Waterhuishoudkundig plan Islamitische Begraafplaats Roosendaal

BURO SRO

4 mei 2026 - Internal

Contactpersoon

[redacted]

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding & doelstelling 4

2 Plangebied schetsontwerp 5

3 Beschrijving watersysteem 6
3.1 Maaiveld 6
3.2 Water op maaiveld 7
3.3 Opbolling 8
3.4 Bodemopbouw 9
3.5 Grondwaterstanden 11
3.6 Oppervlaktewater 15

4 Afvoer en bergingsberekeningen 16
4.1 Westelijke afvoer 17
4.2 Noordelijke afvoer 18
4.3 Compensatie T100 berging 19
4.4 Totale bergingscompensatie 19

5 Opbollingsberekeningen 21
5.1 Formule van Hooghoudt 21

6 Afvoer grondwater 24

7 Drainage 25
7.1 Modelopzet 25
7.2 Modelresultaten 26
7.3 Bergingseisen, drains en oppervlaktewater 27

8 Conclusies en aanbevelingen 28
8.1 Conclusies 28
8.2 Aanbevelingen 29

9 Bibliografie 30

Colofon 31

1 Inleiding

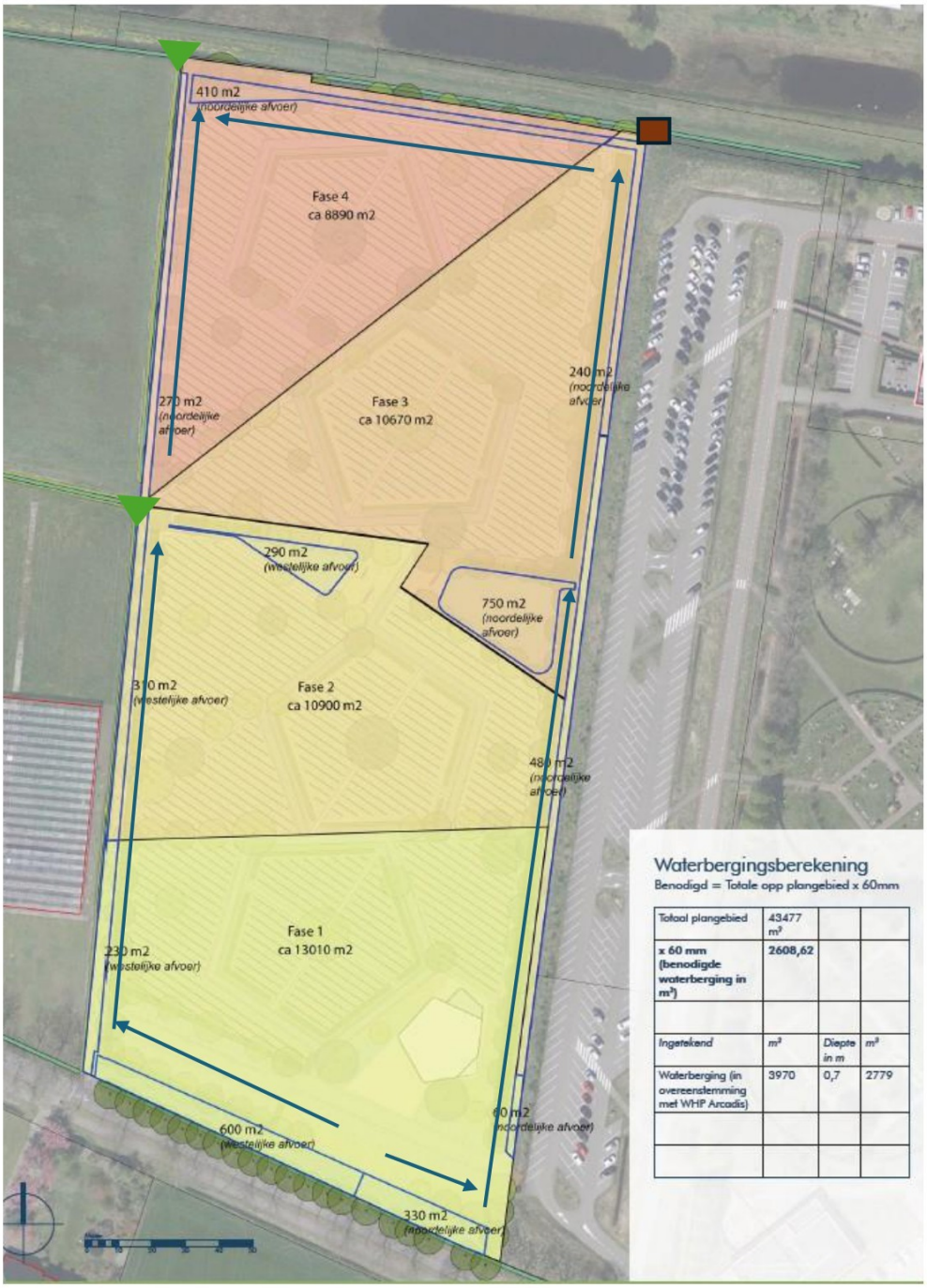
1.1 Aanleiding & doelstelling

De gemeente Roosendaal onderzoekt de mogelijkheden voor de aanleg van een islamitische begraafplaats aan de Rucphensebaan, nabij begraafplaats Zegestede. Onderdeel hiervan is het opstellen van een waterhuishoudkundig plan (WHP). Een WHP geeft een beeld van hoe om te gaan met water in een ruimtelijke ontwikkeling. Een dergelijk plan is door de gefaseerde aanleg en het spanningsveld tussen benodigde berging en de ruimtelijke inpassing noodzakelijk. Het doel van het WHP is om negatieve effecten op het watersysteem te voorkomen en om te voldoen aan wet- en regelgeving en de geldende eisen vanuit het waterschap en de gemeente.

Onderdeel van het ontwerp is het ophogen van het terrein met circa 1 meter. Om te kunnen bepalen of de huidige geplande ophoging resulteert in een voldoende ontwatering, wordt een inschatting van de toekomstige hoogste grondwaterstand gemaakt. Voor de nieuwe situatie moet worden aangetoond dat de toekomstige hoogste grondwaterstand minimaal 1,35 m meter onder maaiveld blijft, zodat de graven droog blijven en niet in aanraking komen met het grondwater. Daarnaast is onderzocht of de aanleg van drainage onder de looppaden kan bijdragen aan een verbeterde afwatering, waardoor mogelijk minder ophoging van de looppaden noodzakelijk is.

2 Plangebied schetsontwerp

In Figuur 1 wordt het schetsontwerp (d.d. mei 2026) weergegeven. Het plan bestaat uit 4 fases, waarbij elke fase moet voldoen aan de bergingseis van de gemeente Roosendaal. Ook het wateroppervlak is ingetekend in het schetsontwerp. Ook zijn twee nieuwe knijpstuwen en één nieuwe vaste dam te zien. De knijpstuwen en vaste dam zorgen ervoor dat het watersysteem rondom de begraafplaats gescheiden blijft van het hoofdwatersysteem van waterschap. De blauwe pijlen geven de stroomrichting van de verschillende wateroppervlakten aan. In hoofdstuk 4 wordt de uitwerking van deze wateroppervlakten nader uitgewerkt.



Figuur 1: Schetsontwerp met waterbergingsberekeningen.

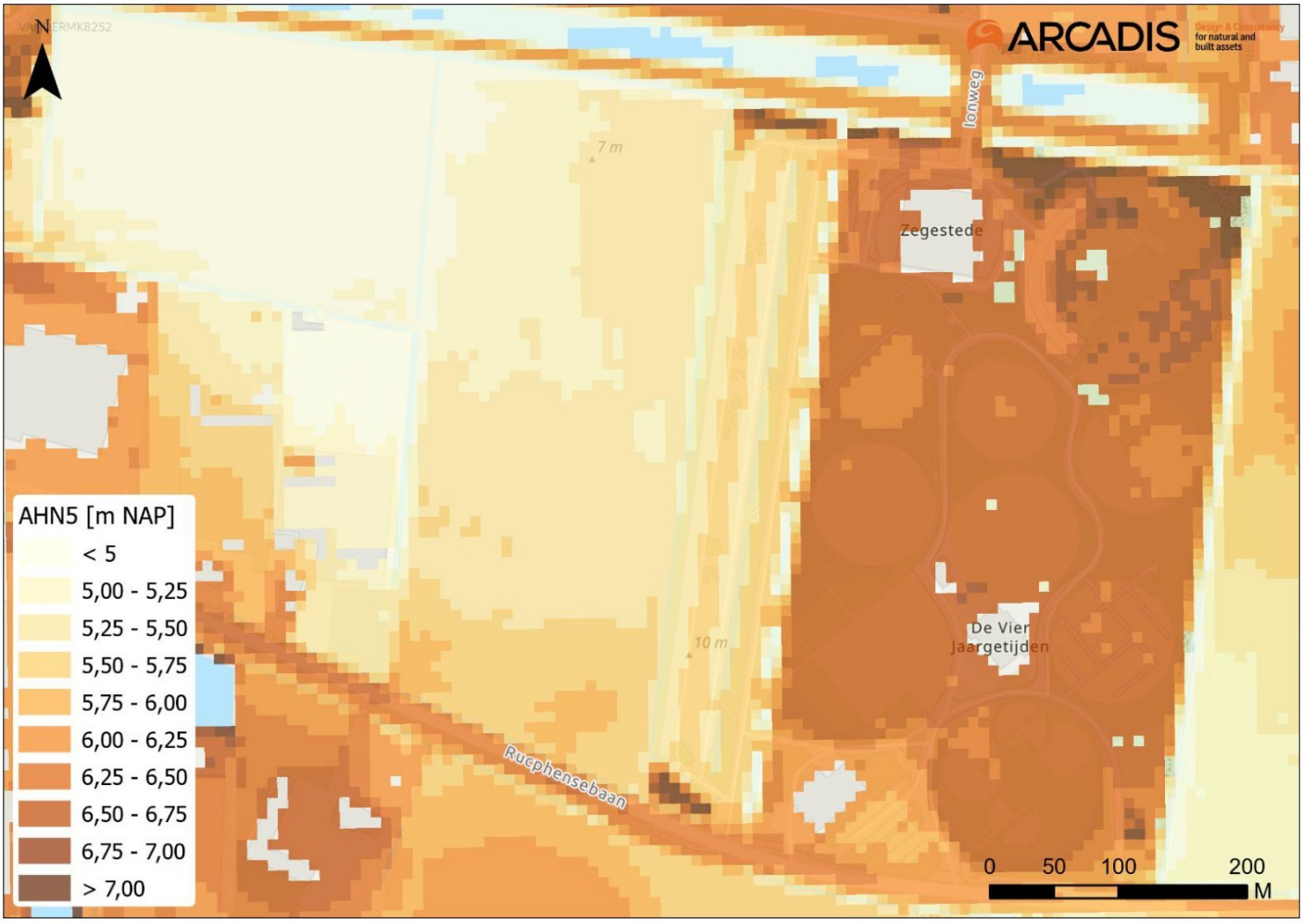
3 Beschrijving watersysteem

3.1 Maaiveld

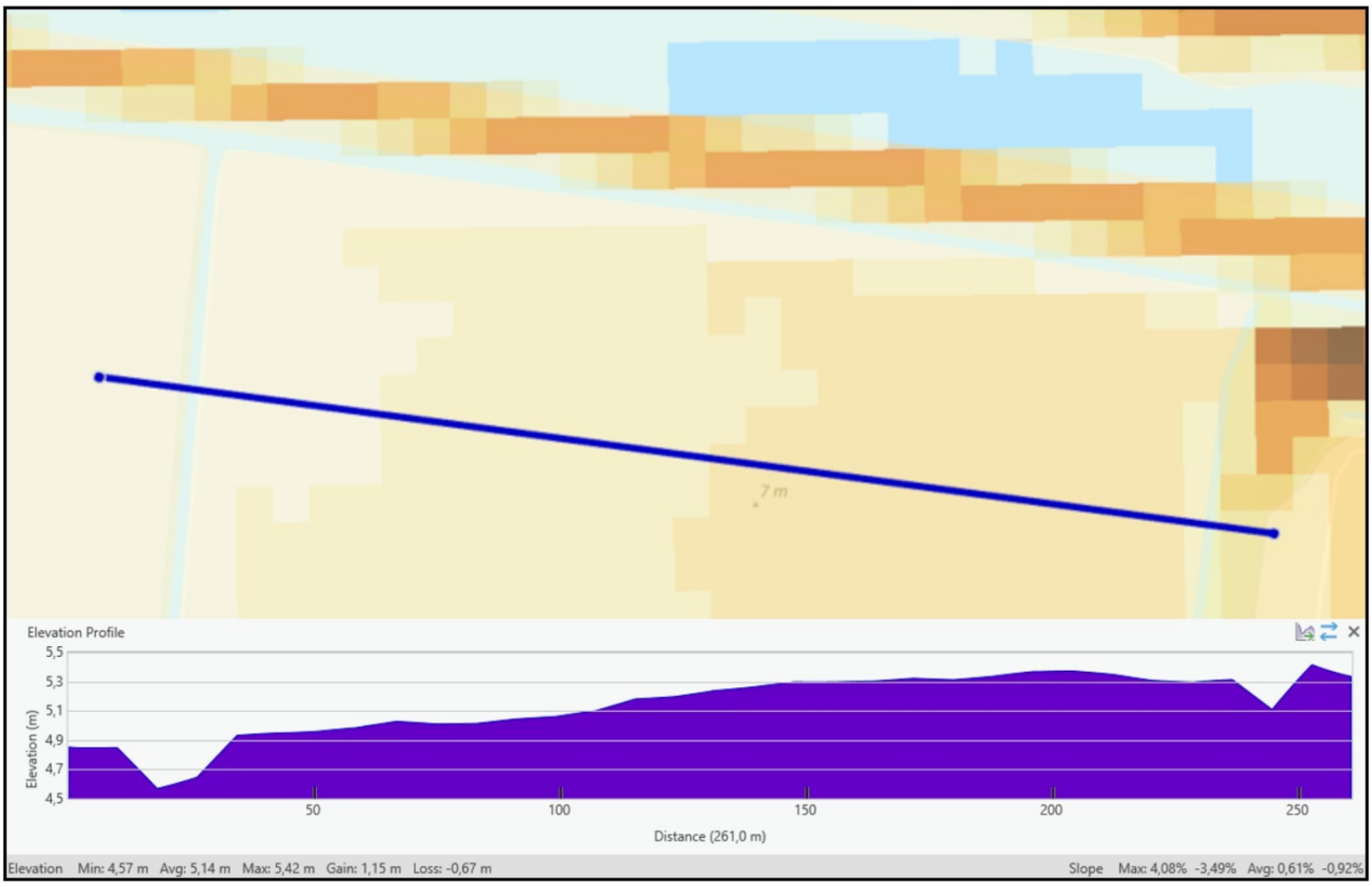
De maaiveldhoogte ter hoogte van het plangebied is weergegeven in Figuur 2. Globaal neemt de maaiveldhoogte in het plangebied af richting het noorden. Daarnaast neemt het maaiveld in de noordelijke helft van het plangebied in westelijke richting af. Dit is goed zichtbaar in het dwarsprofiel door het noordelijke deel van het plangebied, weergegeven in Figuur 3. Hierdoor is het noordwestelijke deel van het plangebied het laagst gelegen, en neemt de maaiveldhoogte in dit deel af tot circa +4,9 m NAP. Het zuidelijke deel van het plangebied heeft een maaiveldhoogte die oploopt tot circa +6,0 m NAP.

Het perceel ten noordwesten van het plangebied, dat grenst aan het laaggelegen noordwestelijke deel van het plangebied, heeft een maaiveldhoogte die varieert van circa +4,85 m NAP tot +5,0 m NAP.

Aangrenzend aan de oostzijde van het plangebied ligt de begraafplaats Zegestede. De maaiveldhoogte van deze begraafplaats ligt voor het grootste deel tussen de +6,5 m NAP en +6,75 m NAP.



Figuur 2: Maaiveld ter hoogte van het plangebied.



Figuur 3: Dwarsprofiel door het noordelijke deel van het plangebied.

3.2 Water op maaiveld

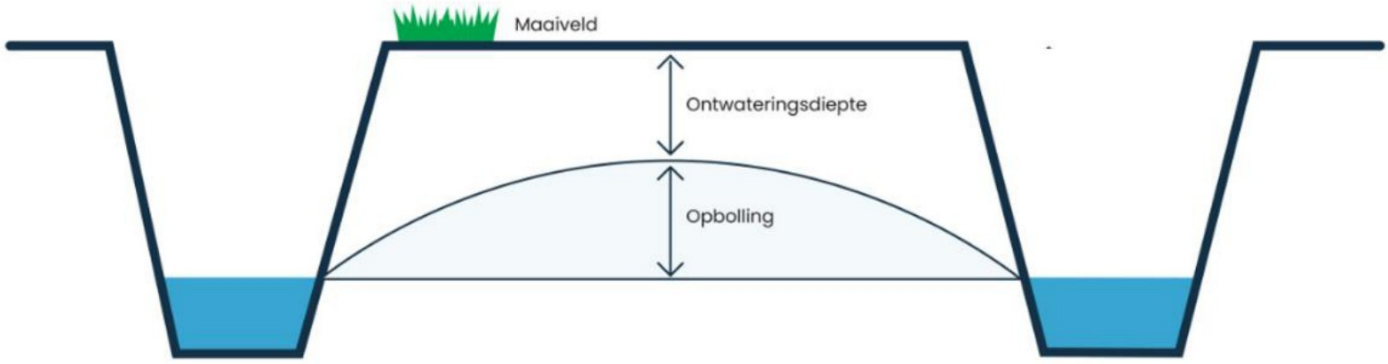
In de huidige situatie komt het grondwater tijdens buien tot aan maaiveld. Op basis van Google Earth-satellietafbeeldingen, weergegeven in Figuur 4, lijkt water op het maaiveld ook zichtbaar te zijn. Met name in het noordwestelijke, lagergelegen deel van het plangebied lijkt veel water op het maaiveld aanwezig te zijn.



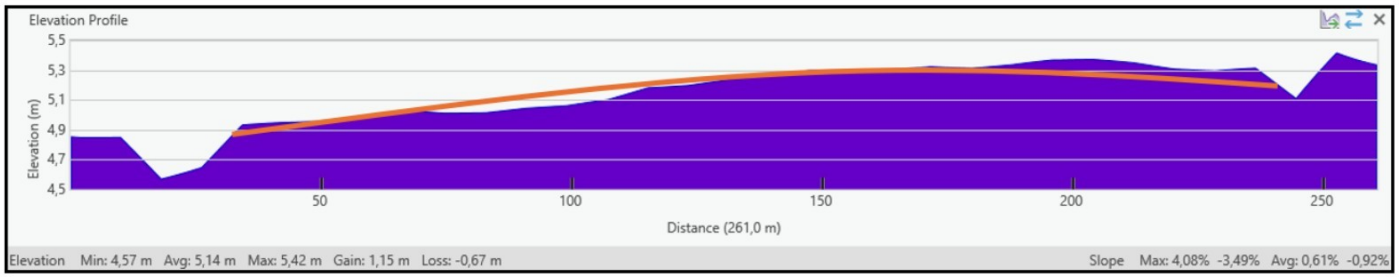
Figuur 4: Historische Google Earth-satellietafbeeldingen van het plangebied [1].

3.3 Opbolling

Bij gelijke waterpeilen in de watergangen en een vlak maaiveld zal de opbolling een vorm aannemen zoals weergegeven in Figuur 5. In de huidige situatie is het maaiveld echter ongelijkmatig en zijn de watergangen op verschillende (ongelijke) dieptes ingesneden. Hierdoor zal de opbolling, na of tijdens een regenbui, in het plangebied ongeveer een profiel aannemen zoals weergegeven in Figuur 6. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het water dat voornamelijk in het noordwestelijke deel van het plangebied aanwezig is.



Figuur 5: Opbolling tussen watergangen met gelijke peilhoogten.

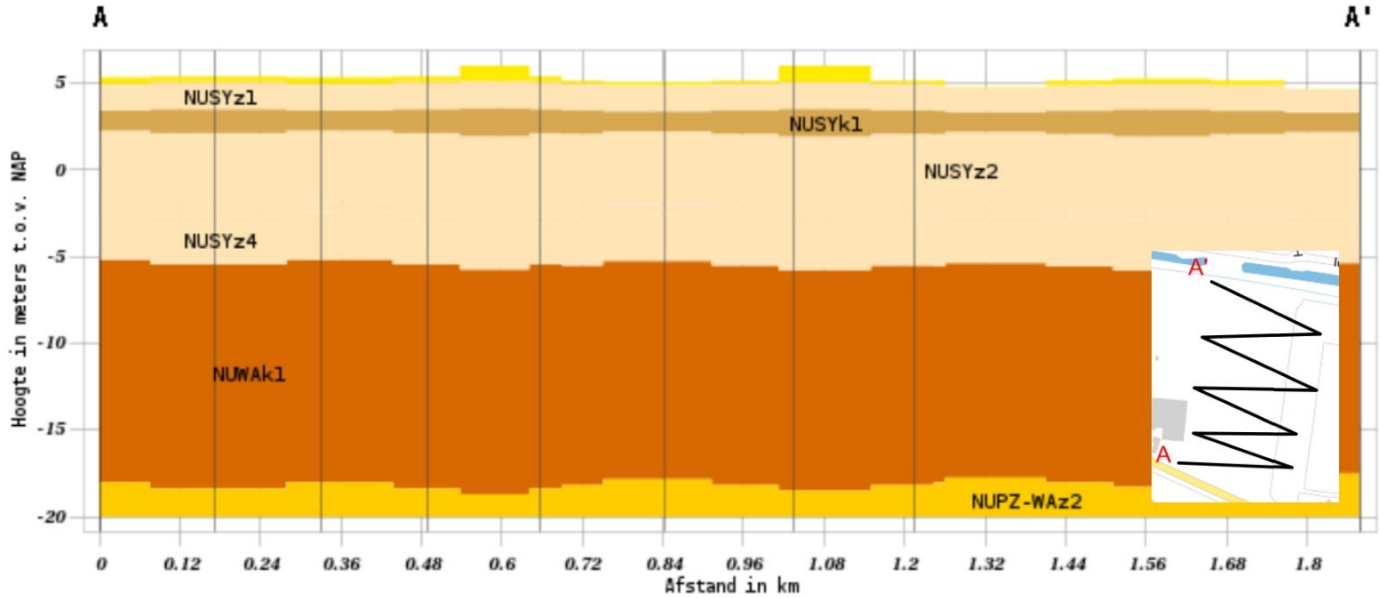


Figuur 6: Hoogteprofiel met voorbeeld weergave van een hoge grondwaterstand.

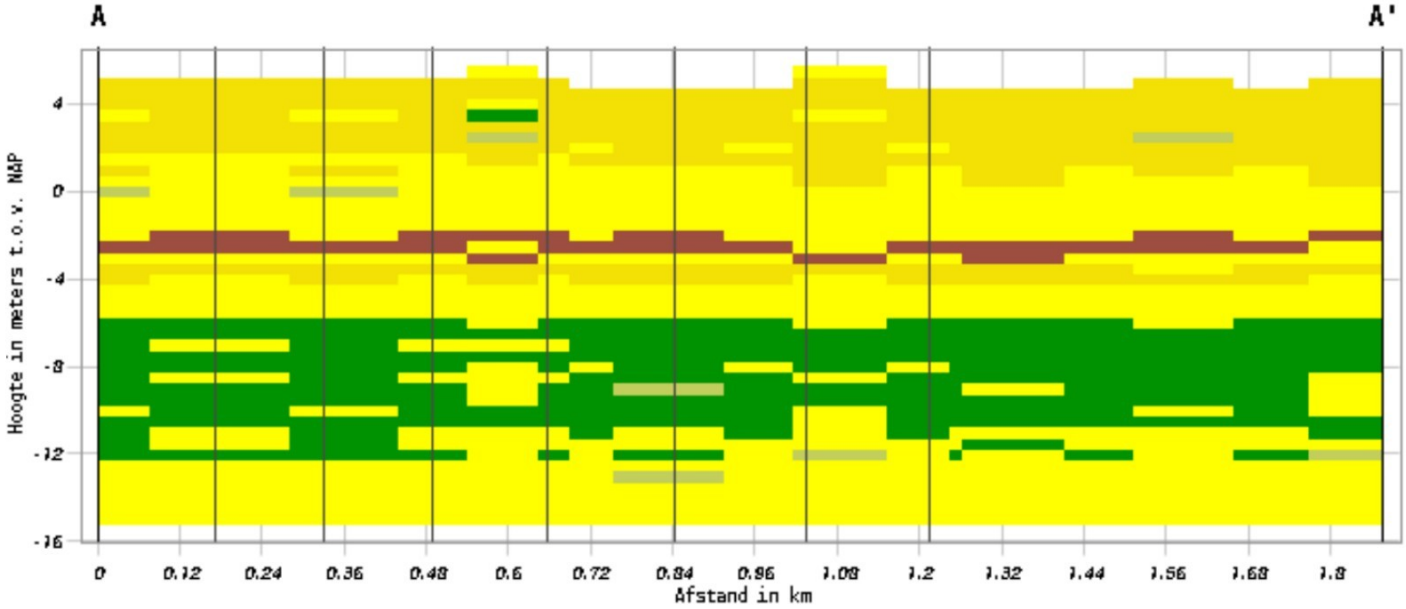
3.4 Bodemopbouw

Verticale doorsnedes van de bodemopbouw ter hoogte van het plangebied zijn weergegeven in Figuur 7 en Figuur 8. Deze doorsnedes zijn afkomstig uit de openbare ondergrondmodellen REGIS en GeoTOP. De zandige Formatie van Boxtel (BX) en de Formatie van Stramproy (SY) vormen het eerste watervoerende pakket. Dit pakket wordt afgesloten door de eerste kleiige eenheid van de Formatie van Stramproy, op een diepte van +3 m NAP en +2 m NAP. Volgens GeoTOP is de aanwezigheidskans van deze laag echter klein. Daaronder vormen zandige eenheden van de Formatie van Stramproy het tweede watervoerende pakket. Het Waalre (WA) klei, gelegen tussen circa -6 m NAP en -10 m NAP, is in deze studie aangenomen als de geohydrologische basis.

De dieptes en doorlatendheden van de lagen zijn weergegeven in Tabel 1. De horizontale doorlatendheden zijn gebaseerd op BRO REGIS v2.2.3 [2]. De verticale doorlatendheden zijn afgeleid van de horizontale doorlatendheden, aangezien de verticale doorlatendheden van zandige lagen doorgaans een factor twee lager zijn dan de horizontale doorlatendheden.



Figuur 7: Verticale doorsnede BRO REGIS v2.2.3 tot een diepte van -40 m NAP [2].



Figuur 8: Meest waarschijnlijke lithoklasse van BRO GeoTOP v1.6.1 [2].

Tabel 1: Dieptes en doorlatendheden van aanwezige geologische eenheden in de verticale doorsnede BRO GeoTOP v1.6.1. Doorlatendheden zijn gebaseerd op BRO REGIS v2.2.3 [2].

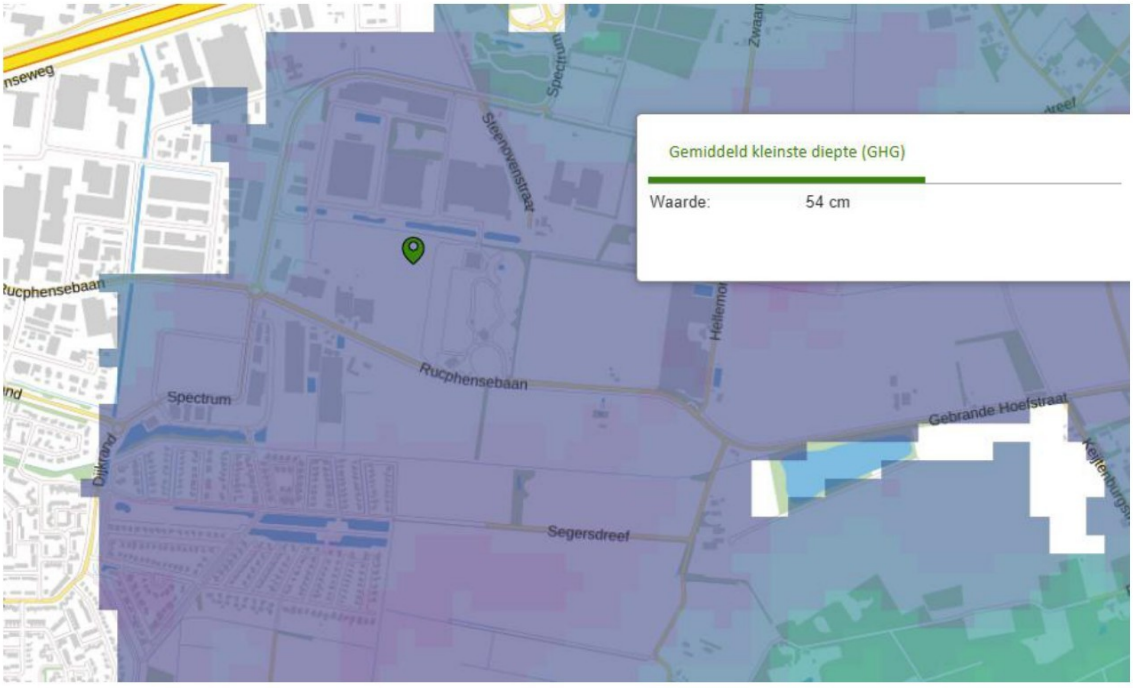
Geologische eenheid	Lithologie	Diepte van	Diepte tot	Horizontale doorlatendheid (k_h)	Verticale doorlatendheid (k_v)
[-]	[-]	[m NAP]	[m NAP]	[m/d]	[m/d]
Boxtel en Stramproy	Zeer tot matig fijn zand	6,0	3,0	2,5 – 5	1,25 – 2,5
Stramproy* (SY)	Klei en leem	3,0	2,0	0,1	0,05
Stramproy (SY)	Fijn zand	2,0	-6,0	5 – 10	2,5 – 5
Waalre klei	Klei	-6,0	-10,0	Geohydrologische basis	

**Kans op voorkomen is klein*

3.5 Grondwaterstanden

BRO Grondwaterspiegeldiepte
De grondwaterstanden binnen het plangebied zijn geïnventariseerd op basis van de BRO Grondwaterspiegeldiepte (01-2025) [3]. Het model is een tweedimensionaal model, gebaseerd op gemiddelden en schattingen voor heel Nederland, en niet op directe metingen op elk specifiek punt. Hierdoor moeten de grondwaterstanden worden beschouwd als een indicatie van de werkelijke grondwaterstanden. Een voorbeeld van de weergave van de BRO Grondwaterspiegeldiepte in het plangebied is weergegeven in Figuur 9.

Opvallend is dat de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en de gemiddelde voorjaarstand (GVG) toenemen richting het zuiden van het plangebied. Dit wordt veroorzaakt door het maaiveld, dat richting het zuiden van het plangebied toeneemt. Uit de BRO Grondwaterspiegeldiepte gegevens blijkt dat de GHG varieert van 0,54 m -mv (noorden) tot 0,60 m -mv (zuiden), de GLG varieert van 1,71 m -mv tot 1,85 m-mv, en de GVG zich bevindt op 0,89 m -mv tot 0,96 m -mv.



Figuur 9: Screenshot van de GHG uit het BRO Grondwaterspiegel model 2025-1 [3].

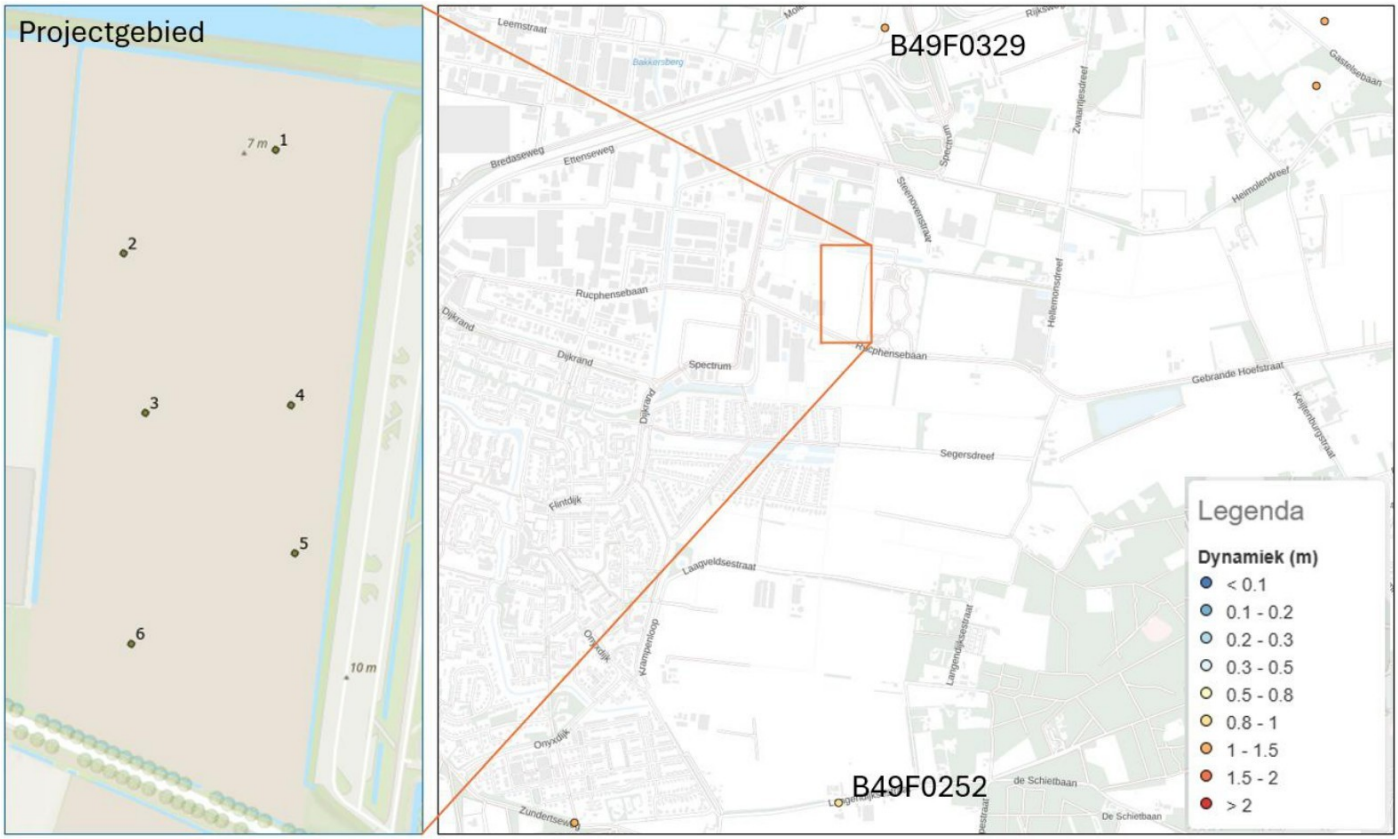
Verkennend bodemonderzoek
Op 6 mei 2025 zijn zes metingen uitgevoerd waarmee de grondwaterstanden in het voorjaar zijn bepaald [4]. De locaties en resultaten van deze metingen zijn respectievelijk weergegeven in Figuur 10 en Tabel 2. De grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld varieert van 0,73 m -mv tot 1,03 m -mv. De grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld is het laagst in peilbuis 2. Dit kan worden verklaard door het relatief lage maaiveld in de noordwestelijke hoek van het plangebied. Ten opzichte van NAP zijn de grondwaterstanden in het plangebied overal ongeveer even hoog. Alleen de grondwaterstand in peilbuis 6, gelegen in het zuiden van het plangebied, ligt iets hoger vergeleken met de andere peilbuizen.

Op basis van de grondwatertrappen zou de hoogste grondwaterstand naar verwachting circa 40 cm hoger moeten liggen. Hieruit volgt dat de hoogste grondwaterstand naar verwachting op circa 0,33 tot 0,63 m -mv zal liggen.

Tabel 2: Veldmetingen verkennend bodemonderzoek Rucphensebaan te Roosendaal [4], aangevuld met maaiveldhoogte en grondwaterstand ten opzichte van NAP.

Peilbuis	Filterinstelling	Grondwaterstand t.o.v. maaiveld	Maaiveld	Grondwaterstand t.o.v. NAP
[-]	[m -mv]	[m -mv]	[m NAP]	[m NAP]
01	1,50 – 2,50	0,97	5,33	4,36
02	1,40 – 2,40	0,73	5,06	4,33
03	1,50 – 2,50	0,98	5,30	4,32
04	1,50 – 2,50	1,00	5,25	4,25
05	1,50 – 2,50	1,03	5,34	4,31
06	1,50 – 2,50	1,02	5,52	4,50

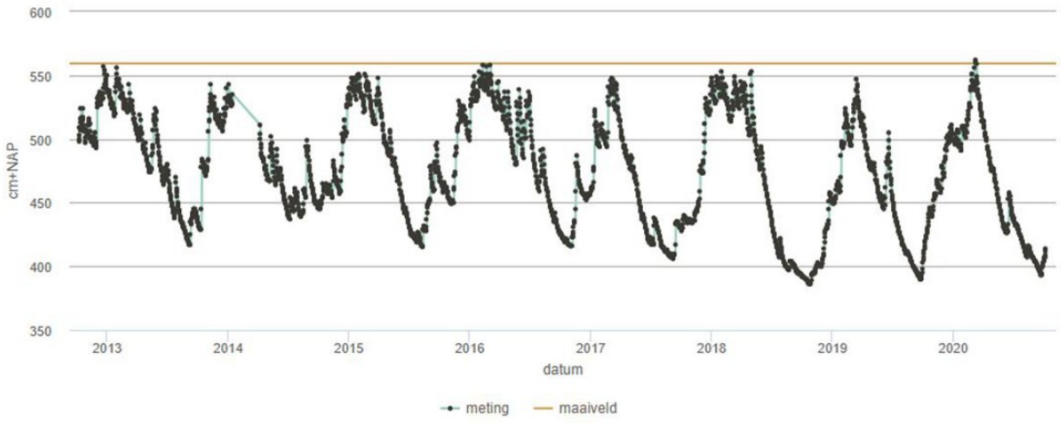
Grondwatertools peilbuizen
Peilbuizen gelegen nabij het plangebied, beschikbaar op Grondwatertools [5], zijn weergegeven in Figuur 10 en Tabel 3. De peilbuizen liggen relatief ver van het plangebied (>1 km). De dynamiek van de peilbuizen nabij het plangebied is weergegeven in Figuur 11, Figuur 12 en Figuur 13. Uit de stijghoogtes is af te leiden dat de dynamiek vrij constant is. Deze peilbuizen meten, op basis van het 90e percentiel tussen 2002 en 2012, een hoge grondwaterstand tussen 0,26 m -mv en 0,83 m -mv (Tabel 3).



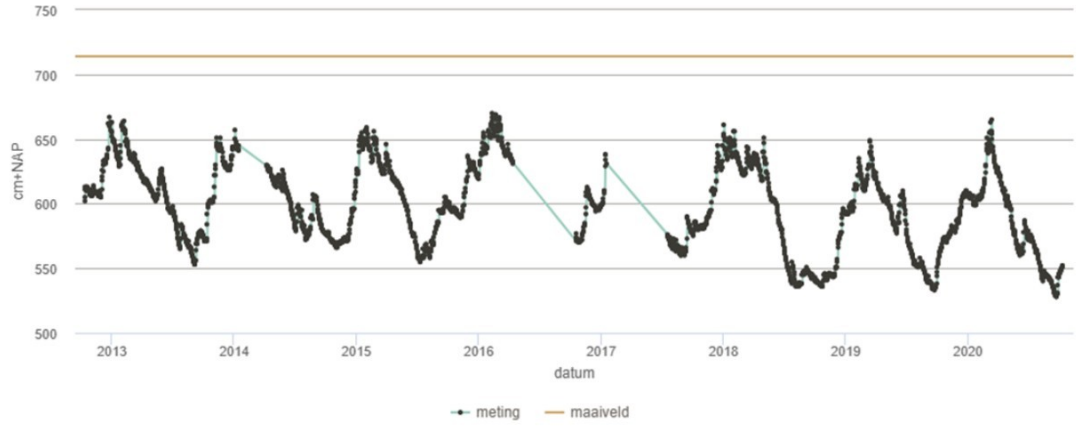
Figuur 10: Peilbuizen geplaatst in het plangebied voor verkennend bodemonderzoek [4] en Peilbuizen gelegen nabij het plangebied beschikbaar in Grondwatertools [5].

Tabel 3: Peilbuizen gelegen nabij het plangebied.

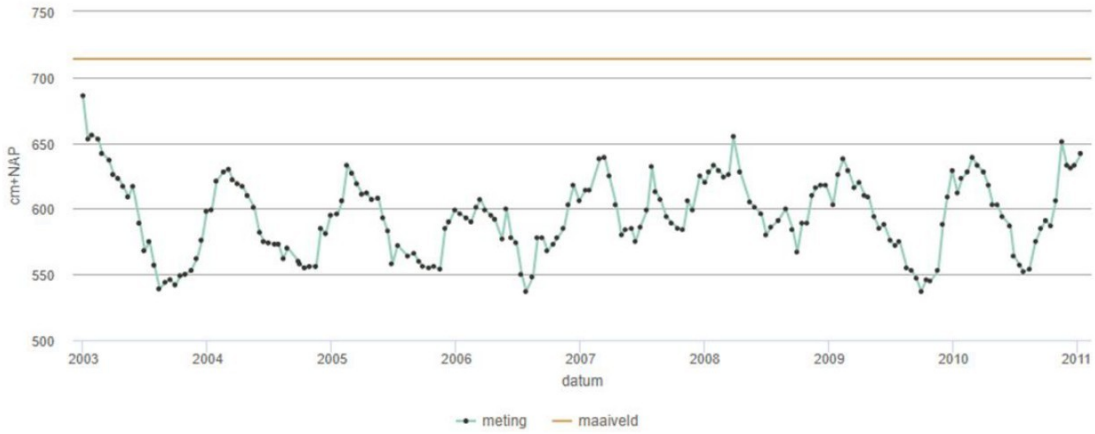
Peilbuis	Filter	Maaiveld	BKF	OKF	Gemiddelde hoge grondwaterstand	Gemiddelde hoge grondwaterstand	Meetreeks
[-]	[-]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m -mv]	[-]
B49F0329	001	5,59	1,91	0,91	5,33	0,26	2012-2020
B49F0252	001	7,14	4,24	3,24	6,41	0,73	2012-2020
	002	7,14	-2,29	-3,29	6,31	0,83	2002-2011



Figuur 11: Grondwaterpeil in peilbuis B49F0329, filter 001, in de periode 08-10-2012 tot 8-10-2020.



Figuur 12: Grondwaterpeil in peilbuis B49F0252, filter 001, in de periode 12-10-2012 tot 12-10-2020.



Figuur 13: Grondwaterpeil in peilbuis B49F0252, filter 002, in de periode 30-12-2002 tot 12-01-2011.

3.6 Oppervlaktewater

Het perceel wordt omringd door categorie B-waterlopen (zie Figuur 14). Het water stroomt van het zuiden naar het noorden. De waterlopen aan de zuidwestkant zijn afgesloten met een vaste dam. Vervolgens stroomt het water naar het westen onder een duiker door. De noordwestkant watert af naar de A-watergang bij de Ionweg. Aan de oostkant loopt er een greppel langs de parkeerplaats die naar het noorden afwatert. Het totale oppervlak van het plangebied bedraagt 43.477 m^2, waarvan geen verharding aanwezig is. Het peil in de watergangen is +4 m NAP en is afhankelijk van de A-watergang bij de Ionweg, omdat deze in directe verbinding staan. Bij een piekbui wordt een maximaal slootpeil van +4,7 m NAP aangenomen.

Met behulp van het hoogtemodel (zie Figuur 2) krijgen we een beeld van de hoogtes en daarmee van de drooglegging van het perceel. Het huidige perceel ligt hoger dan de westelijk naastgelegen percelen, maar lager dan de parkeerplaats van Zegestede.



Figuur 14: Legger watersysteem Brabantse Delta

4 Afvoer en bergingsberekeningen

Bij de gebiedsontwikkeling van de begraafplaats in Roosendaal wordt nieuw verhard oppervlak gerealiseerd. Dit leidt tot een versnelde afstroming van hemelwater naar het oppervlaktewater, waardoor de geldende afvoernorm mogelijk wordt overschreden. De afvoernorm van waterschap Brabantse Delta is 1 l/s/ha. De maximale afvoer per fase wordt weergegeven in Tabel 4.

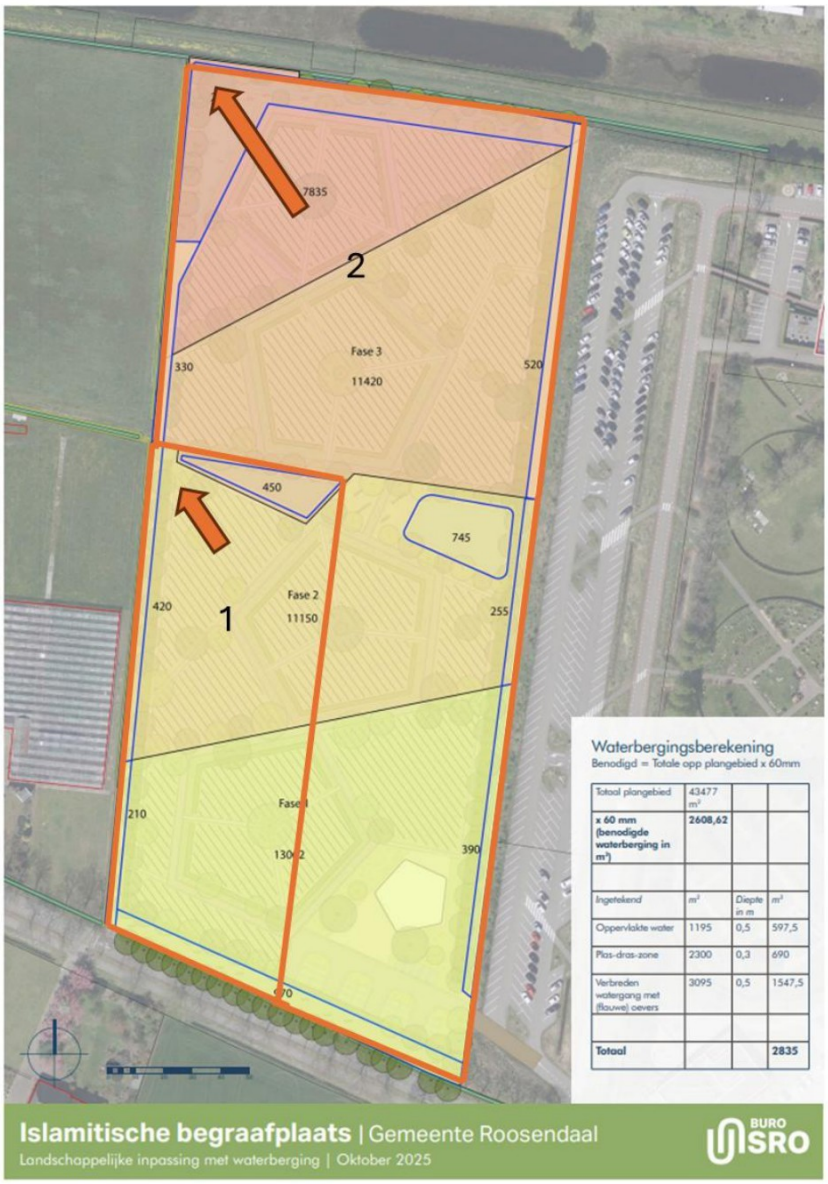
Om de versnelde afstroming te voorkomen dient de afvoer te worden gereguleerd en moet worden voldaan aan de bergingsopgave zoals vereist door de gemeente Roosendaal. In een gesprek met de gemeente is vastgesteld dat aan een bergingseis van 60 mm over het totale perceeloppervlak moet worden voldaan. Hier wordt geen onderscheidt gemaakt tussen verharde en onverharde gebieden. Ook verhardingen onder grond, zoals (betonnen) grafkelders, welke zorgen voor vermindering van de infiltratie, zijn daarmee meegenomen in de bergingsopgave.

Daarnaast is het perceel volgens de Omgevingsverordening Noord-Brabant een reservering van waterberging. Bij aanpassingen van het perceel moet het waterbergend vermogen van het gebied gelijk blijven. Dit is gedaan door het volume water dat bij een T100 waterstand in de watergangen binnen het plangebied staat 1op 1 te compenseren.

Tabel 4 Maximale afvoer per fase.

Fase	Oppervlak (m²)	Maximale afvoer (liter/sec)
Fase 1	13.602	1,3
Fase 2	11.150	1,115
Fase 3	11.420	1,142
Fase 4	7.835	0,784

In het ontwerp van BURO SRO wordt het systeem op twee plekken afgevoerd: de westelijke afvoer en de noordelijke afvoer. In Figuur 15 zijn 1 de westelijke afvoer en 2 de noordelijke afvoer weergegeven. In de berekeningen wordt aangenomen dat het water naar de dichtstbijzijnde (geschetste) watergang stroomt. Hierdoor stroomt ongeveer een kwart (1/4de) van het perceel naar de westelijke afvoer en drie kwart (3/4de) naar de noordelijke afvoer. Er stroomt een kwart (1/4de) meer naar het noordelijke afvoerpunt, omdat de watergang bij de parkeerplaats doorloopt naar de Rucphense Baan. Zoals in Figuur 1 aangegeven worden er twee knijpstuwen geplaatst. Deze worden in de huidige secundaire watergangen geplaatst (dus niet in de hoofdwatergang).

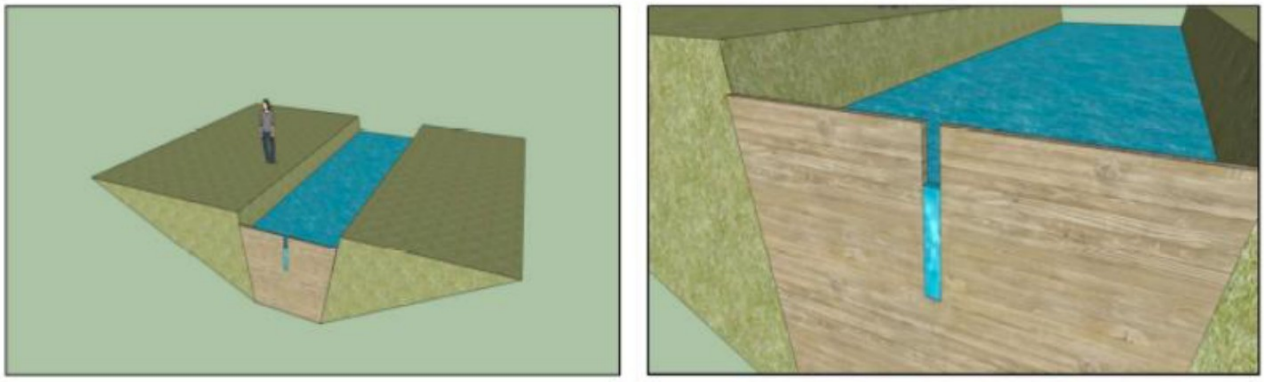


Figuur 15. *Afvoerroutes volgens het ontwerp van BURO SRO. De aangegeven getallen zijn verouderd en hebben geen waarde. Het gaat hier om de richting van de afvoerroutes.*

4.1 Westelijke afvoer

Omdat het perceel op twee manieren wordt afgevoerd, wordt hiervan ook uitgegaan in het waterhuishoudkundig plan. De westelijke afvoer is de afvoer die is aangeduid met het symbool ‘Duiker niet in legger’ (zie Figuur 14). Er wordt aangenomen dan twee derde (2/3de) van het oppervlak van fase 1 en de helft (1/2de) van het oppervlak van fase 2 via deze route wordt afgevoerd. De afvoer van dit deel van het perceel moet voldoen aan de afvoernorm van waterschap Brabantse Delta, namelijk 1 l/s/ha. Omdat de afvoer op dit moment niet wordt gereguleerd, moet er een knijpconstructie voor de duiker worden geplaatst.

De knijpconstructie moet volgens de afvoernorm afvoeren boven de GHG en onder het laagst liggende maaiveld. Het totale oppervlak afwaterend op de westelijke afvoer is 14.643 m^2, waardoor de bijbehorende maatgevende afvoer 1,46 l/s bedraagt. Het laagste maaiveld betreft niet het perceel van de begraafplaats, maar het westelijk gelegen buurperceel. Het laagste insteekniveau (het niveau waarbij overstroming van het perceel optreedt) van het westelijke buurperceel ligt op +4,8 m NAP. De knijpconstructie moet daarom overstorten bij 10 cm onder het laagste insteekniveau, dus op +4,7 m NAP. De breedte van de overstort moet dan gelijk zijn aan de breedte van de watergang, om te veel opstuwing en daarmee wateroverlast voor het buurperceel te voorkomen (zie Figuur 16).



Figuur 16: Voorbeeld knijpconstructie vanuit 'Hydrologische uitgangspunten bij de keurregels voor afvoeren van hemelwater en Brabantse waterschappen.

Ook is het van belang dat de aansluitende duiker de T=100-afvoer kan verwerken. Volgens waterschap Brabantse Delta is dit gelijk aan tweemaal de maatgevende afvoer, wat neerkomt op 2 l/s. Aangezien de duiker in de huidige situatie al aanwezig is, wordt dit verder niet behandeld in dit waterhuishoudkundig plan.

De bergingseis van de gemeente Roosendaal is 60 mm voor het gehele perceel. Om niet boven het laagste insteekniveau van het westelijke buurperceel van +4,7 m NAP uit te komen, mag er maximaal 0,7 m peilstijging zijn boven op het peil in de watergang (+4,0 m NAP). Om dit te realiseren zal er voor de westelijke afvoer in ieder geval 777 m^2 moeten worden gegraven voor fase 1 en 478 m^2 voor fase 2. Met deze extra berging wordt wateroverlast voor naastgelegen percelen voorkomen en wordt voldaan aan de bergingseis van 60 mm.

Tabel 5 Te graven oppervlak voor de westelijke afvoer.

	Fase 1	Fase 2
Totaal oppervlak [m^2]	13.602	11.150
Afvoerend oppervlak [m^2]	9.068	5.575
Berging eis 60 mm [m^3]	544	335
Te graven oppervlak [m^2]*	777	478

**Te graven oppervlak is berekend gebaseerd op een rechte bak. Als er water wordt gegraven in de vorm van een watergang, zou er rekening met het talud moeten worden gehouden (aangezien daar ook water wordt geborgen), waardoor het oppervlak kan afwijken.*

4.2 Noordelijke afvoer

De noordelijke afvoer staat nu nog in directe verbinding met de watergang aan de Ionweg. Bij een directe verbinding met het water is de afvoer te groot; daarom zal hier, net als bij de westelijke afvoerroute, ook een knijpconstructie moeten worden gerealiseerd. Er moet dus ook een scheiding worden aangebracht tussen het water van de begraafplaats en het water van de watergang aan de Ionweg. Hiermee ontstaat tevens een uitlaatpunt naar de A-watergang.

Het laagste insteekniveau is hier +4,8 m NAP, waardoor het overstortniveau op +4,7 m NAP wordt vastgesteld. Voor de maatgevende afvoer wordt een derde (1/3de) van het oppervlak van fase 1, de helft (1/2de) van het oppervlak van fase 2 en het volledige oppervlak van fase 3 en fase 4 meegenomen. Het totale oppervlak komt daarmee uit op 29.364 m^3 en de bijbehorende maatgevende afvoer bedraagt 2,94 l/s. De knijpconstructie mag dus maximaal 2,94 l/s doorlaten.

De bergingseis van de gemeente Roosendaal is 60 mm. Om niet boven het laagste insteekniveau van het westelijke buurperceel van +4,7 m NAP uit te komen, mag er maximaal 0,7 m peilstijging zijn boven op het peil in de watergang (+4 m NAP). Om dit te realiseren zal er voor de noordelijke afvoer in ieder geval 388 m^2 moeten worden gegraven voor fase 1, 478 m^2 voor fase 2, 978 m^2 voor fase 3, en 671 m^2 voor fase 4. Met deze extra berging wordt wateroverlast voor naastgelegen percelen voorkomen en wordt voldaan aan de bergingseis van 60 mm.

Tabel 6 Te graven oppervlak voor de noordelijke afvoer.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Totaal oppervlak [m^2]	13.602	11.150	11.420	7.835
Afvoerend oppervlak [m^2]	4.534	5.575	11.420	7.835
Berging eis 60 mm [m^3]	272	335	685	470
Te graven oppervlak [m^2]*	388	478	978	671

**Te graven oppervlak is berekend gebaseerd op een rechte bak. Als er water wordt gegraven in de vorm van een watergang, zou er rekening met het talud moeten worden gehouden (aangezien daar ook water wordt geborgen), waardoor het oppervlak kan afwijken.*

In totaal moet er binnen het plangebied voor alle fases 2.641 m^3 worden gecompenseerd om aan de 60 mm bergingseis te voldoen. .

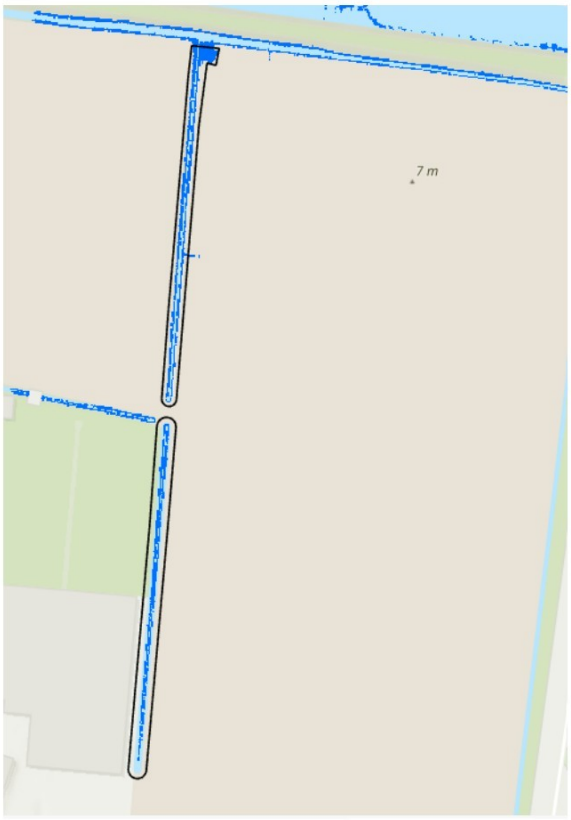
4.3 Compensatie T100 berging

In de huidige situatie is er bij een T100 situatie een waterstand van 4,5 m+NAP berekend. In het plangebied staat dan ook een gedeelte van de secundaire watergang aan de westzijde van het projectgebied onder water (Figuur 17). Deze watergangen bergen dus mee. Deze berging mag niet verloren gaan, daarom wordt deze berging 1 op 1 gecompenseerd in het plangebied.

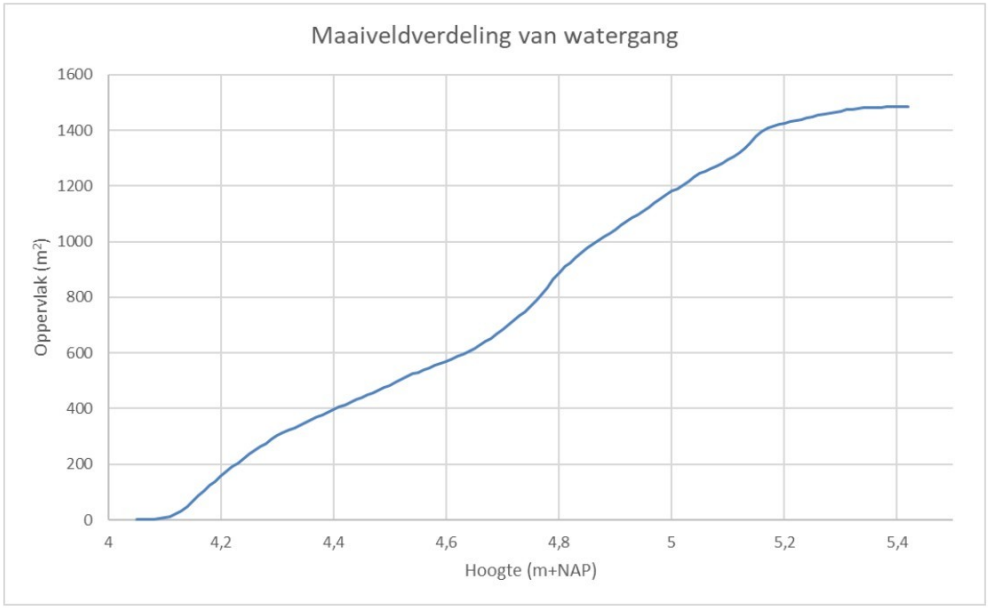
Het maaiveld binnen deze secundaire watergang is gevuld d.m.v. interpolatie en op basis daarvan is er een maaiveldverdeling van gemaakt (Figuur 18). Hierdoor is het mogelijk te berekenen wat het volume water binnen deze secundaire watergang is bij een waterstand van 4,5 m+NAP. Dit volume is 107 m^3. Rekening houdend met een bodemhoogte van 4 m+NAP en een nieuwe toekomstig peil van 4,7 m+NAP (nieuwe maximale kruinhoogte van de knijpstuw en dus maximale bergende waterstand) dient er een extra wateroppervlak van 153 m^2 gerealiseerd te worden. Aangezien sommige AHN pixels in de watergang niet bekend zijn, omdat ze onder water lagen, is bovenstaande compensatie een best case. Het is mogelijk dat sommige pixels dieper liggen. In het plangebied is er daarom rekening gehouden met een ruimere compensatie, namelijk met 200 m^2 wateroppervlak.

4.4 Totale bergingscompensatie

Het totaal te realiseren watervolume is 2.641 m^3 (compensatie 60 mm verhard)+ 107 m^3 (compensatie T100 berging)= 2.748 m^3. In het plangebied wordt rekening gehouden met 2779 m^3 waterberging (zie Figuur 1), waarmee dus aan de bergingseis van 60 mm en de compensatie van de T100 berging wordt voldaan.



Figuur 17. AHN5 waarin in het blauw de pixels met een lagere waarde van 4,5 m+NAP zijn weergegeven. De zwarte omlijning geeft het gebied weer waarin de maaiveldverdeling is gemaakt.



Figuur 18. Maaiverdeling secundaire watergang.

5 Opbollingsberekeningen

Volgens het Rijk[1] moeten graven minimaal 30 cm boven de gemiddelde hoogste waterstand (GHG) liggen. Daarnaast moet er minimaal 65 cm gronddekking boven het graf aanwezig zijn. In deze studie is uitgegaan van een kisthoogte van 40 cm. Dit betekent dat de GHG ter hoogte van het plangebied na ophoging maximaal 1,35 m -mv mag bedragen.

Dit komt overigens niet overeen met de offerte, waarin wordt vermeld dat “voor de nieuwe situatie moet worden aangetoond dat de toekomstige hoogste grondwaterstand minimaal 1 meter onder maaiveld blijft”. In de berekeningen is echter uitgegaan van een waarde van 1,35 m -mv, vanwege de geldende wet- en regelgeving.

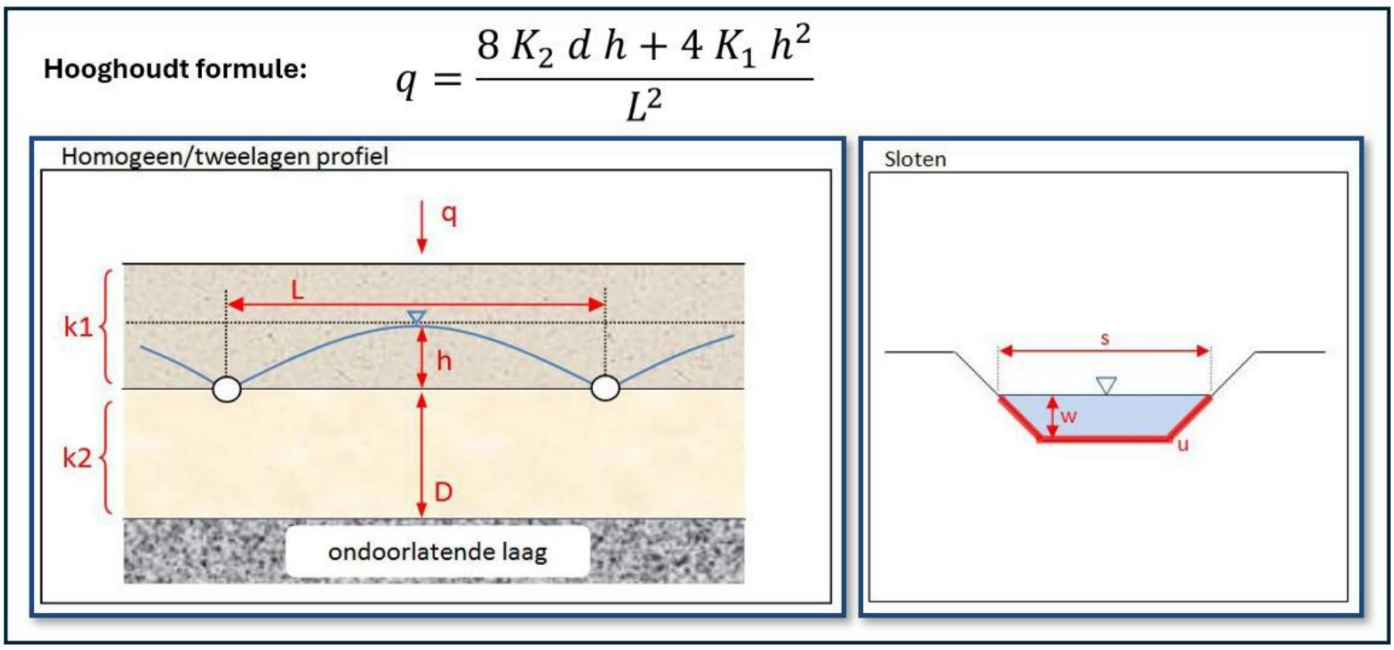
Om te waarborgen dat de toekomstige GHG maximaal 1,35 m -mv zal zijn, is de maximale opbolling van het grondwater tussen de watergangen in het plangebied berekend, zowel voor de huidige als de toekomstige situatie. Voor deze berekening is de formule van Hooghoudt toegepast. De methode, invoer en uitkomsten van de berekeningen worden hieronder beschreven.

5.1 Formule van Hooghoudt

Met behulp van de formule van Hooghoudt is de maximale opbolling tussen de watergangen berekend voor zowel de huidige als de toekomstige situatie. In Figuur 19 zijn zowel de formule als de gebruikte parameters schematisch weergegeven. De parameters van de formule van Hooghoudt zijn voor de huidige en toekomstige situatie uitgewerkt in Tabel 7. Hieronder worden de gemaakte keuzes voor de invoerparameters toegelicht.

- Specifieke afvoer: Op basis van KNMI-daggegevens van het station in Gilze Rijen [6] is een inschatting gemaakt voor de specifieke afvoer. De specifieke afvoer is bepaald op basis van neerslag die representatief is voor een GHG.
- Waterniveau sloot t.o.v. ondoorlatende laag: Vanaf -6 m NAP is er een grote kans op klei of kleiig zand. Hierdoor bestaat de mogelijkheid van een lage doorlatendheid of een ondoorlatende laag op deze diepte. Voor de afstand van het waterniveau in de sloot (maximaal +4,7 m NAP) tot de ondoorlatende laag is daarom 10,7 meter aangenomen.
- Doorlatendheid bovenste laag: De doorlatendheid van de ophooglaag zal waarschijnlijk tussen de 1 en 5 m/dag liggen. In de berekening levert invoer van deze bandbreedte geen verschil in de uitkomst op.
- Doorlatendheid onderste laag: In de formule van Hooghoudt wordt het waterpeil in de sloten standaard aangenomen op de overgang tussen de bovenste en onderste bodemlaag (k1- en k2-laag in Figuur 19). In de praktijk ligt het maximale peil in de sloten echter boven de scheiding tussen deze twee bodemlagen. Daarom is ervoor gekozen om in de berekeningen voor beide lagen de doorlatendheid van de Boxtel Formatie (2,5 m/dag) aan te houden, zodat wordt voorkomen dat de grondwaterafvoer en opbolling te gunstig wordt ingeschat.
- Afstand tussen watergangen: Voor de nieuwe situatie wordt de afstand tussen de watergangen aangepast. In de huidige situatie bedraagt de afstand circa 140 m. In de nieuwe situatie wordt deze afstand circa 130 meter.

[1] Artikel 5 Besluit op de lijkbezorging



Figuur 19: Schematische weergave van de parameters van de formule van Hooghoudt.

Tabel 7: Parameters van de formule van Hooghoudt. De berekende parameter, opbolling, is in oranje gearceerd.

Parameter	Eenheid	Omschrijving	Huidig	Toekomstig [met drain]
q	m/d	Specifieke afvoer	0,0028	0,0028
K_1	m/d	Doorlatendheid bovenste laag	2,5	1-5*
K_2	m/d	Doorlatendheid onderste laag	2,5	2,5
D	m	Waterniveau sloot t.o.v. ondoorlatende laag	10,7	10,7
L	m	Afstand tussen watergangen	140	130
s	m	Breedte sloot	2	2
w	m	Waterdiepte sloot	1	1
h	m	Opbolling	0,29	0,25

** De doorlatendheid range van de bovenste laag heeft weinig invloed op de uitkomst van de berekening.*

De opbolling voor de huidige en toekomstige situatie bij een GHG, berekend met de formule van Hooghoudt, bedraagt respectievelijk 29 cm en 25 cm boven het waterniveau in de sloot. Aangezien het waterniveau in de sloot maximaal +4,7 m NAP is, zal de GHG in de huidige en toekomstige situatie, respectievelijk, +4,99 m NAP en +4,95 m NAP zijn. In Tabel 8 is de berekende ontwatering in de huidige situatie weergegeven. In Tabel 9 is het maaiveld weergegeven dat nodig is om aan de ontwateringseis van 1,35 m -mv te voldoen.

Tabel 8: Berekende ontwatering – huidige situatie.

Maaiveld	GHG huidig*	Ontwatering huidig
[m NAP]	[m NAP]	[m -mv]
Huidig laag: +4,9 m NAP	+4,99	-0.09
Huidig hoog: +6,0 m NAP	+4,99	+1,01

**Op basis van Hooghoudt berekening*

Tabel 9: Berekende benodigde maaiveldhoogte – toekomstige situatie.

Maaiveld	GHG toekomstig*	Ontwatering nieuw
[m NAP]	[m NAP]	[m -mv]
Toekomstig: +6,3 m NAP	+4,95	+1,35

**Op basis van Hooghoudt berekening*

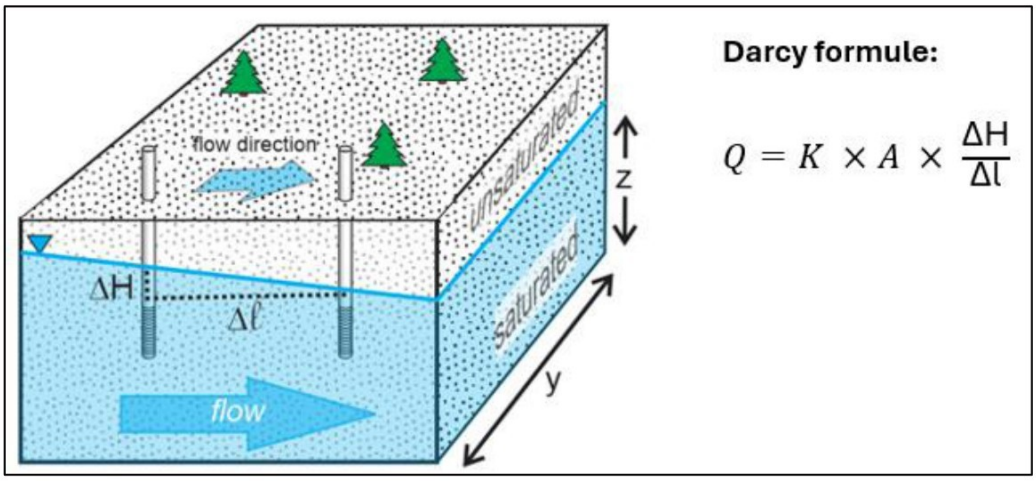
Uit de berekeningen blijkt dat, om aan de ontwatering van 1,35 m -mv tijdens een GHG-situatie te voldoen, het maaiveld tot minimaal +6,3 m NAP moet worden opgehoogd. De huidige maaiveldhoogte in het plangebied varieert van circa +4,9 m NAP tot +6 m NAP, waarbij het maaiveld slechts in het meest noordwestelijk deel onder de +5,0 m NAP zakt. Het maaiveld zal dus in de laagste delen met circa 1,4 meter moeten worden opgehoogd. In de hoger gelegen delen zal er minder dan 1 meter moeten worden opgehoogd.

6 Afvoer grondwater

Om te beoordelen of de sloot ten noordwesten van het plangebied de afvoer van grondwater kan waarborgen, is de grondwaterafvoer richting deze sloot berekend met de formule van Darcy. Hiermee wordt bepaald of de noordwestelijke watergang de inkomende grondwaterflux kan verwerken (zie Figuur 20).

De afvoernorm van deze sloot is 1,0 L/s/ha. Als stijghoogteverschil is het verschil tussen de slootpeilen aangehouden: 0,45 m. In werkelijkheid zal de flux richting deze watergang kleiner zijn, aangezien ook water wordt afgevoerd richting de watergangen ten oosten en ten noorden (radiale stroming). Door een overschatting te hanteren, wordt de afvoer niet onderschat. Bovendien zal deze stroming in de toekomst afnemen, omdat de slootpeilen gelijk zullen zijn.

Uit de berekening volgt dat de afvoer 0,02 L/s/ha zal bedragen (10,44 m^3/dag). Dit ligt ruim onder de afvoernorm van 1,0 L/s/ha van waterschap Brabantse Delta. De sloot heeft daarmee voldoende hydraulische capaciteit om de grondwaterflux te verwerken.



Figuur 20: Schematische weergave van de parameters van de formule van Darcy.

Tabel 10: Parameters van de formule van Darcy. De berekende parameter, afvoer, is in oranje gearceerd.

Parameter	Eenheid	Omschrijving	
ΔH	m	Stijghoogteverschil	0,45
Δl	m	Afstand stromingsrichting	140
K	m/d	Doorlatendheid	2,5
A	m^2	Doorstroomoppervlak (y = 130 m * z = 10 m)	1.300
Q	m^3/dag	Afvoer	10,44 (0,02 L/s/ha)

7 Drainage

Om de benodigde ophoging te beperken, kan het aanleggen van drainage worden overwogen. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op zowel de aanleg van drainage als op de invloed hiervan op de benodigde ophoging.

7.1 Modelopzet

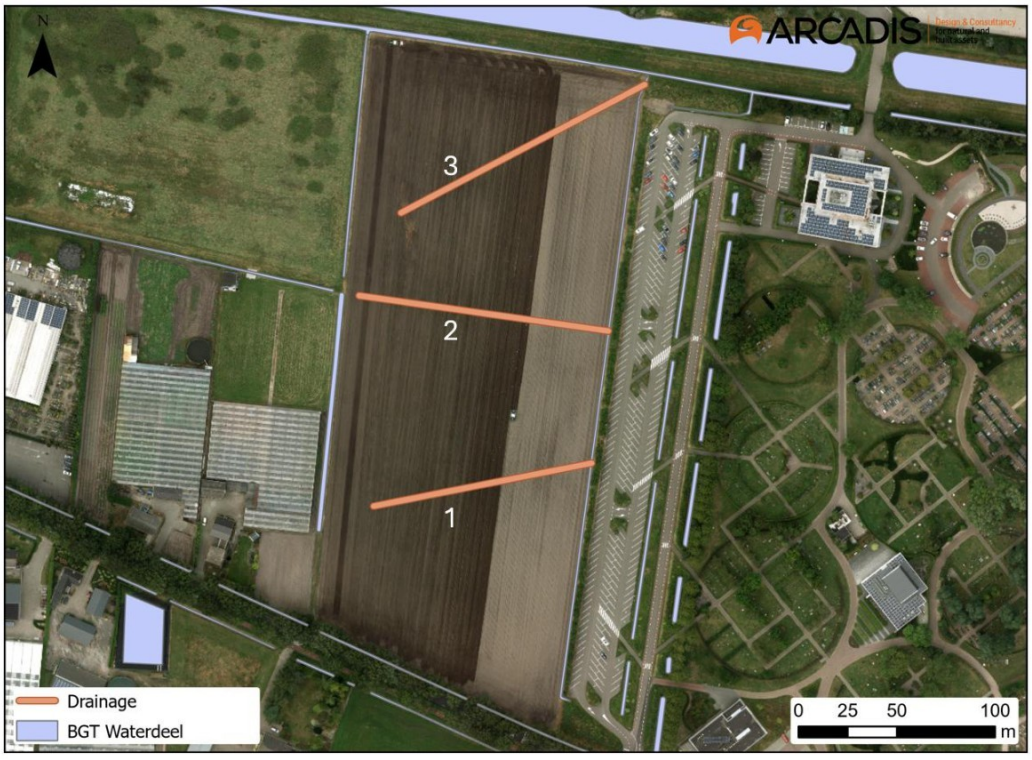
Om de vraag naar het effect van drainage op de benodigde ophoging te beantwoorden is een MODFLOW2005-model opgezet met Groundwater Vistas 9 [7]. Hiermee zijn de gemiddeld hoge grondwaterstanden (GHG) gemodelleerd voor de volgende situaties:

1. De huidige situatie, zonder drainage.
2. De toekomstige situatie, zonder drainage.
3. De toekomstige situatie, waarin drie drainagebuizen zijn aangelegd. De locaties van deze drainagebuizen zijn weergegeven in Figuur 21. De drainagebuizen zijn onder de looppaden gepositioneerd, zodat ze niet onder toekomstige graven komen te liggen.

De drainagebuizen zijn aangelegd op de grens van de verschillende fasen binnen het plangebied. Hierdoor kan de aanleg van de drainage gefaseerd plaatsvinden. Voor de drainage is een instelpeil van +4,75 m NAP gehanteerd. Dit is circa 5 cm hoger dan het maximale slootpeil, zoals beschreven in paragraaf 3.6. De drainagebuizen wateren af op de watergangen in het plangebied (in Hst 7.3 wordt verder op de precieze fwatering in gegaan).

De binnenkant onderkantbuis (b.o.b.) van de drainage dient onder de GLG te worden aangebracht, zodat de buizen permanent onder het grondwaterniveau blijven. Op deze manier wordt roestvorming voorkomen. Hoewel de exacte GLG ter plaatse van het plangebied nog onbekend is, blijkt uit Figuur 11 en Figuur 12 dat een b.o.b. van +3,5 m NAP naar verwachting voldoende is.

Het model is gebaseerd op dezelfde bodemopbouw als beschreven in Tabel 1. Daarnaast zijn de grondwaterstanden en stijghoogten overgenomen uit de beschrijving van het watersysteem (Hooftstuk 3). Als representatieve neerslag voor het modelleren van de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) is dezelfde waarde gehanteerd als bij de berekening van de opbolling, namelijk 0,0028 m/dag. Het model is stationair doorgerekend tot een evenwichtssituatie is bereikt.



Figuur 21: Ligging van de drainagebuizen, met een instelpeil van +4,75 m NAP en een b.o.b. van +3,5 m NAP.

7.2 Modelresultaten

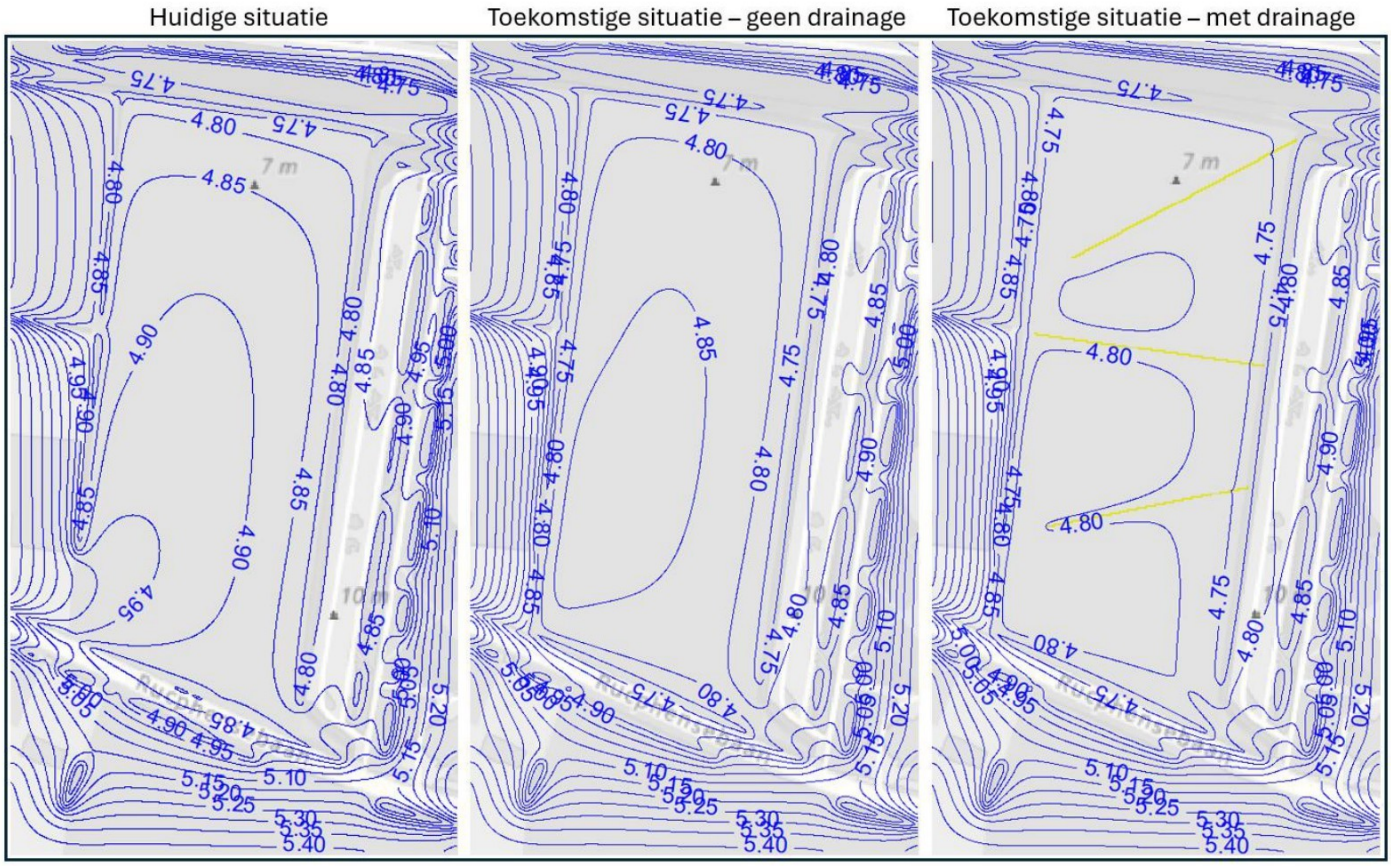
De modeluitkomsten voor de drie scenario's zijn weergegeven in Figuur 22.

De grondwaterstand in de huidige situatie bedraagt maximaal +5,0 m NAP. Dit komt overeen met de maximale opbolling bij een gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG), die op +4,99 m NAP is berekend met behulp van de formule van Hooghoudt (zie Tabel 8).

In de toekomstige situatie zonder drainage zal de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) maximaal +4,88 m NAP bedragen. Met een benodigde ontwatering van 1,35 m -mv ten opzichte van de GHG, betekent dit dat de looppaden moeten worden opgehoogd tot circa +6,23 m NAP.

Wanneer drainage wordt aangelegd, daalt de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) tot maximaal +4,84 m NAP. Met een benodigde ontwatering van 1,35 m -mv ten opzichte van de GHG, betekent dit dat de ophoging tot circa +6,19 m NAP moet plaatsvinden. Dit is 4 cm lager dan in de situatie zonder drainage.

Het effect van drainage op de benodigde ophoging is beperkt, aangezien het instelpeil van de drainagebuizen is vastgesteld op +4,75 m NAP. Dit peil kan niet verder worden verlaagd omdat het maximale slootpeil bij een piekbui +4,70 m NAP bedraagt. Bij een lager instelpeil zou oppervlaktewater de drainage in kunnen stromen, wat ongewenst is. De berekende afvoer van de drainagebuizen is weergegeven in Tabel 11.



Figuur 22: Modeluitkomst voor de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) in drie situaties: de huidige situatie (links), de toekomstige situatie zonder drainage (midden), en de situatie na het aanleggen van drainage (rechts).

Tabel 11: Het instelpeil en de berekende afvoer van de drainagebuizen.

Drainagebuis	Instelpeil	Afvoer	
[-]	[m NAP]	[m^3/dag]	l/s
1	4,75	18,55	0,21
2	4,75	17,44	0,2
3	4,75	14,61	0,17

7.3 Bergingseisen, drains en oppervlaktewater

Door het realiseren van het oppervlaktewater zoals beschreven in paragraaf 4.1, wordt voldaan aan de bergingseis van 60 mm. Waterschap Brabantse Delta hanteert hierbij een afvoernorm van 60 mm per verhard oppervlak. Dit wijkt af van de norm van de gemeente, waarbij wordt uitgegaan van 60 mm per totaal perceeloppervlak.

De 60 mm-norm van Waterschap Brabantse Delta is gebaseerd op het gemiddelde verschil tussen de verwachte neerslag en de afvoercapaciteit, zoals bepaald op basis van het KNMI-scenario voor 2050. Bij deze berekening wordt de beperkte berging op het verharde oppervlak, bijvoorbeeld via riolering en tijdelijke berging op straat, in mindering gebracht. De afvoer vanaf het onverharde oppervlak wordt hierbij niet meegenomen [8].

Door het aanbrengen van drains wordt de afvoer vanuit het onverharde oppervlak echter versneld. Dit leidt tot een verhoogde belasting van het watersysteem. Hierdoor zou de benodigde berging in het oppervlaktewater mogelijk groter moeten zijn dan op basis van de huidige norm wordt aangenomen.

Omdat de bergingseis van de gemeente wordt gehanteerd, is in de berekening ook de compensatie voor het onverharde gebied meegenomen. Hierdoor is het niet noodzakelijk om extra oppervlaktewater te realiseren boven op de oppervlakten die zijn genoemd in paragraaf 4.1.

Indien de afvoer wordt verdeeld in een noordelijke en westelijke richting, is het wenselijk om de drie drains proportioneel te dimensioneren op basis van hun respectievelijke afvoergebieden. Zo kan bijvoorbeeld drain 1 uit Figuur 21 worden aangesloten op de westelijke afvoer, terwijl drain 2 en 3 op de noordelijke afvoer worden aangesloten.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Oppervlaktewater en berging

Het plangebied is opgedeeld in twee afvoerroutes, een noordelijke afvoerroute en een westelijke afvoerroute. Om de afvoernorm niet te overschrijden, moeten er twee knijpconstructies worden aangelegd. Deze knijpconstructies limiteren het debiet tot 1 l/s/ha en begrenzen de peilstijging tot onder het maaiveld. Hierdoor stroomt het land, met name het laaggelegen westelijke buurperceel, niet onder water. Het buurperceel zal dus geen wateroverlast ondervinden vanuit het plangebied. Daarnaast zorgt de knijpconstructie en het te graven watervlak dat de waterbergingcompensatie wordt ingewilligd en aan de bergingseis van 60 mm wordt voldaan.Het te graven oppervlak is afhankelijk van de peilstijging en de bergingseis van 60 mm over het hele perceel. In Tabel 5 en Tabel 6 wordt het benodigde oppervlak per fase weergegeven.

Toekomstige situatie - zonder drainage

De satellietbeelden tonen aan dat in de huidige situatie, met name in het noordwestelijke deel van het plangebied, water op het maaiveld blijft staan. Dit wordt bevestigd door de opbollingsberekeningen voor de huidige situatie.

Voor de toekomstige situatie zonder toepassing van drainage is met behulp van het grondwatermodel (Groundwater Vistas 9) berekend dat de maximaal gemiddelde hoge grondwaterstand (GHG) +4,88 m NAP bedraagt. Uit de opbollingsberekeningen (uitgevoerd met worst-case aannames) blijkt dat de toekomstige GHG +4,95 m NAP zal zijn.

Het verschil tussen deze twee uitkomsten wordt verklaard doordat het grondwatermodel een driedimensionale benadering is, waarbij zowel de bodemopbouw als de ligging van sloten nauwkeurig zijn meegenomen. De Hooghoudt-berekening daarentegen is een tweedimensionale methode die uitgaat van uniforme en worst-case aannames.

Om te voldoen aan de eis dat de GHG minimaal 1,35 meter onder het maaiveld ligt (conform wet- en regelgeving), dient het maaiveld te worden opgehoogd tot minimaal +6,23 m NAP volgens het grondwatermodel, en tot +6,30 m NAP volgens de Hooghoudt-berekening.

Toekomstige situatie - met drainage

Uit de modelberekeningen met drainage blijkt dat de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) maximaal +4,84 m NAP zal bedragen. Hierdoor kan het maaiveld worden opgehoogd tot een iets lager niveau: minimaal +6,19 m NAP, zodat wordt voldaan aan de ontwateringseis van 1,35 m onder maaiveld. Dit betekent dat de benodigde ophoging, in vergelijking met de situatie zonder drainage, met circa 4 cm kan worden verminderd.

Afvoer grondwater naar oppervlaktewatersysteem

Op basis van een analytische berekening is gebleken dat de aanwezige watergang tussen het plangebied en het westelijke buurperceel de grondwaterflux kan afvoeren, waardoor het buurperceel geen wateroverlast zal ondervinden vanuit het plangebied.

8.2 Aanbevelingen

Optie 1: Ophogen zonder drainage

Het maaiveld in het plangebied moet worden opgehoogd tot minimaal +6,23 m NAP. Afhankelijk van de bestaande maaiveldhoogte, die varieert van +4,90 tot +6,00 m NAP, betekent dit een benodigde ophoging van 0,23 tot 1,33 meter. Hiermee wordt voldaan aan de eis dat de toekomstig gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) minimaal 1,35 meter onder het maaiveld blijft, conform de landelijke regelgeving en de eisen van zowel de gemeente als het waterschap.

Optie 2: Ophogen met drainage

De drainagebuizen kunnen worden aangelegd op de locaties zoals weergegeven in Figuur 21. Wij adviseren een instelhoogte van +4,75 m NAP en een binnenkant onderkantbuis (b.o.b.) van +3,5 m NAP. Daarbij adviseren wij om drainage te plaatsen in een bed van drainagezand voor een optimale werking. Omdat de drainagebuizen de grenzen van de fasen niet doorkruizen, kunnen deze gefaseerd worden aangelegd. Door het aanbrengen van drainage daalt de gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG), waardoor minder ophoging nodig is. In dat geval moet het maaiveld worden opgehoogd tot minimaal +6,19 m NAP. Afhankelijk van de bestaande maaiveldhoogte (variërend van +4,90 tot +6,00 m NAP) betekent dit een benodigde ophoging van 0,19 tot 1,29 meter.

9 Bibliografie

[1] Google, „Google Earth,” [Online].

[2] TNO, „DINOloket - Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond,” [Online]. Available: https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen/kaart.

[3] Rijksoverheid, „BROloket,” [Online]. Available: https://www.broloket.nl/ondergrondmodellen/kaart.

[4] V. Kemper, „Verkennend bodemonderzoek Rucphensebaan te Roosendaal,” MILON, 2025.

[5] Geologische Dienst Nederland, „Grondwatertools,” TNO, [Online]. Available: https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/.

[6] KNMI, „Daggegevens van het weer in Nederland,” [Online]. Available: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens.

[7] ESI, „Groundwatermodels.com,” Environmental Simulations Incorporated, [Online]. Available: https://www.groundwatermodels.com/ESI_Software.php.

Colofon

WATERHUISHOUDKUNDIG PLAN ISLAMITISCHE BEGRAAFPLAATS ROOSENDAAL

KLANT
BURO SRO

AUTEUR
[redacted]

PROJECTNUMMER
30299567

ONZE REFERENTIE
73WTF3PAYPHY-1978623587-620:3

DATUM
4 mei 2026

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

[redacted]
Geohydroloog

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner die vooraan staat bij de meest impactvolle projecten van onze tijd. We helpen onze klanten duurzame keuzes te maken via de combinatie van digitale innovatie, expertise en toekomstgerichte vaardigheden in onder meer milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. Wij zetten die extra stap om onze klanten op maat gemaakte oplossingen te bieden voor ontwerp, engineering en advies. Door data-gedreven inzichten in te zetten geven we de natuurlijke en gebouwde omgeving samen vorm. Met meer dan 35.000 mensen bundelen we wereldwijde expertise en pakken we samen uitdagingen als klimaat, betaalbare energie en leefbare steden aan. We verbeteren de levenskwaliteit door onze aanwezigheid in meer dan 30 landen. In 2024 behaalden we een bruto-omzet van €5,0 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life