

Rapportage water, bodem en klimaat

MER Zuidplaspolder



Verantwoording

Titel:	Rapportage water, bodem en klimaat
Onderwerp:	MER Zuidplaspolder
Projectnummer:	51007971
Klant:	Gemeente Zuidplas
Versie:	D0.0
Datum:	7 juli 2023
Auteur:	Nikéh Booister, Julia de Niet, Harm Nomden, Harrie Gielen, Adrie Otte, 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	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Leeswijzer	7
2.	Uitgangspunten	9
2.1	Studiegebied	9
2.2	Kaders wet- en regelgeving, beleid en richtlijnen	9
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.	Functioneren 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	92
6.5	Grondwaterkwaliteit	100
7.	Effectenbeoordeling bodem	104
7.1	Bodembeweging	104
7.2	Bodemkwaliteit (milieuhygiënisch onderzoek)	111
8.	Effectenbeoordeling klimaat	115
8.1	Waterveiligheid	115
8.2	Klimaatverandering: droogte en hittestress	126
9.	Conclusie, aanbevelingen en discussies voor vaststellen van het voorkeursalternatief	135
9.1	Onderbouwing voorstel voor het voorkeursalternatief (VKA) vanuit de thema's water, bodem en klimaat	135
10.	Effectbeoordeling VKA	145
10.1	Inleiding	145

10.2	Effectbeoordeling VKA	145
10.3	Leemten in kennis	157
10.4	Discussie	161
10.5	Advies voor verdere detaillering en uitwerking plannen	162
11.	Bibliografie	163
Bijlage I: Alternatieven tabel		167
Bijlage II: Waterbalans		173
Bijlage III: Eisen convenant klimaatadaptief bouwen		180
Bijlage IV: Modelberekening kweltoename en bufferzone Groene Waterparel Zuidplaspolder		183

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

1.1.1 Bestemmingsplan en milieueffectrapportage Middengebied

De gemeente Zuidplas werkt aan de ontwikkeling van het Middengebied Zuidplaspolder. 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. Tevens is een uitbreiding beoogd van de industrieterreinen Doelwijk en Gouwe Park. Het Middengebied ligt in de oksel van de A12 en de A20, tussen de kernen Nieuwerkerk a/d IJssel, Moordrecht en Zevenhuizen. De ligging van het plangebied is weergegeven in 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.

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.
- Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW): in dit akkoord staat hoe, en binnen welke periode overheden omgaan met de grote wateropgaven voor Nederland in de 21^e eeuw, inclusief zeespiegelstijging, bodemdaling, klimaatverandering en verstedelijking.

- Het 7e Actieprogramma Nitraatrichtlijn 2022-2027: De Nitraatrichtlijn is een Europese richtlijn voor de bescherming van water tegen verontreiniging met nitraten uit agrarische bronnen. Het Nederlandse actieprogramma Nitraatrichtlijn is de vertaling van deze richtlijn naar nationaal niveau.
- De derogatiebeschikking: onder de Europese Nitraatrichtlijn is ook vastgelegd hoeveel, waar en wanneer mest mag worden ingezet voor agrarische doeleinden. Nederland heeft een ontheffing, de derogatiebeschikking, waarbij meer stikstof mag worden gebruikt dan normaliter toegestaan onder de richtlijn.
- Uitvoeringsprogramma's voor reducties van medicijnresten en andere chemische stoffen: Door toenemend medicijngebruik komen via het riool steeds meer medicijnresten in het oppervlaktewater terecht. Ook de aanwezigheid van andere schadelijke stoffen zoals zware metalen in water neemt toe. Daarom zijn op nationaal niveau verschillende uitvoeringsprogramma's voor reducties van medicijnresten en andere chemische stoffen opgezet.

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;

In het coalitieakkoord is opgenomen dat bodem en water sturend moet worden voor de ruimtelijke ordening. Dit om er voor te zorgen dat keuzes van nu geen negatieve invloed (afwentelen) hebben op toekomstige generaties of andere gebruikers. De eerste uitwerking hiervan is mei 2022 gepresenteerd in het Beleidsprogramma van I&W (MinI&W, 2022), in november 2022 volgde de kamerbrief water en bodem sturend met daarin 33 richtinggevende uitspraken. Voor alles achter de kering zijn de uitspraken uit het beleidsprogramma ter inspiratie meegenomen voor het alternatief Maximaal Klimaatrobust. In welke mate keuzes wordt voldaan aan de richtinggevende uitspraken van de kamerbrief water en bodem sturend, is beschreven in een bijlage bij het MER: hoofdstuk 4 van bijlage 2 Beleidskader.

Aanvullend op nationale wetten, richtlijnen en beleid is beleid op provinciaal en waterschapsniveau die op het thema water, bodem en klimaat van toepassing zijn.

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;
- Overstromingsrisico's: Het verkleinen van het overstromingsrisico;
- Watervoorziening en verzilting: Voldoende zoetwater, ondanks toenemende verzilting;
- Bodemdaling in veenweidegebied: Zo weinig mogelijk bodemdaling in veenweidegebied;
- Wateroverlast: schade door wateroverlast voorkomen
- 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

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 Bodembeweging
Water	Oppervlaktewaterkwantiteit Oppervlaktewaterkwaliteit Grondwaterkwantiteit Grondwaterkwaliteit Waterveiligheid Waterafvoer
Klimaat	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:
 - o 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.
 - o 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 verhogen 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 verhogen 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.

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 t.o.v. referentie

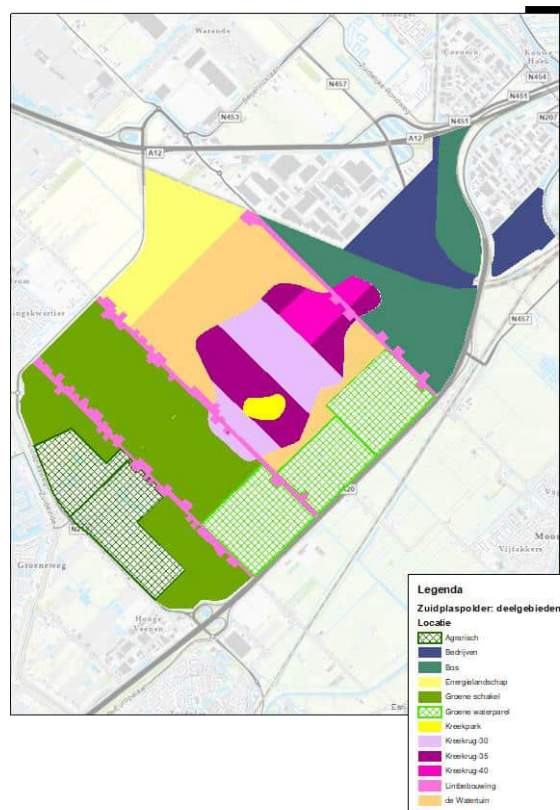
6. Bodemkwaliteit: Aan de hand van de bekende bodemkwaliteitskaart is een kwalitatieve beschouwing gemaakt van de effecten van het planvoornemen op de bodemkwaliteit.
7. Waterveiligheid: HKV heeft in de eerste helft van 2022 nieuwe overstromingsberekeningen gemaakt. Aan de hand van deze berekeningen 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 ecohydrologie. Voor het detailniveau van de studie geeft deze beschouwing eerste inzicht

Op hoofdlijnen is de volgende methodiek gehanteerd in de beoordelingscriteria.

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.

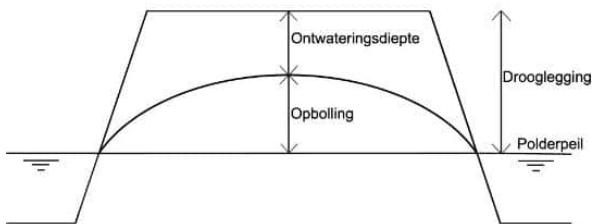
Er zijn twee onderwerpen die in dit rapport veelvuldig voorbij komen en die mogelijk op verschillende manieren geïnterpreteerd kunnen worden. Het gaat om de 'drooglegging en ontwateringsdiepte' en 'bodemdaling'. Hieronder een korte toelichting op hoe wij daar in dit rapport mee zijn omgegaan. Figuur 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 bouwmethododes 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 opzichte 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 peilfluctuaties 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 rechtlijnig 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.

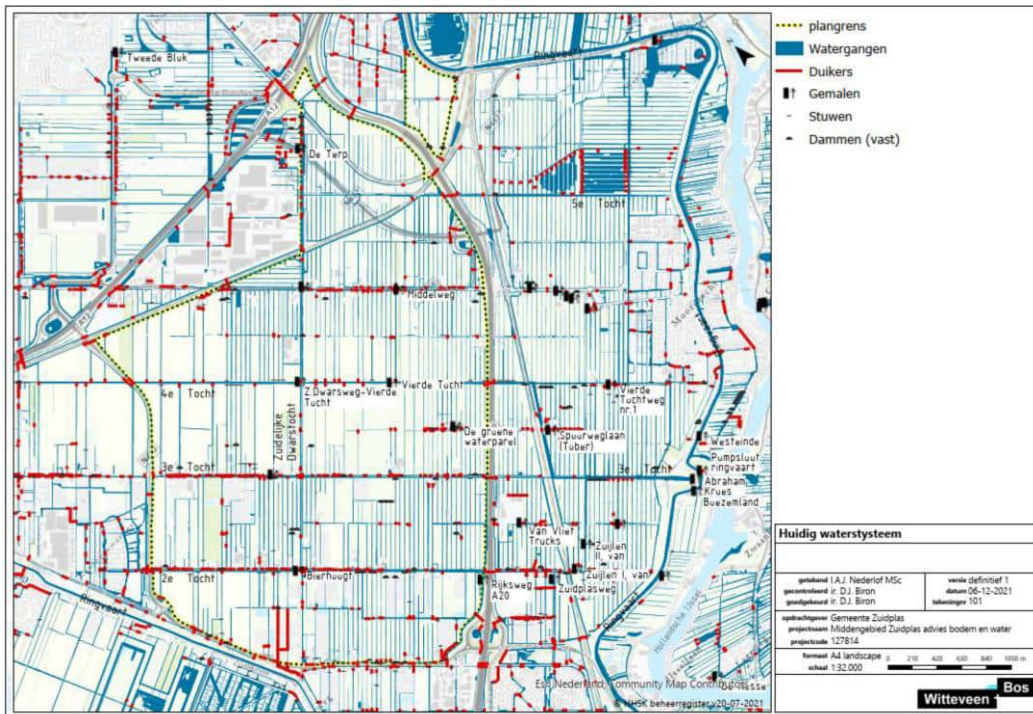
4.1.2 Water aan- en afvoer

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.

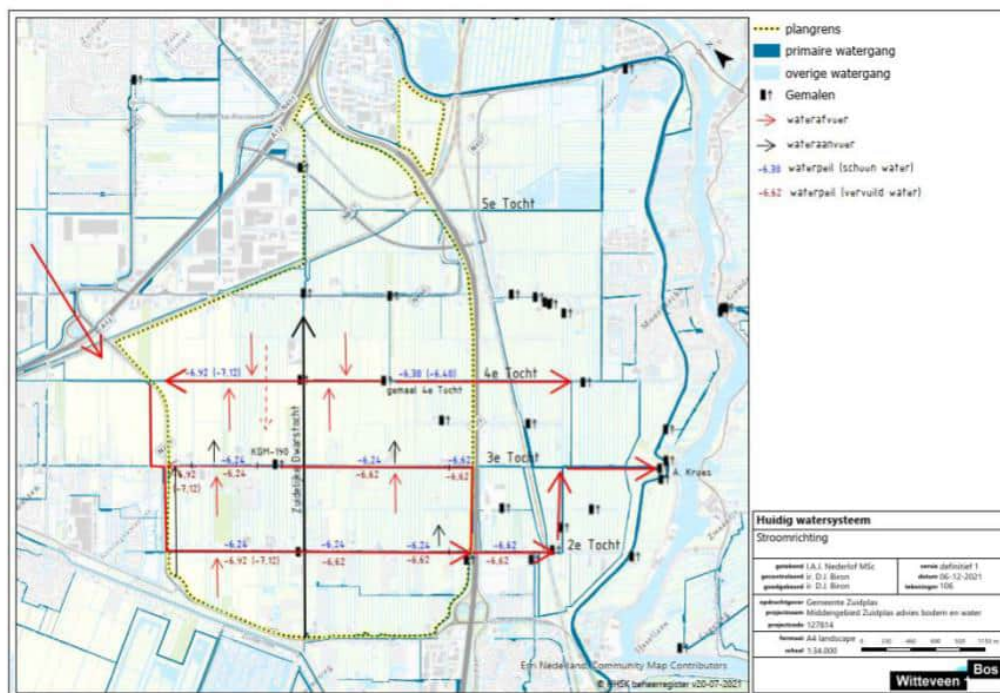
Ten Zuidwesten van gemaal Vierde Tocht wordt water afgevoerd richting Zevenhuizen en naar de Tweede Tocht gevoerd. Vanuit de Tweede Tocht wordt water direct naar gemaal Abraham Kroes afgevoerd naar de Hollandsche IJssel. Het water van de Derde Tocht (zuidwestelijk) van gemaal KGM-190 stroomt naar de 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 langs de Groene Waterparel. Dit is onwenselijk gezien de specifieke natuurwaarden in het gebied en de huidige kwaliteit van het oppervlaktewater.

In droge periodes wordt, ten behoeve van doorspoeling bij slechte waterkwaliteit, water aangevoerd vanuit de Ringvaart (Witteveen+Bos, 2022).



Figuur 4-2 - Overzicht polderstructuur Middengebied (Witteveen+Bos, 2022)

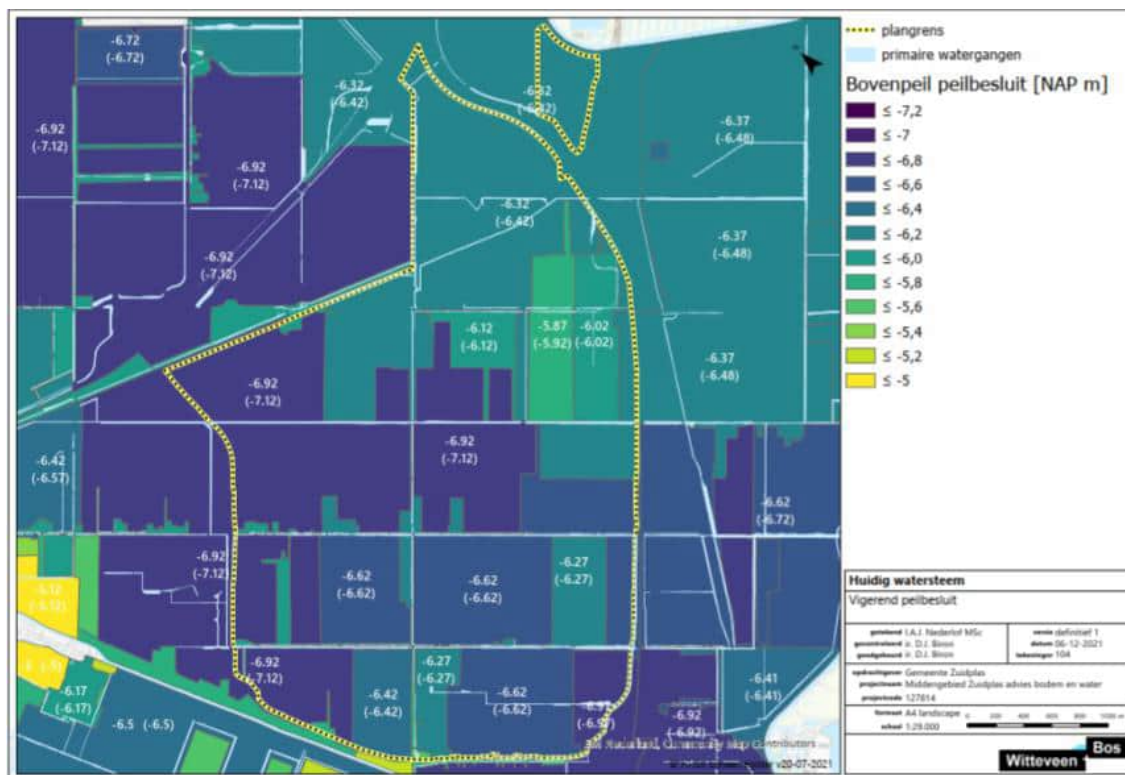


Figuur 4-3 - Poldergebied en stroomrichting in de tochten, Middengebied Zuidplaspolder (Witteveen+Bos, 2022)

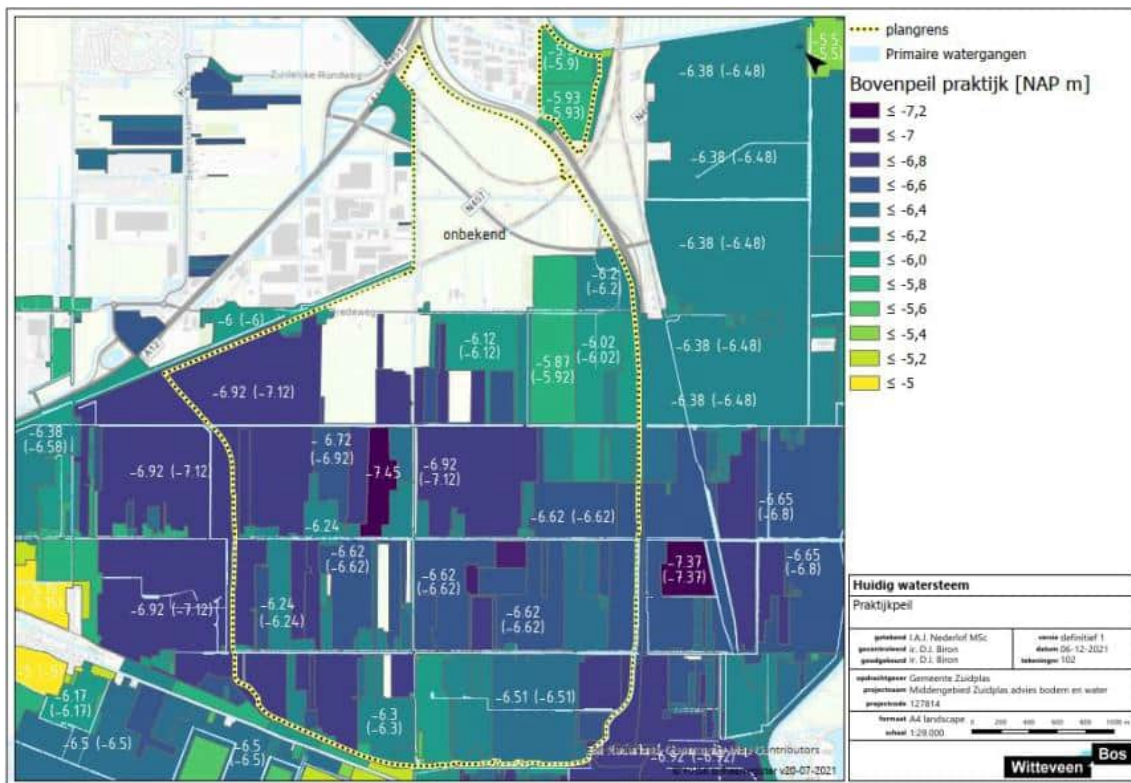
Oppervlaktewaterpeilen

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 (exclusief 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)



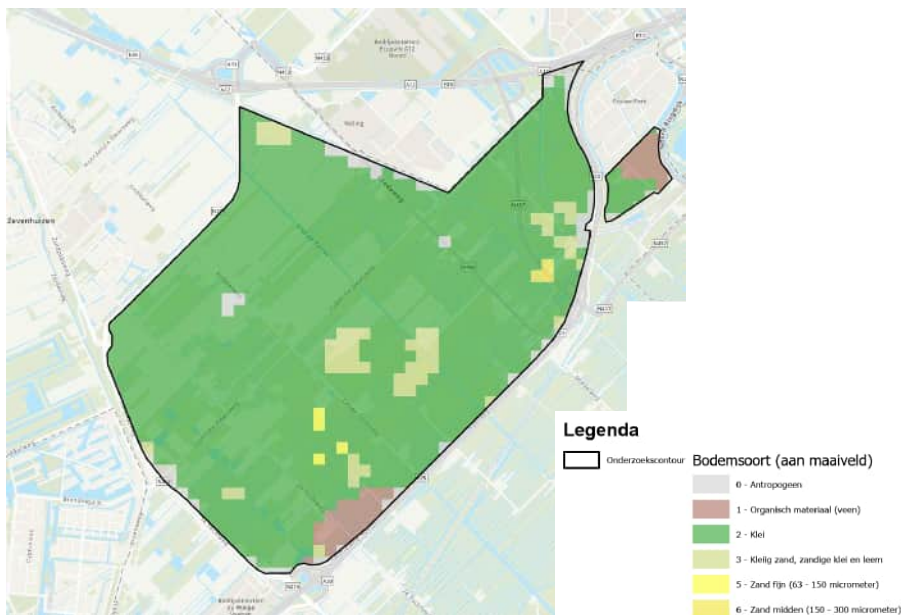
Figuur 4-5 - Praktijkpeilen (bron: HHSK beheerregister v.20-07-2021)

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 maaiveldddaling 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 ontevend. Het plangebied kent daarom weinig plekken waar veen nog aan het oppervlak ligt (zie figuur 4-38).



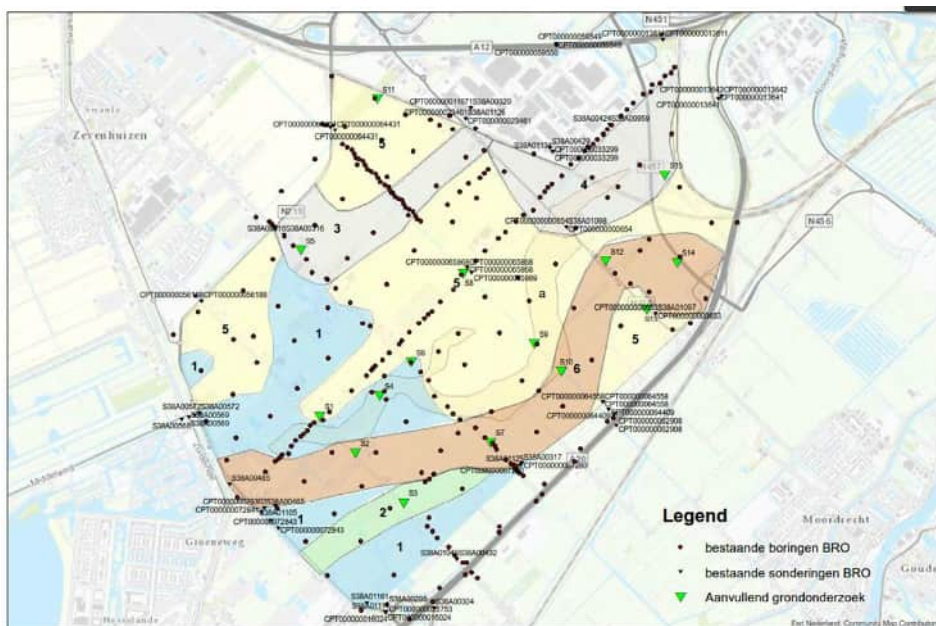
Figuur 4-6 Bodemsoort aan maaiveld op basis van gegevens uit Dinoloket.

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 bodemdalingskaart 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.

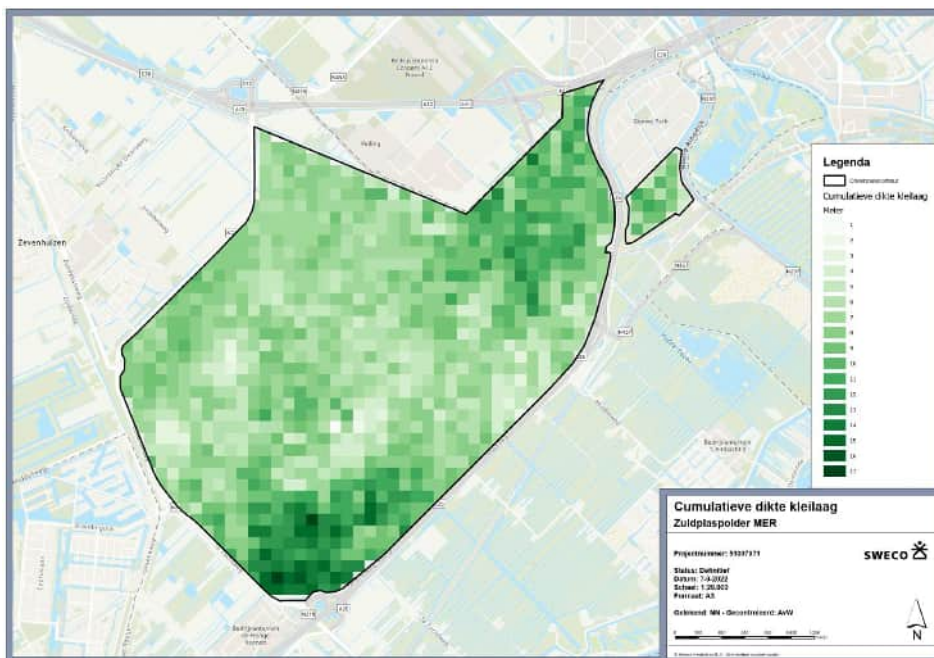
In hoofdstuk 4.2.4 wordt ingegaan op toekomstige effecten van bodemdaling.



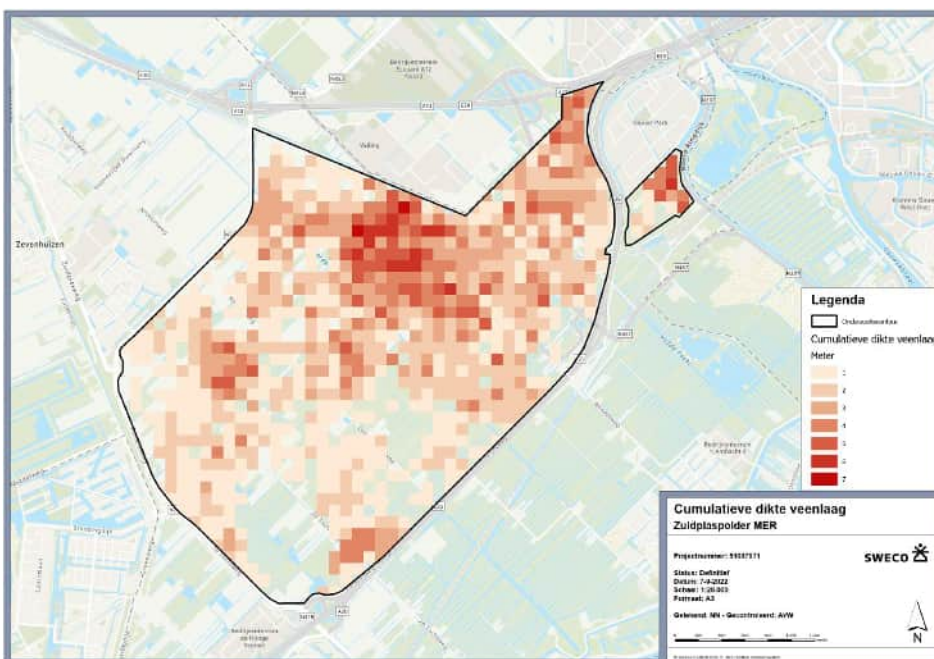
Figuur 4-7 – Gebiedsindeling op basis van het bestaande grondonderzoek (Deltares, 2020)

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.

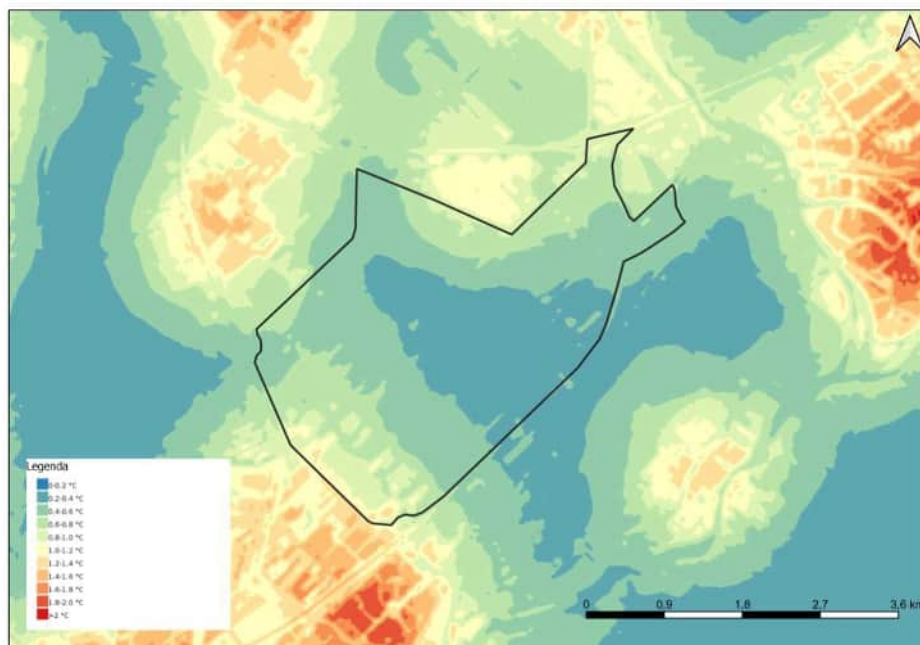
De kans op een overstroming vanuit de Hollandse IJssel is eens in de 10.000 jaar. De kans dat een persoon komt te overlijden door een dergelijke overstroming is eens in de 100.000 jaar. Bij de normering en daarmee bij dijkversterkingen is rekening gehouden met de toename van economische activiteit in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

4.1.5 Klimaat: hitte en droogte

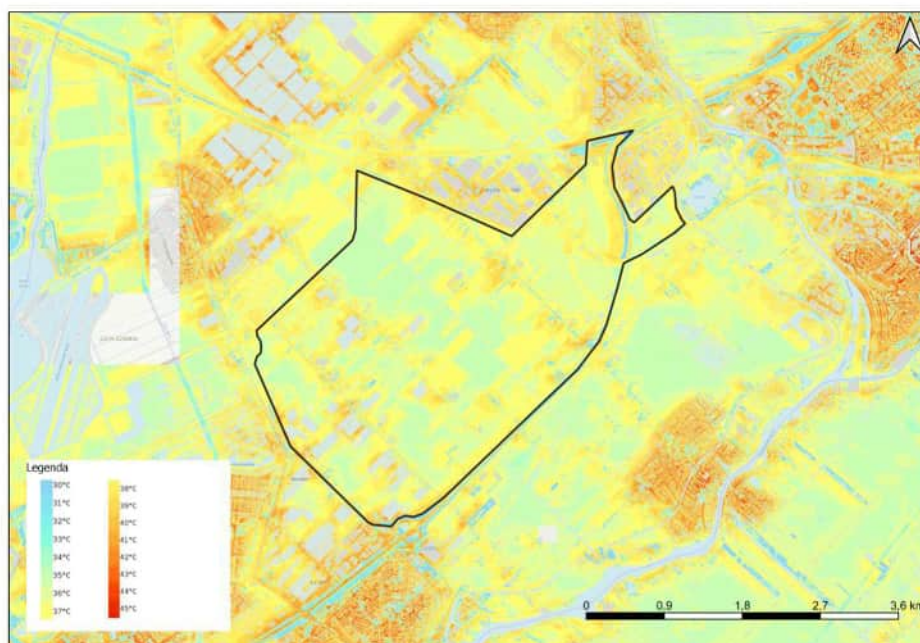
Hitte

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	Gemiddelde	Min	10 percentiel	90 percentiel	Max	Maaiveld-hoogte	Verskil 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:

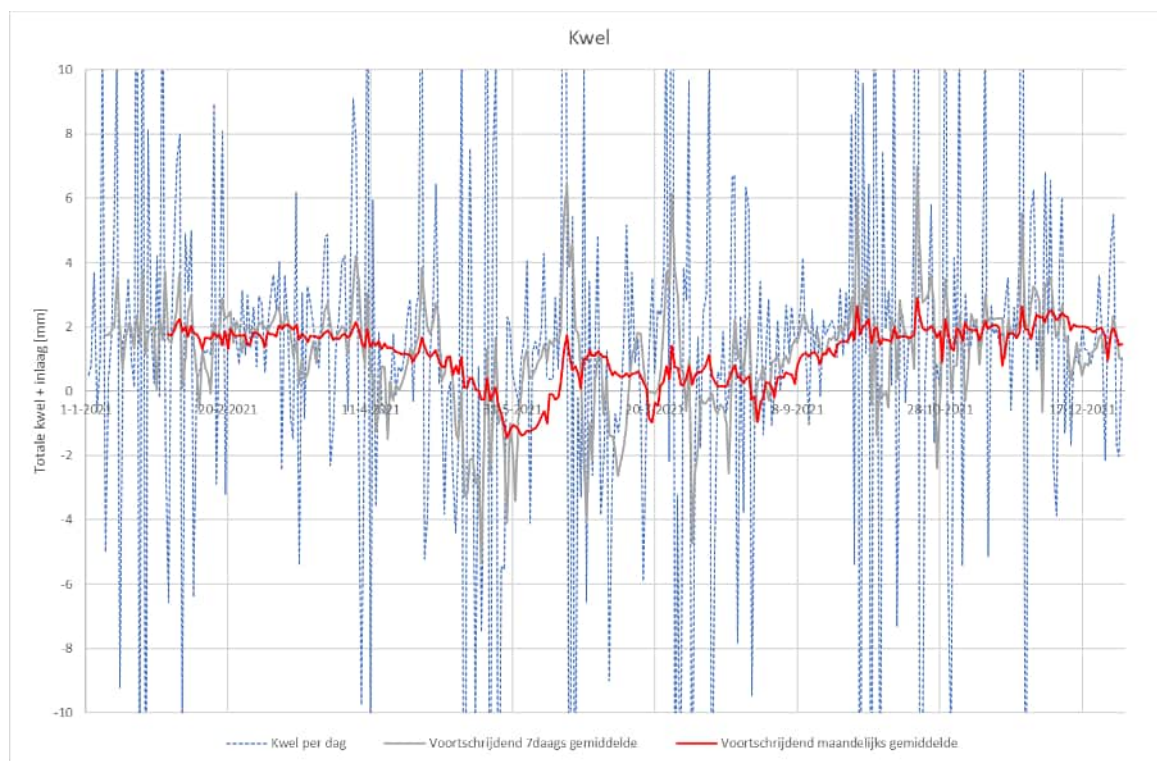
- Neerslag en verdamping

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.

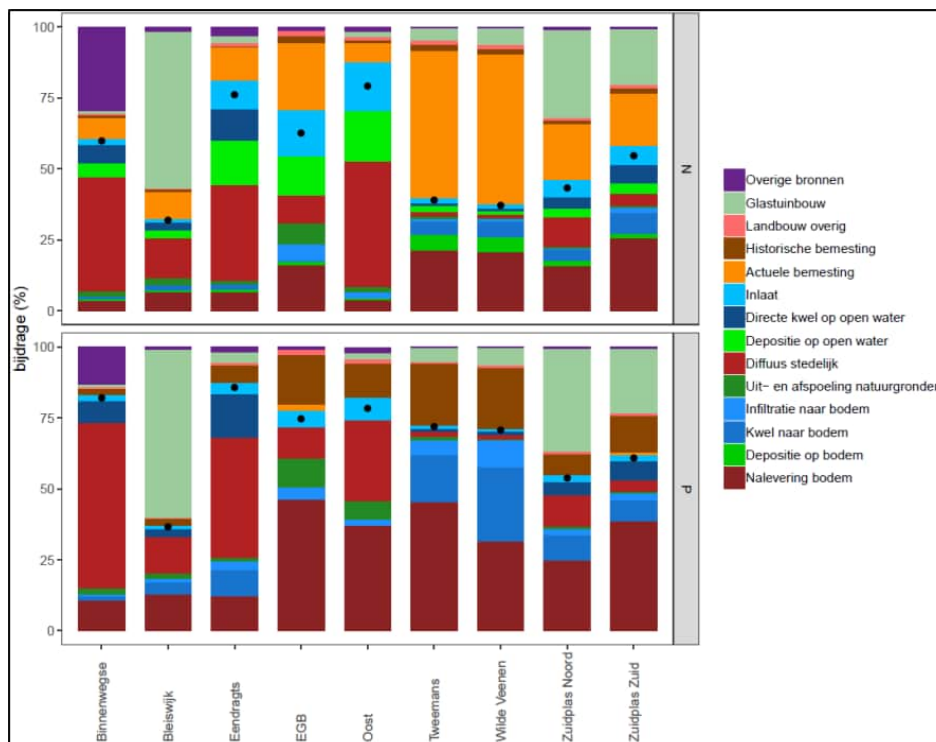
4.1.8 Oppervlaktewaterkwaliteit

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 veenbodem 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.



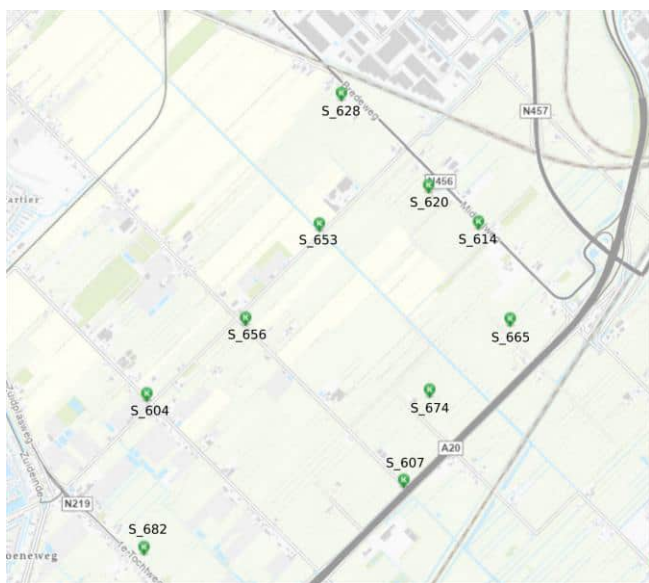
Figuur 4-14 - Herkomst nutriënten in de periode 2000-2013 voor stikstof (boven) en fosfor (beneden). De zwarte punten geven het percentage aan achtergrondbelasting. De bronnen onder de punt zijn 'natuurlijk', de bronnen erboven zijn van humane oorsprong. Aangenomen is dat de inlaat voor de helft van 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 uiterlijk 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	GEP	<= 2,4	<= 0,22	<= 300
M10	S_604	6,7	0,34	267
Akker	GEP	<= 8,0	<= 0,50	<= 300
Akker	S_628	3,9	0,54	103
Akker	S_653	5,5	0,28	172
Weide	GEP	<= 4,8	<= 0,30	<= 300
Weide	S_656	2,8	0,19	160
Weide	S_682	6,9	0,55	187
Weide	S_607	4,8	0,20	139
Waterparel	GEP	<= 2,3	<= 0,09	<= 350
Waterparel	S_665	2,8	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				onzeker
Overige waterflora (EKR)	≥ 0,45				onzeker
Vis (EKR)	≥ 0,60				onzeker
Fytoplankton (EKR)	≥ 0,60				vrijwel zeker

Algemeen fysische chemie

Fosfor totaal (zgm) (mg P/l)	≤ 0,21				vrijwel zeker
Stikstof totaal (zgm) (mg N/l)	≤ 3,30				redelijk zeker
DIN (winterperiode) (mg N/l)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
Zoutgehalte (zgm) (mg Cl/l)	≤ 300				vrijwel zeker
Temperatuur (max. waarde) (gr.C)	≤ 25,0				vrijwel zeker
Zuurgraad (zgm) (-)	5,5 - 8,0	X			vrijwel zeker
Zuurstofverzadiging(sgraad)(zgm) (%)	40 - 120				vrijwel zeker
Doorzicht (zgm) (m)	≥ 0,65				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 katteklei aanwezig is (dit zijn zure, onvruchtbare bodems). Dit gebied kent bijzondere inheemse soorten zoals knolrus, vlottende bies, kleinste egelskop en naaldwaterbies. Op sommige graslanden is blauwgrasontwikkeling gaande. Dit alles komt door de bijzondere katteklei 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 wanneer de ondergrens van het waterpeil (langdurig) wordt bereikt 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 langs de Groene Waterparel afgevoerd richting de Hollandse IJssel. Gemaal Groene Waterparel wordt dan uitgezet zodat het gebied niet rechtstreeks wordt beïnvloed door water uit het omliggende gebied.

In de Groene Waterparel gelden de waterkwaliteitsdoelen zoals weergegeven in Tabel 4-4. De ecohydrologische situatie moet in stand blijven zodat de waterkwaliteit niet verslechtert.

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 verontreinigen kunnen onaantoonbare 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 Figuur 4-18).

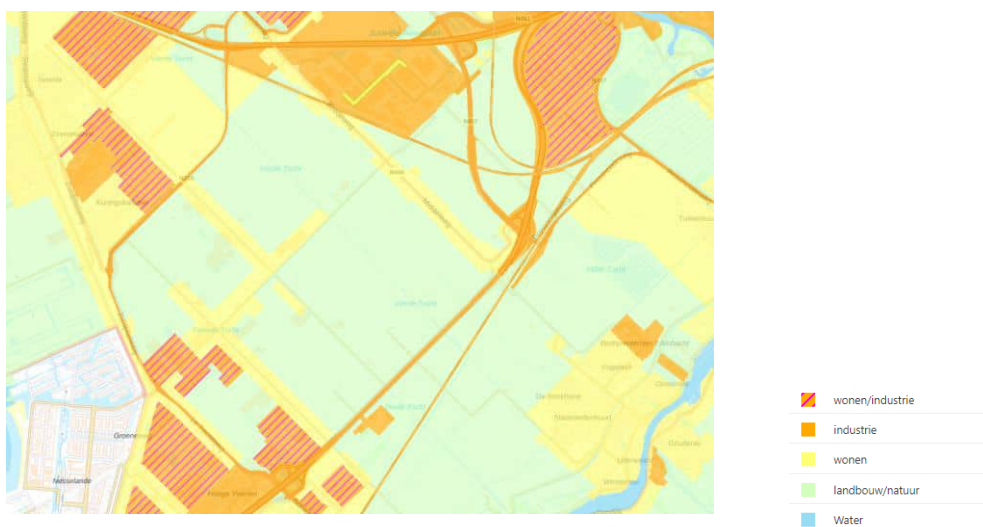


Figuur 4-17 Bodemkwaliteit bovengrond bij ontgraving (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)



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)

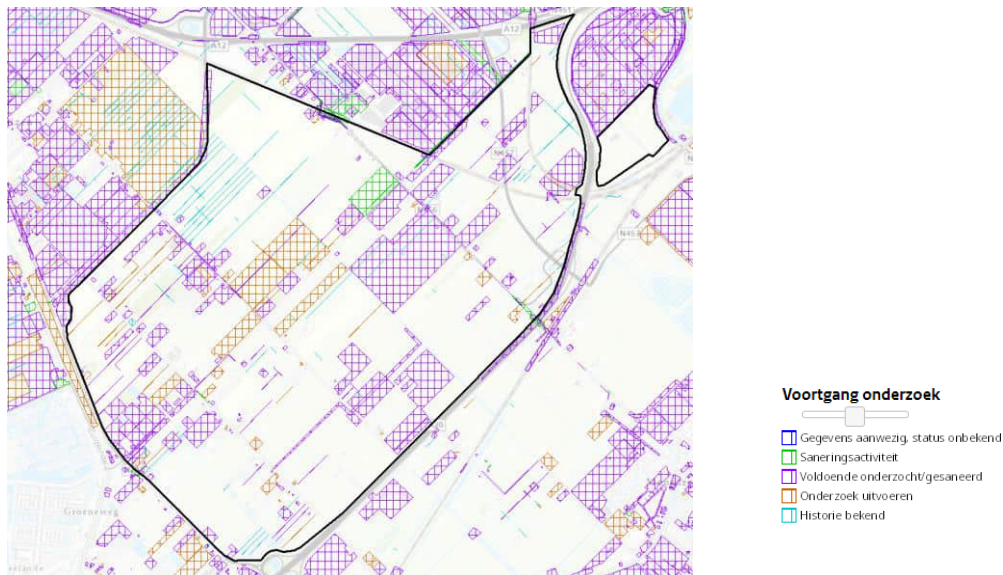


Figuur 4-19 Bodemkwaliteit boven en ondergrond bij toepassing (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)

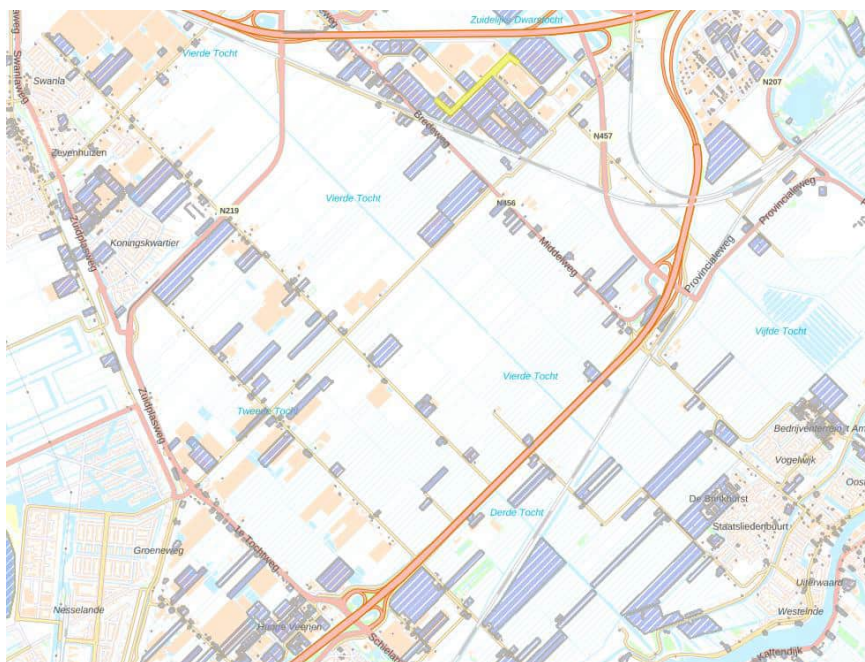
Te verwachte verontreinigingen-WBB (grond)

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.



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



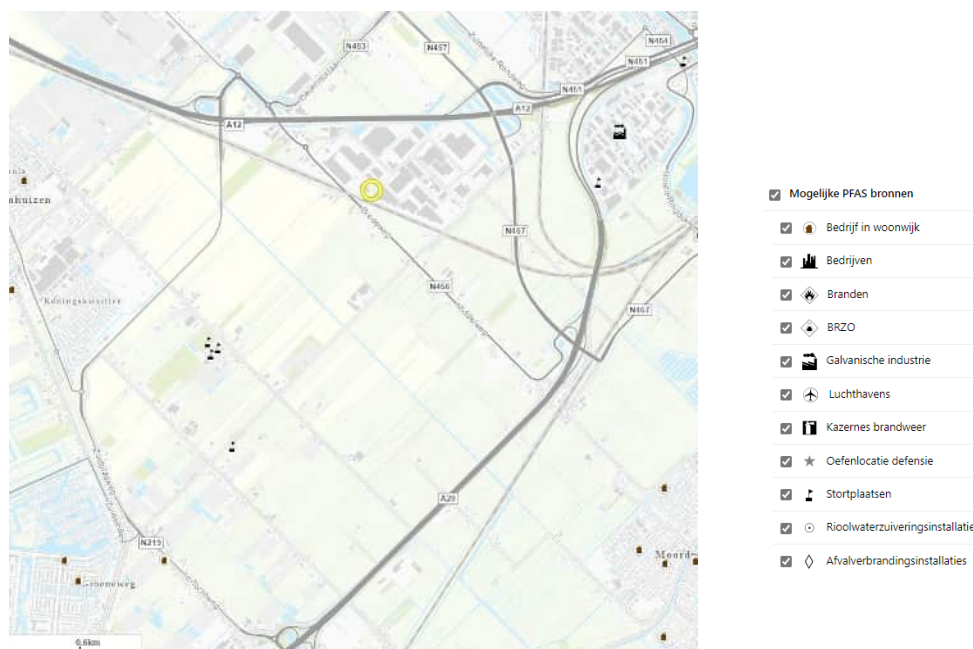
Figuur 4-21 - Situering bedrijfsactiviteiten weergegeven in blauwe markering (Omgevingsdienst Midden-Holland, 2022)

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.



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 m³).
- 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 huidig projectgebied valt heeft in de regio middels onderzoek vastgesteld waar verhoogde loodgehalten 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 m³).
- 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 m³)
- 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 m³ 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, dit is op dit moment niet het beleid van HHSK. 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, zouden pompen in lage peilvakken meer water moeten kunnen afvoeren wanneer landgebruik en normen hetzelfde blijven.

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 ($>25^{\circ}\text{C}$) en tropische ($>30^{\circ}\text{C}$) dagen naar verwachting 30-130% toenemen (KNMI, 2015). Omdat het gebied in de

¹ $T = 100$ 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

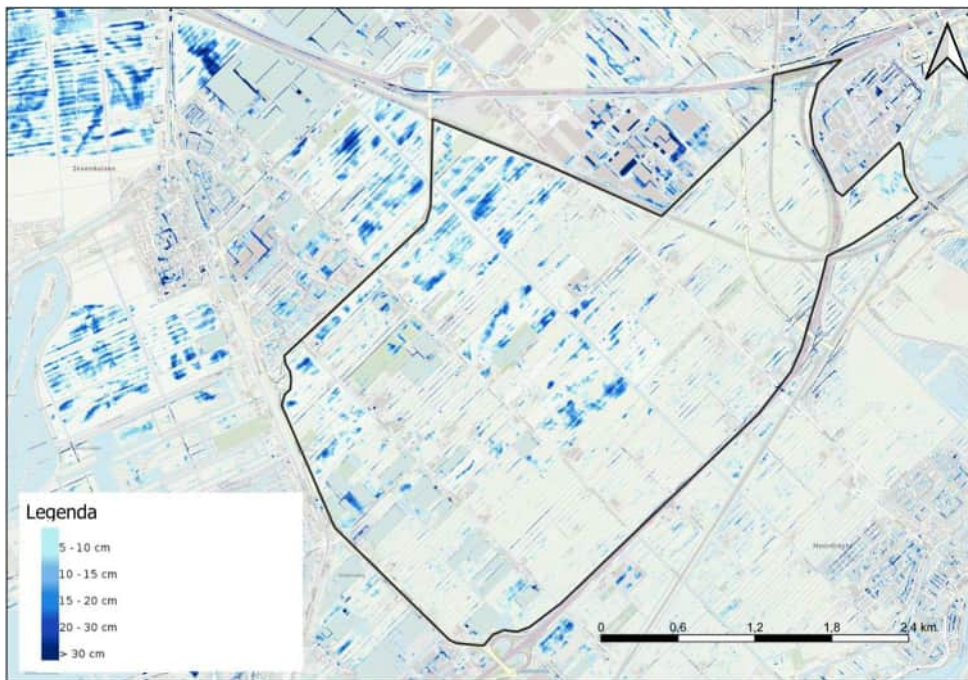
Ook droge periodes komen naar verwachting vaker voor als gevolg van klimaatverandering. In de huidige situatie worden peilen sinds 1973 niet meer geïndexeerd. Hiermee is bodemdaling verminderd en de kans op bodemopbarsting verkleind.

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-normen² 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 en gemaal Zuidplaspolder maar zal bij vaker voorkomende extremen waarschijnlijk ook vaker via Gemaal 4^e tocht plaatsvinden. Dit kan een negatief effect hebben op de Groene Waterparel.

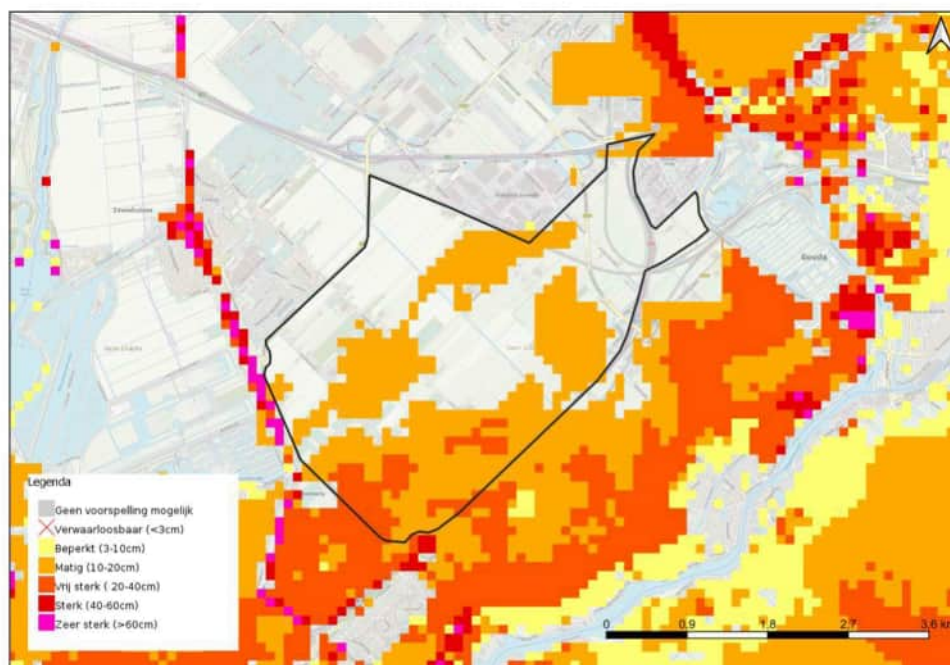
² NBW-normen: De wateropgave in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is het areaal in een gebied dat mag inunderen bij een bepaalde bui, zoals vastgelegd in datzelfde NBW en de verschillende klimaatscenario's. Voor verschillende functies gelden specifieke normen. Waterschappen zijn verantwoordelijk om maatregelen te nemen om ervoor te zorgen dat inundatie binnen de NBW-normen blijft. De maatregelen kunnen worden gezocht in vasthouden, bergen of afvoeren uit het gebied (in die voorkeursvolgorde). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen: (1) de historische wateropgave (ook wel de NBW-opgave 2015 genoemd) en (2) de NBW-wateropgave 2050. Een specificatie van de areaal die mogen inunderen volgens de NBW-normen kan worden gevonden in de beleidsnota waterberging bij ruimtelijke ontwikkelingen (2012, <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR273133#d91196019e659>)

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).

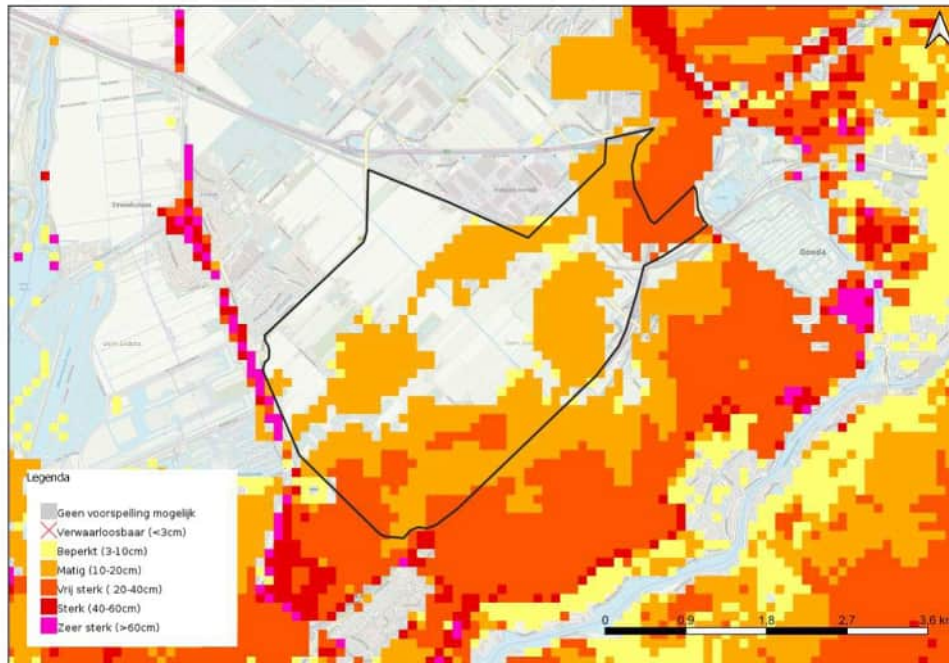
Bodemdaling als gevolg van veenoxidatie (landelijk gebied)

De bodemdaling als gevolg van veenoxidatie in de autonome ontwikkeling is niet exact te kwantificeren. Aan de hand van de ondergrondgegevens zijn twee scenario's uitgewerkt voor de Klimaat-effectenatlas 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.



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

Figuur 4-26 laat de verwachte bodemdaling vanuit de Klimaat-effectatlas zien in het hoge scenario voor het Middengebied tot 2050. Hierin is bij het maken van de klimaat-effectatlas 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. Afhankelijk van de bodemopbouw kan de bodem lokaal sneller of minder snel dalen, tussen de 1 en 5mm.



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 sprake 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 bodemplagen bestaat kan sprake 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

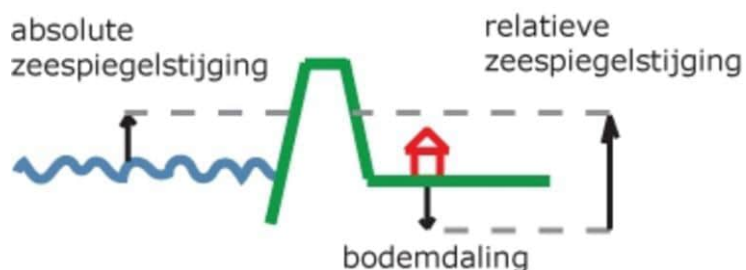
Door klimaatverandering zal de zeespiegel naar verwachting versneld stijgen na 2050. Het klimaatsignaal van het KNMI (2021) gaat uit van een stijging van de zeespiegel van 0,15-0,41 meter in 2050 en 0,54-1,21 meter in 2100 (KNMI, 2021). Het kennisprogramma zeespiegelstijging (MinlenW) houdt daarnaast 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 overstroomingssimulaties 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 overstroomingssimulaties 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 breslocaties, Gouda Sluisdijk en Nieuwerkerk Noord, zijn ook zichtjaar 2100 (0,75m zeespiegelstijging) en 2 meter zeespiegelstijging gesimuleerd. Voor Gouda Sluisdijk treden waterstanden op tot respectievelijk -2,2m NAP en -1,5m NAP en voor Nieuwerkerk Noord respectievelijk -1,9m NAP en -1,1m NAP (HKV, 2022). Met maaiveldhoogten variërend rond de -6m NAP komt dit neer op een waterdiepte van ca. 3,1 – 3,9 meter diep. Opgemerkt wordt dat uiteraard maatregelen worden getroffen door HHSK zoals bijvoorbeeld zorgen dat de keringen gesloten worden.

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 ongevoelbaar 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 dalende, 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-, ijzer- en nutriëntenrijk, 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, omdat verder verlagen van waterpeilen op dit moment niet het beleid is van HHSK is de verwachting dat dit niet gebeurt. 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 klimaat-effectatlas). Dit heeft bodemdaling en uitstoot van CO₂ 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. 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 en ecologische toestand verbetert of dat de huidige toestand niet verslechtert 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.

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 verschillende milieucompartimenten invloed hebben op de werking van het ecohydrologische systeem. De diepere ondergrond heeft invloed op hoogteverschillen en reliëf door bodemopbouw, dit heeft invloed op de dynamiek en samenstelling van grondwater en daarmee het oppervlaktewater. De samenstelling en hydrologische eigenschappen van de bodem hebben invloed op ecologische indicatoren en uiteindelijk het landgebruik.



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 gemiddeld genomen licht brak met chloridegehaltes tussen de 100 en 200mg/l, in sommige gevallen laten meetgegevens ook waarden zien tot 400mg/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 door nalevering uit de bodem bij het verhogen van waterpeilen. Uit waterkwaliteitsmetingen komt naar voren dat er veel fosfaat in het oppervlaktewater zit. Een deel hiervan komt uit kwel, een deel uit landbouwgrond (nalevering) en van actuele bemesting.

Voedselrijk water met nutriënten zoals fosfaat en stikstof zorgen voor een hogere kans op algenbloei of een kroosdek. Macrofyten (in het water levende planten) concurreren onder voedselarme omstandigheden met andere soorten waardoor algen en kroos geen kans krijgen. Wanneer de voedselrijkdom (lees nutriënten) toeneemt vormt deze geen beperkende factor meer en verschuift de concurrentiefactor naar licht. Waterplanten zullen naar het oppervlakte toegroeien. De onderlaag raakt beschaduwd waardoor ondergedoken planten afsterven. Waterplanten zijn niet meer in staat alle nutriënten op te nemen. Kroos en algen kunnen zich onder deze omstandigheden juist goed ontwikkelen. 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, ondiepe wateren en geïsoleerde niet stromende wateren. 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 en kroos zijn in een stedelijke omgeving onwenselijk, daarom het verminderen van nalevering 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. Een andere mogelijkheid is een laag zand toevoegen aan de grond, of natuurlijke peilfluctuaties toe te staan waardoor fosfaat afbreekt. Het uitspoelen en afbreken 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.

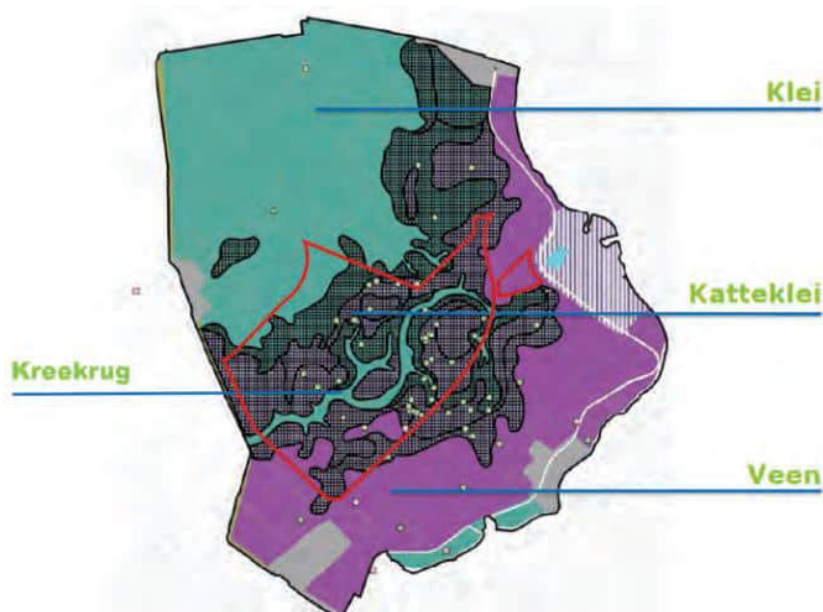
IJzer

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 niet geschikt als habitat voor veel plant- en diersoorten. 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, een eerdere studie laat zien waar katteklei verwacht wordt en wat het bindend vermogen voor fosfaat is (HaskoningDHV, 2016).



Bodemkaart Zuidplaspolder
(bron: Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard)

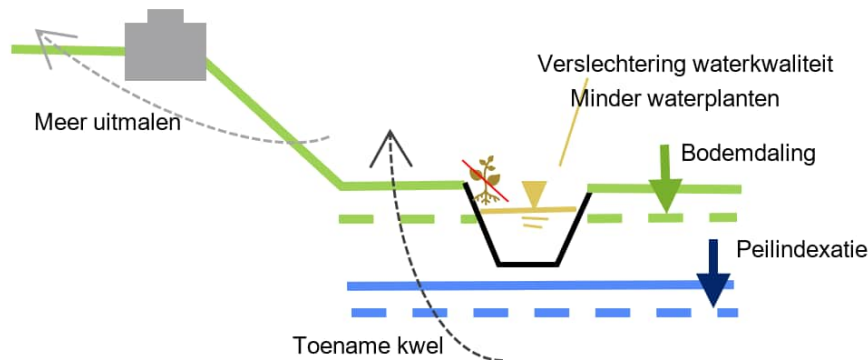
Figuur 5-2 Aanwezige katteklei in gebied, in rood omlijnd plangebied

5.1.2 Ingreep-effect relaties

Referentiesituatie

In de referentiesituatie is op plekken sprake van bruin oppervlaktewater vanwege de ijzerrijke kwel, in andere gevallen is er sprake van helder en plantenrijk water. 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.



Figuur 5-3 -Globale weergave effecten wanneer peilindexaties weer zouden worden toegepast 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.

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. 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 huidige 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. De uitspoeling van fosfaat, en daarmee grotere fosfaatbeschikbaarheid, kan leiden tot een toename van algenbloei in de wateren. Afgraven, afdekken en verbeteren van de grond kan zorgen voor minder voedingswaarden en daarmee minder invloed

van fosfaat. Let op, het is ook mogelijk dat er hoge concentraties nutriënten in te ondergrond aanwezig zijn welke vrij kunnen komen. Een andere mogelijkheid is in te zetten op ontwikkeling van natte natuur die nutriënt minnend is. Denk bijvoorbeeld aan het creëren van voedselrijk moeras zoals riet en ruigten. Deze waterplanten zorgen voor schaduw waardoor algen minder de kans krijgen, met periodiek snoeien en afvoeren worden nutriënten versneld afgevoerd. Hoe lang dit duurt is sterk afhankelijk van de hoeveelheid nutriënten in de bodem.

Als gevolg van de peilopzet ontstaat met regelmaat ondiep water op plekken. Ondiep water warmt makkelijk op, warm water (>25°C) kan in combinatie met een voedselrijke omgeving leiden tot botulisme en algenbloei. Daarnaast kan een vochtige omgeving zorgen voor meer insecten, wat voor mensen die wonen in de Watertuinen onaantrekkelijk kan zijn. Een goede visstand, kikkers en voldoende vogels die larven opeten zorgen voor het verminderen van insecten zoals muggen. Een goede ecologische situatie is bevorderlijk voor de leefkwaliteit. Het creëren van schaduw, bijvoorbeeld met riet en waterplanten zorgt voor minder opwarming. Daarnaast helpt het verdiepen van waterpartijen om opwarming te voorkomen. Met hoge voorgestelde 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 aanvoerroutes in het Middengebied. Het water wordt door het Middengebied gevoerd en uiteindelijk via gemaal 4^e tocht langs 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 zal, op basis van de gestelde ambities, naar verwachting verbeteren ten opzichte 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, met uitzondering van de Groene Waterparel. 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 kattenklei 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 of verandering van beheer. 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 aan het begin van 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 Kreekrug kan kwel licht toenemen richting de Groene Waterparel. Uit berekeningen is gebleken dat dit neer komt op een gemiddelde kweltoename van ca. 0,05mm/dag richting de Groene Waterparel. Afhankelijk van de verandering van de kwaliteit van het kwelwater heeft dit in meerdere of mindere mate effect op de ecologische toestand van de Groene Waterparel. Maatregelen zoals een bufferzone (tot 120m met een aangepast peil -6,3m NAP en -6,9m NAP) of buffersloot (met een aangepast peil -6,6m NAP) hebben een minimaal effect, zie analyse en bijlage IV in dit rapport. Een uitspraak over het effect van de toename van kwel op de Groene Waterparel is op dit moment niet te maken op basis van beschikbare gegevens en onzekerheid van de gegevens.

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 neemt de kans dat water in calamiteiten wordt afgevoerd door de 4^e tocht en langs de Groene Waterparel als gevolg van de ontwikkeling niet toe.

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

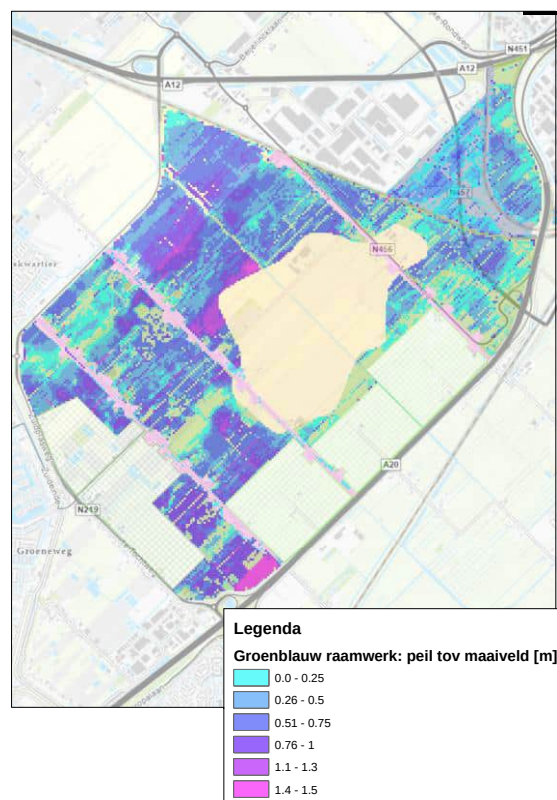
ondergrond naar het oppervlaktewater. Wat een gunstig effect heeft op de waterkwaliteit. De kans op helder plantenrijk water met een gezonde visstand en ecologie wordt daarmee groter.

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.), daarnaast is zorgvuldig afkoppelen van belang.

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. Daarnaast zal rekening gehouden moeten worden met bladafval van bomen, bladafval kan zorgen voor baggeraanwas en aanvoer van organisch materiaal in het water wat van negatieve invloed kan hebben op de waterkwaliteit.

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. Uit onderzoek is gebleken dat drijvende wijken geen tot nauwelijks negatieve effecten hebben op de ecologie (Pedrosa de Lima, de Graaf-van Dinther, & Boogaard, 2022). Dit zorgt voor minder grondverzet en meer waterbergingsmogelijkheden en kansen voor natuurontwikkeling. Wanneer geen grondverbetering wordt toegepast kan de voedselrijke grond leiden tot algenbloei.



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 0,0 en 0,5m met op sommige plekken diepten tot 1,5m.

Een vochtig moeraslandschap in een woongebied kan leiden tot meer insecten zoals muggen, dit wordt als een belangrijk risico gezien. Echter bij een gezond

ecosysteem met vissen, kikkers en vogels is dit risico niet groter dan in andere poldergebieden. Zoals in Figuur 5-4 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** te zien is, ontstaan bij een maximaal peil van -5,3m NAP bij Alternatief Groen-blauw raamwerk waterdiepten tot ca.1,5 meter in het Watertuinen gebied. Dieper water in combinatie met een lage belasting van nutriënten zorgt voor verminderde kans op eutrofiëring en opwarming en daardoor botulisme en blauwalgenbloei. Een zo laag mogelijke belasting met nutriënten is de belangrijkste maatregel. Met lagere waterstanden kunnen drassige omstandigheden ontstaan en daarmee een grotere kans op opwarming en botulisme, (blauw)algenbloei en insecten. Het verdiepen van waterpartijen door de toplaag af te graven (verminderen belasting) 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. Hierbij dient wel rekening gehouden te worden met de kwaliteit van de grond.

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 kan er in de toekomst om vragen om peilen toch weer te verlagen om grond droog te houden. HHSK heeft waterpeilen al sinds 1973 niet meer geïndexeerd en verdere indexatie is op dit moment niet het beleid van HHSK. Verlaging van peilen zorgt voor een toename van kwel, een vergrote kans op opbarsting en noodzaak voor meer pompen. Daarnaast blijft de bodem verder dalen.

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 aangewezen³. De EVZ zal ongeveer 50-100 meter breed worden. Deze EVZ is in dit MER meegenomen in alle alternatieven als autonome ontwikkeling. In alternatief Groen-blauw raamwerk wordt een uitgebreidere versie van de EVZ meegenomen: binnen de Groene Schakel wordt deze breder dan 100m. Verder worden ecologische verbindingen niet beperkt tot één corridor, maar dooradert grote biodiversiteit het hele plangebied, bijvoorbeeld de kabel/leidingenstrook langs de 4^e tocht.

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.

³ Deze EVZ was tot de herziening van het omgevingsbeleid over de buisleidingszone ter hoogte van de Vierde Tocht geprojecteerd. Na herziening van het omgevingsbeleid ligt de EVZ in het deelgebied de Groene Schakel.

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^e 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 zonnepanelen 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, hier zal rekening mee gehouden moeten worden in de inrichting. Voor deze functiecombinatie is bodemverbetering (afgraven van nutriëntrijke grond en aanvullen met schone grond) waarschijnlijk noodzakelijk. Een belangrijk voordeel is dat het plangebied zo veel mogelijk zelfvoorzienend is in de waterbehoefte en er minder noodzaak is voor wateraanvoer vanuit het regionale systeem.

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.

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 $>25^{\circ}\text{C}$ kan botulisme ontstaan. Dit gebeurt sneller als het water ondieper is. Botulisme is een ziekte waardoor watervogels en vissen 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. Het is dus een uitgangspunt om de nutriëntenbelasting zo laag mogelijk te houden zodat het water helder blijft.

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

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. Om het gebied in droge perioden van voldoende water te voorzien en/of verslechtering van de waterkwaliteit tegen te gaan is het worden maatregelen genomen om regenwater zo lang mogelijk vast te houden in het gebied. Hiervoor wordt een flexibel peil gehanteerd met gemiddeld hogere waterpeilen zodat ook in de toekomst een toename van kwel wordt voorkomen.

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 geplant en op de nattere plekken juist meer vegetatie die past bij natte en vochtige omstandigheden.

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.

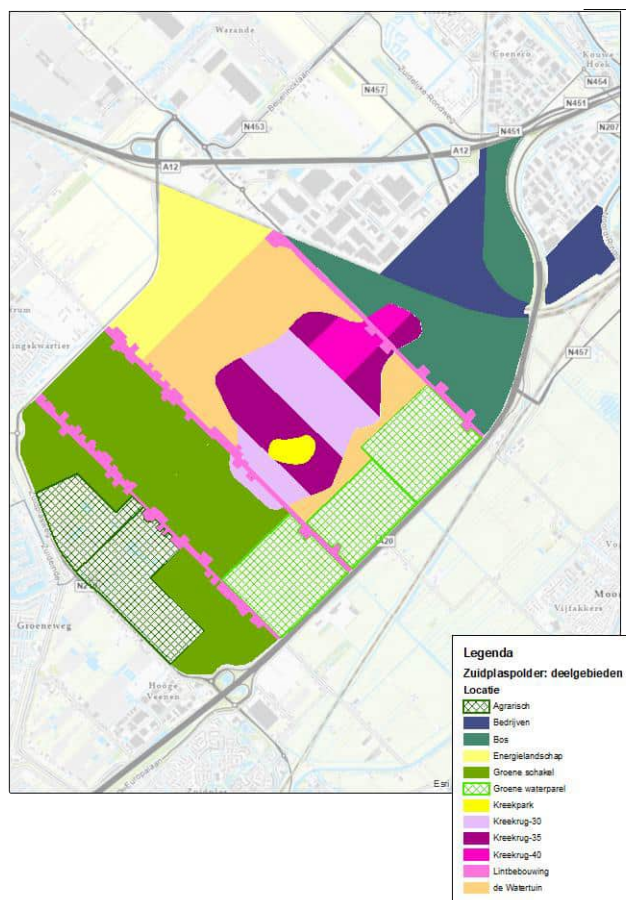
Beoordelingscriteria oppervlaktewaterkwantiteit

- ++** 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 m² extra verhard oppervlak, in ontwikkelingen zoals deze is de compensatie-eis maatwerk voor HHSK. Een belangrijke eis van HHSK is daarnaast dat geen wateroverlast ontstaat, ook dit is als uitgangspunt meegenomen in de analyse en effectbeoordeling. In de deelgebieden Kreekrug en Watertuin is een groter deel waterberging opgenomen dan in de huidige situatie. In de huidige situatie in 5% van deze gebieden water, in de alternatieven is 20% opgenomen voor berging, waarvan ongeveer de helft wateroppervlak en de helft droge berging. Om opbarsting te voorkomen, kan de bodem van deze berging net boven het bovenpeil liggen, waardoor dit bij een extreme bui direct onderloopt en dus compleet als droge 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 m² extra verhard oppervlak, in ontwikkelingen zoals deze is de compensatie-eis maatwerk voor HHSK. Een belangrijke eis van HHSK is daarnaast dat geen wateroverlast ontstaat, ook dit is als uitgangspunt meegenomen in de analyse en effectbeoordeling. In de deelgebieden Kreekruig en Watertuin is een groter deel waterberging opgenomen dan in de huidige situatie. In de huidige situatie in 5% van deze gebieden water, in de alternatieven is 20% opgenomen voor berging, waarvan ongeveer de helft wateroppervlak en de helft droge berging. Om opbarsting te voorkomen, kan de bodem van deze berging net boven het bovenpeil liggen, waardoor dit bij een extreme bui direct onderloopt en dus compleet als droge waterberging functioneert.

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

Gebiedstype	de Watertuin	Kreekruig	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 de berekeningen is rekening gehouden met vloerpeilen zoals omschreven in alternatieven, eventuele verlaging op termijn als gevolg van bodemdaling is niet meegenomen.

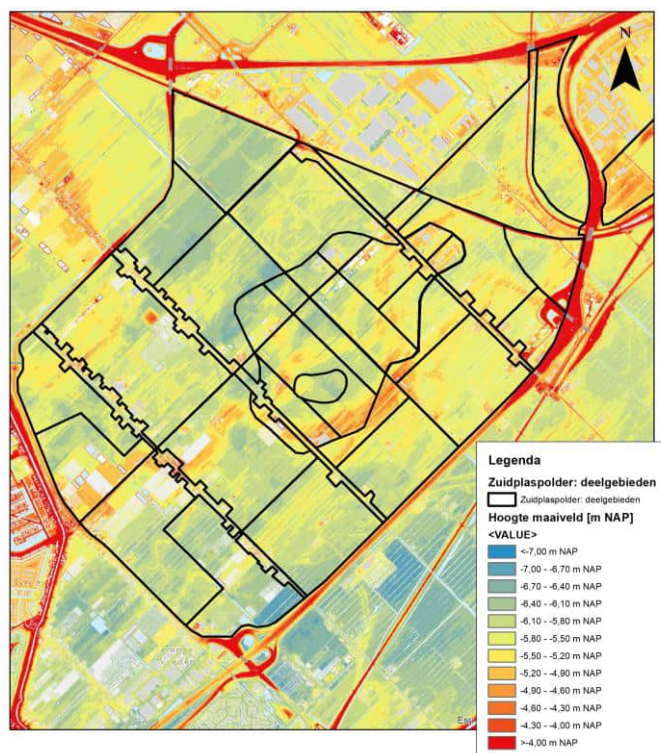
In het basisalternatief wordt al het bebouwde oppervlak (woningen/gebouwen) plus de tuinen opgehoogd: zowel in de Kreekruig als de Watertuin (wonen op terpen) gaat dat in de berekeningen om 80% (zie Tabel 6-2). Het bedrijventerrein wordt voor 75% verhoogd.

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 Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energie-landschap	Groene schakel	Lint-bebouwing	Totaal
	Watertuin						
Oppervlakte [ha]	133	162	87	128	77	236	877
Gem. hoogte maaiveld [mNAP]	-5,83	-5,71	-5,55	-5,60	-6,12	-5,80	-5,76
Deel van het oppervlak dat wordt opgehoogd							
Referentie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Basis	80%	80%	75%	3%	3%	3%	36%
Klimaatrobuust	10%	64%	75%	3%	3%	3%	26%
GroenBlauw	10%	80%	75%	3%	3%	3%	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 2085⁴ 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

⁴ 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

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

Bij het eerste neerslagscenario is afvoer via de gemalen wel mogelijk, met een maalcapaciteit van 18 mm per dag voor het hele gebied. Bij de laatste twee neerslagscenario'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 sprake 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. Voor het berekenen van de waterpeilen en bijbehorende ophoging is uitgegaan van droogleggingseisen, de toelichting per alternatief staat in Bijlage 4 bij het MER en in bijlage I van dit rapport.

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 klimaatrobust en Groen-blauw raamwerk is dit zelfs nog meer. De opgehoogde oppervlakten zijn hier al vanaf getrokken, deze blijven droog. 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 Klimaatrobust en Groenblauw. Het kleurverloop geeft verschillen aan in waterdiepten, ze hebben geen specifieke betekenis.

Gebiedstype	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandsc hap	Groene schakel	Lint	Totaal
Oppervlakte [ha]	133	162	87	128	77	236	54	877
Bovenpeil (maximaal streefpeil)								
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
Klimaatrobust	-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
Nat oppervlak [%] bij bovenpeil								
Referentie	6%	4%	3%	0%	4%	3%	8%	3%
Basis	15%	15%	11%	10%	60%	24%	20%	18%
Klimaatrobust	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, waarvan 92 in de lintbebouwing, 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 lager dan het bovenpeil of beneden de maatgevende waterpeilen behorende bij de drie extreme neerslagsscenario's. Alternatief Maximaal klimaatrobuust en Groenblauw raamwerk zijn niet meegenomen omdat bestaande bebouwing in deze alternatieven wordt opgevijseld of geamoveerd. Alternatief Circulair / Duurzame energie is hetzelfde als het basisalternatief.

Alternatief	Referentiesituatie		Basisalternatief	
	m NAP	#objecten	m NAP	#objecten
Bovenpeil	-6,50	0	-6,05	0
Na 90mm in 1uur	-5,88	0	-5,71	4
Na 143mm in 24uur	-5,74	3	-5,59	9
Na 200mm in 48uur	-5,64	7	-5,51	13

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

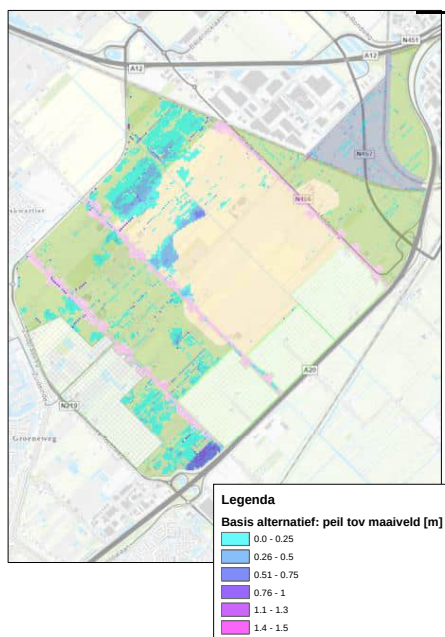
Alternatief	Referentiesituatie							
	Gebied	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint
Verhoogd oppervlak [%]		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Resultaten neerslagsscenario's Maximaal Peil [m NAP]								
Bovenpeil [mNAP] (start berekening)		-6,40	-6,40	-6,25	-6,60	-6,60	-6,60	-6,30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

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, dit is verder uitgewerkt in de alternatieven.

Basisalternatief

Het basisalternatief bestaat vooral uit ophogingen in de gebieden de Kreekrug, de Watertuin en het bedrijventerrein, in combinatie met een verhoging naar een streefpeil van -6,20 m NAP (+/-15 cm) in veel 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. Dit is een negatieve inschatting doordat ook in de ondergrond bergingsruimte zit, dit is niet meegenomen. 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							
Gebied	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energie-land schap	Groene schakel	Lint	Totaal
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
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
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%

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 op de Kreekrug en in de Watertuin blijft bij deze extreme neerslagsituatie een drooglegging bestaan van respectievelijk 0,50m (vloerpeil) en 0,30m (wegpeil) bij het meest extreme neerslagscenario.

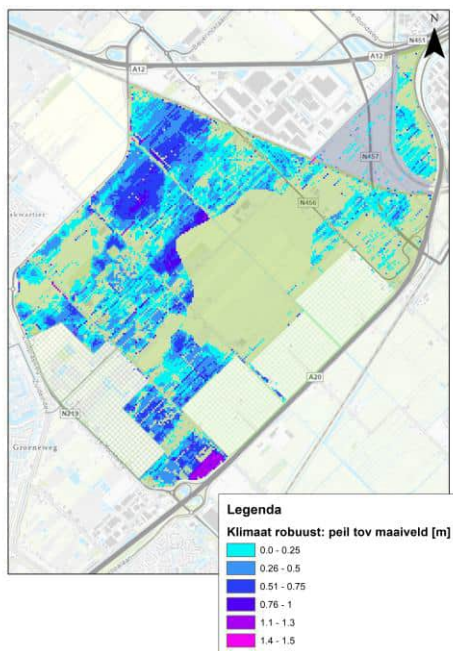
In de Lintbebouwing (waar het peil ook tot -6,20 m NAP, met een bovenpeil van -6,05 m NAP, wordt opgezet) treedt in het meest extreme neerslagscenario een peilstijging op van gemiddeld 51 cm boven het bovenpeil (bij 200 mm in 48 uur). Hier is extra berging of gemaalcapaciteit nodig om deze bebouwing 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 het Bos, Groene Schakel en het Energielandschap (groten)deels 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 Watertuin. Het oppervlak dat wordt opgehoogd, krijgt echter 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.



Figuur 6-4: Inundatiekaarten van de deelgebieden als wordt uitgegaan van het bovenpeil (startpeil berekeningen) voor alternatief Maximaal klimaatrobuust. Het deelgebied Kreekkrug 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 alle deelgebieden. In dit alternatief komen de vloerpeilen op -4,45 m NAP, wat zorgt voor een drooglegging van 88cm voor de woningen in het meest extreme neerslagscenario. Datzelfde geldt voor de evacuateroutes, terwijl overige wegen aangelegd worden op -4,65m NAP (68 cm drooglegging).

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

Alternatief	Maximaal Klimaatrobuust							
	Gebied	de Watertuin	Kreekkrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint
Verhoogd oppervlak [%]		10%	64%	75%	3%	3%	3%	50%
Resultaten neerslagsscenario's Maximaal Peil [m NAP]								
Bovenpeil [mNAP] (start berekening)		-5,65	-5,65	-6,05	-5,65	-5,65	-5,65	-5,65
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)		-5,50	-5,50	-5,57	-5,50	-5,50	-5,50	-5,50
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)		-5,42	-5,42	-5,35	-5,42	-5,42	-5,42	-5,42
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)		-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33
Resultaten scenario's: oppervlak dat onder water komt te staan[%]								
Nat oppervlak bij bovenpeil [%]		73%	35%	11%	45%	93%	64%	41%
Scenario 90 mm in 1 uur (met malen)		80%	35%	22%	59%	96%	73%	48%
Scenario 143 mm in 24 uur (zonder malen)		82%	36%	25%	68%	97%	77%	49%
Scenario 200 mm in 48 uur (zonder malen)		84%	36%	25%	75%	97%	80%	50%

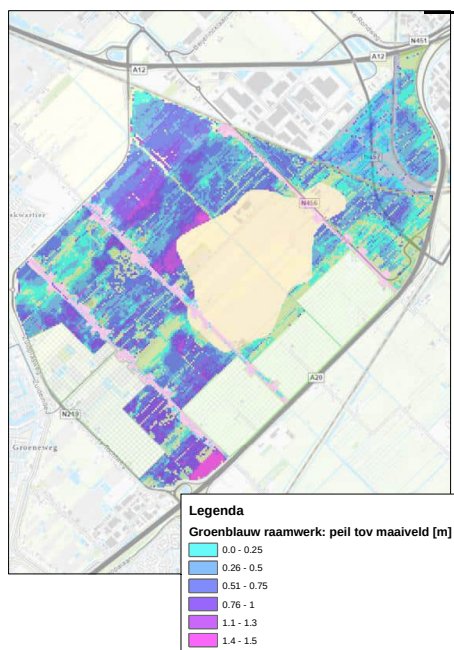
Geconcludeerd wordt dat in Alternatief Maximaal Klimaatrobuust het watersysteem de getoetste neerslagextremen op kan vangen zonder dat schade optreedt aan nieuw te bouwen objecten, vitale voorzieningen en infrastructuur, ook in 2100. Ook kruipruimtes blijven droog bij bovenstaande neerslagsituaties. 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 neerslagscenario 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 neerslagscenario op -5,0m NAP en komen daarmee 33cm hoger te liggen dan de waterstanden bij Alternatief Maximaal Klimaatrobuust. Vergeleken met de vloerpeilen van -4,60m NAP en wegpeil van -4,70m NAP op de Kreekrug en -4,50m NAP in de Watertuin levert dit een minimale drooglegging op van 40cm voor de woningen en 30cm voor de wegen op de Kreekrug en 50 cm in de Watertuin. Op de Kreekrug is het uitgangspunt om zonder kruipruimte te bouwen, deze kunnen dus geen schade ondervinden. De tuinen en openbare ruimte (behalve wegen) worden in de Watertuin tot maximaal -6,0m NAP opgehoogd, wat betekent dat deze delen bij alle neerslagscenario's onder water komen te staan.

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.

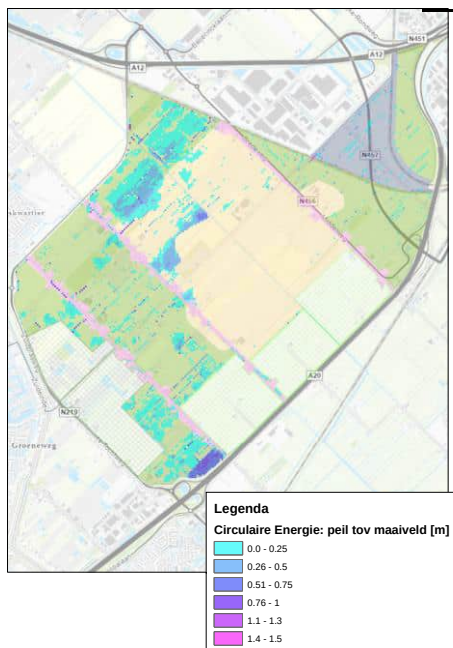
Door de hoge waterstand onder normale condities, komen het Energielandschap, het bos, de Groene Schakel nagenoeg altijd onder water te staan. Omdat wateroverlast in extreme situaties, ook in 2100 in bebouwde gebieden voorkomen wordt, is dit alternatief beoordeeld als sterk positief (effectbeoordeling: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

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

Alternatief	Raamwerk Groen-Blauw							
Gebied	de Watertuin	Kreekrug	Bedrijven	Bos	Energielandschap	Groene schakel	Lint	Totaal
Verhoogd oppervlak [%]	10%	80%	75%	3%	3%	3%	0%	26%
Resultaten neerslagscenarios 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 scenarios: 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 -5,51m NAP op de Kreekrug en in de Watertuin en daarmee dus iets minder 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 bij woningen. 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. Daarnaast worden in de Watertuin tuinen en de openbare ruimte maximaal opgehoogd tot -6,0 m NAP. Omdat water kan stijgt tot -5,51 m NAP bij extreme neerslag kan dit leiden tot wateroverlast in deze gebieden bij alle drie de neerslagsscenario's. Dat zal niet overal in de Watertuin het geval zijn omdat het maaiveld in een deel in de huidige situatie al hoger dan -5,5m NAP ligt. Op de Kreekrug worden tuinen en openbare ruimte wel opgehoogd, naar -5,45m NAP, waardoor het water net niet op maaiveld komt te staan onder extreme omstandigheden (143mm/24uur en 200mm/48uur). Door de verwachte wateroverlast en mogelijke schade aan vloeren 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 Kreekkrug 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							
Gebied	de Watertuin	Kreekkrug	Bedrijven	Bos	Energievlandschap	Groene schakel	Lint	Totaal
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
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
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 preciezere 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 referentiesituatie. 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 hoofdwatersstructuur 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 Kroes gemaal. Voor de gemiddelde aan- en afvoer van water zijn vier variabelen van belang: neerslag, verdamping, kwel en toegestane peilfluctuaties (buffervolume). Uitgangspunt voor de autonome ontwikkeling is dat in het Middengebied de huidige watersstructuur 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

warmer 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 wanneer de inrichting en waterbeschikbaarheid niet wordt aangepast.

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)

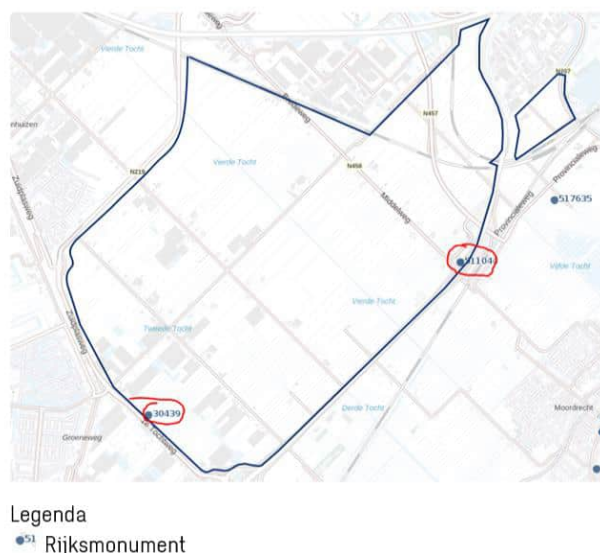
Toegepaste peilfluctuaties:

- 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 minder 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 opgevijseld of afgezonderd in apart peilvak om negatieve effecten te mitigeren.

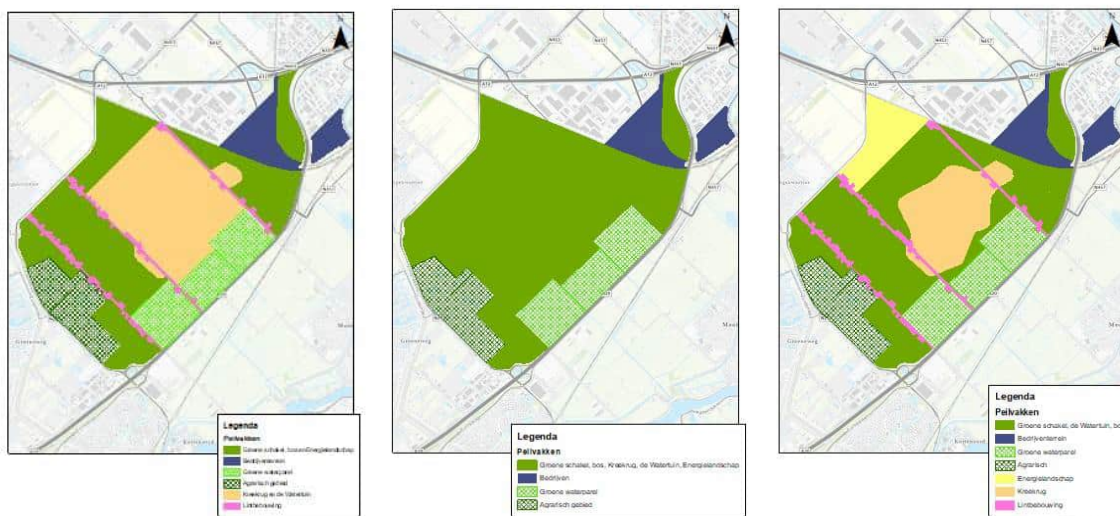


Figuur 6-7 bestaande rijksmonumenten

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/+

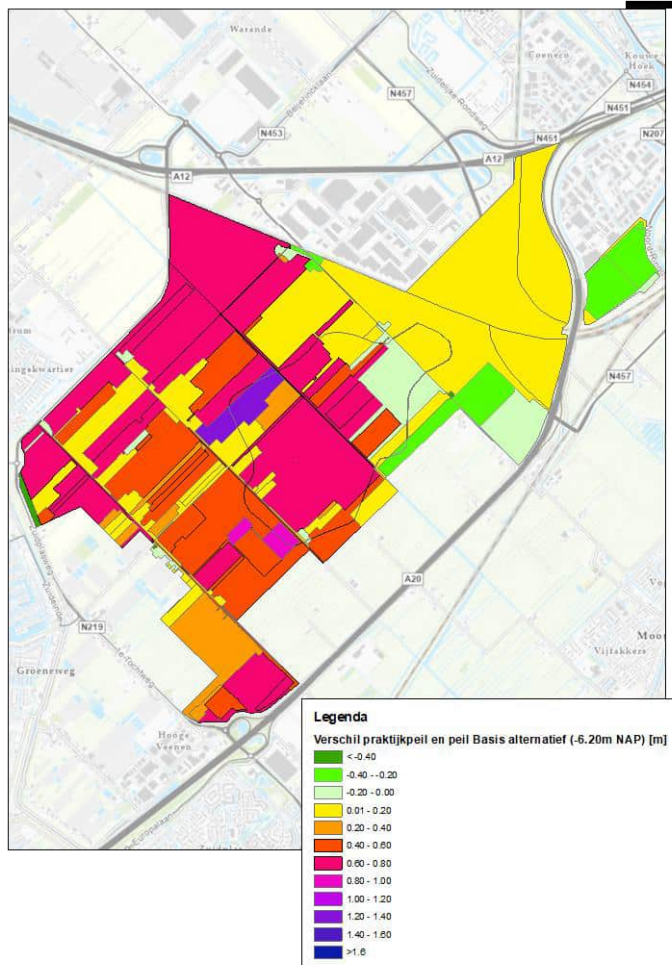
Voor de beoordeling van effecten zijn de peilgebieden in alternatieven hieronder grofweg ingetekend (Figuur 6-8). Hierbij is geen rekening gehouden met het huidige hoofdwatersysteem. Het geeft een beeld van mogelijke indeling van peilgebieden en de effecten op de omgeving.



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 Watertuin, 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 de bebouwing op de Kreekrug en in de Watertuinen hoger 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 bestaande assets per deelgebied

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

In het basisalternatief moeten naar inschatting 228 kunstwerken worden aangepast om de nieuwe peilen en peilvakken te accommoderen. Het merendeel hiervan zijn duikers (132) en stuwen (42). Deze getallen zijn een indicatie, het exacte aantal hangt af van de inrichting van het watersysteem.

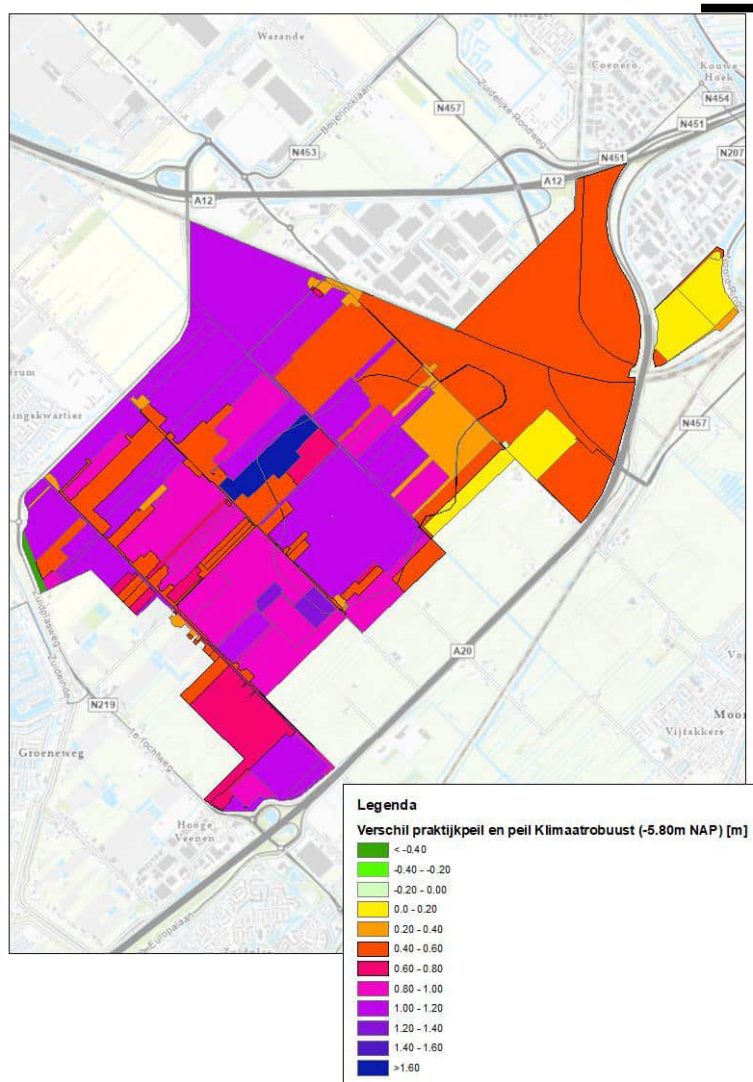
Met een gemiddeld streefpeil van -6,20m NAP neemt de kwelflux af met 0,0–0,5mm/dag (zie bijlage III of paragraaf 4.4). In de toekomst neemt naar verwachting de kweldruk echter wat toe door zeespiegelstijging waardoor de hoeveelheid kwel per saldo kan toenemen, wat invloed heeft op de hoeveelheid water 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 Schakel 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, vispassages 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
Bedrijven	1	3	0	1	15	8
Bos	7	2	1	0	27	6
de Watertuin	12	3	0	5	18	0

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

In alternatief Maximaal klimaatrobuust moeten naar inschatting 495 kunstwerken worden aangepast om de nieuwe peilen en peilvakken te accommoderen. Het merendeel hiervan zijn duikers (309) en stuwen (70). Dit is meer dan in bijvoorbeeld het basisalternatief omdat in dit alternatief ook het pijl in de lintbebouwing wordt verhoogd, een deelgebied met veel kunstwerken. Deze getallen zijn een indicatie, het exacte aantal hangt af van de uiteindelijke inrichting van het watersysteem.

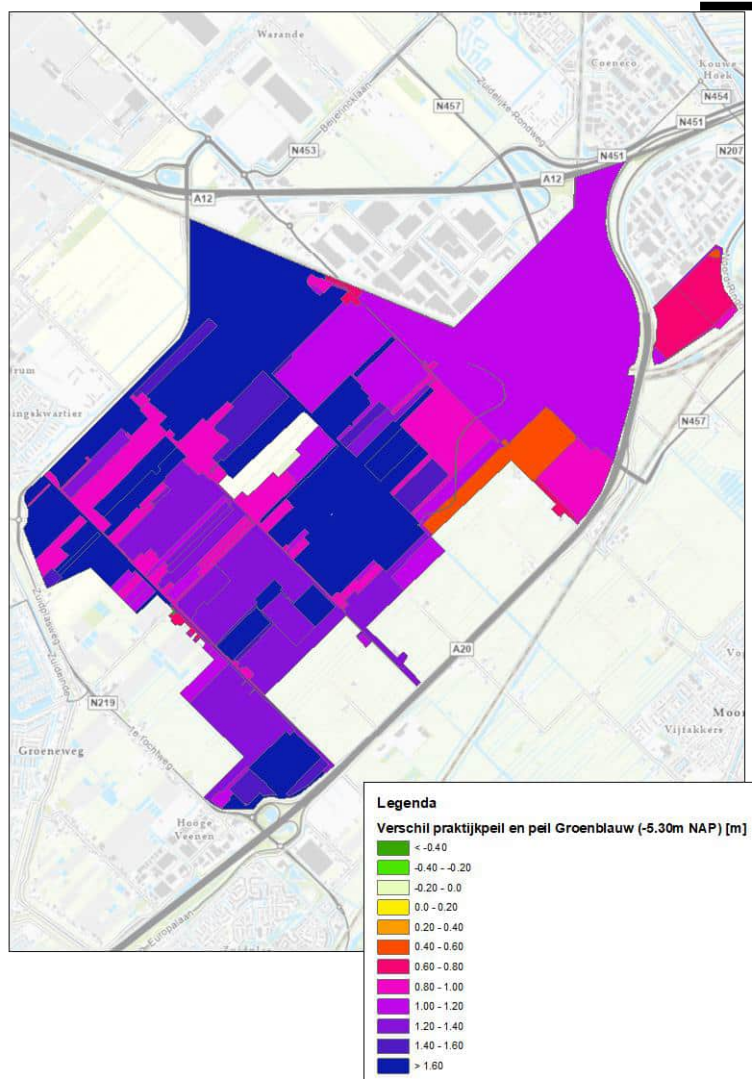
Binnen het gebied wordt extra veel waterberging ingericht om neerslag op te vangen. Onder ander in het Energielandschap kan water vanuit de Kreekrug en Watertuin worden opgeslagen. Vanaf hier kan het via de rand van het plangebied naar de Tweede Tocht en dan naar de Hollandse IJssel worden afgevoerd.

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 tot 0,75 meter, 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
Bedrijven	1	3	0	1	15	8
Bos	7	2	1	0	27	6

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

In alternatief Groenblauw raamwerk moeten naar inschatting 495 kunstwerken worden aangepast om de nieuwe peilen en peilvakken te accommoderen. Het merendeel hiervan zijn duikers (309) en stuwen (70). Dit is meer dan in bijvoorbeeld het basisalternatief omdat in dit alternatief ook het pijl in de lintbebouwing wordt verhoogd. Deze getallen zijn een indicatie, het exacte aantal hangt af van de uiteindelijke inrichting van het watersysteem.

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 boven het bovenpeil.

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. Een effect op de waterkwaliteit van de Groene Waterparel is niet uit te sluiten.
- 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. Een effect op de waterkwaliteit van de Groene Waterparel is niet uit te sluiten.
- De chemische en ecologische kwaliteit van de waterstructuur verslechtert in sterke mate. Kwel en opbarsting nemen toe. Ook de waterkwaliteit in de Groene Waterparel verslechtert.

6.3.2 Uitwerking op thema's

Beleid en regelgeving

Bij de inrichting van het Vijfde dorp moet rekening houden met bestaand beleid en regelgeving rond waterkwaliteit, inclusief: Kaderrichtlijn Water (KRW), het 7e Actieprogramma Nitraatrichtlijn 2022-2027, de derogatiebeschikking en uitvoeringsprogramma's zoals voor reducties van medicijnresten en andere chemische stoffen.

De inrichting van het nieuwe dorp mag geen negatief effect hebben op KRW-waterlichamen. Maar het plan heeft zelfs de potentie om positief bij te dragen aan de waterkwaliteit. Omdat landbouwgrond (bemesting) verdwijnt, wordt de af- en uitspoeling van stikstof en fosfaat naar het oppervlaktewater minder, waardoor de chemische waterkwaliteit verbetert en daarmee ook de ecologische waterkwaliteit (alle kwaliteitselementen). Het terugdringen van nutriëntrijke kwel is een ander belangrijk component voor het verbeteren van de chemische waterkwaliteit (zie kopje hieronder).

De derogatiebeschikking en Nitraatrichtlijn zijn niet van toepassing op de ontwikkeling van het Vijfde dorp omdat landbouwgronden worden omgezet naar stedelijk gebied. Medicijnresten en chemische stoffen komen niet in het water in de ontwikkelingsplannen want woningen worden aangesloten op het riool.

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 ijzer- en nutriëntenrijk. IJzerrijke kwel zorgt voor bruin water, wat onaantrekkelijk is voor de omgeving. Daarnaast leidt ijzer en nutriëntenrijke 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 Figuur 4-16 **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 ook een negatief effect op de waterkwaliteit. Het is niet mogelijk precies te onderscheiden welk deel van de nutriënten afkomstig is uit de landbouw en welk deel te wijten is aan nutriëntrijke kwel, naar de herkomst van nutriënten is onderzoek gedaan, dit is omschreven in hoofdstuk 4.1.8.

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

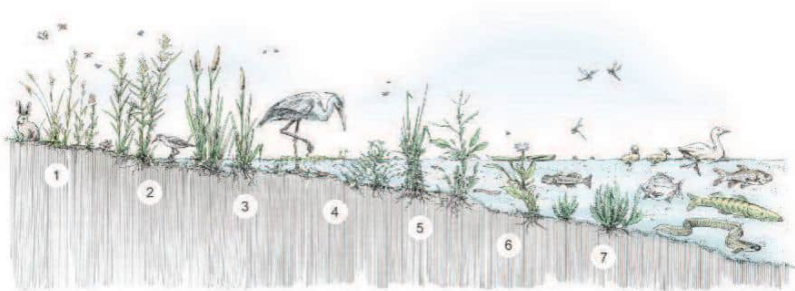
Als landbouwgebied wordt omgezet in stedelijk gebied, verandert de aard van de processen die invloed hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. In stedelijk gebied stroomt regenwater van verhardingen af naar oppervlaktewater, al dan niet via een regenwaterriool. Dit water is vaak vervuild met nutriënten, 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. Riooloverstorten zijn door het aanleggen van nieuw stedelijk gebied en daarmee een gescheiden stelsel niet aanwezig, in de omliggende gebieden is dit nog wel mogelijk. Omzetting van landbouwgrond in stedelijk gebied leidt daardoor niet per definitie tot een betere oppervlaktewaterkwaliteit, wanneer de inrichting goed gedaan wordt kan de kwaliteit aanzienlijk worden verbeterd.

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. Riooloverstorten 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 het bestaande slotenpatroon 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 1:3 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. Met het verhogen van waterpeilen wordt al tegendruk gecreëerd waardoor dit risico geminimaliseerd wordt.

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, 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.

Technische werking Pyriet motor en natuurwaarden in de Groene Waterparel

De bodem in de Groene Waterparel bestaat voornamelijk uit veen, moerige gronden en kleigronden. Plaatselijk komt katteklei voor. De kattekleibodems bevatten van nature veel ijzersulfiden, met name pyriet (FeS_2). Deze bodems ontstaan wanneer sulfaat wordt gereduceerd, waarbij sulfide vrijkomt dat wordt gebonden aan gereduceerd ijzer. Wanneer de pyrietrijke bodems worden blootgesteld aan zuurstof, bijvoorbeeld bij drainage en of het afgraven van de toplaag, kan het gereduceerde sulfide reageren met zuurstof. Hierbij wordt het gereduceerde sulfide geoxideerd tot sulfaat. Bij onvolledige oxidatie komt behalve sulfaat ook mobiel gereduceerd ijzer (Fe^{2+}) vrij wat kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. In het oppervlaktewater oxideert het ijzer tot Fe^{3+} , en kan het fosfaat binden. Hierdoor blijft de fosfaatbeschikbaarheid in de waterkolom en slootbodems laag.

Bij de oxidatie van pyriet komen daarnaast zuren vrij (protonen, H^+). Deze zuren kunnen worden geneutraliseerd (bicarbonaatbuffering, carbonaatoplossing en kationuitwisseling) wanneer voldoende bufferende carbonaten en kationen aanwezig zijn. Indien de bodem relatief rijker is aan potentieel verzurend pyriet dan aan bufferende carbonaten of kationen treedt zeer sterke verzuring van het grondwater op. Wanneer in de wintermaanden de grondwaterstanden tot boven het slootpeil stijgen, en het zure grondwater uitspoelt naar aangrenzend oppervlaktewater neemt de pH af en verschuift het koolstofevenwicht. Hierdoor neemt de beschikbaarheid van bicarbonaat af en die van koolstofdioxide toe.

De lage beschikbaarheid van fosfaat en bicarbonaten, en de hogere beschikbaarheid van koolstofdioxide zijn bijzonder gunstige condities voor voorkomen van plantensoorten uit de oeverkruidklasse. In Nederland zijn deze soorten karakteristiek voor zwak gebufferde voedselarme wateren als vennen, ondergelopen slenken en geïsoleerde poelen op hogere zandgronden en de kustduinen van Noord- en Zuid-Holland. Het voorkomen van deze soorten in de Zuidplaspolder is dan ook uniek. Daarnaast heeft Nederland voor deze plantensoorten een grote internationale verantwoordelijkheid met betrekking tot instandhouding. Voor veel soorten, van de tot oeverkruidklasse behorende gemeenschappen, ligt Nederland centraal in het areaal. Voor de meeste soorten is de verspreiding beperkt tot het Atlantische deel van Europa en ligt een groot deel van de oppervlakte van begroeiingen in Nederland.

Belangrijkste bronnen voor bovenstaande omschrijving: (B-Ware, 2020; van Diggelen, Verstijnen, Roelofs, & Smolders, 2020; Groot, 2016)

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, dat komt neer op een toename van 0,05mm/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 biogeochemische 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. 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	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 vóórkomen 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 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. 0,75 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. Uit een studie naar de effecten van het opzetten van peil op de Groene Waterparel komt naar voren dat de kwel al bij het opzetten van het peil naar -5,8m NAP toeneemt, dit zal bij verdere verhoging van peilen alleen maar groter worden. Ook laat deze studie zien dat het aanleggen van een bufferzone een minimaal reducerend effect heeft, zie bijlage IV van dit rapport. Andere mogelijke maatregelen zijn een ondergrondse dam of kwelscherm. Uitgangspunt is dat de Groene Waterparel geen negatieve effecten mag ondervinden, op basis van beschikbare gegevens en berekeningen neemt de kwel in de Groene Waterparel iets toe. Wat het effect hiervan precies is, is moeilijk vast te stellen.

en daarom nog niet meegenomen in de beoordeling⁵. Dit alternatief beoordeeld als sterk positief (++).

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.

Aanbevelingen en aandachtspunten t.a.v. de oppervlaktewaterkwaliteit

Het wegnemen van het effect van kwel in het plangebied 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 spiervlammingen 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, echter zorgt dit voor een grotere zoetwatervraag en daarmee afwenteling op de omgeving. Dit sluit niet aan bij de doelstellingen van het plan. Een andere om de kans op botulisme in ondieper water te verkleinen is het beschaduen van water, dit kan bijvoorbeeld door riet of moerasbos en andere bomen te planten. Bomen kunnen echter ook een negatief effect hebben op de waterkwaliteit doordat bladeren in water terecht komen, wat zorgt voor een toename van nutriënten in het water.

Het onder water zetten van grond kan leiden tot het uitspoelen van nutriënten (naleveren fosfaat). 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, hierbij kan gedacht worden aan een integrale systeemanalyse waarbij kritische grenzen van systeembelasting worden doorgerekend (PC-ditch/lake model).

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

⁵ 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.

voorkeur heeft het vasthouden van regenwater boven inlaten van water, in tijden van extreme droogte zal het inlaten van water soms de enige oplossing zijn.

De Groene Waterparel is een gebied met bijzondere natuurwaarden. Als gevolg van het opzetten van het waterpeil in de Watertuinen en de Kreekrug kan kwel in de Groene Waterparel toenemen. Het effect op de natuurwaarden is moeilijk te bepalen, aanvullende grondwatergegevens en gesprekken met experts zullen dit effect verder kunnen duiden.

Veenvorming zal geen directe positieve invloed hebben op de waterkwaliteit, maar is wel nuttig voor vastlegging van CO₂ 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 verhogen 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 toe 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 toe 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 toe 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 m³/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:

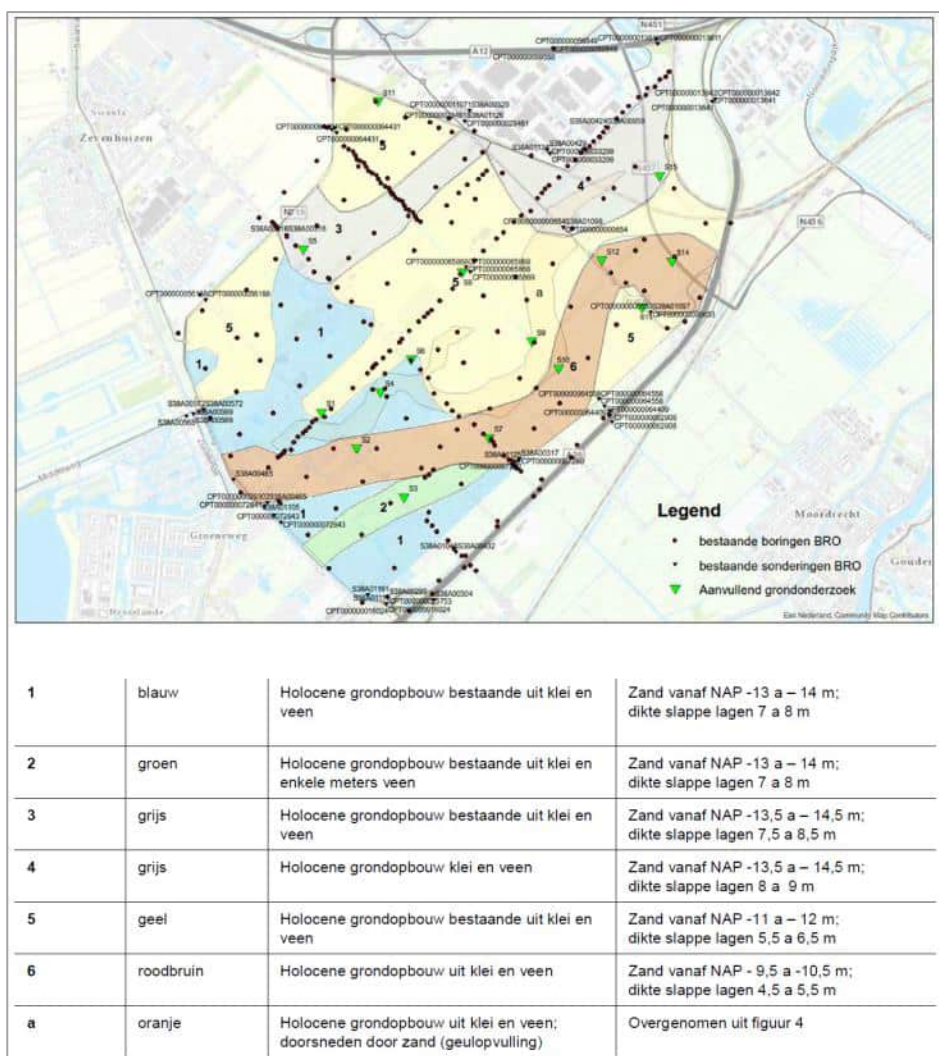
1. zuinig gebruiken;
2. vasthouden;

3. slimmer verdelen en aanvoeren.

Mogelijkheden voor het vasthouden van water zijn bijvoorbeeld het aanleggen van bijvoorbeeld wadi's en IT-riolen⁶.

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)

De kans op opbarsten neemt toe door:

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

- (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, een belangrijke les uit dit gebied is dat het aanleggen van groot open water geen goed idee is.

Grondwateroverlast

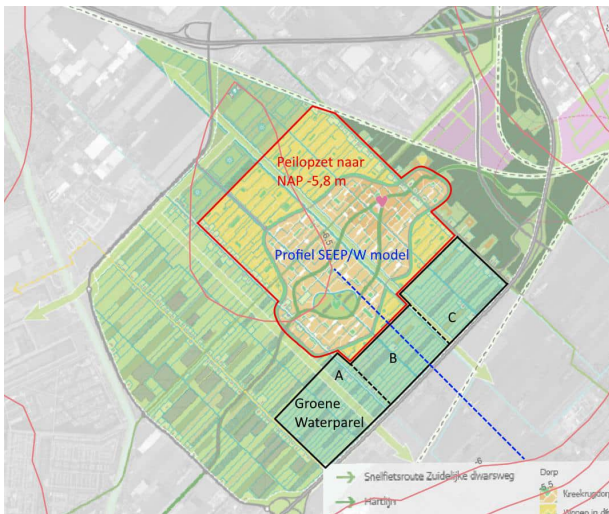
In de Zuidplaspolder wordt het oppervlaktewaterpeil afgestemd op de maaiveldhoogte en het landgebruik. Door de daling van het gebied zijn de peilen steeds naar beneden bijgesteld (tot 1973), wat heeft geleid tot versnelde bodemdaling. Omdat de bodemdaling niet op alle plaatsen gelijk is zijn in het verleden 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 van elkaar. Daarnaast zijn veel sloten aanwezig, deze zorgen voor afvoer. Deze combinatie van factoren zorgt er voor dat de vele peilgebieden niet leiden 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 van 0,25mm/dag naar 0,3mm/dag (uitgaande van een weerstand van de deklaag van 1600 dagen (dikke laag klei) en een totale gebiedsbreedte van ca. 700 meter), dit is een toename van 0,05mm/dag. Dit komt neer op een toename van stijghoogte van gemiddeld 0,074m in de Groene Waterparel. Daarmee verandert de stroomrichting van kwel vanuit het plangebied naar het noord-westen. Zie bijlage IV voor een toelichting op de berekening en uitkomsten. De beoordeling van het effect op de Groene Waterparel is meegenomen in het hoofdstuk oppervlaktewaterkwaliteit.

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 0,035 mm/dag 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 0,030 mm/dag 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 geen verandering in de 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 ondervindt van het verhogen 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 verhogen 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 maaiveldddaling 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 volgen de autonome maaiveldddaling 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 DWA⁷ 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/verziltting 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.

⁷ 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 basisalternatief als het alternatief Maximaal klimaatrobuust voor het volledig wegdrukken van kwel. Verder verschilt dit alternatief niet van het basisalternatief. 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 onderscheid zich alleen van het basisalternatief 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/-).

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 boordeling 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 opzichte van het referentiescenario.
- Bodemdaling neemt als gevolg van de ontwikkeling sterk toe en zorgt voor een grote toename in CO2 uitstoot ten opzichte 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 zorgt naar verwachting voor hoge schades aan de bestaande bebouwing in de omgeving.
- Bodembeweging die veroorzaakt wordt door het alternatief zorgt 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 (referentiesituatie) zal leiden tot een vertraging van bodemdaling ten opzichte van de autonome situatie en zal daarmee resulteren in een neutrale beoordeling. Een peilverhoging heeft een direct remmende werking op bodemdaling ten opzichte

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 opzichte van de autonome ontwikkeling dan wordt dit negatief beoordeeld. Blijft bodemdaling gelijk aan autonome ontwikkeling dan wordt dit neutraal beoordeeld. Wordt bodemdaling geremd ten opzichte 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 wellen⁸ 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 afstand van de ophoging reiken. 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.

⁸ Plekken waar het grondwater als gevolg van kwel tot aan het maaiveld komt.

Veeenvorming

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 ecosysteemdiensten 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 Kreekruig 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 kreekruig 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 sprake 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 basisalternatief. Dit alternatief leidt daarom niet tot andere effecten dan het basisalternatief.

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, waterpartijen 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 m³).
- 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 is 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 en met infiltratie in het grondwater 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 verhogen 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 verhogen 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 verhogen 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 verhogen 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.

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, evacuatiemogelijkheden 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

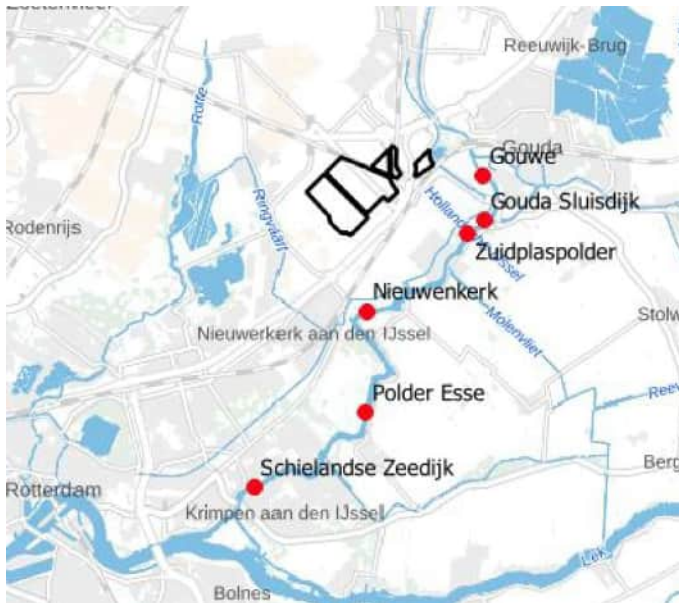
- ++ Klimaatrobuust tot 2100. Bij standaard bouwwijzen hebben woningen tenminste een droge verdieping in geval van een overstroming. Of er wordt aangepast gebouwd, bijvoorbeeld drijvend. Er zijn goede verticale evacuatiemogelijkheden in het gebied (verticaal en met shelters). Kwetsbare objecten, bebouwing en vitale infrastructuur zijn beschermd 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 beschermd 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 0,75m 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)

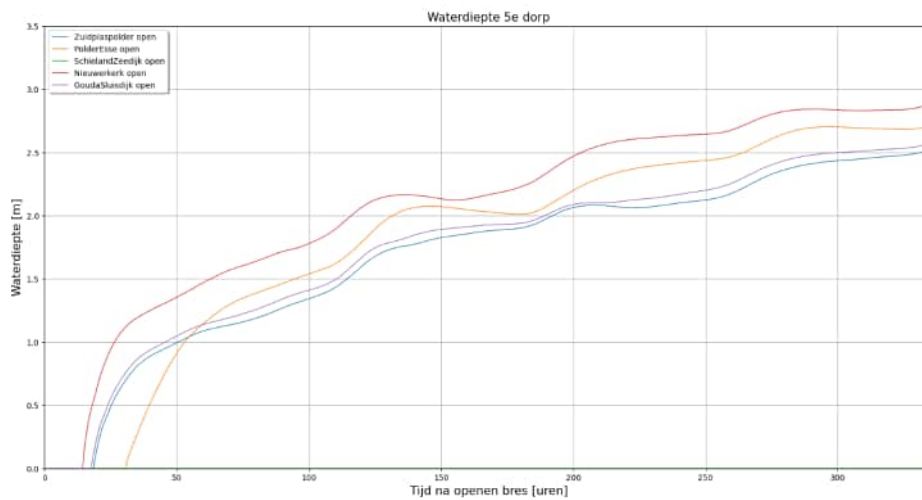
In Figuur 8-2 zijn de resultaten van de overstromingsscenario's weergegeven met een gesloten en open Hollandse IJsselkering. In het overstromingsmodel is het Vijfde Dorp aangelegd op een hoogte van -5m NAP (vloerpeil basisalternatief), de waterdiepte die wordt gegeven is dus bovenop de -5m NAP. Enkele 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 NAP -1,9 m (2100) NAP -1,1 m (ZSS 2m)	2,9 m 3,1 m (2100) 3,9 m (ZSS 2m)
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		

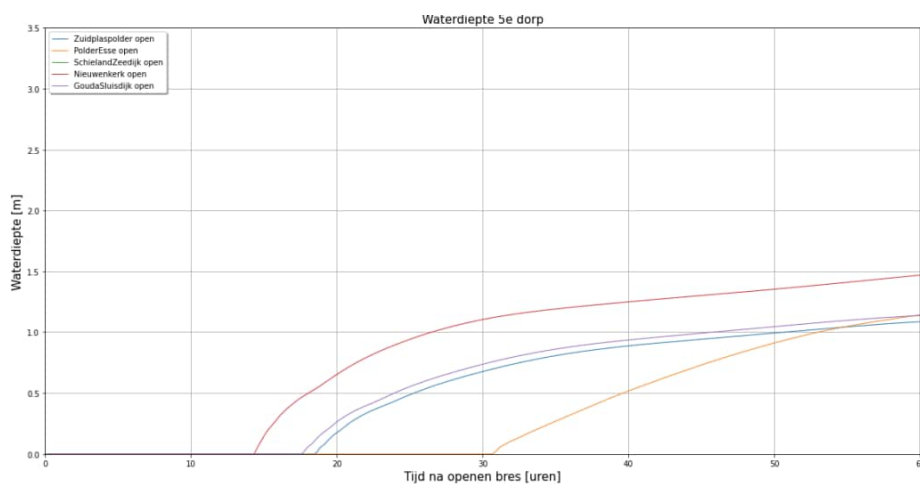
Figuur 8-2 Waterstanden en waterdiepte ter hoogte van Vijfde Dorp voor overstromingsberekeningen voor zichtjaar 2050 vanuit de Hollandse IJssel bij een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 jaar en vanuit de Gouwe van 1/100 jaar. Voor breslocatie Gouda Sluisdijk is voor open Hollandse IJsselkering ook 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 -1,9m NAP in 2100 na 14 dagen overstromingsduur. In dit geval komt respectievelijk 2,9 en 3,1m 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 -1,1m NAP.

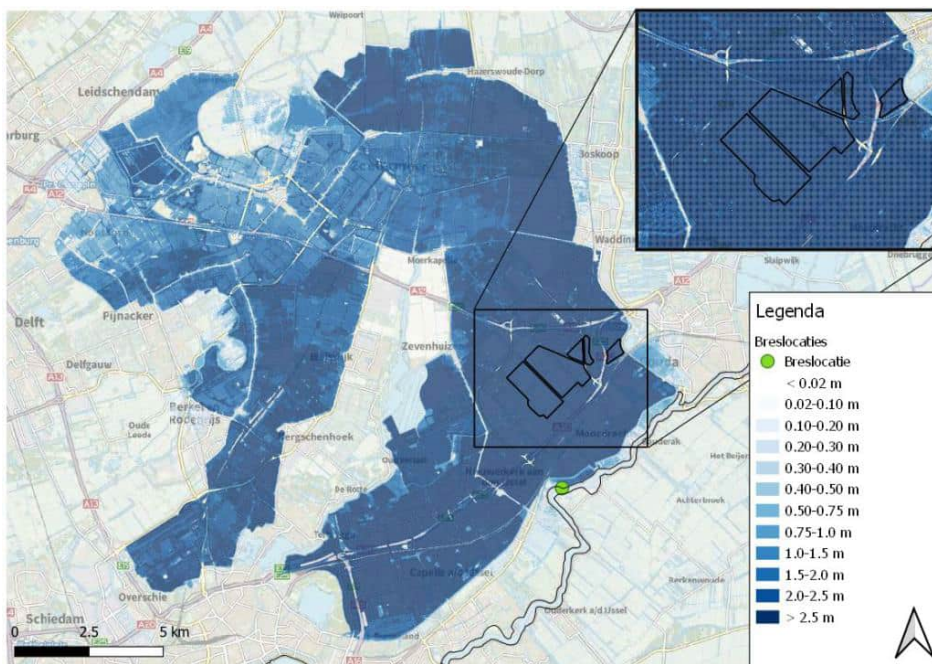
Figuur 8-3 en Figuur 8-4 laten het waterstandsverloop zien op de opgehoogde delen (+5m NAP). De grootste waterstandsverandering treedt op in de eerste 50 uur na de doorbraak. De overstromingsdiepte kan oplopen tot 2,9 m (-2,1m NAP) in 2100. Het water bereikt na 12 tot 24 uur het Vijfde Dorp.



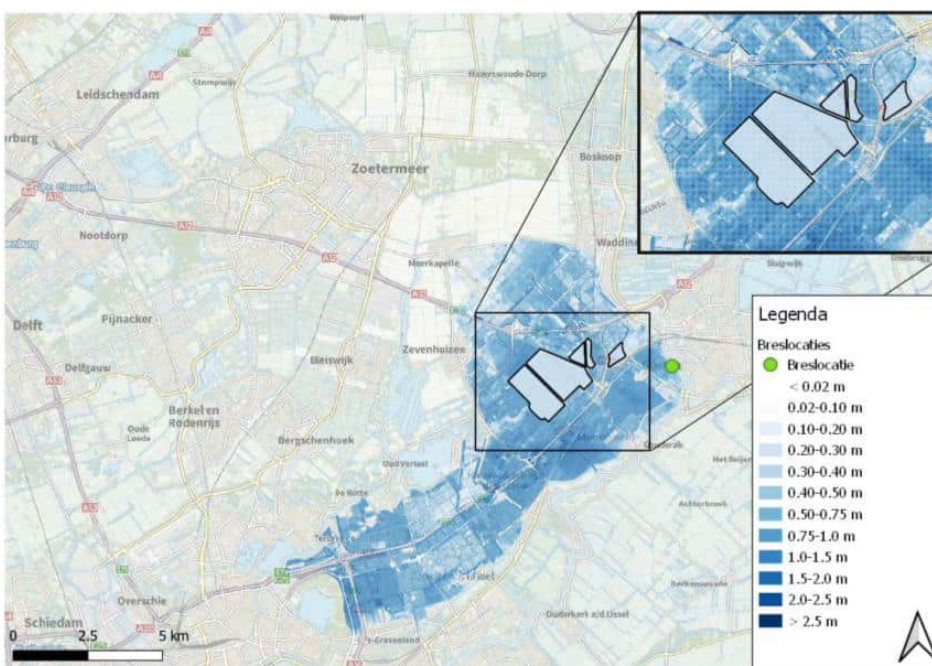
Figuur 8-3 Waterstandsverloop op één locatie midden in het plangebied bij een open Hollandse IJsselkering (HKV, 2022)



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 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 systeemrobuustheid. 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. In de kamerbrief Water en Bodem sturend wordt aanvullend een 4^e laag toegevoegd (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Dhr. M. Harbers, 2022), deze laag is gericht op herstel na een overstroming. Maatregelen zoals het beschermen van vitale en kwetsbare functies dragen bij aan het herstel na een overstroming.



Preventieve evacuatie

Vorbereiden 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

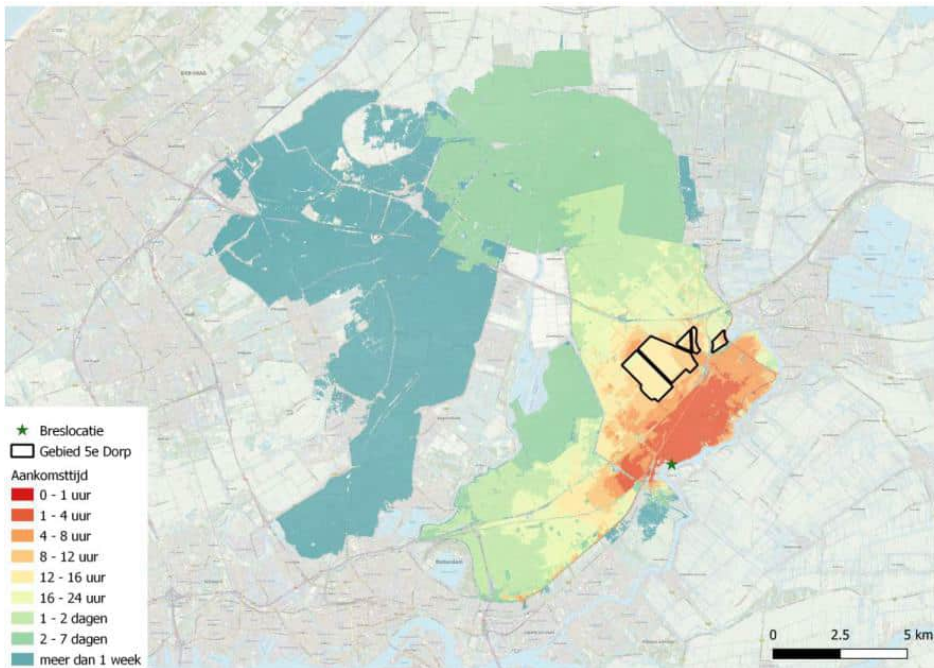
Verticaal evacueren is het verplaatsen van mensen naar droge verdiepingen in gebouwen of naar publieke gelegenheden die ingericht zijn om mensen op te vangen, ook wel shelters genoemd. Verticaal evacueren kan worden ingezet als alternatief van preventief evacueren of wanneer preventief evacueren niet 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 3,1 m+mv (-1,9 m +NAP) bij een maaiveldhoogte van -5m NAP (HKV, 2022) in 2100. Afhankelijk van het scenario is de aankomsttijd langer (1 tot 7 dagen) of komt het water door obstakels niet aan bij het Vijfde Dorp. Afhankelijk van de ophoging in het gebied blijven woningen wel of niet droog. 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 waakoogte. Uitgaande van een waterdiepte van 3,1 meter + 0,20 meter marge, zou het minimale vloerpeil om droog te blijven uitkomen op -4,6m NAP zodat de eerste verdieping droog blijft (-1,7m NAP).

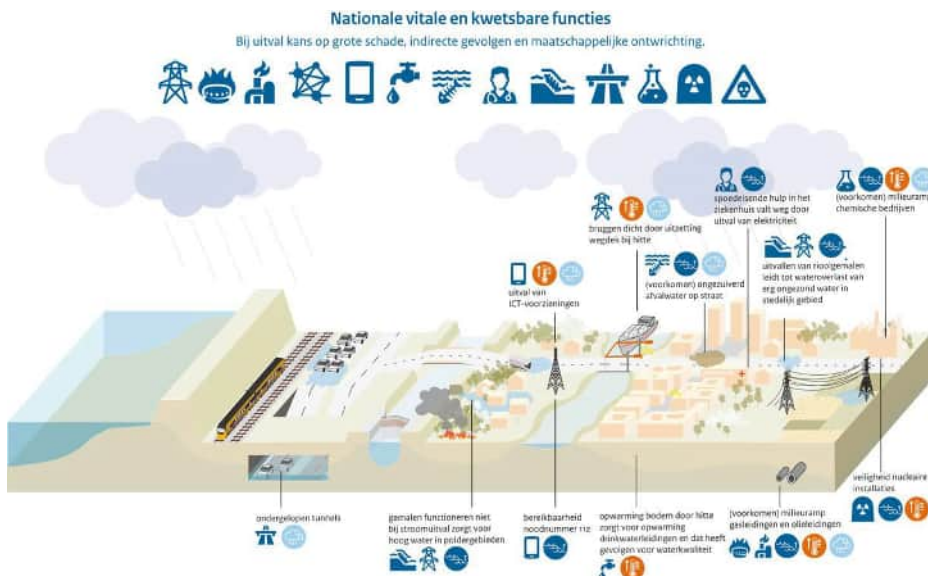


Figuur 8-7 aankomsttijd waterfront Hollandsche IJssel – Nieuwerkerk Noord voor zichtjaar 2050 bij een open Hollandsche IJsselkering met een overschrijdingsfrequentie van de hydraulische belasting van 1/10.000 jaar. Kaart is gemaakt over de eerste 14 dagen na openen bres. (HKV, 2022)

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 voorgenenomen activiteit beoordeeld. De ontwikkeling van het Middengebiet 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 er voor dat de eerste verdieping bij een zeespiegelstijging van 0,75m in 2100 droog blijft, deze ligt op -1,55m NAP. Bij 2 meter zeespiegelstijging komt de 1^e verdieping na 14 dagen overstromingsduur ook onder water te staan. Verticaal evacueren is daarmee mogelijk in de eigen woning naar een droge eerste verdieping. 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 ontwrichting minimaal is tijdens overstromingen met open 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^e 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^e 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 spoorweg en snelweg (eerste periode overstroming) 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.
- /

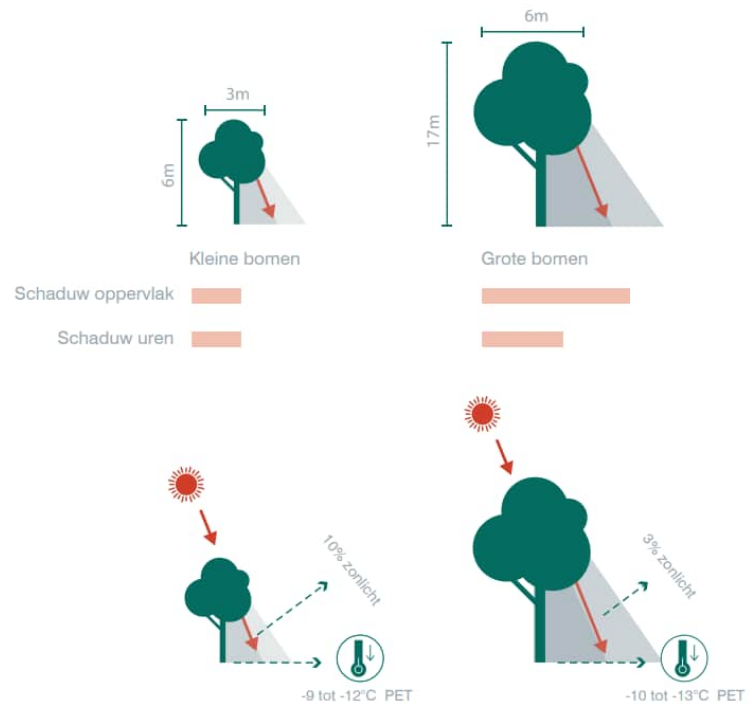
8.2.2 Uitwerking op thema's

Hittebestendigheid

Door de bouw van het Vijfde Dorp wordt verharding toegevoegd aan het Middengebiet. 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 PET⁹. Groter koele plekken, bijvoorbeeld een park, zorgen voor meer verkoeling. Bij oppervlaktes groen groter dan >200m² 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. Hitte heeft daarnaast gevolgen voor de waterkwaliteit, in combinatie met hoge nutriëntenbelasting is er een grotere kans op blauwalg. Omdat er in hete perioden vaak minder zoetwater beschikbaar is van goede kwaliteit (droogte) kan er niet altijd doorgespoeld worden. Inzet op een robuuste en natuurvriendelijke inrichting van het watersysteem is dan extra belangrijk, zodat de kans op zuurstofloosheid en een overschot aan voedingsstoffen minder kans krijgt. Waterkwaliteit wordt beoordeeld in het hoofdstuk over oppervlaktewaterkwaliteit (5.5)

Water in singels en sloten warmt op, wanneer de gemiddelde watertemperatuur lager is dan de omgeving dragen wateroppervlakten bij aan de afkoeling. Grotere wateroppervlakten warmen minder snel op en dragen meer bij aan de verkoeling. Deze verkoeling ontstaat door de grote warmtebufferende capaciteit van water en als gevolg van verdamping van oppervlaktewater. Kleine ondiepe waterpartijen warmen sneller op. Wanneer de luchttemperatuur lager is dan de watertemperatuur kan water bijdragen aan opwarming van de lucht. Over het algemeen is het effect van water in stedelijk gebied echter verkoelend. Grote,

⁹ 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.

diepte, lengte van waterpartijen dragen in meerdere of mindere mate bij aan afkoeling (HvA, 2022).

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 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.

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.

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 droogte- en 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. Volgens de gegevens van het KNMI loopt de verdamping op naarmate het groeiseizoen vordert tot circa 3 mm/dag in begin juli (KNMI, sd). Op extreem warm dagen in de maand juli kan het peil zelfs tot 7 mm/dag dalen als gevolg van verdamping. In deze berekening is gekeken naar gemiddelde waarden voor de hele zomerperiode, niet naar extremen tijdens de warmste dagen. In juni maand verdampt gemiddeld 100 mm, in de andere zomermaanden ligt gemiddelde verdamping iets lager. Daarom is 3 mm/dag als gemiddelde genomen voor de zomerperiode. 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). Dit leidt tot 3,33 en 3,45 mm/dag, respectievelijk.

De waterbuffer kan sneller op raken als gevolg van wegzijging en verdamping door groen. Dit is echter sterk afhankelijk van de horizontale doorlatendheid van de bodem, de fijnmazigheid van het watersysteem en het type vegetatie. Hoe fijnmaziger het watersysteem en hoe kleiner de wateroppervlakten hoe groter het effect van groen (Stowa, 2020). Hier is in de huidige berekeningen nog geen rekening mee gehouden.

Kwel is in de huidige situatie geschat op gemiddeld 1 mm/dag in de zomerperiode, 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. In de referentiesituatie gaan we er vanuit dat een traditionele woonwijk wordt gebouwd. Daarmee worden geen specifieke maatregelen voor hitte en droogte meegenomen.

Volgens de uitgevoerde berekeningen is het huidige systeem relatief goed bestand tegen droge periodes (zie Tabel 8-1). Tijdens een droge periode duurt het 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:	Bedrijve n	Kreekrug+Wate rtuin	Lintbebouwin g	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 [10^6 m^3]	1.500	14.900	5.200	13.900
Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	46	60	63	65
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	44	57	60	62

*Energielandschap, 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 geplant 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 $2,5^\circ\text{C}^{10}$ op door de toename aan verdamping ten opzichte van geen groen in de stedelijke omgeving. De gevoelstemperatuur in de schaduw ca. $10\text{-}15^\circ\text{C}$ 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,

¹⁰ Over het algemeen leidt 10 procentpunt meer groen tot een verlaging van de luchttemperatuur met grofweg $0,5^\circ\text{C}$. Zie uitwerking op thema's, paragraaf 4.9.2.

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 [10⁶ m³]	26.300	153.900	20.900	231.600
Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	101	106	86	103
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	97	101	82	98

*Energie landschap, 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 geplant 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 ++.

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+Watertuin	Overig*
Start/ maximum peil [mNAP]	-6,05	-5,65	-5,65
Eind / minimum peil [mNAP]	-6,35	-5,95	-5,95
Maximaal beschikbare buffer [10^6 m^3]	26.300	375.100	661.100
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 $2,5^\circ\text{C}$ 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 (Energielandschap, 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	Lintbebouwing	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 [10^6 m^3]	56.300	579.300	20.900	1.528.800

Duur voor verlies buffervolume 2050 (2036 – 2065) [dagen]	85	126	73	155
Duur voor verlies buffervolume 2085 (2071 – 2100) [dagen]	82	122	70	150

*Koning Willem I 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, iep en fladderiep 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, aanbevelingen en discussies voor vaststellen van het voorkeursalternatief

Vanuit de thema's water, bodem en klimaat wordt hieronder advies gegeven over de belangrijkste randvoorwaarden en uitgangspunten voor het VKA. Dit advies komt voort uit de alternatievenafweging in voorgaande hoofdstukken, aangevuld met gesprekken met gemeente, waterschap en diverse experts. Dit hoofdstuk is dus een advies voor het VKA.

Het College van B&W heeft dit VKA op 31 januari 2023 vastgesteld. Daarin is naast onderstaand advies op basis van de thema's water, bodem en klimaat ook gekeken naar de adviezen op basis van de andere thema's die in het MER zijn onderzocht. Naast deze adviezen is in de periode na het alternatievenonderzoek nieuwe informatie beschikbaar gekomen die van invloed is op de samenstelling van het VKA. Denk daarbij aan de kamerbrief van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat "Water en bodem sturend" (d.d. 25 november 2022¹¹) en de aanvullende eisen die aan het convenant klimaatadaptief bouwen zijn toegevoegd. Op basis van de resultaten van het alternatievenonderzoek in het MER en de bovengenoemde nieuwe informatie is het VKA opgesteld. Het uiteindelijk vastgestelde VKA staat beschreven in hoofdstuk 8 van Bijlage 4 van het MER (Alternatievenbeschrijving).
LET OP: Het uiteindelijk vastgestelde VKA wijkt op enkele onderdelen af van het thematische advies zoals hieronder beschreven.

9.1 Onderbouwing voorstel voor het voorkeursalternatief (VKA) vanuit de thema's water, bodem en klimaat

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 te

¹¹ In bijlage 4 bij het MER is in hoofdstuk 4 een analyse opgenomen van de manier waarop dit MER aansluit bij deze brief

verwachten 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 kruidenrijk 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 een kleinere zoetwatervraag.

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 0,10m. Om deze reden wordt voor de Kreekruig, Watertuinen en het Energielandschap, een bandbreedte waterpeil tussen de -5,95 en -5,65mNAP voorgesteld. 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 0,30m en binnen een bandbreedte van 0,5m. De twee opties worden in tabel 8-1 beschreven, het is van diverse keuzes afhankelijk welke optie het beste past. Het gaat om uitstraling van het gebied, beheerbaarheid, aanleg en soorten.

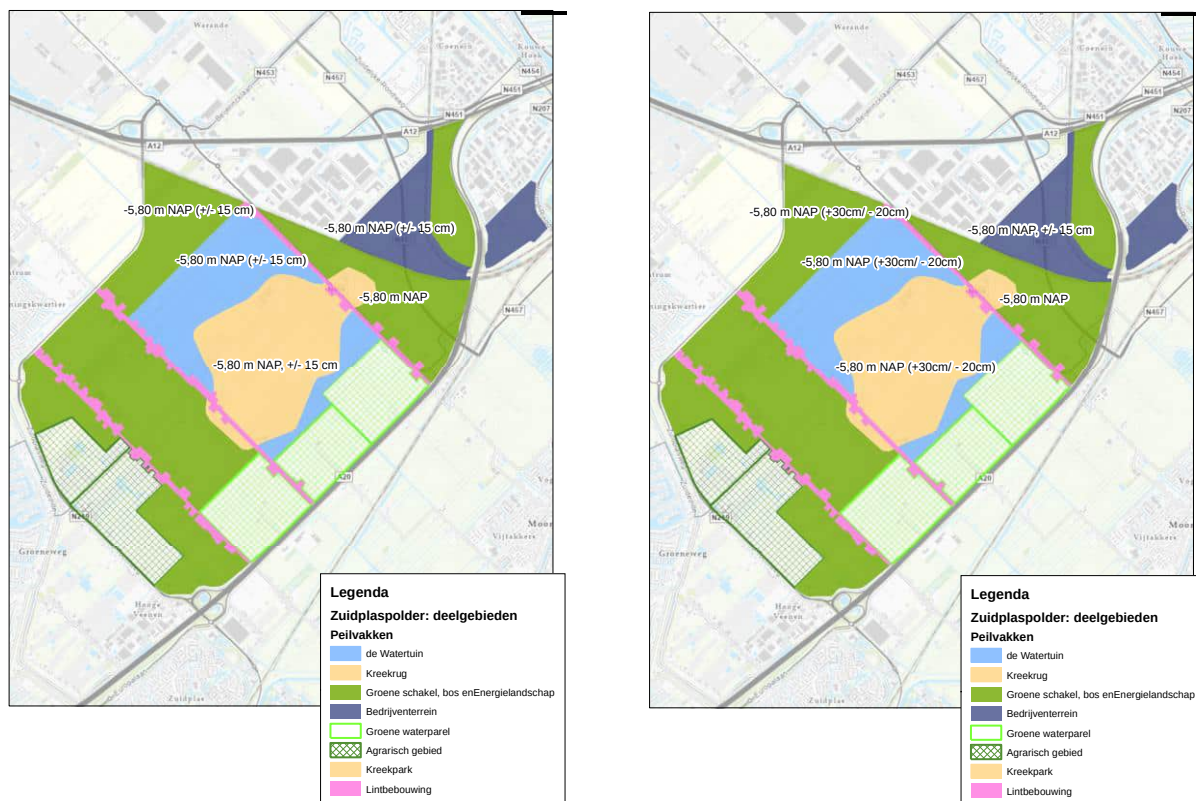
Tabel 9-1 omschrijving twee opties bandbreedte waterpeil, op basis van aparte notitie waterkwaliteit en ecologie

Optie 1 – 0,3m bandbreedte	Optie 2 – 0,5m bandbreedte
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. Deze soorten zorgen voor een open landschap. Voordelen: - Sluit aan bij EVZ en natuurtypen in de omgeving - Dynamiek biedt kansen voor natuurontwikkeling. - Beheer en onderhoud relatief overzichtelijk Nadelen: - Minder areaal oever dat nat wordt en daarmee minder biodiversiteit dan met grotere peilfluctuatie	Een peilfluctuatie tussen de -5,5 en -6m NAP. Met deze waterstanden komen grote delen van het (niet opgehoogde) maaiveld regelmatig onder water te staan. Daarnaast zorgt een grote peilfluctuatie voor het nat worden en droogvallen van oevers. Dit biedt kansen voor biodiversiteit. Voordelen: - Veel kansen voor biodiversiteit, grote diversiteit aan planten en dieren. - Kansen voor soorten zoals de otter, ringslang, muskusrat en rivierkreeft. Nadeel: - Sommige soorten zijn onwenselijk in gebied zoals muskusrat en rivierkreeft. Mogelijk ook ringslang niet gewenst in leefgebied. - Meer onderhoud wanneer openheid van landschap gewenst is.

Voor de Kreekrug, de Watertuinen en het Energielandschap wordt een peilfluctuatie van 0,3m voorgesteld. Vanuit oogpunt van natuurontwikkeling sluit dit het beste aan op natuursoorten uit te omgeving en de te ontwikkelen EVZ. Hiermee wordt een woonwijk ontwikkeld met een goede biodiversiteit, ruimte voor de ontwikkeling van natuur maar is er ook ruimte voor andere functies zoals recreatie.

Voor het bedrijventerrein wordt een zelfde gemiddeld peil voorgesteld 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 betekend dat de grond vochtig tot nat is.



Figuur 9-1 - Voorgestelde peilen voor het VKA met een bandbreedte van 30cm (links) of 50 cm (rechts)

Water vanuit de Kreekrug en Watertuinen wordt op dit moment afgevoerd via gemaal 4^e 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 9-2 twee opties voor de waterhuishouding

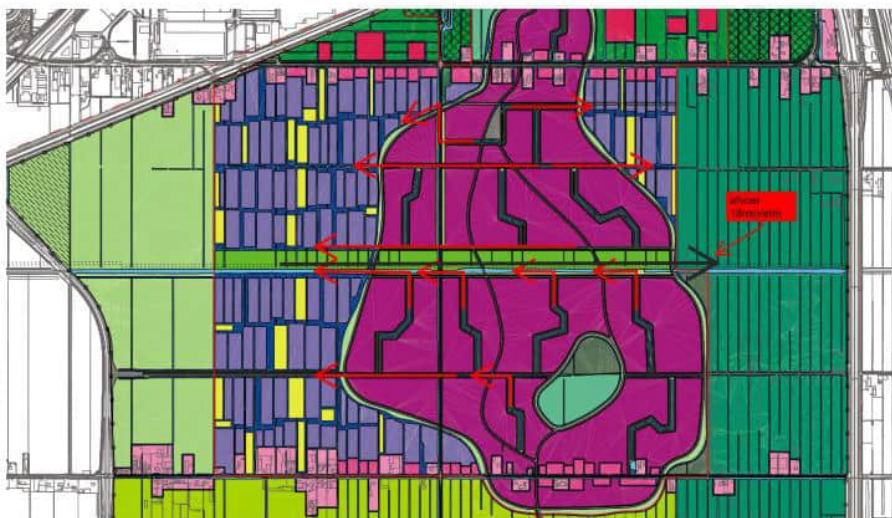
Optie 1: verplaatsen gemaal 4 ^e tocht	Optie 2: niet verplaatsen gemaal 4 ^e tocht
Met het verplaatsen van gemaal 4 ^e tocht kan er 1 robuust watersysteem gecreëerd worden. De gebieden Kreekrug en Watertuinen functioneren als één geheel. De 4 ^e tocht wordt integraal onderdeel van de gebieden. Het energielandschap kan worden ingezet als waterberging of waterbuffer maar kan ook meegenomen worden in het 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 ^e tocht. Dit is een kenmerkend element in het landschap. De watersystemen worden gescheiden van elkaar
Voordelen: - Robuust systeem, kan veel onzekerheden opvangen. - Weinig onderhoudskosten aan kunstwerken.	Voordelen: - Er hoeft geen nieuw gemaal gemaakt te worden.
Nadelen:	Nadelen:

- Er moet een nieuw gemaal gebouwd worden.
- Optioneel: bij veranderende afvoer is mogelijk een aanpassing aan de afvoer nodig. Dit zou ingrijpend zijn en mogelijke gevolgen voor landbouw en EVZ.
- 4^e tocht komt diep te liggen in het landschap. Het waterpeil ligt >1m lager dan het water in het plangebied.
- Er zijn veel stuwen nodig aan het einde van alle watergangen. Dit zorgt voor hoge beheer en onderhoudskosten.
- Systeem is minder robuust.



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 met het peilvak Kreekrug en Watertuinen, het landschap is dan het meest robuust. Op basis van de huidige kennis wordt geadviseerd één peilvak te maken van het gebied Watertuinen, Kreekrug en Energielandschap. Zo ontstaat een robuust landschap voor waterkwaliteit en wateroverlast met minimale beheerinspanningen.

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.

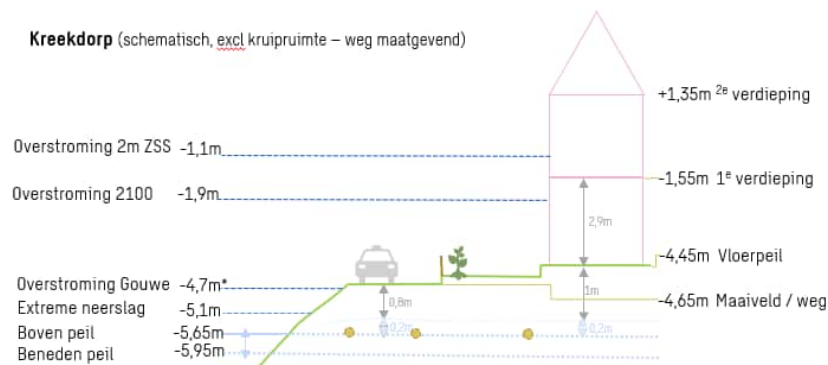
In de Watertuinen worden diverse innovatieve woonvormen gecombineerd, wonen in een polder gebied en oorspronkelijk veenmoeras wordt hiermee geïllustreerd. Door het opzetten van waterpeilen komen sommige delen van het maaiveld permanent onder water te staan, andere delen een deel van het jaar en weer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

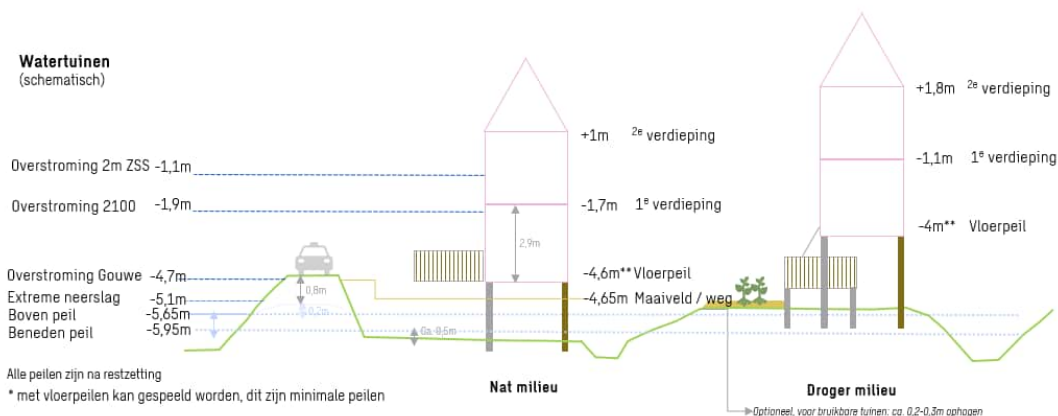


Bouwpeilen

Om voldoende drooglegging te behalen moeten wegen tenminste ca. 0,8m drooglegging hebben t.o.v. het grondwaterpeil. Tuinen en woningen liggen respectievelijk 0,10 en 0,20m 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 Kreekrug 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 iets lager vloerpeil worden aangehouden doordat geen hoogteverschil met de straat is, hier moet wel 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.



Figuur 9-2 schematische weergave van het voorstel voor de bouwpeilen kreekdorp



Figuur 9-3 schematische weergave van het voorstel voor de 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 (excl. autonome bodemdaling).

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 openbare ruimte ophogen met lichtgewicht materialen is een mogelijkheid om zetting te verminderen. Hierbij moeten we denken aan klei- en lava korrels, piepschuim, glasschuim of andere innovatieve technieken en materialen. 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 peilfluctuaties gepresenteerd, met 0,3 en 0,5m peilfluctuaties. Bij beide opties krijgen typen vegetatie een kans tot ontwikkeling:

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

De voor- en nadelen zijn in tabel 8-1 gepresenteerd.

Naast waterpeilfluctuaties 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, laagveen kan redelijk goed tegen zoutconcentraties in het water. Het is van belang dat in de opstartfase van veenvorming het 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 zoals standaard is bij nieuwbouwwijken. Water dat afstroomt van wegen moet via een bermpassage 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 in de omgeving 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 (zie hoofdstuk 5.3). In extreme situaties kan het wel zijn dat (bij aanleg van een kruipruimte) de 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 -1,9m NAP verwacht. Met een verdieping van 2,9m hoog hebben woningen een droge eerste verdieping, deze komt dan te liggen op -1,55m NAP. Omdat bedrijven geen permanente verblijfplaats zijn wordt geadviseerd om tenminste een droge verdieping te hebben bij bedrijfspanden voor overstromingssituaties in 2100 bij 0,75m zeespiegelstijging. Gezien de levensduur van bedrijfspanden zullen deze in de loop van de tijd tot 2100 naar verwachting worden herbouwd.

Bij een dijkdoorbraak in geval van 2 meter zeespiegelstijging wordt een maximale overstromingsdiepte van -1,1m NAP verwacht. 1/3^e 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^e 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 beneden peil bereikt wordt¹². 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 in de zomerperiode meestal ook neerslag vallen.

¹² Er is hier, net als in de uitwerking van alternatieven, rekening gehouden met open water verdamping. De buffer kan sneller op raken als gevolg van wegzijging en verdamping door groen. Dit is echter sterk afhankelijk van de horizontale doorlatendheid van de bodem, de fijnmazigheid van het watersysteem en het type vegetatie. Hoe fijnmaziger het watersysteem en hoe kleiner de wateroppervlakten hoe groter het effect van groen. (Stowa, 2020)

Om de buffer optimaal te gebruiken moet aan het einde van het natte seizoen (april) het water tot aan het bovenpeil zijn opgezet / vastgehouden. Dit is vooral afhankelijk van het neerslagoverschot (neerslag - verdamping) in de winter en in mindere maten bodemfactoren.

Een analyse van de afgelopen 30 jaar laat zien dat er maar één jaar was dat het bovenpeil van 0,3m bandbreedte niet zou worden gehaald, tegenover vijf jaar bij een bandbreedte van 0,5m*. Dit betekent dat in de huidige situatie nagenoeg altijd genoeg water beschikbaar is om de volledige buffer te vullen bij een peil met van 0,3m. Voor een bandbreedte van 0,5m is in een zesde van de jaren niet genoeg water beschikbaar om de buffer volledig te vullen.

In het meest extreme de klimaatscenario van het KNMI (Wh) neemt neerslag in de winter met 30% toe voor de periode 2071-2100 terwijl verdamping jaarrond maar 10% toeneemt. In de toekomst zal dus naar verwachting steeds vaker voldoende neerslag beschikbaar zijn in het natte seizoen om de buffer van 0,3 maar ook 0,5m water te vullen.

**De analyse is uitgevoerd met neerslag en verdampingsgegevens van KNMI-station Rotterdam, dat dicht bij de Zuidplaspolder staat. Er zijn aannames gedaan over de berging coëfficiënt van de bodem, benodigde grondwateraanvulling, wegzijging, verdeling water- en bodemoppervlak en de afstroomfactor van maaiveld naar watergangen.*

Afhankelijk van deze factoren varieert de beschikbare hoeveelheid water voor de buffer. De bovenstaande cijfers gaan uit van een gemiddelde van de mogelijk uitkomsten.

Hitte

Het groen-blaauwe karakter van de woonwijk zal naar verwachting zorgen voor een beperkt hitte-eilandeffect. 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.

10. Effectbeoordeling VKA

10.1 Inleiding

In voorgaande hoofdstukken zijn de effecten beschreven van de alternatieven die in het MER Middengebied Zuidplaspolder zijn onderzocht. Op basis van de alternatievenvergelijking heeft het College van B&W een Voorkeursalternatief (VKA) vastgesteld. Het VKA bestaat uit elementen uit alle vier de onderzochte alternatieven. Daarnaast is in de periode na het alternatievenonderzoek nieuwe informatie beschikbaar gekomen die van invloed is op de samenstelling van het VKA. Denk daarbij aan de kamerbrief van het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat “Water en bodem sturend” (d.d. 25 november 2022) en de aanvullende eisen die aan het convenant klimaat adaptief bouwen zijn toegevoegd. Met de resultaten van het alternatievenonderzoek en de nieuwe informatie heeft het College van B&W op 31 januari 2023 het VKA vastgesteld. De elementen waaruit het VKA bestaat zijn beschreven in hoofdstuk 8 van Bijlage 4 van het MER (Alternatievenbeschrijving). *Let op, het uiteindelijk vastgestelde VKA komt niet op alle onderdelen overeen met het advies zoals voorgaand hoofdstuk beschreven.* In paragraaf 7.3 van het MER is inzichtelijk gemaakt op welke punten waar het uiteindelijke VKA afwijkt van het advies.

In dit hoofdstuk worden in paragraaf 10.2 de effecten van het VKA beschreven. In paragraaf 10.3 wordt beschreven of er nog relevante leemten in kennis zijn. Paragraaf 10.4 beschrijft de discussiepunten die nog open staan en in paragraaf worden de adviezen beschreven voor de verdere detaillering en uitwerking van het planvoornemen.

10.2 Effectbeoordeling VKA

In dit hoofdstuk is per thema uit dit MER deelrapport een beoordeling gegeven voor het VKA. Het VKA is opgebouwd op basis van de effectbeoordeling in de hoofdstukken 6, 7 en 8 van dit rapport in synergie met andere thema's. Door de synergie met andere thema's op te zoeken is niet alleen de beoordeling in dit deelrapport gebruikt voor het opstellen van het VKA. Het VKA is beoordeeld aan de hand van dezelfde beoordelingscriteria als in de deelthema's zijn gebruikt in de alternatievenbeoordeling, tenzij anders is aangegeven.

Er zijn nog een aantal discussiepunten rondom het VKA en de inrichting van het gebied. Over deze discussiepunten is nog geen besluit genomen, dit zijn onder andere de opties tot waterpeilfluctuatie van 0,3m, de hoofdwaterstructuur en water aan- en afvoer in het gebied, hoe omgaan met nalevering nutriënten in de bodem (water en landbodem) en mogelijkheden voor alternatieve bouwvormen.

In H10.4 staan de discussiepunten kort toegelicht. Besluitvorming over deze discussiepunten zijn niet van belang in het kader van de besluitvorming over het bestemmingsplan, waar dit MER de onderlegger voor is. Voor het vaststellen van het bestemmingsplan zijn de bandbreedtes waarbinnen de discussies plaatsvinden voldoende in beeld. Op grond daarvan kan het planologische kader worden vastgesteld. De discussiepunten moeten in het kader van het waterhuishoudkundig plan verder worden uitgewerkt en geconcretiseerd.

10.2.1 Water

Oppervlaktewaterkwantiteit

Het vertrekpunt voor een toekomstbestendig watersysteem met goede waterkwaliteit is het verhogen van het waterpeil. Als uitgangspunt wordt hiervoor een peil van -5,80 m NAP gehanteerd, in de praktijk zal het waterpeil fluctueren tussen de -5,95 en -5,65 m NAP in de Watertuinen en de Kreekrug. Doordat kwel bij dit peil wordt tegengegaan, wordt neerslag de enige vorm van wateraanvoer (met uitzondering van wateraanvoer in extreem droge periodes).

In 2100 blijven wegen en woningen droog op basis van de vigerende klimaatscenario's. Voor vitale voorzieningen en evacuatiewegen is het uitgangspunt dat ze hoog genoeg worden aangelegd om wateroverlast bij extreme neerslag te voorkomen. Er is een ontwateringdiepte van 1,00 m onder woningen en 0,80 m onder wegen. Bij extreme neerslag (200mm in 48uur) stijgt het waterpeil binnen de Kreekrug en Watertuin tot maximaal -5,10 m NAP (VKA)*, wat neer komt op een peilstijging van 0,55 m. Hierdoor ontstaat geen schade aan wegen of woningen / gebouwen.

De Kreekrug en de Watertuinen functioneren als één bergingsgebied bij extreme neerslag en als buffer voor in droge tijden. Het bedrijventerrein wordt samen met het Koning Willen I bos een apart peilvak met bestaand peil dat fluctueert tussen de -6,4m en -6,3m NAP. Om voldoende drooglegging te bereiken zal het bedrijventerrein tenminste opgehoogd moeten worden met 1,2m ten opzichte van het maximale waterpeil tot ca. -5,1m NAP. Woningen in het gehele plangebied, dus ook in het Koning Willem I bos worden aangelegd op -4,45m NAP. Bij extreme neerslag stijgt het waterpeil tot maximaal -5,50m NAP, bedrijven en woningen in het gebied ondervinden daarmee geen wateroverlast bij deze ophoging. Het bedrijventerrein watert samen met het bos af richting gemaal Zuidplas.

**Voor het VKA is in overleg met de gemeente Zuidplas en het Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard een andere gebiedsindeling gekozen dan in de verschillende alternatieven. De gebiedsindeling is omschreven in paragraaf Water aan- en afvoer. Daarnaast is in de toetsberekeningen voor de beoordeling van het VKA rekening gehouden met een open wateroppervlak van 18% in de Watertuinen en 12% in de Kreekrug en ophoging van maximaal 65% van het oppervlak van de Watertuinen en 80% van het oppervlak van de Kreekrug. Onder de niet opgehoogde gebieden vallen lagergelegen tuinen, inundeerbaar groen en de natte delen onder paalwoningen etc., deze delen zijn onder normale omstandigheden overwegend droog, afhankelijk van lokale keuzes voor de inrichting.*

Het VKA wordt op oppervlaktewaterkwantiteit beoordeeld met ++. Bij situaties passend bij klimaatscenario's in 2100 ontstaat geen schade aan bebouwing,

infrastructuur en vitale voorzieningen. Ook bij een extreme situatie, vergelijkbaar met de 'Limburg-bui' ontstaat geen schade.

Water aan- en afvoer

Voor het thema water aan- en afvoer wordt onderscheid gemaakt tussen drie factoren: peilvakken, robuustheid van het watersysteem en aan- en afvoer mogelijkheden bij klimaatverandering. De factoren zijn gecombineerd beoordeeld.

Het streven is om het huidige aantal peilvakken sterk te reduceren, om zo een robuuster watersysteem te creëren. Het aantal peilvakken zal in het kader van het waterhuishoudkundig plan nader worden bepaald, maar er kan wel een inschatting worden gemaakt van het aantal peilvakken. Het bedrijventerrein vormt samen met het Koning Willem I bos een apart peilvak. De Kreekrug en Watertuinen vormen samen een peilvak. Het Energielandschap kan hier bij getrokken worden en dan functioneren als extra waterberging/waterbuffer, hier is nog geen besluit over genomen.

Lintbebouwing wordt waar mogelijk opgenomen in de nieuwe peilvakken, aanvullend onderzoek over vloerpeilen en aanwezigheid van kelders moet deze mogelijkheid en precieze invulling laten blijken. Inschatting op dit moment is dat er vier tot tien peilvakken zullen ontstaan in het te ontwikkelen gebied. De Groene Schakel is niet meer meegenomen in het VKA, aan de invulling daarvan wordt in een latere fase aandacht besteed.

Door in te zetten op een hoger peil wordt kwel weggedrukt, waardoor er minder water vanuit de ondergrond het gebied in komt, waardoor de waterkwaliteit beter wordt en minder wateraanvoer nodig is voor doorspoeling. In de huidige situatie wordt gestuurd op de streefpeilen en is er doorspoeling nodig vanwege de kwel uit de ondergrond, resulterend in hoge afvoervolumes en een hoge aanvoervolumes. Het doel is dat het systeem beter kan inspelen op de effecten van klimaatverandering, zeker wat betreft water aan- en afvoer.

Het waterpeil in de Watertuinen en Kreekrug gaat fluctueren binnen een bandbreedte van 0,30m, in het Energielandschap wordt onderzocht of er meer buffer te realiseren is, bijvoorbeeld 0,50m. Er wordt zo veel mogelijk water vastgehouden in dit deel van het plangebied. In tijden van (extreme) neerslag kan water worden vastgehouden in het plangebied zonder dat overlast ontstaat (zie oppervlaktewaterkwantiteit hierboven) en wordt water vertraagd afgevoerd. Hierdoor wordt de omgeving zo min mogelijk belast. Om voor te bereiden op droge perioden wordt in de winterperiode water vastgehouden zodat tijdens droogte geen (of zo min mogelijk) water hoeft te worden aangevoerd. Hiermee is het gebied beter bestand tegen weersextremen in 2100. In het bedrijventerrein is ruimte voor 0,10m peilfluctuatie, door het creëren van drooglegging ontstaat ook bij extreme neerslag geen wateroverlast. Echter zal in dit gebied wel eerder water aanvoer nodig zijn omdat maar ca. 18 dagen droogte kan worden overbrugd.

Er zijn minder peilvakken dan in de huidige situatie, waardoor het aantal kunstwerken zal afnemen en het watersysteem eenvoudiger en daarmee robuuster wordt dan in de huidige situatie. Doordat de Lintbebouwing mogelijk niet (geheel) wordt opgenomen in de naastgelegen grotere peilvakken, zijn hier wel kunstwerken nodig om onderbemaling mogelijk te houden. In het peilvak

Kreekrug, Watertuinen en Energielandschap is beperkt water aanvoer nodig. In het bedrijventerrein en het bos zal dit vaker nodig zijn.

Ondanks dat het watersysteem in het VKA eenvoudiger is ingericht, scoort dit alternatief beperkt positief. Dit komt vooral doordat in delen van het gebied (Koning Willem I bos, bedrijventerreinen) de invloed van kwel niet verandert. Het VKA wordt op water aan- en afvoer beoordeeld met: **0/+**.

Oppervlaktewaterkwaliteit

Oppervlaktewaterkwaliteit wordt beoordeeld op drie onderwerpen: de chemische, de ecologische waterkwaliteit en de inrichting van het systeem. Daarnaast wordt rekening gehouden met de situatie in 2100. Aanvullend worden de effecten van de ontwikkeling op de Groene Waterparel beschreven.

Door het opzetten van het waterpeil in de Kreekrug, Watertuinen en het Energielandschap wordt hier kwel met een slechte waterkwaliteit weggedrukt. Door de verminderde invloed van kwel kun je een verbetering van de chemische waterkwaliteit verwachten. De ecologische kwaliteit wordt vooral bepaald door de nutriëntenhuishouding en de hydrologie. De kwel is daar minder van invloed op. IJzerrijke kwel kan echter wel uitwerking hebben op de ecologie doordat het een ongunstig lichtklimaat met zich meebrengt. Vermindering van de kwel kan zodoende bijdragen aan een verbetering van de ecologische waterkwaliteit.

De ecologische waterkwaliteit in het VKA zal vooral bepaald worden door de mate waarin uit- en afspoeling van nutriënten vanuit percelen en nalevering vanuit de waterbodem plaatsvinden. Voor een goede waterkwaliteit in het VKA is het van groot belang dat de maatregelen worden getroffen om de kans op vrijkomen van nutriënten vanuit land- en (toekomstige) waterbodems wordt verminderd door maatregelen zoals afgraven, afdekken en/of diepploegen. Daarnaast is de inrichting van watergangen, vooral de waterdiepte, van grote invloed op de robuustheid van het watersysteem. In potentie kan bij uitvoering van het VKA een verbetering in ecologische waterkwaliteit worden bereikt, maar omdat dit sterk afhankelijk is van de uitvoering van maatregelen bestaat nog geen zekerheid of het VKA tot verbetering zal leiden. In het bedrijventerrein en het Koning Willem I bos wordt het waterpeil gehouden op het bestaande waterpeil. Hiermee zal kwel niet volledig worden weggedrukt. In dit gebied zal kwel daarmee invloed hebben op de waterkwaliteit.

Naast het terugdringen van de kwel in het woongebied worden in het voorkeursalternatief diverse maatregelen genomen 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. Deze maatregelen dragen bij aan het vergroten van de robuustheid van het systeem, maar er mag maar beperkte effectiviteit verwacht worden van dit type maatregelen. De grootste bijdrage aan een goede waterkwaliteit worden echter geleverd door bronmaatregelen die de nutriëntenbelasting op het watersysteem verminderen. In de voorbereiding van het VKA moet daarom vooral worden ingezet op een robuust ontwerp van het systeem door nutriëntenbelasting te beperken en profielen van watergangen en waterdieptes te optimaliseren. Inrichtingsmaatregelen, zoals natuurvriendelijke oevers, kunnen vervolgens als aanvullende middelen worden ingezet.

Uitgangspunt is dat de Groene Waterparel geen negatieve effecten mag ondervinden op basis van de ontwikkeling. Door het opzetten van het waterpeil in de Kreekrug en de Watertuinen ontstaat een toename van kwel van ca. 0,05mm/dag in de Groene Waterparel. Van deze toename zal met name sprake zijn in de winter. De toename van kwel is klein, ondanks dat is het mogelijk dat zelfs een kleine verandering in kwel effect heeft op soorten in de Groene Waterparel. Ook in de huidige situatie is er sprake van achteruitgang in de Groene Waterparel. De bijzondere natuurwaarden in de Groene Waterparel zijn bijzonder gevoelig voor verstoring. Om de natuurwaarden te behouden moet iedere verstoring, hoe klein ook, zoveel mogelijk worden voorkomen. Op voorhand moet er vanuit worden gegaan dat zelfs een kleine verandering in kweldruk een negatieve uitwerking op de Groene Waterparel zal hebben. Het monitoren (meten) van de pH waarden in sloten geeft een indicatie van de verandering in de hydrologie van de Groene Waterparel.

Het onderwerp oppervlaktewaterkwaliteit wordt beoordeeld met +. Ondanks dat er nog veel onzekerheden zijn rond de toekomstige inrichting en als gevolg daarvan de waterkwaliteit, kan worden gesteld dat de chemische waterkwaliteit in een deel van het gebied verbetert als gevolg van het wegdrukken van kwel. Verder kan – met in achtneming van verschillende maatregelen en uitgangspunten – de ecologische waterkwaliteit in een groot deel van het plangebied verbeteren. De inrichting van het gebied in relatie met de ecologische waterkwaliteit vraagt nog nadrukkelijk aandacht bij de verdere uitwerking van de plannen.

Grondwaterkwantiteit

Voor het onderwerp grondwaterkwantiteit wordt onderscheidt gemaakt tussen drie aspecten; terugdringen kwel, drooglegging en grondwateroverlast omgeving. De factoren zijn gecombineerd beoordeeld.

Door het opzetten van het peil naar gemiddeld -5,8m NAP wordt kwel weggedrukt in de huidige situatie en er zal zelfs een beperkte infiltratiesituatie ontstaan van 0 à 0,5 mm/dag. Op basis van een aannames in dit rapport is voor het zichtjaar 2100 de stijghoogte ingeschat op maximaal -5,9 tot -5,8m NAP als gevolg van zeespiegelstijging. Dit betekent dat er een neutrale kwel situatie ontstaat in de Kreekrug, Watertuinen en het Energielandschap. In het peilgebied van het Bedrijventerrein en het Koning Willem I bos, waar het huidig peil gehandhaafd blijft, wordt het kwel nu beperkt weggedrukt, in de toekomst zal kwel naar verwachting toenemen.

Er is rekening gehouden met een drooglegging ten opzichte van bovenwaterpeil van minimaal 1,0 en 0,8m voor woningen en wegen op de Kreekrug, Bedrijventerrein en voor de woningen die niet op palen staan in de Watertuin. Deze drooglegging in combinatie met een goede ontwatering is voldoende om grondwateroverlast te voorkomen.

Op basis van de beschikbare gegevens is beperkt inzicht te geven in de effecten van het verhogen van waterpeilen op de bestaande bebouwing. De verwachting is dat de peilvakken van de lintbebouwing met een lager peil rondom de Kreekrug en Watertuinen te maken kunnen krijgen met een lichte toename van kwel als gevolg van het waterbedeffect. Nader onderzoek naar bouwwijzen van woningen moeten beter in beeld brengen of dit ook

daadwerkelijk negatieve gevolgen kan hebben voor woningen. Daarnaast zal monitoring nodig zijn om effecten van de ontwikkeling beter in beeld te brengen.

Het thema grondwaterkwantiteit wordt beoordeeld met **0/+**. Kwel wordt nu en in 2100 teruggedrongen in de Kreekrug, Watertuinen en het Energielandschap maar in het gebied van het bedrijventerrein en het bos is kwel aanwezig, vergelijkbaar met de referentiesituatie. Het effect van grondwateroverlast naar de omgeving is onvoldoende goed te beoordelen op basis van beschikbare gegevens.

Grondwaterkwaliteit

Voor het onderwerp grondwaterkwaliteit is het effect uitgewerkt dat hemelwater en kwel op het grondwater hebben inclusief de beschreven aanwezigheid van maatregelen.

Door het opzetten van het waterpeil in de Watertuinen, de Kreekrug en het Energielandschap ontstaat een lichte infiltratiesituatie. Kwel uit de ondergrond wordt weggedrukt en grondwater wordt gevoed met zoet regenwater. In het gebied van het bedrijventerrein en het bos is kwel aanwezig vergelijkbaar met de referentiesituatie. Afstromend regenwater wordt gezuiverd middels bodempassages.

Het thema grondwaterkwaliteit wordt beoordeeld met **0/+**.

10.2.2 Bodem

Bodembeweging

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

Door het opzetten van waterpeilen neemt bodemdaling als gevolg van veenoxidatie af ten opzichte van de referentiesituatie. Wel is geconstateerd dat veen aan het oppervlak nog maar zeer lokaal aanwezig is. Het opzetten van het water zal daarmee met mate leiden tot een beperking van de bodemdaling als gevolg van veenoxidatie. In overleg met betrokken partijen is er voor gekozen om geen specifieke invulling te geven aan de mogelijkheid tot veenvorming (0/+).

Als restzettingseis wordt 20cm in 30 jaar met als ambitie 10cm in 30 jaar aangehouden (excl. autonome bodemdaling). De ambitie van 10cm in 30 jaar is niet geborgd, daarom gaan we in de beoordeling uit van een restzetting van 20cm in 30 jaar. Als gevolg van deze restzettingseis wordt een verhoogde onderhoudsfrequentie van infrastructuur en privaat terrein verwacht ten opzichten van dezelfde infrastructuur op een zandondergrond. Dit betekent dat binnen de termijn van de levensduur van de infrastructuur van 60 jaar, de gemeente of particulier mogelijk meerdere keren moet overgaan tot een reconstructie of ophoging. In de levenscyclus is het hanteren van deze restzettingseis niet kosteneffectief.

In bepaalde gebieden wordt gekeken naar alternatieve vormen van bouwen die niet grondgebonden zijn zoals paalwoningen en drijvend wonen. Het aspect bodemdaling zal voor deze type bebouwing minder of geen factor spelen waardoor de overlast voor bodemdaling tot een minimum beperkt wordt. Dit

komt neer op een beoordeling -. Wanneer de ambitie van 10cm in 30 jaar wel wordt gehaald, dan zou dat een licht verhoogde (in plaats van verhoogde) onderhoudsfrequentie opleveren. Dit betekent dat binnen de termijn van de levensduur van de infrastructuur van 60 jaar de gemeente of particulieren op beperkte locaties waar de autonome bodemdaling 5 mm of meer bedraagt moet overgaan tot een reconstructie of ophoging van het perceel. Dit effect zou beperkt negatief worden beoordeeld.

Bestaande bebouwing worden zo veel mogelijk behouden. Indien de ontwikkeling te veel invloed heeft op bodemweging die niet voldoende kan worden gemitigeerd door bijvoorbeeld het gebruik van damwanden of lichte ophoogmaterialen kan er voor gekozen worden een woning op te vijzelen. Op dit moment gaat men er vanuit dat opvijzelen niet nodig is en effecten kunnen worden gemitigeerd (0/-).

Het VKA wordt op bodembeweging beoordeeld met:

- Veen: 0/+
- Zetting: -
- Effecten bestaande bebouwing: 0/-

Bodemkwaliteit

De grond op de Kreekrug wordt 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 verhogen van peilen, dit geldt voor mobiele grondverontreinigingen en grondwaterverontreinigingen. In de Watertuinen wordt de peil dusdanig verhoogd dat het maaiveld permanent onder water staat of op sommige delen in een bepaalde periode van het jaar. Dit betekent dat eventuele mobiele verontreinigingen op het maaiveld terecht kunnen komen met verhoogde verspreiding en blootstelling van de bewoners met al dan niet gezondheidsrisico's voor de humane gezondheid. Verontreinigingen dienen te worden gesaneerd om risico's te verkleinen.

De aard en omvang van de maatregelen kan pas volledig worden bepaald als duidelijk is welke verontreinigingen en hoeveel van deze verontreiniging aanwezig is. Voor de ontwikkeling moet een (actualiserend) bodemonderzoek worden verricht.

Het voorkeursalternatief wordt op basis van beschikbare gegevens beoordeeld met 0/-.

10.2.3 Klimaat

Waterveiligheid

Voor het aspect waterveiligheid is een andere beoordelingskader gehanteerd. Uit het tussentijdse advies van de Commissie m.e.r. komt naar voren dat het beoordelingskader van de alternatievenvergelijking mogelijk een vertekend beeld geeft. In dat beoordelingskader is de referentiesituatie een situatie waarin niets gebeurt (conform het algemeen gehanteerde referentiesituatie in het MER). In die situatie is een beoordeling van het effect op waterveiligheid met +/- te rooskleurig. Om voor het VKA een reëler beeld te krijgen van de effecten, is voor het beoordelen van het VKA gekozen voor een aangepast

beoordelingskader¹³. Voor deze specifieke beoordeling nemen we aan dat de woningbehoefte vast staat en dus óf in het Middengebied, óf elders zal plaatsvinden. We nemen daarom als referentiesituatie het scenario waarin een ‘traditionele’ woonwijk wordt gebouwd met beperkt oog voor waterveiligheidsdoelen. Het aangepaste beoordelingskader brengt met zich mee dat de beoordeling van het VKA niet één op één te vergelijken is met de beoordelingen van de alternatieven in hoofdstuk 6.

Tekstvak 10-1: Terminologie overstromingsrisico en flood hazard

Risico is gedefinieerd als kans x gevolg. In Nederland is bij de normering van de primaire waterkering rekening gehouden met economische groei tot 2050. Een verhoging van de norm voor de primaire kering zou alleen nodig zijn als de gevolgen in schade een factor 3 toenemen of wanneer de basisveiligheid in het geding is. De bouw van 8000 woningen in het Middengebied leidt niet tot toename van het schaderisico en daarmee niet tot een hogere norm voor waterkeringen. Het leidt wel tot een hogere schade en impact (HKV, 2022). Door maatregelen die genomen kunnen worden bij de bouw van de 8000 woningen zorgt er voor dat de kans dat iemand komt te overlijden of dat grote schade ontstaat verkleind wordt.

In het Engels wordt de term ‘flood hazard’ gebruikt, ook wel overstromingsgevaar. Dit is de kans dat ergens een overstroming optreedt én de eigenschappen van die overstroming, zoals waterdiepte, stroomsnelheid of de duur van een overstroming. ‘gevaar’ betekend: de potentie hebben schade te berokken (the potential to cause harm). Daarmee is pas sprake van een overstromingsrisico als de plek die gevaarlijk is ook kwetsbaar is (the potential to be harmed).

Het ophogen van het plangebied, er voor zorgen dat vitale en kwetsbare functies zo min mogelijk schade ondervinden of snel kunnen herstellen en het creëren van verticale evacuatiemogelijkheden zorgt er voor dat het overstromingsgevaar afneemt.

Aangepaste beoordelingscriteria waterveiligheid voor VKA

- ++** Klimaatrobust tot 2100 bij extreme situaties. 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 beschermd in geval van overstroming.
- +** Klimaatrobust tot 2100. 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/+** Klimaatrobust tot 2050. 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.

¹³ Het beoordelingskader van de alternatievenvergelijking in hoofdstuk 6 is niet aangepast. De vergelijking op basis van dat beoordelingskader levert nog steeds een goed beeld op van de verschillen tussen de alternatieven.

- 0 Bouw van een traditionele woonwijk met beperkt oog voor klimaatontwikkelingen. Er wordt geen rekening gehouden met mogelijke overstromingen. Vitale en kwetsbare objecten worden niet beschermd en er zijn geen maatregelen genomen voor evacuatie.
- 0/- n.v.t.
- n.v.t.
- n.v.t.

VKA waterveiligheid en effectbeoordeling

Het voorkeursalternatief heeft als uitgangspunt dat men ook in een situatie in 2100, bij een overstroming in lijn met vigerende klimaatscenario's, voldoende mogelijkheden heeft om te schuilen. De aanleghoogte van woningen in Kreekrug, Watertuinen en het bos is zo hoog dat in geval van een overstroming vanuit de Gouwe (met gesloten keringen: Maeslantkering en Hollandse IJsselkering) wegen en woningen droog blijven.

Als bij een dijkdoorbraak in 2100 (0,75 m zeespiegelstijging) beide keringen niet sluiten, leidt dit tot een maximaal overstromingspeil van -1,90 m NAP, waarbij de begane grond van de woningen onderloopt. Uitgaande van een verdiepingshoogte van 2,90 m komt de vloer van de eerste verdieping op -1,55 m NAP te liggen, de eerste verdiepingen van deze woningen blijven dan nog droog. Bewoners hebben ca. 12-24u de tijd om zich binnen het gebied te verplaatsten naar een droge locatie, bijvoorbeeld naar een hogere verdieping of shelter. Bij de aanleg van het bedrijventerrein wordt niet specifiek rekening gehouden met overstromingsveiligheid omdat dit geen permanente verblijfsplaats is gaat men er vanuit dat er evacuatiemogelijkheden zijn. Bij de gehanteerde waterpeilen en voldoende drooglegging is de aanleghoogte -5,1m NAP, bij het minimale overstromingsscenario (Gouwe met gesloten keringen) overstroomd het bedrijventerrein.

Bij een dijkdoorbraak in geval van 2 meter zeespiegelstijging en met open keringen wordt een maximaal overstromingspeil van -1,10 m NAP verwacht. In dat scenario lopen zowel de begane grond als de eerste verdieping van de woningen onder water. Daarom is als uitgangspunt gehanteerd dat tenminste 1/3^e van de woningen een droge 2^e verdieping heeft met een dakraam dat open kan (evacuatie). Daarnaast wordt er in het dorp een openbare locatie als shelter ingericht. Een shelter is een gebouw waar de mogelijkheid is om mensen op te vangen in geval van een overstroming. Dit moet een locatie zijn van voldoende grootte, op voldoende hoogte en met voorzieningen zoals een noodgenerator en mogelijkheid voor mensen om meerdere dagen te overleven. Naast traditionele bebouwing wordt er op minimaal vergelijkbare hoogte op palen gebouwd en komen er drijvende woningen. Kwetsbare functies zoals een bejaardentehuis, school op kinderopvang moeten zelfs tenminste een 1^e droge verdieping hebben. Noodgeneratoren moeten eveneens tenminste op de 1^e verdieping staan waardoor functies zo lang mogelijk blijven functioneren en herstel bevordert wordt. Hiermee is de bebouwde omgeving bestand tegen overstromingen conform het Convenant Klimaat Adaptief Bouwen 2.0. Het bedrijventerrein wordt niet specifiek hoger aangelegd, het is van belang dat vitale voorzieningen zo worden aangelegd dat ze bij uitval als gevolg van een overstroming niet zorgen voor een langere hersteltijd van het Vijfde Dorp.

Het woongebied wordt zo ingericht dat er schuilmogelijkheden zijn in geval van 0,75m en 2 meter zeespiegelstijging. Hiermee zou het VKA ++ scoren. Echter

worden wegen, infrastructuur en bebouwing in het bedrijventerrein niet overstromingsveilig ingericht. Het VKA wordt hiermee op waterveiligheid beoordeeld met +.

Klimaatverandering: droogte en hittestress

Het plangebied wordt ingericht om zo goed mogelijk om te gaan met hitte en droogte. Hierbij wordt tenminste rekening gehouden met de eisen vanuit het convenant Klimaatadaptief Bouwen (KAB) (deze eisen passen bij klimaatscenario's in 2050). In het plangebied wordt rekening gehouden met klimaatverandering tot 2100. Zo wordt voor droogte rekening gehouden met neerslag en verdamping in 2100 (scenario Wh+, +15% verdamping in de zomer). In het gebied van de Watertuinen en de Kreekrug zorgt de peilfluctuatie van 0,30m voor een buffer van 56 dagen. In het Energielandschap zorgt iedere 0,10m voor ca. 20 dagen buffer in dat gebied. Er wordt nog verkend of het Energielandschap een grotere bandbreedte voor peilfluctuatie moet krijgen dan 0,30m. In het peilgebied van het bedrijventerrein en het bos is met een peilfluctuatie van 0,10m een buffer van ca. 18 dagen beschikbaar voor dat gebied.

De waterbuffer kan sneller op raken als gevolg van wegzijging en verdamping door groen. Dit is echter sterk afhankelijk van de horizontale doorlatendheid van de bodem, de fijnmazigheid van het watersysteem en het type vegetatie. Hoe fijnmaziger het watersysteem en hoe kleiner de wateroppervlakten hoe groter het effect van groen. In droge perioden daalt de grondwaterstand waardoor wegzijging kan ontstaan uit het oppervlaktewater (Stowa, 2020). Met deze effecten is in de huidige berekeningen nog geen rekening mee gehouden.

Het groen-blauwe karakter van de woonwijk zal naar verwachting zorgen voor een beperkt hitte-eilandeffect. Om de gevolgen van hitte te beperken wordt ingezet op het creëren van schaduw in de woonwijk, onder andere door vergroening. In het VKA wordt ingezet op 50% schaduw in de openbare ruimte, wat over de eis uit het convenant KAB heengaat (tenminste 40%). Daarnaast is het uitgangspunt dat in de openbare ruimte binnen 250m van alle bebouwing een schaduwplek bereikbaar is. Water in singels en sloten warmt op, wanneer de gemiddelde watertemperatuur lager is dan de omgeving dragen wateroppervlakten bij aan de afkoeling. Grotere wateroppervlakten warmen minder snel op en dragen meer bij aan de verkoeling. Deze verkoeling ontstaat door de grote warmtebufferende capaciteit van water en als gevolg van verdamping van oppervlaktewater. Kleine ondiepe waterpartijen warmen sneller op. Wanneer de luchttemperatuur lager is dan de watertemperatuur kan water bijdragen aan opwarming van de lucht. Over het algemeen is het effect van water in stedelijk gebied echter verkoelend. Grootte, diepte, lengte van waterpartijen dragen in meerdere of mindere mate bij aan afkoeling (HvA, 2022).

Voor de thema's hitte en droogte wordt het gebied rondom de Watertuinen, Kreekrug en het Energielandschap ingericht om te zorgen voor een waterbuffer van 0,30m, ook in 2100. In het bedrijventerrein worden geen aanvullende maatregelen genomen voor droogte en fluctueert het peil binnen een bandbreedte van 0,10m. Wel wordt in het gehele plangebied ingezet op veel groen en blauw, waardoor het hitte-eiland effect afneemt. Doordat niet in het hele gebied maatregelen worden genomen voor droogte en hitte scoort het VKA op droogte en hitte +.

10.2.4 Realisatiefase

Voorgaande hoofdstukken gaan met name in op de effecten in de gebruiksfase. Tijdelijke effecten in de realisatie fase worden daarin niet specifiek benoemd. Ondanks dat de fasering van de werkzaamheden slechts op hoofdlijnen bekend zijn, zal in deze paragraaf kort worden ingegaan op mogelijke tijdelijke effecten in de realisatiefase. Dit wordt ook gedaan vanwege de lange looptijd van de realisatiefase (ca. 20 jaar). Per thema uit dit rapport is hieronder een korte omschrijving gegeven van de belangrijkste aandachtspunten in de realisatiefase, daarnaast zijn mogelijke mitigerende maatregelen gegeven. Onderstaand overzicht is niet compleet maar geeft een eerste beeld van de situatie. Concretisering moet plaatsvinden bij de verdere uitwerking van de plannen.

Oppervlaktewaterkwantiteit

Wanneer delen van de Kreekrug en de Watertuinen gefaseerd worden aangelegd zal verhard oppervlak gefaseerd toegevoegd worden in het gebied. Het is van belang dat bij het gefaseerd aanleggen er rekening wordt gehouden met afstroming van het stedelijk gebied en dat aanvullende waterberging wordt gerealiseerd zodat geen wateroverlast ontstaat

Water aan- en afvoer

In de verschillende fasen kan de keuze gemaakt worden om peilgebieden tijdelijk te veranderen in lijn met de ontwikkeling of te houden zoals in de huidige situatie. Wanneer huidige peilvakken gehandhaafd blijven zal rekening gehouden moeten worden met het dempen en graven van watergangen zodat in de realisatiefase water aan- en afvoer geborgd kan worden. Wanneer peilgebieden aangepast worden in lijn met de ontwikkeling zullen mogelijk (tijdelijke) kunstwerken zoals stuwen en pompjes nodig zijn om water aan en af te voeren en peilgebieden te realiseren. Kunstwerken zullen in lijn met de ontwikkeling van het gebied moeten worden verplaatst en of aangepast.

Oppervlaktewaterkwaliteit

Belangrijke factoren die van invloed zijn op de waterkwaliteit zijn de aanwezige nutriënten in de bouwvoor en de aanwezigheid van kwel. Afhankelijk van het gebied wordt de bouwvoor afgedekt (Kreekrug en delen van de Watertuinen), afgegraven, ge-diepploegd of aanwezig laten op locatie. Bij het afdekken en afgraven wordt de invloed van nutriënten op het watersysteem weggenomen, dit heeft een positief effect op de waterkwaliteit. Ook door diepploegen krijgen nutriënten snel minder invloed. Wanneer de bestaande bouwvoor op zijn plek gelaten wordt zullen nutriënten langzaam uitspoelen. Dit proces kan tientallen jaren duren. Afhankelijk van de maatregel die genomen wordt kan een goede waterkwaliteit sneller of langzamer bereikt worden.

Na graven/vergraven zal zich eerst een pioniersvegetatie ontwikkelen. Het kan voorkomen dat er een paar jaar vegetatie ontwikkelt die minder aantrekkelijk is voor vroege bewoners (bijv. distels). Ook de waterecologie zal zich moeten ontwikkelen. Vegetatie zal zich over de jaren uiteindelijk vanzelf ontwikkelen, maar dit kost tijd. Vooraf planten van bepaalde vegetatie helpt, maar kan erg kostbaar zijn. Het zou mooi zijn om mooie stukjes water niet aan te tasten en eventueel pas te vergraven als aansluitende stukken water zijn aangelegd waar de vegetatie en fauna zich naartoe kan verspreiden. Het kan jaren duren voordat de gewenste toestand is bereikt.

Ook het opzetten van het waterpeil heeft invloed op de waterkwaliteit in het gebied. Bij een laag waterpeil is er sprake van kwel uit de ondergrond. In gebieden waar dan al gewoonnd wordt kan er sprake zijn van bruin water en daarmee een onaantrekkelijke leefomgeving. Bij (eventueel) gefaseerd opzetten van het waterpeil stopt de kwel maar kan wel mee sprake zijn van nalevering uit de bodem, afhankelijk van maatregelen die genomen worden in de bouwvoor. Het wordt aangeraden het waterpeil in de eerste jaren van de ontwikkeling niet direct op te zetten.

Keuze voor het wel of niet gefaseerd opzetten van het waterpeil en het wel of niet maatregelen nemen in de bouwvoor hebben invloed op de ontwikkeling van waterkwaliteit en de biodiversiteit.

Ook in de fase van realisatie is het van belang dat afstromend water van het verhard oppervlak zo veel mogelijk wordt afgevangen/geborgen en vertraagd wordt afgevoerd. Zo wordt het vervuilen van oppervlaktewater en snelle extreme stijging van waterpeilen voorkomen.

Grondwaterkwantiteit

Wanneer het waterpeil wordt opgezet zorgt dit er voor dat in het betreffende gedeelte kwel afneemt. Dit heeft een positief effect op de hoeveelheid water die moet worden afgevoerd.

Grondwaterkwaliteit

Het opzetten van waterpeilen in de realisatiefase kan zorgen voor verminderen van de aanvoer van kwel in het specifieke (deel)gebied. Dit kan een positief effect hebben op de waterkwaliteit. Zie onderwerp waterkwaliteit hierboven.

Bodembeweging

In de realisatiefase worden verschillende maatregelen genomen om bodembeweging te beïnvloeden. Er wordt voorbelasting aangebracht om er voor te zorgen dat de bodem voorbereidt wordt op de bouw van woningen en infrastructuur. Het aanbrengen van voorbelasting moet zorgvuldig gebeuren om te kunnen voldoen aan de restzettingseis en tegelijkertijd te voorkomen dat opbarsten van grond in de directe omgeving ontstaat en daarmee schade aan bestaande gebouwen of een risico op toename van grondwaterstroming. Een belangrijke mitigerende maatregel om effecten van zetting te beperken is goed bouwrijp maken. Restzettingseis is hierbij van essentieel belang.

Afhankelijk van de aanleg van deelgebieden kan een deel van het gebied over de looptijd van de realisatie van de rest van het gebied al onder invloed zijn van bodemdaling. Ook hiermee zal rekening gehouden moeten worden tijdens de realisatiefase van het totale plan.

Bodemkwaliteit

Tijdens de bouw zal waar nodig vervuilde grond worden afgegraven of afgedekt (zie hoofdstuk 6.2 en VKA beoordeling in 9.2.2.), zo kan verspreiding van stoffen worden voorkomen.

Daarnaast is het van belang dat tijdens de bouw geen verontreinigende stoffen gebruikt worden, ook niet in tijdelijke constructies en verharding om te voorkomen dat vervuiling toeneemt in de ondergrond en het grondwater.

Waterveiligheid

Tijdens de aanleg van het bedrijventerrein Gouwepark II dient rekening gehouden te worden met de Boezemwaterkering Ringvaart langs de N207.

Klimaatverandering: droogte en hittestress

Afhankelijk van de fasering en keuze voor het wel of niet opzetten van waterpeilen heeft droogte in meerdere of mindere mate effect op de planontwikkeling. Het is van belang dat water aangevoerd kan worden wanneer nodig om schade door droogte te voorkomen.

In een nieuwe woonwijk worden vaak kleine bomen geplaatst. Dit zorgt er voor dat het woongebied sneller op kan warmen en er minder schaduwplekken zijn. Het vroegtijdig aanplanten van groen en bomen is van belang om er voor te zorgen dat verkoeling door groen snel aanwezig is. Eveneens is het vroegtijdig realiseren van waterpartijen van belang om kans op verkoeling te vergroten. Bij de bouw van woningen is het daarnaast verstandig in te zetten op drinkwaterbesparing en regenwaterbenutting. Dit is tevens in lijn met het convenant klimaatadaptief bouwen.

Effecten op de omgeving, lintbebouwing en Groene Waterparel

Tijdens de aanlegfase kunnen effecten op de omgeving optreden. Afhankelijk van het gebied en de fasering in meerdere of mindere mate. Als gevolg van de aanleg en het opzetten van waterpeilen kan sprake zijn van een toename van kwel in lintbebouwing en de Groene Waterparel. De verwachting is dat de toename van kwel minimaal is. Hoe groot het effect van deze toename aan kwel op de waterkwaliteit is, is onzeker. Op zijn minst zullen waterpeilen moeten worden gemonitord. Gefaseerd opzetten van waterpeilen is een mitigerende maatregel om te zorgen dat daar waar onverwachte effecten optreden deze nog gemitigeerd kunnen worden.

10.3 Leemten in kennis

Leemten in kennis kunnen worden ingevuld door vervolgonderzoek. In onderstaande tabel zijn leemten gekoppeld aan onderzoeksvoorstellen.

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.	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 verhogen van het peil, ca. -5,8m NAP zal er beperkt oppervlaktewater de grond in kunnen infiltreren. De effecten hiervan op de rest van de Zuidplaspolder zijn naar	Verwerken t.b.v. uitwerking en finetunen VKA. Resultaten gereed voor eind zienswijze periode ontwerp bestemmingsplan.	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

verwachting minimaal. Hiervoor ontbreken echter concrete gegevens. Een 2D/3D grondwatermodellering zal meer duidelijkheid geven. Voor een goede modelstudie zijn eerst meer ondergrondgegevens nodig, zoals sonderingen en peilbuisgegevens.		van bodemonsters ook slechts een beperkt beeld geeft van de daadwerkelijke situatie.
Er is beperkt informatie beschikbaar over de precieze stijghoogten van grondwater. Hierdoor is het moeilijk te bepalen wat de precieze stijghoogte van kwel is. Het plaatsen van peilbuizen in het plangebied is nodig om een betere inschatting te kunnen maken.	Zo snel mogelijk, medio 2023. Input voor waterhuishoudkundig plan, idealiter voor bestemmingsplan.	Inzicht in de stijghoogte van het eerste watervoerendpakket waarmee preciezer het waterpeil bepaald kan worden wat nodig is om kwel weg te drukken.
Het is onvoldoende duidelijk wat de effecten zijn van het verhogen van peilen op de bestaande (lint) 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. Tevens is onzeker wat effecten zijn van hogere waterstanden in de tochten en lagere in de polder. Waterstanden variëren in de ondergrond. Per woning inmeten van de vloerpeilen en erfhoogtes en inventariseren van kelders, kruipruimtes en bouwwijze.	Resultaten verwerken in waterhuishoud-kundig plan.	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 verhogen 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 op bebouwing.
Groene Waterparel: Ondanks de gunstige omstandigheden neemt de bijzondere vegetatie in het gebied al af (van Diggelen, Verstijnen, Roelofs, &	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

Smolders, 2020). Mogelijk is dit een effect van het inlaten van gebiedsvreemd water. Precieze details zijn hierover onbekend. Het monitoren van huidige processen is van belang om het systeem beter te begrijpen.			het Middengebied staat hier los van.					
Het peil in de Groene Waterparel is in de huidige situatie hoger dan in omliggende peilvakken. In alle alternatieven zal dit omwisselen, het peil in het te ontwikkelen gebied 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 kan een 2D-modellering worden uitgevoerd.			Er moeten sonderingen worden uitgevoerd. Hierna kan het model verfijnd worden en kan verder worden uitgewerkt of en hoe maatregelen nodig zijn. Aanvullend kan een stoffenbalans worden uitgevoerd. Eventueel is grondwatermodellering noodzakelijk. Tijdens het uitvoeren van het waterhuishoud-kundig plan of waterbeheerplan Groene Waterparel.			Uitsluitel over of er (significant) effect is in de huidige situatie en na peilstijging in het VKA op waterkwaliteit en – kwantiteit in de Groene Waterparel. Meer inzicht in welke bufferzone nodig is om dit effect te voorkomen. Monitoring voor, tijdens en na realisatie van de ontwikkeling is van belang om in te kunnen spelen op onvoorziene effecten.		
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.			Bodemonderzoek kan aantonen wat er nog aan veen is en wat het effect is op veenoxidatie en bodemdaling. In het MER is een kaart met de beschikbare info opgenomen. In 2023/2024 wordt meer informatie over bodemopbouw ingewonnen. Er zullen veel metingen nodig zijn om opbouw door het gebied in kaart te brengen.			Bij het opzetten van peilen is de kans op veenoxidatie klein. De bodem is gemêleerd in het gebied. Hoe eerder dit onderzoek uitgevoerd wordt, des te beter de keuzes zijn die gemaakt worden. Bij hoogteligging wel rekening houden met autonome zettingen, marge aanhouden.		
			Uitwerking stedenbouwkundig plan voor omgevings-vergunning.					
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 het effect is van de waterkwaliteit en het effect op de functies in het gebied. Daarnaast kan de mogelijke waterbuffer in het energielandschap een bijdrage leveren.			Resultaten verwerken in waterhuishoudkundig plan.					
Effect waterkwaliteit van (beperkt) afvoeren stedelijk gebied Watertuinen en Kreekrug en achterliggend gebied (Bierhoogt). Effect onderzoeken van afvoer via 4e Tocht van achterliggende gebied i.p.v. via 2e Tocht af te voeren.			Resultaten verwerken in waterstructuurplan / waterhuishoud-kundig plan.			Inzicht in effecten van ingrepen op de waterkwaliteit in het plangebied en de Groene Waterparel.		

Behandeling van afvalwater eventueel decentraal i.p.v. centraal. Onderzoek (HHSK als initiatiefnemer) naar de mogelijkheid en gevolgen (ruimtebeslag, technische voorzieningen, geuraspecten, waterkwaliteit) van een decentrale zuivering i.r.t. centrale zuivering van afvalwater en realisatie van een circulaire waterketen voor het Middengebied.	Resultaten verwerken bij decentrale zuivering in de uitwerking van de planfasen indien en waar dit mogelijk is binnen het plangebied.	Inzicht in de mogelijkheden en technische en financiële gevolgen van decentrale zuivering vs centrale zuivering.
Manieren om het drinkwatergebruik per hoofd van de bevolking te reduceren. In vervolgonderzoek bekijken of het drinkwaterverbruik o.a. te reduceren is door inzet van grijs water / huishoudwater voor 'geen drinkwater' toepassingen.	Vóór uitvoeringsfase. Buiten scope van dit project Middengebied Zuidplaspolder	Eventuele technische / bouwkundige maatregelen die reeds bij de bouw van de woningen getroffen kunnen worden om het drinkwatergebruik te reduceren
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.	Groene Schakel wordt in het bestemmingsplan een nader uit te werken gebied. Onderzoek kan worden uitgevoerd t.b.v. van deze uitwerking.	Input voor bepalen fasering en inrichting natuur in Groene Schakel.
Het effect van het ophogen van het maaiveld met zand brengt risico's met zich mee in nabijgelegen watergangen. Deze kunnen opbarsten. Aanvullend bodemonderzoek en berekeningen naar stabiliteit van de bodem dienen te worden uitgevoerd.	Vóór uitvoeringsfase.	Inzicht in risico's zodat de goede beheersmaatregelen. tijdens de uitvoeringsfase genomen kunnen worden.
Aanvullend onderzoek naar bodemkwaliteit is nodig. Bij aanwezigheid van mobiele verontreinigingen is het belangrijk om vast te stellen hoe groot de verspreiding is. Ook is verder inzicht nodig in het effect van de peilverhoging op verspreiding van mogelijke verontreinigingen.	Dit onderzoek dient na de MER in de uitwerkingsfase meegenomen te worden.	Aard en omvang van verontreinigingen in beeld om passende maatregelen te nemen. Eventueel moet dit worden aangevuld met onderzoek naar mogelijke saneringsmaatregelen.

10.4 Discussie

Discussiepunt	Te besluiten	Te verwachten resultaat
Het laten fluctueren van het waterpeil zorgt voor een buffer om droge perioden te overbruggen. Hoe groter de buffer hoe langer de periode die kan worden overbrugd. Hierbij kan voor verschillende deelgebieden een andere keuze gemaakt worden. Er wordt gesproken over een bandbreedte peil van 0,3 en 0,5m in de Watertuinen, Kreekrug en het Energielandschap. En over 0,1m en 0,3m in het bedrijventerrein.	Waterpeilfluctuatie van 0,1m, 0,3m of 0,5m in het gehele of delen van het gebied hebben invloed op de buffer voor droge perioden en voor de mate van biodiversiteit. Besluiten wat voor alle partijen gewenst is inclusief bijbehorende effecten.	Een duidelijke keuze en voor alle partijen duidelijkheid over het te verwachten effect.
Er zijn nog diverse besispunten voor de inrichting van het watersysteem. De locatie van gemaal 4 ^e tocht, het waterpeil in de 4 ^e tocht, maar ook de gebiedsindeling in peilgebieden is bepalend voor de robuustheid van het systeem maar ook de hoeveelheid waterberging en buffer.	Waar gemaal 4 ^e tocht komt te staan. Wat het waterpeil in de 4 ^e tocht wordt, of het Energielandschap mee gaat in het peilgebied Watertuinen en Kreekrug etc.	Keuze waarmee het waterhuishoudkundig plan kan worden uitgewerkt.
De hoeveelheid nutriënten in de bouwvoor en de bodem van watergangen hebben invloed op de waterkwaliteit. Hoe omgegaan wordt met de bouwvoor heeft invloed op de ontwikkeling van de waterkwaliteit.	Vroegtijdig afgraven, afdekken, diep-ploegen of laten zitten zorgt voor het ontwikkelen van bepaalde soorten vegetatie en waterkwaliteit. Bij deze keuze horen beheermaatregelen zoals wel of niet doorspoelen van waterpartijen of afdekken van de bodem van watergangen om nalevering te voorkomen.	Zicht op de waterkwaliteit en natuurontwikkeling.
De mogelijkheid om wel of niet drijvend bouwen toe te kunnen passen in het plangebied. Er is dan een waterdiepte van ca. 1,5m nodig, om dit te bereiken is afgraven van grond nodig.	Of het wel of niet haalbaar is om drijvend bouwen in deze polder toe te passen.	Keuze voor bouwwijzen zodat dit uitgewerkt kan worden in volgende detaillering.
Hoe wordt omgegaan met mogelijke verontreiniging in de bodem (saneringsmaatregelen en aanpak)?	Hoeveel verontreiniging wordt geaccepteerd en wat de voorkeur heeft als saneringsstrategie	Inzicht in benodigde en gewenste saneringsmaatregelen

10.5 Advies voor verdere detaillering en uitwerking plannen

In de uitwerking van het plan is detaillering noodzakelijk. Dit MER geeft op veel thema's een beeld op hoofdlijnen, passend bij het detailniveau van het Masterplan en het parallel ontwikkelde stedenbouwkundig plan. Enkele onderwerpen voor detaillering zijn ter sprake gekomen in het proces en worden hieronder genoemd. Dit is geen complete lijst en geeft slechts een indicatie van mogelijkheden.

Oppervlaktewaterkwantiteit

- Verharde tuinen worden ontmoedigd door communicatie of verdergaand een maximaal aantal tegels of tegeltax.

Enkele maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit:

- Geen honden langs water (opruimplicht)
- Onderhoudspaden zodat van de kant kan worden onderhouden.
- Vastleggen van afspraken over inrichting van tuinen langs de waterkant, zoals beschoeiing etc.
- Zorgvuldig afkoppelen via bodempassage.

Bodemkwaliteit en inrichting

- Bij inrichting van tuinen rekening houden met diffuus lood in de ondergrond.

Bodembeweging

- Uitvoeren levenscyclusanalyse incl. multicriteria analyse (o.a. duurzaamheid en uitvoerbaarheid) om te bepalen welke techniek het meest wenselijk is.

Waterveiligheid

- In een verdere uitwerking moet ook worden gekeken naar de inrichting van vitale functies als elektriciteit en drinkwaterbeschikbaarheid.
- Ook in het kader van meerlaagsveiligheid en herstel van deze functies na een mogelijk ramp moet worden nagedacht over een robuuste inrichting. Uitgangspunt is al om geen gas te gebruiken in het vijfde dorp.
- Veiligheidsregio betrekken in proces voor waterveiligheidsopgave; tijdig initiëren voor verticale evacuatie. Meenemen van deze informatie en keuzes in de rampenplannen.

Klimaatverandering

- Nadenken over overdracht van kennis van klimaatadaptatie en waterveiligheid van woningen: bijvoorbeeld opnemen dat woningen klimaatbestendig zijn zoals droge verdieping 1^e verdieping vluchtplek (ook voor burens).
- Andere mogelijkheden zullen verder worden uitgewerkt zoals het vergroenen van gevels, het maken van afspraken over groene daken voor bijvoorbeeld bedrijven en het opnemen van een albedo eis in bijvoorbeeld het beeldkwaliteitsplan.

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-effectatlas.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/11206890_010_0006.pdf](https://publications.deltares.nl/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). *Homen 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/>

- Groot, v. d. (2016). *Vegetatieonderzoek Groene Waterparel. Inventarisatie van flora, vegetatie en abiotiek*. . Ecologisch onderzoeks- en adviesbureau van der Goes en Groot.
- HaskoningDHV, R. (2016). *Bodemonderzoek in de Groene Waterparel*. Amsterdam: Royal HaskoningDHV.
- 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/
- 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. (2022, november 2). *Kenniscentrum techniek - Hogeschool van Amsterdam*. Opgehaald van Stedelijk oppervlaktewater: <https://hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/water.html>
- HvA, KuiperC. (2020). *Coolkit*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- KennisprogrammaBodemdaling. (2018). *Omhoog met het veen*. Opgehaald van KennisprogrammaBodemdaling: <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
- 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>
- MinI&W. (2022). *Beleidsprogrmmama Infrastructuur en Waterstaat*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Dhr. M. Harbers. (2022, 11 25). Kamerbrief: Water en Bodem sturend. Den Haag.
- Omgevingsdienst Midden-Holland. (2022, mei 16). *Atlas Omgevingsdienst Midden-Holland*. Opgehaald van atslast ODMH: <https://atlas.odmh.nl/html5viewer/index.html?viewer=Atlas.Atlas&layerT heme=Bodem>
- Pedrosa de Lima, L., de Graaf-van Dinther, R., & Boogaard, F. (2022). Impacts of floating urbanisation on water quality and aquatic ecosystems: a study based on in situ data and observations. *Journal of Water and Climate Change Vol 13 No 3*, 1185 doi: 10.2166/wcc.2022.325.
- 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.

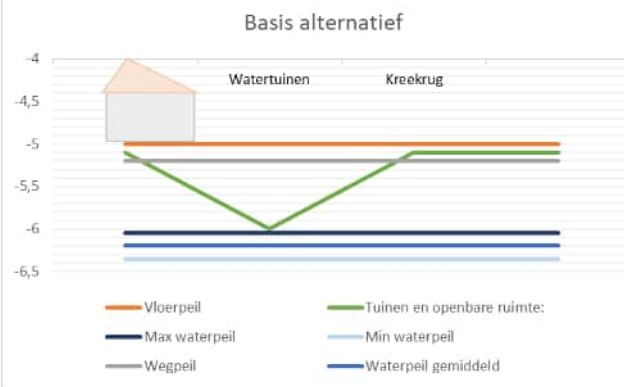
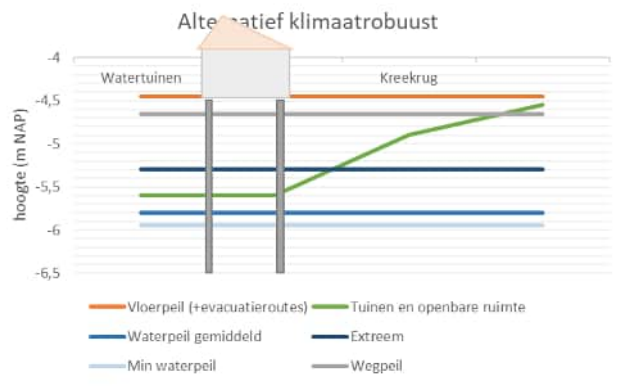
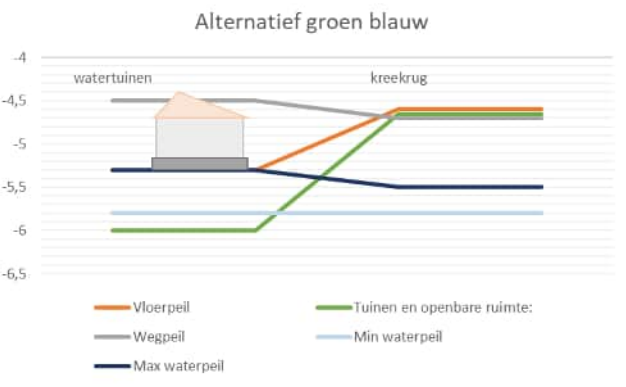
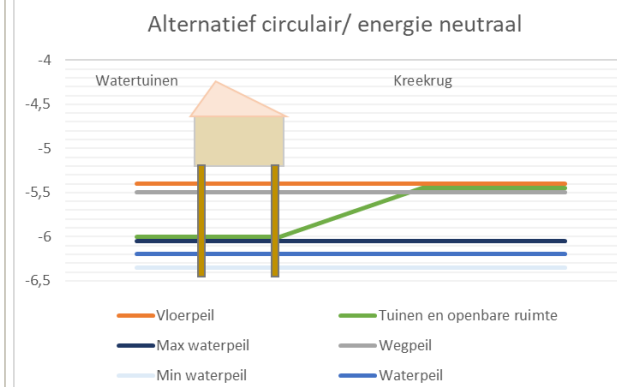
- Stowa. (2009). *Handreiking natuurvriendelijke oevers*. Utrecht: Stowa.
- Stowa. (2009). *Handreiking natuurvriendelijke oevers*. Utrecht: Stowa.
- Stowa. (2017). *Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen*. Amersfoort: Stowa, ob+n.
- Stowa. (2020). *Verdamping*. Opgehaald van Stowa DeltaFacts: <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/verdamping>
- 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*. Den 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.

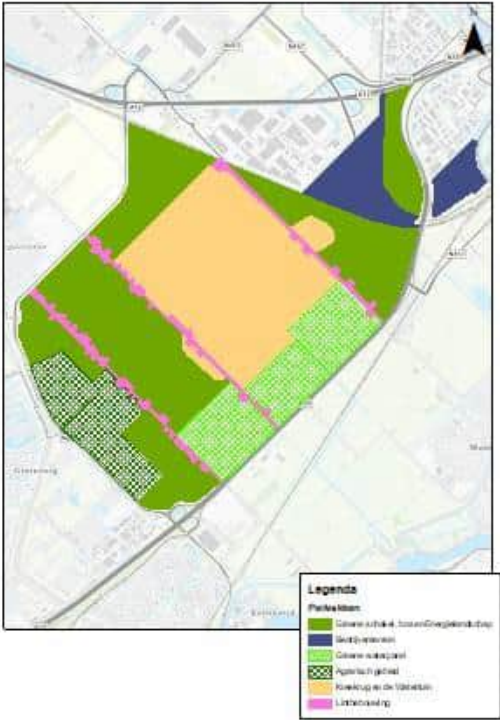
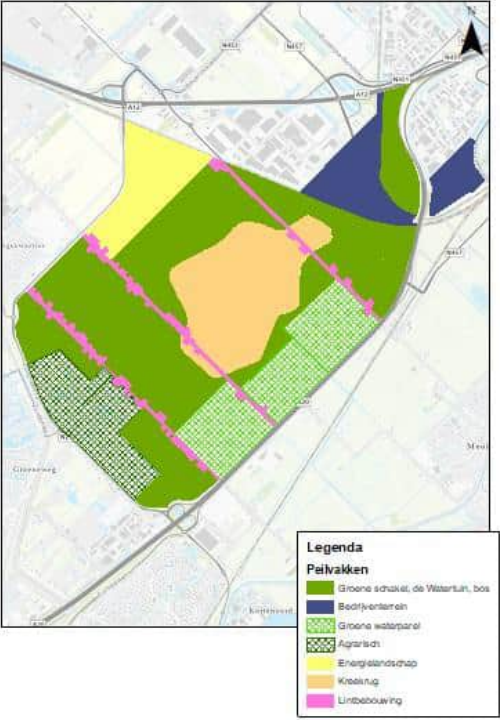
Bijlage I: Alternatieven tabel

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.

	Basisalternatief In veel gevallen wordt hierin het vigerende beleid gehanteerd, wel wordt het convenant klimaatadaptief bouwen meegenomen. 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. Hier wordt uitgegaan van een gemiddelde restzetting van 20cm in 30 jaar.	Alternatief Maximaal Klimaatrobuust 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. 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^e 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. Hier wordt uitgegaan van een restzetting van 10 cm in 60 jaar (exclusief autonome zetting), er zal meer voorbelasting nodig zijn.	Alternatief Groen-blauw raamwerk 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. 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. Hier wordt uitgegaan van een gemiddelde restzetting van 20cm in 30 jaar.	Alternatief circulaire / duurzaam Qua waterpeilen is dit alternatief vergelijkbaar met het masterplan alternatief. Om CO2 uitstoot te verminderen wordt gestuurd op minder ophogen en bouwen met lichtgewicht materialen. Omdat we uit gaan van lage ontwateringsdiepten zal gewerkt moeten worden met innovatieve technieken voor het ophogen en ontwateren van wegen om hoge beheer en onderhoudskosten te voorkomen. Op de Kreekrug zal zo gebouwd moeten worden dat woningen geen grondwateroverlast krijgen, dit kan kruipruimte vrij zijn of bijvoorbeeld met een waterdichte kelderbak. Advies is uit te gaan van de minimale restzetting (10cm in 30 jaar) om verdere daling en verminderde ontwatering niet te verkleinen. Alternatief is verder vergelijkbaar met het basisalternatief.
--	---	--	--	---

Peilen in bebouwde gebieden (zie excel)																																																																																																																																																								
	<table><tr><td></td><td></td><td>Water rtuin</td><td>Kreekrug</td></tr><tr><td>Vloerpeil</td><td></td><td>-5</td><td>-5</td></tr><tr><td>Tuinen en openbare ruimte:</td><td></td><td>-5,1</td><td>-5,1</td></tr><tr><td>Wegpeil</td><td></td><td>-5,2</td><td>-5,2</td></tr><tr><td>Waterpeil gem.</td><td></td><td>-6,2</td><td>-6,2</td></tr><tr><td>Max waterpeil +</td><td>0,15</td><td>-6,05</td><td>-6,05</td></tr><tr><td>Min waterpeil -</td><td>0,15</td><td>-6,35</td><td>-6,35</td></tr><tr><td>Drooglegging weg t.o.v. <u>gemwp</u></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Drooglegging woningen t.o.v. <u>gemwp</u></td><td></td><td>1,2</td><td>1,2</td></tr></table> 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.			Water rtuin	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	<table><tr><td></td><td></td><td>Water- tuin</td><td>Kreekrug</td></tr><tr><td>Vloerpeil (+evacuatie routes)</td><td></td><td>-4,45</td><td>-4,45</td></tr><tr><td>Tuinen en openbare ruimte</td><td></td><td>-5,6</td><td>-4,55-4,9</td></tr><tr><td>Wegpeil</td><td></td><td>-4,65</td><td>-4,65</td></tr><tr><td>Evacuatie routes</td><td></td><td>-4,45</td><td>-4,45</td></tr><tr><td>Waterpeil gemiddeld</td><td></td><td>-5,8</td><td>-5,8</td></tr><tr><td>Extreem +</td><td>0,5</td><td>-5,3</td><td>-5,3</td></tr><tr><td>Max waterpeil +</td><td>0,15</td><td>-5,65</td><td>-5,65</td></tr><tr><td>Min waterpeil -</td><td>0,15</td><td>-5,95</td><td>-5,95</td></tr><tr><td>Drooglegging weg t.o.v. <u>maxwp</u></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u></td><td></td><td>1,2</td><td>1,2</td></tr></table> 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.			Water- tuin	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	<table><tr><td></td><td></td><td>watertui n</td><td>Kreek- rug</td></tr><tr><td>Vloerpeil:</td><td></td><td>-5,3</td><td>-4,6</td></tr><tr><td>Tuinen en openbare ruimte:</td><td></td><td>-6</td><td>-4,65</td></tr><tr><td>Wegpeil:</td><td></td><td>-4,5</td><td>-4,7</td></tr><tr><td>Max waterpeil</td><td></td><td>-5,3</td><td>-5,5</td></tr><tr><td>Min waterpeil</td><td></td><td>-5,8</td><td>-5,8</td></tr><tr><td>Drooglegging weg t.o.v. <u>maxwp</u></td><td></td><td>0,8</td><td>0,8</td></tr><tr><td>Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u></td><td>nvt</td><td></td><td>0,9</td></tr></table> Het uitgangspunt is geen/waterdichte kruipruimtes op de Kreekrug. Het bedrijventerrein zal net als de Kreekrug integraal worden opgehoogd.			watertui n	Kreek- rug	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	<table><tr><td></td><td></td><td>Watertuin</td><td>Kreekrug</td></tr><tr><td>Vloerpeil</td><td></td><td>-5,4</td><td>-5,4</td></tr><tr><td>Tuinen en openbare ruimte</td><td></td><td>-6</td><td>-5,45</td></tr><tr><td>Wegpeil</td><td></td><td>-5,5</td><td>-5,5</td></tr><tr><td>Waterpeil</td><td></td><td>-6,2</td><td>-6,2</td></tr><tr><td>Max waterpeil</td><td>0.15</td><td>-6,05</td><td>-6,05</td></tr><tr><td>Min waterpeil</td><td>0.15</td><td>-6,35</td><td>-6,35</td></tr><tr><td>Drooglegging weg t.o.v. <u>gemwp</u></td><td></td><td>0,7</td><td>0,7</td></tr><tr><td>Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u></td><td></td><td>0,65</td><td>0,65</td></tr></table> Het uitgangspunt voor dit alternatief is minimaal ophogen, voor het aanleggen van wegen zijn innovatieve technieken nodig. Er zijn geen/waterdichte kruipruimtes op de Kreekrug.			Watertuin	Kreekrug	Vloerpeil		-5,4	-5,4	Tuinen en openbare ruimte		-6	-5,45	Wegpeil		-5,5	-5,5	Waterpeil		-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>		0,7	0,7	Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u>		0,65	0,65
			Water rtuin	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																																																																																																																																																					
		Water- tuin	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																																																																																																																																																					
		watertui n	Kreek- rug																																																																																																																																																					
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																																																																																																																																																					
		Watertuin	Kreekrug																																																																																																																																																					
Vloerpeil		-5,4	-5,4																																																																																																																																																					
Tuinen en openbare ruimte		-6	-5,45																																																																																																																																																					
Wegpeil		-5,5	-5,5																																																																																																																																																					
Waterpeil		-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>		0,7	0,7																																																																																																																																																					
Drooglegging woningen t.o.v. <u>maxwp</u>		0,65	0,65																																																																																																																																																					
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	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,	Zoals basisalternatief.																																																																																																																																																				

	verschillende vloerpeilen binnen de lintbebouwing te accommoderen. 		maar waarschijnlijk meer om de verschillende vloerpeilen van de huidige bebouwing te accommoderen. 	
Waterberging	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.	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.	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.	Zoals basisalternatief.
Waterkwaliteit / grondwater		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.	Door het hoge waterpeil wordt kwelwater zo veel mogelijk weggedrukt. Kwelwater is van slechte kwaliteit. Dit heeft een positief effect op de grondwaterkwaliteit.	Zoals basisalternatief.
Bestaande bebouwing	Groene Schakel is transformatiegebied, bestaande bebouwing aangepast of geamoveerd. Lintbebouwing blijft.	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.	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.	Zoals basisalternatief.
Bouwwijze	Traditionele bouw op Kreekrug op basis van ophogen met zand, in Watertuinen terp achtige constructies.	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.	Kreekrug traditioneel. Watertuinen drijvend. Geen tuinen alleen terrassen boven het water.	De Kreekrug wordt minimaal opgehoogd om een minimale drooglegging en ontwateringsdiepte te behalen. Hiervoor kunnen woningen bijvoorbeeld kruipruimte vrij of met een waterdichte kelder gebouwd worden. In de Watertuinen wordt lichtgewicht met hout gebouwd, op palen.

Vegetatie	Diverse vegetatie om robuustheid te vergroten.	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. Oevers worden veelal gemaaid om stroming voor afvoer en verdeling water te bevorderen.	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. 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.	Zoals basisalternatief
Overig		Vitale voorzieningen hoger aanleggen, ook evacuatieroutes. Om herstel te bevorderen.		

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)
- [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 0-1 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 0-1 Overzicht van de geohydrologische formaties en parameters

Bovenkant (m +NAP)	Onderkant (m +NAP)	Samenstelling	Formatie	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen* (m ² /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

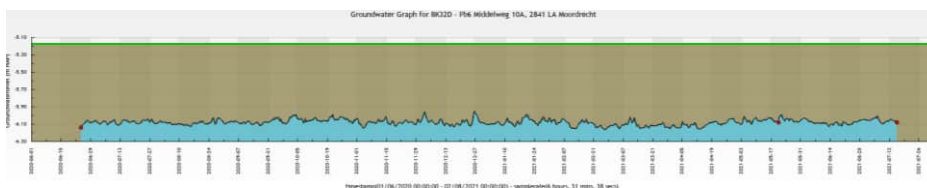
* op basis van REGIS II v2.2 gegevens

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 0-1: Meetreeks stijghoogte PB6 aan de Middelweg 10A

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

Oppervlaktewater

Er zijn meerdere oppervlaktewatergangen 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 grondwatertools 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 0-2 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/inzijging (+/-)
- 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 inzijging (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.

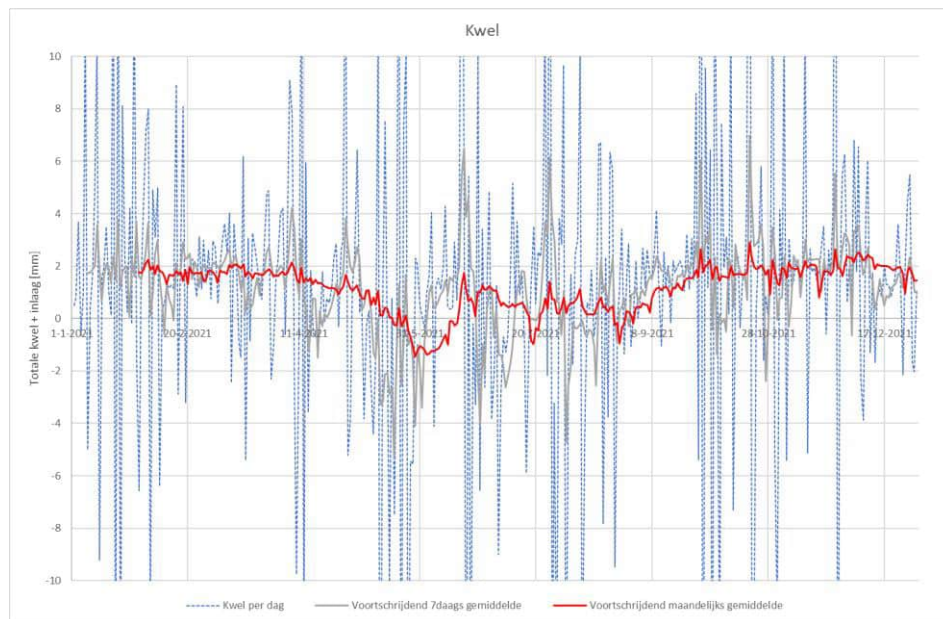
Stijghoogtekaarten

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 0-2 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 0-2 - 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
Neerslag	
Doel (omgevingsvisie): Hevige neerslag leidt niet tot schade aan infrastructuur, gebouwen, eigendommen of groen in de bebouwde omgeving.	
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>	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.
N2: In het plangebied treedt geen schade op aan bebouwing en voorzieningen bij extreem hevige neerslag (1/250 jaar, 90 mm/u).	In alle alternatieven wordt aan deze eis voldaan. De eis is meegenomen in de berekening voor oppervlaktewaterkwantiteit als neerslagscenario 1 (hoofdstuk 4.1).
Droogte	
Doel (omgevingsvisie): Langdurige droogte leidt niet tot verdroging of schade aan de bebouwde omgeving.	
D1: De inrichting van het plangebied is afgestemd op de verwachte grondwaterstanden en de zoetwaterbeschikbaarheid <i>Range: 20-100%</i>	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.
D2: In het plangebied wordt 50% (450 mm) van de jaarlijkse neerslag geïnfiltreerd.	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

	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.
Hitte	
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 Klimaatrobust 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
Bodemdaling	
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 Klimaatrobust 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.
Groenblauwe infrastructuur	
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

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

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, afhankelijk van de precieze inrichting met de 4^e tocht. Lokaal is dit een peilopzet van meer dan 1 meter.

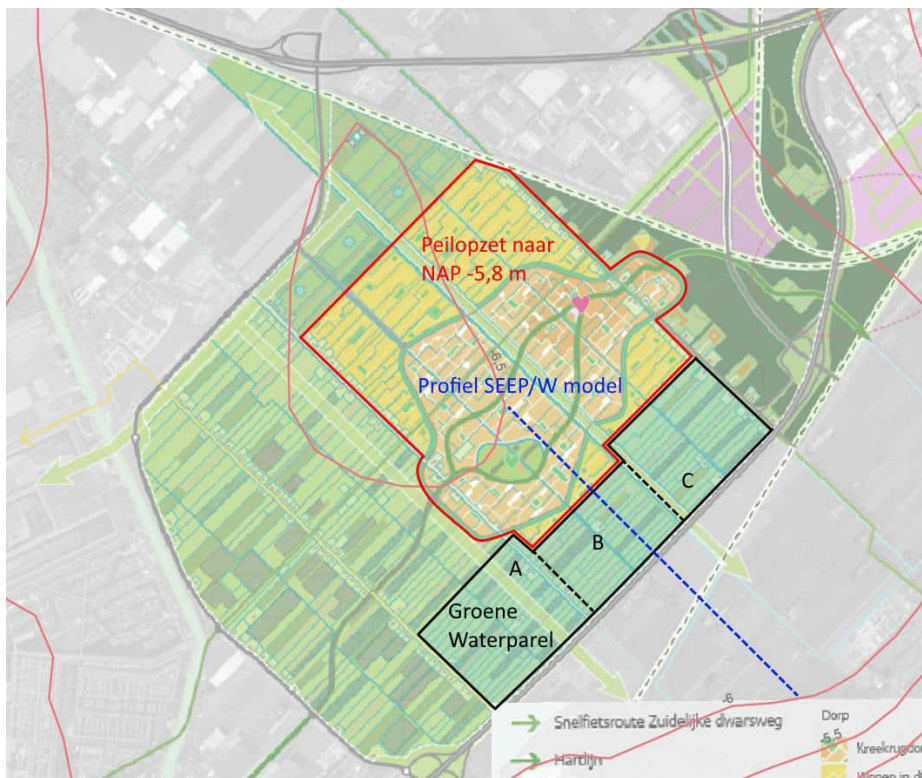
Naast het gebied met de peilopzet bevindt zich een gebied met hoge natuurwaarde genaamd de Groene Waterparel met een slootpeil variërend van NAP -6,62 m tot -5,87 m. Deze natuur is gevoelig voor kwel waarbij een toename van kwel een (mogelijk negatief) effect heeft op de natuur. Door de peilopzet bestaat de zorg dat de kwel toeneemt in de Groene Waterparel.

De Groene Waterparel is in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 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 Deel A is ten alle tijden sprake van kwel. In deel B en met name deel C is soms sprake van lichte wegzijging waar de slootpeilen relatief hoger zijn.

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 en lokaal afname van wegzijging 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 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is de ligging van de peilopzet en de Groene Waterparel (enkel ten noorden van de A20) weergegeven.



Figuur 0-1: Ligging peilopzet (rood) en de Groene Waterparel (zwart)

Huidige situatie

De Groene Waterparel is in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 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^e 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). Deze grootte bereik in de weerstand van de deklaag wordt veroorzaakt door het lokaal voorkomen van stroomruggen waar een deel van de deklaag lokaal is weg geërodeerd en dunner is. De weerstand van de deklaag is bij een stroomrug lager (500-1000 dagen) dan bij de afwezigheid van stroomruggen. In het rapport "Bodem, water en vegetatie in Groene Waterparel en Restveen" (Royal Haskoning, 17 december 2008) is dit inzichtelijk gemaakt.

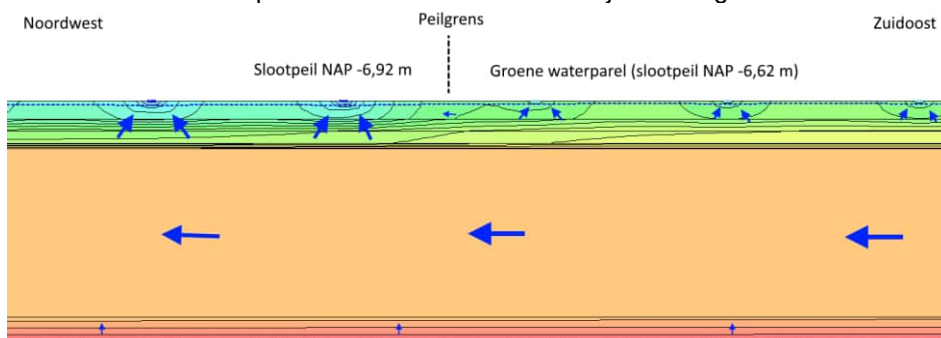
Het watervoerende pakket daaronder bestaat uit grof zand en is goed waterdoorlatend. Op NAP -42 m bevindt zich de eerste scheidende laag. In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** is een indicatieve bodemopbouw weergegeven op basis van de ondergrondmodellen GeoTOP v1.4 en REGIS II.

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	-

*Bij stroomruggen ligt de onderkant van de deklaag op circa NAP -10 m.

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 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 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 0-2: 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 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, waarbij de deklaag

een weerstand van 3200, 1600 en 800 dagen heeft gekregen, representatief voor een dikke tot dunne (stroomrug aanwezig) 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. Waar uit het ondergrondmodel blijkt dat de deklaag in de Groene Waterparel relatief dunner is door de aanwezigheid van een stroomrug, is 800 dagen een representatievere waarde.

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 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 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:
Weerstand deklaag: 800, 1600 en 3200 dagen

Doorlatendheid 1^e 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^e 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 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn hiervoor gecorrigeerd.

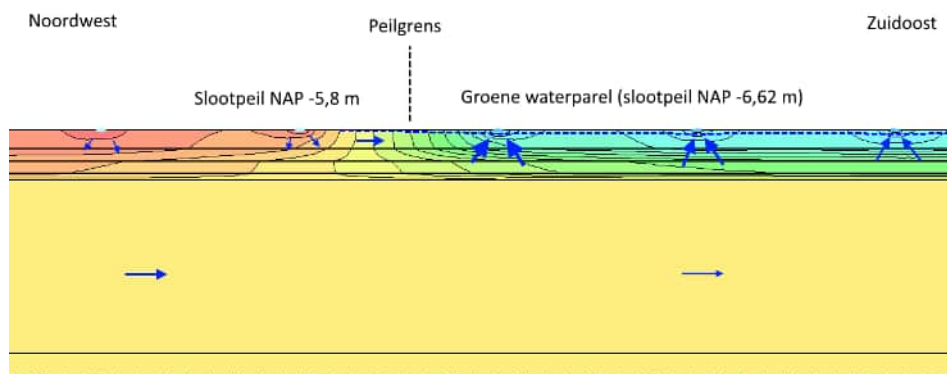
In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn de resultaten van de berekening weergegeven.

Tabel 5: Resultaten SEEP/W met betrekking tot kwel in de Groene Waterparel (Deel B) voor en na peilopzet.

Weerstand deklaag [dagen]	Afstand van peilopzet [m]	Kwel huidige situatie [mm/dag]	Kwel na peilopzet [mm/dag]	Toename kwel [mm/dag]
800	100	0,414	0,602	0,154*
	200	0,428	0,591	0,137*
	300	0,443	0,585	0,116*
1600	100	0,247	0,309	0,051*
	200	0,252	0,306	0,044*
	300	0,258	0,305	0,038*
3200	100	0,1420	0,1612	0,016*
	200	0,1435	0,1602	0,014*
	300	0,1459	0,1608	0,012*

*gecorrigeerd voor 2d vs 3d berekening met factor 0,82.

In **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** 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 0-3: 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 zoals verwacht een toename van kwel waargenomen in het model.

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 (Deel B). 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.

Hierbij dient vermeld te worden dat een kwelsloot (maatregel 3) in de zomer voor ongewenste extra verdroging kan zorgen.

Conclusie

De kwel in 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 0,01 tot 0,15 mm/dag. Dit is afhankelijk van de weerstand van de deklaag en de afstand van de peilopzet. De dikte van de deklaag is sterk bepalend voor het uiteindelijke effect van kwel, waarbij een dunne deklaag bij een stroomrug 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 deels een toename van kwel en deels een afname van wegzijging 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.