentiesituatie (-5,80 m NAP +/- 15 cm). Dit zorgt voor dat de kwel wordt gestopt en de kans op opbarsting sterk vermindert, ook met het oog op zeespiegelstijging en lage waterstanden in 2100. Hiermee worden de effecten van kwel op het oppervlaktewater sterk verkleind en zal met name de chemische waterkwaliteit van het oppervlaktewater in het gebied verbeteren. De ecologische waterkwaliteit volgt in het algemeen de chemische waterkwaliteit. In dit alternatief worden verder geen specifieke maatregelen getroffen om de ecologische waterkwaliteit verder te verbeteren. Ook in dit alternatief worden bodempassages in de vorm van wadi's aangelegd. Zo wordt neerslag zo veel mogelijk vastgehouden in het gebied en voor het infiltreert gezuiverd.

Samengevat kent dit alternatief een waterpeil dat er voor zorgt dat de kwel wordt weggedrukt, ook bij zeespiegelstijging van ca. 1 meter in 2100. Gezien de

verlaagde hoeveelheid kwel is het effect op de chemische waterkwaliteit ingeschat als positief. Omdat de ecologische waterkwaliteit de chemische waterkwaliteit grotendeels volgt, zal ook de ecologische waterkwaliteit iets verbeteren. Ook dit is positief beoordeeld. Omdat geen uitspraak gedaan wordt over eisen van taluds en natuurvriendelijke oevers wordt dit alternatief beoordeeld met +.

### **Alternatief Groen-blauw raamwerk**

Het Alternatief Groen-blauw raamwerk heeft een sterk positief effect op zowel de chemische als de ecologische waterkwaliteit. De waterpeilen zijn hoog (-5,50 op de Kreekrug, elders -5,30 m NAP), waardoor kwel gereduceerd tot 0. In deze situatie ontstaat bij hoge waterstanden infiltratie, infiltratie heeft geen effect op de oppervlaktewaterkwaliteit. De ecologische waterkwaliteit zal in dit alternatief sterk verbeteren. Naast het stoppen van de kwel (met verbetering van de chemische kwaliteit tot gevolg) kent dit alternatief ook diverse maatregelen die leiden tot het versterken van de ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater. Zo wordt ingezet op natte natuurontwikkeling als grondlegger voor de gehele ontwikkeling en wordt ingezet op gebruik van bodempassages, helofytenfilters en aanleg van natuurvriendelijke oevers.

Het risico op opbarsting vermindert in dit alternatief sterk door het verhogen van de waterstanden en daarmee stoppen van kwel.

Wanneer het waterpeil in dit alternatief wordt opgezet tot aan de grens van de Groene Waterparel is er kans op toename van kwel naar de Groene Waterparel. Een toename van nutriëntrijke kwel in de Groene Waterparel heeft een negatief effect op de ecologische waterkwaliteit. Daarnaast kan het veranderen van de waterbalans invloed hebben op de oxidatie van pyriet, pyriet is een belangrijke bron voor voorkomende soorten in de Groene Waterparel. Wanneer in het plangebied een peil wordt gehanteerd dat gemiddeld hoger ligt dan in de Groene Waterparel moet een bufferzone ingericht worden tussen de Waterparel en het plangebied. Uitgangspunt in dit alternatief is dat de Groene Waterparel geen negatieve effecten mag ondervinden, de bufferzone wordt daarom meegenomen in de beoordeling.<sup>5</sup> Daarmee wordt dit alternatief beoordeeld als sterk positief (++). De grootte van de bufferzone zal bepaald moeten worden met aanvullend grondonderzoek en een modelberekening (zie hoofdstuk 10.4)

### **Alternatief Circulair/Duurzame Energie**

Dit alternatief is qua watersysteem en maatregelen die van invloed zijn op het oppervlaktewater gelijk aan het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten in vergelijking met het basisalternatief.

### **Alternatief Mobiliteit**

Dit alternatief is qua watersysteem en maatregelen die van invloed zijn op het oppervlaktewater gelijk aan het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten in vergelijking met het basisalternatief.

<sup>5</sup> Uit een analyse van het effect van het opzetten van het waterpeil in het plangebied op de Groene Waterparel blijkt dat de kwel in de Groene waterparel toeneemt met 0,05mm/dag. Het nemen van maatregelen zoals het aanleggen van een bufferzone heeft een minimaal effect op het verminderen van kwel. Of de toename van kwel een negatief effect heeft op de kwaliteit in de groene waterparel moet worden besproken met een bodemchemicus. Het effect is daarom nog niet meegenomen in de beoordeling.



### **Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. de oppervlaktewaterkwaliteit**

Het wegnemen van het effect van kwel is naast de verandering van het landgebruik (en daarmee niet meer bemesten) de belangrijkste maatregel om de waterkwaliteit te verbeteren. Onderzoek naar de bodemopbouw en dikte van lagen kan de precieze effecten van kans op opbarsting en wellen beter duiden.

In ondiep water kan in de zomer botulisme tot ontwikkeling komen. Botulisme is een bacterie die spierverlammingen kan veroorzaken door de toxische stof botuline uit te scheiden. Botulisme komt tot ontwikkeling als het water opwarmt in de zomer, waterstanden <0,25m hebben een grotere kans op botulisme. Een waterdiepte van >0,25m kan dit risico verminderen. Dieper water helpt ook om het risico op blauwalgenbloei te verminderen. Daarnaast kan doorspoelen en verversen een positief effect hebben op de waterkwaliteit. Dit vermindert tevens de kans op muggen. Een andere om de kans op botulisme in ondieper water te verkleinen is het beschaduwen van water, dit kan bijvoorbeeld door riet of moerasbos en andere bomen te planten.

Het onder water zetten van grond kan leiden tot het uitspoelen van nutriënten. Tegelijkertijd zorgt het opzetten van peilen voor minder kwel. De balans tussen uitspoeling en kwel is lastig te bepalen op basis van beschikbare informatie. Het afgraven van de bouwvoor kan een positieve invloed hebben op de waterkwaliteit en het effect van uitspoeling verminderen. Meer onderzoek over de balans tussen uitspoelen en kwel is nodig om te duiden wat de effecten zijn.

In droge perioden kan het nodig zijn om gebiedsvreemd water in te laten om droogteschade aan de vegetatie te voorkomen. Dit kan zonder problemen als het inlaatwater van gelijke of betere kwaliteit is dan het gebiedseigen water. De voorkeur heeft het vasthouden van regenwater boven inlaten van water.

Veeenvorming zal geen directe positieve invloed hebben op de waterkwaliteit, maar is wel nuttig voor vastlegging van CO<sub>2</sub> en voor het langer vasthouden van water in het gebied.

## 6.4 Grondwaterkwantiteit

### 6.4.1 Beoordelingscriteria

Kwel is een van de belangrijkste factoren op gebied van grondwaterkwantiteit in het gebied. In de huidige situatie is sprake van kwel van een slechte kwaliteit. Met het ophogen van peilen in de verschillende alternatieven wordt kwel in meerdere of mindere mate weggedrukt. Zeespiegelstijging kan daarnaast in de toekomst zorgen voor een toename van kwel. Veranderingen in de waterhuishouding in het gebied kunnen daarnaast effect hebben op omliggende gebieden. Deze verschillende aspecten zijn meegenomen in de beoordeling van het thema grondwaterkwantiteit.

#### Beoordelingscriteria grondwaterkwantiteit

- ++** In het plangebied is geen sprake van opkomend kwelwater, er is sprake van een neerwaartse grondwaterstroming en wordt grondwater gevoed met zoet water. Ook in de toekomst (2100) nemen effecten van kwel niet door als gevolg van klimaatverandering. Omliggende gebieden hebben geen last van opkomend grondwater vanuit het Middengebied.
- +** In het plangebied is geen sprake van opkomend kwelwater door hogere waterstanden. Ook in de toekomst (2100) nemen effecten van kwel niet door als gevolg van klimaatverandering. Omliggende gebieden hebben geen last van opkomend grondwater vanuit het Middengebied.
- 0/+** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie. Er is geen sprake van grondwateroverlast in woningen, en ook in de toekomst (2050) is dit niet het geval. In het plangebied is verminderd sprake van opkomend kwelwater. Ook in de toekomst (2050) nemen effecten van kwel niet door als gevolg van klimaatverandering. Omliggende gebieden hebben geen last van opkomend grondwater vanuit het Middengebied.
- 0** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie. Geen sprake van grondwateroverlast in woningen in de lintbebouwing door het hanteren van verschillende peilen. Ook in de woningen van het Vijfde Dorp is geen sprake van grondwateroverlast.
- 0/-** Alleen tijdens zeer natte periodes met hoge grondwaterstanden is er sprake van grondwateroverlast in woningen. Door het graven van oppervlaktewater kan er meer kwel optreden richting het oppervlaktewater. In natte periodes is er beperkt toename van kwel in omliggende gebieden. Omliggende gebieden hebben beperkt last van opkomend grondwater vanuit het Middengebied
- Tijdens natte periodes is er sprake van grondwateroverlast in woningen door hogere freatische grondwaterstanden, dit leidt eveneens tot een beperkte toename van kwel in omliggende gebieden. In droge periodes is er beperkt sprake van opkomend kwelwater door lagere freatische grondwaterstanden. Omliggende gebieden hebben last van opkomend grondwater vanuit het Middengebied
- Er is onder normale omstandigheden sprake van grondwateroverlast in woningen, er is een toename van kwel in omliggende gebieden. In droge periodes is er sprake van opkomend kwelwater in het Middengebied.

## 6.4.2 Uitwerking op thema's

### Kwel

In de Zuidplaspolder is kwel vanuit oogpunt van waterkwantiteit niet wenselijk. Het kwelwater levert een extra belasting voor oppervlaktewatersysteem en de gemalen, die bij een toename van kwel meer water moeten afvoeren. Ter indicatie: een kwelintensiteit van 0,5 mm/dag betekent ca. 20.000 m<sup>3</sup>/dag aan extra belasting voor het watersysteem. Een kwelintensiteit van 1mm/dag is meer dan het gemiddelde neerslagoverschot van ca. 0,8 mm/d. Het verminderen van kwel wordt daarom in de beoordeling van de alternatieven gezien als een positief effect.

Op dit ogenblik variëren de polderpeilen (dus de waterstanden in de sloten en watergangen van NAP -7,45 m tot NAP -6,02 m. In de "lage" peilvakken zal de kwel aanmerkelijk hoger zijn dan in de "hoge" peilvakken.

Het verhogen van het waterpeil in de verschillende alternatieven heeft dan ook een reductie van de kwel tot gevolg. Bij de huidige stijghoogte zal:

- bij een waterpeil van NAP -6,2 m nog lichte kwel optreden (0 à 0,5 mm/dag).
- bij een waterpeil van NAP -6,0 m een neutrale kwelsituatie bereikt worden met gemiddeld geen kwel of infiltratie.
- bij een waterpeil van NAP -5,8 m een beperkte infiltratiesituatie ontstaan van 0 à 0,5 mm/dag.

Het is de verwachting dat de stijghoogte in het watervoerend pakket in de toekomst als gevolg van klimaatveranderingen zal toenemen. Op basis van een onderzoek van Deltares wordt ingeschat dat het effect van zeespiegelstijging op het eerste watervoerend pakket in de Zuidplaspolder beperkt is (Deltares, 2018). Omdat de beschikbare kaarten moeilijk zijn af te lezen en de toekomstige situatie onzeker is wordt een effect van 5-10% van de hoeveelheid zeespiegelstijging meegenomen. Uitgaande van 1-2 meter zeespiegelstijging resulteert dat in een stijghoogteverschil van 0,05-0,2m. Dat betekent op basis van deze gegevens dat een veilige aanname is om voor het zichtjaar 2100 uit te gaan van een stijghoogte van gemiddeld NAP -5,8 m in plaats van gemiddeld NAP -6,0 m nu. De potentiële kweltoename is dan 0 tot 0,5 mm/dag.

### Infiltratie

Het vasthouden van zoet regenwater in de bodem en het oppervlaktewater heeft positieve effecten op het grondwatersysteem:

- zoute kwel wordt verminderd;
- opbouw van watervoorraad in droge zomers;
- veenoxidatie wordt teruggedrongen.

Infiltratie van regenwater in de bodem en vasthouden van water in de watergangen wordt in de effectbeoordeling als positief beschouwd voor de grondwaterkwantiteit. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het vasthouden en infiltreren van regenwater moet worden afgestemd op de bodemopbouw, de ontwateringstoestand en het landgebruik. Waar nodig kan grondverbetering nodig zijn om water te infiltreren.

Het Hoogheemraadschap hanteert in haar beleid de volgende voorkeursvolgorde:

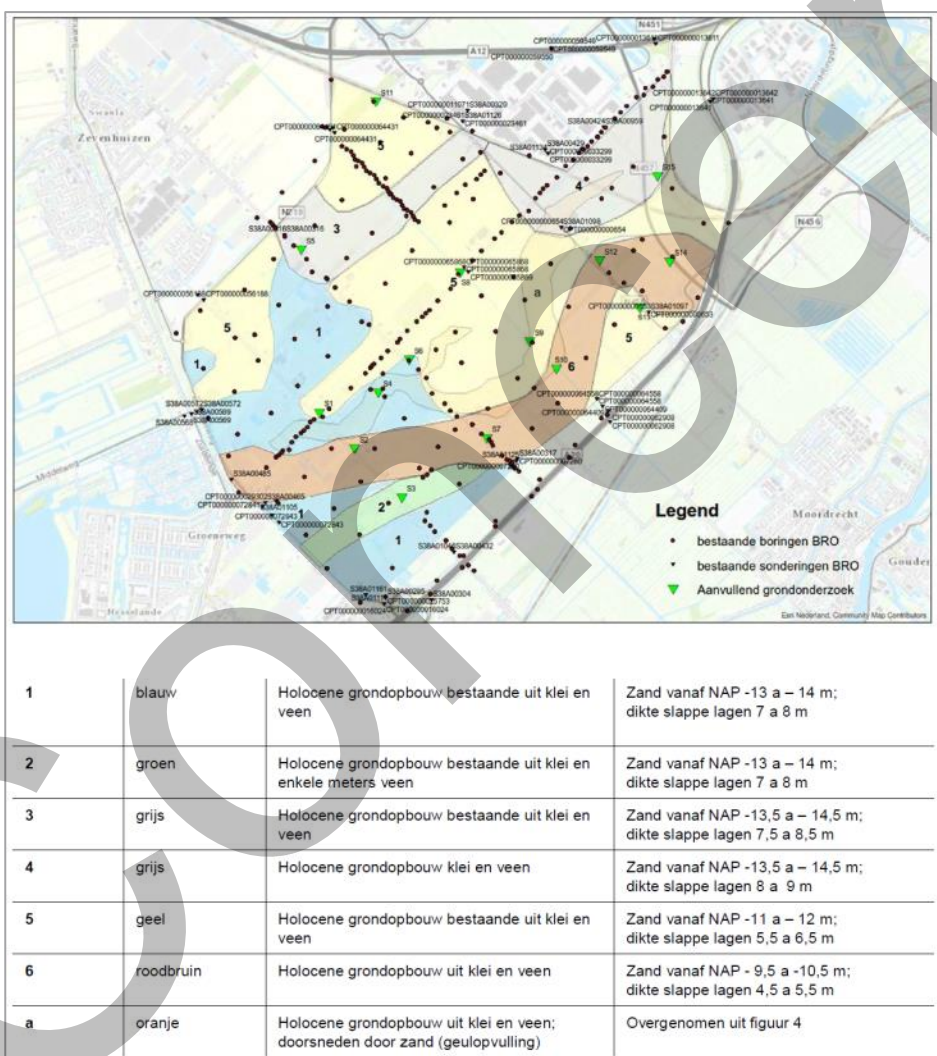
1. zuinig gebruiken;
2. vasthouden;

### 3. slimmer verdelen en aanvoeren.

Mogelijkheden voor het vasthouden van water zijn bijvoorbeeld het aanleggen van bijvoorbeeld wadi's en IT-riolen<sup>6</sup>.

#### Dikte lagen / kans op opbarsting

De kans op verticale instabiliteit van de bodem (opbarsten) is het grootst op plaatsen waar de deklaag het dunst is. Het voorkomen van veen in de ondergrond is vanwege het geringe volumieke gewicht eveneens ongunstig voor het opbarstisico. Deltares heeft een gebiedsindeling gemaakt zoals weergegeven in onderstaande Figuur 6-14 (Deltares, 2020). De gele en oranje gebieden zijn het gevoeligst voor opbarsten.



Figuur 6-14: Gebiedsindeling bodemopbouw volgens (Deltares, 2020)

<sup>6</sup> Infiltratie- en transportriool. Hierbij wordt rioolwater ondergronds geïnfilteerd via met geotextiel omwikkelde, geperforeerde, horizontale rioolbuizen in de bodem.

De kans op opbarsten neemt toe door:

- (a) Graven van oppervlaktewater: dit is naar verwachting met name een risico in de roodbruine gebieden (nr 6) op bovenstaande kaart (obv Deltares, 2020). Het wordt aangeraden om dit te verifiëren met aanvullend grondonderzoek.
- (b) Bij bouwputten voor de aanleg van ondergrondse constructies: afhankelijke van omvang en diepte kan dit een risico zijn in de gele en roodbruine deelgebieden uit Figuur 6-14.

Aangezien alle alternatieven uitgaan van relatief hoge waterpeilen in combinatie met ophogen van het terrein, zijn de risico's voor opbarsten in de eindsituatie beperkt. In de aanlegfase is speciale aandacht nodig bij het graven van bouwputten. Verder onderzoek voor de aanlegfase zal verduidelijking moeten geven aan de benodigde maatregelen. In Westergouwe is gewerkt met een vergelijkbare situatie, deze situatie kan bekeken worden om lessen uit te halen.

### Grondwateroverlast

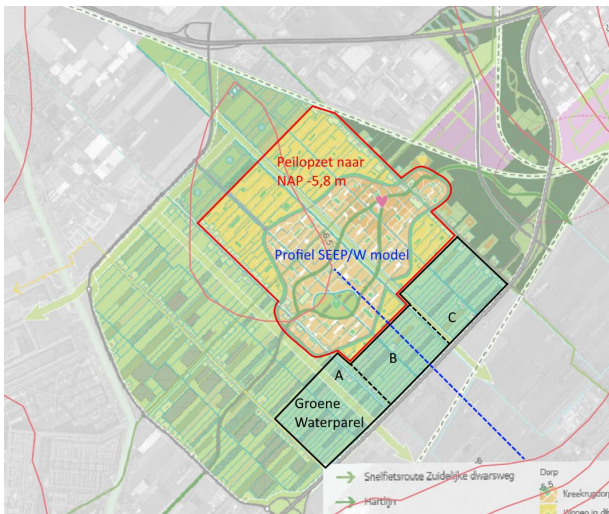
In de Zuidplaspolder wordt het oppervlaktewaterpeil afgestemd op de maaiveldhoogte en het landgebruik. Door de daling van het gebied zijn de peilen steeds naar beneden bijgesteld, wat heeft geleid tot versnelde bodemdaling. Omdat de bodemdaling niet op alle plaatsen gelijk is zijn in het verleden veel verschillende peilvakjes ontstaan.

De wens om het aantal peilgebiedjes te reduceren en terug te gaan tot één of enkele (relatief hoge) polderpeilen kan dus leiden tot grondwateroverlast op laaggelegen percelen, op percelen die niet worden opgehoogd en op bestaande (te handhaven) bebouwing.

In de verschillende alternatieven voor het Middengebied wordt een (gemiddeld) hoger waterpeil ingesteld dan in de omringende peilvakken. Theoretisch gezien kan een hoger polderpeil doorwerken in de stijghoogte in het watervoerend pakket en kan er een "waterbedeffect" ontstaan, waarbij de lager gelegen gebieden rondom het Middengebied te maken krijgen met meer kwel. Dit is relevant voor omliggende gebieden met een lager peil. We verwachten dat de effecten van de peilverhoging op de omgeving klein zullen zijn omwille van volgende redenen:

- In het gebied zijn er veel peilverschillen aanwezig, zelfs op korte afstand. Dit heeft, voor zover bekend, niet geleid tot problemen;
- De deklaag bestaande uit klei en veen is sterk waterremmend. Hierdoor zijn alle peilvakken in het gebied quasi geïsoleerd van hun omgeving;
- Grondwaterstroming in de deklaag is (hoofdzakelijk) verticaal gericht. Het grondwater zal niet direct in horizontale richting via deze deklaag tot afstroming komen naar de lagere peilvakken in de omgeving.

Met een 2D grondwatermodellering is het effect van het opzetten van het waterpeil naar -5,8m NAP op de groene waterparel geanalyseerd. In Figuur 6-15 is te zien dat de Groene Waterparel grofweg in 3 deelgebieden in te delen is. Deel B en deel C liggen aan de ontwikkeling. Waarbij het waterpeil in deel C een peil van ca. -5,8m NAP heeft. Uit een principeberekening is gebleken dat er alleen effect in deel B te verwachten is.



Figuur 6-15 Modellerings van het plangebied, het profiel door deelgebied B is berekend

In de huidige situatie is sprake van een kwelsituatie van ca. 0,25mm/dag, deze kwel komt op basis van de grondwaterstromingen vanuit het zuid-oosten. Wanneer het waterpeil in het plangebied wordt opgezet naar gemiddeld -5,8m NAP zal deze kwel toenemen naar 0,3mm/dag (uitgaande van een weerstand van de deklaag van 1600 dagen en een totale gebiedsbreedte van ca. 700 meter). Dit komt neer op een toename van stijghoogte van gemiddeld 0,074m in de Groene Waterparel. Daarmee komt de stroomrichting van kwel vanuit het plangebied, het noord-westen. Zie bijlage IV voor een toelichting op de berekening en uitkomsten.

De stroomrichting van kwel verandert en daarmee kan de kwaliteit van de kwel veranderen, naar verwachting is deze in het gehele plangebied vergelijkbaar. Of de kleine toename van kwel effect heeft op de ecologische balans in het gebied vraagt verder onderzoek. Er zijn drie maatregelen getoetst om de kweltoename in de groene waterparel te verminderen:

- Met het aanleggen van een bufferzone van 120m met een peil van -6,3m NAP (tussen twee peilen) is er nog 14% kweltoename als gevolg van de peilopzet. De maatregel heeft een nihil effect.
- Met het aanleggen van een bufferzone van 120m met een peil van -6,9m NAP is er nog 12% kweltoename als gevolg van de peilopzet. De maatregel heeft een klein effect.
- Met het aanleggen van een buffersloot van 7 meter breed met een peil van -6,62m NAP (peil hetzelfde als groene waterparel) is er nog steeds 15% kweltoename. De maatregel heeft een nihil effect.

### Modellering van effecten op de omgeving waaronder de Groene Waterparel

Juist in de specifieke situatie van de Groene Waterparel kan ook een stijging van enkele centimeters al sterk van invloed zijn op de ecologische doelen in dat gebied. Om de effecten beter in te kunnen schatten moet daarom aanvullend grondonderzoek gedaan worden en een berekening worden gemaakt met een rekenmodel. Er is momenteel beperkte informatie beschikbaar over de bodem en stijghoogte in het Middengebied. De opzet van een 3D grondwatermodel wordt op dit moment niet aanbevolen omwille van de complexiteit en het ontbreken van voldoende 3D gegevens. Zodra er meer informatie beschikbaar is, kan bovenstaande modellering worden verfijnd om middels een 3D-model definitief vast te stellen of en welke maatregelen mogelijk zijn voor het gebied rond de Groene Waterparel.

#### 6.4.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basis alternatief	Alternatief Maximaal klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief circulair	Alternatief Duurzame Mobiliteit
Terugdringen kwel	0/+	+	++	0/+	0/+
Drooglegging	+	+	0/+	0/-	+
Grondwatero verlast omgeving	0/-	0/-	-	0/-	0/-

#### Referentiesituatie

In de huidige situatie is er sprake van kwel van 1-2mm/dag. In de toekomst kan dit, als gevolg van zeespiegelstijging toenemen. Dit leidt tot steeds grotere problemen voor het waterbeheer:

- toename van kwel door opbarsten of wanneer ook de waterpeilen worden verlaagd;
- groter risico op grondwateroverlast;
- lagere grondwaterstanden met stabiliteitsproblemen voor bestaande infrastructuur tot gevolg.

#### Basisalternatief

Het beoogde waterpeil in het basisalternatief is NAP -6,2 m +/- 15 cm. Dit betekent dat het verschil tussen de stijghoogte en oppervlaktewaterpeil varieert van 0 tot 0,5 m. Ten opzichte van de huidige situatie zal de kwel afnemen tot minder dan 0 tot 0,5 mm/dag. In de zomermaanden, wanneer de stijghoogte wat daalt, zal er zelfs een infiltratiesituatie ontstaan. Wanneer door klimaatverandering de stijghoogte in het watervoerend pakket in de toekomst toeneemt, dan neemt de kweldruk weer toe en is dit waterpeil onvoldoende om de kwel weg te drukken. Ook in de zomer daalt het waterpeil, wat eveneens voor een toename van kwel kan zorgen. Per saldo wordt met dit alternatief echter voor een deel van het jaar een afname van kwel bewerkstelligd. Dit is beperkt positief beoordeeld (0/+).

Door de woningen op terpen te bouwen met een drooglegging van 1,2 m is er voor de nieuw te bouwen woningen geen risico op grondwateroverlast. De

tuinen en de openbare ruimte liggen in dit alternatief wat lager dan woningen en hebben een drooglegging van ca. 1,0 m. Ook met deze drooglegging wordt geen grondwateroverlast verwacht. Dit wordt als positief beoordeeld (+).

Bij het verhogen van peilen zullen panden in opmalingen naar verwachting geen last hebben van de peilverhoging. Andere bestaande bebouwing, afhankelijk van het peilgebied wel (0/-).

### **Alternatief Maximaal klimaatrobuust**

Het waterpeil is NAP -5,8 m  $\pm$  15 cm. Dit betekent dat de huidige opwaartse kwel sterk afneemt en verandert in beperkte mate van infiltratie. Bij een eventuele toenemende stijghoogte als gevolg van klimaatverandering ontstaat naar verwachting min of meer een neutrale kwelsituatie. Het veranderen van kwel in infiltratie wordt als positief beoordeeld (+).

Met een vloerpeil op NAP -4,45 m voor Watertuin en Kreekrug komt de drooglegging op 1,35 m ( $\pm$  15 cm). Dit is in principe voldoende om grondwateroverlast te voorkomen. Wel bestaat er een risico dat het regenwater dat infiltreert in de ophoging stagneert op de onderliggende veen- en/of kleilagen. Bij grote, langdurige buien kan het water dan onvoldoende inzijgen, waardoor er wateroverlast kan ontstaan. Dit is te ondervangen door de aanleg van drainage, maar de levensduur van de drainage is korter dan van de woningen.

In dit alternatief liggen delen van gebied de Watertuinen op NAP -5,6 m. De ontwatering is dus gering, met inrichtingsmaatregelen zoals terrassen of beperkt ophogen kunnen de negatieve effecten voor bewoners beperkt worden. De tuinen en de openbare ruimte op de Kreekrug liggen aanmerkelijk hoger: NAP -4,55 à -4,9 m. De drooglegging bedraagt hier 0,9 à 1,35 m. De woningen worden gebouwd met relatief lage kruipruimtes van 0,5 m. Bij deze drooglegging zijn de woningen niet gevoelig voor grondwateroverlast. (+).

De verwachting is dat bebouwing in de omgeving (van waar waterpeil wordt aangepast) overlast ondervinden van het ophogen van peilen. Op plekken waar waterstanden aangepast worden waar bebouwing staat zal afhankelijk van de grootte van de wijziging van de peilen voor een deel overlast ontstaan, in de opmalingen niet tot zeer beperkt en andere bestaande bebouwing naar verwachting wel. Onderzoek naar de hoogte van kelders, kruipruimtes is nodig. Een modelberekening kan de effecten beter in beeld brengen. Monitoring in de realisatiefase kan effecten in beeld brengen (0/-).

### **Alternatief Groen-blauw raamwerk**

Wat betreft waterpeilen worden peilen verder opgehoogd dan in Alternatief Maximaal klimaatrobuust. Hiermee wordt kwel volledig gestopt in de huidige en toekomstige situatie. Er zal een infiltratiesituatie ontstaan. (++).

Er wordt kruipruimteloos gebouwd, hetgeen betekent dat er een lagere ontwatering kan worden aangehouden zonder dat grondwateroverlast optreedt. De drooglegging van 0,8 m à 0,9 m is voldoende om grondwateroverlast te voorkomen, maar is wel minder dan in het Alternatief Maximaal klimaatrobuust. In de toekomst zou dit kunnen leiden tot een verkorte levensduur van ondergrondse infrastructuur door de relatief kleine drooglegging (0/+).



De verwachting is dat bebouwing in de omgeving overlast zal ondervinden van het ophogen van peilen. Onderzoek naar de hoogte van kelders, kruipruimtes is nodig. Een modelberekening kan de effecten beter in beeld brengen. Monitoring in de realisatiefase kan effecten in beeld brengen (-)

#### **Alternatief circulair / duurzaam**

Dit alternatief kent een vergelijkbaar waterpeil als het basisalternatief. Verder kent dit alternatief geen andere maatregelen die van invloed zijn op de kwel. Daarom scoort dit alternatief het zelfde als het basisalternatief (0/+).

Omdat in dit alternatief is gekeken naar een zo duurzaam mogelijke inrichting van het gebied, is gekeken naar een zo minimaal mogelijke aanvoer van zand/grond. Dit leidt tot een lagere drooglegging van 0,65 à 0,7 m. Dit is relatief beperkt en gaat gepaard met risico's op (grond-)wateroverlast. De aanleg van drainage is waarschijnlijk noodzakelijk, maar niet toekomstbestendig voor de lange termijn. Om de ophoging te beperken zal kruipruimteloos worden gebouwd. Hierdoor kan het grondwater wat hoger stijgen voor er grondwateroverlast optreedt. Omdat er desondanks een verhoogd risico ontstaat op wateroverlast als gevolg van de kleine drooglegging, wordt dit alternatief hierop beperkt negatief beoordeeld (0/-).

Bij het verhogen van peilen zullen panden in opmalingen naar verwachting geen last hebben van de peilverhoging. Andere bestaande bebouwing, afhankelijk van het peilgebied wel (0/-).

#### **Alternatief Duurzame Mobiliteit**

Dit alternatief is op dit onderdeel gelijk aan het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten in vergelijking met het basisalternatief.

#### **Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. grondwaterkwantiteit**

Aanvullend grondonderzoek is nodig om de doorlatendheid van de bodem en dikte van de deklaag op verschillende plekken te onderzoeken. Aan de hand van aanvullende gegevens kunnen effecten van het verhogen van waterpeilen beter in beeld gebracht worden. Een 3D modellering kan de effecten op de Groene Waterparel met aanvullende gegevens beter in beeld brengen. Daarnaast is onderzoek nodig naar vloerpeilen, kruipruimtes en kelders bij de bestaande bebouwing om de effecten van peilverhoging beter in beeld te brengen.

## 6.5 Grondwaterkwaliteit

### 6.5.1 Beoordelingscriteria

Bij de grondwaterkwaliteit wordt onderscheid gemaakt tussen aanwezige verontreinigingen en de chemisch-fysische kwaliteit van het grondwater (zoutgehalte, zuurstofgehalte, ijzergehalte en nutriëntengehalte). In deze paragraaf wordt voor wat betreft de grondwaterkwaliteit gekeken naar de chemisch-fysische kwaliteit. In paragraaf 7.2 wordt nader ingegaan op de aanwezigheid van verontreinigingen.

#### Grondwaterkwaliteit

- ++** Mogelijk vervuild hemelwater wordt middels bodempassages gezuiverd voordat het terecht komt in het grondwater. In het plangebied is geen sprake van opkomend kwelwater. Dit is positief voor de (grond)waterkwaliteit. Er is sprake van een neerwaartse grondwaterstroming en grondwater wordt gevoed met zoet water.
- +** Mogelijk vervuild hemelwater wordt gezuiverd door de diffuse afstroming via de berm naar het grondwater. Door de hogere waterpeilen (ongeveer gelijk aan de stijghoogte in het watervoerend pakket) is er geen kweldruk meer, hetgeen gunstig is voor de waterkwaliteit.
- 0/+** Mogelijk vervuild hemelwater wordt gezuiverd door de diffuse afstroming via de berm naar het grondwater. Door de hogere waterstanden vermindert de kwel, hetgeen gunstig is voor de waterkwaliteit.
- 0** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie.
- 0/-** Vervuild hemelwaterinfiltratie zorgt voor een beperkte verslechtering van de (grond)waterkwaliteit.
- Vervuild hemelwaterinfiltratie zorgt voor een sterke verslechtering van de (grond)waterkwaliteit. Om de maaiveld daling enigszins te compenseren worden lagere waterpeilen ingesteld. De kweldruk neemt daardoor toe.
- Vervuild hemelwaterinfiltratie zorgt voor een sterke verslechtering van de (grond)waterkwaliteit, bovendien worden er geen voorzieningen getroffen voor zuivering van afstromend hemelwater naar grondwater. De waterpeilen volgende autonome maaiveld daling en kwel neemt daardoor sterk toe. Dit is negatief voor de waterkwaliteit.

### 6.5.2 Uitwerking op thema's

#### **Hemelwaterinfiltratie / afstromend regenwater**

Het infiltreren van regenwater in de bodem wordt algemeen beschouwd als een duurzame maatregel met positieve effecten op grondwatersysteem. In een stedelijke omgeving moeten wel maatregelen worden genomen om te voorkomen dat verontreinigingen zich verplaatsen naar het grondwater. De bronnen van deze verontreinigingen zijn velerlei: slijtage van autobanden, uitlogende bouwmaterialen, water met zeepresten van bijvoorbeeld auto wassen, strooizouten, etc.

Er zijn veel maatregelen beschikbaar om het risico op verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater te beperken, zoals:

- Wegen afwateren op de berm met regelmatig bermonderhoud;

- Aansluiten van potentieel vervuilde oppervlakken op het DWA<sup>7</sup> of op een verbeterd gescheiden stelsel;
- Toepassen olieafscidders;
- Beperkt gebruik van strooizout;
- Openbare autowasplaatsen inrichten, zodat het afvalwater dat daarbij vrij komt gericht kan worden afgevangen en afgevoerd;

### **Bodempassages / afvangen vervuiling en infiltratie**

Wegen en straten in het plangebied wateren zoveel mogelijk af naar de berm waar het afstromend regenwater in de bodem kan infiltreren. De bermassage zorgt ervoor dat de eventueel meespoelende verontreinigingen achterblijven in de berm. Het infiltrerende water is dus schoon. De berm dient regelmatig te worden bemonsterd (ca. 1 x per 5 jaar), waarna het mogelijk is dat de toplaag moet worden afgeschraapt/afgevoerd en worden vervangen door schone teelaarde.

### **Zout/verzilting via de ondergrond / slechte kwelwaterkwaliteit**

De kwel, is doorgaans brak tot zout, zuurstofarm, ijzerrijk en nutriëntenrijk, wat zorgt voor een slechte oppervlaktewaterkwaliteit en bruin water door ijzeroxiden. Het terugdringen van de kwel is nodig om de grondwaterkwaliteit te verbeteren. Een afname van kwel wordt in de alternatieven daarom positief beoordeeld als het gaat om de grondwaterkwaliteit.

### **Aquathermie**

Er wordt verkend om aquathermie toe te passen in het Vijfde Dorp. Hiervoor worden in een apart onderzoek verschillende mogelijkheden onderzocht: een warmte-koude systeem (grondwater, ook wel WKO), aquathermie met water uit het oppervlaktewater in de Watertuinen en riothermie via de BAL-leiding van Dunea, zie hoofdstuk oppervlaktewaterkwaliteit. Er wordt gekeken naar een open-WKO systeem. Dit houdt in dat water onder druk het freatisch pakket in wordt gepompt. Water van ca. 15 graden wordt in een systeem met water van ca. 12 graden gebracht. Dit zorgt voor een opwarming van het grondwater. Theoretisch gezien kan dit leiden tot snellere afbraak van mineralen, in de praktijk blijkt dit effect verwaarloosbaar.

In de huidige situatie is er sprake van kwel in het systeem. Kwel kan er toe leiden dat opgewarmd water uit het freatisch pakket omhoog komt richting het oppervlaktewater. Dit kan leiden tot opwarming van het oppervlaktewater. Wanneer de WKO op voldoende diepte wordt aangelegd (tenminste 40m diep) zal de kans op uitwisseling klein zijn. Het opzetten van peilen in het plangebied, waardoor de kwel wordt weggedrukt, zorgt er ook voor dat de kans op 'warme' kwel weggenomen wordt.

Aquathermie is niet meegenomen in de beoordeling van alternatieven.

<sup>7</sup> Droogweerafvoer. Dit is een riolering die alleen afvalwater afvoert, geen hemelwater.

### 6.5.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basis alternatief	Alternatief Maximaal klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief circulair/duurzame energie	Alternatief duurzame mobiliteit
Kwel	0/+	+	++	0/-	0/+

De kwaliteit van het kwelwater is een gegeven. Geen van de alternatieven verandert daar iets aan. Voor het aspect grondwaterkwaliteit wordt kwel op dezelfde manier beoordeeld als voor het aspect grondwaterkwantiteit: alternatieven die een vermindering van de kwel tot gevolg hebben worden positief beoordeeld en vice versa. In dit hoofdstuk gaat het echter over de kwaliteit van de kwel en de invloed daarop.

Voor wat betreft de hemelwaterinfiltratie en de kwaliteit van het afstromend water: de ontwikkeling van een woonwijk met alle zaken die daarmee gepaard gaan, is voor alle alternatieven een potentieel risico voor het grondwater en zou strikt genomen negatief gescoord moeten worden. Met beheersmaatregelen kunnen de negatieve effecten beperkt worden zoals bodempassages.

De alternatieven die gepaard gaan met een ophoging van het maaiveld bieden meer ruimte om het regenwater te infiltreren in de bodem. Regenwaterinfiltratie heeft, mits van goede kwaliteit, een positief effect op de grondwaterkwaliteit.

#### Referentiesituatie / autonome ontwikkeling

- Door verdere maaiveldddaling en zeespiegelstijging zal de kwelintensiteit toenemen. Dit is negatief voor de grondwaterkwaliteit.
- Het landgebruik blijft hoofdzakelijk agrarisch. De grondwaterkwaliteit verandert in dit opzicht niet ten opzichte van de huidige situatie.

#### Basisalternatief

De grondwaterkwaliteit is voornamelijk afhankelijk van de hoeveelheid kwel. Het planvoornemen leidt niet tot een verandering van de grondwaterkwaliteit. De kwelintensiteit vermindert in dit alternatief ten opzichte van de huidige situatie.

Regenwater met een goede waterkwaliteit kan infiltreren in de bodem middels bodempassages. Bij verontreinigende activiteiten (denk aan autogarage, festival etc.) is er een risico op verontreinigingen naar het grondwater door afspoeling. Hiervoor kunnen maatregelen genomen worden om dit risico tot een minimum te beperken.

Omdat in het basisalternatief de kwelintensiteit vermindert en wordt ingezet op bodempassage van regenwater, wordt dit alternatief als beperkt positief beoordeeld (Effectbeoordeling: 0/+).

#### Alternatief Maximaal klimaatrobuust

Dit alternatief onderscheidt zich van het basisalternatief doordat in dit alternatief de kwel wordt gestopt. Dit is positief voor de grondwaterkwaliteit. Om die reden scoort dit alternatief positief (Effectbeoordeling: +)

**Alternatief Groen-blauw raamwerk**

Dit alternatief zorgt door een hoger waterpeil dan zowel het basialternatief als het alternatief Maximaal klimaatrobust voor het volledig wegdrukken van kwel. Verder verschilt dit alternatief niet van het basialternatief. Vanwege het sterk positieve effect van het volledig wegdrukken van de kwel wordt het alternatief sterk positief beoordeeld (Effectbeoordeling: ++).

**Alternatief circulair/duurzame energie**

Dit alternatief onderscheidt zich alleen van het basialternatief door de beperkte ophoging. Daardoor kan regenwater met een goede waterkwaliteit nauwelijks infiltreren in de bodem. In combinatie met een toename aan verhard oppervlak is dit een negatief effect. Omdat het verhogen van het waterpeil leidt tot een verminderde kweldruk, wordt dit alternatief beperkt negatief beoordeeld (Effectbeoordeling: 0/-).

Concept

## 7. Effectenbeoordeling bodem

In dit hoofdstuk worden de te beoordelen thema's voor het onderwerp bodem verder uitgewerkt. Voor ieder thema wordt de huidige situatie omschreven, worden de belangrijkste factoren die invloed hebben op de beoordeling van de effecten beschouwd en worden de effecten per alternatief beschreven en beoordeeld.

### 7.1 Bodembeweging

#### 7.1.1 Beoordelingscriteria

Voor het onderwerp bodembeweging wordt onderscheidt gemaakt tussen drie aspecten; bodemdaling door veenoxidatie, bodemdaling door zetting en de effecten van bodembeweging op bestaande bebouwing.

Voor de beoordeling van het effect van zetting wordt gekeken naar zichtjaar 2100. Voor de beoordeling van het onderdeel veenoxidatie gaan we uit van het scenario bodemdaling hoog met zichtjaar 2100 met peilfixatie. Dit omdat momenteel geen vastgesteld beleid is geformuleerd vanuit de provincie met betrekking tot remmen van bodemdaling in het landelijk gebied en het hoogheemraadschap het waterpeil sinds 1973 niet meer indexeert. De effecten van klimaatverandering wijzen op een overschrijding van de 1,5 graden Celsius (KNMI, 2021).

#### Beoordeling veenoxidatie

- ++** De bodemhoogte neemt toe als gevolg van veenvorming.
- +** Bodemdaling door veenoxidatie neemt als gevolg van de ontwikkeling af ten opzichte van de referentiesituatie en op sommige locaties stijgt de bodem als gevolg van veenaangroei in het landelijk gebied.
- 0/+** Bodemdaling door veenoxidatie neemt als gevolg van de ontwikkeling af ten opzichte van de referentiesituatie.
- 0** Bodemdaling door veenoxidatie neemt niet toe ten opzichte van de referentiesituatie.
- 0/-** Bodemdaling door veenoxidatie neemt als gevolg van de ontwikkeling beperkt toe. Dit zorgt echter niet voor wezenlijke problemen.
- Bodemdaling door veenoxidatie neemt als gevolg van de ontwikkeling toe. Dit zorgt voor een significante toename aan CO2 uitstoot ten opzichten van het referentiescenario.
- Bodemdaling neemt als gevolg van de ontwikkeling sterk toe en zorgt voor een grote toename in CO2 uitstoot ten opzichten van het referentiescenario.

#### Beoordeling zetting

- ++ /
- + /
- 0/+ Schade aan infrastructuur en privaat gebied als gevolg van zetting is niet aanwezig.
- 0 Schade aan infrastructuur en privaat gebied als gevolg van zetting zorgt niet voor een toename in de onderhoudsfrequentie.
- 0/- Bodemdaling als gevolg van zetting zorgt in beperkte mate tot een toename van de onderhoudsfrequentie van infrastructuur en privaat gebied.
- Bodemdaling als gevolg van zetting zorgt voor een toename van de onderhoudsfrequentie en beheerkosten van infrastructuur en privaat gebied.
- Bodemdaling als gevolg van zetting zorgt voor onacceptabel hoge onderhoudsfrequenties en hoge beheerkosten van infrastructuur en privaat gebied.

#### Beoordeling beïnvloeding bestaande bebouwing

- ++ /
- + /
- 0/+ /
- 0 Bodembeweging veroorzaakt door het alternatief hebben geen invloed op de bestaande bebouwing in de omgeving.
- 0/- Bodembeweging veroorzaakt door het alternatief zorgt naar verwachting voor kleine maar beheersbare schade aan de bestaande bebouwing in de omgeving.
- Bodembeweging die veroorzaakt wordt door het alternatief zorgen naar verwachting voor hoge schades aan de bestaande bebouwing in de omgeving.
- Bodembeweging die veroorzaakt wordt door het alternatief zorgen naar verwachting voor extreme schades in de bestaande bebouwing in de omgeving.

### 7.1.2 Uitwerking op thema's

Voor de beoordeling van bodemdaling wordt gekeken naar de combinatie tussen de effecten van de maatregelen in het landelijk gebied (peilbeheer) en het bebouwd gebied.

#### *Bodemdaling als gevolg van veenoxidatie (landelijk gebied)*

Bodemdaling als gevolg van veenoxidatie vindt alleen plaats op plekken waar veen 'droog' komt te staan doordat het (grond)waterpeil onder de bovenkant van het veen komt te staan. Op veel plekken in het plangebied ligt geen veen meer aan het maaiveld dat kan oxideren. Daarmee is vooral het peil dat in de toekomst wordt gehanteerd in het landelijk gebied in grote mate bepalend voor de veenoxidatie die in het gebied plaats zal vinden. Een peilverlaging zal er toe leiden dat veen extra zal oxideren. Wordt het peil met meer dan 30cm verlaagd tot 2050 dan zal de bodem sneller dalen dan autonoom het geval is. Dit wordt negatief beoordeeld. Een peilfixatie op het huidig niveau zal leiden tot een vertraging van bodemdaling ten opzichten van de autonome situatie en zal daarmee resulteren in een neutrale beoordeling. Een peilverhoging heeft een direct remmende werking op bodemdaling ten opzichten van de autonome

situatie en kan worden gecombineerd met een situatie waarin sprake is van veenaangroei. Dit scenario zal positief worden beoordeeld.

#### *Bodemdaling als gevolg van zetting (bebouwd gebied)*

Voor bodemdaling als gevolg van zetting is de techniek die gebruikt wordt voor bouwrijp maken zeer bepalend. Hierbij wordt gekeken naar de impact van de bodemdaling op de nog te realiseren infrastructuur, maar ook op de particuliere terreinen (m.n. tuinen). Neemt bodemdaling toe ten opzichten van de autonome ontwikkeling dan wordt dit negatief beoordeeld. Blijft bodemdaling gelijk aan autonome ontwikkeling dan wordt dit neutraal beoordeeld. Wordt bodemdaling geremd ten opzichten van de autonome ontwikkeling dan zal dit positief worden beoordeeld. Wanneer een restzettingseis wordt gehanteerd voor een bepaald scenario dan wordt er van uitgegaan dat deze ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Een restzettingseis is de toegestane zetting na bouwrijp maken voor in een bepaalde periode. Naast restzettingen moet ook rekening gehouden worden met autonome bodemdaling. Dat is bodemdaling die altijd plaats vindt en niet ontstaat als gevolg van menselijk handelen (zie voorgaand criterium). Restzetting plus autonome bodemdaling bepalen uiteindelijk de onderhoudsfrequentie van toekomstige infrastructuur en daarmee de hoogte van de beheer en onderhoudskosten. Uitgangspunt voor het beoordelen van een zettingseis is dat een restzettingseis van 20cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling leidt tot zettingen en niet resulteert in kosteneffectieve maatregelen in de levenscyclus uitgaande van een periode van 60 jaar (Convenant KAB) en dat deze daling van het maaiveld groter is dan de autonome ontwikkeling. Een restzettingseis van 10 cm in 60 jaar excl. autonome bodemdaling resulteert in kosteneffectieve maatregelen in de levenscyclus in een periode van 60 jaar en wordt gezien als een zettingsarme eis gelijk aan de autonome ontwikkeling. Een restzettingseis van 10 cm in 60 jaar excl. autonome bodemdaling wordt gezien als een zeer zettingsarme eis waarbij de daling van het maaiveld kleiner is dan in de autonome ontwikkeling. Hiermee kan de levensduur van de weg en het riool in het gebied gelijk worden getrokken met de levensduur die we vinden in gebieden met een vaste bodem. Voor deze beoordeling wordt gebruik gemaakt van de studie 'Advisering water en bodem voor het stedenbouwkundig casco Middengebied Zuidplaspolder (Witteveen+Bos, 2022)'.

#### *Bodembeweging en het effect op bestaande bebouwing*

Per alternatief kan de wijze van bouwrijp maken en de hoogtes van het nieuwe maaiveld verschillen. Deze technieken, bijvoorbeeld grote hoeveelheden voorbelasting, kunnen resulteren in horizontale vervormingen in de ondergrond. Deze vervormingen kan leiden tot schade aan woningen, infrastructuur en het watersysteem. Ook kan lokaal de geohydrologie dusdanig beïnvloed raken dat er wellen<sup>8</sup> ontstaan of dat bepaalde gebieden vernatten. Uitgaande van een situatie met ca. 10 meter samendrukbare grondlagen en een bruto ophoging van 3 meter kan het effect van vervorming tot ca. 50 meter rijken. De horizontale grondvervorming is gelijk aan ca. 0,01m en daarmee verwaarloosbaar (CUR, 2010). Het effect van een dergelijke vervorming kan in dit gebied tot 50 meter reiken. Alternatieven die als gevolg van bodembeweging naar verwachting schade veroorzaken aan bebouwing en infrastructuur in de omgeving zullen negatief beoordeeld worden.

#### *Veenvorming*

<sup>8</sup> Plekken waar het grondwater als gevolg van kwel tot aan het maaiveld komt.



Het opzetten van peilen in combinatie met maatregelen zoals het beperkt afgraven van veraarde en vermeste toplaag (ca. 10cm) kan de juiste condities scheppen voor veen aangroei. Daarnaast is water van een goede kwaliteit nodig, bij voorkeur een licht-zuur watermilieu (lage alkaliniteit). Door het aangroeien van veen komt de bodem omhoog (B-Ware, 2018).

Het inzetten op veenvorming ten opzichte van het huidige systeem zorgt voor het herstel van ecosystemendiensten in het gebied. Veenoxidatie wordt tegengegaan en daarmee wordt bodemdaling voorkomen, CO2 en voedingsstoffen uit de bodem worden vastgelegd. Hiermee verbetert de waterkwaliteit en dat biedt kansen voor karakteristieke planten en dieren die horen bij veengebieden. Een pilot studie van het Kennisprogramma Bodemdaling toont aan dat er na 3,5 jaar een laag van 8-12cm onverteerd veenmos is ontstaan. Deze laag zorgt voor het vasthouden van water en het vestigen van veenmos-rietland vegetatie. Daarnaast is de biodiversiteit en waterkwaliteit verbeterd (Kennisprogramma Bodemdaling, 2018).

### 7.1.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basis-alternatief	Alternatief Maximaal klimaat-robust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief Circulair / duurzame energie	Alternatief Duurzame mobiliteit
Beoordeling Veenoxidatie	0/+	+	+	0/+	0/+
Beoordeling zetting	--	0/+	0/-	0/-	--
Beoordeling beïnvloeding bestaande bebouwing	0/-	-	0/-	0/-	0/-

#### Basisalternatief

##### Veenoxidatie

In het basisalternatief komt het peil in het plangebied in nagenoeg alle delen van het gebied op -6,2m NAP te liggen. Dit terwijl de praktijkpeilen van HHSK momenteel variëren tussen de -7,45m en -5,9m NAP. Mocht het peil over het hele gebied worden gehanteerd dan komen delen buiten de Kreekrug onder water te staan waardoor bodemdaling als gevolg van veenoxidatie stopt. Of een gebied daadwerkelijk onder water komt te staan hangt af van of het peil op die locatie afneemt of toeneemt ten opzichte van de huidige situatie en van de maaiveldhoogte (die varieert tussen ca. -7,00 m NAP tot lokaal -4,50 m NAP). Op basis van de kaarten met praktijkpeilen en maaiveldhoogtes is de inschatting dat een groot deel van het gebied buiten de kreekrug bij een waterpeil van -6,2 m NAP tijdelijk of permanent onder water komt te staan (zie hoofdstuk 6.1 voor verdere uitwerking). Voor enkele gebieden (+/- 10 % van het plangebied) zal de ontwatering toenemen waardoor de veenoxidatie toe zal nemen. Slechts op enkele plekken in het plangebied is nog veen aan het oppervlak aanwezig. Omdat er per saldo in het grootste deel van het plangebied sprake zal zijn van het stoppen van veenoxidatie, wordt dit beperkt positief beoordeeld (0/+).

### *Zetting*

In het basisalternatief wordt uitgegaan van minimaal ophogen en een restzettingseis van 20cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Een dergelijke restzetting zal snel leiden tot zakkende infrastructuur met scheurende leidingen, verharding en riolering en kan wateroverlast tot gevolg hebben. Dit wordt extra versterkt wanneer wordt uitgegaan van een minimale ontwateringsdiepte. Gevolg is dat de gemeente snel (ruim binnen de termijn van de levensduur van de infrastructuur van 60 jaar) moet overgaan tot een reconstructie (- -).

### *Beïnvloeding bestaande bebouwing*

In het basisalternatief wordt uitgegaan van minimaal ophogen en een restzettingseis van 20cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Hierdoor zullen de bodembewegingen geen invloed hebben op de bestaande bebouwing (0/-)

## **Alternatief Maximaal klimaatrobuust**

### *Veenoxidatie*

In het Alternatief Maximaal klimaatrobuust wordt het peil in het plangebied in nagenoeg alle delen van het gebied verhoogd naar -5,8m NAP. Dit terwijl de praktijkpeilen momenteel variëren tussen de -7,45m en -5,9m NAP. Mocht dit peil over het hele gebied worden gehanteerd, dan komen in vergelijking met het basisalternatief grotere delen van het gebied onder water te staan. In tegenstelling tot het basisalternatief geldt nu voor het gehele plangebied dat er sprake is van een peilstijging. Er zullen daardoor geen gebieden zijn waar de ontwatering toeneemt. Veenoxidatie en bodemdaling worden hiermee gestopt, veenaangroei zal met deze peilen op plekken mogelijk zijn (+)

### *Zetting*

In het Alternatief Maximaal klimaatrobuust wordt uitgegaan van een restzettingseis van 10cm in 60 jaar excl. autonome bodemdaling. Daarnaast wordt per gebied gekeken welke bouwrijptechniek het meest kosteneffectief over een periode van 60 jaar (Convenant Klimaatadaptief Bouwen). Ook wordt de overlast als gevolg van zetting tot een minimum beperkt met de toepassing van innovatieve bouwtechnieken (zoals bouwen op palen), de levensduur van infrastructuur is vergelijkbaar met die op zandgronden. Hiermee is het effect beperkt positief (0/+), doordat er altijd zetting optreedt is er geen positievere score te behalen.

### *Beïnvloeding bestaande bebouwing*

Om de restzettingseis van 10 cm in 60 jaar te kunnen halen, moet in het Alternatief Maximaal klimaatrobuust in bepaalde delen van het plangebied grote mate van grondbewerking plaats moeten vinden. Het is waarschijnlijk dat dit zal gebeuren met grote ophogingen. Bestaande bebouwing wordt in dit alternatief geamoveerd of opgevijseld, bij deze maatregel zal rekening gehouden moeten worden met de werkzaamheden. Specifieke effecten op bestaande bebouwing zijn daarom niet benoemd. Het opvijselen van een woning heeft echter wel tijdelijk een grote impact voor de bewoners. Bestaande infrastructuur zoals wegen en ondergrondse infrastructuur zal door de bouwwerkzaamheden en ophoging daarentegen wel schade ondervinden. Hiermee wordt dit alternatief negatief beoordeeld (-).

### **Alternatief Groen-blauw raamwerk**

#### *Veenoxidatie*

In het Alternatief Groen-blauw raamwerk wordt het peil in het plangebied in een bandbreedte tussen -5,8m en -5,3m NAP verhoogd. Dit terwijl de praktijkpeilen momenteel variëren tussen de -7,45m en -5,9m NAP. Mocht dit peil over het hele gebied worden gehanteerd dan komen in vergelijking met het basisalternatief grotere delen van het gebied onder water te staan. In tegenstelling tot het basisalternatief geldt nu voor het gehele plangebied dat er sprake is van een peilstijging. Op sommige locaties kan worden ingezet op veenontwikkeling. Dit kan leiden tot bodemstijging, voorwaarde is dat de bovenste laag grond wordt afgegraven. De combinatie van het stoppen van bodemdaling en op sommige plekken zelfs bodemstijging is positief beoordeeld. (+)

#### *Zetting*

In het Alternatief Groen-blauw raamwerk wordt uitgegaan van een restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. In gebieden wordt gekeken naar alternatieve vormen van bouwen waardoor de overlast van bodemdaling tot een minimum beperkt wordt. Deze werkwijze zal tot een zekere toename leiden in de onderhoud frequentie van private terreinen en infrastructuur. Dit betekent dat binnen de termijn van de levensduur van de infrastructuur van 60 jaar, de gemeente of particulier moet overgaan tot een reconstructie of ophogen. Het effect is minder groot dan in het basisalternatief (0/-)

#### *Beïnvloeding bestaande bebouwing*

In het Alternatief Groen-blauw raamwerk wordt beperkt opgehoogd in combinatie met een restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Hierdoor zal een beperkte bodemdaling plaatsvinden. Omdat geen verdere maatregelen worden genomen om de bestaand bebouwing op te vijzelen of te amoveren zullen bodembewegingen tot kleine maar beheersbare schades aan bebouwing en infrastructuur leiden. (0/-)

### **Alternatief circulair / duurzame energie**

#### *Veenoxidatie*

In het alternatief circulair / duurzame energie komt het peil in het plangebied in nagenoeg alle delen van het gebied op -6,2m NAP te liggen. Dit terwijl de praktijkpeilen van HHSK momenteel variëren tussen de -7,45m en -5,9m NAP. Dit komt daarmee overeen met het basisalternatief, waardoor het effect van het alternatief circulair / duurzame energie hier niet van afwijkt (0/+).

#### *Zetting*

In het alternatief circulair / duurzame energie wordt uitgegaan van minimaal ophogen en een restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Er worden wel alternatieve vormen van bouwen toegepast. Desalniettemin zal er wel spraken zijn van een licht verhoogde onderhoudsfrequentie van de infrastructuur. Dit betekent dat binnen de termijn van de levensduur van de infrastructuur van 60 jaar, de gemeente of particulier moet overgaan tot een reconstructie of ophogen. Het effect is minder groot dan in het basisalternatief en vergelijkbaar met alternatief groen-blauw raamwerk (0/-)

### *Beïnvloeding bestaande bebouwing*

In het alternatief circulair / energieneutraal wordt beperkt opgehoogd in combinatie met een restzettingseis van 10cm in 30 jaar excl. autonome bodemdaling. Hierdoor zal een beperkte bodemdaling plaatsvinden. Omdat geen verdere maatregelen worden genomen om de bestaand bebouwing op te vijzelen of te amoveren zullen bodembewegingen tot kleine maar beheersbare schades aan bebouwing en infrastructuur leiden. (0/-)

### **Alternatief Duurzame mobiliteit**

Dit alternatief is qua inrichting op gebied van bodemdaling gelijk aan het basialternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten dan het basialternatief.

### **Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. bodembeweging**

De drie beoordeelde thema's geven een wisselend beeld. Er is beperkt veen aanwezig in het gebied waardoor veenoxidatie beperkt zal zijn. Met het oog op toekomstbestendigheid is een hoge restzettingseis (10cm in 60 jaar) het best passend bij een klimaatbestendig dorp. Wel zorgt de hoge restzettingseis voor een grotere kans op schade aan bestaande bebouwing, dit is wel afhankelijk van de locatie van ophoging en de afstand tot bebouwing en keuze van mogelijk amoveren of opvijzelen. In bouwwerkzaamheden kan door gebruik van technieken zoals verticale drainage en bijvoorbeeld het aanvoeren van zand via een buisleiding schade verminderd worden.

## 7.2 Bodemkwaliteit (milieuhygiënisch onderzoek)

Onder milieuhygiënische bodemkwaliteit wordt zowel de verontreinigingen in de bodem/grond als de verontreinigingen in het grondwater beschouwd.

De chemisch-fysische kwaliteit van het grondwater (zoutgehalte, zuurstofgehalte, ijzergehalte en nutriëntengehalte) wordt beschreven in paragraaf 6.5.

### 7.2.1 Beoordelingscriteria

Voor de beoordeling van de bodemkwaliteit is de huidige situatie het uitgangspunt, er zijn verontreinigingen aanwezig. De inrichting van het plangebied kan leiden tot het mobiliseren (bij verhogen peil) of het afdekken (door ophogen) en daarmee isoleren van verontreinigingen. Afhankelijk van de inrichting van het plangebied wordt het effect van de bodemkwaliteit getoetst.

#### Milieu hygiënische bodemkwaliteit

- ++ /
- + Door saneren wordt de kwaliteit van een groot deel van het plangebied beter.
- 0/+ Door ophogen voor de planontwikkeling worden verontreinigingen geïsoleerd, waardoor ze zich niet meer kunnen verspreiden. De verontreiniging blijven echter wel aanwezig.
- 0 Het risico op de verspreiding van de aanwezige verontreinigingen wordt niet groter. Verontreinigingen blijven echter wel aanwezig.
- 0/- Het risico op verspreiding van de aanwezigen wordt groter door het planvoornemen.
- Het planvoornemen levert een risico op tot verontreiniging van de ondergrond.
- /

### 7.2.2 Uitwerking op thema's

#### Bouwen en ophogen in relatie tot verontreinigingen

Direct bouwen op *verontreinigde grond* is niet toegestaan. Om bouwen mogelijk te maken is saneren van de grond nodig of het isoleren van de verontreiniging. Voor alle verontreinigingen die in het plangebied aanwezig zijn op locaties waar gebouwd wordt (zie paragraaf 4.1.9), zijn maatregelen nodig.

Saneren houdt in het verwijderen van de verontreiniging en schone grond op dezelfde plek aanbrengen van tenminste 1 meter dik. Een andere mogelijkheid is het isoleren van de verontreiniging, dit kan gedaan worden door een isolatiedoek aan te brengen en een leeflaag aan te brengen van ca. 1 meter dik.

In de ontwikkelingen wordt op plekken de grond opgehoogd, bijvoorbeeld op de Kreekrug en in (delen) van de Watertuinen. Voordat er opgehoogd wordt is het nodig om óf te saneren óf een isolatiedoek aan te brengen. De ophoging zal gedaan moeten worden met tenminste een schone leeflaag van 1 meter dik.

Op sommige plekken is *diffuus lood* aanwezig. Het saneren van diffuus lood is complex en kostbaar. Het is daarom meer gangbaar om in het ontwerp rekening

te houden met de locatie van tuinen en/of kinderspeelplaatsen. Wanneer het niet mogelijk is hier rekening mee te houden zal sanering en/of isolering van de verontreiniging nodig zijn. Onderzoek is nodig om vast te stellen waar diffuus lood precies aanwezig is (zie hoofdstuk 4.1.9)

#### Grondwaterpeilen veranderen en verontreinigingen

Bij grondverontreinigingen is het van belang aandacht te hebben voor mobiele verontreinigingen. Mobiele verontreinigingen bevatten componenten die kunnen verplaatsen bij veranderingen in grondwaterstromen.

Bij het verhogen van het peil is het van belang dat rekening gehouden wordt met de leeflaag. Wanneer een schone leeflaag wordt aangelegd is het van belang dat het waterpeil de schone leeflaag niet raakt. Wanneer het peil toch hoger wordt, dan moeten er maatregelen genomen worden om de leeflaag toch schoon te houden. Bijvoorbeeld het saneren van de ondergrond en het wegnemen van de verontreiniging. Voor diffuus lood gelden dezelfde maatregelen als omschreven in bovenstaande paragraaf.

*Grondverontreinigingen* met mobiele componenten die gevonden zijn in het plangebied zijn:

- Knibbelweg 48: sterke verontreiniging met zware metalen en PAK. In het systeem is een BUS melding geregistreerd. Onbekend is als deze verontreiniging reeds is verwijderd of niet.
- Zuidelijke dwarsweg 4a: sterke verontreiniging met minerale olie in het bodemtraject 0,7 tot 1,2 m -mv (omvang 25 m<sup>3</sup>).
- Derde Tochtweg 6 Moordrecht: sterke verontreiniging met PAK. Onbekend is tot welke diepte deze verontreiniging aanwezig. In het systeem is een BUS melding geregistreerd. Onduidelijk is als deze verontreiniging reeds is verwijderd of niet.
- Bredeweg ter hoogte van de spoortunnel: sterke verontreiniging met zware metalen, minerale olie en PAK in de zandige bodem meteen onder het asfalt van het fietspad.
- Spoorwegovergang Vijfde Tochtweg Moordrecht: sterke restverontreiniging aanwezig met koper en PAK tot ca. 1,0 m -mv.

In de huidige situatie in het grondwatersysteem in evenwicht (er komt evenveel stof vrij als dat de bodem kan verwerken), daarmee blijft de verontreiniging op 1 plek. Alle *grondwaterverontreinigingen* in het plangebied hebben mobiele componenten. Dit wil zeggen dat bij het opzetten van het waterpeil de verontreiniging terecht kan komen in het oppervlaktewater. Uitgangspunt is dat men in het gebruik van een gebied geen fysiek contact heeft met het grondwater. Gezien het fijnmazige watersysteem in de polder is de kans groot dat grondwaterverontreinigingen in geval van kwel in oppervlaktewater terecht kunnen komen aanwezig. Er is verder onderzoek nodig om de precieze situatie en omvang vast te stellen.

Het isoleren van grondwaterverontreinigingen is ingewikkeld en duur. Daarom is het saneren van grondwaterverontreiniging nodig, dit kan gedaan worden door grondwater weg te pompen en grond er omheen schoon te maken.

### 7.2.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basisalternatief	Alternatief Maximaal klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief Circulair / Duurzame energie	Alternatief Duurzame mobiliteit
Beoordeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

#### Basisalternatief

In het basisalternatief wordt een groot deel van het plangebied opgehoogd met tenminste 1 meter schone grond. De Kreekrug wordt integraal opgehoogd en in de Watertuinen wordt uitgegaan van bouwen op terpen. De verontreinigingen, omschreven in 4.1.9, kunnen bij het nemen van de juiste maatregelen (voldoende dikke leeflaag en isolatiedoek) in de grond aanwezig blijven. Wel dient rekening gehouden te worden met de ligging van tuinen ten opzichte van diffuus lood. In dit alternatief blijven verontreinigingen aanwezig. De aanwezige grondverontreinigingen kunnen zich in dit alternatief meer verspreiden, grondwaterverontreinigingen echter wel. Om dit te voorkomen dient te worden gesaneerd. Dit alternatief wordt beperkt negatief beoordeeld (0/+).

#### Alternatief Maximaal klimaatrobuust

In dit alternatief wordt de grond op de Kreekrug met tenminste 1 meter opgehoogd. Bij het nemen van de juiste maatregelen (voldoende dikke leeflaag en isolatiedoek) kan verontreiniging in de grond aanwezig blijven zonder risico's voor de omgeving. In de Watertuinen wordt het risico op het verspreiden van verontreinigingen groter door het ophogen van peilen, dit geldt voor grondverontreinigingen en grondwaterverontreinigingen. Verontreinigingen dienen te worden gesaneerd om risico's te verkleinen. Het alternatief wordt daarmee beperkt negatief beoordeeld (0/-).

#### Alternatief Groen-blauw raamwerk

In dit alternatief wordt de grond op de Kreekrug met tenminste 1 meter opgehoogd. Bij het nemen van de juiste maatregelen (voldoende dikke leeflaag en isolatiedoek) kan verontreiniging in de grond aanwezig blijven zonder risico's voor de omgeving. In de Watertuinen wordt het risico op het verspreiden van verontreinigingen groter door het ophogen van peilen, dit geldt voor grondverontreinigingen en grondwaterverontreinigingen. Verontreinigingen dienen te worden gesaneerd om risico's te verkleinen. Het alternatief wordt daarmee beperkt negatief beoordeeld (0/-).

#### Alternatief circulair/duurzame energie

In dit alternatief wordt de grond op de Kreekrug opgehoogd, naar verwachting is de ophoging niet overal de vereiste 1 meter. Afhankelijk van de precieze locatie van de verontreiniging en woningen moeten verontreinigingen te worden gesaneerd omdat er onvoldoende schone grond wordt aangebracht. In de Watertuinen wordt het risico op het verspreiden van verontreinigingen groter door het ophogen van peilen, dit geldt voor grondverontreinigingen en grondwaterverontreinigingen. Verontreinigingen dienen te worden gesaneerd om risico's te verkleinen. Het alternatief wordt daarmee beperkt negatief beoordeeld (0/-).

#### Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. de bodemkwaliteit

Om de precieze locatie te bepalen van diffuus lood is verder onderzoek nodig. Diffuus lood kan worden gesaneerd of tuinen en speeltuinen dienen gerealiseerd te worden buiten de invloedzone van diffuus lood.

Voor grondwaterverontreiniging is nader onderzoek nodig naar het effect van het verhogen van waterpeilen en het mobiliseren van verontreinigingen. Bij het ophogen van waterpeilen kunnen grondwaterverontreinigingen worden gesaneerd. Isoleren is erg ingewikkeld.

Bij het ophogen van gebieden kunnen grondverontreinigingen worden gesaneerd of geïsoleerd. Bij saneren wordt de verontreiniging afgegraven en wordt een nieuwe leeflaag aangelegd van tenminste 1 meter. Voor het isoleren dient een isolatiedoek met daarop tenminste een leeflaag van 1 meter te worden aangelegd. Wanneer wordt gekozen voor saneren van de verontreinigingen, dan verandert het effect van het voornemen van beperkt negatief naar positief.

Concept



## 8. Effectenbeoordeling klimaat

In dit hoofdstuk worden de te beoordelen thema's voor het onderwerp klimaat verder uitgewerkt. Voor ieder thema wordt de huidige situatie omschreven, worden de belangrijkste factoren die invloed hebben op de beoordeling van de effecten beschouwd en worden de effecten per alternatief beschreven en beoordeeld.

### 8.1 Waterveiligheid

#### 8.1.1 Beoordelingscriteria

Vanuit het thema waterveiligheid is gekeken naar het effect van een mogelijke dijkdoorbraak op de ontwikkeling. Het gaat dus niet om primaire waterveiligheid door keringen, deze blijven door de ontwikkeling gelijk. Conform onder andere het convenant klimaatadaptief bouwen is ingestoken op gevolgbeperking, dit houdt in dat beoordeeld wordt op het beperken van effecten door hoger of aangepast bouwen, evacuatie mogelijkheden en de bescherming van vitale en kwetsbare objecten. Minder schade en gevolgen door een overstroming verkleinen de directe gevolgen en noodzaak tot evacueren van mensen en verkorten de hersteltijd van het gebied na een overstroming.

#### Waterveiligheid

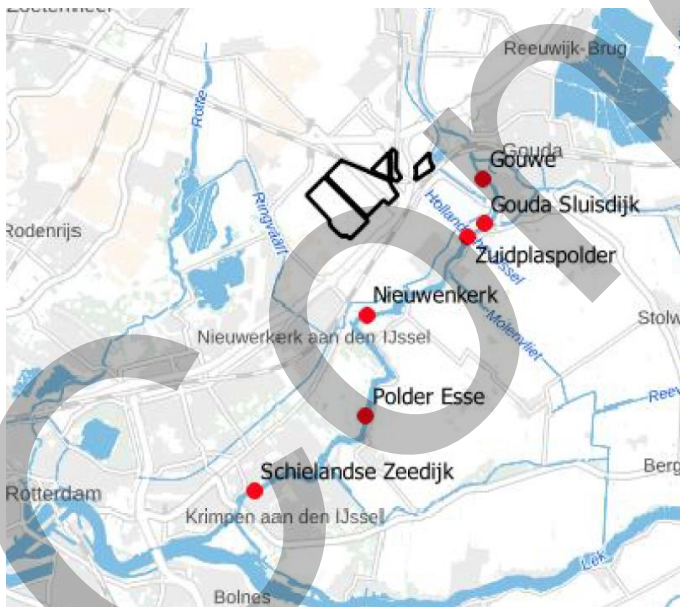
- ++** Klimaatrobuust tot 2100. Bij standaard bouwwijzen hebben woningen tenminste een droge verdieping in geval van een overstroming. Of er wordt aangepast gebouwd, bijvoorbeeld drijvend. Er zijn goede verticale evacuatiemogelijkheden in het gebied (verticaal en met shelters). Kwetsbare objecten, bebouwing en vitale infrastructuur zijn beschermt in geval van overstroming.
- +** Klimaatrobuust tot 2100 bij extreme scenario's. Bij standaard bouwwijzen hebben woningen tenminste een droge verdieping in geval van een overstroming. Of er wordt aangepast gebouwd, bijvoorbeeld drijvend. In geval van een noodsituatie zijn er evacuatiemogelijkheden.
- 0/+** Klimaatrobuust tot 2050 bij extreme scenario's. Bij standaard bouwwijzen hebben woningen tenminste een droge verdieping in geval van een overstroming. Of er wordt aangepast gebouwd, bijvoorbeeld drijvend. In geval van een noodsituatie zijn er enkele evacuatiemogelijkheden via de centrale wegen, maar geen adequate mogelijkheden in het hele gebied.
- 0** Geen wijzigingen t.o.v. referentiesituatie.
- 0/-** Het plangebied is beperkt ingericht om gevolgen van overstromingen te beperken. Er zijn geen goede evacuatiemogelijkheden.

- In geval van een noodsituatie zijn er zijn geen goede evacuatiemogelijkheden en de schade aan kwetsbare objecten en vitale infrastructuur is aanzienlijk.
- In geval van een noodsituatie zijn er geen evacuatiemogelijkheden. Kwetsbare objecten en vitale infrastructuur zijn op geen enkele manier beschermt van overstromingen.

## 8.1.2 Uitwerking op thema's

### Overstromingsrisico

Op basis van het advies van de commissie m.e.r. zijn in opdracht van de Gemeente Zuidplas overstromingsscenario's doorgerekend door HKV (HKV, 2022). Hierbij is rekening gehouden met het W+ scenario in 2050 en het W+ scenario in 2100, rekening houdend met zeespiegelstijging van 1 – 1,5m in 2100 en is een scenario met 2 meter toegevoegd. Verder is gerekend met extreme situaties waarbij primaire keringen dicht óf open zijn en er sprake is van zeer extreme neerslag. Er is de berekeningen van HKV geen rekening gehouden met bodemdaling. Aan de hand van beschikbare overstromingsscenario's in LIWO zijn een vijftal breslocaties (locaties waar de waterkering doorbreekt) gekozen, zie Figuur 8-1. Hieraan is een zesde locatie langs de Gouwe toegevoegd. Met behulp van D-Hydro is voor een rekenperiode van 14 dagen het verloop van de overstroming na openen van de bres doorgerekend.



Figuur 8-1 Breslocaties t.o.v. het Vijfde dorp (in zwart) (HKV, 2022)

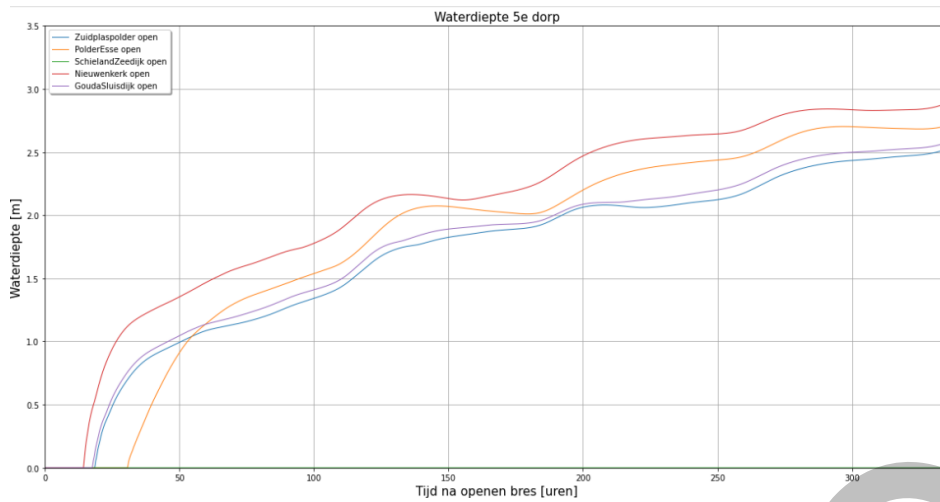
In Figuur 8-2 zijn de resultaten van de overstromingsscenario's weergegeven met een gesloten en open Hollandse IJsselkering. In het overstromingsmodel is het Vijfde Dorp aangelegd op een hoogte van -5m NAP (vloerpeil basialternatief), de waterdiepte die wordt gegeven is dus bovenop de -5m NAP. Enkele decimeters verschil in hoogte van het te bebouwen gebied hebben geen invloed op de totale overstromingsdiepte in het gebied.

Doorbraak primaire kering				
	Hollandsche IJsselkering gesloten		Hollandsche IJsselkering open	
	Waterstand t.o.v. NAP in m	Waterdiepte in m	Waterstand t.o.v. NAP in m	Waterdiepte in m
1 Gouda Sluisdijk	-	-	NAP -2,4 m (2050) NAP -2,2 m (2100) NAP -1,5 m (ZSS 2m)	2,6 m (2050) 2,8 m (2100) 3,5 m (ZSS 2m)
2 Zuidplaspolder	-	-	NAP -2,5 m	2,5 m
3 Nieuwerkerk Noord	-	-	NAP -2,1 m	2,9 m
4 Polder Esse	-	-	NAP -2,3 m	2,7 m
5 Schielands Hoge Zeedijk	-	-	-	-
Doorbraak regionale kering				
	Waterstand t.o.v. NAP in m	Waterdiepte in m		
6 Gouwe	NAP-4,7 m	0,3 m		

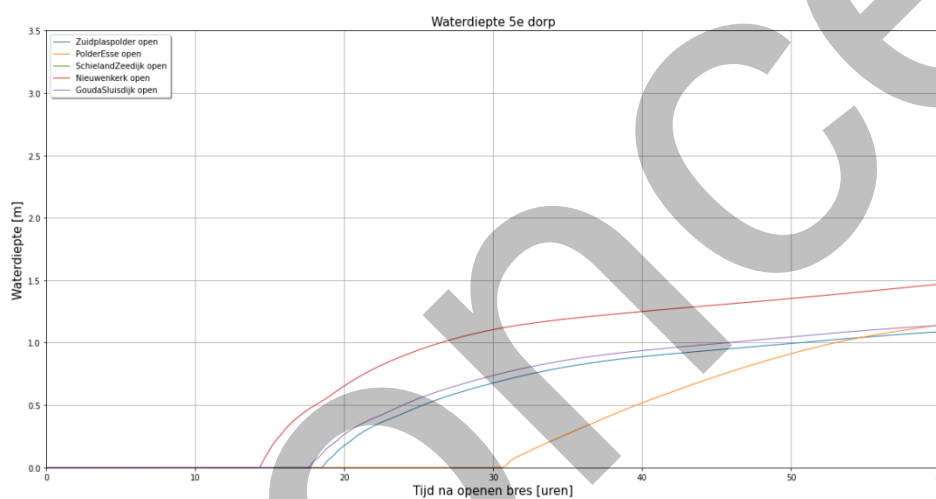
Figuur 8-2 Waterstanden en waterdiepte ter hoogte van Vijfde Dorp voor overstromingsberekeningen voor zichtjaar 2050 vanuit de Hollandse IJssel bij een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 jaar en vanuit de Gouwe van 1/100 jaar. Voor breslocatie Gouda Sluisdijk is voor open Hollandse IJsselkering ook een overstromingsberekening voor zichtjaar 2100 afgeleid. Het Vijfde Dorp is in de simulatie op een maaiveldhoogte van NAP-5,0m aangelegd (HKV, 2022).

De waterdiepten in Figuur 8-3 zijn waterdiepten 14 dagen na opening van de bres. Dit is een worst case scenario. De verwachting is dat de bres al veel eerder dicht gemaakt wordt. Dit laat zien dat bij een doorbraak van de Gouwe bij een gesloten Hollandse IJsselkering leidt tot een overstromingsdiepte van 0,3m bij een aanleghoogte van -5m NAP, na 14 dagen. Bij een overstroming met een open Hollandse IJsselkering komen waterstanden tot -2,1m NAP voor in 2050 en 2100 na 14 dagen. In dit geval komt tot 2,9m water op het plangebied te staan bij een aanleghoogte van -5m NAP. Bij 2 meter zeespiegelstijging komt het water na 14 dagen tot een hoogte van -1,5m NAP.

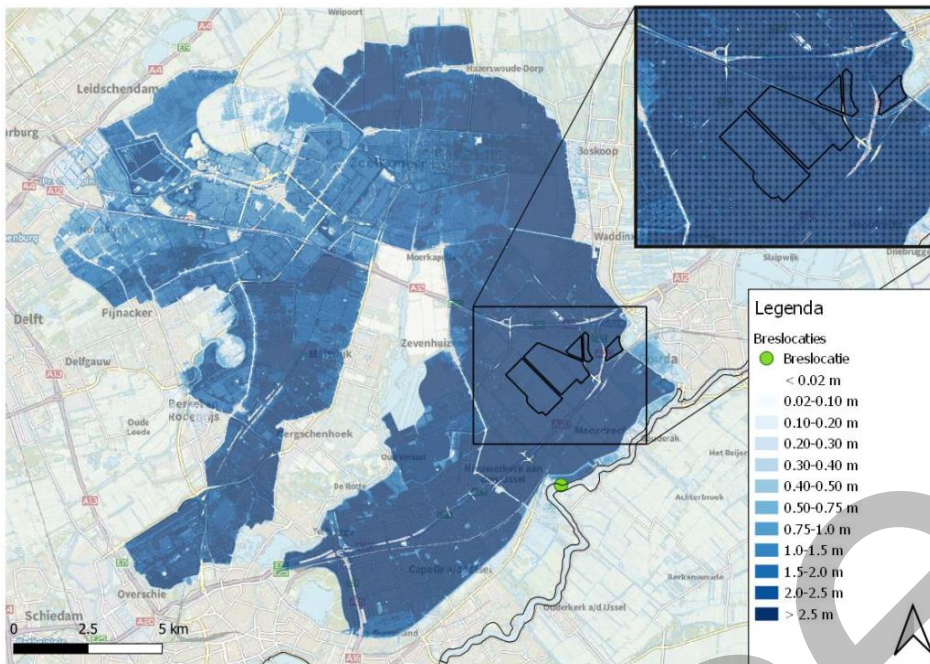
Figuur 8-3 en Figuur 8-4 laten het waterstandsverloop zien op de opgehoogde delen (+5m NAP). De grootste waterstandsverandering treedt op in de eerste 50 uur na de doorbraak. De overstromingsdiepte kan oplopen tot 2,9 m (-2,1m NAP) in 2100. Het water bereikt na 12 tot 24 uur het Vijfde Dorp.



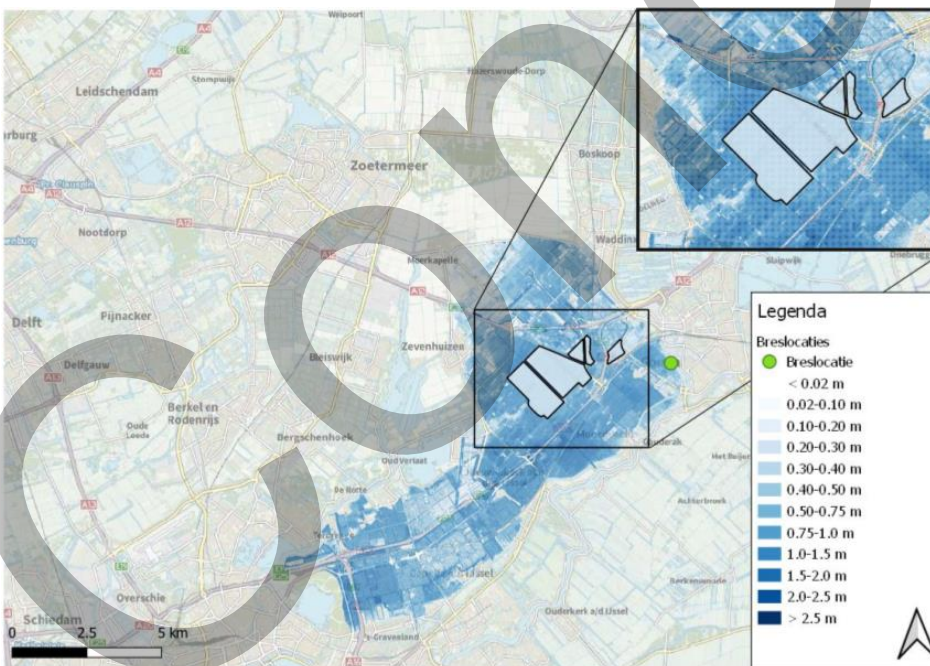
Figuur 8-3 Waterstandsverloop op één locatie midden in het plangebied bij een open Hollandse IJsselkering (HKV, 2022)



Figuur 8-4 Waterstandsverloop op één locatie midden in het plangebied voor eerste 60 uur na openen bres bij een open Hollandse IJsselkering (HKV, 2022)



Figuur 8-5 maximale waterdiepte Hollandsche IJssel – Nieuwerkerk voor zichtjaar 2050 bij een open Hollandsche IJsselkering met een overschrijdingsfrequentie van de hydraulische belasting van 1/10.000 jaar. Kaart is gemaakt over de eerste 14 dagen na openen bres. (HKV, 2022).



Figuur 8-6 maximale waterdiepte bij doorbraak van de Gouwe met een overschrijdingsfrequentie van de hydraulische belasting van 1/1.000 jaar. Kaart is gemaakt over de eerste 14 dagen na openen bres (HKV, 2022). De kaart laat goed zien dat door het ophogen van het plangebied, er in het plangebied minder hoge waterstanden optreden dan in het omliggende gebied.

Een belangrijke conclusie uit het onderzoek van HKV is dat het grootste overstromingsrisico ontstaat bij een open Hollandse IJsselkering. De kansbijdrage van een open Hollandse IJsselkering is 84% benedenstrooms en 97% bovenstrooms als gevolg van waterstanden en voorspelbaarheid. Dit neemt in de toekomst zelfs toe naar 100% als gevolg van zeespiegelstijging en de faalkans van de Hollandse IJsselkering. In geval van een gesloten Hollandse IJsselkering bereikt het water niet het Vijfde Dorp. Verkleinen van de faalkans van de Hollandse IJsselkering heeft een groot effect op de waterveiligheid van het Vijfde Dorp en de rest van de regio.

### Evacuatiemogelijkheden

Om in geval van een overstroming te voorkomen dat slachtoffers vallen moet geëvacueerd worden. Hiervoor wordt over het algemeen veel gesproken over preventieve evacuatie, dat wil zeggen, zorgen dat mensen in geval van dreiging het gebied verlaten. Als een overstroming optreedt is evacuatie uit het gebied al snel niet meer mogelijk doordat dit naar verwachting langer duurt dan de tijd die er is in een drukke leefomgeving. In dat geval is het belangrijk dat mensen verticaal kunnen evacueren naar hoger gelegen verdiepingen of naar nabijgelegen shelters. Evacuatiemogelijkheden, shelters en rampenplannen vallen onder laag drie van meerlaagsveiligheid en dragen bij aan de systeemrobustheid. Het voorbereiden en inrichten van het gebied op een overstroming valt onder laag twee.

#### Meerlaagsveiligheid

Voor een duurzaam waterveiligheidsbeleid voor overstromingen vanuit het hoofwatersysteem is het concept meerlaagsveiligheid in 2009 geïntroduceerd (Rijksoverheid, 2009). Deze benadering werkt in drie lagen. Laag 1, preventie: het zo veel mogelijk voorkomen van een overstroming. Laag 2, ruimtelijke ordening: het realiseren van een duurzame ruimtelijke ordening waarbij rekening wordt gehouden met de kans op overstromingen en het mitigeren van de effecten of aanpassen aan de effecten (adaptiviteit). Voorbeelden zijn aangepast bouwen, beschermen kritische infrastructuur, verzorgen van evacuateroutes. Laag 3, crisisbeheersing: de (organisatorische) voorbereiding op een overstroming. Voorbeelden zijn het ontwikkelen van shelters, evacuatieplanning etc.



#### Preventieve evacuatie

Voorbereiden op een overstroming gebeurt in verschillende fasen. In de verschillende fasen kunnen voorbereidingen worden getroffen om te evacueren en kan geëvacueerd worden (HKV, 2015).

Uit onderzoek is gebleken dat preventieve evacuatie in Nederland niet altijd mogelijk is. De onzekerheid over de gebeurtenis is simpelweg te groot om een dergelijk risicovol besluit te nemen. Hoe dichterbij de kans op de overstroming en hoe zekerder de kans is, hoe meer mensen er gaan evacueren (HKV, 2015). Een evacuatie brengt echter zelf ook risico's met zich mee. Zo ontstaan ongelukken door stress, lopen wegen snel vol en/of bevinden mensen zich in auto's waardoor ze niet kunnen ontsnappen wanneer de overstroming komt. Preventief evacueren van het westen van Nederland is – mede als gevolg van de hoge bevolkingsdichtheid – daarmee een complexe opgave.

### Verticale evacuatie

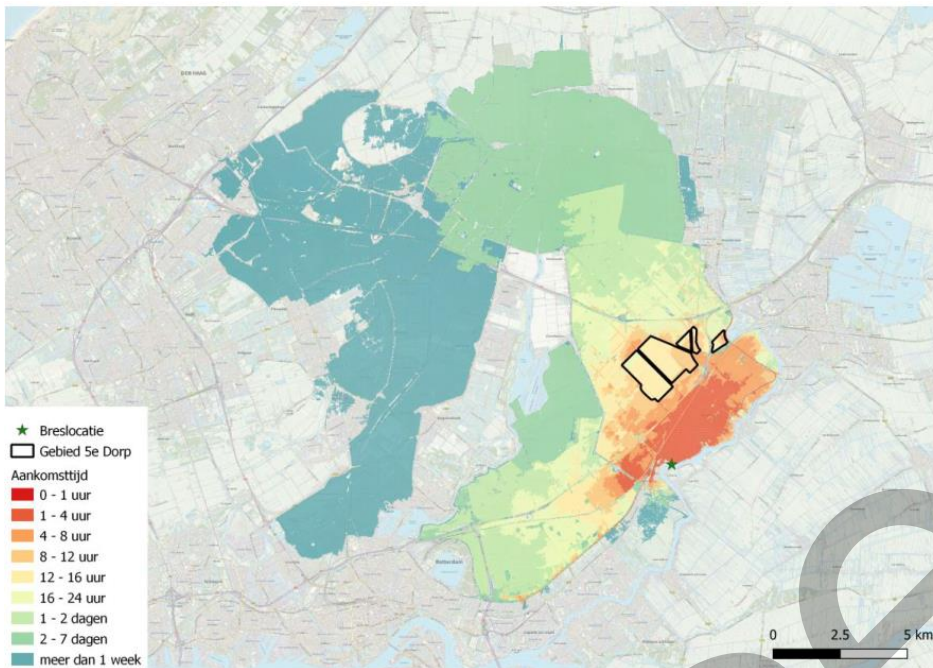
Verticaal evacueren is het verplaatsen van mensen naar droge verdiepingen in gebouwen of naar publieke gelegenheden die ingericht zijn om mensen op te vangen, ook wel shelters genoemd. Verticaal evacueren kan worden ingezet als alternatief van preventief evacueren of wanneer preventief evacueren niet meer kan vanwege bijvoorbeeld de beschikbare tijd en dreiging. De inrichting van het gebied aanpassen zodat het beter voorbereid is tegen overstromingen valt onder laag 2 van meerlaagsveiligheid.

Om verticaal te evacueren is het noodzakelijk dat er droge plekken zijn. Dit kunnen shelters zijn of droge verdiepingen van woningen. De minimale hoogte van de droge verdieping kan worden bepaald op basis van de maximale overstromingsdiepte. De vloerhoogte van de eerste verdieping van een woning is ca. 2,9 meter (plafondhoogte 2,6m conform regels bouwbesluit (Rijksoverheid, 2012) met vloerdikte van ca. 0,2m). Daarnaast wordt geadviseerd een waakhoogte te nemen als veiligheidsmarge (golven en onzekerheid) (HKV, 2022).

Er zijn geen specifieke criteria bekend over de tijd die nodig is voor verticaal evacueren. In rampen zoals de orkaan en overstroming in New Orleans in 2005 en bij de kustoverstromingen in Frankrijk in 2010 werd preventief evacueren gestimuleerd. In New Orleans werd ca. 6 uur voor de orkaan aan land kwam de evacuatie stilgelegd en werd geadviseerd een schuilplaats op te zoeken. In deze situatie was men al goed op de hoogte van de ramp (HKV, 2015). Het is van belang dat burgers vooraf bekend zijn met verticaal evacueren en weten wat mogelijke overige vluchtplaatsen zijn (bijvoorbeeld shelters).

In de berekeningen van HKV is uitgegaan van een maaiveldhoogte van -5m NAP in het Vijfde Dorp. Met deze hoogte komt in het meest extreme geval het water na 12-24uur aan in het plangebied. Deze aankomsttijden kennen veel onzekerheden als gevolg van de omvang en locatie van de bres en het moment van falen.

Waterdieptes boven het Vijfde Dorp lopen op tot 2,9 m+mv (-2,1 m +NAP) bij een maaiveldhoogte van -5m NAP (HKV, 2022). Afhankelijk van het scenario is de aankomsttijd langer (1 tot 7 dagen) of komt het water door obstakels niet aan bij het Vijfde Dorp. Teruggerekend vanaf deze overstromingsdiepte blijft bij een standaard bouwwijze (eerste verdieping 2,9m hoog) de eerste verdieping net droog bij het ergste overstromingsscenario. Echter is de berekening onzeker en is er in een overstromingssituatie sprake van golven, om deze onzekerheid op te vangen zal rekening gehouden moeten worden met ca. 0,2m waakhoogte. Uitgaande van een waterhoogte van 2,9 meter + 0,20 meter marge, zou het minimale vloerpeil om droog te blijven uitkomen op -4,8m NAP zodat de eerste verdieping droog blijft (-1,9m NAP).



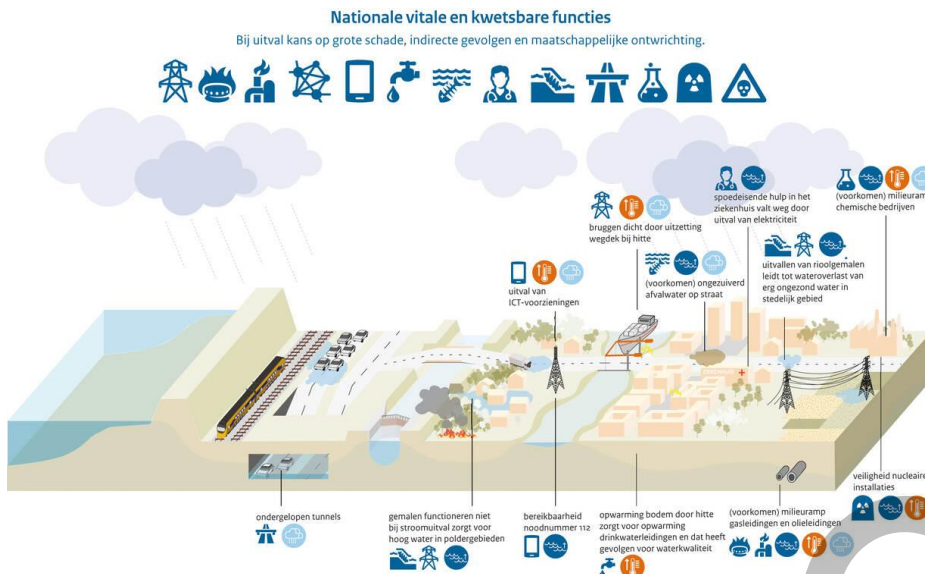
Figuur 8-7 aankomsttijd waterfront Hollandsche IJssel – Nieuwerkerk Noord voor zichtjaar 2050 bij een open Hollandsche IJsselkering met een overschrijdingsfrequentie van de hydraulische belasting van 1/10.000 jaar. Kaart is gemaakt over de eerste 14 dagen na openen bres. (HKV, 2022)

### Vitale functies en herstel

De duur om te evacueren (verplaatsen naar buiten het gebied) wordt in het algemeen op 3 dagen geschat. Dit lijkt voor de situatie in Nederland echter kort gezien de hoge bevolkingsdichtheid en de voorbereiding van mensen op een overstroming. Om die reden is het van belang dat vitale functies zo goed als mogelijk blijven functioneren of hersteld kunnen worden zodat de periode na de overstroming zo goed als mogelijk kan worden overbrugd (HKV, 2015).

Vitale en kwetsbare functies zijn onder andere: drinkwatervoorziening, elektriciteitsvoorziening en gezondheidszorg, maar ook het hoofd(vaar)wegennet, ICT en telecom (zie Figuur 8-8). Door een overstroming kunnen verschillende functies uitvallen. De aanleg van een woonwijk heeft maar beperkt invloed op het overstromingsbestendig maken van vitale functies omdat zij onderdeel uitmaken van grotere netwerken, tenzij iedere woning of de wijk volledig zelfvoorzienend wordt aangelegd. Dat wil zeggen bijvoorbeeld een eigen drink- en afvalwatervoorziening en het lokaal opwekken van elektriciteit. Wanneer de wijk geen volledig op zichzelf staande voorzieningen heeft zal rekening worden gehouden met een spoedig herstel van voorzieningen. Zo kunnen stopcontacten in vitale functies maar ook laag- en middenspanningsstations hoger aangelegd worden waardoor het lokale elektriciteitsnetwerk niet beschadigd raakt en sneller hersteld kan worden en er snel voorzieningen in het gebied zijn na een overstroming. Het beschermen van kritieke infrastructuur en daarmee het bevorderen van herstel valt onder laag 2 van meerlaagsveiligheid, gevolgbeperking.





Figuur 8-8 Vitale en kwetsbare functies bij klimaatverandering (Min I&W, 2022)

In de huidige situatie zijn propaantanks aanwezig in het gebied (zie Figuur 8-9). Deze vormen bij een overstroming een risico. In de toekomst wordt in het energielandschap een transformatorstation van Stedin aangelegd, bij de aanleg van dit transformatorstation is rekening gehouden met overstromingsdiepten tot -4,5m NAP op basis van de studie van Deltares (Deltares, 2010). Dit is op basis van de huidige berekende overstromingsdiepten onvoldoende diepte voor alle overstromingsscenario's (HKV, 2022).



 Propaantank

Figuur 8-9 kritieke infrastructuur (bron: risicokaart.nl)

### 8.1.3 Effecten per alternatief

In een MER wordt primair het effect van de voorgenomen activiteit beoordeeld. De ontwikkeling van het Middengebied verandert niets aan de overstromingskans. Wel zorgt het er voor dat er zich bij een eventuele

overstroming meer mensen in het plangebied bevinden. De beoordeling voor waterveiligheid is daarom gebaseerd op overstromingsveiligheid in het Middengebied in geval van overstromingen en niet op de sterkte van keringen. De onderzochte alternatieven zijn gebaseerd op beschikbare kennis tijdens de formulering van de alternatieven (op basis van het Deltares-rapport uit 2012). Tijdens het beoordelingsproces zijn nieuwe inzichten ontstaan aan de hand van de studie van HKV. Deze inzichten en effecten zijn zo veel mogelijk meegenomen in de beoordeling en onderbouwing.

Alternatief	Basisalternatief	Alternatief Maximaal Klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief circulair / Duurzame energie	Alternatief Duurzame mobiliteit
Beoordeling	-	++	+	--	-

### Referentiesituatie

In de referentiesituatie zijn woningen en bedrijven in het plangebied – naast de primaire waterkering – niet aanvullend beschermd tegen overstromingen. Er zijn geen aanvullende inrichtingsmaatregelen genomen om vitale functies te beschermen. Bij een eventuele overstroming ontstaat daardoor veel schade aan de bestaande gebouwen en is er een groot risico op overlijden van aanwezige personen.

### Basisalternatief (score -)

Het vloerpeil ligt in het basisalternatief op -5,0m NAP. Bij het meest negatieve overstromingsszenario voor 2100 (incl. 1,2m zeespiegelstijging) blijft de eerste verdieping bij een standaard bouwwijze (vloer eerste verdieping +2,9m) niet droog. Er zijn in het basisalternatief daardoor geen aanvullende maatregelen omschreven om vitale functies te beschermen of herstel te bevorderen. Het basisalternatief scoort hiermee negatief op het gebied van waterveiligheid (-).

### Alternatief Maximaal Klimaatrobuust (score ++)

Het vloerpeil ligt in dit alternatief op -4,45m NAP. Dit zorgt in de eerste plaats voor een minder grote waterhoogte in geval van overstroming. Daarnaast ligt de eerste verdieping hoger dan in het geval van het basisalternatief. Dit betekent dat de eerste verdiepingen ruimschoots droog blijven in geval van overstroming. Verticaal evacueren is daarmee goed mogelijk in de eigen woning. Hoofdwegen blijven de eerste 12-24u van de overstroming droog waardoor bewoners zich kunnen mobiliseren. Vitale functies worden in dit alternatief hoger aangelegd (op basis van de HKV studie zou het minimale vloerpeil voor de vitale functies 4,45 m – NAP zijn, en objecten als noodgeneratoren tenminste boven -1,9m NAP) waardoor herstel wordt bespoedigd en langdurige ontvricting minimaal is tijdens overstromingen met gesloten kering.

Naast de doorgerekende overstromingsszenario's in het rapport van HKV kan de zeespiegel sneller stijgen of, wanneer de woningen er langer staan dan ca. 80-100 jaar, stijgt de zeespiegel langer door binnen de levensloop van de woningen. Het kan daarom verstandig zijn om er voor te zorgen dat minimaal 1/3<sup>e</sup> van de woningen een tweede verdieping heeft. Zo is de wijk ook verder in de toekomst of met grotere onzekerheden toekomstbestendig ingericht.

### Alternatief Groen-blauw raamwerk (score +)

Het vloerpeil van woningen op de Kreekrug ligt in het alternatief Groen-blauw raamwerk op -4,6m NAP. In geval van overstromingen blijven de eerste verdiepingen op de Kreekrug droog. Woningen in de Watertuinen zijn drijvend aangelegd en kunnen meestijgen met grotere overstromingsdiepten. Vitale functies zijn in dit alternatief niet specifiek beschermd en er worden geen shelters aangelegd. Omdat de woningen in het geval een overstroming een droge eerste verdieping hebben, scoort dit alternatief per saldo positief (+).

#### **Alternatief circulair / Duurzame energie (score - -)**

In het alternatief Circulair / duurzame energie wordt het plangebied zo min mogelijk opgehoogd, om daarmee gebruik van grond/zand te beperken. Het vloerpeil van woningen ligt daardoor op -5,4m NAP, waardoor eerste verdiepingen overstromen. Er zijn in dit alternatief verder geen concrete maatregelen genomen voor de bescherming tegen overstromingen. Dit betekent dat er in het geval van een overstroming naast veel schade aan gebouwen, ook veel slachtoffers kunnen vallen. Dit alternatief scoort daardoor sterk negatief (- -).

#### **Alternatief Duurzame mobiliteit (score zelfde als basisalternatief)**

Er zijn geen concrete maatregelen genomen in dit alternatief die afwijken van het basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten dan het basisalternatief.

#### **Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. de waterveiligheid**

Op basis van de HKV studie zijn nieuwe inzichten verkregen voor wat betreft de inrichting van het plangebied. Deze inzichten waren nog niet meegenomen in de alternatieven, ook niet in het alternatief Maximaal klimaatrobust. Om het Middengebied maximaal klimaatrobust in te richten zouden nog de volgende maatregelen meegenomen moeten worden:

- Het kan verstandig zijn om er voor te zorgen dat minimaal 1/3<sup>e</sup> van de woningen een tweede verdieping heeft. Zo is de wijk ook verder in de toekomst (2100, 2m zeespiegelstijging) of rekening houdend met grotere onzekerheden toekomstbestendig ingericht;
- Voorzie woningen van dakramen, zodat er altijd een vluchtroute naar het dak mogelijk is.
- Mogelijkheden van het dicht maken / afsluitbaar maken van onderdoorgangen onder de snelweg door kunnen worden verkend. Hiermee kan water vertraagd worden richting het Vijfde Dorp. Hiermee kan de overstromingsdiepte of snelheid op andere plekken wel toenemen, afwentelen op andere gebieden is onwenselijk.

## 8.2 Klimaatverandering: droogte en hittestress

Voor het onderwerp klimaat wordt in principe rekening gehouden met vier thema's rond klimaatadaptatie, zoals geadviseerd door de Commissie m.e.r.; droogte, hitte, wateroverlast en overstromingen. De laatste twee, wateroverlast en overstroming zijn echter al geborgd in de criteria oppervlaktewaterkwantiteit en waterveiligheid. Daarom zijn in dit hoofdstuk alleen de thema's droogte en hitte uitgewerkt.

### 8.2.1 Beoordelingscriteria

In deze beoordeling is in vergelijking met alle andere thema's in dit MER een ander 'referentiekader' gehanteerd. In de basis heeft het bouwen van een woonwijk per definitie een negatieve impact op de hitte in het gebied. We nemen daarom als referentiesituatie het scenario waarin een 'traditionele' woonwijk wordt gebouwd met beperkt oog voor klimaat doelen.

#### Klimaat: hitte en droogte

- ++** Het plangebied is bestand tegen hitte en droogte. Er wordt zowel voor hitte als droogte meer gedaan dan in de minimale eisen uit het convenant klimaat adaptief bouwen wordt gesteld om ook te anticiperen op verdere klimaatverandering richting 2100.
- +** Het plangebied voldoet voor hitte en droogte aan de minimale eisen die gesteld worden in het convenant klimaat adaptief bouwen. Voor één van de thema's hitte of droogte wordt meer gedaan zodat ook wordt geanticipeerd op verdere klimaatverandering na 2050.
- 0/+** Het plangebied voldoet aan de eisen van één thema zoals omschreven in het convenant klimaatadaptief bouwen (droogte of hitte).
- 0** Er verandert weinig t.o.v. de referentiesituatie.
- 0/-** In het plangebied worden geen extra maatregelen getroffen voor een van de thema's, hitte of droogte. Het planvoornemen is hierdoor mogelijk niet hitte- of droogtebestendig.
- De verandering van het klimaat is geen onderdeel van de planvorming. Door het plan neemt de afhankelijkheid van zoet water uit de omgeving toe.
- /

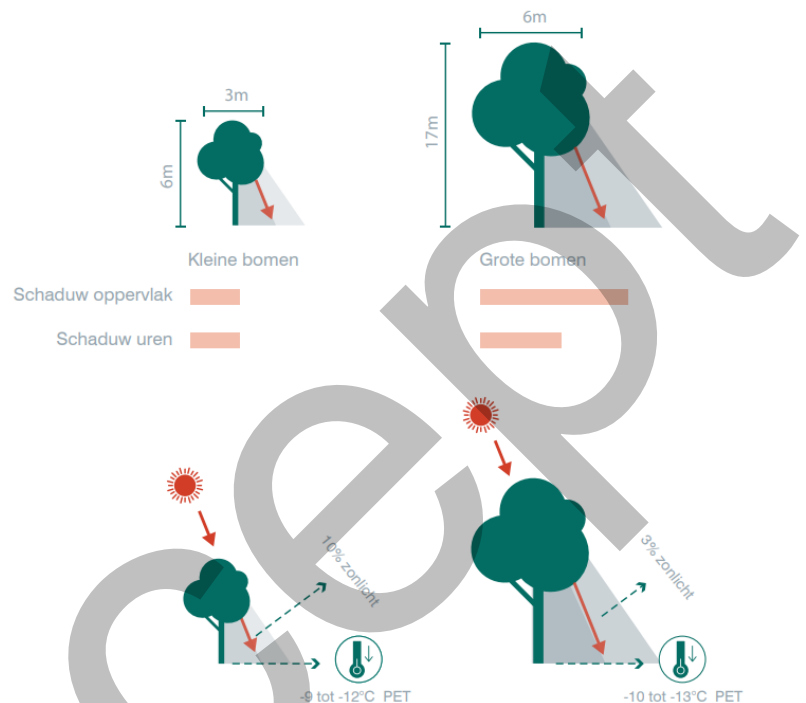
### 8.2.2 Uitwerking op thema's

#### **Hittebestendigheid**

Door de bouw van het Vijfde Dorp wordt verharding toegevoegd aan het Middengebied. In bebouwd gebied is de temperatuur vaak hoger dan buiten bebouwd gebied. Dit komt doordat er minder verdamping mogelijk is en stenen warmte goed vasthouden. Hitte kan leiden tot klachten als vermoeidheid, concentratieproblemen, duizeligheid en hoofdpijn. Aanhoudende hitte kan leiden tot uitdroging en oververhitting en in sommige gevallen tot overlijden (RIVM, n.d.). In de toekomst neemt dit risico verder toe.

Hittebestendigheid van een gebied wordt bepaald door een aantal factoren: de mate van verharding, schaduwplekken en aanwezigheid van groenblauwe infrastructuur om voor verkoeling te zorgen (BouwAdaptief, 2022). In

groenblauwe infrastructuur zorgt verdamping voor een verkoelend effect. Bomen bieden over het algemeen het meeste verkoeling door hun schaduwwerking (Takács, 2016). Op basis van onderzoek van de Hogeschool Amsterdam blijkt dat 10 procentpunt meer groen door de toename van verdamping leidt tot een verlaging van de luchttemperatuur met grofweg 0,5°C (HvA, 2020). Daarnaast zorgen bomen voor minder zonnestraling op het oppervlak en daarmee ook minder uitstraling vanaf versteende oppervlakten (Hogeschool van Amsterdam, 2022). Bomen met dichte boomkruinen zijn de beste om de gevoelstemperatuur in stedelijke gebieden te verbeteren. Andere mogelijkheden om te zorgen voor verkoeling zijn groene gevels, heesters en kleine bomen, pergola's en bijvoorbeeld canvasdoeken. Bomen zorgen lokaal voor schaduw, dit zorgt met name voor een verlaging van de gevoelstemperatuur tussen de 9,5 en 13°C PET<sup>9</sup>. Groter koele plekken, bijvoorbeeld een park, zorgen voor meer verkoeling. Bij oppervlaktes groen groter dan >200m<sup>2</sup> ontstaat meer verkoeling (HvA, KuiperC, 2020).



Figuur 8-10 Doorlatendheid en grootte van bomen en het verkoelend effect, ter illustratie (HvA, KuiperC, 2020)

In het convenant KAB is de eis opgenomen dat er 40-50% schaduw aanwezig is op plekken in de openbare ruimte waar mensen wandelen of waar verkeer zich langzaam voortbeweegt. De hoeveelheid schaduw wordt gemeten tijdens de hoogste zonnestand op 21 juni. Door de toename van de kans op droogte zullen bomen ook droogtetoleranter moeten zijn om te voorkomen dat bladeren uitvallen. Een aantal inheemse geschikte bomen zijn bijvoorbeeld: Veldesdoorn, Winterlinde, Europese Netelboom en de Japanse Keukasische Els. Naast inheems soorten kan ook gekozen worden voor meer uitheemse soorten die bestand zijn tegen droogte (Green Cities, 2019). De noodzaak van droogtetolerantie is afhankelijk van de inrichting van het gebied en te kiezen waterpeilen. Waterpartijen kunnen door verdamping ook voor verkoeling zorgen, zoals het aanleggen van plassen of water langs wegen.

### Droogtebestendigheid

Langere perioden van droogte zorgen er voor dat er minder water beschikbaar is. Dit leidt tot lagere grondwaterstanden en kan daarmee leiden tot bodemdaling en funderingsschade. Op palen gefundeerde woningen zakken zelf niet mee in geval van bodemdaling, maar in geval van houten palen kan paalrot ontstaan. Panden die op staal zijn gefundeerd kunnen wel meezakken. Als er sprake is van verschilzettingen, of aangebouwde onderdelen (zoals serres of een uitbouw) kunnen scheuren in gevels, muren en plafonds ontstaan. Dit trad tijdens de extreme droogte van 2018 op bij honderden op staal

<sup>9</sup> PET staat voor Physiological Equivalent Temperature en is een index die de gevoelstemperatuur in beeld brengt. Dit geeft de gemiddelde gevoelstemperatuur in °C weer op een gemiddelde zomerdag tussen 12:00 en 18:00 uur.

gefundeerde huizen op kleigronden. Door lage grondwaterpeilen kunnen tuinen en de openbare ruimte sneller dalen, waardoor schade ontstaat aan infrastructuur zoals wegen en riolering. Het verhogen van waterpeilen kan er aan bijdragen dat veenbodems minder snel oxideren, waardoor ze minder snel dalen. Binnen het plangebied is een gemengde grond aanwezig met klei en veen. Hoeveel invloed veenoxidatie heeft op bodemdaling in het gebied is onbekend.

Lage grondwaterstanden kunnen gevolgen hebben voor groen in het stedelijk gebied doordat er onvoldoende water beschikbaar is in de wortelzone. Sommige planten en bomen kunnen hier niet goed tegen, wat tot bladval kan leiden en daarmee tot toename van hitte in stedelijk gebied (minder schaduw en verdamping). Bij de inrichting van het Middengebied zal rekening gehouden moeten worden met een toename van droogte en hitte in de toekomst. Dit is in lijn met de afspraken in het convenant Klimaat Adaptief Bouwen (BouwAdaptief, 2022).

### **Zoetwaterbeschikbaarheid**

Regenwater is een belangrijke bron van zoet water in de Zuidplaspolder. Het vasthouden (door peilopzet) van regenwater kan er voor zorgen dat het gebied beter bestand is tegen perioden van droogte. Als de droogte aanhoudt, en het vastgehouden regenwater niet voldoende is, wordt water uit de Ringvaart ingelaten. Dit water is echter gebiedsvreemd en heeft een andere kwaliteit dan water uit het gebied, wat effect kan hebben op natuurtypen en soorten in het gebied. Bovendien kan ook de beschikbaarheid van dit water afnemen in de toekomst.

Water vasthouden in het gebied helpt om langer perioden van droogte te overbruggen. Door het peil in deelgebieden op te zetten wordt water gebufferd voor droge perioden. Door in perioden van wateroverschot de gemiddelde peilen te verhogen ontstaat een continue infiltratie van water, afhankelijk van het gehanteerde peil. Bij een peil van -5,8m NAP kan infiltratie van 0-0,5mm/dag ontstaan. (zie bijlage III of paragraaf 4.4). Hiermee wordt een zoetwaterlaag in de toplaag van de bodem gecreëerd, wat bijdraagt aan de zoetwaterbestendigheid van het gebied.

Met een berekening is ingeschat hoe lang het duurt voordat het minimale waterpeil wordt bereikt tijdens droge periodes voor de zichtjaren 2050 en 2085 (referentiejaar voor scenario's tussen 2071 en 2100). In de berekening zijn de beschikbare waterberging, de verdamping en de kwel meegenomen. Als startpeil voor de berekening is per alternatief het maximale waterpeil genomen. Vervolgens is de gemiddelde verdamping per dag tijdens een droge periode ingeschat. Op basis van gegevens van het KNMI is uitgegaan van gemiddelde verdamping van 3 mm/dag (KNMI, sd). In de toekomst zal de hoeveelheid verdamping stijgen door de gevolgen van klimaatverandering. Daarom is voor het peiljaar 2050 rekening gehouden met een stijging in verdamping van 11% en voor 2085 van 15%, uitgaande van het WH-klimaatscenario van het KNMI (KNMI, 2015). De kwel is in de huidige situatie geschat op gemiddeld 1 mm/dag in de zomer periode, als de kans op een droge periode het grootst is.

In de alternatieven wordt een hoger waterpeil gehanteerd, waardoor de kwel af zal nemen. Voor het basisalternatief wordt voor kwel uitgegaan van gemiddeld 0,5 mm/dag en bij alternatief Maximaal Klimaatrobuust en Groenblauw van 0

mm/dag op basis van de gehanteerde waterpeilen en de waterbalans (zie bijlage III en paragraaf 4.4). In de berekening is aangenomen dat het nat oppervlak niet kleiner wordt terwijl het peil daalt. In werkelijkheid neemt het nat oppervlak wel af bij een dalend peil, waardoor de verdamping minder wordt. Er zou in theorie dus iets minder water verdampen bij een dalend peil.

### 8.2.3 Effecten per alternatief

Alternatief	Basis-alternatief	Alternatief maximaal klimaatrobuust	Alternatief Groen-blauw raamwerk	Alternatief Circulair / duurzame energie	Alternatief Duurzame mobiliteit
Beoordeling	+	++	+	+	+

#### Referentiesituatie

De huidige situatie is matig bestand tegen klimaatverandering. De omgeving bestaat voornamelijk uit agrarisch gebied. In de huidige situatie zijn er in de openbare ruimte niet veel schaduwplekken aanwezig. Er zijn weinig bomen of andere schaduwvoorzieningen aanwezig. De centrale wegen in het plangebied liggen langs watergangen (tochten), wat voor verkoeling kan zorgen. Aan de andere kant is er in de referentiesituatie ook niet veel verharding, wat voor minder hitte-overlast zorgt.

Volgens de uitgevoerde berekeningen is het huidige systeem relatief goed bestand tegen droge periodes (zie Tabel 8-1). Tijdens een droge periode duurt het op de agrarische percelen buiten de lintbebouwing tussen de 44 en 62 dagen voordat het minimum peil is bereikt. Bij de lintbebouwing duurt dit 60 dagen. Omdat kwel voor een continue aanvoer zorgt uit de ondergrond, duurt het langer voor het waterpeil het minimum peil bereikt. Aan de andere kant is er relatief weinig buffer beschikbaar (Tabel 8-1) in de referentiesituatie ten opzichte van de alternatieven omdat er relatief weinig wateroppervlak is in de huidige situatie.

Tabel 8-1 Samenvatting gegevens uit de waterbuffer-berekening referentie situatie. De agrarische gebieden zijn onderverdeeld naar de ontwikkelgebieden in het Middengebied.

Deelgebied:	Bedrijven	Kreekrug+ Watertuin	Lintbebouwing	Overig*
Start/ maximum peil [mNAP]	-6,25	-6,40	-6,30	-6,60
Eind / minimum peil [mNAP]	-6,40	-6,55	-6,45	-6,75
Maximaal beschikbare buffer [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	1.456	14.901	5.214	13.855
Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	46	60	63	65
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	44	57	60	62

\*Energie landschap, Koning Willem I bos, Groene schakel

#### Basisalternatief

In het basisalternatief ontstaat in het Vijfde Dorp en de twee bedrijventerreinen een sterke toename van verstedelijkt gebied. In de overige deelgebieden komt een open, natuurlijke of agrarische inrichting. In de verstedelijkte gebieden worden meer bomen gepland dan gebruikelijk, om voor schaduw te zorgen.

Daardoor neemt de hittebestendigheid van deze gebieden toe. Er is nog niet uitgeschreven welke soorten bomen worden toegepast, waardoor de droogtebestendigheid van de soorten niet goed beoordeeld kan worden. Uitgangspunt is om 50% schaduwplekken te creëren, in lijn met het doel uit het convenant klimaatadaptief bouwen. 50% schaduwplekken levert volgens onderzoek van de Hogeschool van Amsterdam een reductie van 2,5°C<sup>10</sup> op door de toename aan verdamping ten opzichte van geen groen in de stedelijke omgeving. De gevoelstemperatuur in de schaduw ca. 10-15°C lager dan in de zon. Door meer schaduwplekken te creëren ontstaan dus meer koele plekken in het gebied.

Tijdens een droge periode duurt het op het bedrijventerrein en op de Kreekrug en Watertuin rond 106 dagen voor het minimum peil wordt bereikt, voor peiljaar 2050. Door de aanvoer van kwel duurt het langer voordat het minimale peil bereikt wordt. Voor de lintbebouwing en het overige gebied duurt dit korter, respectievelijk 86 en 98 dagen. Hiermee is het gebied in dit alternatief goed bestand tegen droge periodes. Voor het peiljaar 2085 neemt de overbruggingsperiode iets af, maar ook voor dat peiljaar is er een waterbuffer beschikbaar voor een droge periode van ca. 3 maanden.

Tabel 8-2 Samenvatting gegevens uit de waterbuffer-berekening basis alternatief

	Bedrijven	Kreekrug+Watertuin	Lintbebouwing	Overig*
Start/ maximum peil [mNAP]	-6,05	-6,05	-6,05	-6,05
Eind / minimum peil [mNAP]	-6,35	-6,35	-6,30	-6,35
Maximaal beschikbare buffer [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	26.345	153.952	20.854	231.631
Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	101	106	86	103
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	97	101	82	98

\*Energielandschap, Koning Willem I bos, Groene schakel

Samengevat wordt in dit alternatief voor hitte voldaan aan de eis uit het convenant KAB. Tijdens droge periodes duurt het ca. 3 maanden voor het minimumpeil wordt bereikt. Omdat voor beide thema's voldaan wordt aan het convenant is dit alternatief beoordeeld met +.

### Alternatief Maximaal Klimaatrobuust

In dit alternatief zijn meer bomen gepland dan in het basisalternatief om voor meer schaduw te zorgen waardoor het plangebied beter bestand is tegen hitte. Er is nog niet uitgeschreven welke soorten bomen worden toegepast, waardoor de droogtebestendigheid van de soorten niet goed beoordeeld kan worden. Uitgangspunt is om 60% schaduwplekken te creëren, wat meer is dan de eis van het convenant KAB. Hiermee daalt de gemiddelde temperatuur in het verstedelijkte gebied door verdamping met 3°C ten opzichte van een situatie zonder bomen. Dit is een halve graad meer dan in het basisalternatief. Er zijn daarnaast meer koele plekken in het plangebied dan in het basisalternatief. Hitte wordt daarom beoordeeld met een ++.

<sup>10</sup> Over het algemeen leidt 10 procentpunt meer groen tot een verlaging van de luchttemperatuur met grofweg 0,5°C. Zie uitwerking op thema's, paragraaf 4.9.2.



Tijdens een droge periode duurt het in alle peilvakken ongeveer 90 dagen voor het minimum peil wordt bereikt (peiljaar 2050). Ten opzichte van het basisalternatief wordt het minimum peil eerder bereikt in alternatief Maximaal Klimaatrobuust. Beide alternatieven hebben hetzelfde verschil tussen maximum en minimum peil (30 cm) maar in het basisalternatief is er extra wateraanvoer in de vorm van kwel. Kwel is onwenselijk omdat deze van slechte kwaliteit is, voor droogte wordt dit onderscheidt echter niet gemaakt.

Het Energielandschap vormt een waterbuffer voor de Kreekrug in dit alternatief. Water kan daarmee vast worden gehouden in het energielandschap. Zodra het peil begint te dalen tijdens een droge periode kan water uit het Energielandschap naar de Kreekrug worden gepompt om het water daar op peil te houden, mocht dit nodig zijn.

Ook in dit alternatief is de periode voordat het minimum peil wordt bereikt in 2085 iets korter doordat de verdamping toeneemt. Ook voor dat peiljaar is de waterbuffer toereikend voor een langere droge periode. Het verschil is echter maar enkele dagen met de situatie in 2050 en daarmee verwaarloosbaar in de beoordeling.

Tabel 8-3 Samenvatting gegevens uit de waterbuffer-berekening alternatief Maximaal Klimaatrobuust

	Bedrijven	Kreekrug+Water tuin	Overig*
Start/ maximum peil [mNAP]	-6,05	-5,65	-5,65
Eind / minimum peil [mNAP]	-6,35	-5,95	-5,95
Maximaal beschikbare buffer [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	26.345	375.138	661.102
Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	85	93	91
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	83	90	87

\*Energielandschap, Koning Willem I bos, Groene schakel

In dit alternatief is het plangebied goed ingericht om de gevolgen van hitte te verminderen en er wordt meer gedaan dan de eis uit het convenant KAB. Tijdens droge periodes duurt het veel langer voor het minimumpeil wordt bereikt dan in de referentie, wat betekent dat er meestal voldoende zoetwater beschikbaar is. Er wordt meer gedaan aan hitte en droogte dan in het convenant KAB omschreven staat, daarom wordt dit alternatief beoordeeld met ++.

### Alternatief Groen-blauw raamwerk

Het percentage schaduw is in dit alternatief gelijk aan dat van het basisalternatief: uitgangspunt is om 50% schaduwplekken te creëren. Dit leidt net als in het basisalternatief tot een afname van de gemiddelde temperatuur van 2,5°C in het verstedelijkte gebied ten opzichte van stedelijk gebied zonder bomen. Ook zorgt deze inrichting voor meer koele plekken. Ook in dit alternatief is nog niet uitgeschreven welke soorten bomen worden toegepast, waardoor de droogtebestendigheid van de soorten niet goed beoordeeld kan worden.

Dit alternatief verschilt ten opzichte van het basisalternatief in het waterpeil. Het waterpeil ligt in dit alternatief aanzienlijk hoger dan in het basisalternatief. Tijdens een droge periode duurt het in het Energielandschap en het overige

gebied bijna drie maanden voor de buffer op is. In het Kreekdorp + Watertuinen duurt het rond de 126 dagen voor het minimum peil wordt bereikt (peiljaar 2050) en in de andere gebieden samen (Energie landschap, Koning Willem I Bos, en de Groene schakel) duurt het zelfs 155 dagen. Hieruit blijkt dat het ruim hogere waterpeil in dit alternatief de afname van kwel ruimschoots compenseert (iets wat in het alternatief Maximaal klimaatrobuust niet gebeurt, met kortere bufferperiodes tot gevolg). Op het bedrijventerrein en bij de lintbebouwing duurt het iets korter, 85 en 73 dagen, maar nog steeds lang genoeg om meer dan twee droge maanden te overbruggen. Het verschil tussen het maximum peil en het minimum peil is in dit alternatief relatief groot.

Ook in dit alternatief is de periode voordat het minimum peil wordt bereikt in 2085 korter doordat verdamping toeneemt. Het verschil is echter maar enkele dagen met de situatie in 2050 en daarmee verwaarloosbaar in de beoordeling.

Tabel 8-4 Samenvatting gegevens uit de waterbuffer-berekening Alternatief Groen-blauw raamwerk

	Bedrijven	Kreekrug+ Watertuin	Lintbebou- wing	Overig*
Start/ maximum peil [mNAP]	-5,50	-5,50	6,05	-5,30
Eind / minimum peil [mNAP]	-5,80	-5,80	-6,30	-5,80
Maximaal beschikbare buffer [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	56.277	579.340	20.854	1.528.815
Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	85	126	73	155
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	82	122	70	150

\*Bos, Energielandschap, Groene schakel

Samengevat is in dit alternatief het plangebied goed ingericht om de gevolgen van hitte te verminderen en wordt er voldaan aan de eis uit het convenant KAB. Tijdens droge periodes duurt het veel langer voor het minimumpeil wordt bereikt dan in de referentiesituatie, wat betekent dat er vaak genoeg zoetwater beschikbaar is. Dit alternatief is beoordeeld met +.

#### Alternatief circulair / duurzame energie

Dit alternatief wordt op dezelfde manier als het basisalternatief ingericht. Aanvullend op deze maatregelen wordt de mogelijkheid van een decentrale afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) verkend waarbij lokaal water kan worden hergebruikt en stoffen kunnen worden teruggewonnen. Er zijn inmiddels concepten bekend (buiten Nederland) waarbij agrariërs gezuiverd afvalwater gebruiken om gewassen te bewateren (Waterforum, 2020). Een decentrale zuivering die voor schoon water kan zorgen kan bijvoorbeeld jaarrond de natuur van voldoende water voorzien. Hiermee wordt het gebied minder afhankelijk van inlaatwater en minder gevoelig voor droge periodes. De beschikbare technieken zijn vaak echter nog wel relatief duur en zijn vaak alleen aantrekkelijk als daarmee uitbreiding van een bestaande zuivering kan worden voorkomen.

In de beoordelingscriteria zijn hiervoor geen specifieke criteria opgenomen. Vanwege de mogelijkheid om decentrale zuivering in te zetten voor zoetwatervoorziening is dit alternatief beoordeeld met een +.

#### Alternatief Duurzame mobiliteit

Dit alternatief kent geen andere maatregelen die van invloed zijn op droogte of hittestress. Dit alternatief wordt daarom het zelfde beoordeeld als het basisalternatief.

#### **Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. hitte en droogte**

Hoe groter de peilfluctuatie hoe groter de kans is dat een lange periode van droogte kan worden overbrugt. Met 0,5m peilfluctuatie (alternatief groen-blauw) kan ca. 120 dagen droge periode worden overbrugt, met 0,3m peilfluctuatie (klimaatrobuust) kan ca. 90 dagen droge periode worden overbrugt. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag en of en wanneer de bovenkant van de bandbreedte bereikt wordt. Kwel zorgt voor aanvoer waardoor een langere droge periode kan worden overbrugt (basisalternatief), kwel is echter onwenselijk voor de waterkwaliteit.

Hoe meer bomen, schaduwplekken en watervlakken hoe kleiner het hitte eiland effect in stedelijk gebied. Het alternatief klimaatrobuust geeft door de hoeveelheid een positiever effect op het verminderen van het hitte effect. Echter, bomen zorgen ook voor bladval, wanneer dit in het water terecht komt kan dit een negatief effect hebben op de waterkwaliteit. In het planten van de hoeveelheid bomen en locatie van bomen zal in het stedenbouwkundig plan rekening moeten worden gehouden met bladval en waterkwaliteit.

Aanvullend wordt geadviseerd om in te zetten op bomen die tegen verschillende omstandigheden kunnen. Daarnaast draagt een mix van bomen goed bij aan het creëren van hoge ecologische waarde. Bomensoorten eik, beuk, iep en linde kunnen goed tegen droogte en hitte, maar ook tegen natte omstandigheden. De beuk, eik, esdoorn en iep geven veel schaduw door hun dikke bladerdaken. Langs de wegen en fietspaden in het plangebied kan een mix van eiken, beuken, iepen, lindes en esdoorn worden geplant. De plantaan en valse christusdoorn hebben een mediterrane origine en kunnen goed tegen droge periodes, ook geven deze bomen veel schaduw.

## 9. Conclusie en aanbevelingen voor het voorkeursalternatief

Vanuit de thema's, water, bodem en klimaat wordt hieronder advies gegeven over de belangrijkste randvoorwaarden en uitgangspunten. Dit advies komt voort uit de analyses in dit rapport aangevuld met gesprekken met gemeente, waterschap en diverse experts.

### 9.1 Onderbouwing voorkeursalternatief (VKA)

In de afgelopen jaren is het steeds duidelijker, het klimaat verandert. Droge zomers maar ook extreme neerslag. Om die reden moet elke schop in de grond klimaatbestendig en moet water en bodem sturend worden om afwenteling op toekomstige gebruikers en de omgeving te voorkomen.

Uitgangspunt van de ontwikkeling in de Zuidplaspolder is dat deze bestand is tegen weersextremen, nu en in de toekomst. Een klimaatbestendige wijk, ook in 2100. In de effectbeoordeling van de alternatieven is rekening gehouden met klimaatverandering tot 2100. Op basis van de uitkomsten van de effectbeoordeling zijn de bouwstenen verzameld voor het VKA.

Om een klimaatbestendige wijk te bouwen gaan we uit van de volgende trapsgewijze volgorde:

- Tenminste voldoen aan vigerende civieltechnische normen;
- Daarnaast voldoen aan eisen uit convenant klimaatadaptief bouwen;
- Het gebied adaptief/aanpasbaar inrichten waar mogelijk om met grotere onzekerheden om te gaan (zoals onzekerheden als 2 meter zeespiegelstijging en extremen zoals Limburg (Deltares, 2021)).

#### **Ecohydrologisch functioneren**

Waterpeilen worden opgezet tot een peil dat ook in 2100 zorgt voor het wegdrukken van kwel. Hierbij is rekening gehouden met zeespiegelstijging van ca. 1 meter. Het wegdrukken van kwel zorgt voor een verbetering van de waterkwaliteit. Het waterpeil gaat fluctueren tussen een bandbreedte van 0,3 of 0,5m (zie volgende kopje), door de peilfluctuatie ontstaan kansen voor diverse planten en soorten zoals vochtig hooiland, rietland, moerasbos en kruidrijk grasland, dit heeft een positief effect op de biodiversiteit. In het gebied worden natuurvriendelijke oevers toegepast, hoe flauwer de oever hoe groter het effect op de biodiversiteit. In het gebied zal een combinatie van oevertaluds worden toegepast, passend bij de stedelijke inrichting. Water wordt zo veel mogelijk vastgehouden in het gebied, in tijden van (extreme) neerslag zal dit er toe

leiden dat het watersysteem in de omgeving minder belast wordt en water vertraagd kan worden afgevoerd. Om voor te bereiden op droge perioden wordt water vastgehouden zodat geen/minder water hoeft worden ingelaten. Hierdoor heeft het gebied minder invloed op de zoetwaterbeschikbaarheid.

### Waterpeilen en watersysteem

Kwel uit de ondergrond is van slechte kwaliteit, door concentraties aan nutriënten, ijzer en zout verslechtert de waterkwaliteit. Uitgangspunt is daarom om, ter bevordering van de waterkwaliteit, kwel weg te drukken. De stijghoogte van de kwel is op basis van studies bepaald op ca. -6m NAP. Rekening houdend met een zeespiegelstijging van ca. 1 meter in 2100 en een doorwerkingseffect van 5-10% zal de stijghoogte toenemen met -0,05 tot 0,1m. Om deze reden wordt voor de Kreekrug, Watertuinen en het Energielandschap, een gemiddeld waterpeil van -5,8m NAP geadviseerd. Zo wordt ook in de toekomst verslechtering van de waterkwaliteit door slechte kwel tegen gegaan.

Vanuit oogpunt natuurontwikkeling en ecologie is een grotere bandbreedte in waterpeilen positief. Er zijn twee opties voor peilfluctuatie, binnen een bandbreedte van 30 centimeter en binnen een bandbreedte van 50 centimeter (Figuur 9-1). De twee opties worden hieronder geschetst, het is van diverse keuzes afhankelijk welke optie het beste past. Het gaat om uitstraling van het gebied, beheerbaarheid en soorten. Deze keuzes zijn nog niet gemaakt.

Optie 1 – 0,3m bandbreedte	Optie 2 – 0,5m bandbreedte
<p>Peilfluctuatie tussen -5,65 en -5,95m NAP. Met deze waterstanden en peilfluctuatie komen delen van het maaiveld al onder water te staan. Passend bij de omgeving en de te ontwikkelen EVZ ontstaan hier kansen voor vochtig hooiland, kruidenrijk grasland en op diepere plekken moerasbos en riet.</p> <p>Deze soorten zorgen voor een open landschap.</p> <p>Voordelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sluit aan bij EVZ en natuurtypen in de omgeving</li> <li>- Dynamiek biedt kansen voor natuurontwikkeling.</li> <li>- Beheer en onderhoud relatief overzichtelijk</li> </ul> <p>Nadelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minder areaal oever dat nat wordt en daarmee minder biodiversiteit dan met grotere peilfluctuatie</li> </ul>	<p>Een peilfluctuatie tussen de -5,5 en -6m NAP. Met deze waterstanden komen grote delen van het maaiveld regelmatig onder water te staan. Daarnaast zorgt een grote peilfluctuatie voor het nat worden en droogvallen van oevers. Dit biedt kansen voor biodiversiteit.</p> <p>Voordelen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veel kansen voor biodiversiteit, grote diversiteit aan planten en dieren.</li> <li>- Kansen voor soorten zoals de otter, ringslang, muskusrat en rivierkreeft.</li> </ul> <p>Nadeel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sommige soorten zijn onwenselijk in gebied zoals muskusrat en rivierkreeft. Mogelijk ook ringslang niet gewenst in leefgebied.</li> <li>- Meer onderhoud wanneer openheid van landschap gewenst is.</li> </ul>

Voor het bedrijventerrein wordt een zelfde gemiddeld peil geadviseerd maar rondom een bandbreedte van maximaal 0,3m, ook hier is het van belang een goede waterkwaliteit te bereiken. Het bedrijventerrein zal met de peilfluctuatie en ophoging (zie onder) een groot deel van neerslag op kunnen vangen. Wanneer dit niet mogelijk is kan water afgevoerd worden richting het bos. In

verband met bestaande verbindingen in het watersysteem is het meest logisch om waterafvoer richting 'het visje' te maken. Een relatief geïsoleerd gebied.

In het Koning Willem I bos is men voornemens bos te ontwikkelen met mogelijk hout- en voedselproductie in combinatie met landgoedwonen. Het watersysteem zal zo ingericht moeten worden dat deze combinatie van functies mogelijk is. Nadere uitwerking en detaillering volgen later in het proces. Een combinatie van bomensoorten, functies zoals landgoedwonen, natuur en recreatievoorzieningen vragen om een afgewogen waterpeil. Bij een peil van gemiddeld -5,8m NAP zal de ondergrond in het bos een zeer lage tot geen ontwateringsdiepte hebben wat betekent dat de grond vochtig tot nat is.



Figuur 9-1 - Peilen in het VKA met een bandbreedte van 30cm (links) of 50 cm (rechts)

Water vanuit de nieuwe kreekrug en watertuinen wordt op dit moment afgevoerd via gemaal 4<sup>e</sup> tocht (zie referentiesituatie). Dit gemaal staat straks midden in het plangebied en zorgt voor een aantal randvoorwaarden aan het watersysteem. Er zijn twee opties, het gemaal verplaatsen naar buiten het plangebied of het gemaal behouden op de huidige locatie. Hieronder zijn de twee opties en voor- en nadelen omschreven.

Tabel 9-1 twee opties voor de waterhuishouding

Optie 1: verplaatsen gemaal 4 <sup>e</sup> tocht	Optie 2: niet verplaatsen gemaal 4 <sup>e</sup> tocht
Met het verplaatsen van gemaal 4 <sup>e</sup> tocht kan er 1 robuust watersysteem gecreëerd worden. De gebieden Kreekrug en Watertuinen functioneren als één geheel.	Het gemaal blijft behouden op de huidige locatie. Dit zorgt er voor dat de kreekrug en de watertuinen worden doorsneden door de dieper liggende 4 <sup>e</sup> tocht. Dit is een kenmerkend

De 4<sup>e</sup> tocht wordt integraal onderdeel van de gebieden.  
 Het energielandschap kan worden ingezet als waterberging of waterbuffer maar kan ook meegenomen worden in het geheel.

element in het landschap. De watersystemen worden gescheiden van elkaar

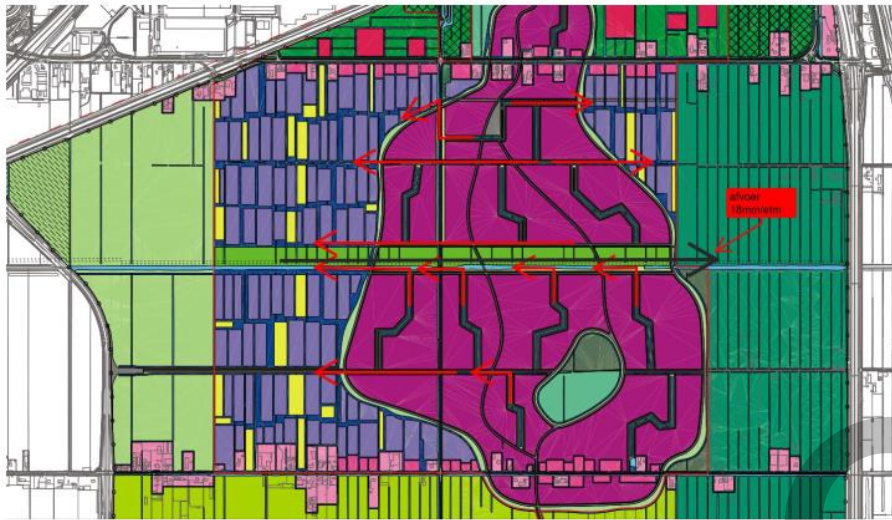
- |   |  |
|---|--|
| <p><b>Voordelen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Robuust systeem, kan veel onzekerheden opvangen.</li> <li>- Weinig onderhoudskosten aan kunstwerken.</li> </ul> | <p><b>Voordelen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Er hoeft geen nieuw gemaal gemaakt te worden.</li> </ul> |
|---|--|

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>Nadelen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Er moet een nieuw gemaal gebouwd worden.</li> <li>- Optioneel: bij veranderende afvoer is mogelijk een aanpassing aan de afvoer nodig. Dit zou ingrijpend zijn en mogelijke gevolgen voor landbouw en EVZ.</li> </ul> | <p><b>Nadelen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4<sup>e</sup> tocht komt diep te liggen in het landschap. Het waterpeil ligt &gt;1m lager dan het water in het plangebied.</li> <li>- Er zijn veel stuwen nodig aan het einde van alle watergangen. Dit zorgt voor hoge beheer en onderhoudskosten.</li> <li>- Systeem is minder robuust.</li> </ul> |
|---|--|



Het energielandschap kan gebruikt worden als waterbuffer of als waterberging. Dit betekent dat in tijden van extreme neerslag het gebied ingezet kan worden om water op te vangen zodat het dorp minder belast wordt. Het water dat vastgehouden wordt in het energielandschap kan worden ingezet als buffer voor droge perioden. Een andere mogelijkheid is om het energielandschap mee te laten fluctueren in het totaal, het landschap is dan het meest robuust.

Afbeelding 4.6 Interne piekafvoer (en piekberging) via Tussentochten. Rode pijlen: stroomrichting tijdens piekbui. Zwarte pijlen: stroomrichting landelijke afvoer



### Bouwwijzen

Voor het bouwen van woningen op de Kreekrug wordt uitgegaan van traditioneel ophogen met zand en een hoge bebouwingsdichtheid. De Kreekrug heeft een stabielere ondergrond en zakt minder snel. Daarnaast is het landschappelijk interessant om de nu al hoger liggende Kreekrug te accentueren.

In de Watertuinen worden diverse innovatieve woonvormen gecombineerd, wonen in een polder gebied en oorspronkelijk veenmoeras wordt hiermee geïllustreerd. Door het opzetten van waterpeilen komen sommige delen van het maaiveld permanent onder water te staan, andere delen een deel van het jaar en weer andere delen blijven relatief droog.

In nattere delen (>0,6m waterdiepte bij benedenpeil) komen drijvende woningen, bij plekken waar regelmatig (tenminste 6mnd per jaar) water staat komen woningen op palen/stelten te staan. Op overige plekken, die over het algemeen droog blijven of waar maar soms een klein beetje water komt te staan is het nodig de leefomgeving aan te passen zodat het leefbaar blijft. In deze gevallen wordt de grond onder paalwoningen iets opgehoogd waardoor men een droge tuin heeft of worden terpen gemaakt waar woningen gegroepeerd op komen te staan.

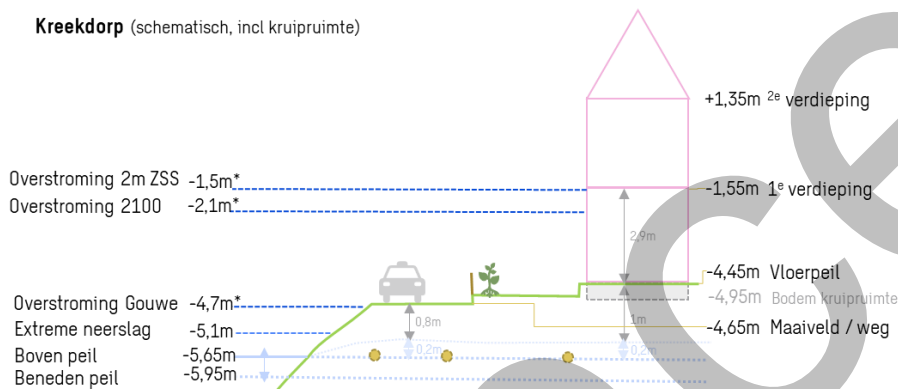


### Bouwpeilen



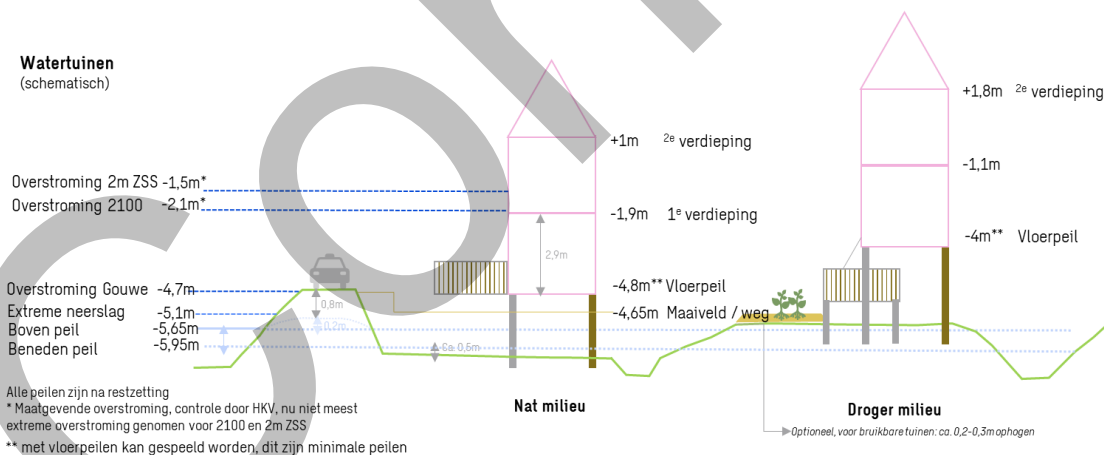
Om voldoende drooglegging te behalen moeten wegen tenminste ca. 0,8m drooglegging hebben t.o.v. het grondwaterpeil. Tuinen en woningen liggen respectievelijk 0,1 en 0,2m hoger dan de weg om wateroverlast vanaf de weg te voorkomen. Bij een bovenwaterpeil van -5,65m NAP komt dit neer op een weghoogte van -4,65 en een vloerpeil van -4,45m NAP. Deze peilen gelden voor de Kreekdorp en het bedrijventerrein en voor woningen in de watertuinen die niet op palen of drijvend worden gebouwd (Figuur 9-2 en Figuur 9-3). Voor woningen op palen/stelten in de watertuinen kan eventueel een lager vloerpeil worden aangehouden, hier kan rekening worden gehouden met extreme neerslag of tenminste een droge verdieping bij een overstroming. Er hoeft geen rekening gehouden te worden met drooglegging onder woningen. =Voor de woningen op palen / stelten kan de ruimte onder de woning optioneel gebruikt worden voor een schuur of patio. Het vloerpeil van de benedenverdieping kan daarvoor omhoog worden gebracht.

**Kreekdorp** (schematisch, incl kruipruimte)



Figuur 9-2 schematische weergave bouwpeilen kreekdorp

**Watertuinen**  
(schematisch)



Figuur 9-3 schematische weergave bouwpeilen watertuinen

### Bodemdaling en zetting

Om afwentelen op de toekomst en andere gebruikers te verkleinen is het van belang dat wegen en onderliggende infrastructuur zo veel mogelijk op hoogte blijven. Er wordt daarom geadviseerd om de grond voor te bereiden op een resetzettingseis van 10 centimeter in 60 jaar.

Daarnaast wordt geadviseerd om rekening te houden met een autonome bodemdaling van 5mm/jaar gemiddeld. Op de Kreekrug kan rekening worden gehouden met 2mm/jaar omdat hier de bodem stabiel is. De gegevens van de autonome bodemdaling zijn echter onzeker. Er wordt geadviseerd om rekening te houden met de bovengrens van bodemdaling, zo is ook in 2100 de wijk nog op voldoende hoogte. Met de best beschikbare gegevens en op basis van ervaring zijn dit de meest voor de hand liggende getallen. De aanleghoogte is daarmee ca. 40cm (80 jaar) hoger dan de genoemde peilen.

Ophogen met lichtgewicht materialen is mogelijk, hierbij moeten we denken aan klei- en lava korrels of piepschuim. Kanttekening hierbij is dat deze materialen niet gebiedseigen zijn, de korrels komen uit het buitenland en in de levenscyclus zijn deze minder duurzaam dan bijvoorbeeld zand. Een integrale beschouwing op het gebruik van materialen is nodig waarbij breder gekeken wordt dan alleen bodemdaling.

### **Waterkwaliteit en natuur**

Met het wegdrukken van kwel wordt al een aanzienlijke waterkwaliteitswinst behaald. Met het fluctueren van het waterpeil tussen een bandbreedte wordt een zo natuurlijk mogelijk waterpeil gerealiseerd. Zoals hierboven beschreven is worden op dit moment twee mogelijkheden voor peilfluctuatie gepresenteerd, met 0,3 en 0,5m peilfluctuatie. Bij beide opties krijgen typen vegetatie een kans tot ontwikkeling:

- 0,3m peilfluctuatie: Moerasbos (diepere plekken), vochtig hooiland en kruidenrijk grasland (past in landschap, ok voor biodiversiteit)
- 0,5m peilfluctuatie: Moerasbos, rietkragen, ruigten, struweel, vochtig hooiland en kruidenrijk grasland (ultiem voor biodiversiteit minder openheid, mogelijk meer beheer en overlast van soorten zoals rivierkreeften, muskusratten en ringslangen)

De voor- en nadelen zijn in de tabel 9-1 gepresenteerd.

Naast waterpeilfluctuatie speelt het oevertalud een rol, hoe flauwer het talud hoe groter het oeverareaal dat nat wordt en droog valt en daarmee kans voor meer typen vegetatie. Er zal in het plan gestreefd worden naar een variatie in taluds tussen de 1:3 en 1:7. In de stedenbouwkundige structuren zal ruimte voor water en natuur zo veel mogelijk worden ingepast.

Het herstel van veen is een optie die verkend is en een mogelijkheid is in het gebied. Veen vraagt om natte omstandigheden en kan niet tegen hoge zoutconcentraties in het water, zeker in de opstartfase is het van belang dat veen niet uitdroogt. Het is een mogelijkheid veen te laten groeien in het gebied, het biedt weer kansen voor de biodiversiteit, waar mogelijk kunnen kansen voor het groeien van veen meegenomen worden in de ontwikkeling.

Naast de keuzes in het watersysteem zal al het regenwater worden afgekoppeld waardoor de kans op riooloverstorten minimaal is. Water dat afstroomt van wegen moet via een bermassage plaatsvinden zodat vervuiling niet in het oppervlaktewater terecht komt.

Er is een verkennende analyse gemaakt van de noodzaak van een bufferzone tussen de watertuinen en de groene waterparel. Dit onderzoek laat zien dat door het opzetten van het waterpeil in een deel van de groene waterparel de kwel toe kan nemen. Afhankelijk van de doorlatendheid (weerstand) en de dikte

van de deklaag neemt kwel naar verwachting toe van 0,25 naar 0,3 mm/dag (zie bijlage IV: Modelberekening kweltoename en bufferzone Groene Waterparel Zuidplaspolder). Het effect op de ecologische balans in het gebied heeft verder onderzoek nodig.

### **Klimaatverandering en extremen**

Een toekomstbestendige wijk is bestand tegen klimaatonzekerheden, ook in 2100. Hieronder worden voor wateroverlast, waterveiligheid, droogte en hitte de maatregelen omschreven.

#### Wateroverlast

Ook in tijden van hevige neerslag is het van belang dat woningen, wegen en vitale en kwetsbare functies geen schade ondervinden. Om toekomstbestendigheid te garanderen moet dit ook het geval zijn als gemalen niet werken en zonder af te wentelen op andere gebieden. Niet afwentelen betekent in dit geval dat er geen wateroverlast op andere plekken ontstaat door de ontwikkeling.

De drooglegging van 1 meter onder wegen en 1,2m onder woningen zorgt er voor dat geen wateroverlast ontstaat. Zelfs een dergelijke bui als de bui die in de zomer van 2021 in Limburg is gevallen (zeer extreme neerslagsituatie) kan met de voorgestelde bouwhoogten geborgen worden in het gebied zonder dat er schade ontstaat. In extreme situaties kan het wel zijn dat een kruipruimte tijdelijk nat wordt, wanneer dit minder dan 1 keer per 2-5 jaar is heeft dit geen negatieve consequenties. De buien waarmee is gerekend (143mm/24u) komen in 2100 ca. eens per 250-1000 jaar voor (hoog vs laag klimaatscenario).

#### Overstromingen / waterveiligheid

Voor verschillende doorbraaksituaties is uitgerekend wat de bijbehorende maximale overstromingsdiepte is. Voor een overstroming vanuit de Gouwe met alle keringen gesloten (Maeslantkering + Hollandse IJsselkering) worden waterdiepten van maximaal -4,7m NAP verwacht. Met deze waterdiepte blijven wegen en woningen droog. Voor een situatie met open waterkeringen wordt in 2100 een maximale overstromingsdiepte van -2,1m NAP verwacht. Met een verdieping van 2,9m hoog hebben alle woningen met een eerste verdieping tenminste een droge verdieping. De vloer van de 1<sup>e</sup> verdieping komt dan op -1,9m NAP te liggen.

Bij een dijkdoorbraak in geval van 2 meter zeespiegelstijging wordt een maximale overstromingsdiepte van -1,5m NAP verwacht. 1/3<sup>e</sup> van de woningen zal een droge verdieping moeten hebben, zodat bewoners + burens in woningen kunnen schuilen. Daarnaast wordt in kreekdorp een voorziening ingericht als shelter voor ca. 1/3<sup>e</sup> van de woningen.

#### Droogte

Ook in geval van droogte is het van belang dat het gebied zo min mogelijk afwentelt op de omgeving. In dit geval gaat het om het verkleinen van de zoetwatervraag uit het regionale watersysteem, in dit geval de Ringvaart. Met het fluctueren van het peil binnen een bandbreedte van 0,3 en insteek op het vasthouden van water in de kreekrug en watertuinen aan het eind van het natte seizoen is er in het gebied ca. 90 dagen regenwater beschikbaar tot het benedenpeil bereikt wordt. Bij een bandbreedte van 0,5m en het hoogste waterpeil aan het begin van het droge seizoen is er ca. 120 dagen water

beschikbaar. In deze situaties wordt uitgegaan van gemiddelde verdamping inclusief een correctie voor de toename van verdamping door klimaatverandering en geen neerslag, in de praktijk zal er tijdens de zomer ook neerslag vallen.

Wel is de vraag of het bovenpeil altijd bereikt kan worden aan het eind van het natte seizoen. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag die valt en wanneer.

### Hitte

Het groen-blauwe karakter van de woonwijk zal naar verwachting zorgen voor een beperkt hitte eiland effect. Om de gevolgen van hitte te beperken wordt ingezet op het creëren van schaduw in de woonwijk, onder andere door vergroening. Conform het convenant klimaat adaptief bouwen zal tenminste 40-50% van de openbare ruimte schaduw hebben. Deels zal dit gerealiseerd worden door bomen. Wel zal rekening moeten worden gehouden met de locatie van bomen, bladeren in het water hebben een negatief effect op de waterkwaliteit.

### **Specifieke maatregelen**

In het proces zijn diverse maatregelen genoemd, deze hebben een te hoog detailniveau voor deze MER en het VKA maar kunnen in een volgende fase worden meegenomen:

- Tegeltax en afspraken / regels voor inrichting van privé tuinen in verband met een klimaatbestendige toekomst
- Koopcontract: opschrijven dat woningen klimaatbestendig zijn zoals droge verdieping 1<sup>e</sup> verdieping vluchtplek (maar ook tegeltax)
- Veiligheidsregio betrekken in proces voor waterveiligheidsopgave; tijdig initiëren voor verticale evacuatie. Meenemen van deze informatie en keuzes in de rampenplannen.

## 9.2 Nader te onderzoeken

Onderstaande lijst is een groslijst van nader te onderzoeken effecten. Een deel daar van zal los staan van deze MER studie een deel zal in de VKA fase moeten worden opgepakt. In Tabel 9-2 is aangegeven wat te onderzoeken effecten zijn en wat het te verwachten resultaat is. Afhankelijk van het te verwachten resultaat kan bepaald worden of onderzoek moet worden uitgevoerd.

Tabel 9-2 - Te onderzoek effecten - advies

Onderzoek	Fase	Te verwachten resultaat
Uit waterkwaliteitsmetingen komt naar voren dat er veel fosfaat in het oppervlaktewater zit, echter is onduidelijk of dit water via kwel of van afstroming van de landbouwgrond komt. Bij wellen waterkwaliteit meten/monitoren (voor diverse stoffen) draagt bij aan vergroten kennis en toetsen effect van maatregelen.	MER fase Verwerken resultaten bij voorkeur voor keuze VKA. Anders tbv uitwerking en finetunen VKA. Resultaten gereed voor eind zienswijze periode Voorontwerp omgevingsplan.	Het meten van de waterkwaliteit bij wellen geeft een momentopname van de kwaliteit van kwel. In de ideale situatie wordt een langdurige meting gedaan om het precieze effect te toetsen. Meer inzicht in de kwaliteit van kwel geeft inzicht in de noodzaak tot verhogen

		van waterpeilen in het gebied om kwel tegen te gaan.
Bij het verder ophogen van het peil, >-5,8m NAP zal er beperkt oppervlaktewater de grond in kunnen infiltreren. De effecten hiervan op de rest van de Zuidplaspolder zijn naar verwachting minimaal. Een 2D/3D grondwatermodellering zal hier meer duidelijkheid over kunnen geven. Voor een goede modelstudie zijn eerst meer ondergrond gegevens nodig, zoals sonderingen en peilbuisgegevens.	MER Fase Verwerken resultaten bij voorkeur voor keuze VKA. Anders tbv uitwerking en finetunen VKA. Resultaten gereed voor eind zienswijze periode Voorontwerp omgevingsplan.	Dit geeft een beperkt inzicht in de effecten. Er is meer kennis over de bodemopbouw nodig om het effect te duiden. Daar komt bij dat het nemen van bodemmonsters ook slechts een beperkt beeld geeft van de daadwerkelijke situatie.
Het is onvoldoende duidelijk wat de effecten zijn van het verhogen van peilen op de bestaande bebouwing. Witteveen+Bos heeft indicatief bepaald wat vloerpeilen zijn in het gebied. Dit zijn inschattingen geweest op basis van gehanteerde peilen en geen echte inmetingen. Daarnaast is het onduidelijk of er kruipruimtes en kelders aanwezig zijn en wat het effect op verhogen van peilen daar op is. Daarnaast is onzeker wat effecten zijn van hoge waterstanden in de tochten en lage in de polder. Waterstanden variëren door de woning heen.	MER fase opstarten onderzoeken. Resultaten verwerken in waterhuishoudingsplan.	Inmeten vloerpeilen en onderzoek naar kelders, kruipruimtes en bouwwijzen is noodzakelijk om in te schatten of mitigerende maatregelen nodig zijn voor verschillende woningen.
Verkennen wat effect is op opmalingen voor lint- en bestaande bebouwing bij peil van -6,2m NAP of hoger in Groene schakel. Er is een verkennende analyse gemaakt van het verschil van het ophogen van peilen in deze MER studie. Een verdiepende analyse is nodig inclusief vloerpeilen (Zie boven) om daadwerkelijke effecten aan te tonen.	Gezien het proces in deze MER zal naar waarschijnlijkheid de groene schakel niet direct meegaan in peilwijzigingen. De actie van het inmeten van vloerpeilen en opbouw woningen kan daarmee verplaatst worden naar de fase na de MER.	Aanvullend op inmeten vloerpeilen is een analyse nodig van de effecten. Dit is noodzakelijk om effecten te duiden.
Groene Waterparel: Ondanks de gunstige omstandigheden neemt de bijzondere vegetatie in het gebied toch af (van Diggelen, Verstijnen, Roelofs, & Smolders, 2020). Mogelijk is dit een effect van het inlaten van gebiedsvreemd water. Precieze details zijn hierover onbekend.	Buiten deze studie / scope	Dit is een proces dat al gaande is. Het is van belang te weten wat er speelt maar de ingreep in het Middengebied staat hier los van.
Het peil in de Groene Waterparel is in de huidige situatie hoger dan in omliggende peilvakken. In alle	MER- voor de VKA. In herfst 2022 worden sonderingen uitgevoerd, waarna het model verfijnd kan worden en kan worden	Een uitsluitsel over of er (significant) effect is van peilstijging in de alternatieven op

<p>alternatieven zal dit omwisselen, het peil in omliggende peilvakken wordt dan hoger. Dat kan effect hebben op de Groene Waterparel, door uitstraling van stijghoogten in het watervoerend pakket of door een verandering in kwel. Om het effect te kunnen inschatten moet een 2D-modellering worden uitgevoerd.</p>	<p>vastgesteld of en hoe maatregelen nodig zijn.</p>	<p>waterkwaliteit en – kwantiteit in de Groene waterparel.</p>
<p>Veel veenoxidatie heeft in het verleden al plaatsgevonden, ook is er ontveend. Het plangebied kent daarom weinig plekken waar veen nog aan het oppervlak ligt. Onderzoek zal aan moeten tonen wat er nog aan veen is en wat het effect is op veenoxidatie en bodemdaling.</p>	<p>In het MER is een kaart met de beschikbare info gegeven. Eind 2022 wordt meer informatie over bodemopbouw ingewonnen. Hoe eerder dit verwerkt wordt hoe beter de keuzes zijn die gemaakt worden. Bij hoogteligging wel rekening houden met autonome zettingen, marge aanhouden.</p>	<p>Bij het opzetten van peilen is de kans op veenoxidatie klein. De bodem is gemêleerd in het gebied. Er zullen veel metingen nodig zijn om opbouw door het gebied in kaart te brengen.</p>
<p>De verwachting is dat bebouwing in de omgeving geen overlast ondervinden van het ophogen van peilen. Monitoring en vervolgonderzoek zal dit uit moeten sluiten.</p>	<p>uitvoeringsfase</p>	<p>Aan de hand van een modellering kan meer inzicht gegenereerd worden in de effecten van ophoging. Hiervoor is meer informatie nodig over de bouwwijzen van woningen en bodemopbouw. Voor en tijdens de uitvoeringsfase zal monitoring noodzakelijk zijn.</p>
<p>Er wordt gesproken over het lokaal gebruiken van hout vanuit het bos voor het bouwen van woningen. Er zal onderzocht moeten worden welke waterpeilen bij welke soorten bomen passen om te zien of deze wens haalbaar is</p>	<p>MER fase, uitwerking VKA,</p>	<p>Wanneer wenselijk kan dit in de MER fase verder worden onderzocht. Het groeien van bomen is afhankelijk van waterpeilen. Waterpeilen moeten dus op basis van deze doelstellingen worden aangepast.</p>
<p>Het effect van het verhogen van waterpeilen op de omgeving (buiten plangebied en in groene waterparel) is onzeker. Peilbuismetingen in en om het plangebied kunnen dit effect goed in beeld brengen na ophogen peilen.</p>	<p>Vervolgfase</p>	
<p>W+B rapport (aangescherpt) advies: waterkwaliteit verschil in droge zomer tussen water uit de Ringvaart (optie A uit W+B rapport) versus aanvoer via een persleiding met water uit de Hollandsche IJssel (optie B). Onderzocht moet worden wat effect is van de waterkwaliteit en het effect op de functies in het gebied. Daarnaast kan de</p>	<p>MER fase opstarten, resultaten in waterhuishoudingsplan</p>	

mogelijke waterbuffer in het energielandschap een bijdrage leveren.

Effect waterkwaliteit van afvoer stedelijk gebied, verwacht wordt dat kwaliteit beter wordt door o.a. bodempassages. Effect onderzoeken van afvoer via 4<sup>e</sup> tocht of via 2<sup>e</sup> tocht af te voeren.

MER fase Opstarten, resultaten in waterhuishoudingsplan

Verdere verbinding met EVZ leggen voor uitwerking fasering groene schakel. Link leggen met doelsoorten en doelbereik in combinatie met doelen voor versimpelen watersysteem en transitie gebied.

MERfase opstarten, resultaten in vervolgfase, uitwerking Groene Schakel

Fasering wordt meegenomen in VKA.

Concept

## 10. Effectbeoordeling VKA

### 10.1 Inleiding

PM: Centraal aanleveren een inleiding waarin wordt gelicht hoe het VKA is samengesteld en wat in dit hoofdstuk wordt gedaan.

### 10.2 Effectbeoordeling VKA

Per thema kort beschouwen en beoordeling, waar mogelijk verwijzen naar hoofdstukken waar beschouwing en effect beschreven is. Uitgaande dat we cherry-picken uit verschillende alternatieven.

### 10.3 Leemten in kennis

Vervolgonderzoek

### 10.4 Discussie

- Kwel: met peil van -5,8m NAP moet water worden aangevoerd vanuit de omgeving. Dit drukt op de waterbeschikbaarheid van de Ringvaart. Mogelijkheid om naar lager waterpeil te gaan.
- Lager waterpeil leidt tot minder hoogte voorwaterveiligheid bij overstromingen.
- NBW normen en maaiveldcriterium: normen die nu gelden,

### 10.5 Advies voor verdere detaillering en uitwerking plannen

Detaillering/advies

Een mogelijkheid is het alternatieve inrichten van woningen waarbij verblijfsruimtes als woonkamer, slaapkamer etc. vanaf 1e verdieping en hoger komen. Op de begane grond kun je dan denken aan (bij)keuken, sanitair (badkamer, wc), berging en parkeren. Het anders inrichten van woningen is niet meegenomen in dit alternatief.

Zeg wat je doet – maatregelen verbeteren waterkwaliteit, detaillering:

- Geen honden langs water (opruimplicht)
- Geen bomen langs water.
- onderhoudspaden zodat van de kant kan worden onderhouden.



- Geen tuinen aan het water vanwege beschoeiing en rommel.
- Zorgvuldig afkoppelen via bodempassage.
- Verharde tuinen worden ontmoedigd door communicatie of verdergaand een maximaal aantal tegels of tegeltax.  
Van invloed op verhard oppervlak voor compensatie, bespreekpunt.
- 

Concept

## 11. Bibliografie

- AHN3. (sd). *Actueel Hoogtebestand Nederland*. Opgehaald van Pdok.nl: <https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/41daef8b-155e-4608-b49c-c87ea45d931c>
- ANWB. (2018). *Wat is waadvermogen moderne auto?* n.d.: ANWB.
- BouwAdaptief. (2022). *BouwAdaptief*. Opgehaald van Convenant Klimaatadaptief Bouwen: <https://bouwadaptief.nl/minimale-eisen/hittestress/#lc>
- B-Ware. (2018). *Herstel van een veenvormende veenmosvegetatie op voormalige landbouwgrond in veenweidegebied - eindrapport van het project 'Omhoog met het Veen'*. Nijmegen: Landschap Noord-Holland.
- B-Ware. (2020). *Gericht onderzoek naar behoud en uitbreiding van zwak gebufferde voedselarme vegetaties in de Groene Waterparel*. Nijmegen: Radboud Universiteit Nijmegen.
- CieMER. (2021). *Middengebied Zuidplaspolder (vijfde dorp) - advies over reikwijdte van het milieueffectrapport (projectnr. 3588)*. Den Haag: CieMER.
- Climate Adaptation Services. (2022). *Klimaat-effectenatlas*. Opgehaald van Klimaat-effectenatlas: <https://www.klimaat-effectenatlas.nl/nl/>
- CUR. (2010). *CUR Publicatie 228, Ontwerprichtlijnen door horizontaal belaste palen 2010*. CUR.
- Deltacommissaris. (2022). *Versnellen, Verbinden, Verbouwen, Deltaprogramma 2023*. Den Haag: Staf Deltacommissaris.
- Deltares. (2010). *Overstromingssimulatie Nieuwerkerk*. Delft: Deltares.
- Deltares. (2017, juni 7). *IJzerhoudend grondwater maakt fosfaat minder schadelijk*. Opgehaald van <https://www.deltares.nl/nl/nieuws/ijzerhoudend-grondwater-maakt-fosfaat-minder-schadelijk/>
- Deltares. (2018). *Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning*. Delft: Deltares.
- Deltares. (2020). *Voorbelasting middengebied Zuidplaspolder*. Delft: Deltares.
- Deltares. (2021, november). *Wat als 'de waterbom' elders in Nederland was gevallen?*. Opgehaald van [publications.deltares.nl](https://publications.deltares.nl/): [https://publications.deltares.nl/11206890\\_010\\_0006.pdf](https://publications.deltares.nl/11206890_010_0006.pdf)
- Gemeente Woerden, H. P. (2019). *Veenetië - een onderzoek naar de haalbaarheid van drijvend bouwen in veenweidegebied*. Woerden: Gemeente Woerden.
- Goudriaan, R., de Louw, P., & Kramer, M. (2011). *Lokaliseren van zoute wellen in de Haarlemmermeerpolder. H2O - platform*.
- Green Cities. (2019, 06 28). *Bomen tegen hitte: top 10 van hittestress en droogte bomen*. Opgehaald van Green Cities europe: <https://nl.thegreencities.eu/bomen-tegen-hitte-top-10-van-hittestress-en-droogte-bomen/>

- HHSK. (2012). *Beleid waterberging bij ruimtelijke ontwikkelingen*. Opgehaald van overheid.nl: <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR273133>
- HHSK. (2021). *Adviesnota Waterkwaliteitsdoelen Overig Water - Waterkwaliteitsdoelen niet KRW-wateren voor de periode 2022-2027*. Rotterdam: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard.
- HHSK. (2021). *Toelichting peilbesluit Zuidplaspolder*. Rotterdam: HHSK.
- HHSK. (2021). *Waterkwaliteitsrapportage 2021*. Opgehaald van [https://www.schielandendekrimpenerwaard.nl/kaart/waterkwaliteit/waterkwaliteitsrapportages/wklrap\\_2021/](https://www.schielandendekrimpenerwaard.nl/kaart/waterkwaliteit/waterkwaliteitsrapportages/wklrap_2021/)
- HKV. (2015). *Eindrapport Randvoorwaarden Verticaal Evacueren - definitief*. Den Haag: WODC.
- HKV. (2022). *Overstromingsscenario's Zuidplaspolder, D-Hydro berekeningen Hollandse IJssel en Gouwe*. Lelystad: HKV.
- Hogeschool van Amsterdam. (2022). *Kenniscentrum Techniek - Bomen*. Opgehaald van <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/bomen.html>
- <https://meteobase.nl/>. (2022). *meteobase.nl*. Opgehaald van [meteobase.nl](https://meteobase.nl/)
- HvA. (2020). *De hittebestendige stad - Een koele kijk op de inrichting van de buitenruimte*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- HvA, KuiperC. (2020). *Coolkit*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- KennisprogrammaBodemdaling. (2018). *Omhoog met het veen*. Opgehaald van <https://www.kennisprogrammabodemdaling.nl/home/wp-content/uploads/2019/03/Omhoog-met-het-veen-dec-2018.pdf>
- Klunder, G., Terbruggen, S., Mak, J., & Immers, B. (2009). *Lare-scale Evacuation of the Randstad - Evacuation Simulations with the Dynamic Traffic Assignment Model Indy*.
- KNMI. (2015). *KNMI14 klimaatscenario's - kerncijfers*. Opgehaald van KNMI Nederland Nu: [https://www.knmi.nl/nederland-nu/KNMI14\\_klimaatscenarios/kerncijfers](https://www.knmi.nl/nederland-nu/KNMI14_klimaatscenarios/kerncijfers)
- KNMI. (2015). *KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland*. Opgehaald van KNMI: <https://knmi.sitearchief.nl/?subsite=klimaatscenarios#archive>
- KNMI. (2021). *Klimaat signaal '21 - hoe het klimaat in Nederland snel verandert*. De Bilt: KNMI.
- KNMI. (sd). *Verdamping in Nederland*. Opgehaald van KNMI: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/verdamping-in-nederland#:~:text=Aan%20het%20begin%20van%20het,de%20verdamping%20een%20geringe%20invloed.>
- KuiperCompagnons. (maart 2021). *Masterplan Middengebied Zuidplaspolder: Een nieuw dorp in een vernieuwend landschap*. KuiperCompagnons.
- Min I&W. (2022, maart 22). *Specials I&W*. Opgehaald van [2- Een veilige en klimaatbestendige Delta: https://magazines.rijksoverheid.nl/ienw/ienw-specials/2022/13/hoofdstuk-2](https://magazines.rijksoverheid.nl/ienw/ienw-specials/2022/13/hoofdstuk-2)
- MinI&W. (2022). *Beleidsprogramma Infrastructuur en Waterstaat*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Omgevingsdienst Midden-Holland. (2022, mei 16). *Atlas Omgevingsdienst Midden-Holland*. Opgehaald van [atlast ODMH: https://atlas.odmh.nl/html5viewer/index.html?viewer=Atlas.Atlas&layerTeme=Bodem](https://atlas.odmh.nl/html5viewer/index.html?viewer=Atlas.Atlas&layerTeme=Bodem)
- Rijksoverheid. (2009). *Nationaal Waterplan 2009 - 2015*. Den Haag: Rijksoverheid.

- Rijksoverheid. (2012). Wet Bouwbesluit. *BWBR - 0030461*.
- Rijkswaterstaat. (2022, mei 17). *Atlas Leefomgeving - Verken en ontdek je leefomgeving*. Opgehaald van Atlas Leefomgeving - Verken en ontdek je leefomgeving:  
<https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&activateOnStart=info,layermanager&gm-x=150000&gm-y=460000&gm-z=3&gm-b=1544180834512,true,1;1609839926010,true,1&activeTools=layercollection,search,info,bookmark,measure,d>
- Rijkswaterstaat. (2022, mei 17). *Bodemloket Een initiatief van gemeenten, provincies en het Rijk*. Opgehaald van Kaart:  
<https://www.bodemloket.nl/kaart>
- risicokaart.nl. (sd). *inzicht in veiligheid*. Opgehaald van  
<https://www.risicokaart.nl/>
- RIVM. (n.d.). *Hitte*. Opgehaald van  
<https://www.rivm.nl/hitte#:~:text=Langdurig%20aanhoudende%20hitte%20kan%20leiden,uitdroging%20en%20oververhitting%20een%20risico.>
- Royal HaskoningDHV. (oktober 2018). *Factsheet Klimaatverandering; Leefomgevingstoets omgevingsvisie Zuid-Holland*.
- Royal HaskoningDHV. (2018, Oktober 19). *Leefomgevingstoets omgevingsvisie Zuid-Holland*. Opgehaald van Leefomgevingstoets omgevingsvisie Zuid-Holland:  
<https://rhk.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=8f8d1cd6259a4595a5fbf7da9112ad>
- RoyalHaskoningDHV. (2018). *Factsheet Klimaatverandering. Leefomgevingstoets omgevingsvisie Zuid-Holland. Amersfoort: RoyalHaskoningDHV*.
- SkyGeo. (2022). *Bodemdalingskaart 2.0*. Opgehaald van Bodemdalingskaart portal:  
<https://bodemdalingskaart.portal.skygeo.com/portal/bodemdalingskaart/u2/viewers/basic/>
- SkyGeo. (n.d.). *Bodemdalingskaart*. Opgehaald van  
<https://bodemdalingskaart.portal.skygeo.com/portal/bodemdalingskaart/u2/viewers/basic/>
- Stowa. (2007). *De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater (2007-21)*. Utrecht: Stowa.
- Stowa. (2009). *Handreiking natuurvriendelijke oevers*. Utrecht: Stowa.
- Stowa. (2009). *Handreiking natuurvriendelijke oevers*. Utrecht: Stowa.
- Stowa. (2017). *Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen*. Amersfoort: Stowa, ob+n.
- Stowa. (2022, maart). *Droogte en hitte in de stad*. Opgehaald van Stowa, Aanpassen aan klimaatverandering, Deltafacts:  
<https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/aanpassen-aan-klimaatverandering/droogte-en-hitte-de-stad>
- Stowa. (n.d.). *Kwaliteit afstromend oppervlaktewater - grote verschillen*. Stowa.
- Sweco Nederland. (2022, mei 17). *AMBER*. Opgehaald van AMBER:  
<https://sweco.geowebonline.nl/GeoWeb56/index.html?viewer=AMBER#>
- Takács, Á. K. (2016). *Microclimate modification by urban shade trees – an integrated approach to aid ecosystem service based decision-making*. Procedia Environmental Sciences.
- van den Dool, C., & Valkenburg, L. (2022). *Leidraad Klimaatadaptief bouwen 2.0 - stap voor stap klimaatadaptief*. Dan Haag: Provincie zuid-holland.

- van Diggelen, J., Verstijnen, Y., Roelofs, J., & Smolders, A. (2020). Uniek verschijnsel in de Groene Waterparel. *Landschap 2020/2*, 86-97.
- Waterforum. (2020, december 21). *Decentrale afvalwaterzuivering biedt oplossing voor lokale watertekorten in Limburg*. Opgehaald van Waterforum : <https://www.waterforum.net/nieuw-decentraal-afvalwaterzuiveringsconcept-om-watertekort-tegen-te-gaan/>
- Witteveen+Bos. (2021). *Inschattingen vloerpeilen van huidige bebouwing Middengebied, Zuidplas*.
- Witteveen+Bos. (2021). *Provinciale MER, Bijlage VII - Effectbeoordeling thema klimaat, water bodem*. Den Haag: Provincie Zuid-Holland.
- Witteveen+Bos. (2021). *Provinciale MER, Bijlage VII - Effectbeoordeling thema klimaat, water, bodem*. . Den Haag: Provincie Zuid-Holland.
- Witteveen+Bos. (2022). *Gebiedsontwikkeling Middengebied Zuidplaspolder, Advisering water en bodem voor het stedenbouwkundig casco Middengebied Zuidplaspolder*. Rotterdam: Witteveen+Bos.
- Witteveen+Bos. (2022). *Middengebied Zuidplaspolder; MER Herziening provinciaal omgevingsbeleid*. Deventer: Witteveen+Bos.

Concept

## Bijlage I: Alternatieven tabel

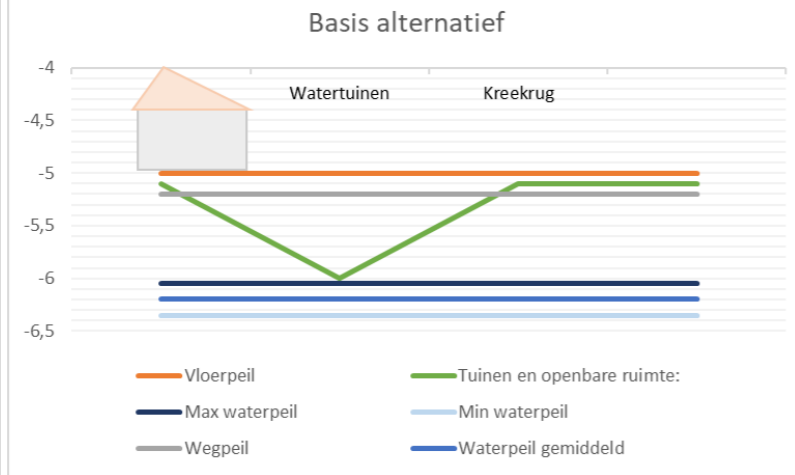
Concept

### Alternatieven na aanpassing

Onderstaande omschrijvingen zijn aangescherpte omschrijvingen, het grootste deel is hetzelfde als bij de eerdere versie. De belangrijkste wijziging zijn de peilen en de daarbij horende aanpassingen. Vloerpeilen, wegpeilen en hoogte van tuinen zijn peilen na restzetting. Om uit te komen op de peilen in de alternatieven zal restzetting in de aanleghoogte mee moeten worden genomen. De totale bodemdaling in de toekomst bestaat uit autonome bodemdaling en restzetting van opgehoogde grond. De autonome bodemdaling is gemiddeld naar inschatting 5mm/jaar voor het gebied, voor de Kreekrug zal dit minder zijn, naar schatting 2mm/jaar. De precieze duiding is op basis van de beschikbare data niet te maken. Daarnaast komt een restzettingseis, een gemiddelde hoeveelheid in deze regio is ca. 20cm/ 30 jaar. Om schade aan objecten te voorkomen en meer toekomstbestendig in te richten kan uit gegaan worden van een minimale restzetting van 10cm/60 jaar. Er zal dan meer voorbelasting nodig zijn.

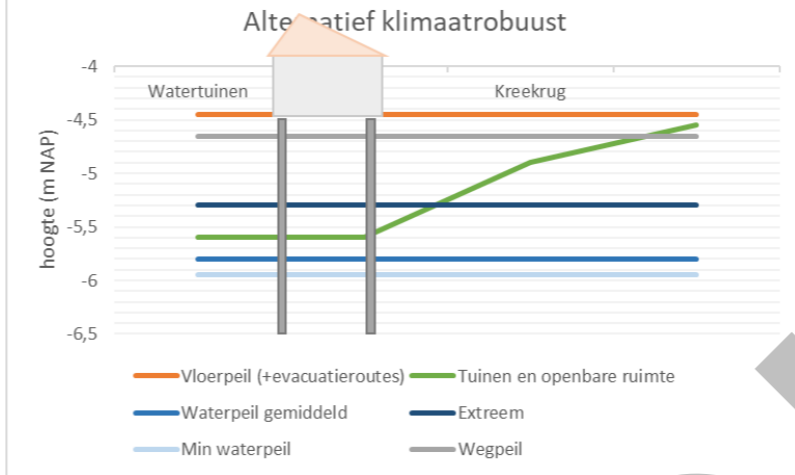
	<p><b>Basisalternatief</b></p> <p>In veel gevallen wordt hierin het vigerende beleid gehanteerd, wel wordt het convenant klimaatadaptief bouwen meegenomen.</p> <p>Op basis van dit alternatief constateren we hoe meer standaard oplossingen scoren op gebied van lange termijn klimaateffecten en bodemdaling. Er is rekening gehouden met een drooglegging van 1,2 meter. En het door Witteveen+Bos geadviseerde waterpeil van -6,2m NAP met +/- 15cm fluctuatie (Witteveen+Bos, 2022). In het Masterplan wordt omschreven dat verschillende bouwvormen kunnen worden verkend voor de Watertuinen, de suggestie van wegen op terpen wordt gegeven, dit wordt in dit alternatief wat breder getrokken door ook woningen op terpen te zetten. Met een voorgestelde woningdichtheid van 27 woningen per hectare zullen woningen geclusterd op grotere terpen terecht moeten komen. Tuinen zullen daarmee aflopend zijn van op de terp naar laag niveau en op het laagste niveau een lage ontwateringsdiepte hebben en in natte perioden vochtig zijn.</p> <p>Hier wordt uitgegaan van een gemiddelde restzetting van 20cm in 30 jaar.</p>	<p><b>Alternatief Maximaal Klimaatrobuust</b></p> <p>Dit alternatief zet maximaal in op het beperken van gevolgschade bij extreme neerslag, wateroverlast en overstromingen. Het uitgangspunt is geen slachtoffers, goede (verticale) evacuatiemogelijkheden, het blijven functioneren van vitale en kwetsbare functies. Er wordt geanticipeerd op herstel om ontwrichting zo veel mogelijk te voorkomen. De eisen vanuit het convenant Klimaatadaptief Bouwen gelden als minimum met als zichtjaar 2050, in dit alternatief wordt vooruit gekeken naar klimaatscenario's van 2100.</p> <p>Het gemiddeld ligt op -5,8m NAP (+/-0,15m), wat in geval van extreme neerslag op mag lopen naar minimaal -5,3m NAP zonder dat er schade optreedt aan objecten en bebouwing en dat water andere peilgebieden beïnvloed. Met een vloerpeil van -4,6 en evacuatiewegen op eenzelfde hoogte zijn woningen. Woningen hebben tenminste een 1<sup>e</sup> verdieping welke droog blijft tijdens een extreme overstroming. Ook vitale voorzieningen worden op tenminste dit peil aangelegd zodat ze zo lang mogelijk blijven functioneren. Tuinen in de Watertuinen zullen overwegend nat zijn, bewoners hebben daarom terrassen en vlonders maar zullen een deel van het jaar de grond onder de woningen niet als tuin kunnen gebruiken, dit zal moerasachtig gebied zijn. De drooglegging voor woningen komt uit op 1,2m uitgaande van het maximale waterpeil om zo veel mogelijk bergingscapaciteit te realiseren. Er wordt ingezet op zo veel mogelijk schaduw mogelijkheden om het effect van hitte te verminderen. Het Energielandschap wordt ingezet als buffergebied om water beschikbaar te hebben in tijden van droogte. Op de Kreekrug is groen verlaagd aangelegd om water in het dichter bebouwde gebied te kunnen opslaan.</p> <p>Hier wordt uitgegaan van een restzetting van 10 cm in 60 jaar (exclusief autonome zetting), er zal meer voorbelasting nodig zijn.</p>	<p><b>Alternatief Groen-blauw raamwerk</b></p> <p>Dit alternatief richt zich op maximaal goede waterkwaliteit en een goede biodiversiteit passend bij het gebied. Door het minimale waterpeil op -5,8m NAP in te stellen wordt kweldruk tegengegaan en wordt zo veel mogelijk voorkomen dat slechte kwel de oppervlaktewaterkwaliteit beïnvloed. Het peil kan fluctueren tussen de -5,8 en -5,3m NAP, het waterpeil fluctueert mee met de natuurlijke omstandigheden.</p> <p>Vegetatie is bestand tegen grote variatie in waterstanden. Leven met water komt met name in de Watertuinen tot uitdrukking door minder ophoging, drijvende woningen en terrassen boven het water. In dit alternatief wordt getoetst hoe een optimale situatie voor natuur en ecologie kan functioneren.</p> <p>Hier wordt uitgegaan van een gemiddelde restzetting van 20cm in 30 jaar.</p>	<p><b>Alternatief circulaire /</b></p> <p>Qua waterpeilen is dit a masterplan alternatief. G gestuurd op minder ophoging van materialen. Omdat we u gewerkt moeten worden ophogen en ontwateren onderhoudskosten te v gebouwd moeten worden krijgen, dit kan kruipruim waterdichte kelderbak.</p> <p>Advies is uit te gaan van (jaar) om verdere daling te verkleinen. Alternatief is verder ver</p>
--	---	--	--	--

**Peilen in bebouwde gebieden (zie excel)**



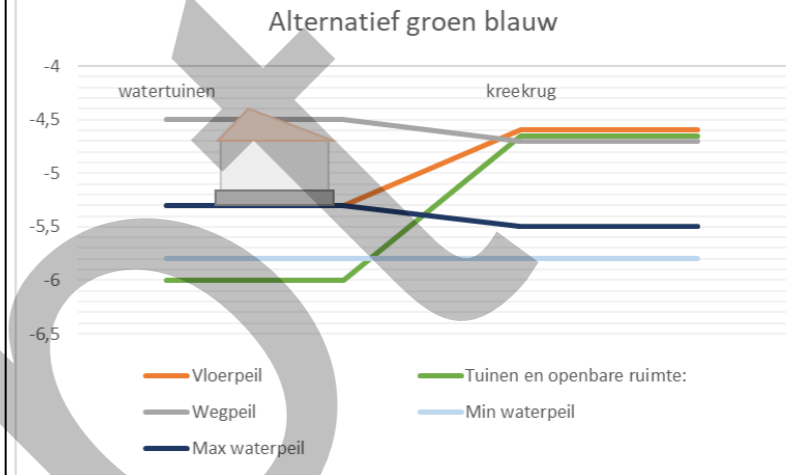
		watertuin	Kreekrug
Vloerpeil		-5	-5
Tuinen en openbare ruimte:		-5,1	-5,1
Wegpeil		-5,2	-5,2
Waterpeil gem.		-6,2	-6,2
Max waterpeil +	0,15	-6,05	-6,05
Min waterpeil -	0,15	-6,35	-6,35
Drooglegging weg t.o.v. <u>gemwp</u>		1	1
Drooglegging woningen t.o.v. <u>gemwp</u>		1,2	1,2

Drooglegging is berekend ten opzichte van het maximale waterpeil. Er wordt uitgegaan van kruipruimtes van 0,5m onder woningen op de Kreekrug. Het bedrijventerrein zal net als de Kreekrug integraal worden opgehoogd.



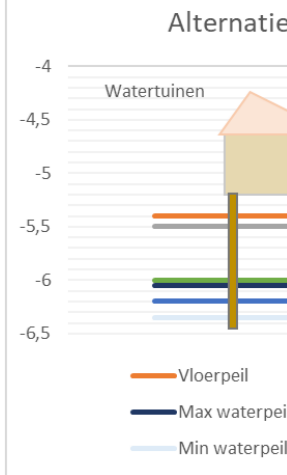
		watertuin	Kreekrug
Vloerpeil (+evacuatie routes)		-4,45	-4,45
Tuinen en openbare ruimte		-5,6	-4,55-4,9
Wegpeil		-4,65	-4,65
Evacuatie routes		-4,45	-4,45
Waterpeil gemiddeld		-5,8	-5,8
Extreem +	0,5	-5,3	-5,3
Max waterpeil +	0,15	-5,65	-5,65
Min waterpeil -	0,15	-5,95	-5,95
Drooglegging weg t.o.v. <u>maxwp</u>		1	1
Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u>		1,2	1,2

Om extra robuust te zijn is de drooglegging bepaald ten opzichte van het maximale waterpeil. Er wordt uitgegaan van kruipruimtes van 0,5m voor woningen op de Kreekrug. Het bedrijventerrein zal net als de Kreekrug integraal worden opgehoogd.



		watertuin	Kreekrug
Vloerpeil:		-5,3	-4,6
Tuinen en openbare ruimte:		-6	-4,65
Wegpeil:		-4,5	-4,7
Max waterpeil		-5,3	-5,5
Min waterpeil		-5,8	-5,8
Drooglegging weg t.o.v. <u>maxwp</u>		0,8	0,8
Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u>	nvt		0,9

Het uitgangspunt is geen/waterdichte kruipruimtes op de Kreekrug. Het bedrijventerrein zal net als de Kreekrug integraal worden opgehoogd.



		watertuin	Kreekrug
Vloerpeil			
Tuinen en openbare ruimte			
Wegpeil			
Waterpeil			
Max waterpeil			
Min waterpeil			
Drooglegging weg t.o.v. <u>gemwp</u>			
Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u>			

Het uitgangspunt voor de het aanleggen van wegen zijn geen/waterdichte kruipruimtes. Zoals basisalternatief.

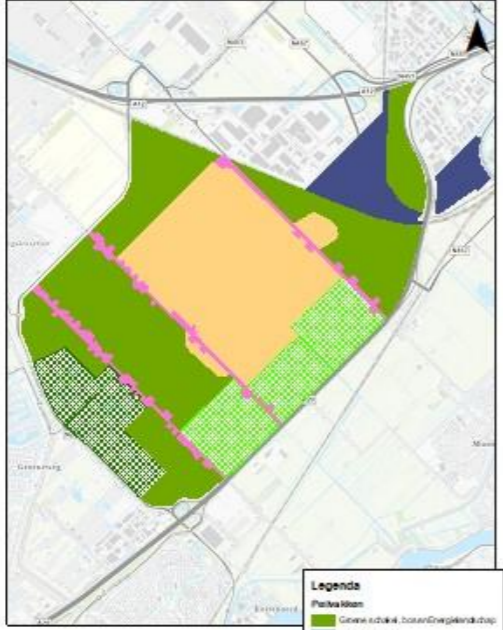
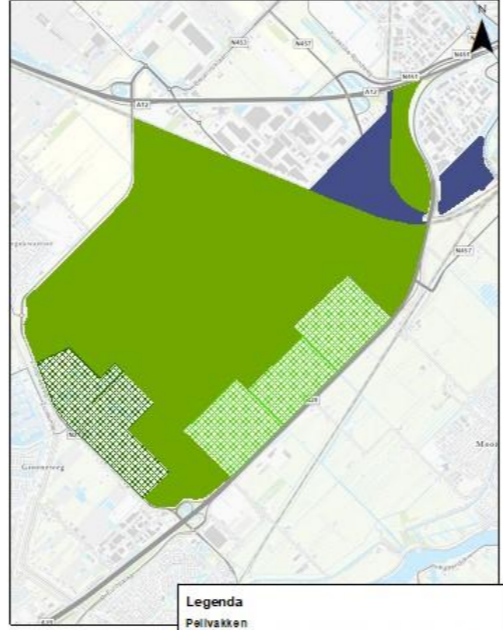
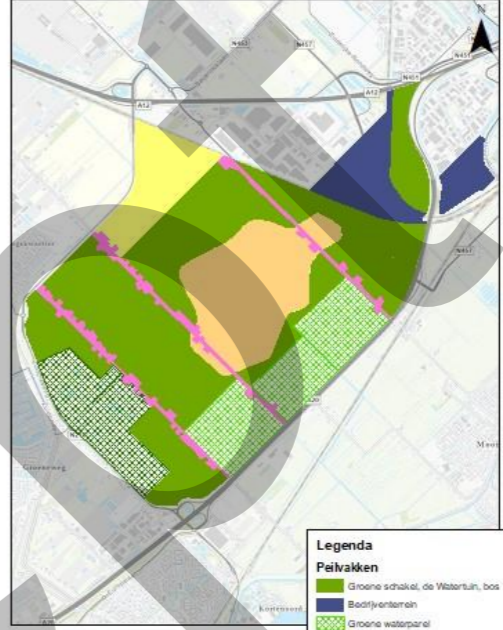
**Peilgebieden en functioneren systeem**

Lintbebouwing in aparte peilvakken. In de Groene Waterparel worden geen aanpassingen gemaakt, dit zijn nu aparte peilvakken. Kreekrug en Watertuinen functioneren samen als één peilvak. In dit alternatief bestaat het watersysteem >10 peilvakken. De Kreekrug en watertuin, bedrijventerrein, Groene Waterparel, de Groene schakel, het Energielandschap, het Willem I bos en de stroken lintbebouwing vormen elk een peilgebied. De lintbebouwing vormt minstens drie peilvakken, langs de Tweede, Derde en Vierde Tocht. Dit wordt waarschijnlijk meer, omdat de verschillende vloerpeilen binnen de lintbebouwing te accommoderen.

Maximaal drie peilvakken; industrie/ bedrijventerrein, de Groene Waterparel en de rest van het gebied. De Kreekrug, watertuin vormen een peilvak met de rest van het gebied. Het gebied van Groene schakel en Watertuinen functioneren samen als vochtige bergingsgebieden. Andere peilvakken (lintbebouwing en andere bebouwing) worden opgenomen in groter geheel in geleidelijk proces. Ook industrie wordt opgehoogd naar dezelfde vloer en wegpeilen als de Kreekrug om bestand te zijn tegen overstromingen en extreme wateroverlast.

In belang van natuurontwikkeling wordt de Groene Waterparel als eerste gevoed met regenwater, het gebied blijft verder functioneren zoals het nu doet. Daarna wordt water opgeslagen in Energielandschap voor droge periodes. Hierna gaat water richting het peilvak van de Watertuinen en Groene schakel. Water van de Kreekrug wordt afgevangen en gefilterd met bodempassages en afgevoerd naar omliggende gebieden. In dit alternatief bestaat het watersysteem dus uit negen of meer peilvakken. Kreekrug, bedrijventerrein, Groene Waterparel, buitengebied, Energielandschap en lintbebouwing vormen elk een peilvak. De lintbebouwing vormt minstens drie peilvakken, langs de Tweede, Derde en Vierde Tocht, maar waarschijnlijk meer om de verschillende vloerpeilen van de huidige bebouwing te accommoderen.



				
<p><b>Waterberging</b></p>	<p>15% van de openbare ruimte wordt gereserveerd voor waterberging in groene zones en waterpartijen. Er wordt geen nieuw water gegraven om de kans op opbarsten te verkleinen.</p>	<p>Huidig maaiveld telt als vochtige berging. In het grootste deel van het gebied kan gedurende het hele jaar water worden geborgen. Op de Kreekrug wordt openbaar groen verlaagd aangelegd voor extra waterberging.</p>	<p>Regenwater wordt zo veel mogelijk vastgehouden in het gehele gebied ter bevordering van de waterkwaliteit. In het Energielandschap (drijvende zonnepanelen of windmolens) wordt water langer vastgehouden voor droge periodes.</p>	<p>Zoals basisalternatief.</p>
<p><b>Waterkwaliteit / grondwater</b></p>		<p>Door de stijghoogte van het kwelwater op -5,8m is het waterpeil hoger ingestoken, dit zorgt voor een optimale hoeveelheid waterberging doordat het oppervlaktewater het grootste gedeelte van het jaar niet wordt aangevuld door kwelwater.</p>	<p>Door het hoge waterpeil wordt kwelwater zo veel mogelijk weggedrukt. Kwelwater is van slechte kwaliteit. Dit heeft een positief effect op de grondwaterkwaliteit.</p>	<p>Zoals basisalternatief.</p>
<p><b>Bestaande bebouwing</b></p>	<p>Groene schakel is transformatiegebied, bestaande bebouwing aangepast of geamoveerd. Lintbebouwing blijft.</p>	<p>Bestaande woningen, inclusief lintbebouwing gaat mee in te maken/nieuwe peilvakken. Door de tijd zullen bij renovatie, verkoop of sloop peilvakken opgenomen worden in het grotere geheel. Woningen worden geamoveerd of opgevijseld.</p>	<p>Bestaande woningen, inclusief lintbebouwing gaat mee in te maken / nieuwe peilvakken. Door de tijd zullen bij renovatie, verkoop of sloop peilvakken opgenomen worden in het grotere geheel. Woningen worden geamoveerd of opgevijseld.</p>	<p>Zoals basisalternatief.</p>
<p><b>Bouwwijze</b></p>	<p>Traditionele bouw op Kreekrug op basis van ophogen met zand, in Watertuinen terp achtige constructies.</p>	<p>Op de Kreekrug traditioneel op basis van ophogen met zand. Watertuinen op palen, geen tuinen maar terrassen, eventueel deel om/onder woning openbare tuin, is tevens waterberging.</p>	<p>Kreekrug traditioneel. Watertuinen drijvend. Geen tuinen alleen terrassen boven het water.</p>	<p>De Kreekrug wordt min of meer drooggelegd en ontwaterd. Woningen bijvoorbeeld kelder gebouwd worden met hout gebouwd, op palen.</p>
<p><b>Vegetatie</b></p>	<p>Diverse vegetatie om robuustheid te vergroten.</p>	<p>Divers, veel verschillende soorten, moet tegen grote peilfluctuaties kunnen. Bomen met veel schaduw/grote bladeren. Op Kreekrug moeten bomen ook tegen droge voeten kunnen. Groene zones op de Kreekrug wordt lager aangelegd om waterberging te vergroten.</p> <p>Oevers worden veelal gemaaid om stroming voor afvoer en verdeling water te bevorderen.</p>	<p>Bomen moeten tegen natte voeten kunnen, wilgen zijn een soort die goed in het landschap past. Kreekrug taluds van 1:3 en in grotere watergangen NVO's. Watertuinen flauwe taluds (1:5) en alles NVO's.</p> <p>Door het voormalig gebruik van de grond als landbouwgrond zal er veel nalevering zijn van fosfaat uit de bodem. Natte natuur en vegetatie zal hierop aangepast moeten worden.</p>	<p>Zoals basisalternatief.</p>

Overig		Vitale voorzieningen hoger aanleggen, ook evacuatieroutes. Om herstel te bevorderen.		
--------	--	--	--	--

Concept

# Concept

# Bijlage II: Waterbalans

## Notitie

Onderwerp: Waterbalans Zuidplaspolder	
Projectnummer: 51007971	
Referentienummer: Referentienummer	
Datum: 08-07-2022	

### Inleiding

De Zuidplaspolder in Zuid-Holland, gelegen vlakbij Rotterdam en Gouda, wordt opnieuw ingericht. Voor de inrichtingsvarianten is van belang een inschatting in de hoeveelheid kwel te hebben. Om dit te bepalen, is een waterbalans opgesteld. In deze notitie wordt deze waterbalans toegelicht.

Een overzicht van het gebied is weergegeven in Bijlage 1.

### Achtergrond informatie

#### **Bronnen**

De benodigde informatie voor de waterbalans, is afkomstig van de volgende bronnen:

- [1] Maaiveldhoogte: AHN4, via PDOK
- [2] Bodemopbouw: REGIS II, via DINOloket
- [3] Gemiddelde grondwaterstanden: Landelijk Hydrologisch Model, via Grondwatertools
- [4] Gemeten grondwaterstanden: via DINOloket
- [5] Metingen stijghoogte: Oplevering monitoring grondwaterstanden, Wareco, kenmerk BK32D NOT20200706, d.d. 27 juli 2020.
- [6] Peilvakken: Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard ([www.hhsk.nl](http://www.hhsk.nl))
- [7] Uitmaling: Data van het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK)
- [8] Gebiedsontwikkeling Middengebied Zuidplaspolder - Advisering water en bodem, Witteveen+Bos, d.d. 18 februari 2022, referentie 127814/22-002.407.

#### **Maaiveldhoogte**

Het maaiveld ligt tussen ca. NAP -5,5 m en NAP -6,5 m. De maaiveldhoogte [1] is weergegeven in Bijlage 2.

#### **Bodem**

In Tabel 11-1 is de algemene bodemopbouw volgens TNO gegevens via DINOloket geschematiseerd weergegeven.

De opbouw van de deklaag is bepaald met behulp van de Bodemkaart 2019 via Bodematlas. De deklaag bestaat uit moerige gronden, veengronden en zeekleigronden. Dit is ook weergegeven in Bijlage 3. De dikte van de deklaag is variabel. In bijlage 7a is de dikte van de deklaag weergegeven, in bijlage 7b het niveau van de onderkant deklaag.

**Tabel 11-1 Overzicht van de geohydrologische formaties en parameters**

Bovenkant (m +NAP)	Onderkant (m +NAP)	Samenstelling	Formatie	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen* (m <sup>2</sup> /dag)	weerstand (dagen)
-5,6	-12,6	Veen-, zeeklei-, en moerige gronden		Freatisch pakket		
-12,6	-29,6	Midden en grof zand	Kreftenheye	Watervoerend pakket	700 - 800	
-29,6	-37,6	Midden en grof zand	Urk	Watervoerend pakket	300-400	
-37,6	-43,8	Grof zand	Sterksel	Watervoerend pakket	250-300	
-43,8	-47,6	Midden, fijn, grof zand	Stramproy	Watervoerend pakket	20-25	
-47,6	-56,0	Zandige klei	Waalre			1200

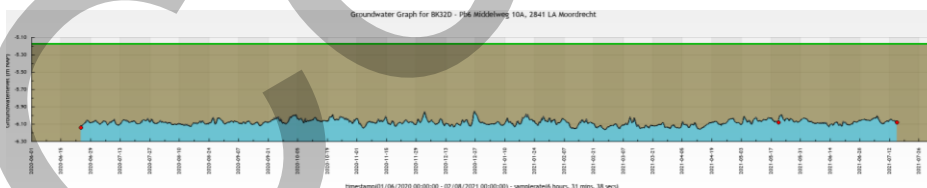
\* op basis van REGIS II v2.2 gegevens

## Grondwater

In een laaggelegen polder wordt de grondwaterstand bepaald door het polderpeil. In natte periodes zal de grondwaterstand hoger zijn dan het polderpeil, in droge periodes kan de grondwaterstand onder het polderpeil uitzakken.

De gemiddelde grondwaterstand in de deklaag is bepaald met behulp van het Landelijk Hydrologisch Model. Hieruit bleek dat de gemiddelde grondwaterstand in het gebied ca. NAP -6,0 m tot NAP -6,5 m is.

De gemiddelde stijghoogte van de diepere ondergrond (Pleistocene) is bepaald op ca. NAP -6,0 m [4&5]. De maatgevend hoge stijghoogte is NAP -5,9 m. De hoogste stijghoogte gemeten is NAP -5,8 m. De maatgevend lage stijghoogte is NAP -6,4 m. Het is opvallend dat er weinig variatie in de stijghoogte aanwezig is. Voor elke peilbuis blijven de metingen binnen een bandbreedte van ca. 20 cm. Ook de verschillen tussen de verschillende meetpunten is gering.



Figuur 11-1: Meetreeks stijghoogte PB6 aan de Middelweg 10A

Deze gemiddelde grondwaterstanden zijn weergegeven in weergegeven in Bijlage 4a en 4b.

## Oppervlaktewater

Er zijn meerdere oppervlaktewatervgangen in en rondom het gebied. De peilen hiervan worden gehandhaafd volgens de peilvakken [5] weergegeven in Bijlage 5. Uit de kaart blijkt dat er veel kleine onderbemalingsgebiedjes zijn met peilen variërend van NAP -6,0 m tot NAP -7,45 m.

## Werkwijze

### Verzamelen gegevens

Om een waterbalans op te stellen, is informatie nodig over alle watertoevoer en -afvoer in het gebied. Hiervoor zijn verschillende gegevens nodig:

- **Grondwaterstanden**  
De grondwaterstanden zijn bepaald aan de hand van peilbuizen in de omgeving. Op DINOloket zijn een aantal peilbuizen te vinden die in en rondom de Zuidplaspolder staan, hoewel slechts enkele nog recente metingen hebben. Om een beeld te krijgen van de grondwaterstanden, is gekozen om peilbuizen te gebruiken met metingen tot in ieder geval 2011. Op deze manier zijn toch nog enkele peilbuizen met metingen beschikbaar, die met behulp van Menyanthes verlengd kunnen worden 2021. Naast de gemeten grondwaterstanden zijn ook via grondwater tools de grondwaterstanden van het Landelijk Hydrologisch Model gebruikt. Hierbij is gekozen voor de stijghoogtes in Laag 1 (freatisch pakket) en Laag 2 (watervoerend pakket 1)
- **Neerslag en verdamping**  
Voor neerslag en verdamping zijn de KNMI stations Rotterdam (344) en Cabauw (348) gebruikt. De geselecteerde reeks loopt van 1 januari 2000 tot 20 juni 2022.
- **Uitmaling**  
Het debiet van twee gemalen is bekend: gemaal Zuidplas (KGM-128) en gemaal Abraham Kroes Zuidplaspolder (KGM-1A). Dit debiet is elke vijf minuten gemeten in de periode 1 juni 2020 tot en met 31 december 2021.
- **Inlaat**  
De hoeveelheid ingelaten water is niet bekend. Volgens HHSK zijn er minstens 60 inlaten in de polder. Voorlopig is uitgegaan van volgende verloop van de inlaat:

**Tabel 11-2 Aangenomen inlaathoeveelheden**

Maand	Inlaat (mm/dag)	Inlaat (mm/maand)
Januari	0	0
Februari	0	0
Maart	0	0
April	0,5	15
Mei	1	31
Juni	2	60
Juli	2	62
Augustus	2	62
September	1	30
Oktober	0,5	15,5
November	0	0
December	0	0

- **Landgebruik en gewasfactoren**  
Het landgebruik is bepaald met behulp van LGN6. Aan de hand van het landgebruik zijn de bijbehorende gewasfactoren bepaald. Deze zijn weergegeven in Bijlage 1. Voor landgebruikstypen waarvoor geen

gewasfactor bekend was, is gekozen voor de factor van een soortgelijk landgebruikstype.

### Inzicht in systeem

De verzamelde data is vervolgens met behulp van ArcGIS in kaarten weergegeven, om inzicht te verkrijgen in de werking van het systeem. Het gaat om de volgende kaarten:

- |                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| • Overzicht                          | Bijlage 1      |
| • Maaiveldhoogte                     | Bijlage 2      |
| • Bodemopbouw                        | Bijlage 3      |
| • Grondwaterstand LHM                | Bijlage 4a, 4b |
| • Peilgebieden                       | Bijlage 5      |
| • Landgebruik                        | Bijlage 6      |
| • Dikte deklaag                      | Bijlage 7a     |
| • Onderkant deklaag                  | Bijlage 7b     |
| • Gemiddelde Grondwaterstand         | Bijlage 8a     |
| • Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand | Bijlage 8b     |
| • Gemiddelde Laagste Grondwaterstand | Bijlage 8c     |
| • Stijghoogtekaart WVP1              | Bijlage 9      |
| • Berekende kwel winter              | Bijlage 10a    |
| • Berekende kwel zomer               | Bijlage 10b    |
| • Kwelkaart winter TNO               | Bijlage 11a    |
| • Kwelkaart zomer TNO                | Bijlage 11b    |

### Verdamping

De verdamping zoals opgehaald van KNMI is de referentiegewasverdamping van gras. Aangezien in de Zuidplaspolder verschillende gewassen en oppervlaktes voorkomen, is de verdamping vermenigvuldigd met een gewasfactor. De gewasfactoren zijn te vinden in Bijlage 9. De gemiddelde gewasfactor per decade is bepaald door de oppervlaktes van de verschillende landgebruiken als weging mee te geven. Voor de periode oktober-maart is gekozen voor een gewasfactor van 1: bomen en planten zullen in deze periode minder schaduw bieden, aangezien zij vaak minder bladeren hebben, en de verdamping zelf is lager door de lagere temperatuur en zonkracht.

### Grondwaterstandsreeksen verlengen

Het debiet van de gemalen is gemeten in de periode 1 juni 2020 tot en met 31 december 2021. De grondwaterstandsreeksen zijn voor deze periode geëindigd, in 2011 en 2019. Om toch de grondwaterstanden in dezelfde periode te kunnen vergelijken als de debietmetingen, is gekozen de reeksen te verlengen met behulp van Menyanthes. Hierbij zijn de neerslag en verdamping als verklarende reeksen gebruikt.

Vervolgens zijn twee peilbuizen, één ten oosten van de Zuidplaspolder en één ten westen, gemiddeld om als gemiddelde grondwaterstand te gebruiken in de Waterbalans.

### Waterbalans

Tot slot is de waterbalans opgesteld. Hiervoor is het jaar 2021 gebruikt. Als variabelen zijn gebruikt:

- Neerslag (+)
- Verdamping (-)

- Inlaat (+)
- Uitmaling (-)
- Kwel/inzijinging (+/-)
- Berging in de bodem.

De waterbalans is met de volgende formule opgesteld:

$$h_2 - h_1 = \frac{p - e + i - u + k}{f}$$

Hierbij zijn  $h_1$  en  $h_2$  de grondwaterstand van de huidige dag en de opvolgende dag,  $p$  is de neerslag,  $e$  is de verdamping (na vermenigvuldiging met de gewasfactor),  $i$  is de hoeveelheid ingelaten water,  $u$  de hoeveelheid uitgemalen water,  $k$  is de kwel (positief) of inzijinging (negatief), en  $f$  is de porositeit van de bodem.

## **Resultaten**

### **Kaarten**

De gemaakte kaarten zijn te vinden in Bijlage 1-11. Een aantal worden hieronder kort toegelicht.

### **Landgebruik**

Op de Landgebruik kaart in Bijlage 6 is te zien dat een groot deel van het gebied bestaat uit grasland. Op enkele percelen wordt maïs en granen verbouwd. Ook bieten, aardappelen en een aantal overige gewassen zijn te vinden. Tot slot vindt ook glastuinbouw plaats, en zijn er een aantal boomkwekerijen.

### **Dikte en onderkant deklaag**

In Bijlage 7a en 7b zijn de dikte en onderkant van de deklaag te zien. Het gaat om een holocene complexe deklaag, die zich in dit gebied van maaiveld tot een diepte van ca. NAP -16 a NAP -13 m bevindt. De dikte varieert tussen ca. 6,5 tot 9,5 m in de Zuidplaspolder.

### **Gemiddelde (hoogste/laagste) grondwaterstand**

In deze kaarten (Bijlage 8a, 8b en 8c) zijn alleen de gemeten grondwaterstanden in het freatisch pakket weergegeven. De meeste peilbuizen in en rondom de Zuidplaspolder laten een gemiddelde grondwaterstand van tussen de NAP -6,25 m en NAP -5,75 m zien. In het zuiden zijn er een aantal met een gemiddelde grondwaterstand van NAP -6,25 m en dieper. In het zuidwesten laat peilbuis B38A2641 een gemiddelde grondwaterstand van boven NAP -5,25 m zien, maar deze staat in een bebouwd gebied met een hoger gelegen maaiveld, waar veel oppervlaktewater te vinden is.

De gemiddeld laagste grondwaterstand is bij de meeste peilbuizen ca. NAP -6,0 tot NAP -6,5 m NAP. Ook hier is in het zuiden een iets lagere grondwaterstand te zien, en heeft B38A2641 juist een hogere grondwaterstand.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand ligt bij de meeste peilbuizen tussen ca. NAP -5,75 m en NAP -6,0 m. In het zuiden is deze iets lager, tot ca. NAP -6,5 m.

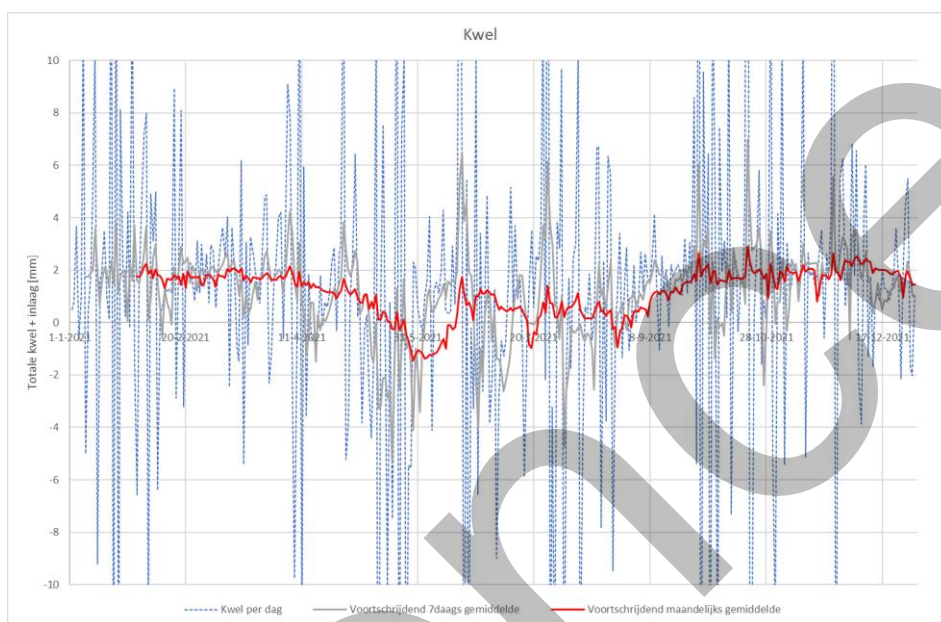
### **Stijghoogtekaarten**



In Bijlage 9 is te zien dat de stijghoogte in Laag 1 (NAP -2,76 m tot NAP -8,49 m) in de Zuidplaspolder varieert rond NAP -6,0 à -6,5 m, met een klein gebied in het oosten van de polder dat iets hoger is. Opgemerkt wordt dat deze kaart is gebaseerd op de metingen van het Dinoloket [4]. De metingen door Wareco [5] laten minder ruimtelijke variatie zien.

### Waterbalans

In Figuur 11-2 is het verloop te zien van de benodigde kwel en inlaat om te komen tot een sluitende waterbalans, waarbij een porositeit van 0,25 gekozen is. Er zijn sterke pieken te zien, maar ook een aantal negatieve waarden. Deze negatieve waarden verdwijnen in het voortschrijdend maandelijks gemiddelde, en zouden te relateren kunnen zijn aan grote (korte) neerslaghoeveelheden.



Figuur 11-2 Totale benodigde hoeveelheid kwel en inlaat

Op basis van deze aannames is de verwachte kwel in de winter ca. 2 mm per dag, in de huidige situatie. In de zomer is er meer variatie in de kwel dit ca. 1 mm per dag. Dit is het gemiddelde over de hele Zuidplaspolder. In Bijlage 10a en 10b zijn kaarten weergegeven met de verwachte kwelverdeling over de polder, gebaseerd op de dikte van de deklaag.

In Bijlage 11a en 11b zijn door TNO bepaalde kwelhoeveelheden weergegeven. Deze zijn over het algemeen lager dan de berekende kwel. Het is niet bekend op basis waarvan TNO de kwel heeft bepaald.

In bovenstaande figuur zien we in mei 2021 dat de kwel negatief wordt. Dit is dus infiltratie. Dit komt waarschijnlijk door het feit dat mei 2021 een natte maand was met 117 mm neerslag. Opvallend is ook dat de uitmaling in deze periode beperkt was tot 51 mm. Omdat in de kwelberekeningen rekening is gehouden met 1 mm inlaat, terwijl die waarschijnlijk niet heeft plaats gevonden. Het is waarschijnlijk dat in de praktijk de kwel ongeveer nul was in deze periode.

Met circa 2 mm per dag kwel wordt ca. 10% van de maalcapaciteit gebruikt.

### Conclusies en aanbevelingen

### Kwelcijfers

Er zijn op dit ogenblik geen gevalideerde cijfers van de kwelhoeveelheden in de Zuidplaspolder. Op basis van onze kwelberekeningen komen we op volgende maatgevende kwelintensiteiten:

- 0,5 à 1,0 mm/dag voor de periode april-september
- 2,0 mm/dag voor de periode oktober – maart.

### Kwel en waterpeil

Op dit ogenblik variëren de polderpeilen (dus de waterstanden in de sloten en watergangen van NAP -7,45 m tot NAP -6,02 m. Het verschil tussen het waterpeil en de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket is de drijvende kracht achter de kwel. In de “lage” peilvakken zal de kwel aanmerkelijk hoger zijn dan in de “hoge” peilvakken.

Het verhogen van het waterpeil in de verschillende alternatieven heeft dan ook een reductie van de kwel tot gevolg. Uitgaande van een gelijkblijvende stijghoogte kunnen we zeggen dat:

- Bij een waterpeil van NAP -6,2 m zal er nog lichte kwel optreden (0 à 0,5 mm/dag).
- Bij een waterpeil van NAP -6,0 m zal een neutrale kwelsituatie bereikt worden met gemiddeld geen kwel of infiltratie.
- Bij een waterpeil van NAP -5,8 m zal er een beperkte infiltratiesituatie ontstaan. Het water zal in de bodem kunnen infiltreren met een intensiteit van 0 à 0,5 mm/dag.

### Vervolgonderzoek

- De waterbalans uitbreiden met voorgaande jaren, indien de gemaalgegevens beschikbaar zijn;
- Langer doormeten van de stijghoogte in het Pleistoceen. Deze metingen zijn primaire input voor het beoordelen van de kwelsituatie;

## Bijlage III: Eisen convenant klimaatadaptief bouwen

Eisen per onderwerp	Verwerkt in deze studie
<b>Neerslag</b>	
<p><b>Doel (omgevingsvisie):</b> Hevige neerslag leidt niet tot schade aan infrastructuur, gebouwen, eigendommen of groen in de bebouwde omgeving.</p>	
<p>N1: Een groot deel van de neerslag (50 mm) van een korte hevige bui (1/100 jaar, 70 mm in 1 uur) op privaat terrein wordt op dit terrein opgevangen en vertraagd afgevoerd. De berging is niet eerder dan in 24 uur leeg en is in maximaal 48 uur weer beschikbaar, of wordt gestuurd. <i>Range: 40-70 mm</i></p>	<p>Deze eis is niet direct meegenomen in de studie, omdat er geen inschatting is gemaakt over het bergen van water op privaat terrein. In Alternatief Maximaal Klimaatrobuust worden tuinen wel gebruikt als extra waterberging, maar hier is geen numerieke analyse aan verbonden.</p>
<p>N2: In het plangebied treedt geen schade op aan bebouwing en voorzieningen bij extreem hevige neerslag (1/250 jaar, 90 mm/u).</p>	<p>In alle alternatieven wordt aan deze eis voldaan. De eis is meegenomen in de berekening voor oppervlaktewaterkwantiteit als neerslagscenario 1 (hoofdstuk 4.1).</p>
<b>Droogte</b>	
<p><b>Doel (omgevingsvisie):</b> Langdurige droogte leidt niet tot verdroging of schade aan de bebouwde omgeving.</p>	
<p>D1: De inrichting van het plangebied is afgestemd op de verwachte grondwaterstanden en de zoetwaterbeschikbaarheid <i>Range: 20-100%</i></p>	<p>In alle alternatieven in deze eis meegenomen, per alternatief verschilt de mate waarin er aan de eis wordt voldaan. In de keuze van streefwaterpeil is in alle alternatieven rekening gehouden met de grondwaterstand. In Alternatief Maximaal Klimaatrobuust en in Alternatief Groenblauw en het Basis Alternatief (in mindere mate) is de vegetatie afgestemd op periodes van droogte.</p>
<p>D2: In het plangebied wordt 50% (450 mm) van de jaarlijkse neerslag geïnfiltreerd.</p>	<p>In Bijlage III is geconcludeerd dat in Alternatieven Maximaal Klimaatrobuust en Groenblauw infiltratie zal plaatsvinden als gevolg van de hogere peilen. In het Basis Alternatief zal tijdens sommige maanden infiltratie plaatsvinden. Hiermee wordt deels</p>

	aan de eis voldaan. Er is geen numerieke analyse gedaan om te controleren of volledig aan deze eis (450 mm) wordt voldaan, dit is buiten het detailniveau van deze studie. In het VKA zal deze eis verder worden uitgewerkt.
<b>Hitte</b>	
Doel (omgevingsvisie): Tijdens hitte biedt de bebouwde omgeving een gezonde en aantrekkelijke leefomgeving	
H1: Tenminste 50% schaduw in het plangebied op de hoogste zonnestand voor verblijfsplekken en gebieden waar langzaam verkeer zich verplaatst. <i>Range: 20-60%</i>	De eis van 50% is meegenomen in het Basis Alternatief en Alternatief Groenblauw. In Alternatief Maximaal Klimaatrobuust is uitgegaan van 60% schaduw voor verblijfsplekken en gebieden waar langzaam verkeer. Deze eis is direct opgenomen in de beoordelingscriteria van hoofdstuk 4.9, klimaatverandering.
H2: Tenminste 40% van alle oppervlakken wordt warmtewerend of verkoelend ingericht/gebouwd om opwarming van het stedelijk gebied verminderen. <i>Range: 30-80%</i>	Deze eis is niet direct meegenomen, het valt buiten het detailniveau van deze studie
H3: Koeling van gebouwen leidt niet tot opwarming van de (verblijfs-) ruimte in de directe omgeving.	Deze eis is niet direct meegenomen, het valt buiten het detailniveau van deze studie
<b>Bodemdaling</b>	
Doel (omgevingsvisie): Bodemdaling in bebouwd gebied blijft beperkt en betaalbaar.	
Bo1: Maatregelen die schade door bodemdaling tegengaan en kosteneffectief zijn over de levensduur van 60 jaar worden in het ontwerp opgenomen.	In het Basis Alternatief wordt niet aan deze eis voldaan, er is uitgegaan van een restzettingseis van 20cm in 30 jaar, wat zal leiden tot zakkende infrastructuur met scheurende leidingen, verharding en riolering. De levensduur van infrastructuur is dus niet 60 jaar. In Alternatief Maximaal Klimaatrobuust wordt wel aan de eis voldaan, er wordt uitgegaan van een restzettingseis van 10cm in 60 jaar. In Alternatieven Groenblauw en Circulaire Energie wordt uitgegaan van een restzettingseis van 10cm in 30 jaar, waardoor er wel aan de eis wordt voldaan.
<b>Groenblauwe infrastructuur</b>	
Doel (omgevingsvisie): Groenblauwe structuur en biodiversiteit worden versterkt op de planlocatie en in de directe stedelijke omgeving.	
B1: Het horizontale en verticale oppervlak wordt in samenhang met de groenblauwe structuren in de	Deze eis is niet direct meegenomen, het valt buiten het detailniveau van deze studie

<p>breedere omgeving ingericht en creëert een hoogwaardige habitat voor ten minste gebouw bewonende soorten.  <i>Range: 1-3 Soortencategorieën</i></p>	
<p><b>Overstromingen</b></p>	
<p>Doel (omgevingsvisie): De bebouwde omgeving is bestand tegen overstromingen.</p>	
<p>V1: Voor overstromingen met een waterdiepte tot 20 cm treedt geen schade aan gebouwen op en blijven hoofdwegen begaanbaar.</p>	<p>In het Basis Alternatief en Alternatief Maximaal Klimaatrobust worden wegen en woningen hoger aangelegd om schade te voorkomen. In Alternatief Groenblauw worden wegen hoger aangelegd en woningen hoger of drijvend gebouwd. Daarmee wordt in alle alternatieven aan deze eis voldaan.</p>
<p>V2: Voor overstromingen met een waterdiepte tot 50 cm worden maatregelen getroffen om schade aan gebouwen te beperken, als deze doelmatig zijn.</p>	<p>Deze eis is niet direct meegenomen, het valt buiten het detailniveau van deze studie</p>
<p>V3: Voor overstromingen met een waterdiepte tot 200 cm worden maatregelen getroffen om vitale infrastructuur en kwetsbare objecten te beschermen.</p>	<p>In Alternatief Maximaal Klimaatrobust worden vitale voorzieningen hoger aangelegd, ook evacuatie routes. Op deze manier wordt aan deze eis voldaan</p>
<p>V4: Voor overstromingen met een waterdiepte boven 200 cm worden maatregelen getroffen om veilig te kunnen schuilen in het overstroomde gebied.</p>	<p>In Alternatief Maximaal Klimaatrobust worden huizen zo aangelegd dat op de eerste verdieping geschuild kan worden bij overstroming. Vitale voorzieningen worden hoger aangelegd, ook evacuatie routes. Op deze manier wordt aan deze eis voldaan. Bij de andere alternatieven wordt niet expliciet aan deze eis voldaan al worden sommige aspecten als hogere wegen wel meegenomen.</p>

# Bijlage IV: Modelberekening kweltoename en bufferzone Groene Waterparel Zuidplaspolder

## Inleiding

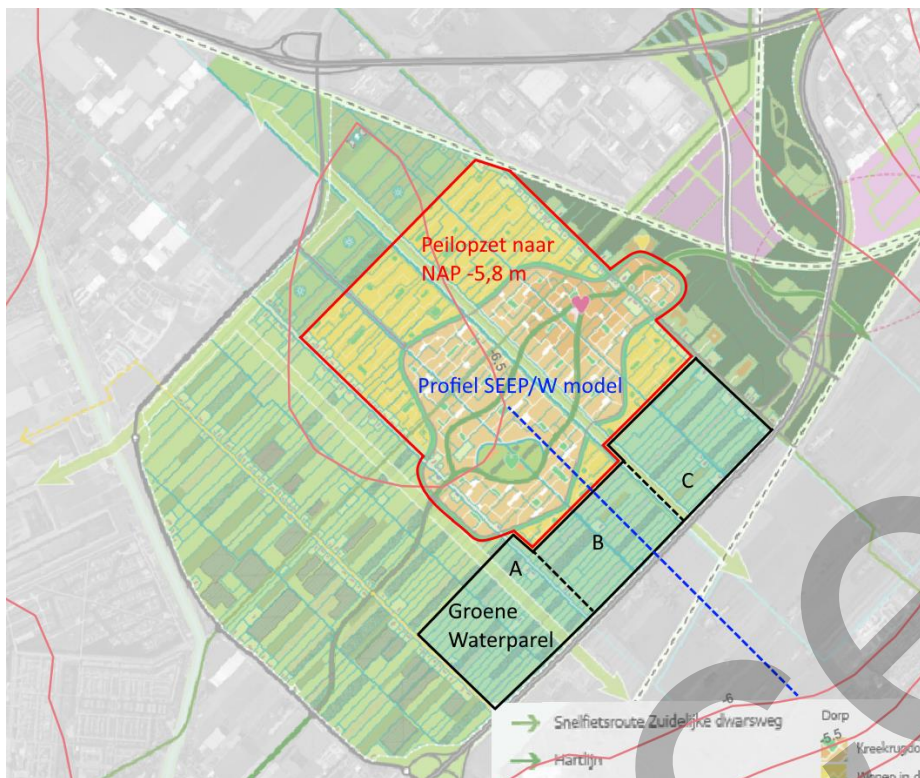
Voor de ontwikkeling van nieuwe woningen in Kreekrugdorp zal in een deel van de Zuidplaspolder het slootpeil/oppervlaktewaterpeil opgezet worden van NAP -6,92 á -6,12 m naar NAP -5,8 m. Lokaal is dit een peilopzet van meer dan 1 meter.

Naast het gebied met de peilopzet bevindt zich een gebied met hoge natuurwaarde genaamd de Groene Waterparel met een slootpeil variërend van NAP -6,62 m tot -5,87 m. Deze natuur is gevoelig voor kwel waarbij een toename van kwel een negatief effect heeft op de natuur. Door de peilopzet bestaat de zorg dat de kwel toeneemt in de Groene Waterparel.

De Groene Waterparel is in Figuur 11-3 in drie delen ingedeeld: A, B en C. Deel A en B hebben overwegend een laag peil van NAP -6,62 m. Deel C heeft een hoger slootpeil van NAP -6,02 á -5,87 m.

In deze memo wordt de huidige situatie kort omschreven en wordt doormiddel van een analytische benadering en een SEEP/W model (GeoStudio) een inschatting gemaakt van de toename van kwel in de Groene Waterparel. Daarna wordt onderzocht of de toename van kwel in de Groene Waterparel kan worden voorkomen doormiddel van een bufferzone met lager peil of een kwelsloot. Dit wordt gedaan door een bufferzone in SEEP/W te modelleren en te analyseren hoeveel kwel optreedt in de Groene Waterparel.

In Figuur 11-3 is de ligging van de peilopzet en de Groene Waterparel (enkel ten noorden van de A20) weergegeven.



Figuur 11-3: Ligging peilopzet (rood) en de Groene Waterparel (zwart)

### Huidige situatie

De Groene Waterparel is in Figuur 11-3 in drie delen ingedeeld: A, B en C. Deel A en B hebben overwegend een laag peil van NAP -6,62 m. Deel C heeft een hoger slootpeil van NAP -6,02 á -5,87 m.

Deel A en B hebben overwegend een relatief laag slootpeil van NAP -6,62 m. omdat deze slootpeilen duidelijk lager zijn dan de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket, treedt in deze delen kwel op en kan deze kwel versterkt worden door de peilopzet in het naastgelegen gebied. Met name delen B en C liggen direct naast de voorziene peilopzet waardoor deze delen naar verwachting het meest beïnvloed worden.

Deel C heeft door het hogere slootpeil echter zowel in de huidige situatie als na de peilopzet weinig kwel. Mogelijk treedt hier zelfs wegzijging op omdat het slootpeil lokaal hoger is dan de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket. De deklaag in het gebied bestaat uit klei en veen en heeft een weerstand van tussen de 600 en 3000 dagen (Toelichting peilbesluit Zuidplaspolder, HHSK, 24 september 2012). Het watervoerende pakket daaronder bestaat uit grof zand en is goed waterdoorlatend. Op NAP - 42 m bevindt zich een dikke kleilaag. In

Tabel 3 is een indicatieve bodemopbouw weergegeven op basis van de ondergrondmodellen GeoTOP v1.4 en REGIS II.

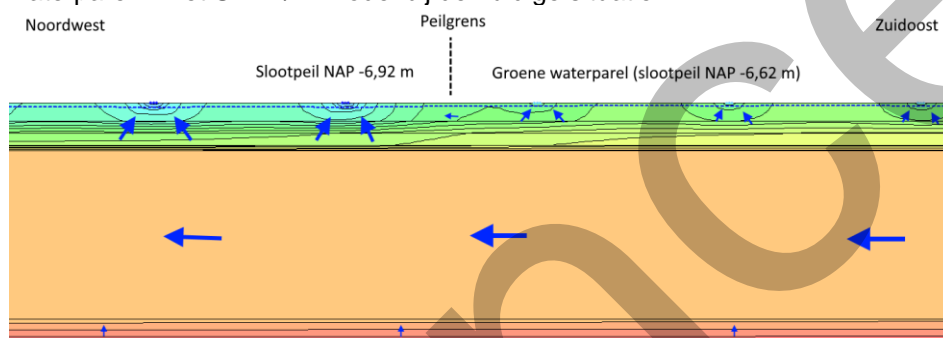
Concept



Tabel 3: Indicatieve bodemopbouw Groene Waterparel.

Diepte [m NAP]	Laag	Bodemopbouw	Horizontale Doorlatendheid [m/dag]	Weerstand [dagen]
-6 tot -14	Deklaag	Veen en klei	0,1	600-3000
-14 tot -42	Eerste watervoerende pakket	Middel grof zand	35	-
-42 tot -48	Eerste scheidende laag	Klei	0,1	500-1000
-52 tot -82	Tweede watervoerende pakket	Middel grof zand	35	-

Het grondwater onder de Groene Waterparel in het eerste watervoerende pakket stroomt in noordwestelijke richting en de stijghoogte fluctueert licht tussen de NAP-6,25 en -6,0 m. In Figuur 11-4 is de stroming in het watervoerende pakket en de deklaag weergegeven op de grens van de Groene waterparel in het SEEP/W model bij de huidige situatie.



Figuur 11-4: Stroming over profiel SEEP/W huidige situatie.

### Analytische berekening beïnvloeding kwel

Om een eerste inschatting te maken is gebruik gemaakt van de formule van L. Huisman (1972). Het voordeel van een analytische formule is dat er snel een inzicht in de verwachte toename van kwel kan worden verkregen. De resultaten van de analytische berekening dienen ook ter controle van de resultaten van het SEEP/W model. Het effect van een eventuele bufferzone kan echter niet met deze formule berekend worden, daarom wordt hierna een SEEP/W model opgezet waarin dit wel kan.

Deze formule wordt gebruikt om de invloed van een peilverschil tussen een rond gebied (Kreekrugdorp en de watertuinen) en de omgeving te berekenen. De formule geeft voor iedere afstand van de peilgrens (grens watertuinen en Groene Waterparel) de verwachte verhoging van de stijghoogte in het watervoerende pakket ten opzichte van een situatie waarin de peilen gelijk zijn. De verhoging van de stijghoogte veroorzaakt op zijn beurt de toename van kwel en kan gebruikt worden om een eerste snelle inschatting te maken van het effect van de peilopzet op de kwel in de Groene Waterparel.

Bij deze berekening is aangenomen dat het gebied van de peilverhoging een rond gebied is en er zijn 2 watervoerende pakketten meegenomen. Verder is het uitgangspunt dat de bodemopbouw overeenkomt met de bodemopbouw weergegeven in

Tabel 3, waarbij de deklaag een weerstand van 3200, 1600 en 800 dagen heeft gekregen, representatief voor een dikke tot dunne deklaag. Deze weerstanden van 800, 1600 en 3200 dagen zijn gebaseerd op de range van 600 - 3000 dagen zoals vermeld in het Toelichting peilbesluit Zuidplaspolder van het HHSK (2012). 1600 dagen lijkt de meest waarschijnlijke waarde aan de hand van de bodemopbouw in het ondergrondmodel GeoTOP v1.4, waaruit blijkt dat de deklaag in de Groene waterparel relatief dunner is dan in de rest van de Zuidplaspolder.

In Tabel 4 zijn de resultaten van de berekening volgens de formule van Huisman (1972) weergegeven.

Tabel 4: Resultaten verhoging stijghoogte volgens formule van Huisman (1972).

Weerstand deklaag [dagen]	Afstand van peilopzet [m]	Verhoging stijghoogte eerste watervoerende pakket [m]
800	0	0,158
	100	0,133
	200	0,114
	300	0,098
1600	0	0,109
	100	0,095
	200	0,084
	300	0,074
3200	0	0,070
	100	0,063
	200	0,057
	300	0,052

Door de verhoging van de stijghoogte bij het huidige verschil van de stijghoogte en grondwaterstand in de Groene Waterparel op te tellen kan een eerste inschatting gemaakt worden van de toename van kwel. In de huidige situatie is dit verschil circa 0,6 m (Slootpeil NAP -6,62 m en stijghoogte NAP -6,0 m). Als de stijghoogte met 0,1 m toeneemt tot NAP -5,9 m volgt een toename van kwel van:

$$((0,7 / 0,6) - 1) * 100\% = 16,7\%$$

Uit de resultaten volgt dat het effect van de peilopzet groter is wanneer de deklaag dunner is/minder weerstand heeft. Dit is te verklaren doordat de peilopzet bij een dikkere deklaag met meer weerstand minder goed in contact staat met het watervoerende pakket eronder en er minder water tussen beide kan stromen.

#### Modelberekening toename kwel Groene Waterparel

Doormiddel van een modelberekening met SEEP/W (GeoStudio) is een inschatting gemaakt van hoeveel kwel in de huidige situatie en de toekomstige situatie in de Groene Waterparel optreedt. De modelberekening is representatief voor het blauwe profiel weergegeven in Figuur 11-3. Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

Weerstand deklaag: 800, 1600 en 3200 dagen  
 Doorlatendheid 1<sup>e</sup> watervoerende pakket: 35 m/dag (representatief voor middel grof zand)

Gemiddelde slootafstand: 30 meter (bron: Google earth)  
 Totale lengte profiel: 2500 meter (midden kreekrugdorp tot rand Zuidplaspolder)  
 Weerstand eerste scheidende laag: 800 dagen (bron: REGIS II)  
 Vaste stijghoogte 2<sup>e</sup> watervoerende pakket: NAP -6,0 m (DinoLoket peilbuis B38A0198-003)  
 Vaste stijghoogte modelrand zuidoost: NAP -6,0 m (DinoLoket peilbuis B38A0198-002)

Deze resultaten zijn gecorrigeerd voor het feit dat SEEP/W 2-dimensionaal is en daardoor het effect op de kwel overschat. De formule van Huisman (1972) maakt deze overschatting niet omdat hier aangenomen is dat de peilopzet een rond gebied is. Door het effect op de stijghoogte in SEEP/W te vergelijken met het effect volgens Huisman (1972) is bepaald dat SEEP/W een overschatting maakt van zo'n 20% doordat het 2-dimensionaal rekent. De resultaten in Tabel 5 en Tabel 6 zijn hiervoor gecorrigeerd.

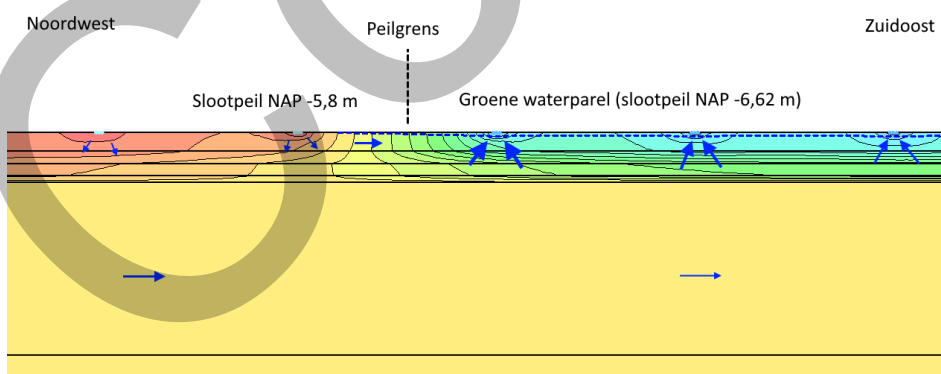
Tabel 5 zijn de resultaten van de berekening weergegeven.

Tabel 5: Resultaten SEEP/W met betrekking tot kwel in de Groene Waterparel voor en na peilopzet.

Weerstand deklaag [dagen]	Afstand van peilopzet [m]	Kwel huidige situatie [mm/dag]	Kwel na peilopzet [mm/dag]	Toename kwel [%]
800	100	0,414	0,602	37%*
	200	0,428	0,591	31%*
	300	0,443	0,585	26%*
1600	100	0,247	0,309	20%*
	200	0,252	0,306	18%*
	300	0,258	0,305	15%*
3200	100	0,1420	0,1612	11%*
	200	0,1435	0,1602	9%*
	300	0,1459	0,1608	8%*

\*gecorrigeerd voor 2d vs 3d berekening met factor 0,82.

In Figuur 11-5 is de stroming in het profiel van het SEEP/W model weergegeven. In het model is de stromingsrichting in het eerste watervoerende pakket omgedraaid.



Figuur 11-5: Stroming over profiel SEEP/W toekomstige situatie (zonder extra maatregelen)

Als gevolg van de peilopzet (van NAP -6,92 m naar NAP -5,8 m) wordt duidelijk een toename van kwel waargenomen in het model. Net als bij de formule van

Huisman (1972) blijkt er het effect op de kwel groter bij een deklaag met minder weerstand.

### Effectiviteit mitigerende maatregelen

Enkele mitigerende maatregelen zijn in het SEEP/W model opgenomen om een beeld van de effectiviteit van deze verschillende maatregelen te krijgen. De volgende maatregelen zijn in het model opgenomen:

1. Bufferzone ca. 120 m breed (gemiddelde breedte watertuinen) met een peil op NAP -6,3 m.
2. Bufferzone ca. 120 m breed (gemiddelde breedte watertuinen) met een peil op NAP -6,9 m (gelijk aan huidige situatie).
3. Kwelsloot van 7 meter breed met een peil op NAP -6,62 m.

Tabel 6: Resultaten mitigerende maatregelen met betrekking tot kwel in de Groene Waterparel. De percentages in de tabel geven de toename van kwel, de toename met en zonder maatregelen.

Weerstand deklaag [dagen]	Afstand van rand Groene Waterparel [m]	Toename kwel zonder maatregel [%]	Bufferzone 120 m breed, peil: NAP -6,3 m	Bufferzone 120 m breed, peil: NAP -6,9 m	Kwelsloot, peil: NAP -6,62 m
800	100	37%*	34%*	29%*	36%*
	200	31%*	28%*	25%*	30%*
	300	26%*	24%*	21%*	26%*
1600	100	20%*	18%*	16%*	20%*
	200	18%*	16%*	14%*	17%*
	300	15%*	14%*	12%*	15%*
3200	100	11,1%*	10,0%*	8,7%*	10,7%*
	200	9,5%*	8,6%*	7,5%*	9,3%*
	300	8,4%*	7,6%*	6,6%*	8,1%*

\*gecorrigeerd voor 2d vs 3d berekening met factor 0,82.

### Conclusie

De kwel in met name deel B van de Groene Waterparel is berekend op circa 0,15 tot 0,5 mm per dag. Door de peilopzet van Kreekrugdorp en de watertuinen zal de kwel in Deel B van de Groene Waterparel toenemen met circa 20%. Afhankelijk van de weerstand van de deklaag kan dit hoger of lager uitvallen tussen minimaal circa 10% en maximaal circa 40%. Ook volgt uit de resultaten dat hoe verder van de peilopzet de toename van kwel kleiner is. De dikte van de deklaag is sterk bepalend voor het uiteindelijke effect van kwel, waarbij een dunne deklaag een grotere toename van kwel geeft.

In deel A van de Groene Waterparel wordt een kleinere toename van kwel verwacht omdat dit verder van de peilopzet ligt en in deel C wordt vrijwel geen toename van kwel verwacht vanwege het huidige hogere slootpeil daar.

Het effect van de peilopzet kan met een bufferzone met peil op NAP -6,9 m circa 20% worden gereduceerd. Een bufferzone met peil op NAP -6,3 m reduceert het effect op kwel zo'n 10% en een brede kwelsloot reduceert het effect maar zo'n 3%.

### Aanbevelingen

Het onderzoeksgebied heeft veel verschillende slootpeilen en de bodemopbouw van met name de deklaag is erg bepalend voor de kwelsituatie. Om deze reden wordt aanbevolen in een later stadium, wanneer meer grondonderzoek is

uitgevoerd, een preciezer 3-dimensionaal model (MODFLOW) op te stellen om een beter inzicht te krijgen van de ruimtelijke effecten van de peilopzet op kwel in het gebied.

Concept