



Principekeuzes Waterhuishoudingsplan Middengebied Zuidplaspolder



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding	4
1.2 Doel van deze memo	4
1.3 Leeswijzer	4
2 Gewenste situatie	5
2.1 Doelen en eisen	5
3 Uitgangspunten modellering	7
3.1 Waterkwantiteit	7
3.1.1 Modelgebied en roosterkeuze	7
3.1.2 Gebruikte buien	9
3.1.3 Werking van de Noord-Zuid verbinding	10
3.1.4 Vergelijking SOBEK en 3Di model	10
3.1.5 Huidige situatie als uitgangspunt	10
3.2 Waterkwaliteit	11
3.2.1 Werking waterbalans	11
3.2.2 Werking stoffenbalans	12
3.2.3 Schematisering water- en stoffenbalans	12
4 Resultaten opgestelde varianten	17
4.1 Overzicht varianten	17
4.2 Variant 0: Voorkeursvariant Waterstructuurplan (WSP)	18
4.2.1 Waterkwantiteit in variant 0	19
4.2.2 Waterkwaliteit in variant 0	22
4.3 Variant 1: GREX-variant	28
4.3.1 Waterkwantiteit in variant 1	28
4.3.2 Waterkwaliteit in variant 1	29
4.4 Variant 2: Geen Noord-Zuidverbinding	32
4.4.1 Waterkwantiteit in variant 2	32
4.4.2 Waterkwaliteit in variant 2	33
4.5 Variant 3: 2,5 tocht	34
4.5.1 Waterkwantiteit in variant 3	34
4.5.2 Waterkwaliteit in variant 3	35
4.6 Variant 4: verhogen maaiveld en waterpeil met 0,25 m	36
4.6.1 Waterkwantiteit in variant 4	37
4.6.2 Waterkwaliteit in variant 4	38
4.7 Variant 5: verlagen van het maaiveld met 0,20 m	39
4.7.1 Waterkwantiteit in variant 5	40
4.7.2 Waterkwaliteit in variant 5	41
4.7.3 Waterkwaliteit in variant 5a	41
4.7.4 Waterkwaliteit in variant 5b	43
4.8 Variant 6: flexibel peil op 50 cm, één peilgebied	44
4.8.1 Waterkwantiteit in variant 6	44
4.8.2 Waterkwaliteit in variant 6	45
4.9 Effect overige maatregelen op de waterkwaliteit	45
4.9.1 Effect natuurvriendelijke oevers	45
4.9.2 Effect lozing decentrale zuivering	46



5	Beoordeling varianten	50
5.1	Beoordeling per thema	50
5.2	Beoordeling per variant	52
6	Conclusies en aanbevelingen.....	55
7	Bibliografie.....	58



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De gemeente Zuidplas is bezig met de ontwikkeling van het dorp Cortelande en bijbehorende bedrijventerreinen. Deze ontwikkeling vraagt om een goed werkend watersysteem en om een adequate inpassing in het bestaande watersysteem. Het eerder opgestelde Waterstructuurplan¹ biedt hiervoor al een basis. De gemeente Zuidplas heeft, samen met Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK), aan Nelen & Schuurmans en Witteveen+Bos gevraagd om het Waterstructuurplan uit te werken tot een Waterhuishoudingsplan. De provincie Zuid-Holland, het ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, het ministerie van Binnenlandse Zaken en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zijn hierbij actief bij betrokken.

1.2 Doel van deze memo

Deze memo gaat in op de principekeuzes die gemaakt moeten worden voor een goed watersysteem. Concreet gaat dit over onderwerpen als de waterpeilen, afvoerroutes, maaiveldhoogtes, inpassen van lintbebouwing, toepassing van nieuwe sanitatie en waterkwaliteit. Deze keuzes worden voorgelegd aan de Watertafel en vormen de basis voor een verder uitwerking in het waterhuishoudingsplan.

1.3 Leeswijzer

Om te bepalen wat een goed watersysteem is, hebben de gemeente en het waterschap eerst de doelen en eisen opgesteld voor het watersysteem. Deze doelen en eisen staan in hoofdstuk 2. Vervolgens heeft de projectgroep een aantal varianten opgesteld en modelmatig getoetst aan de eisen. De uitgangspunten voor de modellering staan in hoofdstuk 3. De varianten en de resultaten van de toetsing staan beschreven in hoofdstuk 4. De samenvatting en de beoordeling van de varianten staan in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 geeft de conclusies en aanbevelingen voor de te nemen keuzes.

¹ Witteveen+Bos, Waterstructuurplan Middengebied Zuidplaspolder, definitief, 1 september 2023



2 Gewenste situatie

2.1 Doelen en eisen

Om te bepalen waar de toekomstige situatie uiteindelijk aan moet voldoen, heeft de projectgroep onderstaande doelen en eisen opgesteld. Over de doelen heeft de projectgroep overeenstemming, maar over een aantal eisen bestaat nog verschil van inzicht tussen het hoogheemraadschap en de gemeente. Deze eisen zijn niet getoetst en worden uitgewerkt in parallelle trajecten voor waterveiligheid en voor bodemdaling. Eventuele keuzes in de parallelle trajecten kunnen invloed hebben op de uit te werken toekomstige situatie.

Tabel 1 Doelen en eisen toekomstige situatie Cortelande. In rood de onderdelen waar nog geen overeenstemming is tussen het hoogheemraadschap en de gemeente. De volledige tabel met toelichting, wettelijk kader en normerend kader is gepubliceerd als 2020250417ca_Doelen_Eisen_WHP_Middengebied.pdf

Thema	Doelen	Eisen
Water- kwantiteit	1. Voorkomen van schade door extreme neerslag (Vitaal en Kwetsbaar) Concreet betekent dit: geen water in panden én geen schade aan vitale infrastructuur. Voor assets van HHSK gaat het om (decentrale) zuiveringen, gemalen en automatische stuwten. 2. Niet afwentelen naar omliggende gebieden. Concreet betekent dit dat er geen verslechtering mag ontstaan in de wateroverlastsituatie voor het omliggende gebied (specifiek lintbebouwing).	1. Geen schade aan panden en vitale functies voor alle te ontwikkelen woongebieden en bedrijventerreinen bij a. Kortdurende bui: T=250 in 2100 (nu 90 mm in één uur) b. Langdurige bui: 200 mm in 48 uur c. Hoofdontsluitingswegen (T=100) en erfwegen en openbare ruimte (T=10 met 5% maaiveldcriterium) 2. Geen verslechtering kans op wateroverlast bij bestaande (lint-)bebouwing bij bovenstaande buien. 3. KWI-Bos, Waterparel, Waterschakel voldoen aan 1:10 (5% maaiveldcriterium) of minder als functie het toelaat. Energielandschap 1:10 geen inundatie en 1:250 geen uitval vitale infra.
Beheer- baarheid water- systeem	Een robuust(er) en duurzaam watersysteem	Voorkomen versnippering watersysteem door onderbemalingen lintbebouwing
Watervei- ligheid	Voorkomen van slachtoffers als gevolg van een dijkdoorbraak	Waterschap: drooghouden eerste verdieping, tenzij per woning een andere manier van evacuatie geborgd is, uitgangspunt: scenario 1,5 m zeespiegelstijging.
Bodem- daling	Afwenteling voorkomen	1. Gemeente: restzetting bij ophoging voorkomen van 20 cm in 30 jaar (streefwaarde 10 cm). Dit komt direct uit de NvU. 2. Waterschap: het opnemen van maatregelen over 60 jaar (levensduur). Direct vanuit PvE Convenant.
Afvalwa- terketen	Een circulaire waterketen met als subdoelen herwinnen grondstoffen, energie- en (drink)waterbesparing;	1. Woningen: gescheiden aanbieden van zwart (toilet) en grijs (douche, gootsteen, wasmachine) water 2. Drinkwater beperken tot 100 l/persoon/dag 3. Gescheiden aanbieden van afvalwaterstromen van het bedrijventerrein. Denk hierbij ook aan water afkomstig van verharde oppervlakken (vervuld met bandenresten en olie van vrachtwagens) → Dit vraagt nog nadere uitwerking om tot een kwantitatieve eis te komen
Water- kwaliteit	Een veerkrachtig en robuust watersysteem. • Vanuit ecologie: helder en plantenrijk water • Vanuit bewoners: geen waterkwaliteitsproblemen, water vergroot de recreatie- en belevingswaarde	1. Voor de geïsoleerde delen van het watersysteem komt de belasting van voedselrijk water onder de kritische belasting. Dit zijn Kreekdorp, Watertuinen en <u>mogelijk</u> energie landschap en 4^e Tocht) 2. Onderbouwing inrichting conform methodiek ecologische sleutelfactoren (ESF) als leidraad voor ontwerp; 3. Goede waterkwaliteit Groene Waterparel behouden 4. Koning Willem I Bos en bedrijventerreinen blijven aangesloten op poldersysteem. Hier ten minste geen verslechtering (KRW) en door inrichting en onderhoudsmaatregelen waterkwaliteitsproblemen voorkomen en waterkwaliteit waar mogelijk verbeteren.



Te weinig water	1. Zo weinig mogelijk waterinlaat (voor een robuust watersysteem) 2. Kwetsbaarheid voor droogte verminderen	Waterkwaliteitsdoelen zijn leidend voor het bepalen van de inlaathoeveelheid. Aanvullend wordt onderzocht wat de impact van de uiteindelijke keuze is op de ambitie om te streven naar een zelfvoorzienend watersysteem.
Biodiversiteit	1. Het versterken van het leefgebied voor specifieke doelsoorten (nog nader te bepalen welke doelsoorten dit zijn in welk gedeelte van het Middengebied) 2. Het laten aansluiten van Voor de Groene Waterparel onderzoeken en concretiseren welke mitigerende maatregelen genomen dienen te worden, in het bestemmingsplan staan voorbeelden van mitigerende maatregelen die mogelijk genomen dienen te worden om de Groene waterparel te beschermen.	1. Nog onduidelijk welke doelsoorten voor dit gebied leidend zijn. Wanneer hier meer info is: afstemmen inrichting en beheer oevers en water. 2. Het bosgebied: houd rekening met bladval, schaduw en onderhoud. Zoveel mogelijk inrichten als een moeras ene waterparel: huidige waterkwaliteit behouden



3 Uitgangspunten modellering

3.1 Waterkwantiteit

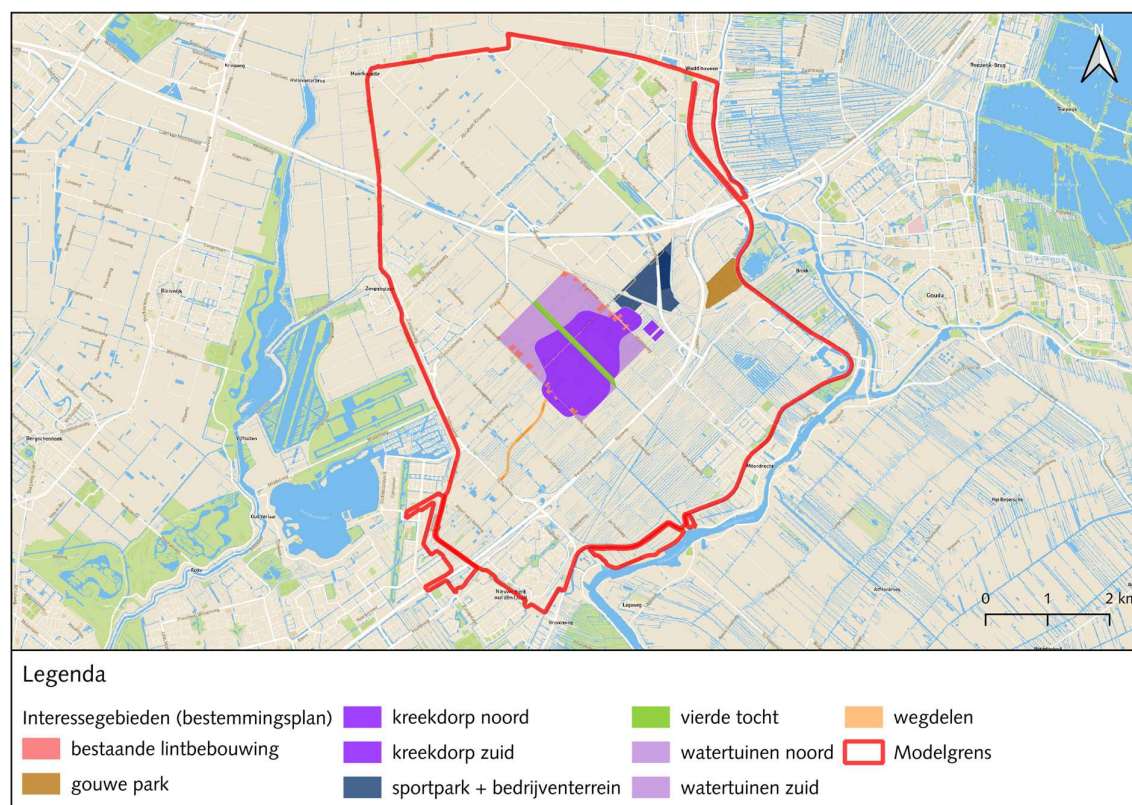
HHSK heeft al eerder een SOBEK-model opgezet voor de watersysteemanalyse². Dit model bestaat uit een bakjesmodel voor de neerslag-afvoer en een 1-dimensionaal model voor de stroming door waterlopen. Nelen & Schuurmans heeft het 1-dimensionale model omgezet naar 3Di en voorzien van een 2D-model om de afstroming over maaiveld te simuleren.

De 1D-component van 3Di gebruikt dezelfde modelconcepten als SOBEK. De 2D-component in 3Di beschrijft stroming over maaiveld via een ruimtelijk verdeeld raster en niet samengevat als bakje. Op basis van gegevens over hoogte, bodem en landgebruik wordt infiltratie en weerstand bij stroming over maaiveld berekend. Het water wisselt in beide richtingen uit tussen de 2D-maaiveldcomponent en de 1D-component voor oppervlaktewater.

De uitgangsituatie voor de extreme situatie is een zomersituatie met een hoog zomerpeil. Het model wordt belast met een bui van 90mm in een uur uit de opgestelde Doelen- en eisentabel.

3.1.1 Modelgebied en roosterkeuze

Het plangebied maakt onderdeel uit van de Zuidplaspolder. De Zuidplaspolder is een zeer complex gebied met veel peilgebieden die met elkaar verweven zijn. Bovendien kan het noorden van de Zuidplaspolder (boven de A12) uitwisselen met het zuiden. Het opgestelde 3Di-model omvat daarom de hele Zuidplaspolder. Het gemodelleerde gebied is weergegeven in Figuur 1.

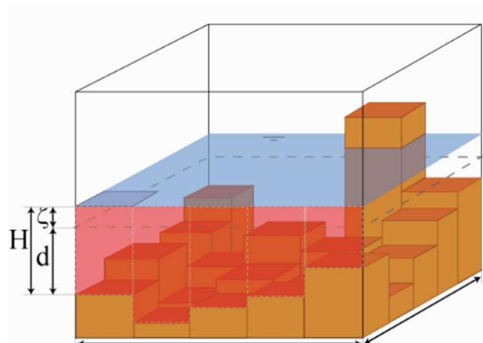


Figuur 1. Het gemodelleerde gebied met in het midden de verdeling van interessegebieden volgens het bestemmingsplan.

² HHSK, Rapportage WSA ZPP, concept, ongedateerd

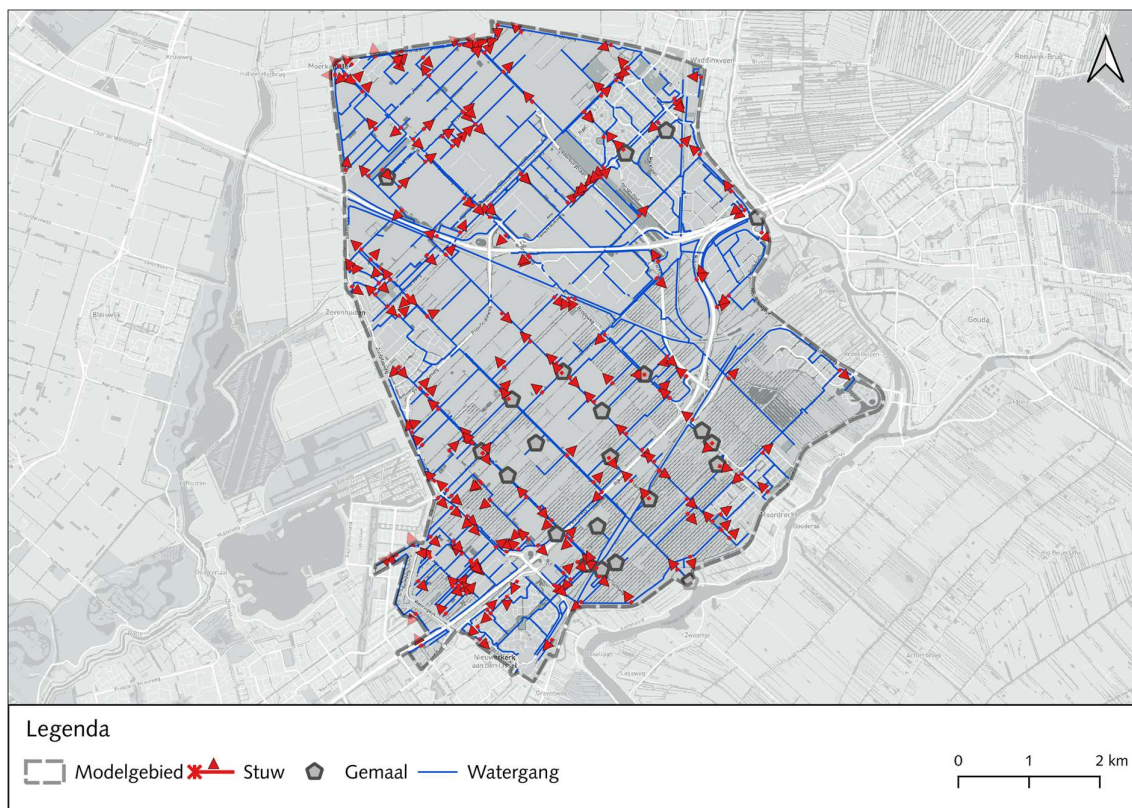


3Di rekt met een roosterstructuur. Voor iedere cel in het rekenrooster worden volumes en waterstanden uitgerekend. Het basisrooster bestaat uit rekencellen van 40x40 meter, maar rondom de watergangen, peilgrenzen en interessegebieden is het rooster verkleind tot 10x10 meter. De subgridtechniek zorgt ervoor dat de informatie van het maaiveld meegenomen wordt in de berekeningen en brengt de resultaten terug naar een grid van 0,5x0,5 meter (resolutie van het maaiveld), dit is schematisch weergegeven in Figuur 2. Verdamping is niet meegenomen in de analyse, omdat dit effect bij kortdurende buien verwaarloosbaar is.

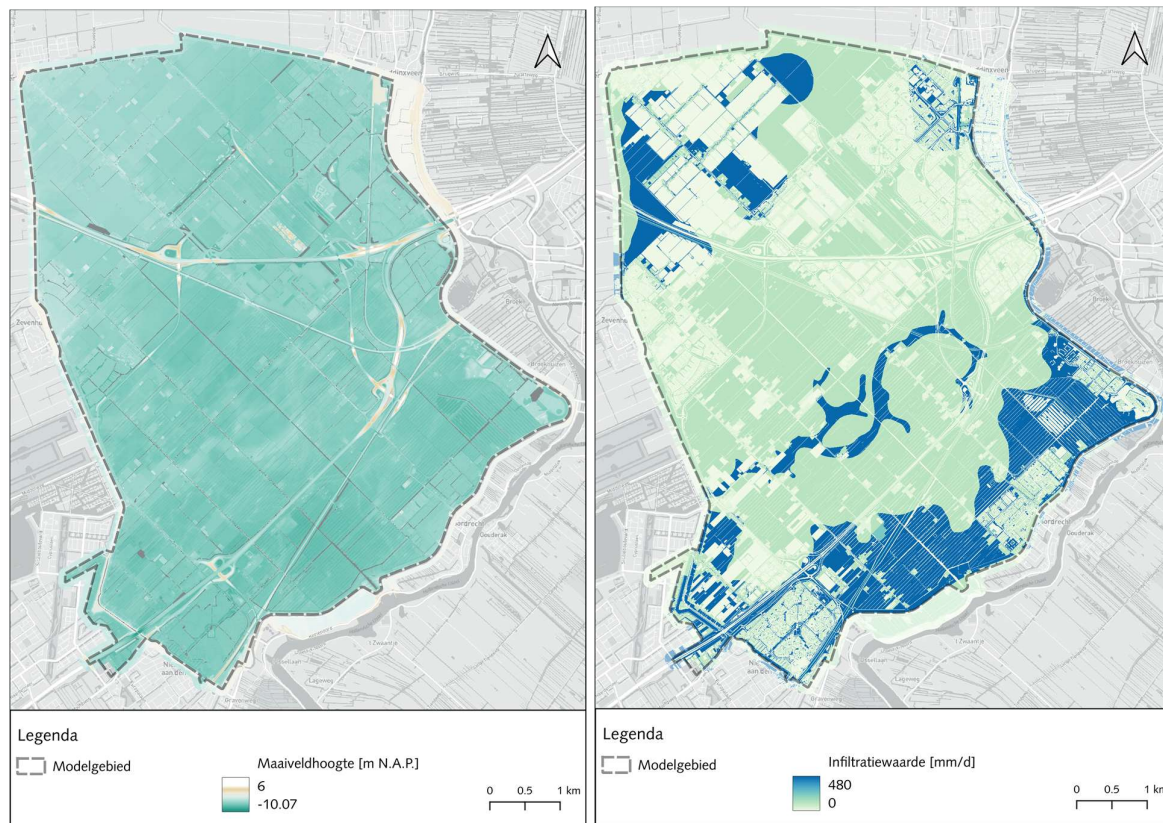


Figuur 2 Visualisatie van de subgridtechniek. De waterniveaus worden op een 10x10 grid uitgerekend, de dieptes ten opzichte van het maaiveld zijn op de resolutie van het maaiveld (0,5x0,5 meter) uitgerekend.

De dimensies van het oppervlaktewater en de kunstwerken zijn direct overgenomen vanuit het SOBEK-model van het hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard (HHSK) dat opgesteld is voor de watersysteemanalyses, zie Figuur 3. Verder is de complexe sturing die in het SOBEK-model zit ook overgenomen in 3Di. De waterpeilen in de watergangen zijn overgenomen vanuit de praktijkpeilgebieden die aangeleverd zijn door HHSK. De initiële waterstanden bestaan uit de bovenpeilen, om een extreme situatie in de zomer te simuleren.



Figuur 3 1D-schematisatie van het oppervlaktewater met watergangen, stuwen en gemalen. Dit is een-op-een overgenomen vanuit het SOBEK-model van HHSK.

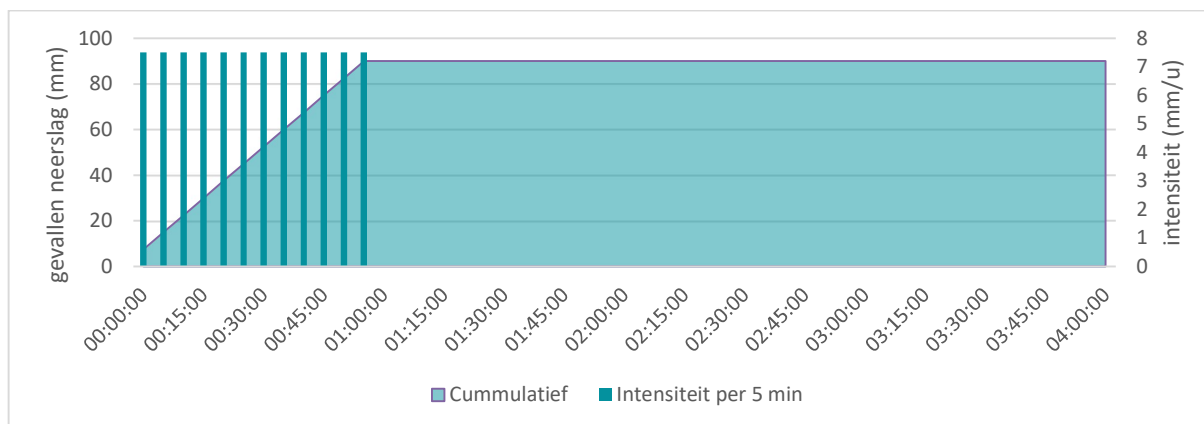


Figuur 4 2D Schematisaties van de maaiveldhoogte (links) en de infiltratiewaarde (rechts) in 3Di.

De inloop in 3Di vindt plaats via afstroming van het maaiveld. De hoogte van het maaiveld komt uit het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN5). De infiltratiewaarden zijn afgeleid uit de bodemkaart (BOFEK 2016) en de landgebruikskaart (vanuit de BGT 2025). De infiltratiewaarde zorgt ervoor dat het een deel van de bui opgenomen wordt door de ondergrond. Dit deel draagt niet bij aan de afstroming via maaiveld.

3.1.2 Gebruikte buien

Voor deze studie wordt het model belast met een extreme klimaatbui van 90 mm in één uur. Deze bui is afkomstig uit het Convenant Klimaatadaptief Bouwen van de provincie Zuid-Holland. De 90 mm bui is een blokbui zonder een verloop in de tijd. Na de bui loopt het model nog 3 uur droog door om inzicht te krijgen in de afstroming. Daarnaast is de gebeurtenis van 200 mm in 48 uur gebruikt voor het maken van een volumebalans voor het te ontwikkelen stedelijk gebied.



Figuur 5 Gemodelleerde 90 mm bui. Intensiteit per 5 minuten en cumulatief weergegeven.

3.1.3 Werking van de Noord-Zuid verbinding

De Noord-Zuid verbinding staat in werkelijkheid bij zeer extreme neerslag dicht omdat er in het zuidelijk deel geen ruimte is om water af te voeren. Dit bleek ook bij bestudering van de sturing in SOBEK en in gesprekken met de specialisten van HHSK. De Noord-Zuidverbinding staat alleen open in de situatie waarbij in het noorden veel neerslag gevallen is en in het zuiden er waterberging en pompcapaciteit over is om het water naar het zuiden af te voeren. De gemodelleerde 90 mm bui valt uniform over het hele gebied. Hier is dus geen onderscheid tussen de belasting van het noorden of het zuiden en wordt de Noord-Zuidverbinding hooguit een lange tijd na de bui ingezet. Als de Noord-Zuid verbinding niet open staat, slaat het gemaal Vierde Tocht ook niet aan.

3.1.4 Vergelijking SOBEK en 3Di model

Bij de hevige en kortdurende bui van 90mm in een uur speelt de directe maaiveldstroming de belangrijkste rol. Dit is ook terug te zien in de resultaten uit het onverhard (en verhard) gebied in SOBEK en 3Di. Daarnaast is er een kleine hoeveelheid infiltratie in het onverhard gebied, maar transport van water door de ondergrond speelt op deze tijdschaal geen grote rol.

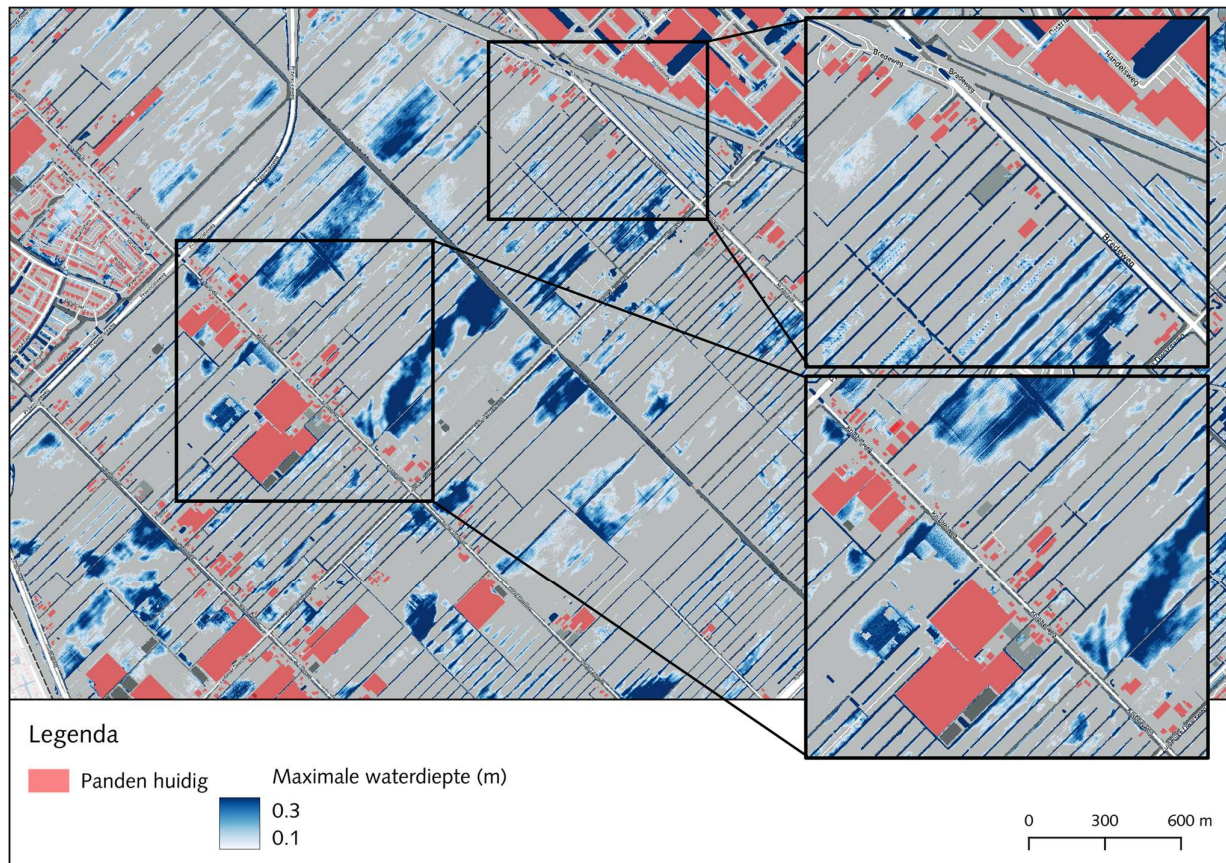
De waterstanden in het 3Di model reageren sneller en heviger op de neerslag dan in SOBEK. In SOBEK zijn de waterstanden 3 uur na de bui nog maar beperkt gestegen. Om de modelresultaten van 3Di op de SOBEK-resultaten te krijgen is er een erg hoge afvoertraging nodig. Hier is niet voor gekozen, omdat het SOBEK-model niet bedoeld is voor de analyse van een kortdurende hevige bui zoals de 90 mm gebeurtenis en hier ook niet op gekalibreerd is.

Het 3Di model geeft voldoende zicht op de optredende waterstanden in de nieuwe gebieden en geeft vergelijkend inzicht in het effect dat de aanleg van de nieuwe gebieden op de waterstanden in de omgeving heeft. De vergelijking is besproken met gemeente en HHSK en de resultaten worden door beide partijen als passend ervaren voor het doel van deze rapportage. Voor een nadere uitwerking van en toetsing van het systeem is een kalibratie en validatie met werkelijk opgetreden neerslag wel gewenst.

3.1.5 Huidige situatie als uitgangspunt

De resultaten voor waterkwantiteit worden gepresenteerd als waterdieptekaarten en waterdiepteverschilkaarten ten opzichte van de huidige situatie. Voor de volledigheid is de waterdieptekaart voor de huidige situatie met 90 mm neerslag hieronder weergegeven, inclusief de twee meest kwetsbare locaties bij de lintbebouwing. De beoordeling van de varianten richt zich op een eventuele verslechtering op deze locaties. Aan de zuidwestkant is relatief veel bebouwing en een klein profiel van de Knibbelweg/3^e Tocht. In het weiland staat in de huidige situatie in deze zone veel water op maaiveld. Na het ophogen zal dit water ergens naartoe moeten. Dit kan mogelijk negatieve effecten geven voor de bebouwing. In minder mate is dit het geval aan de noordoostkant. In de huidige situatie is hier nog niet veel wateroverlast, maar de hoek waar de Bredeweg versmald doorloopt, is in het nieuwe

ontwerp ingesloten tussen Watertuinen, Dorp en Energielandschap. Water wat hier via de Bredeweg terecht komt, kan in dat geval minder goed wegstromen.



Figuur 6 Waterdieptekaart voor de huidige situatie met een bui van 90 mm in een uur. Er is ingezoomd op de twee belangrijkste kwetsbare locaties voor lintbebouwing.

3.2 Waterkwaliteit

3.2.1 Werking waterbalans

Om inzicht te krijgen in de waterkwaliteit in het gebied, is het van belang om te kijken welke waterbronnen bepalend zijn voor de waterkwaliteit. Voor de analyse van de varianten is daarom gebruik gemaakt van water- en stoffenbalansen. Deze methode is toegelicht in een publicatie door STOWA (Tamis, Schep, & van Dijk, 2018) en is door Witteveen+Bos verder uitgebreid, o.a. met dynamisch grondwaterpeil.

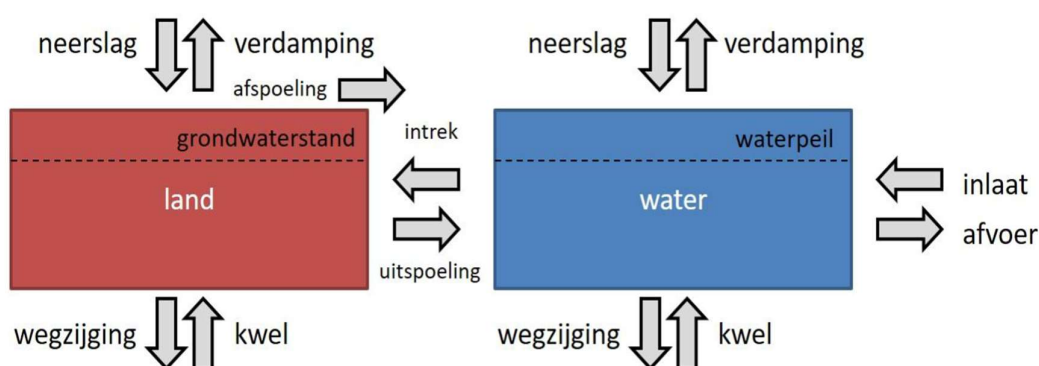
De waterbalans geeft een overzicht van alle ingaande en uitgaande waterstromen in het watersysteem. Dit wordt gemodelleerd als een bakjesmodel met een landbakje en een waterbakje (Figuur 4) waarvoor de grondwaterstand (landbakje) het peil (waterbakje) op dagbasis wordt berekend. De verschillende ingaande en uitgaande stromen dragen hieraan bij. Op basis van kenmerken van het watersysteem en weerreeksen van het KNMI kunnen de volgende ingaande en uitgaande waterstromen worden berekend:

- › Ingaande waterstromen:
 - directe neerslag op het waterlichaam;
 - afstromend en uitspoelend water van onverhard terrein;
 - afstromend hemelwater van verhardingen zoals wegen of daken;



- inlaat benodigd om het waterpeil in droge perioden op peil te houden. In dit geval wordt uitgegaan van flexibel peilbeheer. Water wordt pas ingelaten wanneer de waterstand de onderkant van de bandbreedte heeft bereikt;
- › Uitgaande waterstromen:
 - verdamping van het land (referentiegewasverdamping) en open water;
 - intrek van het oppervlaktewater naar het grondwater in de percelen;
 - afvoer: wanneer de maximale waterstand binnen de bandbreedte van het flexibel peil is bereikt, wordt water uitgelaten.

Verder kan kwel of wegzijging aan beide bakjes worden toegevoegd. Ook kan toestroming vanaf aangrenzende peilgebieden worden toegevoegd, bijvoorbeeld op basis van debietmetingen bij een stuw of gemaal, of door verschillende waterbalansen aan elkaar te koppelen. In deze studie is de afvoer vanuit het noordwestelijk kassengebied op basis van debietmetingen toegevoegd, en zijn de balansen van de verschillende gebieden aan elkaar gekoppeld.



Figuur 4 Schematische weergave van de balansbakjes en waterstromen in een waterbalans (Tamis, Schep, & van Dijk, 2018)

3.2.2 Werking stoffenbalans

Nadat de waterbalans is opgesteld wordt daaraan een stoffenbalans gekoppeld. Hiervoor wordt aan elke waterstroom een fosforconcentratie gekoppeld. Hiermee is enerzijds de P-belasting van ieder peilgebied berekend (uitgedrukt in mg P/m² water/dag) en anderzijds op basis van de 'mengverhouding' van alle bronnen de gemiddelde P-concentratie. De berekende P-concentratie wordt vermenigvuldigd met een geschatte retentie in het gebied om zo te dienen als invoer voor de volgende balans.

De berekende P-belasting uit de waterbalans is vervolgens getoetst aan de kritische belasting. De kritische belasting is de waarde waaronder nog een helder watersysteem met een diverse onderwatervegetatie te verwachten is en waarboven een troebel watersysteem met veel kroos of algen wordt verwacht. De kritische belasting is berekend met PCDitch: een ecologisch model dat onder andere processen als primaire productie en de uitwisseling van stoffen simuleert tussen verschillende biotische en abiotische componenten. Belangrijke invoerparameters in dit model zijn de kenmerken van het watersysteem zoals het bodemtype, de gemiddelde waterdiepte en de mate van doorstroming.

3.2.3 Schematisering water- en stoffenbalans

De water- en stoffenbalans is doorgerekend voor de varianten die zijn beschreven in Tabel 6. Variant 0 is hierbij de voorkeursvariant uit het waterstructuurplan (WSP). Toch zijn de resultaten van het WSP en de voorliggende studie niet één op één vergelijkbaar. Dit komt omdat het Energielandschap en de vierde tocht in deze studie als twee aparte "waterbakjes" zijn gemodelleerd, terwijl deze in het WSP samen als een bakje fungeerden. Een splitsing van de twee gebieden in de modellering doet meer recht aan de verschillende watersystemen (Watertuinen/Dorp, Energielandschap, 4^e tocht) die in de gebieden worden gehanteerd. Bovendien was in het WSP geen rekening gehouden met inundatie van het



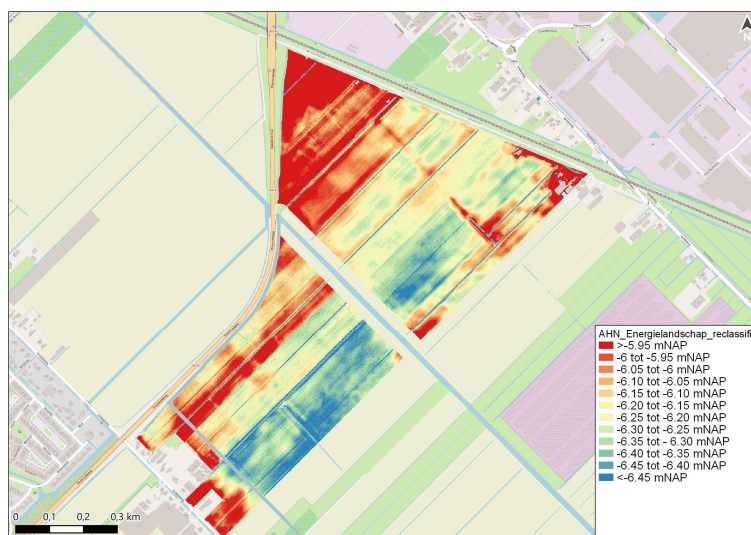
Energielandschap. Ook dat is aan deze studie toegevoegd. De schematisering voor de individuele varianten wordt per variant weergegeven in hoofdstuk 4.

Voor de water- en stoffenbalans is de toekomstige verdeling tussen de oppervlakken verhard, onverhard terrein en het wateroppervlak een belangrijk gegeven. Op basis van het Cascoplan en het bestemmingsplan is de volgende inschatting gemaakt.

Tabel 2 Uitgangspunten oppervlaktes waterbalans.

Peilvak	oppervlaktes [m ²]	oppervlakteverdeling [%]		
		water	verhard	onverhard
	totale oppervlakte			
Vijfde Dorp en Watertuinen	2.944.878	13	47	40
Energielandschap	682.892	9	40	52
Vierde Tocht	226.781	29	14	58
3e Tocht, incl afwaterend gebied	1.440.090	7	19	74
2.5e Tocht	194.012	32.7	3.4	63.9

In alle varianten ligt het maximum waterpeil in het Energielandschap hoger dan een aanzienlijk deel van het maaiveld (zie Figuur 7). Door neerslag in het gebied wordt het maximumpeil een groot deel van het jaar bereikt. Dit betekent dat het Energielandschap vaak voor een groot percentage geïnundeerd zal zijn. Het percentage inundatie verschilt tussen de verschillende varianten en door het jaar heen. De variatie tussen verschillende varianten is meegenomen door het oppervlak open water te variëren, waarbij een gemiddeld percentage open water voor het hele jaar is gehanteerd. Deze percentages zijn weergegeven in Tabel 3.



Figuur 7 De maaiveldhoogte in het Energielandschap ligt voor een groot deel onder het (maximum)peil in de verschillende varianten.



Tabel 3 Verdeling percentage open water, verhard en onverhard in het Energielandschap voor de verschillende varianten.

Variant	totale oppervlakte	water	verhard	onverhard
	m ²	%	%	%
variant 0, 2, 3, 4, 5,	682.892	80	15	5
variant 1	682.892	52	15	33
variant 6	682.892	65	15	20

Door de landbouwhistorie van het gebied wordt verwacht dat de bodem relatief hoge concentraties nutriënten bevat. Deze nutriënten kunnen in het oppervlaktewater terecht komen via nalevering vanuit de bodem van het geïnundeerde oppervlak en vanuit uitspoeling (via onverhard oppervlak dat niet geïnundeerd is). De bijdrage vanuit uitspoeling kan worden gekwantificeerd aan de hand van concentraties in het uitspoelende water. Deze concentraties zijn afgeleid uit het LWKM (Groenendijk & Renaud, 2024). De P-nalevering vanuit de geïnundeerde waterbodem is geschat op een belasting van 3,5 mg/m²/d, op basis van een dataset van nalevering uit verschillende waterbodems (Smolders, van Mullekom, Tomassen, & Westendorp). Belangrijk om te noemen is dat nalevering in het Energielandschap waarschijnlijk een belangrijke rol speelt, maar dat de grootte ervan zeer onzeker is. Om hier een betere inschatting van te kunnen maken zijn bodemmetingen noodzakelijk. Voor alle varianten geldt dat een onzekerheid van 50% voor deze post realistisch is.

Uitgangspunten waterstromen

Voor de invoer van de waterbalans zijn debieten en de waterkwaliteit afgeleid van verschillende bronnen (Tabel 4). Waar mogelijk zijn metingen of meetreeksen gebruikt, anders is uitgegaan van kentallen of een schatting.

Tabel 4 Uitgangspunten waterstromen

Term waterbalans	Debiet	Kwaliteit (P-concentratie)	P-concentratie
Neerslag	KNMI Rotterdam	RIVM	0,0016 mg/l
Verdamping	KNMI Rotterdam	-	
Kwel	Darcy	Grondwatermetingen Westergouwe	2,0 mg/l
Uit- en afspoeling	Waterbalans	LKWM – WENR*	0,92***
Afstroming verhard oppervlak	Waterbalans	RIONED 2009	0,26 mgP/l
Inlaat	Berekende watervraag waterbalans	Metingen waterschap Ringvaart, MP S_0060	Reeks metingen



Inlaat Noordwestelijk gebied	Gemeten debiet stuw KST-157	Metingen waterschap, MP S_0639	0,7 mg/l
Uitlaat	Waterbalans (peilmarges)	Berekende mengconcentratie x geschatte retentie**	afhankelijk van peilvak

* Gebaseerd op LWKM voor regio's, in het dorp gehalveerd door ophoging zand
 ** De geschatte retentie ligt tussen de 40% - 50% afhankelijk van debieten en P-belasting
 *** Voor het Dorp/Watertuinen is dit gehalveerd vanwege de ophoging met zand waardoor een aanzienlijk betere kwaliteit wordt verwacht

Uitgangspunten kwel/infiltratie

De kwelflux is berekend aan de hand van de methode van Darcy. Hiervoor zijn de volgende uitgangspunten aangehouden. In principe is met de "stijghoogte referentie" gerekend. De verschillen in de weerstand van de waterbodem zijn een inschatting op basis van:

- Vijfde Dorp / Watertuinen: Hier wordt behoorlijk opgehoogd. Watergangen snijden maar beperkt in in het bestaande klei/veen pakket;
- Bij nieuwe watergangen voor het Energielandschap en de 3^e en 2,5^e Tocht zal gegraven worden in de bestaande deklaag. Dit zorgt voor een lagere weerstand;
- Voor de 4^e Tocht is bekend dat er wellen zijn. Hierdoor is de weerstand hier het lager.

De minimum- en maximum stijghoogtes zijn gebruikt voor een gevoeligheidsanalyse van de grondwaterstand op de waterkwaliteit.

Tabel 5 Geohydrologische kenmerken en parameters

	Weerstand perceel	Weerstand waterbodem	Stijghoogte referentie *	Stijghoogte minimum *
Vijfde Dorp en Watertuinen	1000 dagen	1000 dagen	-5,9 mNAP	-6,1 mNAP
Energielandschap	1000 dagen	500 dagen	-5,9 mNAP	-6,1 mNAP
Vierde Tocht	1000 dagen	200 dagen	-5,9 m NAP	-6,1 mNAP
3e Tocht	1000 dagen	500 dagen	-5,9 mNAP	-6,1 mNAP
2.5e Tocht	1000 dagen	500 dagen	-5,9 mNAP	-6,1 mNAP

* Op basis van de gecorrigeerde stijghoogtemetingen zoals doorgegeven op 14 mei 2025 is de gemeten referentie stijghoogte in het gebied ongeveer NAP -6,1 m (zie ook bijlage I). Om rekening te houden met een toekomstige stijging van het grondwater is een referentiestijghoogte van NAP -5,9 m, hiermee wordt dus al geanticipeerd op hogere stijghoogten. Voor het noordelijke deel van het Middengebied



(bedrijventerrein, Koning Willem I bos) gelden hogere waarden voor de stijghoogte, tot NAP -5,7 m in het noordoosten van het plangebied.

Vergelijking met waterbalans KWR - februari 2023

In 2023 heeft KWR in opdracht van het Hoogheemraadschap een waterbalans opgesteld om een inschatting te maken van de gewenste peilfluctuaties. Op hoofdlijnen is beschouwd op welke punten deze balansen overeenkomen en verschillen:

- a. Verdeling oppervlakken water, verhard en onverhard. In beide balansen is het wateroppervlak gelijk. In de KWR-balansen is **uitgegaan van meer onverhard oppervlak en minder verhard oppervlak (verschil ca. 10 ha)**. Dit betekent dat er in de KWR-balansen 's zomers meer verdamping is.
- b. De waterbalans voor verhard en water zijn (ongeveer) gelijk
- c. Voor onverhard oppervlak zijn er wel verschillen. Door KWR is de aangenomen dat vochttekort door verdamping van vegetatie volledig kan worden aangevuld door oppervlaktewater (door infiltratie in de bodem/oevers). Dit betekent dat in de KWR-balans de werkelijke verdamping gelijk is gesteld aan de referentie verdamping, terwijl in de praktijk verschillen optreden. In de Stowa-balans die nu is toegepast, is er een reductiefactor omdat toestroming via de bodem maar beperkt plaats vindt en in de praktijk grondwaterstanden in droge perioden dalen tot onder het niveau van het oppervlaktewater. In de nu gepresenteerde balansen is er daardoor een verschil tussen de werkelijk berekende verdamping en de referentie verdamping. Door het verschil in benadering is de post "onverhard" in de KWR-waterbalans lager;
- d. In deze balansen is rekening gehouden met kwel en infiltratie. Door KWR niet. Overigens zijn bij de gekozen waterpeilen de kwel en infiltratie beperkt;
- e. In de KWR-balansen is rekening gehouden met klimaatverandering, net als bij de berekeningen bij het Waterstructuurplan (alleen is net wel voor een ander scenario geselecteerd). In de nu gepresenteerde balansen is uitgegaan van het huidige klimaat.

Bovenstaande verschillen zijn ook terug te vinden in de resultaten. De behoefte aan inlaatwater is volgens de KWR-balansen aanzienlijk hoger (ca. 15%) terwijl in het WSP een inlaatbehoefte was berekend van 6% (toekomstig klimaat; en in dit rapport, voor het huidige klimaat 2,5%). Voor de bepaling van de inlaatbehoefte is de KWR-benadering dus ongunstiger.

Voor de waterkwaliteit is het omgekeerde het geval. De KWR-benadering zorgt voor minder belasting vanaf onverhard gebied en geeft daardoor een positiever beeld van de waterkwaliteit. De hier gehanteerde benadering is juist de worst case.



4 Resultaten opgestelde varianten

4.1 Overzicht varianten

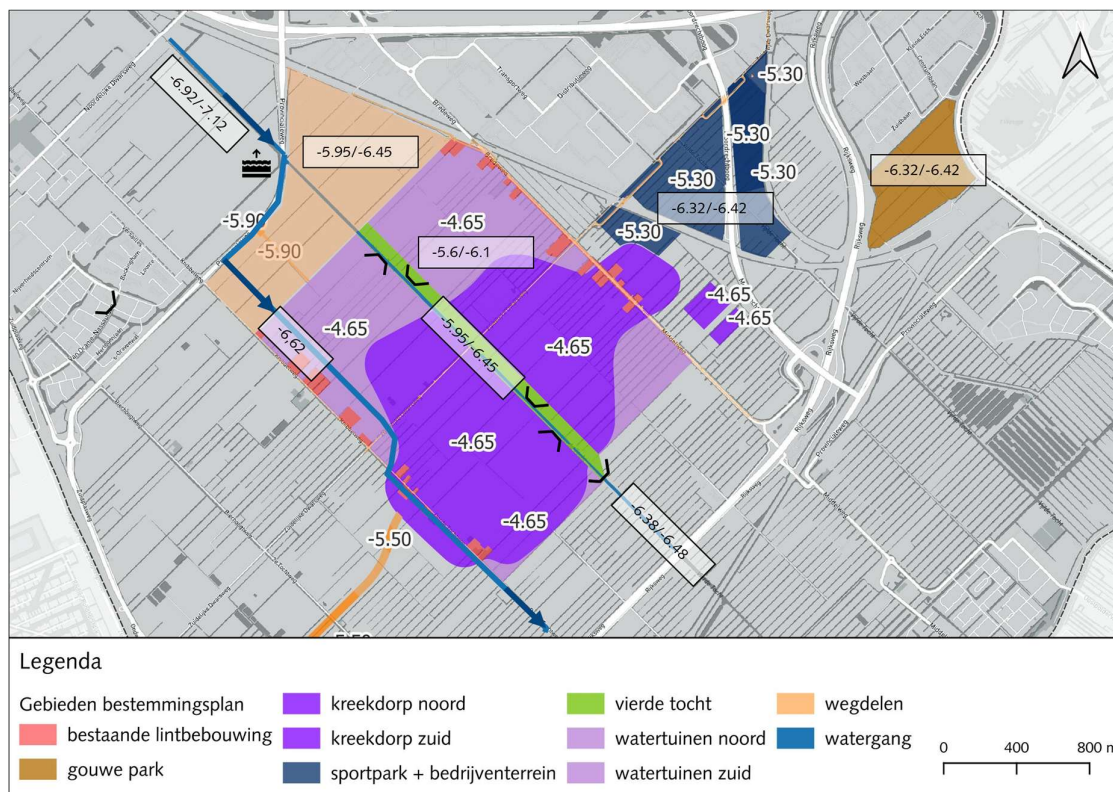
Tijdens een twee sessies heeft de projectgroep varianten opgesteld om de eisen voor het watersysteem te behalen. Belangrijke punten daarbij waren het behalen van een goede waterkwaliteit in de 4e tocht, het vasthouden van water en het vereenvoudigen van het watersysteem. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de varianten. In de omschrijving staan de wijzigingen van de varianten ten opzichte van de basisvariant 0 (Voorkeursvariant WSP).

Tabel 6 Overzicht van de varianten inclusief nummer, omschrijving en doel.

Nr	Naam	Omschrijving	Doel
0	Voorkeursvariant WSP	Voorkeursvariant Waterstructuurplan. Waterpeil Dorp en Watertuinen op – 5,6/-6,1 mNAP, Energielandschap en 4e tocht op –5,95/-6,45 mNAP. Omleiding Noord-Zuid via Derde tocht.	Tegengaan inlaat door 50 cm flexibel peil, voorkomen nutriënten in 4e Tocht.
1	GREGX-variant	Waterpeil Dorp en Watertuinen -5,65/-5,95 mNAP, Energielandschap en 4e tocht op –6,15/-6,45 mNAP. Water vanuit Noord-Zuid via Vierde Tocht.	Beperken flexibel peil tot 30 cm en gebruik bestaande 4e Tocht voor afvoer van Noord-Zuidverbinding
2	Geen Noord-Zuid-verbinding	Noord-Zuidverbinding verbreken en oplossen in Noorden	Vermindering nutriëntenbelasten van buiten het plangebied.
3	2,5 Tocht (EVZ)	Extra afvoer aanleggen tussen 2e en 3e tocht	Voorkomen extra nutriënten 4e Tocht.
4	Hoger maaiveld	Maaiveld en waterpeil verhogen met 0,25m: maaiveld op -4,40, vloerpeil op -4,20 mNAP	Beperken nutriënten door kwel
5	Lager maaiveld	Verlagen met 0,20m: maaiveld op -4,85 mNAP, vloerpeil op -4,65 mNAP, extra waterberging buiten gebied (Energielandschap)	Beperken ophoging en effect kleinere drooglegging op wateroverlast.
6	Flexibel peil hele dorp op 50 cm	Flexibel peil 50 cm Woongebieden, 4e tocht op waterpeil Kreekkrugdorp	Eenvoudiger en robuuster watersysteem
7	Menukaart	Diversen (achterkant sigarendoos)	Effect lokale zuivering grijs water en bepaling effect extra natuurvriendelijke oevers.

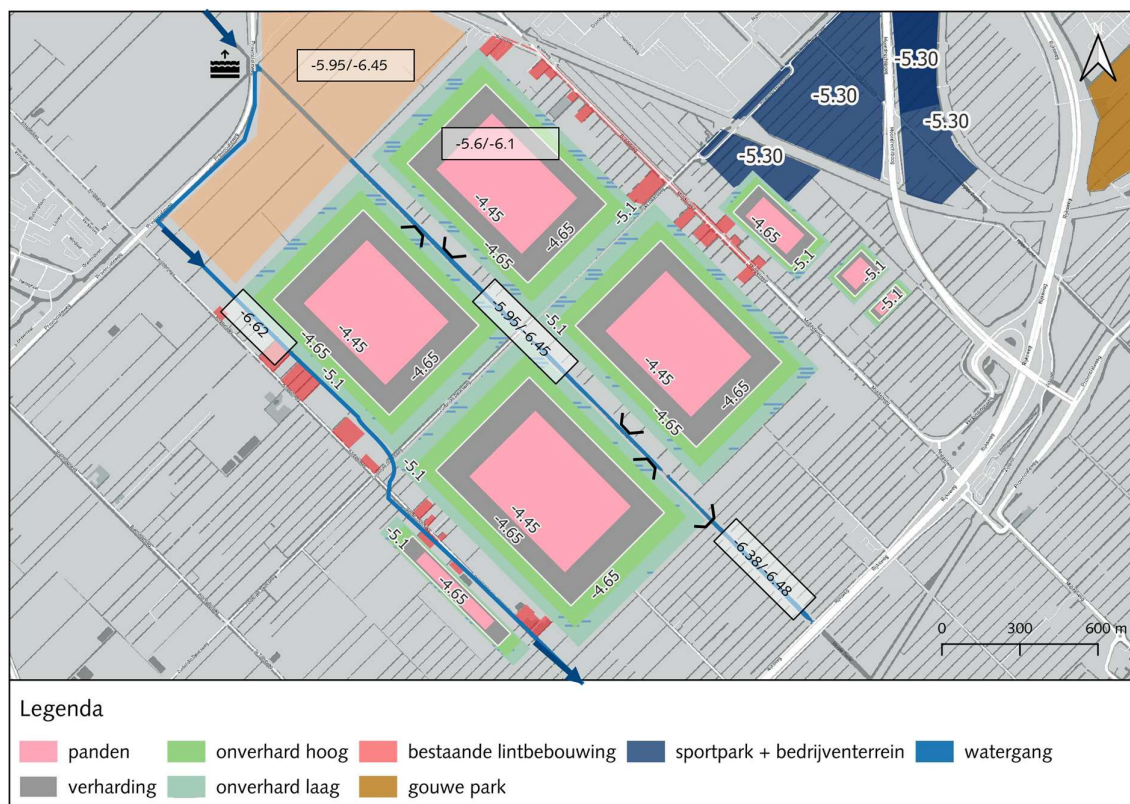


4.2 Variant 0: Voorkeursvariant Waterstructuurplan (WSP)



Figuur 8 Variant 0. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

Variant 0 is de voorkeursvariant uit het Waterstructuurplan (WSP). Deze variant is weergegeven in Figuur 8. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken en de maaiveldhoogtes zijn weergegeven in de gebufferde teksten. Variant 0 gaat uit van het afvoeren van het water vanuit de Noord-Zuidverbinding via de Derde Tocht. De Derde Tocht wordt deels achter de lintbebouwing omgeleid zodat de doorstroming behouden blijft als er extra water vanuit het noorden komt. De Vierde Tocht wordt geïsoleerd en wordt alleen gevoed met water vanuit het Energielandschap, de Watertuinen en het Dorp. Het peil van de Derde Tocht wordt op -6.62 m N.A.P. gehouden. Het Energielandschap en de Vierde Tocht hebben hetzelfde flexpeil, $-5.95/-6.45$ m N.A.P., en de Watertuinen en het Dorp komen op een flexpeil van $-5.6/-6.1$ m N.A.P. Het maaiveld van de Watertuinen en het Dorp wordt opgehoogd tot -4.65 m N.A.P. Binnen de Watertuinen en het Dorp verschilt het maaiveld per landgebruik. Een gedetailleerde indeling van het gebied is nog niet bekend en daarom is dit gebied geschematiseerd met rechthoekige vlakken, zie Figuur 9. Het Energielandschap en de omgeving blijft op het huidige maaiveld liggen. Ook de Zuidelijke Dwarsweg (die dwars door het Dorp en de Watertuinen loopt) blijft op het huidige maaiveld (-5.1 m N.A.P.). De waterpeilen van de aanliggende sloten worden wel aangepast met de waterpeilen van het Dorp en de Watertuinen.



Figuur 9 Schematische maaiveldhoogteverdeling bij variant 0.

4.2.1 Waterkwantiteit in variant 0

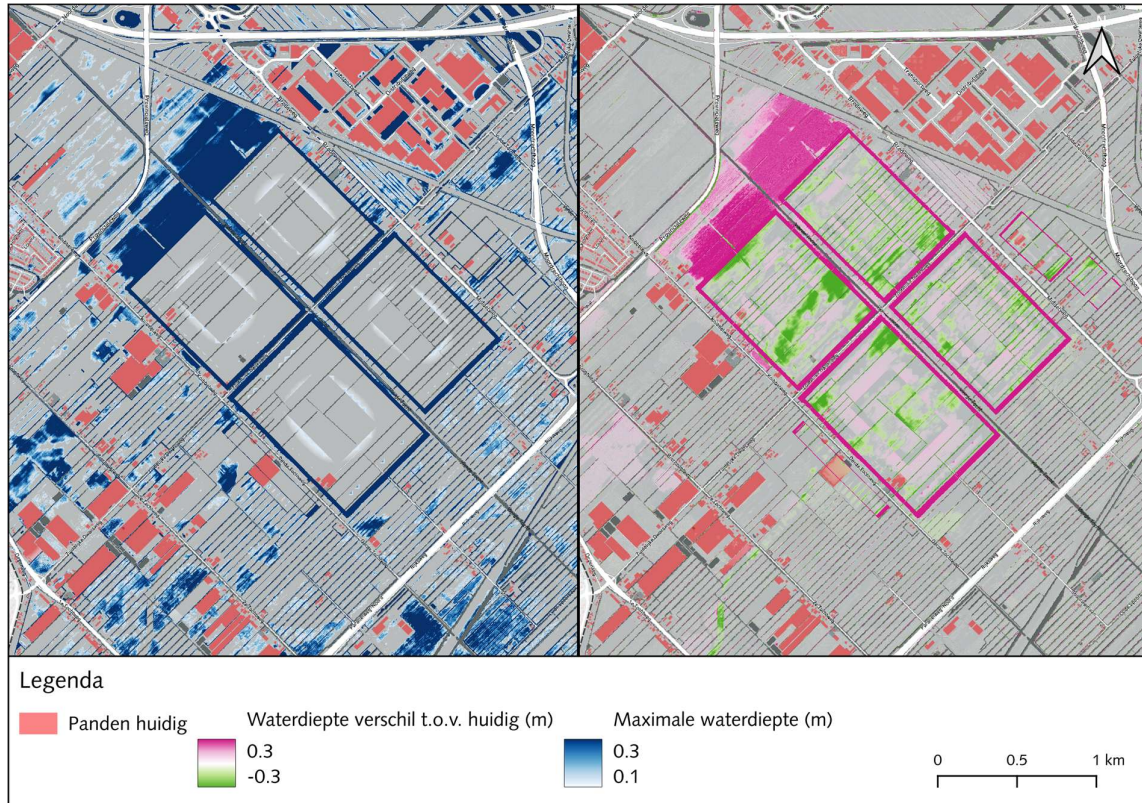
Figuur 10 geeft de waterdieptes en de waterdiepteverschillen ten opzichte van de huidige situatie. Het ophogen van de Watertuinen en het Dorp in combinatie met het verhogen van het peil in het Energielandschap zorgt ervoor dat het Energielandschap erg nat wordt. Dit is een direct gevolg van de keuze om het Energielandschap op gelijk maaiveld te houden met een hoger waterpeil. De paarse rand rond de Watertuinen en het Dorp is het oppervlaktewater in de nieuw te bouwen gebieden.

De omgeving van de Watertuinen en het Dorp laat een gemengd beeld zien van locaties waar de waterdieptes op maaiveld minder zijn, maar ook waar de nieuwe situatie voor een verslechtering zorgt. Dit is te zien op de waterdiepteverschilkaart aan de rechterkant van Figuur 10. Het groen ter plaatse van de ophoging is logisch, omdat hier geen water op maaiveld meer voorkomt. De lichtere groene plekken (+/- 10 cm verschil) in de weilanden ten zuidoosten van het dorp zijn het gevolg van het vasthouden van water binnen de nieuwe ontwikkeling. Dit effect treedt ook op aan de Derde Tochtweg. Verhoogde waterstanden treden ook op langs de Middelweg, de Bredeweg en de Knibbelweg. Figuur 11 en Figuur 12 geven op een locatie aan de Middelweg het verloop van de waterstanden over de tijd. Hier is te zien dat op de uitgekozen locatie er water op maaiveld komt hoewel dat in de huidige situatie niet het geval was. Hetzelfde is te zien in het weiland in de driehoek tussen de Bredeweg en het spoor. Door de ontwikkeling is dit een geïsoleerd gedeelte, waardoor het water niet goed meer kan wegstromen bij een 90mm bui. Tussen de Knibbelweg en de nieuwe omlegging van de Derde Tocht komt er ook meer water op de erven. Dit komt doordat in de huidige situatie een deel van de erven via de achterkant afwatert naar de lagere peilgebieden die richting de Vierde Tocht afstromen. De peilgebieden van de lintbebouwing die wel afwateren naar de huidige Derde Tocht worden doorsneden door de omlegging van de Derde Tocht en voor de helft opgehoogd waardoor er minder waterberging beschikbaar is. Aanpassen van de aansluiting op het watersysteem zal de meeste knelpunten oplossen. De laaggelegen weilanden die tussen de bebouwing liggen hebben nu de grootste waterdiepteverschillen. Volgens het bestemmingsplan worden deze weilanden betrokken bij de ontwikkeling, dus dat zou betekenen dat



deze kwetsbare locaties daarmee al opgelost worden. Na de principekeuzes worden de eventueel extra benodigde berging en aansluitingen op het watersysteem verder uitgewerkt.

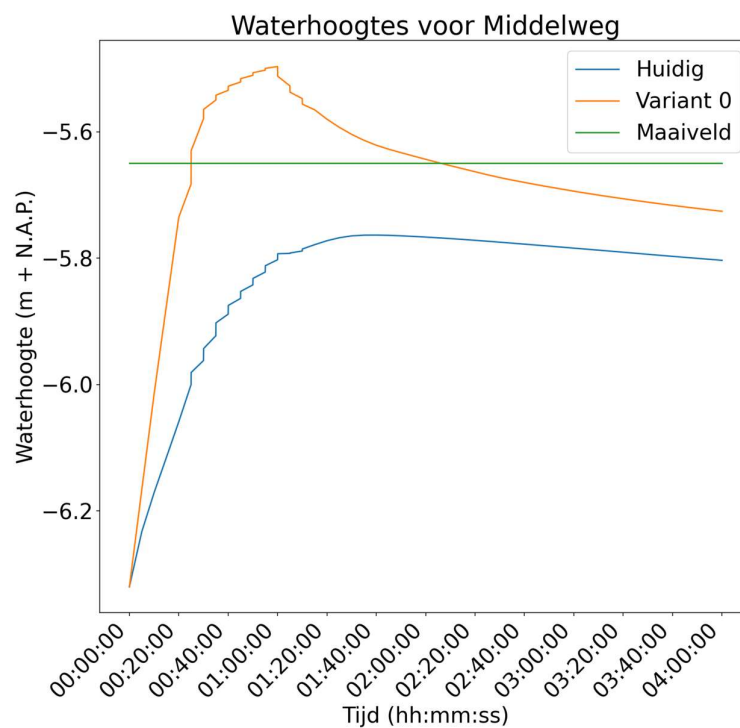
De resultaten van variant 0 voor de omgeving gelden voor alle varianten. De varianten zorgen voor wat kleinere verschillen binnen de Watertuinen en het Dorp, maar veranderen niets aan de situatie voor de lintbebouwing en het omliggende gebied.



Figuur 10 Waterdieptes en waterdiepteverschillen t.o.v. huidig voor variant 0.



Figuur 11 Waterdiepteverschillen voor Variant 0 ingezoomd op de kwetsbare gebieden in de huidige situatie.



Figuur 12 Vergelijking tussen de waterhoogtes voor de locatie aan de Middelweg (weergegeven in figuur 11) in de huidige situatie en variant 0. In variant 0 komt hier water op het maaiveld, in de huidige situatie is dit niet te zien. Het startpunt van de grafiek is op bovenpeil -6.32 m N.A.P.



Met de voorgenomen peilen en oppervlakten is er in de nieuwe gebieden van het Kreekdorp en de Watertuinen ruim voldoende waterberging aanwezig om aan de eis van de kortdurende bui van 90 mm en aan de eis van langdurige bui van 200 mm te voldoen. Tabel 7 laat zien dat er 433 mm waterberging beschikbaar is totdat het vloerpeil bereikt wordt. Dit geldt voor iedere variant, behalve voor variant 5 waarbij de ruimte tussen het waterpeil en het vloerpeil 20 cm kleiner wordt. In variant 5 is de totale waterberging tot vloerpeil nog steeds ruim met 366 mm. Er moeten in alle varianten wel afvoerbepurende voorzieningen geplaatst worden om te zorgen dat de berging van het gebied ook benut wordt.

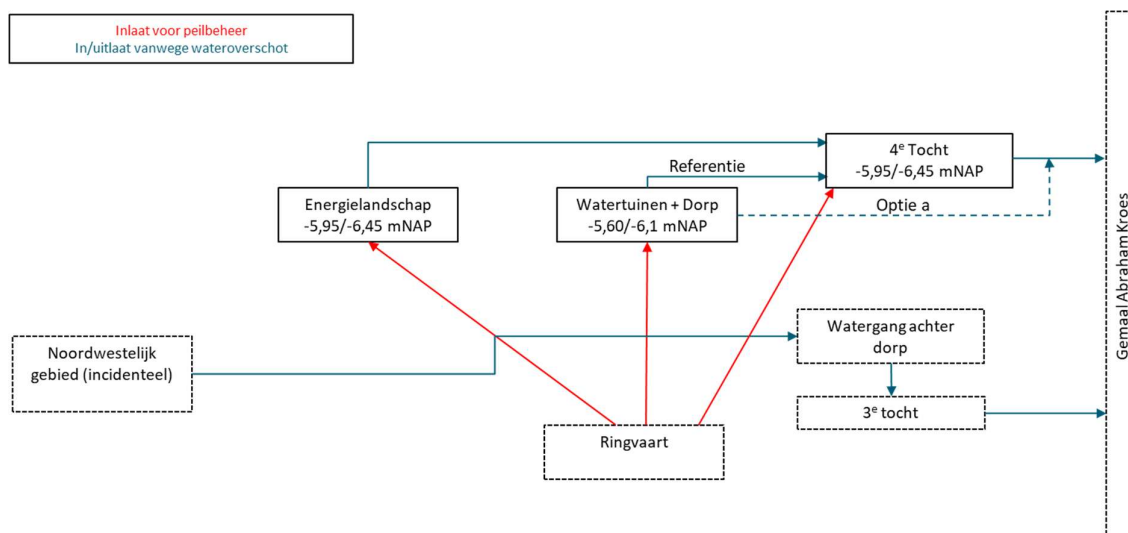
Tabel 7 Berekening berging onder vloerpeil in variant 0

Peilen	Dorp en Watertuinen	
Maaiveld/wegpeil	-4,65	mNAP
Vloerpeil	-4,45	mNAP
Waterpeil flex onder	-6,1	mNAP
Waterpeil flex boven	-5,6	mNAP
Aannames		
Percentage pandoppervlak/totale verharding	50%	
Peil onverhard laag (Oevers, waterbergend groen etc)	-5,1	mNAP
Percentage onverhard waterbergend	50%	
Berging eigen terrein	50	mm
Verdeling oppervlakten		
Opp water	13%	
Verharding maaiveld en wegen	23%	
Panden	23%	
Onverhard laag (Oevers, waterbergend groen etc)	20%	
Onverhard hoog	20%	
Waterbergingsberekening	100%	
Waterberging oppervlaktewater water	151	mm
Waterberging verharding	100	mm
Waterberging eigen terrein	12	mm
Waterbergend onverhard laag	129	mm
Waterbergend onverhard hoog	40	mm
Totale waterberging	433	mm

4.2.2 Waterkwaliteit in variant 0

Voor de modellering van de waterkwaliteit is uitgegaan van verschillende aan elkaar gekoppelde waterbalansen, zoals beschreven in Paragraaf 3.2.1. Figuur 13 laat zien hoe de balansen aan elkaar gekoppeld zijn voor de voorkeursvariant uit het waterstructuurplan. De afvoer vanuit de Watertuinen en het Dorp kan via de vierde tocht worden afgevoerd. Dat is de referentiesituatie. Voor een betere waterkwaliteit in de vierde tocht - voor het deel langs het dorp - kan de afvoer vanuit de Watertuinen en het Dorp aan de zuidoostzijde van het plangebied op de 4^e tocht worden aangesloten, benedenstrooms van de stuw die hier moet worden geplaatst (optie a). Hierbij blijft de P-belasting vanuit het dorp wel een bron voor het benedenstroomse deel van de 4^e tocht.

Kenmerkend voor deze variant is 50 cm flexibel peil, en het water uit het noordwestelijk gebied dat niet door het projectgebied afvoert. In plaats daarvan gaat het via de watergang achter het dorp naar de 3^e tocht.

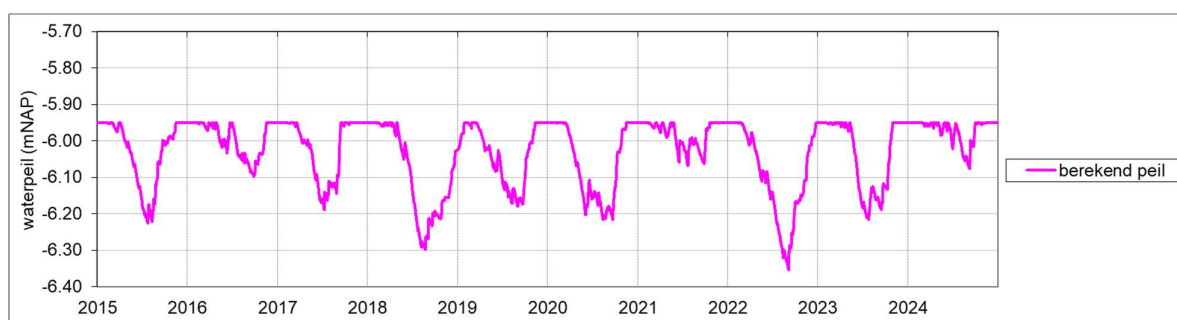


Figuur 13 Schematische weergaven van de gekoppelde waterbalansen voor voorkeursvariant WSP.

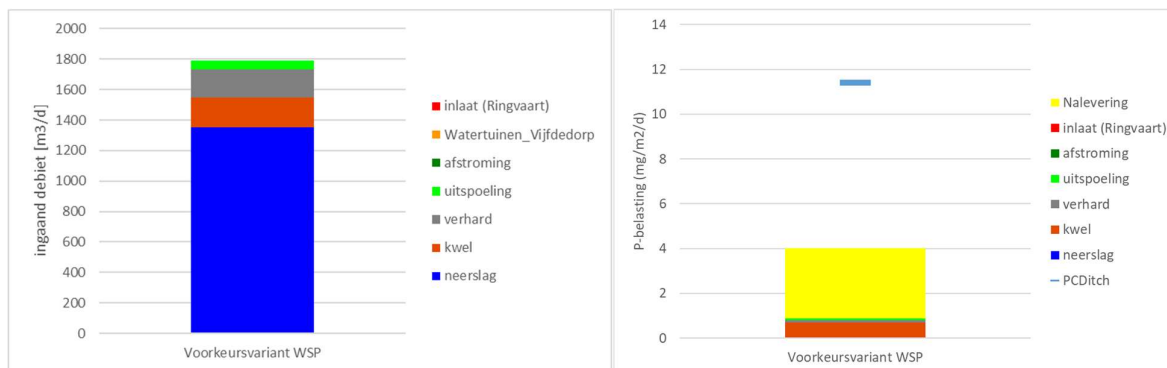
Energielandschap

Door het hoge maximumpeil is gemiddeld 80% van het energielandschap geïnundeerd. Met een flexibel peil van 50 cm mag het water in het Energielandschap fluctueren tussen de -6,45 mNAP en -5,95 mNAP. Door de neerslag en de kwel in het gebied staat het peil voor een groot deel van het jaar op het maximumpeil van -5,95 mNAP. Het minimumpeil van -6,45 mNAP wordt eigenlijk nooit gehaald, zelfs niet in droge zomermaanden in 2018 en 2022. Dan is de laagst berekende waterstand NAP -6,35 m. In de minder extreme jaren zakt het peil 's zomers slechts tot ongeveer -6,20 mNAP uit, zie Figuur 14. Als gevolg van de grote flexibele peilmarge en kwel in het gebied is er dus eigenlijk nooit inlaat nodig. Dit is duidelijk te zien in de ingaande waterbronnen in Figuur 15 (links).

De P-belasting vanuit de waterstromen komt dan ook voornamelijk uit kwel (Figuur 15 (rechts)). De belasting uit uitspoeling blijft beperkt, omdat er slechts een zeer klein deel onverhard oppervlak is wat niet onder water staat. In de plaats van uitspoeling is nalevering vanuit de bodem een zeer belangrijke post in het Energielandschap. Ondanks de onzekerheid van de laatste post blijft de P-belasting ruim onder de kritische grens.



Figuur 14 Gemodelleerd peilverloop in het Energielandschap

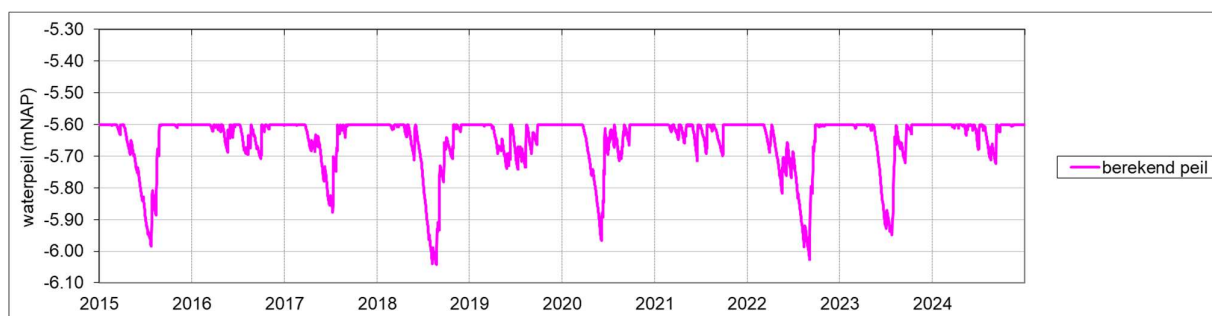


Figuur 15 Ingaande debieten per bron (links), P-belasting per bron t.o.v. kritische belasting (rechts) voor het Energielandschap.

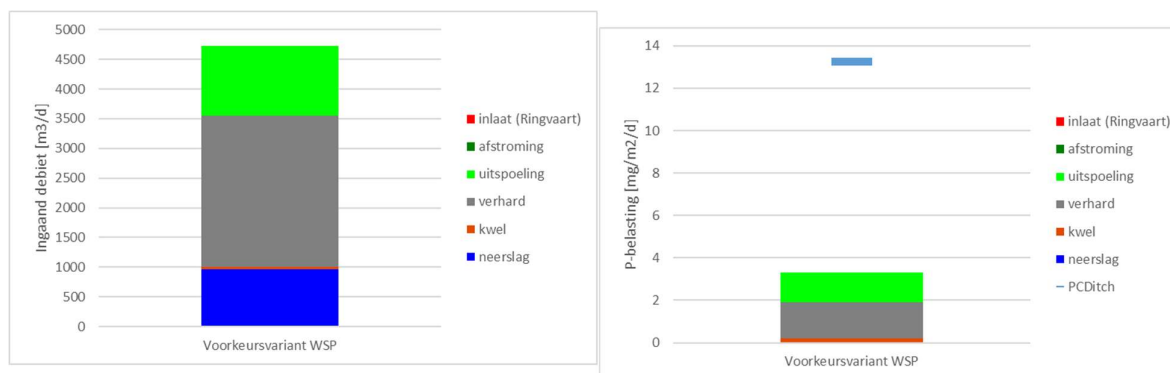
Watertuinen en Dorp

Het waterpeil in de Watertuinen en het Dorp zakt wat verder uit dan in het Energielandschap (zie Figuur 16). Dit komt door het hogere peil in dit gebied, waardoor de kweldruk minder groot is. Toch zakt het peil ook hier alleen in de droogste zomers uit tot rond het minimumpeil.

In dit gebied levert afstroming van verhard oppervlak de grootste bijdrage aan de hoeveelheid water (Figuur 17, links), gevolgd door uitspoeling en neerslag. Dit werkt door in de P-belasting (Figuur 17, rechts). De P-concentratie in neerslag is heel laag, waardoor deze in de P-belasting niet is terug te zien. De P-concentratie in afstroming van verhard oppervlak is lager dan in uitspoeling, waardoor het grote aandeel water zich vertaalt in een belasting die ongeveer gelijk is aan de belasting uit uitspoeling. Ook in het dorp blijft de totale belasting ruim onder de kritische grens, en wordt dus een helder watersysteem verwacht.



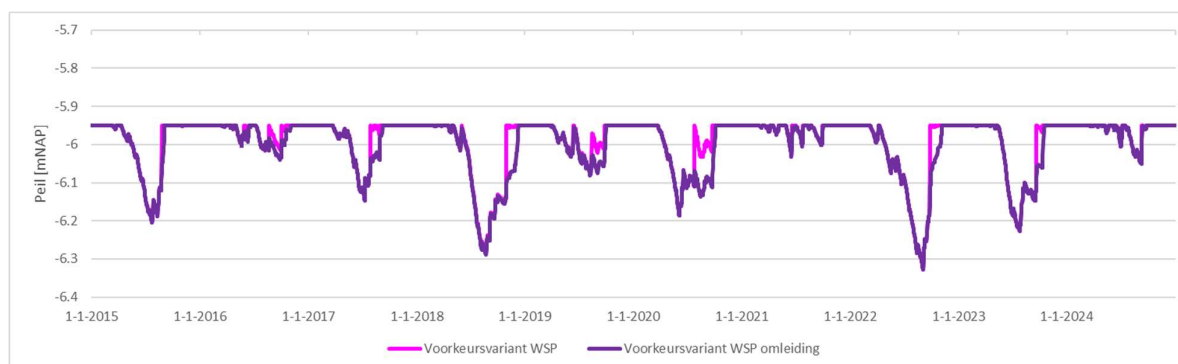
Figuur 16 Gemodelleerd peilverloop in de Watertuinen en het Dorp.



Figuur 17 Ingaande debieten per bron (links), P-belasting per bron t.o.v. kritische belasting (rechts) voor de Watertuinen en het Dorp.

Vierde tocht

Het water uit het Energielandschap en de Watertuinen en het Dorp wordt via de Vierde Tocht afgevoerd in de referentiesituatie. In (sub)variant (a) voert alleen het Energielandschap af via de Vierde Tocht en wordt de afvoer vanuit de Watertuinen en het Dorp omgeleid. Dit verschil in afvoer vindt met name in de winter plaats, wanneer het waterpeil hoog staat (Figuur 18). In de zomer is er wel een klein verschil te zien tussen de varianten. Toch zakt het peil in beide scenario's niet verder uit dan -6,30 mNAP (Figuur 31).



Figuur 18 gemodelleerd peilverloop in de Vierde Tocht voor de referentie (roze) en met omleiding (paars)

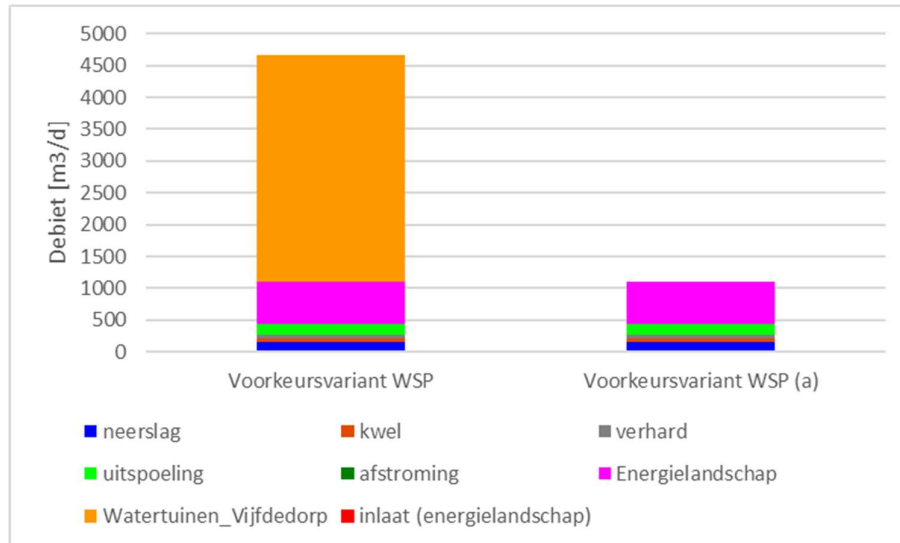
Relatie water inlaat Groene Waterparel

In het gemodelleerde peilverloop is te zien dat 's zomers de waterstand meestal iets lager is dan het maximum. Dit betekent dat er dan geen water wordt afgevoerd naar het benedenstrooms deel van de 4^e tocht. Dit is van belang omdat het benedenstroomse deel van de 4^e tocht wordt gebruikt als inlaat water voor de Groene Waterparel. Het water dat voor de inlaat wordt benut, is dus niet direct water uit Cortelande, maar water uit het bestaande peilvak (waarin water uit Cortelande is vermengd met water uit het landelijk gebied en eventuele andere bronnen)

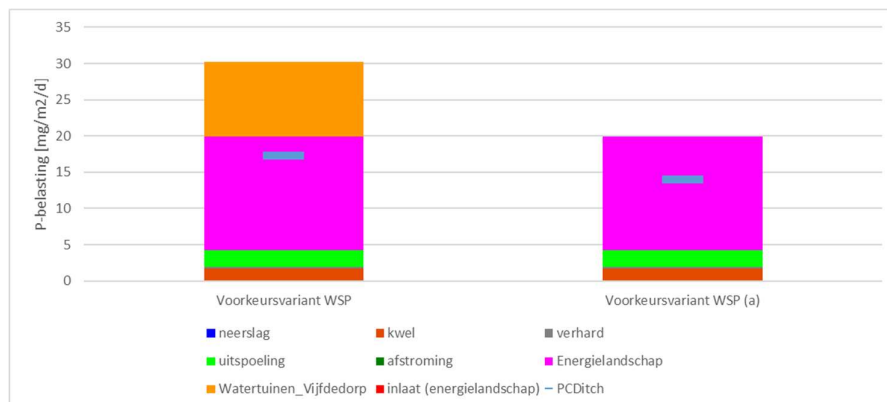
De ingaande waterstromen voor de Vierde Tocht komen met name uit het Energielandschap en de Watertuinen en het Dorp (zie Figuur 19). Dit vertaalt zicht door in de P-belasting (Figuur 20). Opvallend hierbij is dat het in verhouding kleinere debiet uit het Energielandschap voor een grotere P-belasting zorgt dan het grote debiet uit de Watertuinen en het Dorp. Dit komt omdat de waterkwaliteit in het Energielandschap een minder goede kwaliteit heeft dan het dorp. Dit wordt onder andere veroorzaakt door nalevering vanuit de geïnundeerde bodem en uitspoeling uit onverhard oppervlak. De externe P-belasting overschrijdt in de Vierde Tocht de kritische belasting omdat de afvoer uit verschillende



gebieden hier wordt geconcentreerd in een relatief klein waterlichaam, ten opzichte van de aangesloten gebieden (minder dan 10% van het oppervlak). Dit blijft zo wanneer het water uit de Watertuinen en het Dorp wordt omgeleid. De belasting uit het Energielandschap kent daarbij wel een grote onzekerheid. In variant a, zou met een reductie van de belasting vanuit het Energielandschap met ca. 50% onder de kritische belasting kunnen worden gebleven.



Figuur 19 Ingaande debieten per bron voor de Vierde Tocht in de referentiesituatie (links) en de situatie met omleiding (a) (rechts).



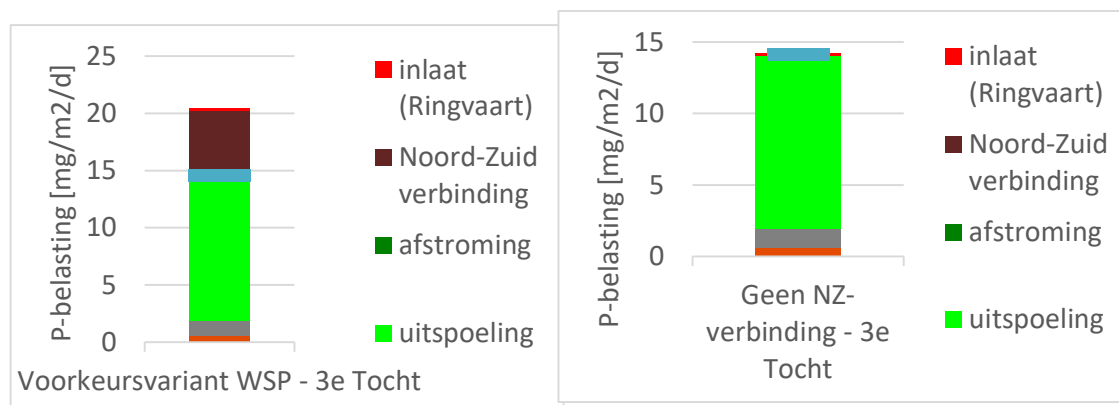
Figuur 20 P-belasting per bron voor de Vierde Tocht in de referentiesituatie (links) en de situatie met omleiding (a) (rechts).

Derde tocht

In deze variant is ook bepaald wat de belasting van het voor de omgeleide Derde Tocht wordt waarop in dit geval het water uit het noordwestelijke gebied afwatert. De berekening is uitgevoerd voor het zuidoostelijke deel van de Derde Tocht waar de oorspronkelijke Derde Tocht en de omgeleide Derde Tocht samen zijn gekomen. Hier is sprake van een relatief grote belasting op een watergang met beperkte breedte (de minimale breedte die voor waterafvoer nodig is). Dit leidt ertoe dat de kritische belasting wordt overschreden. Aan de linkerkant van Figuur 21 is de situatie weergegeven waarbij de Derde Tocht wel verruimd wordt maar zonder belasting van het noordwestelijk gebied. In dat geval is de



berekende belasting exact gelijk aan de kritische belasting. Daarbij wordt opgemerkt dat dit een theoretische situatie is. Zonder verbreding van de Derde Tocht is het oppervlak kleiner (de huidige situatie) en is de belasting hoger dan de kritische belasting.

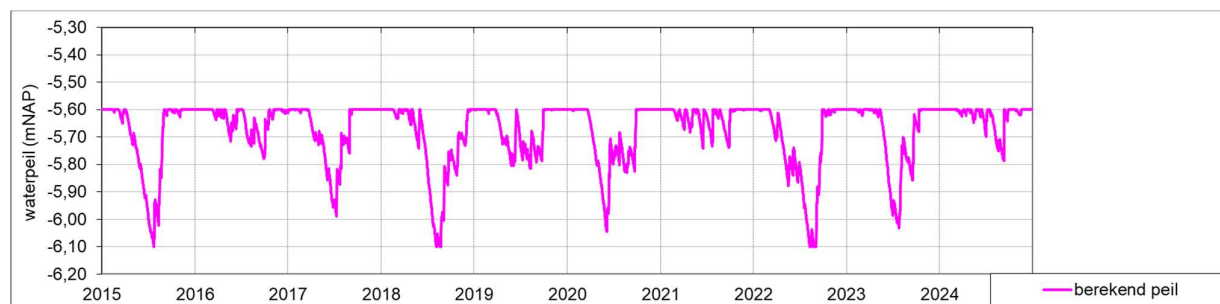


Figuur 21 P-belasting per bron t.o.v. kritische belasting voor de derde Tocht met afvoer vanuit het Noordwestelijk gebied (links) en zonder afvoer vanuit het Noordwestelijk gebied (rechts)

Gevoeligheid voor de kwel

In de berekeningen met de waterbalansen is voor de stijghoogte in het watervoerende pakket uitgegaan van een stijghoogte van -5,9 mNAP. Na correctie van de metingen (met name bij peilbuis 5 uit het meetnet) is deze waarde aan de hoge kant en kan voor Cortelande een betere benadering worden verkregen met -6,1 mNAP. Dit betekent minder kwel en bij hoge waterstanden: wegzijging van water.

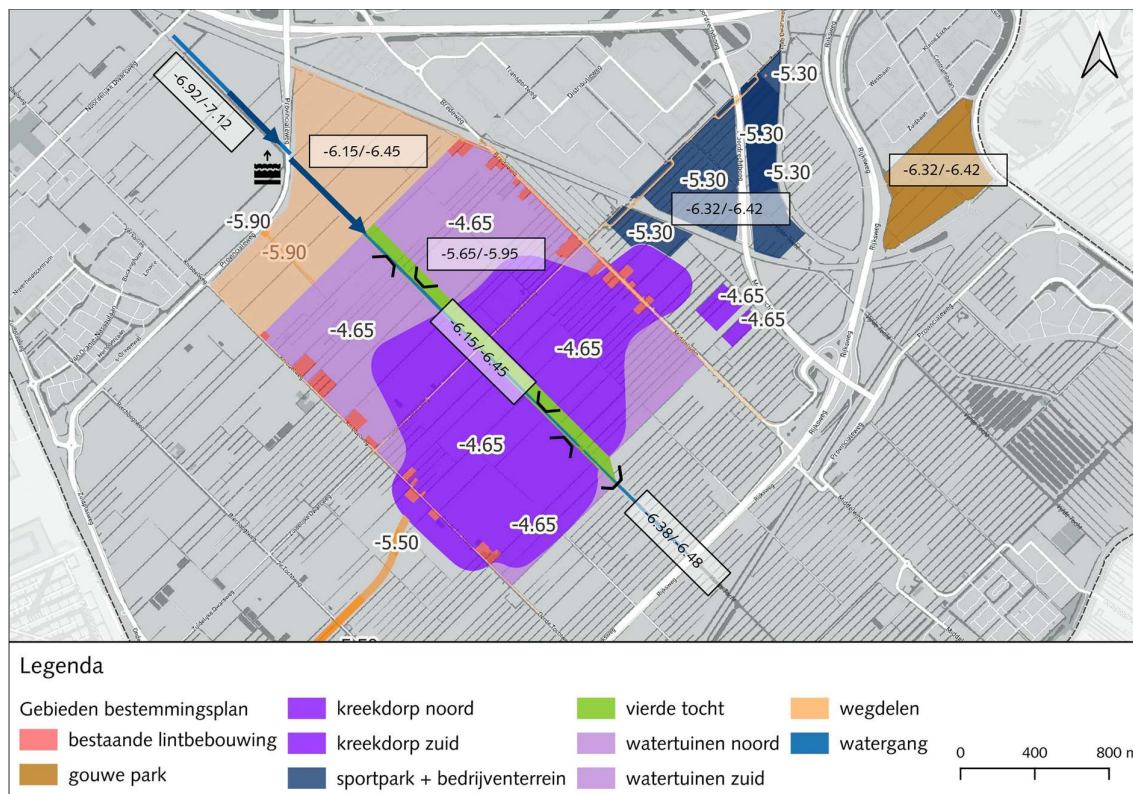
Voor Watertuinen/Dorp betekent dit dat de waterstanden 's zomers iets sneller dalen en dat in droge zomers het minimum peil wordt bereikt (zie Figuur 22) en er incidenteel water moet worden ingelaten. De inlaat is een minimale post in de gemiddelde waterbalans (ca. 0,2%). Op de P-belasting is de invloed zeer beperkt (en licht positief).



Figuur 22 Berekende waterstanden Watertuinen/Dorp bij aangepaste stijghoogte -6,1 m



4.3 Variant 1: GREX-variant



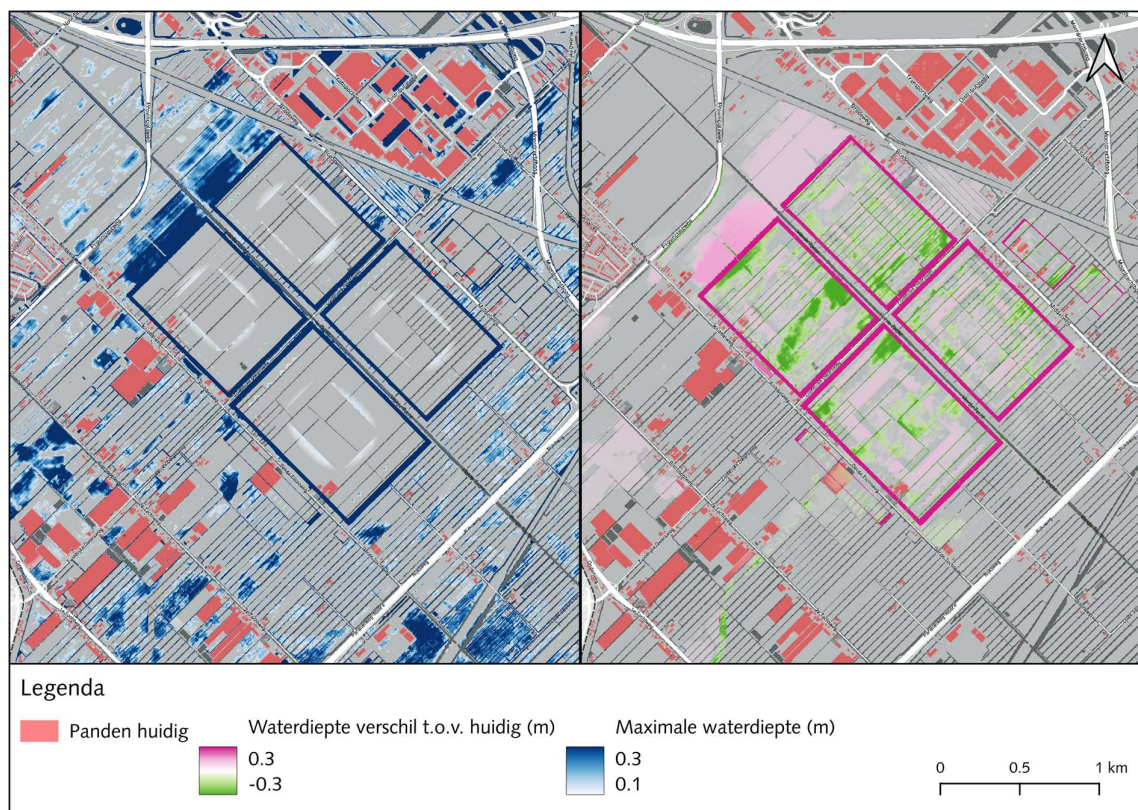
Figuur 23 Variant 1. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

Variant 1 GREX-variant is afgeleid uit het bestemmingsplan. Het bestemmingsplan laat ruimte voor interpretatie, maar in de GREX vindt de afvoer van de Noord-Zuidverbinding plaats via de Vierde Tocht. Het bovenpeil van de Vierde Tocht is verlaagd, naar $-6.15/-6.45$, maar de maaiveldhoogtes blijven gelijk aan Variant 0.

4.3.1 Waterkwantiteit in variant 1

Voor de waterdieptes en de waterdiepteverschillen bij variant 1 zijn de resultaten hieronder weergegeven. Wat direct opvalt is dat de waterdieptes in het Energielandschap minder hoog zijn dan bij variant 0. Dit komt door het verlaagde waterpeil.

Voor de omgeving zijn de gevolgen zoals bij variant 0 beschreven. Er verandert niets aan de waterbalans van de omgeving, omdat het gemaal Vierde Tocht in het gemodelleerde event niet aanslaat. Daardoor wordt er geen extra water van buiten het gebied door de Vierde Tocht afgevoerd.



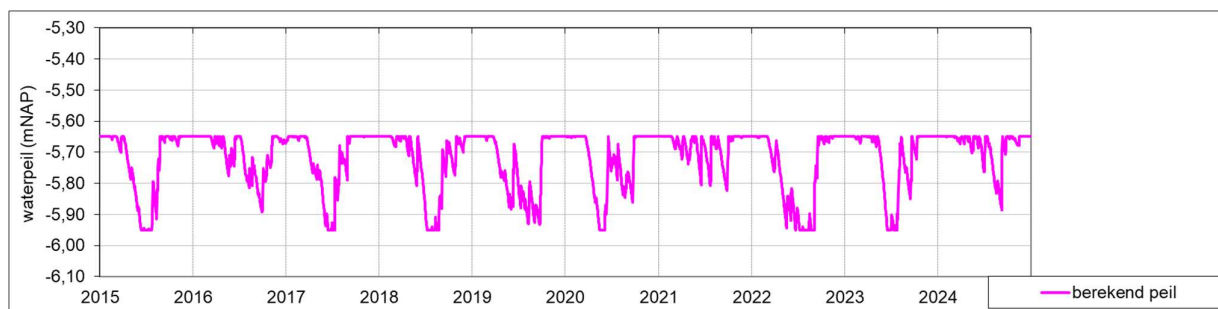
Figuur 24 Waterdieptes en waterdiepteverschillen t.o.v. huidig voor variant 1.

4.3.2 Waterkwaliteit in variant 1

Voor variant 0 is een uitgebreid overzicht opgenomen van de analyse die met de water- en stoffenbalansen is uitgevoerd. Voor de overige varianten is de systematiek gelijk en wordt volstaan met het vermelden van de belangrijkste verschillen en de uiteindelijke beoordeling.

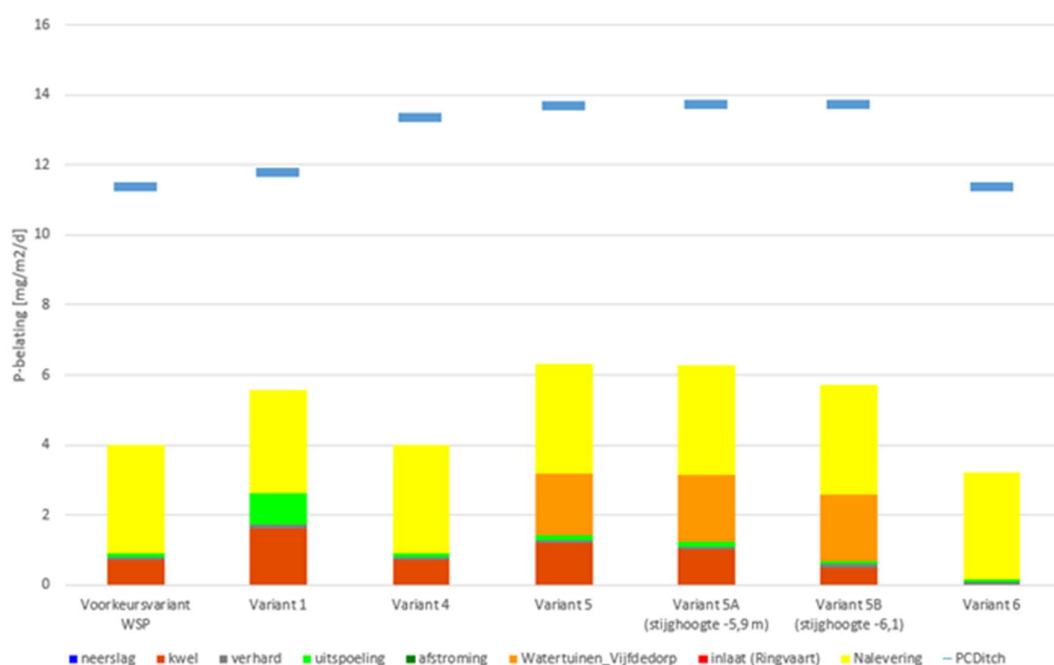
Voor de Watertuinen en het Dorp geldt dat in variant 1 de waterbalans niet verandert. De marge van het flexibel peilbeheer is afgenomen ten opzichte van variant 0. In tegenstelling tot variant 0 moet er nu wel water worden ingelaten. Dit is ongeveer 1% van de waterbalans. Deze hoeveelheid werkt nauwelijks door in de stoffenbalans. Deze verschilt voor de Watertuinen/Dorp dan ook niet van variant 0.

Er is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de stijghoogte. Het verloop van de waterstanden is voor de berekening met de stijghoogte van -6,1 mNAP weergegeven in Figuur 25. Overal waar de minimum waterstand wordt bereikt, moet water worden ingelaten. Uit de analyse met de waterbalans op dagbasis volgt dat in 6 van de 10 doorgerekende jaren water moet worden ingelaten. Dat is beduidend meer dan in de andere beschouwde situaties. Relatief blijft het aandeel inlaat water beperkt tot ongeveer 2,5% van het watervolume in het watersysteem Watertuinen/Dorp. De invloed op de belasting is minimaal.



Figuur 25 Berekende waterstanden Watertuinen/Dorp bij aangepaste stijghoogte -6,1 m (Variant 1)

De onderstaande figuren geven de P-belastingen voor de verschillende onderdelen van het watersysteem. Zoals hierboven is weergegeven, is dit beknopter gerapporteerd dan bij de WSP-voorkeursvariant. In elke figuur zijn alle varianten onderling vergeleken.



Figuur 26 Energielandschap P-belasting varianten 0 tot en met 6

Voor het Energielandschap valt in variant 1 op dat de belasting door kwel en uitspoeling toeneemt ten opzichte van de WSP-variant. De oorzaak hiervan is het lagere maximum peil. Omdat een minder groot deel inundeert, neemt de nalevering af. De belasting blijft ruim beneden de kritische belasting. Hierbij geldt specifiek voor het Energielandschap (niet alleen voor variant 1, maar in het algemeen):

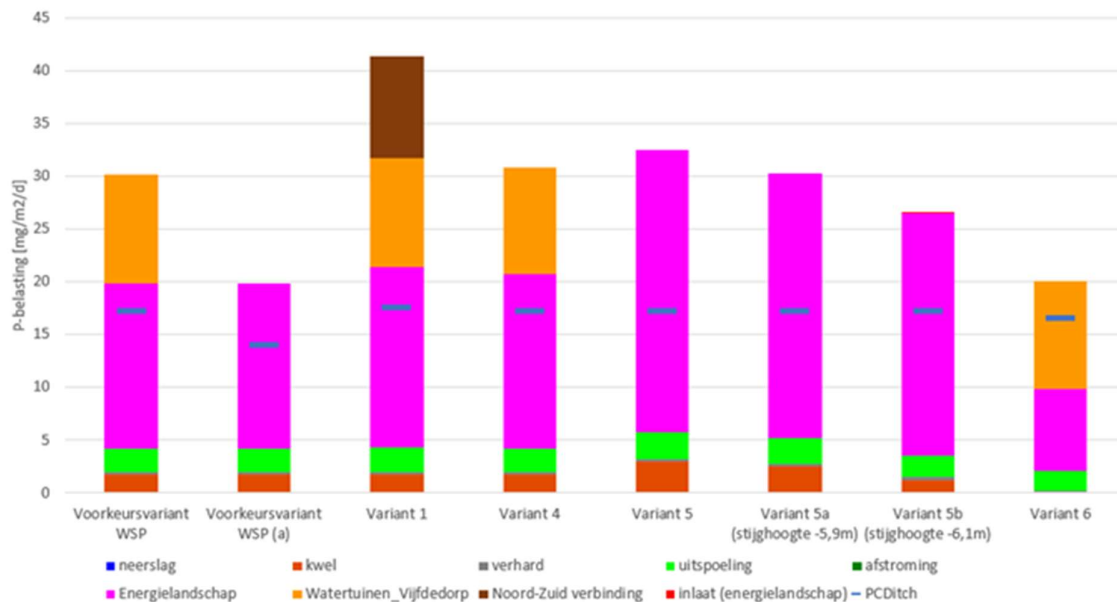
- De nalevering vanuit de bodem is een onzekere component. Onderzoek naar de lokale bodem is nodig om deze beter te kwantificeren;
- De inrichting is ook van belang voor de waterkwaliteit. Bijvoorbeeld: wordt er plaatselijk opgehoogd waardoor de oorspronkelijke bodem wordt afgedekt? In hoeverre beperken zonnepanelen de toetreding van licht op het water en ontstaan er daardoor ongunstige situaties voor de waterkwaliteit?
- In deze variant is het noordwestelijke gebied gekoppeld aan de 4^e Tocht. In de analyse is ervanuit gegaan dat bij afvoer uit het noordwestelijke gebied dit water snel afstroomt via de 4^e



Tocht en zich niet verspreid over het gehele gebied. Dit is aannemelijk omdat de hoofdafvoerroute (met veruit de grootste afvoercapaciteit) via de 4^e Tocht richting het zuiden is, er geen andere verbindingen zijn voor de waterafvoer en het water hier dus het minste weerstand ondervindt.

Voor het Energielandschap is ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de stijghoogte. De impact daarvan is beperkt. In de oorspronkelijke situatie is er geen inlaat nodig, bij de aangepaste stijghoogte is er een minimale inlaat van water nodig (0,3% van de waterbalans). De gevolgen voor de stoffenbalans zijn minimaal.

Voor de 4^e Tocht scoort variant 1 relatief slecht. Dit komt omdat er in deze variant ook water wordt aangevoerd vanuit het noordwestelijke gebied (zie Figuur 27). Overigens is in alle varianten de P-belasting in de 4^e Tocht hoger dan de kritische belasting.

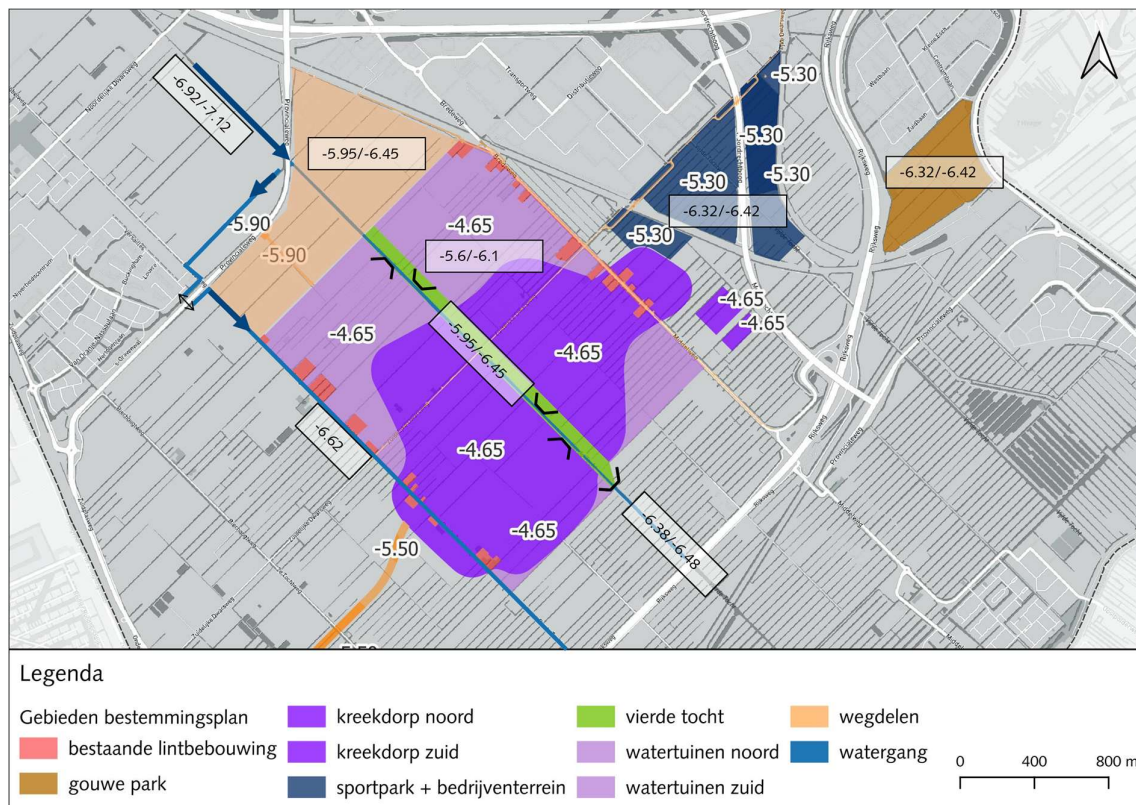


Figuur 27 4^e Tocht (langs Dorp): P-belasting varianten 0 tot en met 6

Afvoer van buiten het plangebied

In variant 0, 4, 5 & 6 wordt het water vanuit het noordwestelijk kassengebied afgevoerd via omgeleide de derde tocht. In variant 1 gebeurt dit via de Vierde Tocht en in variant 3 via de 2,5^e tocht. Het effect daarvan is zichtbaar in de analyses (zie figuur 29). De waterstroom vanuit het kassengebied zorgt langjarig gemiddeld voor een flinke extra P-belasting op de derde tocht. Zonder de extra belasting vanuit het kassengebied ligt de P-belasting van de derde tocht rond de kritische grens op basis van gebiedseigen water. Uiteraard is het mogelijk om met inrichtingsmaatregelen het watersysteem van de derde tocht robuuster te maken, echter het "opvangen" van de belasting uit het noordwestelijke gebied zal ingrijpende maatregelen vragen (kostbaar zoals een technische waterzuivering of met een groter ruimteclaim bij bijvoorbeeld natuurlijke zuiveringssystemen). Dat betekent wel dat het water uit het noordwestelijk gebied via een andere route moet worden afgevoerd. In GREX-variant gebeurt dat via de

4.4 Variant 2: Geen Noord-Zuidverbinding



Figuur 28 De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

Deze variant is gelijk aan variant 0, maar gaat ervanuit dat er geen water meer vanuit de Noord-Zuidverbinding komt. Hierdoor is er geen extra gemaal nodig en blijft het systeem rondom de ontwikkeling gelijk aan de huidige situatie. De Vierde Tocht wordt nog steeds geïsoleerd met dezelfde maaiveld en waterpeilen uit Variant 0.

4.4.1 Waterkwantiteit in variant 2

Omdat de situatie voor de waterkwantiteit niet verandert ten opzichte van variant 0 zijn alle uitkomsten voor de waterkwantiteit hetzelfde als bij variant 0.



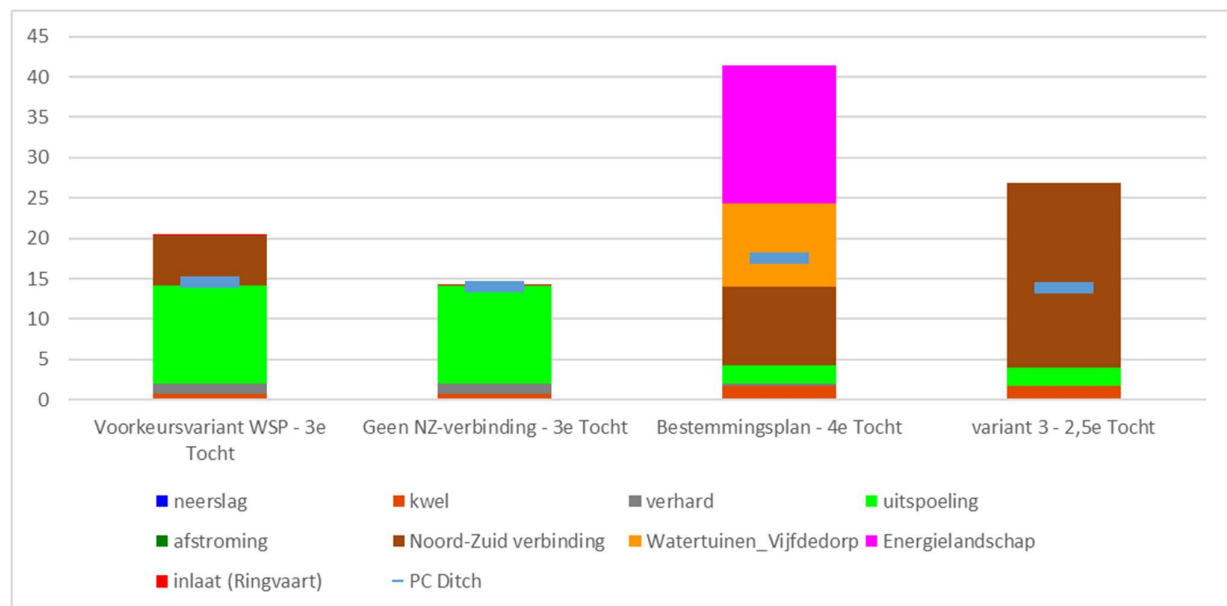
4.4.2 Waterkwaliteit in variant 2

Voor Watertuinen/Dorp, Energielandschap en de 4e Tocht is variant 2 gelijk aan variant 0. Het enige verschil is dat het water uit het noordwestelijke gebied geheel buiten het plangebied wordt gehouden. Dit betekent een verschil voor de 3e Tocht. Deze wordt nu niet meer belast met dit water. Uit de toetsing blijkt dan dat bij verbreding van de 3e Tocht tot (indicatief 10 m) de P-belasting ongeveer gelijk is aan de kritische belasting (2e staafdiagram in Figuur 29).

In de onderstaande figuur zijn verschillende watergangen afgebeeld. Het betreft steeds de watergang waarop het water uit het noordwestelijke gebied afwatert:

- Helemaal links: afwatering van het noordwestelijke gebied via de omgeleide 3^e Tocht (variant 0, 4, 5 en 6);
- 1^e van links: het water uit het noordwestelijke gebied wordt om het studiegebied heengeleid (variant 2);
- 2^e van links: afvoer via de 4^e Tocht (variant 1);
- helemaal recht: afvoer via een nieuwe tocht tussen de 2^e en 3^e Tocht (variant 3);

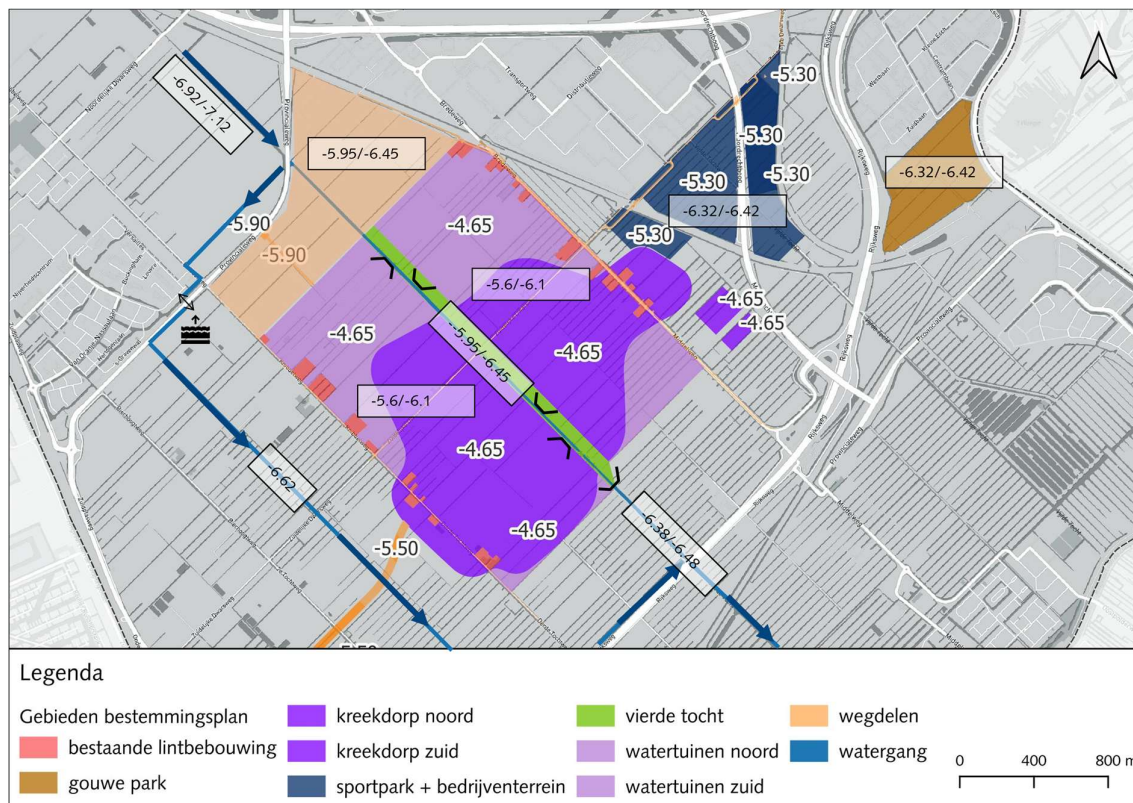
De hoogte van het staafdiagram verschilt. De reden hiervoor is dat de belasting relatief is ten opzichte van het wateroppervlak van de beschouwde watergang. Dit wateroppervlak verschilt per variant.



Figuur 29 Vergelijking P-belasting bij verschillende opties voor afvoer Noordwestelijk gebied: via de omgeleide 3^e Tocht, geheel buiten het plangebied, via de 4^e Tocht of een nieuwe verbinding tussen de 2^e en 3^e Tocht. Voor uitgangspunten: zie tabel 2



4.5 Variant 3: 2,5 tocht



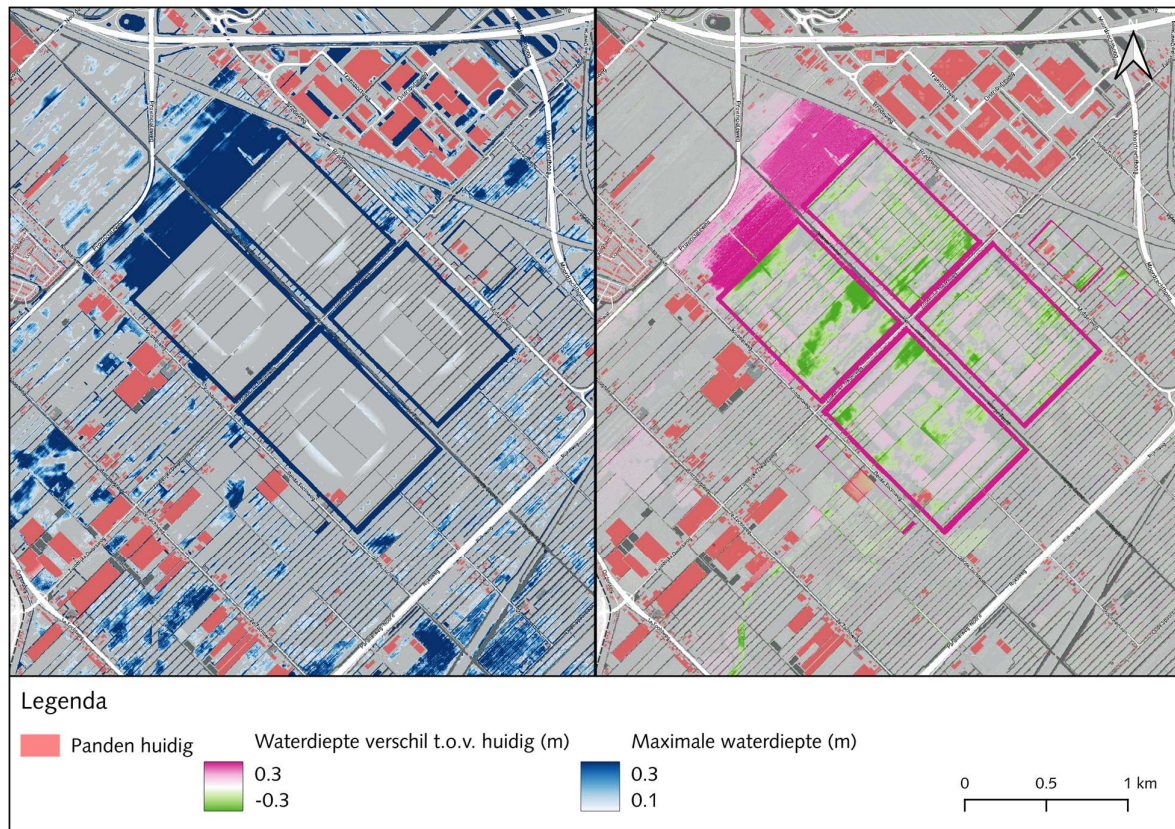
Figuur 30 Variant 3. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

In variant 3 wordt de omleiding via de Derde Tocht vervangen met een omleiding via een nieuw te maken 2½e Tocht. Deze 2,5 Tocht is onderdeel van de Ecologische Verbindingszone (EGZ). De 2,5 Tocht komt op hetzelfde peil als de Derde Tocht (-6.32 m N.A.P.). De andere peil- en maaiveldhoogtes (Vierde Tocht, Watertuinen, Dorp en Energielandschap) blijven gelijk.

4.5.1 Waterkwantiteit in variant 3

De waterdieptes en waterdiepteverschillen voor variant 3 zijn weergegeven in Figuur 31. De resultaten zijn nagenoeg hetzelfde als in Variant 0. Het Energielandschap loopt in deze variant weer onder water vanwege het hoge peil in relatie tot het huidige maaiveld. Door de 2,5^e tocht nemen de waterdieptes over het hele gebied ten zuiden van de Watertuinen en het Dorp af tussen de 2 en 10 cm. Dit is vooral te zien tussen de Zuidelijke Dwarsweg en de A20. Naast de doorvoerfunctie voor het water uit het noorden heeft de 2,5^e tocht ook een afvoerfunctie voor het aanliggende gebied.

Voor de lintbebouwing direct naast de ontwikkeling blijven de resultaten hetzelfde als bij variant 0. De plassen bij de Knibbelweg zijn iets groter dan bij Variant 0, maar de locaties blijven hetzelfde.



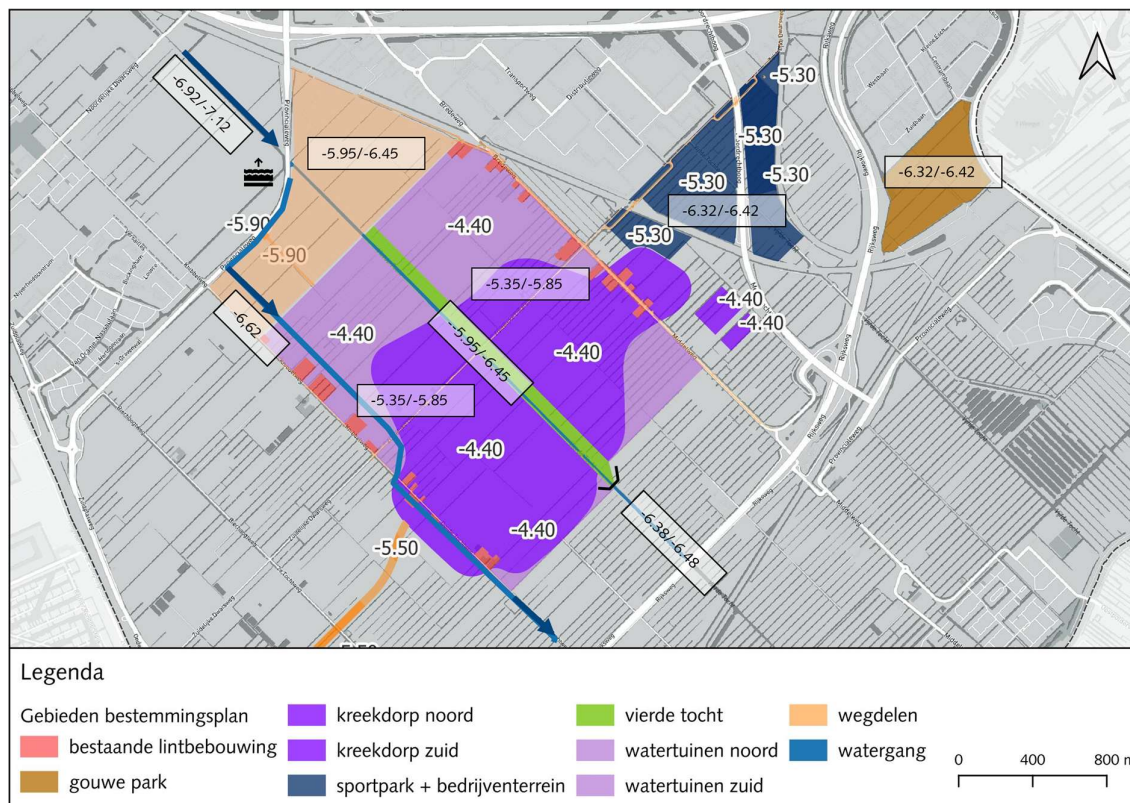
Figuur 31 Waterdieptes en waterdiepteverschillen t.o.v. huidig voor variant 3.

4.5.2 Waterkwaliteit in variant 3

Voor de waterkwaliteit verschilt deze variant alleen voor de 2½^e Tocht. Er is nog geen uitgewerkt idee voor deze watergang. In de berekeningen is uitgegaan van een geïsoleerde watergang die alleen wordt gevoed door het noordwestelijke gebied en direct aangrenzend gebied, waarbij de afmetingen worden bepaald door de afvoer capaciteit. In de 4e diagram in Figuur 29 is te zien dat de P-belasting de kritische belasting overschrijdt.

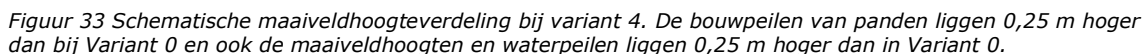


4.6 Variant 4: verhogen maaiveld en waterpeil met 0,25 m

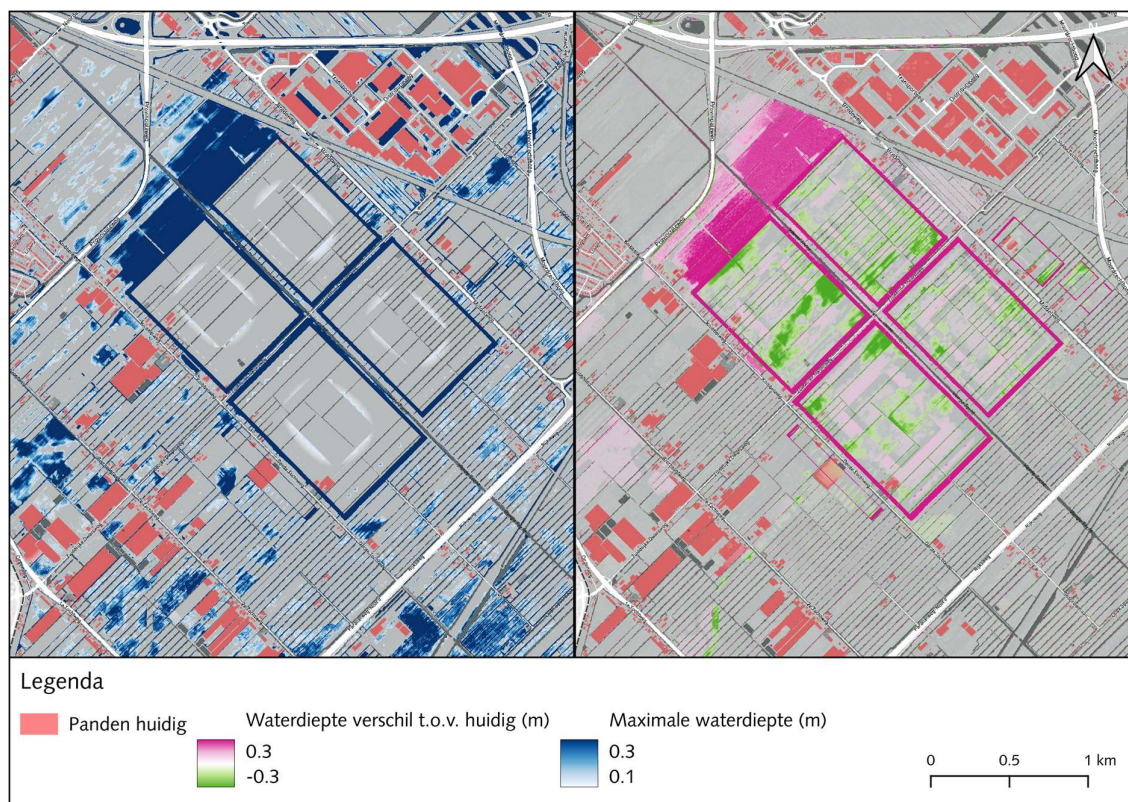


Figuur 32 Variant 4. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

Variant 4 gaat uit van een verhoging van het maaiveld. Het doel hiervan is dat ook de waterpeilen in de Watertuinen en het Dorp verhoogd worden zodat de kweldruk beter tegengegaan wordt. Hiermee komt het waterpeil in de Watertuinen en het Dorp op een flexpeil van -5.35/-5.85 m N.A.P. De waterpeilen van de Vierde Tocht en het Energielandschap blijven gelijk aan Variant 0. Het maaiveld in de Watertuinen en het Dorp komt op -4.40 m N.A.P. Ook hier is binnen de Watertuinen en het Dorp een verdeling gemaakt, vergelijkbaar aan Variant 0. Dit is weergegeven in Figuur 33.



De resultaten voor de waterdieptes in variant 4 zijn weergegeven in Figuur 34. Het verhogen van het maaiveld laat geen verschillen zien met variant 0 omdat de waterpeilen net zoveel verhoogd zijn als het maaiveld. Er is voldoende berging in het open water van de Watertuinen en het Dorp waardoor er geen extra water van het dorp de Vierde Tocht instroomt. Ook de resultaten voor de omgeving en de lintbebouwing blijven hetzelfde als in variant 0.



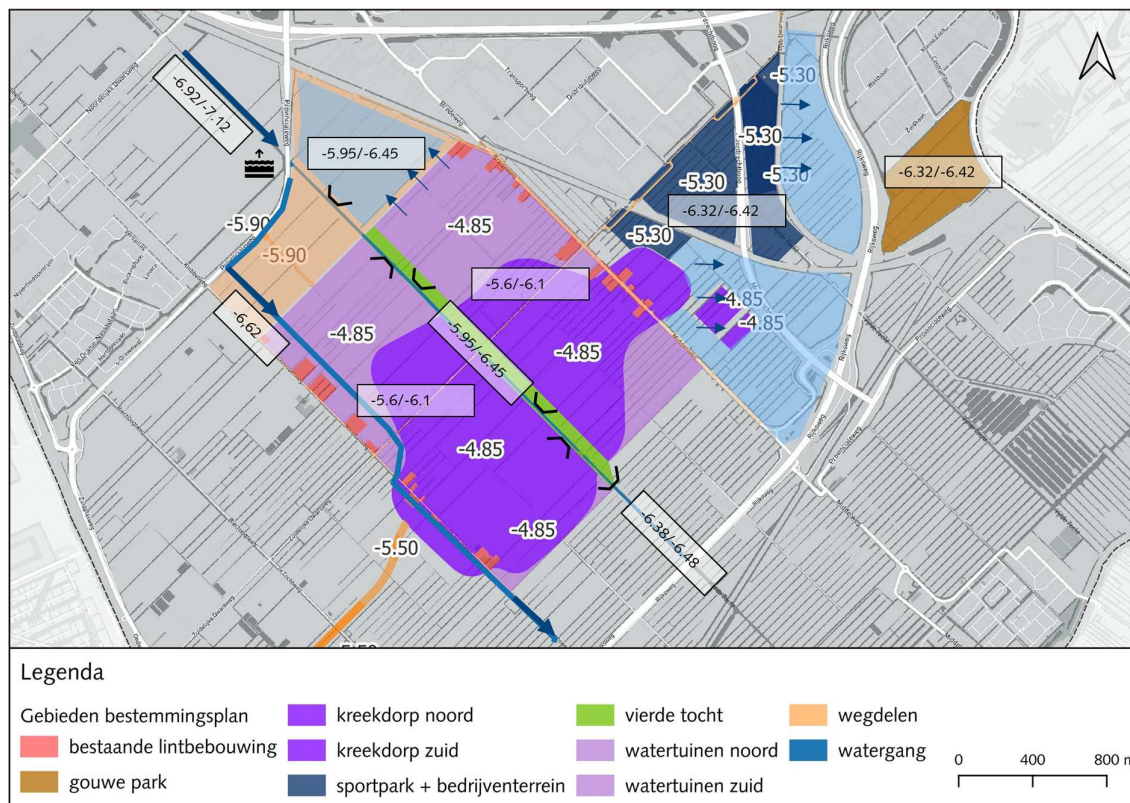
Figuur 34 Waterdieptes en waterdiepteverschillen t.o.v. huidig voor variant 4.

4.6.2 Waterkwaliteit in variant 4

Voor de Watertuinen/Dorp neemt de kweldruk af ten opzichte van variant 0. Dit betekent dat de variant met betrekking tot kwel nagenoeg gelijk is aan de situatie die bij de gevoeligheidsanalyse voor variant 0 is doorgerekend. Ten opzichte van variant 0 betekent dat er in incidenteel water moet worden ingelaten, maar dat de inlaat minimaal is (minder dan 1% van de waterbalans). Voor de waterkwaliteit is er nauwelijks invloed. Voor het Energielandschap en de 4^e Tocht zijn er geen verschillen ten opzichte van variant 0.



4.7 Variant 5: verlagen van het maaiveld met 0,20 m

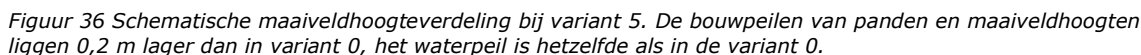


Figuur 35 Variant 5. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

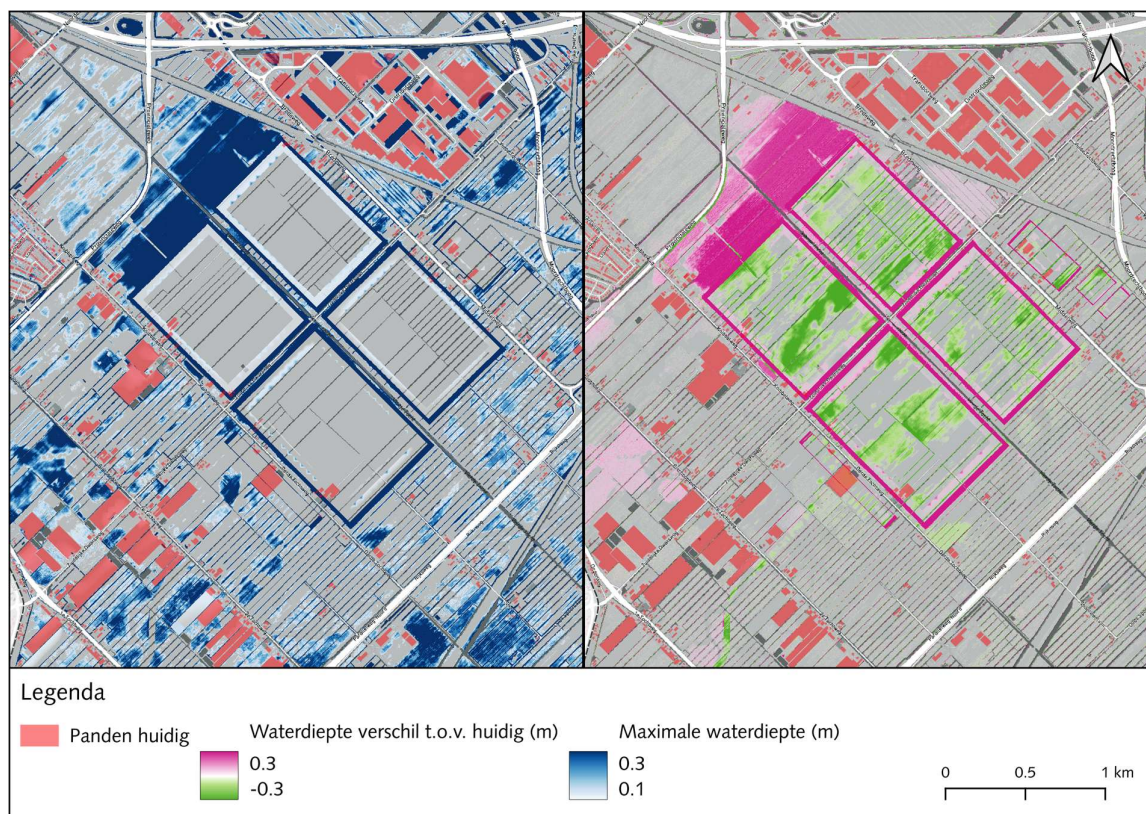
In variant 5 wordt het maaiveld met 0,2 m verlaagd om op die manier de ophoging te verkleinen en een bijdrage te leveren in het beperken van de restzetting. In tegenstelling tot variant 4 gaan de waterpeilen niet mee met de verlaging. De waterpeilen blijven gelijk aan Variant 0. Doordat het maaiveld lager is, zal ook de hoeveelheid waterberging lager zijn. Om hiervoor te compenseren wordt het Energielandschap als retentiegebied gebruikt. Via een knijpconstructie wordt het water via het Energielandschap terug de Vierde Tocht ingebracht. De maaiveldhoogtes zijn 0,2 m verlaagd. Voor de bebouwing, verharding, onverhard hoog en onverhard laag is weer dezelfde schematisatie gebruikt als in de andere varianten. De schematisatie is weergegeven in Figuur 36.

Voor variant 5 zijn na het uitwerken van de varianten 1 tot en met 6 nog twee extra varianten doorgerekend voor het onderdeel waterkwaliteit: 5a en variant 5b. Deze aanvullende berekening hebben tot doel om het uiteindelijke advies beter te onderbouwen. Deze varianten zijn gelijk aan de situatie in variant 5, met enkele veranderingen:

- het flexibel peil is geen 50cm, maar 40cm;
- het peil van de kreekdorp en de watertuinen wordt gehandhaafd tussen de grenzen van NAP -5,8 m - NAP -6,2 m;
- het peil van in het energielandschap en de Vierde Tocht wordt gehandhaafd tussen de grenzen van NAP -5,95 m - NAP -6,35 m;
- in plaats van een neerslag- en verdampingsreeks van het huidige klimaat wordt een reeks van het klimaatscenario 2085 WH gebruikt;
- variant 5a benadert de situatie wanneer het grondwater een stijghoogte heeft van NAP -5,9m (oorspronkelijk uitgangspunt);
- variant 5b benadert de situatie wanneer het grondwater een stijghoogte heeft van NAP -6,1m (geactualiseerd inzicht op basis van metingen).



De situatie voor de omgeving en de lintbebouwing blijft hetzelfde zoals in variant 0 is beschreven.



Figuur 37 Waterdieptes en waterdiepteverschillen t.o.v. huidig voor variant 5

4.7.2 Waterkwaliteit in variant 5

Voor de Watertuinen/Dorp is deze variant gelijk aan variant 0. Voor het Energielandschap is er een extra belasting door de koppeling met het Dorp. De gevolgen voor de waterkwaliteit zijn weergegeven in Figuur 26. Ondanks de extra belasting blijft de waarde voor het Energielandschap onder de kritische belasting.

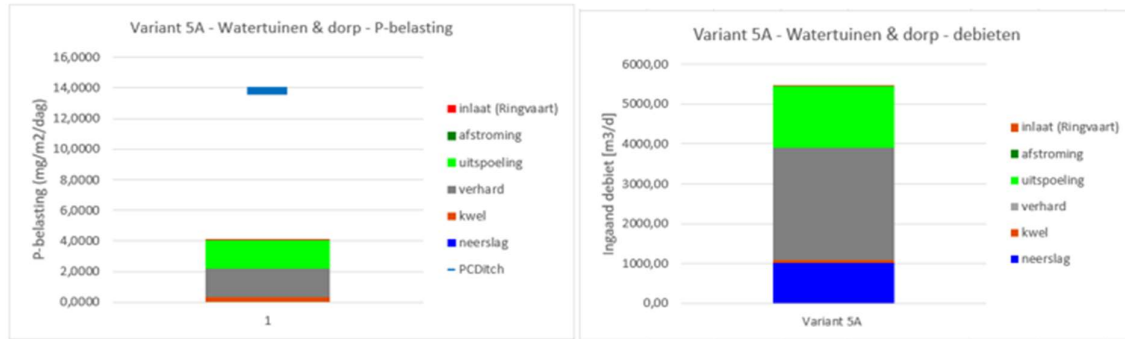
De afvoer concentreert zich in de 4e Tocht. Deze heeft een beperkt wateroppervlak. Dat zorgt ervoor dat net als bij de overige varianten de kritische belasting in de 4e Tocht wordt overschreden.

4.7.3 Waterkwaliteit in variant 5a

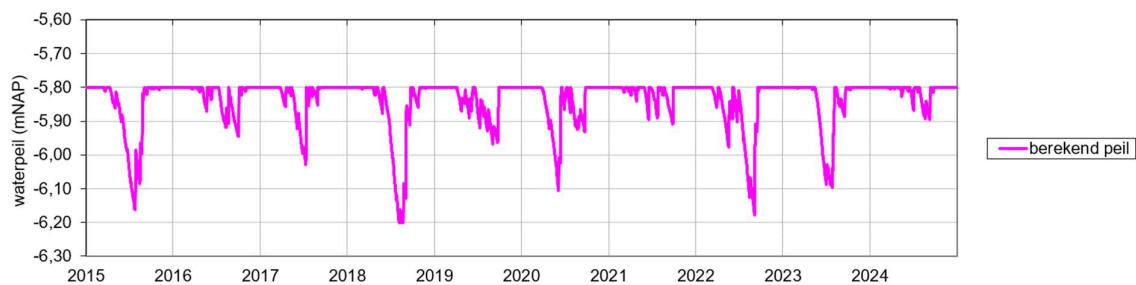
Onderstaande figuren tonen de belastingen, debieten en waterstanden voor variant 5a. In Watertuinen/Dorp is de inlaat vanuit de Ringvaart klein, het bedraagt minder dan 0,1% van de totale ingaande stromen. Slechts in 1 van de 10 doorgerekende jaren moet water worden ingelaten. De belasting blijft ver onder de kritische grens.

Voor het energielandschap is de belasting in variant 5a het hoogst. Dit is voornamelijk dankzij de grotere aanwezigheid van kwel door de beperkte stijghoogte. De belasting blijft echter ver onder de kritische belasting, er wordt daarom een goede waterkwaliteit verwacht.

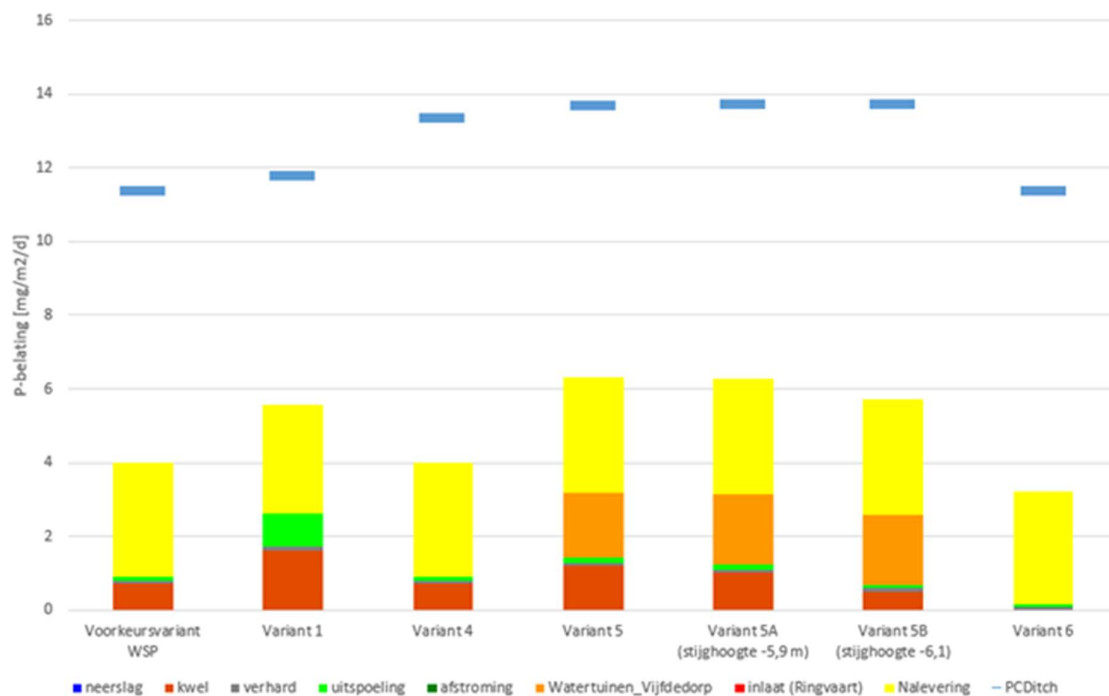
De P-belasting van de Vierde Tocht is in variant 5a gelijk aan het beeld geschetst in variant 5.



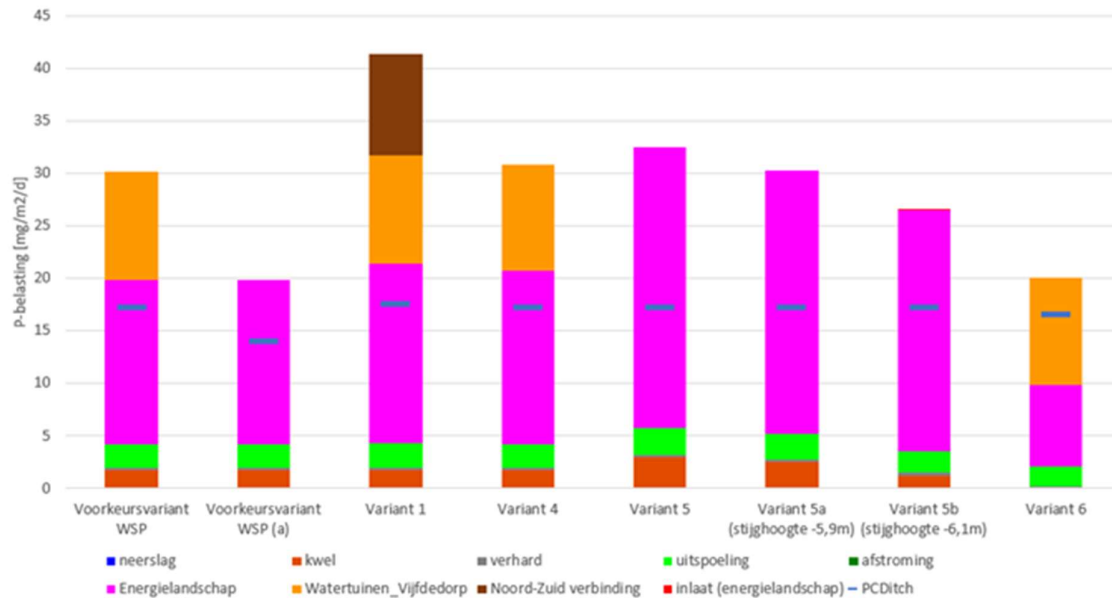
Figuur 38 P-belasting en debieten van in het kreekdorp en watertuinen in variant 5a



Figuur 39 Berekende waterstanden in het kreekdorp en watertuinen in variant 5a (klimaatsscenario 2085 WH)



Figuur 40 Berekende P-belasting in het energielandschap over de verschillende varianten

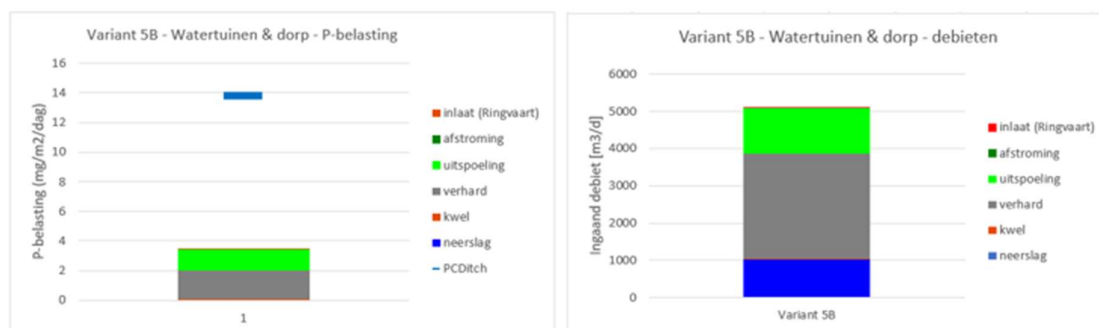


Figuur 41 Berekende P-belasting in de 4^e Tocht over de verschillende varianten

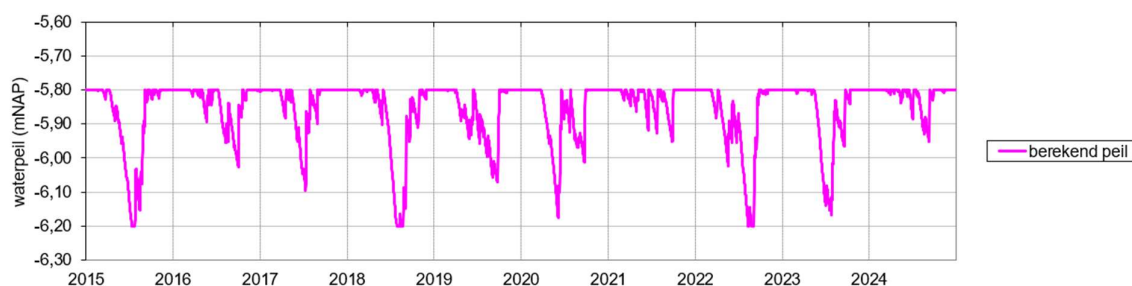
4.7.4 Waterkwaliteit in variant 5b

Onderstaande figuren tonen de resultaten voor de waterkwaliteit in variant 5b. In deze variant is er minder kwel dankzij de lagere stijghoogte in het 1^e watervoerend pakket. Voor Watertuinen/Dorp geldt dat de inlaat vanuit de Ringvaart hierdoor wel hoger is, het bedraagt circa 0,5% van de totale ingaande stromen. De belasting blijft wederom onder de kritische grens.

Voor het energielandschap en de Vierde Tocht is de situatie vrijwel gelijk aan variant 5a.

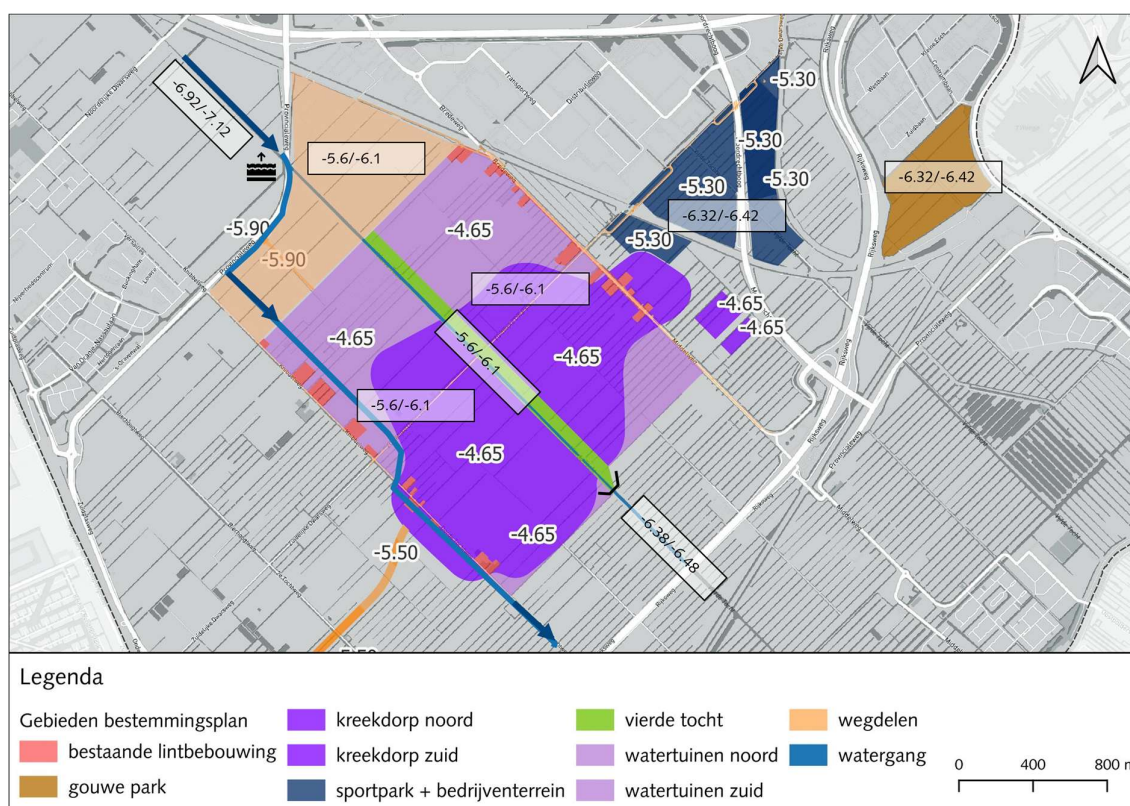


Figuur 42 P-belasting en debieten van in het kreekdorp en watertuinen in variant 5b



Figuur 43 Berekende waterstanden in het kreekdorp en watertuinen in variant 5b (klimaatscenario 2085 WH)

4.8 Variant 6: flexibel peil op 50 cm, één peilgebied

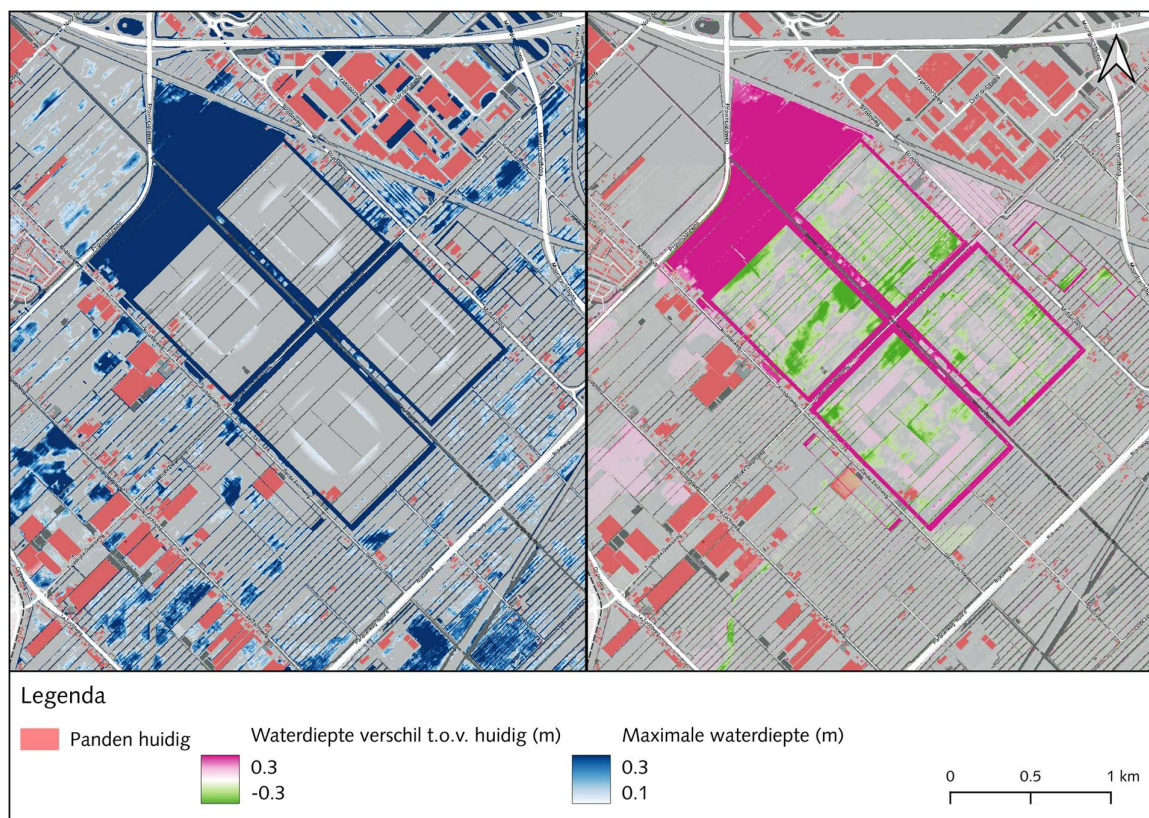


Figuur 41 Variant 6. De waterpeilen zijn weergegeven in de tekstvakken, de maaiveldhoogtes in de gebufferde teksten.

De laatste variant die in de modelleringen is meegenomen is variant 6. In deze variant is van het hele gebied één peilgebied gemaakt op flexpeil -5.6/-6.1 m N.A.P. Dit versimpelt het beheer en ook het gebruik van kunstwerken blijft beperkt tot één stuw aan de oostzijde van het gebied in de Vierde Tocht. De maaiveldhoogtes blijven gelijk aan Variant 0.

4.8.1 Waterkwantiteit in variant 6

De resultaten voor variant 6 zijn weergegeven in Figuur 45. Doordat het gekozen waterpeil voor het Energielandschap nu nog hoger is dan in de eerdere varianten worden de waterdieptes nooit lager dan 45 cm. Het Energielandschap is nu eigenlijk een meer. De waterstanden in de 4^e tocht zijn ook een stuk hoger. De waterstanden binnen de Watertuinen en het Dorp veranderen het minste opzichte van de andere varianten. De resultaten voor de omgeving en lintbebouwing blijven ook hetzelfde als beschreven in variant 0.



Figuur 42 Waterdieptes en waterdiepteverschillen t.o.v. huidig voor variant 6

4.8.2 Waterkwaliteit in variant 6

Voor Watertuinen/Dorp en voor het Energielandschap is de situatie gelijk aan variant 0 (Dit hangt ook deels samen met de wijze van modelleren, om de varianten vergelijkbaar te houden is het hele gebied nu niet samengenomen). Voor de 4^e Tocht zijn wel (geringe) verschillen zichtbaar met de andere varianten. Ook nu blijft de P-belasting echter boven de kritische belasting.

Een voordeel van deze variant is wel dat minder peilregulerende kunstwerken nodig zijn en er dus minder barrières zijn voor (ecologische) uitwisseling tussen verschillende delen van het watersysteem.

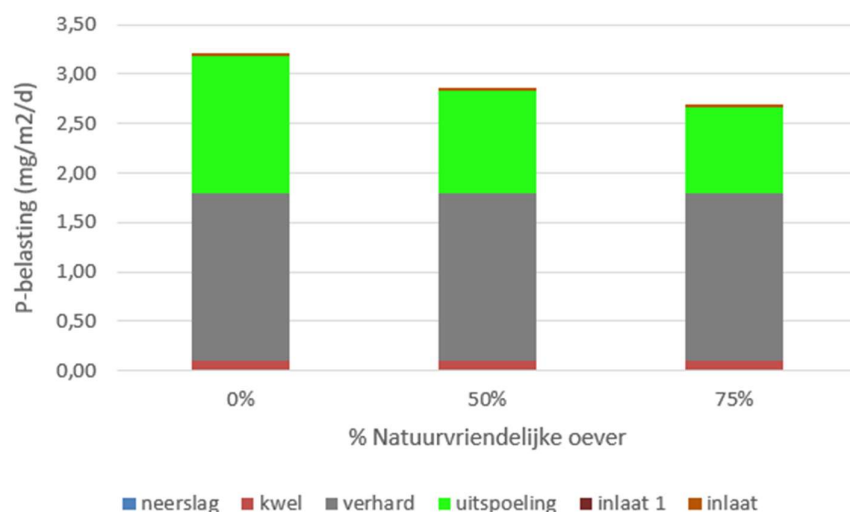
4.9 Effect overige maatregelen op de waterkwaliteit

Voor 2 mogelijke maatregelen die onafhankelijk van de (grootschalige) waterstructuur zijn, is een inschatting gemaakt van de mogelijke effecten op de waterkwaliteit. Het gaat om:

- Toepassing van natuurvriendelijke oevers om de waterkwaliteit te verbeteren;
- Toepassing van decentrale zuivering en lozing van het gezuiverde watersysteem op het lokale watersysteem.

4.9.1 Effect natuurvriendelijke oevers

Voor natuurvriendelijke oevers geldt dat zij nutriënten uit het water kunnen verwijderen. In de benadering is ervan uitgegaan dat uitspoeling van onverhard terrein, dat de oevers passeert wordt gezuiverd. De overige waterstromen worden niet behandeld. Voor het deelgebied Watertuinen/Dorp is een indicatieve berekening uitgevoerd waarbij voor de belasting via uitspoeling 50% reductie is toegepast. Er is een berekening uitgevoerd met 50 en 75% natuurvriendelijk ingerichte oevers (ter info 50% is nu uitgangspunt in de plannen). In Figuur 46 zijn de resultaten schematisch weergegeven.



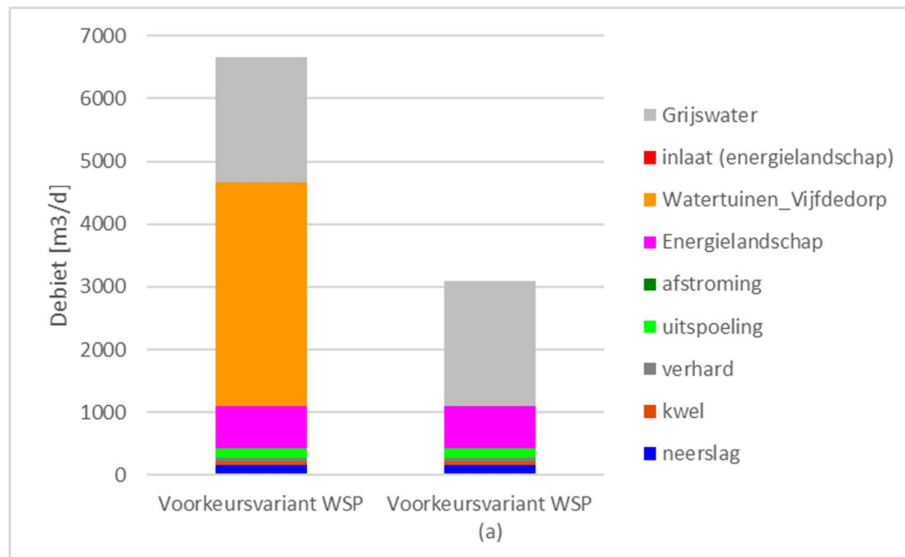
Figuur 43 mogelijke reductie P-belasting bij toepassing natuurvriendelijke oevers in Watertuinen/Dorp

De figuur laat zien dat de invloed op de belasting door uitspoeling aanzienlijk is. Ook de totaal belasting neemt af met maximaal 15 tot 20%. Of deze maatregel ook effectief is voor het Energielandschap hangt sterk af van de uiteindelijke inrichting: wordt het gebied deels opgehoogd, het uiteindelijk gekozen waterpeil en de lichtinval. Voor de 4e Tocht heeft deze maatregel indirect effect. Natuurvriendelijke oevers in de tocht zelf hebben beperkt effect omdat het grootste deel van het water van elders afkomstig is. Het toepassen van natuurvriendelijke oevers in Watertuinen/Dorp en het Energielandschap werken wel positief door, maar onvoldoende om voor de 4e Tocht onder de kritische belasting te blijven. Daarvoor zijn aanvullende maatregelen in het Energielandschap nodig. Mogelijke maatregelen daar zijn: het afdekken van de bodem met een dunne laag zand, diep ploegen van de huidige toplaag van de bodem, inzetten op natuurlijke zuivering door een deel van het gebied in te richten als helofytenfilter.

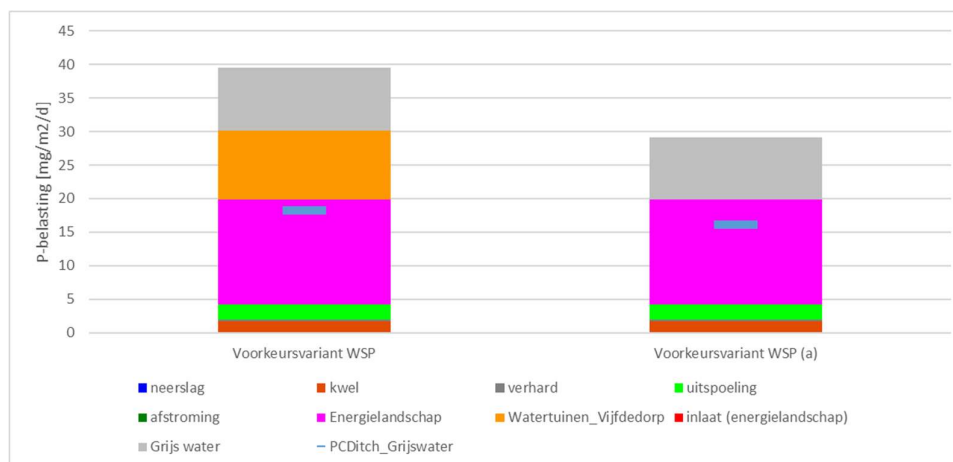
4.9.2 Effect lozing decentrale zuivering

Voor Cortelande bestaan plannen om grijsafval water lokaal te zuiveren. Waar het water dan geloosd gaat worden is nog niet bekend. De impact van de lozing is indicatief bepaald aan de hand van de volgende kentallen:

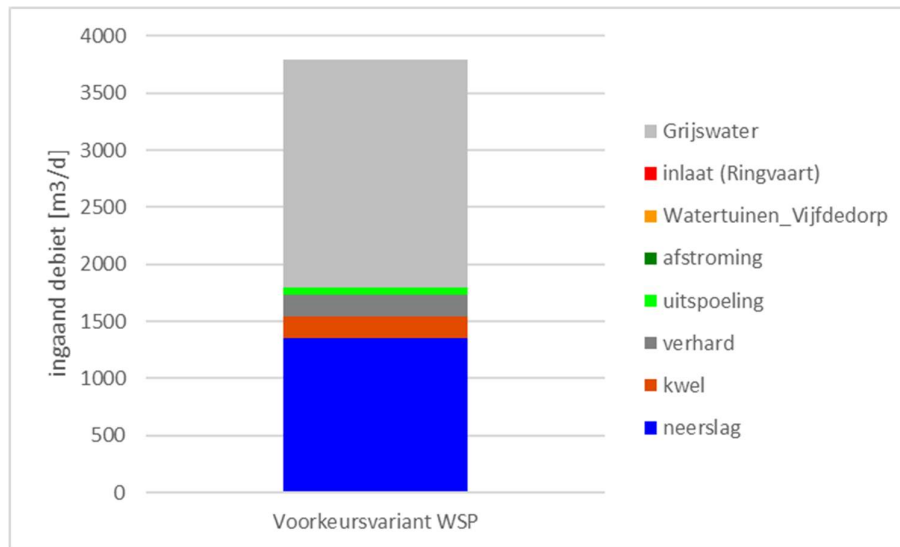
- 8.000 woningen;
- 2,5 inwoners per woning
- Productie grijs afvalwater 100 l/p/dag
- Concentratie P in gezuiverd afvalwater: 0,3 mg/l bij toepassing helofytenfilter en 0,5 mg/l bij toepassing membraanbioreactor (gebaseerd op onderzoek in opdracht van HHSK)



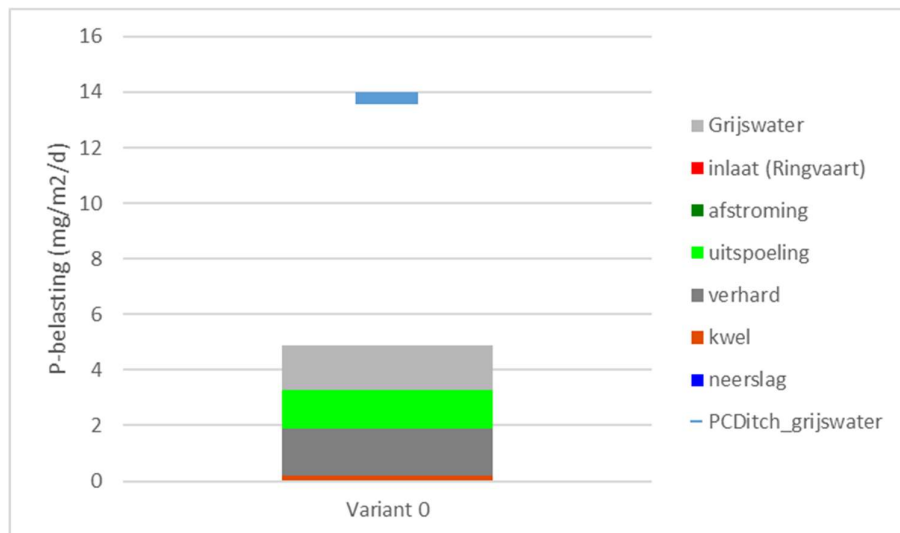
Figuur 47 Effect van gezuiverd grijswater op debieten 4^e Tocht (variant 0 en 0a)



Figuur 48 Effect van gezuiverd grijswater op belasting 4^e Tocht (variant 0 en 0a)



Figuur 49 Effect van gezuiverd grijswater op debieten Watertuinen en vijfde dorp



Figuur 50 Effect van gezuiverd grijswater op belasting Watertuinen en vijfde dorp

Dit betekent een belasting P met 0,6 of 1 kg dag maar tegelijk ook een aanzienlijke toename van de afvoeren. In bovenstaande varianten is dat geschematiseerd. Dit heeft aanzienlijke invloed. Bij belasting op Watertuinen/Dorp bedraagt de toename 50 tot 80%. Bij lozing op de 4^e Tocht is de relatieve bijdrage kleiner, maar nog steeds 30 tot 50%. Daarmee zou deze lozing een aanzienlijke invloed op de stoffenbalans en de waterkwaliteit hebben.

Een voordeel van de afvoer van behandeld grijsafvalwater is wel dat in de Watertuinen/Dorp er sprake van is continu voeding en daardoor geen inlaat van water meer nodig is. Overwogen kan worden om de decentrale zuivering meerdere afvoermogelijkheden te geven. Eén op de hoofdafvoerroute naar het gemaal waar de grootste waterstromen zich concentreren en een tweede (eventueel verdeeld over enkele lozingspunten) naar Watertuinen/Dorp om in dreigende perioden van water te zorgen voor extra aanvoer.





5 Beoordeling varianten

Onderstaande tabel geeft een overzicht of de varianten voldoen aan de gestelde eisen. Deze beoordeling wordt verder toegelicht per thema en per variant. De varianten verschillen niet bij het Gouwepark, de bedrijventerreinen en het sportpark, dus deze locaties zijn niet meegenomen in de beoordeling van de varianten.

Tabel 8 beoordeling varianten (Een groen vinkje betekent dat het thema voldoet, nvt (niet van toepassing) betekent dat er geen toetsbare eis vastligt, een grijs vinkje betekent dat het thema niet uitgewerkt is in de varianten, maar dat het halen van de eisen van dat thema wel mogelijk is in de variant. Een rood kruis betekent dat de variant niet voldoet op dat thema.

Thema	Waterkwantiteit	Beheerbaarheid watersysteem	Waterveiligheid	Bodemdaling	Afvalwaterketen	Waterkwaliteit	Te weinig water	Biodiversiteit
0. Voorkeurs-variant WSP	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt
1. GREX-variant	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt
2. Geen N-Z verbinding	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt
3. 2,5e Tocht (EVZ)	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt
4. Hoger maaiveld	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt
5. Lager maaiveld	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt
6. Flexibel peil hele dorp op 50 cm	✓	Nvt	Nvt	Nvt	✓	✗	✓	Nvt

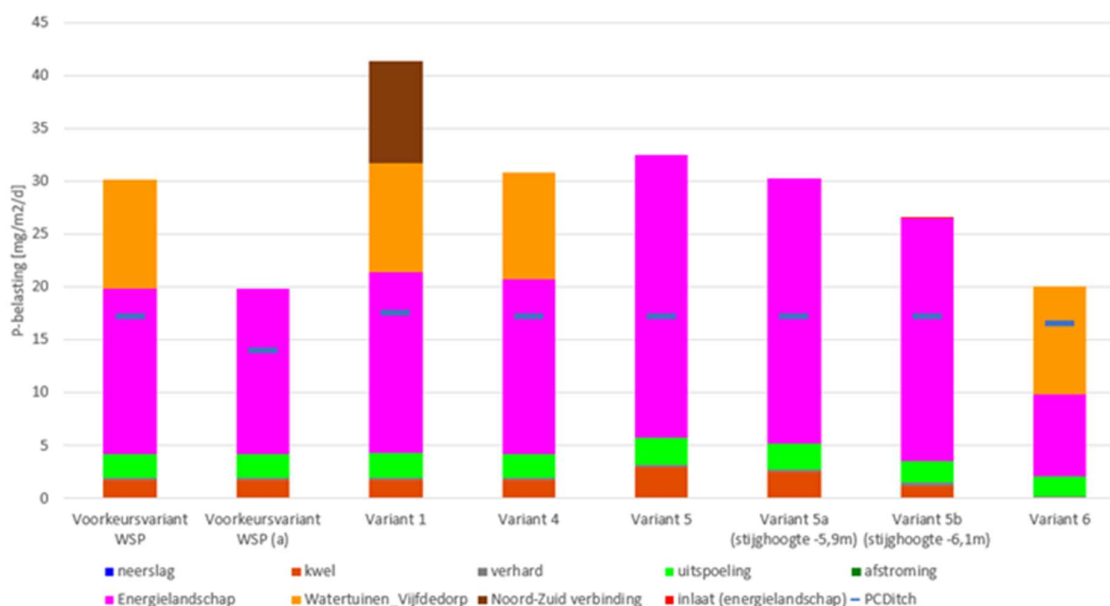
5.1 Beoordeling per thema

De beoordeling per thema is als volgt:

1. Voor Waterkwantiteit is getoetst op wateroverlast in de nieuwbouwgebieden en de omliggende bebouwing bij een bui van 90 mm in een uur. In het algemeen hebben de nieuwbouwgebieden ruim voldoende waterberging met 433 mm tot vloerpeil. Variant 5 heeft een maaiveld dat 20 cm verlaagd is en heeft daardoor 366 mm beschikbaar. Met deze waterberging is ook de bui van 200 mm geen probleem in de nieuwbouwgebieden zelf. De waterberging kan zelfs verminderd worden. Bij de omliggende lintbebouwing treedt op sommige plaatsen extra verhoging van de waterstanden op, vooral aan de Knibbelweg, Bredeweg en Middelweg. Dit wordt veroorzaakt doordat de waterafvoer bij deze locaties nu geblokkeerd is door de nieuwbouw en nog niet goed aangesloten is op het watersysteem. Een aanpassing van deze aansluiting op het watersysteem zal de meeste knelpunten zal oplossen; de beoordeling is daarom voorlopig.



2. De Beheerbaarheid van het watersysteem is niet als een toetsbare eis gedefinieerd. Voor de beheerbaarheid moet versnippering van het watersysteem door onderbemalingen in de lintbebouwing voorkomen worden. Voor de verschillende varianten is er geen groot verschil tussen de beheerbaarheid van het watersysteem, ook niet van de lintbebouwing. Alleen variant 6 heeft een beter beheerbaar watersysteem omdat het Dorp en de Watertuinen niet meer gescheiden zijn door de 4^e tocht, maar één watersysteem vormen.
3. De thema's Waterveiligheid, Bodemdaling en Biodiversiteit zijn niet getoetst, omdat geen toetsbare eis is gedefinieerd. De varianten met een grotere en kleinere verhoging van het huidige maaiveld hebben wel gevolgen voor de waterveiligheid en de bodemdaling. Volgens eerder uitgevoerde modelberekeningen³ zorgt de verlaging van het maaiveld met 20 cm t.o.v. de WSP-variant naar -4,85 mNAP voor een overstromingsdiepte van 15 cm bij een overstromingspeil van -4,70 mNAP. Daarnaast geeft deze variant 20 cm meer water op de 1e verdieping bij een overstroming vanuit de Hollandse IJssel als de vloerpeilen ook met 20 verlaagd worden.
4. De Waterkwaliteit wordt beoordeeld op de kritische nutriëntenbelasting. Voor de waterkwaliteit scoren alle varianten onvoldoende, maar binnen de varianten is er wel onderscheid in de mate van het niet behalen van de eisen. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende deelgebieden: Watertuinen/Dorp en Energielandschap voldoen steeds wel, maar de 4^e Tocht niet. De oorzaak hiervan is dat de belastingen samenkomen en worden geconcentreerd in de 4^e Tocht. De grootste onzekerheden zijn er voor de waterkwaliteit in het Energielandschap door de nalevering van de bestaande bodem en het ontbreken van concrete inrichtingsvoorstellen.



Figuur 44 4^e Tocht (langs Dorp): P-belasting varianten 0 tot en met 6

Een belangrijke achterliggende bron zijn nalevering (bij onderwater zetten) en de uitspoeling van nutriënten in het Energielandschap. Vanwege de samenstelling en het huidige landbouwkundig gebruik kan dit een aanzienlijke post zijn. Onderzoek naar de bodemkwaliteit is gewenst om dit

³ HKV, Overstromingsscenario's Zuidplaspolder, november 2022. In het scenario met overstroming vanuit de Gouwe lijkt het erop dat er geen rekening gehouden is met de verlaging van het waterpeil in de Gouwe als gevolg van de leegloop van de Gouwe. Ook is er geen rekening gehouden met inzet van compartimentering van de Rijnlandse Boezem met noodkeringen. Door compartimentering zakt het waterpeil in de Gouwe sneller en de leidt tot lagere waterstanden in de Zuidplaspolder.



te kwantificeren. Dit betekent ook dat in de uitwerking nog maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit kunnen worden toegevoegd. Maatregelen om de nalevering tegen te gaan zijn: het afdekken met een dun laagje (20 cm zand), afgraven van de toplaag of diepploegen zodat de toplaag (landbouwkundig gebruik) niet meer aan de oppervlakte ligt. De ontwikkeling van de waterkwaliteit is ook afhankelijk van de groeimogelijkheden van waterplanten en de mogelijkheden een deel van het gebied als helofytenfilter in te richten. Wanneer door zonnepanelen nauwelijks zon kan toetreden, heeft dit negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit. Bij een beperkte ophoging (of een lager waterpeil) wordt de nalevering vanuit de bodem kleiner, maar neemt de component uitstroming toe. Dit is ook afhankelijk van de afwatering van de zonnepanelen (via goten of juist via de bodem). Overwogen kan worden dit water te koppelen aan de omleiding van het water vanuit het noordwesten (richting omgeleide 3e Tocht bijvoorbeeld) zodat de 4e Tocht niet wordt belast met dit water en het gebied met een mindere waterkwaliteit zoveel mogelijk wordt beperkt. Een andere mogelijkheid om de waterkwaliteit in de 4^e Tocht te verbeteren is het nemen van de hiervoor genoemde maatregelen in het Energielandschap in combinatie met het benedenstrooms aansluiten van Watertuinen/Dorp op de 4^e Tocht. Dit zorgt voor een betere waterkwaliteit in de 4^e Tocht voor het gedeelte langs het dorp.

5. De Afvalwaterketen is in de varianten niet uitgewerkt en verschilt niet tussen de varianten. Wel is een analyse uitgevoerd naar de invloed van grijswater op de waterkwaliteit in het gebied waarbij de opties membraanbioreactor en helofytenfilter zijn vergeleken. De laatste optie is voor de fosfaatbelasting gunstiger. Bij geconcentreerde lozing op één locatie kan dit leiden tot waterkwaliteitsproblemen. Aan de andere kant kan behandeld grijsafvalwater in droge perioden wel watertekorten voorkomen. Om dit te benutten, kan worden overwogen om de decentrale zuivering meerdere afvoermogelijkheden te geven. Eén op de hoofdafvoerroute naar het gemeaal waar de grootste waterstromen zich concentreren en een tweede (eventueel verdeeld over enkele lozingspunten) naar Watertuinen/Dorp om in dreigende perioden van water te zorgen voor extra aanvoer.
6. Te weinig water wordt beoordeeld op de invloed van inlaatwater op de kwaliteit van het oppervlaktewater en de kwetsbaarheid voor toekomstige beschikbaarheid van inlaat water. De hoeveelheid inlaatwater is beperkt en zorgt in geen van de varianten voor een onvoldoende waterkwaliteit. Wel zijn varianten 1 en 4 kwetsbaarder voor watertekort (variant 1 door de geringe peilvariatie, variant 4 door wegzijging).
7. Voor de Biodiversiteit wordt getoetst op de eis dat de huidige waterkwaliteit in de Groene Waterparel behouden blijft. In alle varianten is er geen verslechtering ten opzichte van de huidige situatie. In droge perioden is de waterkwaliteit van het inlaatwater maar zeer beperkt afhankelijk van Cortelande. Dit omdat er in droge perioden geen afvoer vanuit het Dorp of Energielandschap is (waterstand is lager dan stuwpeil). Dit betekent dat inlaatwater elders uit het peilvak van de 4^e Tocht wordt aangetrokken, of uiteindelijk inlaatwater uit de Ringvaart.

5.2 Beoordeling per variant

De beoordeling per variant is als volgt:

0. De **Voorkeursvariant WSP** heeft een flexibel peil van 50 cm en een omleiding voor het water uit de Noord-Zuidverbinding. Het flexibel peil van 50 cm wordt niet volledig gebruikt, maar het waterpeil daalt in droge zomers tot ongeveer 40 cm onder het bovenpeil. De waterkwaliteit in de 4e tocht voldoet niet (170% van de kritische belasting) vanwege de nalevering vanuit het energielandschap. In het Dorp, de Watertuinen en het energielandschap zelf voldoet de waterkwaliteit wel. De waterberging voor extreme neerslag is in deze en volgende varianten ruim voldoende.
1. In de **GREX-variant** is de waterkwaliteit in de 4^e tocht het slechtst van alle varianten omdat zowel het water uit de NZ-verbinding als het water uit het Energielandschap door de 4^e Tocht



geleid wordt (220% van de kritische belasting). Het flexibel peil van 30 cm zorgt ervoor dat in een aantal zeer droge zomers aanvoer van buiten het gebied nodig is. De invloed van deze aanvoer op de waterkwaliteit is zeer beperkt ten opzichte van de toelaatbare nutriëntenbelasting.

2. **Geen NZ-verbinding.** In deze variant wordt er geen nutriëntrijk water vanuit het noorden van de A12 afgevoerd naar het zuiden. Voor het Dorp, de Watertuinen en het energielandschap is er geen verschil met variant 0. De 3^e Tocht (of de omgeleide 3^e Tocht) worden niet belast door het noordwestelijk gebied. Daardoor is de P-belasting lager dan in de andere varianten en is deze ongeveer gelijk aan de kritische belasting.
3. **2,5e tocht.** In deze variant is gekeken naar een extra watergang voor de afvoer uit het water uit het noordwestelijke gebied. De dimensies zijn bepaald op basis van de afvoercapaciteit. In dat geval over treft de P-belasting de kritische belasting.
4. **Hoger maaiveld.** Aanleg van een hoger maaiveld, met bijbehorende hogere waterpeilen heeft nauwelijks effect op de waterkwaliteit omdat in de 0 variant al nauwelijks sprake is van kwel. Ook voor de wateroverlast maakt het geen verschil omdat de waterpeilen net zoveel gestegen zijn als het maaiveld.
5. **Lager maaiveld.** In deze variant is het waterpeil niet aangepast, maar het maaiveld wel verlaagd. Dit betekent dat de beschikbare berging voor extreme neerslag afneemt, maar nog steeds ruim voldoende is. In de simulatie inundeert ook het onverhard laag, maar is er voldoende berging om niet naar de omgeving af te voeren bij extreme neerslag. Het Dorp en de Watertuinen voeren nu niet rechtstreeks, maar via het energielandschap af naar de 4^e Tocht. Voor de waterkwaliteit heeft dit nauwelijks effect.
6. **Flexibel peil hele dorp.** Deze variant heeft een beter beheerbaar watersysteem omdat het Dorp en de Watertuinen niet meer gescheiden zijn door de 4^e tocht, maar één watersysteem vormen met de 4^e tocht en het Energielandschap. De waterstanden in de 4^e tocht en in het Energielandschap nemen fors toe. Voor de waterkwaliteit is er nauwelijks verschil. Wel heeft deze variant als voordeel dat ecologische barrières in het watersysteem zijn verdwenen.
7. **Achterkant sigarendoosberekeningen.** Hier zijn 2 mogelijke ingrepen doorgerekend en beoordeeld. Ten eerste de aanleg van natuurvriendelijke oevers en daarnaast de lozing van gezuiverd grijs afvalwater.
 - a. Voor de aanleg van natuurvriendelijke oevers geldt dat er sprake is van een significant lagere belasting vooral in gebieden die vooral door gebiedseigen water worden gevoed (Dorp, Watertuinen en energielandschap). Hier kan 15 tot 20% reductie worden bereikt wanneer maximaal wordt ingezet op natuurvriendelijke oevers. Bij watergangen die vooral worden gevoed van water van buiten is het effect minder. In de hier beoordeelde varianten heeft het toepassen van natuurvriendelijke oevers uiteindelijk geen doorslaggevende rol in de beoordeling.
 - b. Voor lozing van behandeld grijs afvalwater geldt dat dit kan leiden tot aanzienlijke extra belasting (30 tot 50%) afhankelijk van de wijze van behandeling en het lozingspunt. Dit is aanzienlijk en niet wenselijk vanuit waterkwaliteitsoogpunt. Voor het watertekort in droge perioden is aanvoer wel gunstig onder voorwaarde dat het water behandeld is en wordt gestreefd naar een maximaal zuiveringsrendement (voor fosfaat bijvoorbeeld door toepassen van een helofytenfilter). Uiteindelijk heeft deze lozing geen doorslaggevende rol in de toetsing van de waterkwaliteit. Delen die goed scoorden, blijven goed scoren. Bij geconcentreerde lozing op één locatie kunnen lokaal wel waterkwaliteitsproblemen optreden. Overwogen kan worden om de decentrale zuivering meerdere afvoermogelijkheden te geven. Eén op de hoofdafvoerroute naar het gemaal waar de grootste waterstromen zich concentreren (en de relatieve bijdrage



van deze lozing beperkt is) en een tweede (eventueel verdeeld over enkele lozingspunten) naar Watertuinen/Dorp om in dreigende perioden van watertekort te zorgen voor extra aanvoer.



6 Conclusies en aanbevelingen

Deze rapportage onderzoekt welke principekeuzes nodig zijn voor een goed watersysteem van het Middengebied in de Zuidplaspolder. Deze principekeuzes zijn nodig voor de verdere uitwerking van een Waterhuishoudingsplan. Om te bepalen wat een goed watersysteem is, hebben de gemeente en het waterschap eerst de doelen en eisen opgesteld voor het watersysteem. Vervolgens heeft de projectgroep een aantal varianten opgesteld en modelmatig getoetst aan de eisen. Hieronder volgen de belangrijkste conclusies en aanbevelingen voor het vervolg.

1. **Geen van de varianten scoort voldoende** op de getoetste punten. De oorzaak hiervan is vooral dat de score op waterkwaliteit van de Vierde Tocht onvoldoende is vanwege uitspoeling uit het Energielandschap en aanvoer uit de Noord-Zuidverbinding. De mate waarin de varianten goed of slecht scoren, verschilt wel. Dit geeft inzicht in de gevoeligheid van de getoetste punten voor de varianten.
 - a. Wij bevelen aan om op basis van de onderstaande concrete aanbevelingen een nieuwe variant op te stellen en deze uit te werken en te toetsen in het waterhuishoudingsplan.
2. **Waterkwantiteit.** Alle nieuw te ontwikkelen gebieden voldoen ruim⁴ aan de eis voor 90 mm en 200 mm neerslag als het percentage open water en waterberging ook daadwerkelijk aangelegd wordt.
 - a. Wij bevelen aan om een deel van het oppervlak aan waterberging in de te ontwikkelen gebieden in te zetten voor andere doelen, zoals oppervlak voor waterberging van de lintbebouwing. De ondergrens van totale waterberging in de te ontwikkelen gebieden is daarbij 200 mm over het gehele oppervlak.

De nieuwe gebieden voeren relatief weinig water af naar het omliggend gebied bij extreme neerslag, maar in de oorspronkelijke situatie zorgen deze locaties voor waterberging vanuit de lintbebouwing. In de nieuwe situaties treden op een aantal plekken hogere waterstanden op in het omliggend gebied bij een bui van 90 mm, specifiek voor de lintbebouwing aan de Knibbelweg, de driehoek bij de Bredeweg en de Middelweg. Dit is op te lossen door het toevoegen van extra afvoerroutes en waterberging voor de lintbebouwing.

 - b. Wij bevelen aan om voor de lintbebouwing maatregelen te treffen om de waterafvoer en -berging van de lintbebouwing te verbeteren. Concreet stellen we voor om een doorgaande watergang tussen de nieuwe gebieden en de lintbebouwing aan te leggen die zorgt voor waterberging, waterafvoer en stabilisering van het grondwaterpeil.

Het Energielandschap heeft in de huidige plannen een laag maaiveld en een hoog waterpeil. Dit zorgt ervoor dat het gebied permanent nat is, terwijl er wel plannen zijn voor het plaatsen van infrastructuur voor het opwekken van energie. Dit bemoeilijkt de toegankelijkheid en het onderhoud aan het gebied.

 - c. Wij bevelen aan om met een gesloten grondbalans kleine verhogingen en verlagingen in het gebied aan te brengen om een duidelijker onderscheid te maken tussen droog en nat. Daarnaast bevelen we aan om te onderzoeken of het waterpeil in het Energielandschap lager kan, zonder een grote verslechtering van de waterkwaliteit door kwel.
3. **De beheerbaarheid van het watersysteem** is niet als een toetsbare eis gedefinieerd. Voor de beheerbaarheid moet versnippering van het watersysteem door onderbemalingen in de lintbebouwing voorkomen worden. Voor de verschillende varianten is er geen groot verschil tussen de beheerbaarheid van het watersysteem, ook niet van de lintbebouwing. Alleen variant 6 heeft een beter beheerbaar watersysteem omdat het Dorp en de Watertuinen niet meer gescheiden zijn door de 4e tocht, maar één watersysteem vormen. De buisleidingenstraat komt in deze variant wel onder water te staan (bovenpeil -5,6 mNAP ipv -5,95 mNAP). Daarnaast komt ook het energielandschap permanent onder water te staan.
 - a. Zolang er geen akkoord is vanuit de beheerder van de buisleidingenstraat, bevelen we aan om het peil in de buisleidingenstraat op -5,95/-6,35 mNAP aan te houden.

⁴ In de basisvarianten is 433 mm waterberging beschikbaar, uitgaande van 13% open water in het bebouwd gebied.



4. De thema's **Waterveiligheid, Bodemdaling en Biodiversiteit** zijn niet getoetst, omdat hiervoor geen toetsbare eis is gedefinieerd. De varianten met een grotere en kleinere verhoging van het huidige maaiveld hebben wel gevolgen voor de waterveiligheid en de bodemdaling.
5. **De Afvalwaterketen** is in de varianten niet uitgewerkt en verschilt niet tussen de varianten. Wel is een analyse uitgevoerd naar de invloed van grijswater op de waterkwaliteit in het gebied waarbij de opties membraanbioreactor en helofytenfilter zijn vergeleken. De laatste optie is voor de fosfaatbelasting gunstiger. Bij geconcentreerde lozing op één locatie kan dit leiden tot waterkwaliteitsproblemen. Aan de andere kant kan behandeld grijsafvalwater in droge perioden wel watertekorten voorkomen.
 - a. We bevelen aan om voor een eventuele decentrale zuivering een helofytenfilter te gebruiken en meerdere afvoermogelijkheden te geven: één op de hoofdafvoerroute naar het oppervlaktewatergemaal waar de grootste waterstromen zich concentreren en een tweede (eventueel verdeeld over enkele lozingspunten) naar Watertuinen/Dorp om in perioden van dreigende watertekort te zorgen voor extra aanvoer.
6. **Waterkwaliteit.** De berekende slechte waterkwaliteit in de 4e tocht is de belangrijkste reden dat geen van de varianten voldoet aan de eis voor de waterkwaliteit. De Watertuinen, het Dorp en het Energielandschap voldoen wel. De slechte waterkwaliteit in de 4e tocht is het gevolg van de berekende uitspoeling van voedingstoffen uit het Energielandschap. Voor het Dorp, de Watertuinen en het Energielandschap zelf worden de doelstellingen voor waterkwaliteit wel behaald. De omvang van de uitspoeling is onzeker, maar gezien het huidige agrarisch gebruik is de uitspoeling zeer waarschijnlijk te groot voor een goede waterkwaliteit in de Vierde Tocht.
 - a. We bevelen aan om de bodemkwaliteit te onderzoeken om een betere inschatting van de uitspoeling van nutriënten te kunnen maken.
 - b. Vooruitlopend op het bovenstaande onderzoek, bevelen we aan om de afvoer van het Energielandschap om het dorp te leiden.
 - c. Samen met de omleiding van de afvoer bevelen we aan om het Energielandschap te voorzien van een zuiverende voorziening in de vorm van helofytenfilters om de waterkwaliteit in het Energielandschap en daarmee ook van de afvoer te verbeteren. Hierbij moet rekening gehouden worden met de plaatsing van de zonnepanelen in verband met beschaduwing.

Een hoger waterpeil zorgt voor minder kweldruk en minder instroom van nutriënten in het dorp en de 4e tochtzone. Bij de voorgestelde peilverhogingen is de invloed van kwel op de waterkwaliteit in het Dorp en de Watertuinen echter zeer beperkt en treedt er tijdens een groot deel van het jaar wegzijging op. De recent gemeten grondwaterstand op de plek van het Dorp is ongeveer -6,1 mNAP. We verwachten op de langere termijn geen grote stijging (zie ook MER Sweco, 2023 deelrapport Water, bodem, klimaat) van het grondwater, omdat de grondwaterstanden vooral bepaald worden door de ingestelde polderpeilen in het gebied en de omgeving en de waterstanden in rivieren en kanalen in de omgeving. Om rekening te houden met een toekomstige grondwaterstijging is een grondwaterstand van -5,9 mNAP in dit onderzoek gebruikt.

- d. We bevelen aan om, ten opzichte van de WSP-variant, de bovenwaterpeilen 20 cm te laten zakken in het Dorp en de Watertuinen naar -5,8 mNAP. Het bovenwaterpeil van de 4e Tocht en het Energielandschap blijft op het niveau van de WSP-variant (-5,95 mNAP), omdat hier relatief meer kwel optreedt dan in het Dorp en de Watertuinen. We bevelen ook aan om het maaiveld in het Dorp en de Watertuinen 20 cm minder op te hogen naar -4,85 mNAP. Het bovenste waterpeil van -5,8 mNAP zorgt dan nog steeds voor infiltratie en het terugdringen van kwel waarbij de wegzijgingsverliezen naar de ondergrond beperkt blijven. In de toekomst is stijging van de stijghoogte van het diepe grondwater te verwachten door vooral het opzetten van waterpeilen in het plangebied maar ook in beperkte mate door zeespiegelstijging. Ook bij een toename van de stijghoogte met 0,2 m blijft de infiltratie de overhand houden en zullen ook perioden met beperkte kwel optreden, maar fors minder dan nu het geval is.



De opgestelde waterbalansen geven een redelijke inschatting van de kwel en wegzijging, waarbij de verschillen tussen waterpeil en stijghoogte sterk worden gereduceerd ten opzichte van de huidige situatie.

- e. Om de effecten van de nieuwe waterpeilen en de zeespiegelstijging op de grondwaterhydrologie verder in detail te kwantificeren bevelen we aan om een geohydrologische modelstudie uit te voeren.

Volgens eerder uitgevoerde modelberekeningen van HKV treedt er bij een doorbraak vanuit de Gouwe een overstroming op bij Cortelande met een niveau van -4,70 mNAP. Deze berekening lijkt geen rekening te houden met de compartimentering en leegloop van de Rijnlandse boezem. De verlaging van het maaiveld met 20 cm t.o.v. de WSP-variant naar -4,85 mNAP zorgt in de uitgevoerde berekening voor een overstromingsdiepte van het maaiveld van 15 cm. Daarnaast geeft deze variant 20 cm meer water op de 1e verdieping bij een overstroming vanuit de Hollandse IJssel als de vloerpeilen ook met 20 cm verlaagd worden.

- f. We bevelen aan om de uitgangspunten van de leegloop van de Gouwe bij de overstromingsberekeningen te controleren en de gevolgen van het 20 cm minder opheffen van het maaiveld van het Dorp en de Watertuinen voor de waterveiligheid te overleggen met de Veiligheidsregio.

Om nutriënten en vervuiling vanuit de Noord-Zuidverbinding en uitspoeling uit het Energielandschap niet door Cortelande te leiden via de 4e Tocht is er een extra omleiding nodig. Waterhuishoudkundig is er geen sterke voorkeur voor de ligging van deze omleiding. De gedeeltelijke omleiding via de 3e Tocht ligt in het plangebied en is daarmee mogelijk minder onzeker qua realisatie.

- g. We bevelen aan om de afvoer vanuit de Noord-Zuidverbinding en het Energielandschap niet door de 4^e tocht te laten lopen maar via de aan te leggen 2,5^e tocht of de gedeeltelijk omgeleide 3^e Tocht te laten lopen.

- 7. **Te weinig water.** Uit de analyse blijkt dat een flexibel peil van 30 cm, ook in de Watertuinen en het Dorp, voldoende is om zelfs droge zomers zonder grote inlaat door te komen. Een kleine hoeveelheid inlaat is niet bedreigend voor de waterkwaliteit. In de toekomst verwachten we wel langere perioden van droogte door klimaatverandering.

- a. Om extra zekerheid in te bouwen en te anticiperen op klimaatverandering bevelen we aan om een flexibel peil van 40 cm te hanteren in het Dorp, de Watertuinen, het Energielandschap en de 4^e Tocht. Bij 40 cm flexibel peil is de inlaat beperkt en blijft de P-belasting ver onder de kritische belasting in het Dorp/Watertuinen en het Energielandschap. Een variant met een flexibel peil van 40 cm is aanvullend doorgerekend om dit te toetsen.
- b. Het instellen van een 20 cm hoger waterpeil dan de WSP-variant in het Dorp en de Watertuinen leidt tot meer wegzijging en een grotere behoefte aan inlaatwater. Daarom wordt verhogen van het waterpeil niet aanbevolen.



7 Bibliografie

Groenendijk, P., & Renaud, L. (2024). *Emissieconcentraties voor nutriëntenbalansen van oppervlaktewater*. Amersfoort: STOWA.

Smolders, F., van Mullekom, M., Tomassen, H., & Westendorp, P.-J. (sd). *Waterkwaliteitsproblemen tot in de bodem uitgezocht*. Onderzoekscentrum B-WARE.

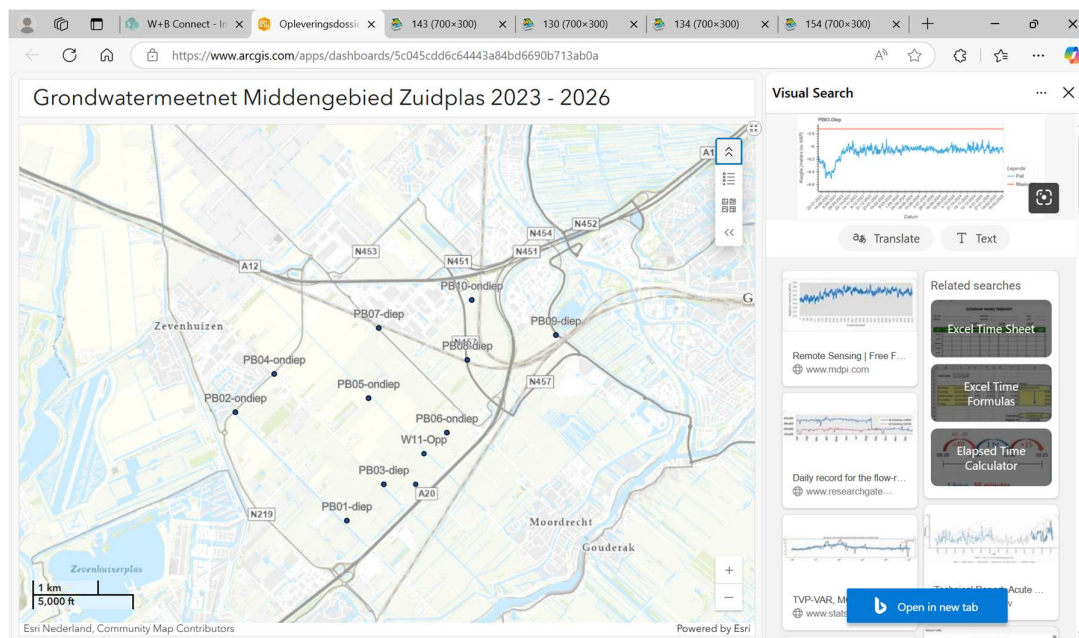
Tamis, H., Schep, S., & van Dijk, A. (2018). *Waterstromen in beeld - Handleiding bij de Excelrekening Waterbalans*. Amersfoort: STOWA.



Bijlage: gemeten stijghoogten in het gebied

Analyse gemeten stijghoogten diepe peilbuizen Cortelande

In en rondom Middengebied zijn enkele ondiepe en diepe peilbuizen geplaatst. Deze notitie geeft een korte analyse van de gemeten stijghoogten in de diepe peilbuizen. Deze analyse is uitgevoerd om de kwel in de waterbalansen zo goed mogelijk te kunnen inschatten.



De locaties van de peilbuizen zijn weergegeven op bovenstaande kaart:

- Peilbuizen 1 en 3 aan de zuidwest kant van Cortelande;
- Peilbuis 7 aan de noordkant van Cortelande (dorp);
- Peilbuizen 8 en 9 aan de noord kant van het Middengebied bij de geplande bedrijventerreinen en het Koning Willem I bos.

Aan de zuidwest kant van het plangebied staat geen diepe peilbuis.

Op basis van een snelle analyse, zijn de gemiddelde stijghoogten:

- Peilbuis 1: NAP -6,0 tot NAP -6,1 m;
- Peilbuis 3: NAP -6,0;
- Peilbuis 5: NAP -6,1m;
- Peilbuis 7: NAP -6,2 m;
- Peilbuis 8: NAP -6,1 m;
- Peilbuis 9: NAP -5,7 m,

De lage metingen uit het begin van de meetperiode (peilbuis 1 en 3) en eind 2024 (peilbuis 8 en 9) zijn hierin niet meegenomen.

Wanneer we alleen kijken naar het woongebied Cortelande zijn de peilbuizen 8 en 9 minder relevant. Er kan dan worden uitgegaan van een gemiddelde stijghoogte van NAP -6,1 m. Dit is iets lager dan de waarde die in het WSP is gehanteerd (NAP -5,9 m).

