

Waterbalans Oosterwold fase 1

Waterboekhouding Oosterwold fase 1: Een verkenning van het watersysteem Oosterwold fase 1A en 1B in de praktijk



Afbeelding titelpagina: Maak Oosterwold (2024). Leven in Oosterwold Via <https://maakooosterwold.nl/leven-in-oosterwold/>

Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C1	13-06-2024	90% versie ter goedkeuring opdrachtgever	18-06-24	
D1	21-06-2024	100% versie definitieve oplevering	21-6-24	

Sweco Nederland B.V.	Handelsregister 30129769
Onderwerp	N/A
Projectnummer	51022366
Klant	Gemeente Almere
Auteur	Julia de Niet, Tessa Andringa & Rob Nijholt
Datum	21-06-24
Versie	D1 - 100% versie
Documentreferentie	Waterbalans Oosterwold fase 1A en 1B D1 - 100%

Inhoudsopgave

Management samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Werkwijze	5
1.2 Inrichtingsmaatregelen.....	5
2 Aanpak	7
2.1 Gebruikte data en detailniveau	7
2.2 Waterbalans	7
2.2.1 Scenario's	9
2.2.2 Oppervlaktes.....	12
2.3 Toetsen inrichtingsmaatregelen.....	13
3 Resultaten	14
3.1 Werking watersysteem.....	14
3.2 Waterbalansen en inrichtingsmaatregelen.....	17
3.2.1 Waterbalans huidige situatie	18
3.2.2 Waterbalans toekomstige situatie.....	21
4 Conclusies en aanbevelingen	24
4.1 Aanbevelingen	25
Verwijzingen	27
Bijlage 1 – Verharding uit GIS-tool	28

Management samenvatting

De kavels volstaan in hun eigen waterberging in een periode van extreme neerslag (T100 bui) als beide maatregelen worden toegepast. Dit betekent dat er geen wateroverlast wordt afgewenteld van privaat naar publiek. Enkel 2% waterberging op een kavel volstaat niet op zichzelf om wateroverlast te voorkomen. Daarom is het nodig 11,5 m³ per 100 m² verharding te realiseren. Dit is conform de huidige beleid in Oosterwold fase 1. Aangezien dit is berekend voor het hele gebied kunnen er uitzonderingen zijn op het niveau van velden (gebieden tussen sloten).

Droogte is een nadrukkelijk probleem in het gebied gezien de gewenste stadslandbouw. In droge perioden dalen de grondwaterstanden en de waterpeilen in de watergangen. Wanneer er voldoende water nodig om de stadslandbouw te voorzien van water is het nodig om water vast te houden, te bergen of water aan te voeren.

Wanneer er voor oplossingen wordt gekozen komt er meer water in Oosterwold fase 1. Hier ontstaat een spanning tussen het water vast willen houden voor droogte en het water af te willen voeren om wateroverlast te voorkomen. Wanneer inrichtingsmaatregelen voor droogte worden genomen is het nodig om genoeg waterafvoer te waarborgen.

Inrichtingsmaatregelen in het gebied kunnen op meerdere schaalniveaus genomen worden waaronder gebied, veld-, en kavelniveau. Deze maatregelen worden momenteel opgehaald in de werkateliers voor het waterplan.

1 Inleiding

Deze notitie beschrijft de werking van het watersysteem in Oosterwold fase 1A en 1B en toetst verschillende maatregelen voor waterafvoer voor beide fasen aan de hand een waterbalans. Doel van het opstellen van de waterbalans is om het watersysteem, in zowel de huidige als toekomstige situatie inzichtelijk te maken voor bewoners en betrokken overheden. Het zichtjaar dat wordt aangehouden voor de toekomstige situatie is het jaar 2050. Hiermee wordt aangesloten op het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie waarin wordt gewerkt naar een klimaatbestendig en waterrobuust Nederland in 2050. Dit geeft inzicht in de toekomstbestendigheid van Oosterwold fase 1A en 1B op het gebied van waterkwantiteit.

Uitkomsten van de waterbalans kunnen bijdragen aan afwegingen voor te nemen maatregelen in Oosterwold fase 1. Voor Oosterwold fase 1A zijn dit maatregelen in het reeds gerealiseerde gebied. Dit geldt ook voor Oosterwold fase 1B waar ook de mogelijkheid bestaat om plannen aan te passen aangezien het gebied nog niet volledig is gerealiseerd.

1.1 Werkwijze

Voorafgaand aan het opstellen van de waterbalans is het watersysteem in beeld gebracht. Vervolgens zijn verkennende berekeningen gemaakt om de waterstromen in het gebied te kwantificeren waarbij een waterbalans is opgesteld. Beide stappen zijn uitgevoerd op basis van bestaande informatie die door het Waterschap Zuiderzeeland en de Gemeente Almere zijn ontsloten.

De waterbalansen zijn opgesteld voor de gehele gebieden van fase 1A en 1B. Op deze manier kan een integraal beeld worden geschept van de context waarin mogelijke maatregelen worden toegepast. De waterbalansen zijn voor drie verschillende situaties opgesteld: de gemiddelde jaarlijkse situatie, extreme neerslag en een droge periode. Voor de situatie met extreme neerslag is ook een waterbalans opgesteld op de schaal van een individuele kavel, naast die voor het hele gebied. Op deze manier kan worden getoetst of bij extreme neerslag effecten van privaat naar publiek terrein worden afgewenteld.

Parallel aan het opstellen van de waterbalans loopt een omgevingsproces waarin de bewoners van Oosterwold fase 1A en 1B een waterplan voor het gebied opstellen in samenwerking met de betrokken overheden. De waterbalans dient als input voor dit proces.

1.2 Inrichtingsmaatregelen

Om wateroverlast te voorkomen zijn twee maatregelen opgenomen in het bestemmingsplan voor Oosterwold (Gemeente Almere, 2022). De maatregelen zijn:

1. Minimaal 11,5 m³ waterberging per 100 m² verharding op kavels wordt toegevoegd.
2. Op elke kavel wordt 2% van het totale oppervlak ingericht als waterberging.

Het functioneren van deze maatregelen wordt getoetst met de waterbalansen voor de extreme neerslag situatie en droge periode.

2 Aanpak

2.1 Gebruikte data en detailniveau

De werking van het watersysteem in Oosterwold fase 1A en fase 1B is in kaart gebracht door een GIS-analyse uit te voeren (zie hoofdstuk 3.1). Hier zijn verschillende bronnen voor geraadpleegd:

- [1] Legger van waterschap Zuiderzeeland: Oppervlaktewatersysteem en kunstwerken (stuwen, duikers, gemalen, etc.), peilen en peilvakken
- [2] Actueel hoogtebestand Nederland (AHN4): maaiveld
- [3] DINO-loket: grondwaterstanden (BRO-grondwaterspiegeldiepte GxGs) en Bodemgegevens (BRO bodemkaart 2023-1)
- [4] Provincie Flevoland: kwel en wegzijging

Op basis van de GIS-Analyse is een waterbalans opgesteld voor Oosterwold fase 1A en 1B. Ook zijn er normen en kengetallen gebruikt om de waterbalans op te stellen. De intergemeentelijke structuurvisie (Gemeente Zeewolde & Gemeente Almere, 2013) diende hierbij als uitgangspunt.

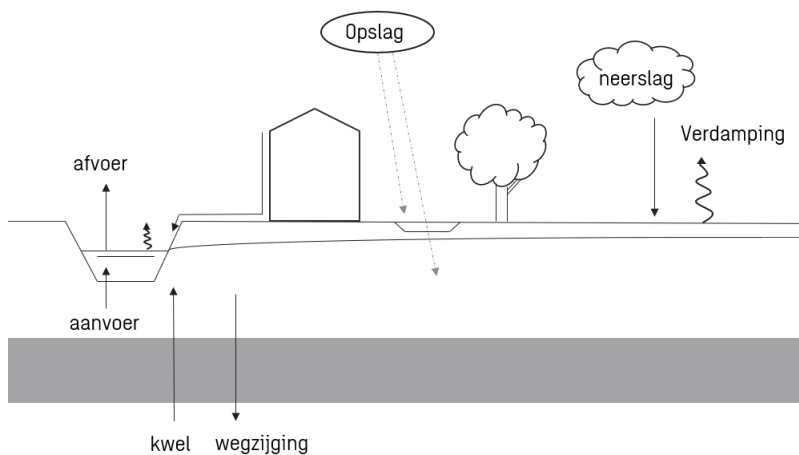
De beschikbare informatie over het watersysteem in Oosterwold fases 1A en 1B is gelimiteerd tot bovenstaande bronnen. Het detailniveau waarop deze waterbalans is opgesteld is hierdoor bepaald, in afstemming met de Gemeente Almere. De opgestelde waterbalans geeft de werking van het watersysteem in Oosterwold fase 1A en 1B op hoofdlijnen weer.

2.2 Waterbalans

De waterbalans geeft inzicht in het hydrologisch functioneren van een watersysteem door het in beeld te brengen van de inkomende en uitgaande waterstromen binnen een gebied. Op basis van de oppervlaktes binnen het gebied en de waterstromen kan een balans van het watervolume opgesteld worden. Door de waterstroom van aantal millimeters per oppervlakte-eenheid te vermenigvuldigen met de bijbehorende oppervlakte, wordt een balans opgesteld met de grootte van alle waterstromen in kubieke meters water per tijdseenheid.

Waterbalans

De waterbalans bestaat uit inkomende en uitgaande waterstromen en opslag. De inkomende waterstromen bestaan uit neerslag, kwel en aanvoer. De uitgaande waterstromen bestaan uit verdamping, wegzijging en afvoer. De opslag bestaat uit waterberging/buffer in het systeem. Het verschil in inkomende en uitgaande waterstromen leidt tot een verschil in opslag in het gebied. Zowel de waterstromen als de beschikbare opslagcapaciteit worden beïnvloed door het veranderlijke klimaat en menselijke ingrepen in het watersysteem.



Figuur 2-1 - Principe van de waterstromen en opslag in een waterbalans

De componenten van een waterbalans en hoe deze zijn bepaald voor Oosterwold fases 1A en 1B staat hieronder toegelicht:

- **Neerslag (inkomend)**
Neerslag valt over het totale oppervlak van een gebied en stroomt vervolgens af van verharding richting het watersysteem. Van onverharde oppervlaktes zoals gras of landbouwgrond stroomt neerslag vaak niet af omdat het infiltreert, verdampt of blijft staan. Op vele punten in Nederland wordt dagelijks gemeten hoeveel millimeter neerslag er valt. Op deze manier is een landsdekkende kaart gevormd van de jaarlijkse neerslaghoeveelheden en worden neerslagstatistieken afgeleid. Deze zijn gebruikt als input voor de neerslagcomponent voor de waterbalans voor fases 1A en 1B. Voor de waterbalans in dit rapport is de neerslag afgeleid uit de klimaateffectatlas (2024).
- **Verdamping (uitgaand)**
Vanuit het open water (sloten en vijvers) en vanaf vegetatie verdampt water. Dit gebeurt met name in de zomer bij hogere zonnestraling. Verdamping wordt vaak met de methode Makkink afgeleid. Hierbij wordt uitgegaan van een verdampingsgraad voor bepaalde gewassen: de referentiegewasverdamping. De referentiegewasverdamping is een maat voor verdamping uit een grasveld die goed voorzien is van water (STOWA, 2009). Op basis van gewasfactoren voor open water (1,25) en onverhard oppervlak (ingeschat op 0,9 voor gras/bouwhand) kan dit omgerekend worden naar de potentiële verdamping. Hierna wordt de

potentiële verdamping omgerekend naar actuele (daadwerkelijke) verdamping. Omdat er niet altijd water beschikbaar is om te verdampen, zoals tijdens droge periodes in de zomer, ligt de werkelijke verdamping lager dan de potentiële verdamping. De actuele verdamping wordt uitgerekend met het verdampingstekort en de potentiële verdamping. In de waterbalans voor de gemiddelde jaarlijkse situatie in Oosterwold fases 1A en 1B wordt een verdampingstekort van 20% aangehouden (STOWA, 2011).

- **Wateraanvoer (inkomend)**
Uitgangspunt voor de wateraanvoer in Oosterwold fases 1 is dat er geen water aangevoerd, het gebied wordt volledig gevoed voor neerslag.
- **Waterafvoer (uitgaand)**
Water wordt vanuit Oosterwold fase 1 via sloten en tochten afgevoerd richting een van de gemalen van waterschap Zuiderzeeland. Volgens het waterbeheerplan van waterschap Zuiderzeeland (2010) is het watersysteem ontworpen op een afvoer van 1,5 l/s/ha. Deze afvoer varieert afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. Volgens hetzelfde waterbeheerplan wordt gemiddeld per jaar 685 mm per oppervlakte-eenheid afgevoerd.
- **Kwel (inkomend)**
Water dat vanuit het grondwater omhoogkomt wordt kwel genoemd. Omdat het gebied meters beneden zeeniveau ligt is de kweldruk relatief groot. Binnen het projectgebied vindt zowel kwel als infiltratie plaats. Gemiddeld over het gehele gebied van fase 1A en 1B is er netto een lichte kwelstroom. Voor individuele velden binnen de fases kan dit anders zijn door verschillende bodems, hier kan ook sprake zijn van wegzijging. Maar omdat er voor het gehele gebied gemiddeld een kwelsituatie bestaat is in de waterbalans kwel opgenomen als inkomende waterstroom en geen wegzijging. Voor de waterbalansen is gebruik gemaakt van dezelfde bron als neerslag, de klimaateffectatlas, om consistent te zijn. Voor het klimaat van 2050 is aangenomen dat de kwelstroom niet verandert.
- **Wegzijging/infiltratie (uitgaand)**
Bij goed doorlatende ondergrond kan met name in de zomerperiode en bij een laag waterpeil water door de bodem worden opgenomen. Dit heet infiltratie. Binnen het Oosterwold fases 1A en 1B vindt zowel kwel als infiltratie plaats. Gemiddeld over het gebied is er netto een lichte kwelcomponent, daarom is in de waterbalansen geen wegzijging opgenomen als waterstroom. Ook hier geldt dat de wegzijging per veld kan verschillen door verschillen in de bodem (bodemplagen en kleischeuren).
- **Opslag:** Naast de waterstromen is opslag in de vorm van waterberging/buffer of verandering in grondwaterstand van belang in een waterbalans. Als er in natte periodes meer water binnen komt dan uit het gebied gaat, wordt het overschot in het gebied geborgen. Andersom neemt de buffer af in droge tijden als er meer water het gebied uit gaat door verdamping dan binnen komt.

2.2.1 Scenario's

Voor Oosterwold fases 1A en 1B zijn voor verschillende scenario's waterbalansen opgesteld: 1) gemiddelde jaarlijkse situatie, 2) een korte periode met extreme neerslag en 3) een droge zomer. De balans is opgesteld voor het

huidige klimaat en het klimaat van 2050 (hoog klimaatscenario (KNMI, 2023)). Hieronder staan de scenario's kort toegelicht.

Scenario	Doel	Schaalniveau
1. Gemiddelde jaarlijkse situatie	De basissituatie en verhouding van componenten in de waterbalans in kaart brengen	Heel fase 1A en 1B
2.1. Extreme neerslag - kavel	Toetsen of wateroverlast van kavels op het publieke watersysteem wordt afgewenteld bij extreme neerslag. Toetsen wat de rol van inrichtingsmaatregelen hierin kan zijn.	Kavelniveau
2.2. Extreme neerslag – heel fase 1A en fase 1B	Inrichtingsmaatregelen toetsen bij extreme neerslag als vorm van waterberging	Heel fase 1A en 1B
3. Droge periode	Inrichtingsmaatregelen toetsen tijdens een droge periode als vorm van waterbuffer	Heel fase 1A en 1B

Scenario 1: Gemiddelde jaarlijkse situatie

Voor de periode van een (gemiddeld) jaar is het uitgangspunt dat er evenveel water het gebied in gaat als er uit gaat. Er is dus geen toe- of afname in de opslag en berging. De gemiddelde jaarlijkse situatie geeft inzicht in de standaard situatie in het gebied, hoe de verschillende waterstromen zich tot elkaar verhouden. Aan de hand van dit scenario zijn nog geen maatregelen getoetst omdat de berging niet van belang is.

Per waterstroom is een jaarlijks gemiddelde voor het Oosterwold fases 1A en 1B bepaald. Neerslag en verdamping zijn afgeleid uit de klimaateffectatlas voor de voor het huidige en toekomstige klimaat. Kwel is bepaald op basis van gegevens van de Provincie Flevoland (2011). Voor afvoer is de gemiddelde jaarlijkse afvoer genomen zoals aangegeven in het waterbeheerplan van waterschap Zuiderzeeland (2010).

Scenario 2: Korte periode met extreme neerslag (zogenoemde stresstest)

Dit scenario wordt gebruikt om te testen hoe het watersysteem binnen Oosterwold fases 1A en 1B reageert op een korte periode met extreme neerslag. Hiervoor worden twee systemen getest:

- Scenario 2.1: extreme neerslag op een kavel. Hierbij wordt getest of alle neerslag die op een kavel valt kan worden geborgen binnen diezelfde kavel. De inrichtingsmaatregelen (2% waterberging en minimaal 11,5 m³ waterberging per 100 m² verharding) worden hierin meegenomen om de berging op de kavel te bepalen.
- Scenario 2.2: extreme neerslag op het hele gebied van fase 1A en 1B. Hierin is het hele (water)systeem binnen Oosterwold fase 1A en 1B meegenomen. Op basis van verharding, onverhard terrein en het huidige watersysteem is de benodigde berging vastgesteld. De

inrichtingsmaatregelen voor de kavels zijn getest aan de hand van de benodigde berging voor het hele gebied.

Voor deze twee scenario's is gerekend met een bui die eens in de 100 jaar voorkomt; een 'T100-bui'. Op basis van de klimaatscenario's uit 2023 is de neerslagstatistiek door STOWA geüpdatet. Hieruit volgen regenduurlijnen met neerslaghoeveelheden voor verschillende uren bij verschillende herhalingsstijden (Meteobase, 2024). Op basis van de afvoernorm kan hieruit afgeleid worden welke T100-bui met welke duur om de maximale hoeveelheid berging vraagt. Dit is een bui van 102 mm in 30 uur voor het huidige klimaat en 107mm in 26 uur voor 2050 (klimaatscenario met hoge klimaatverandering).

Omdat het om een korte en regenachtige periode gaat is de verdamping verwaarloosbaar klein verondersteld. De afvoer zal in deze periode vergelijkbaar zijn met waar het watersysteem op ontworpen is 1,5 l/s/ha (Zuiderzeeland, 2010). De kwel is aangenomen als 2/365^e deel van de jaarlijkse kwel omdat de extreme neerslag ongeveer 2 dagen duurt.

Tijdens extreme buien is de totale inkomende waterstroom groter dan de uitgaande. Het overtollig water wordt dus in het gebied geborgen. Met het verschil tussen de inkomende waterstromen (neerslag en kwel) en de uitgaande waterstroom (enkel afvoer want verdamping is verwaarloosbaar) is de benodigde berging berekend. Voor scenario 2.1 is getoetst of de benodigde berging op de kavel kan worden gerealiseerd met de inrichtingsmaatregelen.

Voor scenario 2.2 is gekeken of de benodigde berging in het hele watersysteem kan worden opgevangen met de inrichtingsmaatregelen op de kavels. Eerst is de benodigde berging voor het hele gebied van Oosterwold fases 1A en 1B vastgesteld. Daarna is gekeken naar de beschikbare berging in het watersysteem en op onverhard delen. Een deel van het overtollige water tijdens een extreme bui wordt geborgen in het watersysteem. Voor de waterbalans is een aanname gedaan dat het peil in de watergangen maximaal 60 cm kan stijgen. Daarnaast blijft een deel van het overtollige water op onverhard maaiveld staan. Hiervoor is de aanname gedaan dat ongeveer 5 cm water op onverharde oppervlaktes blijft staan. De beschikbare waterberging in het watersysteem en op onverhard oppervlak is afgetrokken van de benodigde waterberging voor het hele gebied van Oosterwold fases 1A en 1B. Met de overgebleven benodigde berging zijn de inrichtingsmaatregelen getoetst.

Scenario 3: Droge situatie in gemiddelde zomer

Met dit scenario wordt getoetst hoe het watersysteem binnen Oosterwold fase 1A en 1B reageert op een droge situatie in een gemiddelde zomer. Voor de droge situatie is gerekend met het maximale neerslagtekort tussen april en september tijdens een gemiddeld jaar, zoals berekend door het KNMI (2023). Het neerslagtekort is het verschil tussen neerslag en verdamping, opgeteld over de hele zomer. Het maximale neerslagtekort is het grootste verschil tussen neerslag en verdamping dat in een zomer voorkomt. Voor het huidige klimaat is het maximale neerslagtekort 160 mm en voor het toekomstige klimaat 214 mm. In de waterbalans wordt het maximale neerslagtekort vermenigvuldigd het totale oppervlak van het plangebied. Dit bepaalt de maximale watervraag van het gebied in zomer. Omdat het om een droge periode gaat is de aanname gedaan dat er geen afvoer is. Voor de kwel is de halve jaarlijkse kwel genomen, omdat het neerslagtekort wordt berekend voor het zomerhalfjaar. Doordat er veel water het gebied uitgaat (door met name verdamping) en weinig het gebied

inkomt neemt de hoeveelheid water af in dit scenario, dus de opslag neemt af. De berging in het watersysteem (sloten, tochten en vaarten) en op de kavels functioneert in dit geval als buffer. In het watersysteem wordt een peildaling van 20 cm geaccepteerd: volgens het beleid van waterschap Zuiderzeeland (2018) mag het streefpeil maximaal 20 cm afwijken gedurende korte periodes (ongeveer 20 dagen). De daling in het watersysteem van 20 cm is meegenomen in de watertoets als waterstroom. In de waterbalansen is getoetst of en hoeveel water gebufferd kan worden in het watersysteem en op kavels om het neerslagtekort op te vangen.

2.2.2 Oppervlaktes

Het totale gebied van Oosterwold fase 1A en 1B is 1021 hectare. De totale kaveloppervlakte is 204 hectare, 20% van het totaal, zoals vastgesteld in de structuurvisie voor Oosterwold (Gemeente Almere, 2013). Voor de waterbalans is het nodig deze oppervlaktes uit te splitsen naar verhard, onverhard en wateroppervlak omdat deze oppervlaktes zich hydrologisch verschillend gedragen. Zo stroomt water van verhard oppervlak direct af terwijl het op onverhard oppervlak kan infiltreren en langzamer zal afstromen. Op onverhard oppervlak en met name in het watersysteem kan water geborgen worden. Water dat op verhard oppervlakte terecht komt kan leiden tot wateroverlast.

De oppervlaktes verhard, onverhard en water in het plangebied zijn afgeleid uit de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT), Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) en luchtfoto's. Deze bronnen zijn verwerkt met een script en de resultaten zijn verwerkt in GIS-bestanden (zie figuur A1 in Bijlage 1). Met GIS zijn vervolgens de huidige oppervlaktes verhard, onverhard en water binnen Oosterwold fases 1A en 1B vastgesteld. De tool splitst de ondergronden uit naar de categorieën 'verhard', 'weg', 'onverhard', 'half verhard' en 'water' (Zie bijlage 1). De categorie weg is meegeteld als verharding en het oppervlakte 'half verhard' is gesplitst tussen 'verhard' en 'onverhard'. De resultaten staan in tabel 2-1. Onder de tabel staan de definities per categorie.

Tabel 2-1 - Oppervlaktes verhard, onverhard en watersysteem in fase 1A en 1B

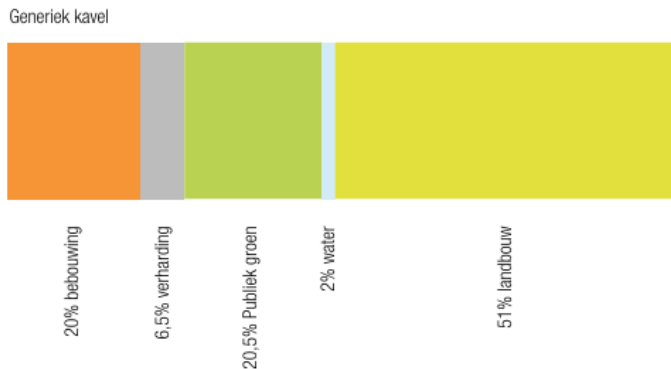
	Fase 1A [ha]	Fase 1B [ha]
Verhard	65	87
Onverhard	586	338
Watersysteem	14	6
Totaal	665	354

Verharding: hiermee worden alle oppervlaktes bedoeld waar water niet in kan infiltreren. Dit omvat gebouwen en wegen.

Onverhard: hiermee worden oppervlaktes bedoeld waar water wel in kan infiltreren. Dit omvat tuinen, landbouwgrond en bermen.

Watersysteem: hiermee wordt open water bedoeld. In de publieke ruimte omvat dit sloten, tochten, vaarten en op kavels omvat dit kavelsloten en vijvers. Wadi's tellen in de waterbalansen ook mee als wateroppervlak omdat deze water kunnen bergen of bufferen. Voor de kavelberekeningen is uitgegaan van 26,5% verharding, gebaseerd op de kengetallen uit de intergemeentelijke structuurvisie voor Oosterwold (Gemeente Zeewolde & Gemeente Almere,

2013). De totale oppervlakte aan kavels is 204 hectare voor Oosterwold fases 1A en 1B. Aan de hand van Figuur 2-2 is afgeleid wat het totale oppervlakte verhard, onverhard en water is op de kavels. Er zijn geen gegevens beschikbaar voor de verdeling aan kavels tussen fase 1A en 1B. Mede omdat fase 1B nog gerealiseerd wordt. Hierom is aangenomen dat de kavels evenredig naar de oppervlakte verdeeld zijn over fases 1A en 1B.



Figuur 2-2 - Gemiddeld ruimtegebruik van een generieke kavel (Gemeente Zeewolde & Gemeente Almere, 2013).

2.3 Toetsen inrichtingsmaatregelen

Op basis van de waterbalans kan bepaald worden hoeveel water geborgen of gebufferd moet worden in het gebied bij de verschillende scenario's.

Om genoeg water te bergen zijn twee maatregelen opgenomen in het bestemmingsplan voor Oosterwold (Gemeente Almere, 2022). De hoeveelheid berging die deze maatregelen opleveren worden getoetst met de berekende benodigde berging. De maatregelen zijn:

- Er wordt voorzien in voldoende waterberging, waarbij minimaal 11,5 m³ waterberging per 100 m² verharding wordt toegevoegd.
Op elke kavel wordt 2% van het totale oppervlak ingericht als waterberging (zie ook Figuur 2-2).

Per scenario is aan de hand van een waterbalans bekeken hoeveel berging of buffer nodig is. Vervolgens is per inrichtingsmaatregel gekeken of de beschikbare berging of buffer (zie Tabel 2-2) volstaat voor het scenario. Hierbij is voor de publieke ruimte (buiten de kavels) uitgegaan van de huidige verdeling in verharding, onverhard oppervlak en watersysteem. Voor maatregel 2, met 2% wateroppervlak per kavel, is de aanname gedaan dat de waterberging op de kavels 0,6 m diep zijn om tot het beschikbare volume aan berging te komen.

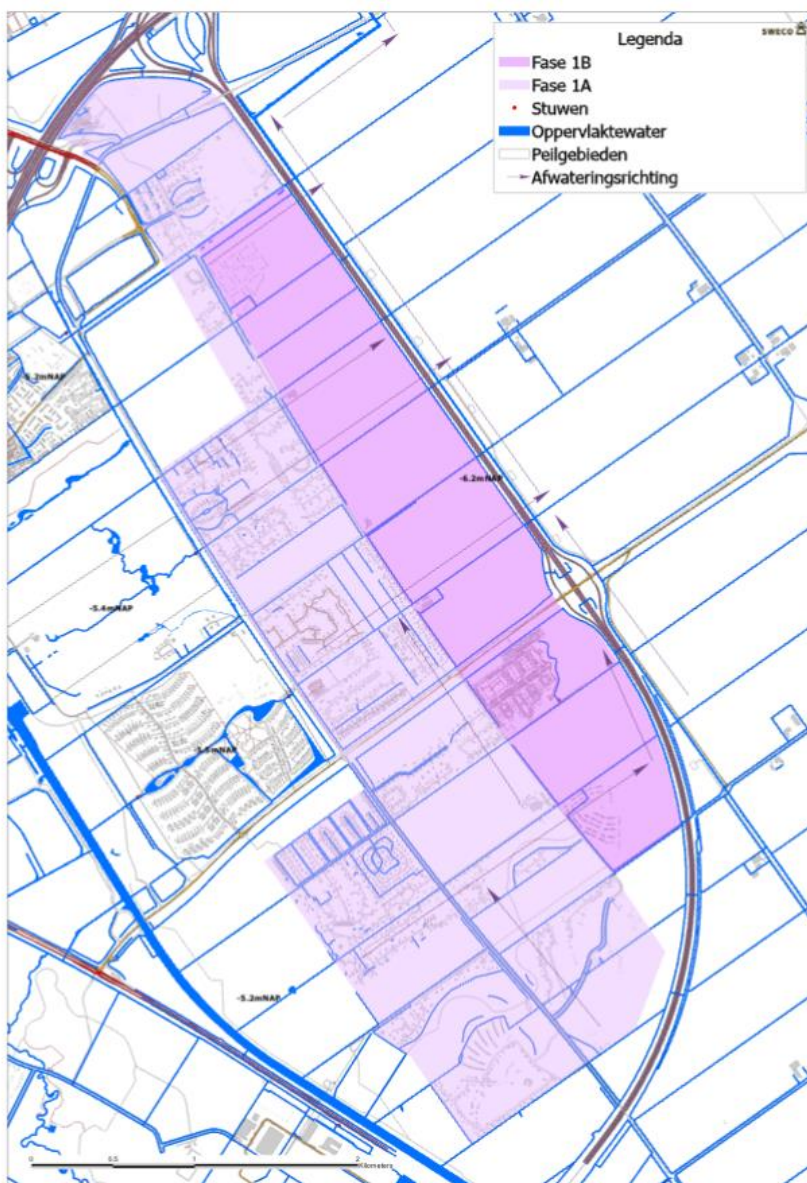
Tabel 2-2 – Beschikbare bering/ buffer per inrichtingsmaatregel voor fase 1A en 1B

	Fase 1A	Fase 1B
Oppervlakte kavels [ha]	133,4	70,8
Oppervlakte verhard op kavels (26,5%) [ha]	35,4	18,8
Beschikbare berging maatregel 1 [m³]	40708	21577
- (11,5m³ per 100m² verhard)		
Beschikbare berging maatregel 2 [m³]	16030	8496
- (2% waterberging per kavel)		

3 Resultaten

3.1 Werking watersysteem

Het watersysteem binnen Oosterwold fase 1A en fase 1B heeft de vorm van klassieke polderverkaveling: rechte kavelsloten die afwateren op tochten die weer afwateren op grote vaarten richting een groot gemaal (Figuur 3-1). Er is geen aanvoer uit andere gebieden naar Oosterwold Fase 1, het systeem is neerslag gevoed. Vanuit fase 1 stroomt het water naar het oosten, met duikers onder de weg door (Figuur 3-1). Vanaf daar stroomt het water naar het noorden, via de Lage Vaart naar het gemaal De Blocq van Kuffeler.



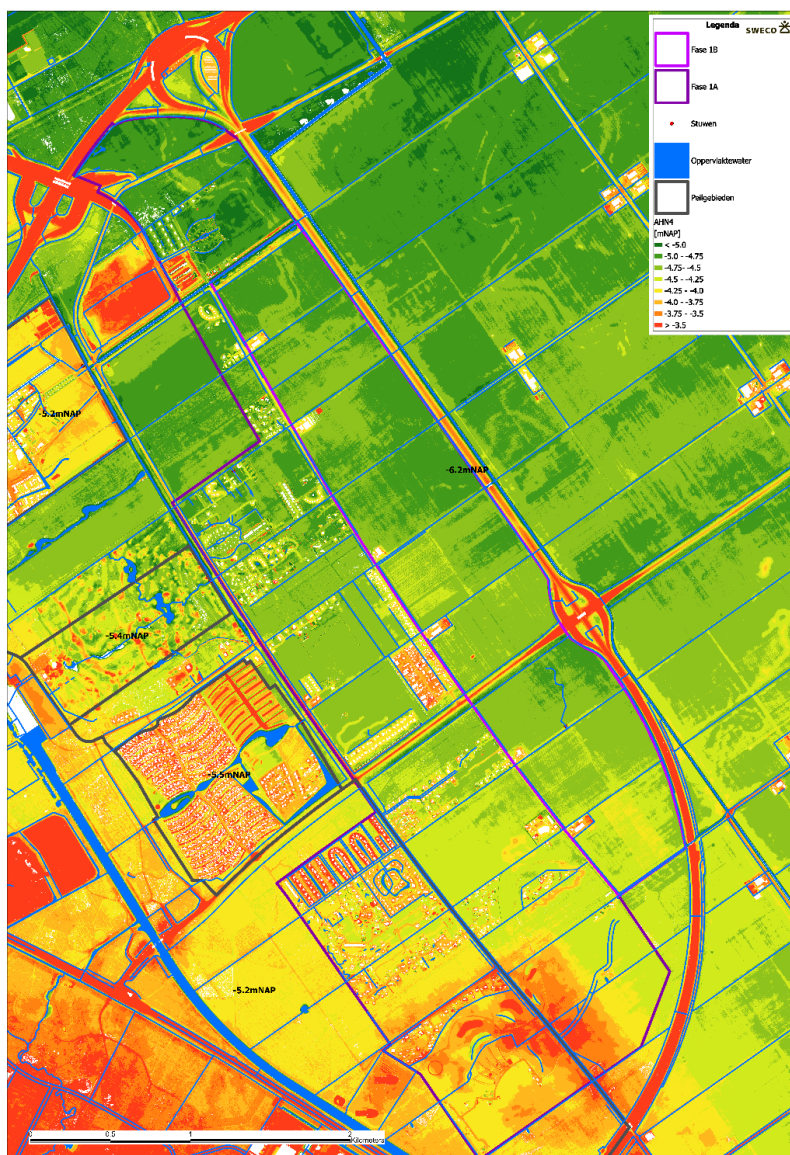
Figuur 3-1 - Oppervlaktewatersysteem Oosterwold Fase 1

Waterpeil

Het grootste gedeelte van Oosterwold fase 1 valt binnen een peilgebied, met een vast peil van NAP -6,2 (Figuur 3-1). Een deel van fase 1A valt in een hoger peilvak met vast peil van NAP -5,2m. Ten oosten van fase 1 liggen een aantal kleinere peilvakken met hoge peilen om de natuurfunctie in deze gebieden te bedienen.

Maaiveldhoogte

Het maaiveld ligt rond NAP -4,8m (Figuur 3-2). Het maaiveld loopt af van zuidwest (ongeveer NAP -4,0m) naar noordwest (ongeveer NAP -5,0m). De afwatering binnen het oppervlaktesysteem volgt op grote lijnen dit maaiveldverloop. Het gemiddelde maaiveld ligt aanzienlijk hoger dan het vigerend peil van NAP -6,2m in het grootste gedeelte van het gebied. Er is een gemiddelde drooglegging van gemiddeld 1,5m. De drooglegging is het verschil tussen maaiveld en streefpeil: dus NAP -4,8m tot NAP -6,2m.

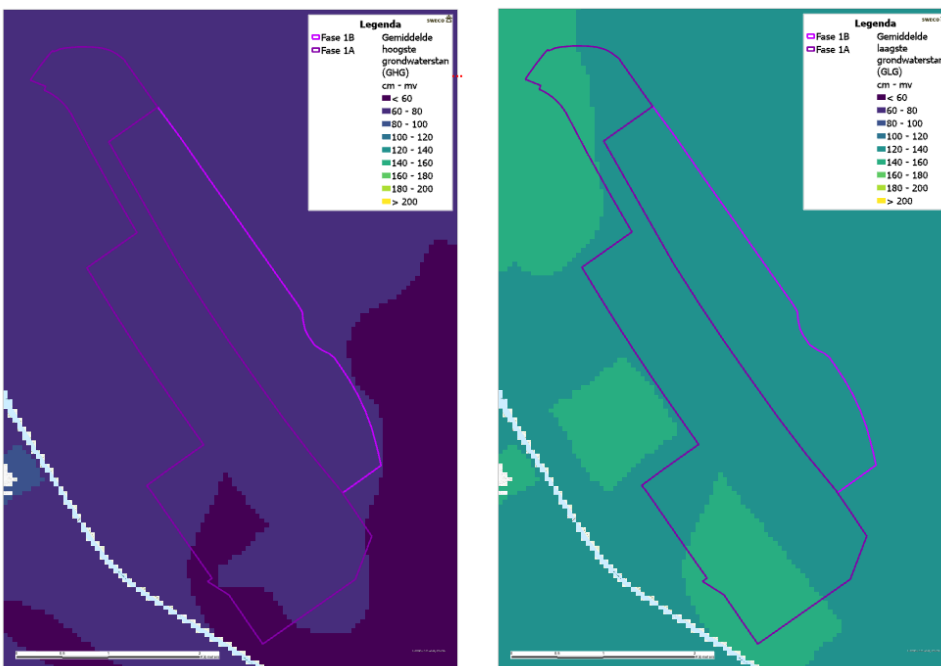


Figuur 3-2 - Maaiveldhoogte in en rond Oosterwold Fase 1

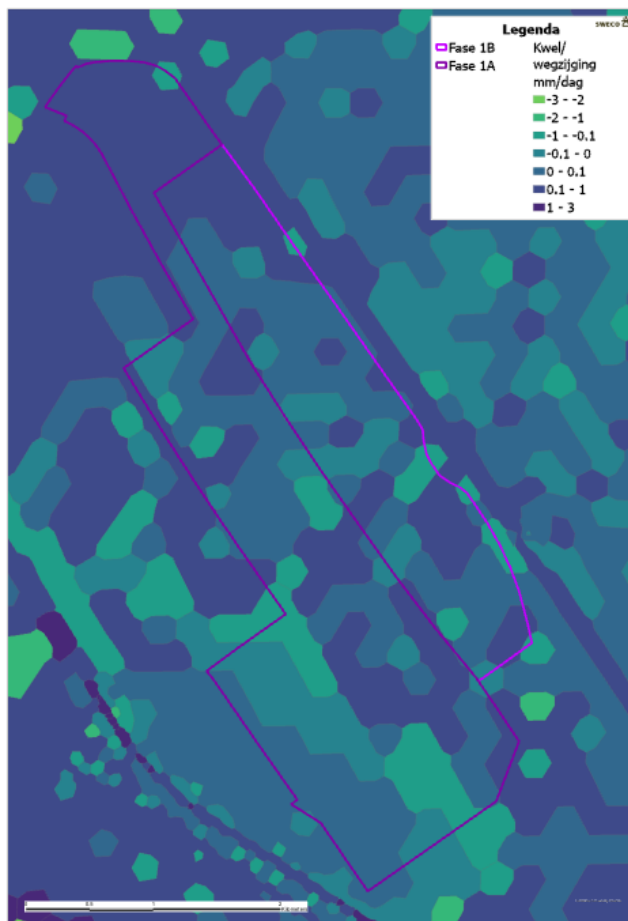
Grondwater

In de winter ligt de grondwaterstand redelijk ondiep onder maaiveld: de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) ligt 60 tot 80 cm onder maaiveld. In de zomer zakt de grondwaterstand verder uit, naar ongeveer 140 en 160 cm onder maaiveld (Figuur 3-3). Deze gegevens zijn afkomstig uit van de BRO, een geïnterpoleerde dataset gebaseerd op metingen. Deze dataset is een interpolatie en kan hierdoor lokaal verschillen van de werkelijkheid, zoals ook aangegeven voor bewoners in de werksessies.

In het gebied is vooral sprake van kwel als is lokaal ook wegzijging aanwezig (Figuur 3-4).



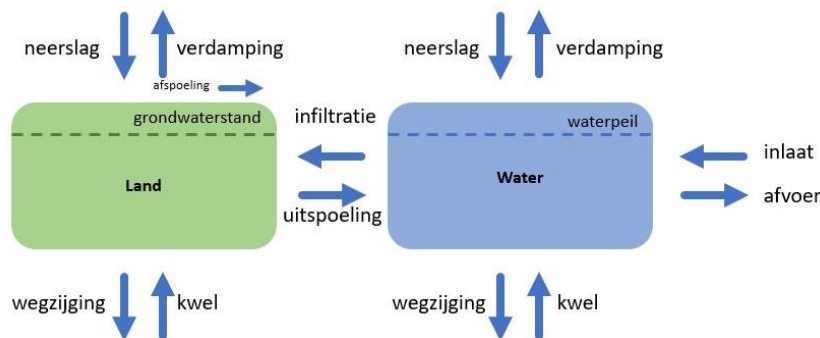
Figuur 3-3 - Gemiddelde hoogste grondwaterstand (links) en gemiddelde laagste grondwaterstand (rechts). Bron: BRO via DINO-loket



Figuur 3-4 - Kwel/wegzijing in Oosterwold fase 1A en fase 1B (bron: provincie Flevoland, 2011)

3.2 Waterbalansen en inrichtingsmaatregelen

De inrichtingsmaatregelen zoals omschreven in hoofdstuk 2.2 zijn getoetst aan de hand van een waterbalans voor drie scenario's: 1) gemiddelde jaarlijkse situatie, 2) een korte periode met extreme neerslag en 3) een droge zomer. In onderstaande hoofdstukken staan de resultaten en conclusies van deze toetsing. Eerst zijn de maatregelen getoetst aan de hand van huidig klimaat, daarna aan de hand van het klimaat van 2050 (hoog klimaatscenario) (KNMI, 2023).



Figuur 3-5 - Schema waterbalans

3.2.1 Waterbalans huidige situatie

In dit hoofdstuk zijn de waterbalansen van het huidige klimaat uitgewerkt voor de drie verschillende scenario's. De beschikbare berging op de kavels met inrichtingsmaatregelen 1 en 2 (zie tabel 2-2) zijn opgenomen in de tabellen om deze te toetsen in de extremen neerslag en droogte situatie bij huidig klimaat.

Scenario 1: gemiddelde jaar situatie

De resultaten van de gemiddelde jaarsituatie staan in tabel 3-1. De grootste inkomende post is de neerslag. Een deel daarvan verdamppt en de rest wordt afgevoerd, wat past bij de klassieke polderverkaveling. De kwel is een relatieve kleine component in de jaarlijkse waterbalans in vergelijking met neerslag. Qua uitgaande stromen is afvoer de grootste component: deze stroom is bijna twee keer zo groot als verdamping in een gemiddeld jaar. Berging is neutraal omdat de aanname is dat er na een jaar niet meer of minder water in het gebied aanwezig is. Dat afvoer een groot aandeel heeft in de waterbalans past in het beeld van de klassieke polderstructuur die is ingericht op efficiënte afvoer.

Tabel 3-1 – Waterbalans Oosterwold fase 1A en fase 1B¹

		FASE 1A (Jaar)	FASE 1B (Jaar)
	mm	Miljoen m ³	Miljoen m ³
Neerslag	860	5,7	3,1
Kwel	146	0,98	0,5
Verdamping onverhard	-403	-2,3	-1,4
Verdamping water	-700	-0,1	-0,05
Afvoer	-685	-4,57	-2,4
Berging		N.v.t	N.v.t

¹ Doordat alle waterstromen zijn ingeschat sluit de balans niet helemaal en zit er een balansfout van circa 5% in. In werkelijkheid zullen de stromen iets afwijken van de schattingen en zal in een gemiddeld jaar de balans op 0 uitkomen.

Scenario 2: Korte periode met extreme neerslag (zogenoemde stresstest)

Voor de extreme neerslag (T100-bui) is eerst gekeken naar benodigde berging (2.1) per kavel en (2.2) in het hele watersysteem.

Voor scenario 2.1, extreme neerslag op een kavel, is gerekend met een voorbeeld kavel van 100 m², met standaard verhoudingen in verhard, onverhard en wateroppervlak (Figuur 2-2). De resultaten van de waterbalans per kavel staan in tabel 3-2. In de berekening is uitgegaan van een bui van 102 mm in 30 uur.

Uit de berekening blijkt dat met maatregel 1 genoeg berging wordt gerealiseerd om een extreme bui op een kavel op te vangen. Maatregel 2 volstaat niet: hier is een tekort van bijna 50% in berging. Dit is niet erg zolang deze maatregel niet als enige wordt toegepast. Als beiden maatregelen worden toegepast dan kan ook genoeg water worden opgevangen voor een kavel om een T100-bui te bergen. Mocht maatregel 2 als enige worden toegepast dan betekent dit dat bij een T100-bui een deel van de neerslag op een kavel af zal stromen, waarbij dus afwenteling plaatsvindt op het publieke watersysteem.

Tabel 3-2 – Extreme neerslag bui op een typische kavel bij huidig klimaat

	Oppervlak [m ²]	Kuub [m ³]
Neerslag	100	10,2
Verharding	26,5	2,7
Water	2	-0,5
Benodigde berging		2,2
Maatregel 1 – 11,5 kuub per 100m ² verharding. Beschikbare berging [m ³]:		3,1
Maatregel 2 – 2% waterberging per kavel. Beschikbare berging [m ³]:		1,2
Maatregel 1 + maatregel 2 [m ³]:		4,3

Voor scenario 2.2 is gekeken naar de benodigde berging in heel fase 1A en 1B bij een korte periode van extreme neerslag. In de waterbalans (Tabel 3-3) zijn neerslag en kwel voor het hele gebied opgenomen. Hiervan is de beschikbare afvoer afgetrokken om de benodigde berging te berekenen. Uit de berekening blijkt dat slechts een deel van het overtollige water kan worden geborgen in het watersysteem en op maaiveld. Deze zijn ook opgenomen in de waterbalans. In tabel 3-3 (onderste rij) staat per fase aangegeven hoeveel extra berging nodig is op de kavels. De beschikbare berging voor maatregel 1 en 2 staan in tabel 2-2, aan de hand hiervan kan worden getoetst of deze maatregelen volstaan om de extra benodigde berging te verzorgen. Beide maatregelen volstaan niet om de extra benodigde berging te realiseren voor een extreme bui op het hele plangebied. Ook een combinatie van maatregel 1 en 2 volstaat niet om de benodigde berging op te vangen, al wordt hiermee wel ongeveer 25% van de benodigde berging gerealiseerd. Bergingsruimte buiten de kavels is dus noodzakelijk om het te veel aan water op te vangen.

Tabel 3-3 – Waterbalans bij extreme neerslag voor het heel fase 1A en 1B

	FASE 1A		FASE 1B	
	mm	Duizend m ³		Duizend m ³
Neerslag	102		681	361
Verdamping	0		0	0
Kwel	0.8		5,3	2,8
Afvoer	-16		-108	-57
Benodigde berging			-578	-307
Berging op maaiveld	50		293	169
Berging in watersysteem	600		87	39
Berging op kavels			198	98
Maatregel 1 – 11,5 kuub per 100m ² verharding. Beschikbare berging [m ³):			41	22
Maatregel 2 – 2% waterberging per kavel. Beschikbare berging [m ³):			16	8
Maatregel 1 + maatregel 2 [m ³):			57	30

Scenario 3: Droge situatie in gemiddelde zomer

In tabel 3-4 staat de waterbalans voor het neerslagtekort in een gemiddelde zomer. Hierin is het maximale neerslagtekort voor het zomerhalfjaar meegenomen. Tijdens een droge periode fungeert de waterberging op kavels als een buffer voor extra water. Daarnaast kan een deel van het water in het omliggende watersysteem geworden gebruikt als buffer. Met het verschil tussen uitstromend water (neerslagtekort) en aanvoer (kwel) wordt de benodigde buffer berekend. Vervolgens wordt hier de buffer uit het watersysteem van afgetrokken om de resterende benodigde buffer op kavels te bepalen, voor fase 1A en 1B. Beide maatregelen volstaan niet om het extra benodigde volume water op te slaan om het volledige neerslagtekort te compenseren: ongeveer 90% van het benodigde extra water kan niet uit de waterberging op kavels worden gehaald. Dit betekent dat er risico is dat de watergangen in het gebied droogvallen.

Tabel 3-4 – Waterbalans bij droge zomer: maximaal neerslagtekort

		FASE 1A	FASE 1B
	mm	Duizend m ³	Duizend m ³
Neerslagtekort	-160	-1069	-566
Kwel	73	488	258
Afvoer	0	0	0
Benodigde buffer		581	308
Buffer in watersysteem	200	29	13
Watervraag in droge perioden		552	295
Maatregel 1 – 11,5 kuub per 100m ² verharding. Beschikbare buffer [m ³):		41	22
Maatregel 2 – 2% waterberging per kavel. Beschikbare buffer [m ³):		16	8
Maatregel 1 + maatregel 2 [m ³):		57	30

3.2.2 Waterbalans toekomstige situatie

In dit hoofdstuk zijn de waterbalansen van het huidige klimaat uitgewerkt voor de drie verschillende scenario's. De beschikbare berging op de kavels met inrichtingsmaatregelen 1 en 2 (zie tabel 2-2) zijn opgenomen in de tabellen om deze te toetsen in de extremen neerslag en droogte situatie bij het klimaat in 2050.

Scenario 1: jaarrond

De resultaten van de gemiddelde jaarsituatie bij toekomstig klimaat staan in tabel 3-5. Neerslag neemt toe ten opzichte van de huidige situatie (tabel 3-1) en vormt hierdoor een nog belangrijkere component in de waterbalans. Verdamping neemt ook toe ten opzichte van huidig klimaat, waardoor het relatieve aandeel in de totale uitgaande waterstromen toeneemt. Toch blijft afvoer de grootste uitgaande waterstroom.

Tabel 3-5 - Waterbalans Oosterwold fase 1A en fase 1B

		FASE 1A (Jaar)	FASE 1B (Jaar)
	mm	Miljoen m ³	Miljoen m ³
Neerslag	925	6,2	3,3
Kwel	146	0,98	0,52
Verdamping onverhard	-403	-2,4	-1,4
Verdamping water	-700	-,1	-0,05
Afvoer	-685	-4,6	-2,4
Berging		N.v.t	N.v.t

Scenario 2: Extreme neerslag

Voor de extreme neerslag is ook voor het toekomstige klimaat gekeken naar benodigde berging per kavel. In de berekening is uitgegaan van een bui van 107 mm in 26 uur. Voor deze extreme bui is eerst gekeken naar benodigde berging (2.1) per kavel en (2.2) in het hele plangebied.

Voor scenario 2.1, extreme neerslag op een kavel, is gerekend met een voorbeeld kavel van 100 m², met standaard verhoudingen in verhard, onverhard en wateroppervlak (Figuur 2-2). De resultaten van de waterbalans per kavel staan in tabel 3-6. Uit de berekening blijkt dat met maatregel 1 genoeg berging wordt gerealiseerd om een extreme bui op een kavel op te vangen. Maatregel 2 volstaat niet: hier is 1,2 m³ waterberging beschikbaar waar 2,6 m³ nodig is. De twee maatregelen samen garanderen wel genoeg berging om een extreme bui op een kavel op te vangen, ook een T100-bui voor het klimaat in 2050.

Tabel 3-6 – Extreme neerslag bui op een typische kavel bij toekomstig klimaat

	Oppervlak [m ²]	Volume [m ³]
Neerslag	100	10,7
Verhard	26,5	3,0
Water	2	-0,4
Benodigde berging		2,6
	Maatregel 1 – 11,5 kuub per 100m ²	3,1
	Maatregel 2 – 2% Waterberging	1,2
	Maatregel 1 + maatregel 2 [m ³]	4,3

In scenario 2.2 is een waterbalans opgesteld met een extreme bui op het hele gebied Oosterwold fase 1A en 1B. De afvoer neemt af ten opzichte van het huidige klimaat omdat er meer water valt in een kortere periode (26 uur tegenover 30 uur bij huidig klimaat), waardoor er minder tijd is om water af te voeren. Er valt meer neerslag en er wordt minder afgevoerd dus er is meer berging nodig. De berging in het watersysteem en op maaiveld zijn aangenomen als gelijk aan huidig klimaat. Uit de berekening volgt dat zowel maatregel 1 als maatregel 2 volstaan niet om de extra benodigde berging te realiseren voor een extreme bui op het hele plangebied. Ook de gecombineerde maatregelen volstaan niet om een T100-bui op te vangen, net als in de huidige situatie.

Tabel 3-7 – Waterbalans bij extreme neerslag voor het heel fase 1A en 1B

		FASE 1A	FASE 1B
	mm	Duizend m ³	Duizend m ³
Neerslag	102	715	379
Verdamping	0	0	0
Kwel	0.8	5	2,8
Afvoer	-14	-94	-50
Benodigde berging		-626	-332
Berging op maaiveld	50	293	169
Berging in watersysteem	600	87	38,8
Berging op kavels		-245	-124
Maatregel 1 – 11,5 kuub per 100m ² verharding. Beschikbare berging [m ³):		41	22
Maatregel 2 – 2% waterberging per kavel. Beschikbare berging [m ³):		16	8
Maatregel 1 + maatregel 2 [m ³):		57	30

Scenario 3: Droge situatie in gemiddelde zomer

In tabel 3-8 staat de waterbalans voor het neerslagtekort in een gemiddelde zomer bij toekomstig klimaat. Het neerslagtekort neemt toe ten opzichte van huidig klimaat (KNMI, 2023). Hierdoor is meer water nodig als buffer om de droge periode te overbruggen. Beide maatregelen volstaan niet om het extra benodigde volume water op te slaan om het volledige neerslagtekort te compenseren: ongeveer 6% van te benodigde extra water kan uit de waterberging worden gehaald.

Tabel 3-8 – Waterbalans bij droge situatie toekomstig klimaat: maximaal neerslagtekort

		FASE 1A	FASE 1B
	mm	Duizend m ³	Duizend m ³
Neerslagtekort	-214	-1429	-758
Kwel	73	488	258
Afvoer	0	0	0
Benodigde buffer		942	499
Buffer in watersysteem	50	29	13
Watervraag in droge perioden		913	486
Maatregel 1 – 11,5 kuub per 100m ² verharding. Beschikbare buffer [m ³):		41	22
Maatregel 2 – 2% waterberging per kavel. Beschikbare buffer [m ³):		16	8
Maatregel 1 + maatregel 2 buffer [m ³):		57	30

4 Conclusies en aanbevelingen

Deze notitie geeft een beeld van het huidige en toekomstige watersysteem in Oosterwold fase 1A en 1B. Dit is gedaan door een waterbalans op te stellen voor beide fasen. Deze balans geeft inzicht waterkwantiteit in het gebied en toetst de huidige inrichtingsmaatregelen voor in de gemiddelde jaarlijkse situatie en perioden van droogte en vernatting.

Het watersysteem in Oosterwold fase 1A en 1B heeft een klassiek polderkarakter: het bestaat uit rechte, regelmatige (kavel)sloten, tochten en vaarten. Het water wordt efficiënt afgevoerd via deze watergangen richting de Lage Vaart en het Blocq van Kuffeler. In de huidige situatie bestaat ongeveer 2% van het gebied uit oppervlaktewater. De rest van het gebied is voornamelijk onverhard oppervlak. Het gebied is afhankelijk van neerslag als vorm van aanvoer waarbij ook sprake is van een geringe kwelstroom: er is sterkere kwel dan wegzijging. In de toekomst zal de hoeveelheid neerslag en de kans op extreme neerslag groter worden. Tegelijkertijd neemt het neerslagtekort in de zomer toe (KNMI, 2023).

In deze notitie zijn twee inrichtingsmaatregelen getoetst aan de hand van een waterbalans: 1) wordt voorzien in voldoende waterberging, waarbij minimaal 11,5 m³ waterberging per 100 m² verharding wordt toegevoegd. 2) Op elke kavel wordt 2% van het totale oppervlak ingericht als waterberging. Deze maatregelen zijn getoetst in drie scenario's: gemiddelde jaarlijkse situatie, een korte periode van extreme neerslag en een droge periode in de gemiddelde zomer. De toetsen zijn uitgevoerd voor huidig en toekomstige klimaat.

Uit de waterbalans voor de gemiddelde jaarsituatie blijkt dat neerslag de grootste waterstroom is in het systeem. Dit betekent dat het plangebied gevoelig is voor veranderingen in neerslag, zowel voor extreme neerslag als voor droogte. Als uitgaande waterstroom is afvoer de grootste component op jaarbasis. In het toekomstige klimaat neemt het relatieve aandeel van neerslag verder toe.

Voor een scenario met extreme neerslag is op twee manieren naar het gebied gekeken om een goed beeld te krijgen van de waterbergingscapaciteit. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen berging op kavels en berging in het hele gebied. Bij een extreme bui is met één van de twee maatregelen voldoende bergingscapaciteit voor een T100-bui aanwezig op een kavel. Uit de waterbalans volgt dat met maatregel 1 de extreme bui kan worden geborgen op/rond een typische kavel. Dit geldt voor de huidige en toekomstige situatie. Dit betekent dat de twee maatregelen gecombineerd ook volstaan om een extreme bui te bergen.

Wanneer er wordt gekeken naar het hele plangebied blijkt echter dat de maatregelen op de kavels niet volstaan om de benodigde berging voor het hele gebied te realiseren. Ongeveer 50% van de benodigde berging in het hele gebied kan worden gerealiseerd op de kavels met de twee inrichtingsmaatregelen gecombineerd bij huidig klimaat. Voor het totale gebied van fase 1A en 1B is berging dan ook een aandachtspunt.

Voor een droge periode bieden de maatregelen niet genoeg extra buffer om het neerslagtekort in de gemiddelde zomer te compenseren. Uit de waterbalans blijkt dat slechts een fractie van het benodigde water (10% bij huidig klimaat en 6% bij toekomstig klimaat) in de berging kan worden gebufferd. Het gevolg is mogelijk dat het peil in de watergangen en de grondwaterstanden gaan dalen. Om dit te voorkomen moet worden gekeken naar manieren om meer water te bergen of aan te voeren. Niet het hele neerslagtekort kan worden opgevangen met de inrichtingsmaatregelen, dit is niet het uitgangspunt van deze notitie. De resultaten geven een indicatie van de schaal waarop de maatregelen bijdragen aan het vasthouden van water ten opzichte van de opgaven in het gebied.

Uit alle drie de onderzochte scenario's blijkt dat het gebied Oosterwold 1A en 1B gevoelig is voor neerslag, het is de grootste component in de waterbalans op jaarlijkse schaal. Het gebied is echter beter berekend op extreme neerslag dan op droogte. Dit komt deels doordat het gebied is ingericht om snel water af te voeren en niet op water vasthouden. Afvoer is de grootste uitgaande waterstroom op jaarlijkse basis, zowel nu als in de toekomst.

De resultaten uit de waterbalans moeten worden beschouwd als indicatief en geen exacte resultaten. De componenten van de waterbalans zijn ingevuld op basis van gemiddelden en inschattingen, de werkelijkheid kan hiervan afwijken. Het doel van de waterbalans is om een indicatie te krijgen van het watersysteem in Oosterwold fase 1A en 1B, niet om de exacte afmetingen van maatregelen per kavel in te passen. Hier zou maatwerk voor nodig zijn. Verder zijn in deze notitie aannames gedaan over de inrichting van het watersysteem en de getoetste maatregelen. Om de maatregelen te laten functioneren zoals ze bedoeld zijn moeten de berging op de kavels zo zijn ingericht dat water hier daadwerkelijk naartoe stroomt. Verder moeten de bergingen verbonden zijn met elkaar of het hoofdwatersysteem (sloten, tochten en vaarten) om het water efficiënt af te kunnen voeren.

4.1 Aanbevelingen

Zoals aangegeven in bovenstaande discussie is er te weinig water beschikbaar in het gebied in een gemiddelde zomer. Wanneer water beschikbaar gesteld moet worden voor de landbouw wordt daarom om verder onderzoek te doen naar droogtemaatregelen. Het aanleggen van meer oppervlaktewater biedt een grotere buffer maar kan ook leiden tot een hogere watervraag door meer directe verdamping en behoefte aan doorspoelen. Een andere mogelijke maatregel is het aanpassen van het peilregime, bijvoorbeeld door over te gaan op hogere peilen of seizoensgebonden peil. Een ander alternatief is wateraanvoeren uit een ander gebied. Dergelijke maatregelen worden besproken in de werkateliers voor een waterplan voor Oosterwold fase 1A en 1B. Nader onderzoek is nodig om een afweging te maken voor deze maatregelen. Dit kan door de technische, juridische en financiële haalbaarheid te benaderen. Ook kan er per veld (gebied tussen sloten) onderzoek worden gedaan te kijken naar de waterhuishouding op hoger detailniveau en te komen tot maatwerk oplossingen waar dat nodig is.

Daarnaast blijkt uit de resultaten in de waterbalansen dat er aanzienlijke verschillen zitten tussen de resultaten van het huidige klimaat en klimaat in 2050, vooral bij extreme neerslag. Oosterwold heeft echter een levensduur die verder reikt dan 2050. In een volgend onderzoek kunnen extremere neerslagscenario's of een langere tijdshorizon worden onderzocht, bijvoorbeeld voor 2100, om Oosterwold fase 1A en 1B echt toekomstbestendig te maken.

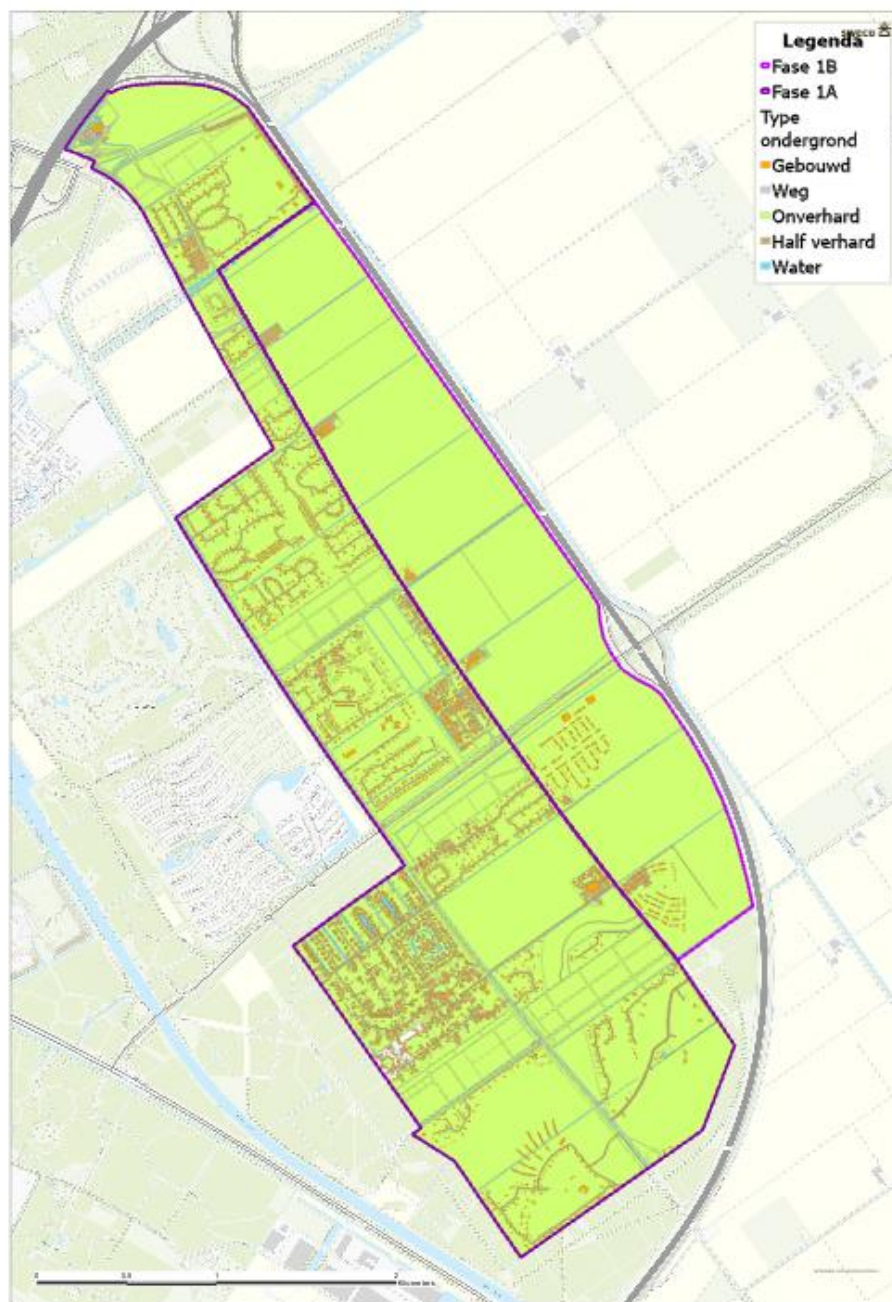
Hierbij wordt aanbevolen om op systeemniveau naar Oosterwold te kijken waarbij ook het nog te ontwikkelen Oosterwold fase 2 wordt onderzocht.

Verwijzingen

- Gemeente Almere. (2013). *Intergemeentelijke stuctuurvisie Oosterwold*.
Opgehaald van https://maakooosterwold.nl/wp-content/uploads/2023/12/Intergemeentelijke_Structuurvisie_Oosterwold-1.0.pdf
- klimaat-effectatlas. (2024). *klimaat-effectatlas*. Opgehaald van <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>
- KNMI. (2023). *KNMI'23-klimaat-scenario's*. Opgehaald van KNMI.nl:
<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/knmi-23-klimaat-scenario-s>
- Meteobase. (2024). Meteobase.
- Provincie Flevoland. (2011). Kwelkaart Flevoland.
[https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/map: Provincie Flevoland](https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/map:Provincie+Flevoland).
- STOWA. (2011). *Validatie NHI voor Zuiderzeeland*. STOWA.
- STOWA. (2009). *Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer*. STOWA.
- Waterschap Zuiderzeeland. (2010). *Waterbeheerplan Zuiderzeeland 2010-2015*.
https://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/131263/wbp_zuiderzeeland.pdf.
- waterschap Zuiderzeeland. (2018). *Beleidsregel peilbesluiten*. K.Petie

Bijlage 1 – Verharding uit GIS-tool

De oppervlaktes verhard, onverhard en water in het plangebied zijn afgeleid uit de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT), Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) en luchtfoto's. Deze bronnen zijn verwerkt met een script en de resultaten zijn verwerkt in GIS-bestanden (zie Figuur A1)



Figuur A-1 - Uitkomst GIS-tool voor analyse verhard, onverhard en water