

concept
Versie 2
26 juni 2012
174995



Gemeente Amsterdam
Ingenieursbureau

Land & Water

Wateradvies Eenhoorngebied

Technische onderbouw van de waterparagraaf in het bestemmingsplan



Auteur

J. (Jeroen) de Jong

Opdrachtgever

Projectbureau Wibaut aan de Amstel
mw. H. Ombre

Projectnummer

50440

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
J. de Jong			26-06-12

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Basisinformatie, beleid en uitgangspunten	4
2.1.	Basisinformatie	4
2.2.	Vigerend waterbeleid	4
2.3.	Uitgangspunten.....	6
3	Beschrijving huidig watersysteem	7
4	Mogelijkheden toekomstige waterhuishouding	12
4.1.	Opzet van het watersysteem	12
4.2.	Hemelwaterafvoer.....	14
4.2.1.	Uitwerking hemelwatersysteem Eenhoorn	14
4.2.2.	Werking van opstuwning in een 'open' hemelwatersysteem.....	18
4.2.3.	Beheer- en onderhoudsaspecten	19
4.2.4.	Afwatering hemelwatersysteem Eenhoorn op het oppervlaktewater	21
4.3.	Oppervlaktewater.....	22
4.4.	Waterkeringen	23
4.5.	Grondwater	24
4.5.1.	Hoe werkt toetsing aan de grondwaternorm?	24
4.5.2.	Modelparameters, ijking en gevoeligheidsanalyse.....	25
4.5.3.	Veranderingen grondwater in toekomstige situatie	28
4.5.4.	Resultaten van de ijking	30
4.5.5.	Modelresultaten: effect van de kelderbouw	31
4.5.6.	Conclusies grondwaternorm.....	33
4.5.7.	Warmte-koude opslag.....	34
5	Conclusies en adviezen	35
	BIJLAGE 1 – kaart polderriolen (bron: Waternet, maart 2011)	1

1 Inleiding

Projectbureau Wibaut aan de Amstel (WadA) ontwikkelt het gebied de Eenhoorn. Het gebied is gelegen tussen de Ringvaart Watergraafsmeer, de Nobelweg, de Kamerlingh Onneslaan, de Gooiseweg en de Wibautstraat: zie Figuur 1. Het Eenhoorngebied is sterk gedifferentieerd: naast een groot aantal bedrijven en kantoren zitten er in het gebied studentenwoningen, een vestiging van de HvA, een wijkje met sociale huurwoningen (Rudolf Dieselbuurt) en de 18e-eeuwse boerderij De Vergulden Eenhoorn. Het is de bedoeling dat het langzaam tot een woongebied transformeert. Door toevoeging van groen en water kan er een prettiger woon-/werkklimaat ontstaan. Het gebied wordt sterk gefaseerd ontwikkeld. De bouw van twee U-vormige woningblokken is al begonnen op kavel B (de rood gestippelde lijn in Figuur 1). De bebouwing van de overige kavels is in ontwerp of ontwikkeling.



Figuur 1 Projectgrenzen Eenhoorngebied (Stedenbouwkundig Plan, 20-12-10)

Voor het project vinden (water)werkateliers plaats; tevens wordt er een bestemmingsplan opgesteld. WadA heeft aan Ingenieursbureau Amsterdam (IBA) een aantal vragen over de waterhuishouding gesteld. WadA wil weten welke mogelijkheden het lokale bodem- en watersysteem biedt voor grondwater, oppervlaktewater en hemelwaterafvoer. Dit heeft een sterke relatie met het ruimtelijk ontwerp. Uitgangspunt is om duurzaam waterbeheer te bereiken. De resultaten van het proces worden vastgelegd in de waterparagraaf van het bestemmingsplan. Het rapport dat voor u ligt vormt de technische onderbouwing van de waterparagraaf.

Eerst geven wij in hoofdstuk 2 de basisinformatie en uitgangspunten aan. Hoofdstuk 3 beschrijft het huidige watersysteem. Hoofdstuk 4 beschrijft de mogelijkheden voor de toekomstige waterhuishouding. Daarbij gaan wij in op de onderdelen; hemelwaterafvoer, grondwater, oppervlaktewater, waterkeringen en warmte-koude-opslag. Samen vormen de onderdelen het integrale waterbeheer van het Eenhoorngebied. Ten slotte staan in hoofdstuk 5 de conclusies en adviezen, die kunnen worden overgenomen in de waterparagraaf.

2 Basisinformatie, beleid en uitgangspunten

2.1. Basisinformatie

De volgende basisinformatie is gebruikt:

- Het “stedenbouwkundig plan fase 1 & 2” van 27 december 2010 (geeft het plan weer);
- Het SPVE uit 2003 (bevat twee pagina's over water).
- Het bestemmingsplan voor het Eenhoorngebied van 5 november 2004 (bevat drie pagina's over waterhuishouding en riolering).
- Grondwateronderzoek lozingsparameters, 21 december 2009, Cauberg-Huygen.
- Waternotitie Kavel B Eenhoorn, Cauberg-Huygen, 22 december 2009, 20091414-05.
- Haalbaarheidsonderzoek WKO door Intechno, 1 december 2006, documentnummer d113050060HH001.
- Milieuhygiënisch bodem- en verhardingsonderzoek plangebied 'De Eenhoorn' te Amsterdam, Cauberg-Huygen, 27 maart 2006, kenmerk 20051600-04. Dit onderzoek geeft informatie over de bodemopbouw, die weer bepaalt in hoeverre infiltratie in de bodem mogelijk is.
- Aanvulling op Milieuhygiënisch bodemonderzoek, Cauberg-Huygen, 21 februari 2011, kenmerk 20102461-02.
- Hoeveelheden verhard/onverhard oppervlak ten opzichte van de huidige situatie, voor het GREX-gebied Eenhoorn, Stadsdeel Oost, 28 februari 2011. Dit is van belang voor de watercompensatie.
- Waterthema's Eenhoorn, basisdocument voor wateratelier nr. 2, Waternet, 21 februari 2011.
- Kaartfragment uit 1719 van de Watergraafsmeer, Piter van den Berge.

De volgende informatie is door IBA verzameld:

- Informatie uit veldbezoeken;
- inventarisatie van het huidige watersysteem;
- inventarisatie huidige hemelwaterriool;
- indicatie van de huidige maaiveldhoogten aan de hand van het GIS-putdekselbestand;
- huidige grondwaterstanden in gemeentelijke peilbuizen Waternet;
- ligging polderriolen;
- ontwerpneerslag voor de toekomstige situatie.

2.2. Vigerend waterbeleid

De vigerende waterwetgeving en waterbeleid zijn als volgt samen te vatten.

Toepasselijk recht

- Op Europees niveau is er de Kaderrichtlijn Water, die als doel heeft een goede waterkwaliteit en ecologische toestand te bereiken in oppervlakte- en grondwaterlichamen.

- Op landelijk niveau is er de Waterwet, die integraal waterbeheer centraal stelt en aandacht geeft aan de relaties tussen waterkwaliteit, -kwantiteit, oppervlakte- en grondwater, maar ook aan de samenhang tussen water, grondgebruik en watergebruikers. De Waterwet vormt de wettelijke basis voor het vergunningstelsel. De Waterwet vervangt acht eerdere wetten, met als resultaat dat nu slechts één vergunning (de watervergunning) aangevraagd hoeft te worden. Het bevoegd gezag is de hoogste waterbeheerder in het projectgebied. Voor het Eenhoorngebied is dit Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), dat zijn taken door Waternet laat uitvoeren.
- Op waterschapsniveau geldt de Integrale Keur van het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) van 13 oktober 2011 (in werking sinds 1 december 2011). De Keur van AGV is gericht op het beschermen van de wateraanvoer en de waterafvoer, de bescherming tegen wateroverlast en overstroming en op het beschermen van de ecologische toestand van het watersysteem. In de Keur staan een aantal verboden en beperkingen die gelden voor het werken op of bij waterkeringen en watergangen.

Toepasselijk beleid

- Verder zijn er enkele landelijke beleidsstukken: het Nationaal Waterplan, Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) en Waterbeleid voor de 21^e eeuw (WB21). Voor het Eenhoorngebied zijn vooral de laatste twee beleidsstukken van belang. In het NBW staat onder meer hoe met klimaatveranderingen, de stedelijke wateropgave en de ontwikkelingen in woningbouw en infrastructuur moet worden omgegaan. WB21 gaat uit van een duurzaam waterbeheer door water vast te houden op de kavels, te bergen en daarna pas af te voeren. In paragraaf 4.1 lichten wij dit principe toe.
- Op gemeentelijk niveau geldt *Breed Water, plan gemeentelijke watertaken 2010-2015*. De gemeente Amsterdam is wettelijk verantwoordelijk voor de inzameling en transport van stedelijk afvalwater, de inzameling en verwerking van afvloeiend hemelwater en het nemen van grondwatermaatregelen. In dit onderliggend 'Plan gemeentelijke Watertaken 2010-2015' staat hoe deze drie zorgplichten door de gemeente Amsterdam worden ingevuld. Afvalwater en de grondwaterzorgplicht worden uitgevoerd door Waternet. Voor het Eenhoorngebied is de grondwaterzorgplicht van belang. Deze stelt aan ontwikkelplannen een "grondwaternorm" voor kruipruimteloos of met kruipruimte bouwen, tegelijk de grondwatersituatie in de bestaande omgeving niet mag verslechteren. In paragraaf 4.5 over het grondwateronderzoek staat meer toelichting.
- Ten slotte zijn twee beleidsstukken op waterschapsniveau relevant. Dit zijn het *Waterbeheerplan AGV 2010-2015* en *Het draait om water, Watercyclusplan 2010-2015* geschreven door Waternet. In het Waterbeheerplan staat welke doelen AGV de komende zes jaren nastreeft en op welke manier het waterschap die doelen wil bereiken. 'Het draait om water' is Waternets eerste versie van een integraal watercyclusplan, waarin aan de hand van de kernwaarden van Waternet inhoud wordt gegeven aan de zogenaamde watercyclusbenadering. Met de watercyclusbenadering proberen we de watercyclus verder vorm te geven en strategische vragen niet sectoraal op te lossen, maar breder in te steken. Het laatste stuk is sterk van toepassing op Eenhoorngebied, omdat ingrepen in hemelwater, riolering en oppervlaktewater sterk met elkaar verweven zijn.

2.3. Uitgangspunten

Voor het Eenhoorngebied zijn er verschillende uitgangspunten, die volgen uit de ambities voor het gebied en de specifieke gebiedseigenschappen:

- De ambitie is een goede beleving van water in de openbare ruimte, door water een zichtbaar onderdeel te laten zijn van de openbare ruimte. Het watersysteem moet begrijpelijk zijn voor bewoners (wonen in de polder).
- De voorkeur ligt bij een zichtbaar hemelwaterafvoersysteem zonder hemelwaterriool.
- De wens is om ter plekke van de nieuwbouwwontwikkelingen een duurzaam, zichtbaar en onderhoudsarm hemelwaterafvoersysteem te bereiken, door het hemelwaterriool op te heffen en te vervangen door hemelwaterafvoer over maaiveld. Hierbij wateren de oost-west straten (Stephensonstraat, autovrije straat, James Wattstraat) af op de centrale groene as.
- De nieuwe bebouwing op de kavels moet bijdragen aan een duurzaam watersysteem. Dit kan door water langer vast te houden, vertraagd af te voeren, of op een gewenste plek af te wateren op het openbare hemelwaterafvoersysteem.
- Watergangen op het polderpeil van de Watergraafsmeerpolder (NAP - 5,50 m) zijn een optie mits deze in te passen zijn.
- De bestaande waterinlaat vanuit de Ringvaart blijft als functie in gebruik. Het water moet getransporteerd worden richting het huidige oppervlaktewater bij de Intratuin. Bij Waternet bestaat de wens om de capaciteit van de inlaat te vergroten.
- Er is bij aanvang van dit wateradvies nog geen voorkeur uitgesproken voor bouwen met of zonder kruipruimte; de mogelijkheden hiervoor moeten blijken uit grondwaterberekeningen.
- Er bestaat de wens om kelderbouw mogelijk te maken. Uitgangssituatie is dat alle nieuwe bouwblokken over het hele oppervlak onderkelderd worden. Als uit de grondwaterberekeningen blijkt dat dit grote knelpunten oplevert of dat de diepte beperkt moet worden, dan geven wij een alternatief aan.

In hoofdstuk 4 staat de achtergrond van deze keuzes uitgebreider beschreven.

3 Beschrijving huidig watersysteem



Figuur 2 Luchtfoto Eenhoorngebied (bron: Google maps)

Oppervlaktewater

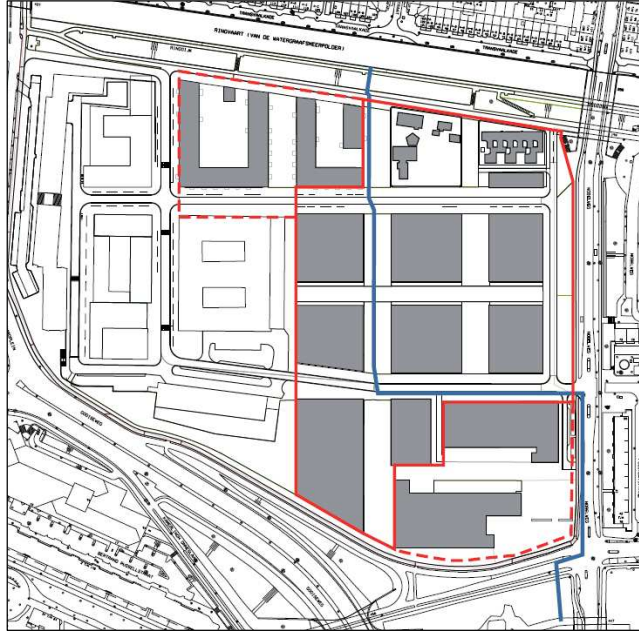
In het gebied is nu geen oppervlaktewater aanwezig. Het Eenhoorngebied bevindt zich in de Watergraafsmeerpolder, waarin een oppervlaktewaterpeil (streefpeil) van NAP -5,50 m wordt gehandhaafd. De dichtstbijzijnde polderwatergangen liggen circa 100 m ten zuidoosten van het gebied, langs de Kamerlingh Onneslaan op de locatie Prins Bernhard Park / Intratuin (rechtsonder in Figuur 1). Aan de noordzijde van het gebied ligt de Ringvaart Watergraafsmeer: dit is een boezemwater met een waterpeil van NAP – 0,40 m. Het Eenhoorngebied ligt in een overgangsgebied tussen het hoge en het lage waterpeil. Het grondwater stroomt dan ook van hoog naar laag.

Waterkeringen

Aan de noordzijde van het plangebied ligt de waterkering Ringdijk, die de Watergraafsmeerpolder omgeeft. Dit is een secundaire directe waterkering. De waterkering stamt uit het begin van de 17^e eeuw en bestaat ter plaatse van het Eenhoorngebied uit een kademuur, waarnaast waarschijnlijk slecht doorlatende grond ligt. Een aanwijzing hiervoor is het feit dat de grondwaterstand direct achter de dijk al circa 2 à 3 m lager ligt dan het peil in de Ringvaart.

Inlaat

De inlaat is zichtbaar in Figuur 3. Hij loopt vanaf de ringdijk door het Eenhoorngebied richting de watergang bij de Intratuin. De functie is het waterpeil van de Watergraafsmeerpolder aanvullen en doorspoelen/verversen in de zomer. In de zomer van 2010 stond de inlaat circa vijf maanden open. De leiding heeft een diameter van 250 mm bij de inlaat tot 400 mm bij de uitlaat.



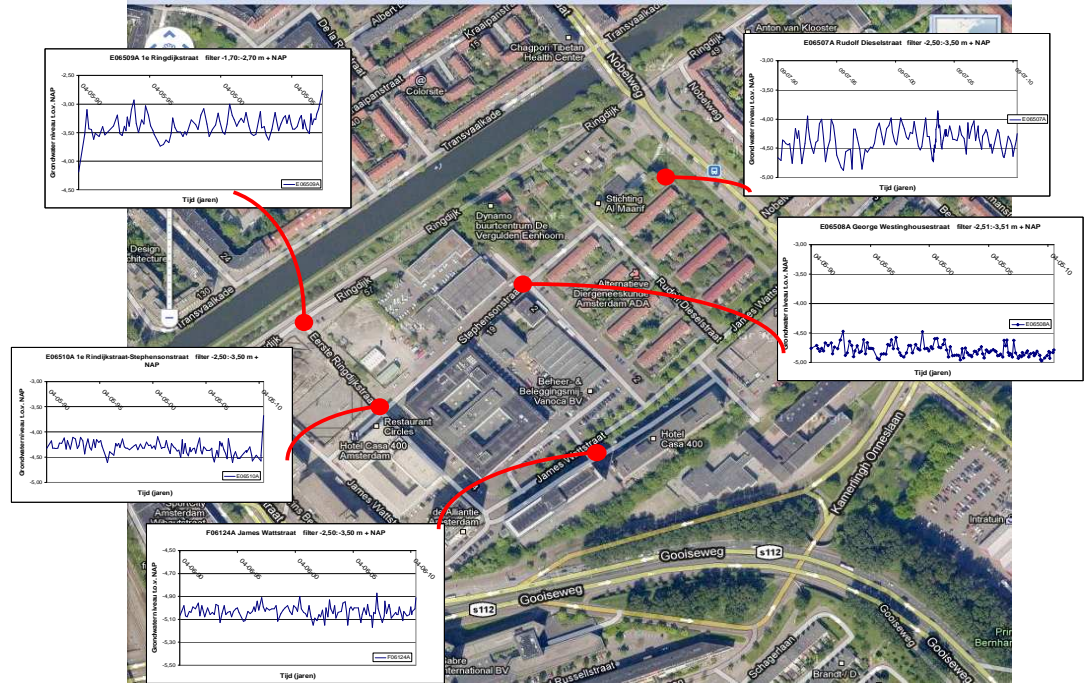
Figuur 3 Locatie inlaat

Grondwater

Het Eenhoorngebied ligt in het overgangsgebied tussen de Ringvaart (boezempeil NAP - 0,40 m) en de Watergraafsmeerpolder (polderpeil NAP - 5,50 m). Hierdoor verloopt ook het freatische (ondiepe) grondwaterpeil over het gebied. Het grondwater stroomt van noordwest naar zuidoost. Nabij de Ringvaart zijn de gemiddelde grondwaterstanden het hoogst (circa NAP -3,3 m), aan de zuidoostzijde het laagst (circa NAP -5,0 m). Waternet meet in een aantal peilbuizen regelmatig de grondwaterstanden. In Figuur 4 zijn de resultaten zichtbaar. In Tabel 1 staan de metingen samengevat, te beginnen vanaf de peilbuizen nabij de Ringvaart, tot de peilbuizen die er verder vanaf staan. Ook hier is te zien dat peilbuizen dichterbij de Ringvaart in het algemeen een hoger grondwaterpeil meten.

Locatie	Afstand tot Ringvaart	Peilbuisnr.	Meetperiode en - frequentie	Gemiddelde freatische grondwaterstand	Gemeten fluctuatie
Eerste Ringdijkstraat	30 m	E06509A	1990 – 2007 4x per jaar	NAP -3,3 m	± 0,3 m
Rudolf Dieselstraat	80 m	E06507A	1990 – 2011 5x per jaar	NAP -4,3 m	± 0,4 m
George Westinghousestraat	100 m	E06508A	1990 – 2011 7x per jaar	NAP -4,8 m	± 0,2 m
hoek Eerste Ringdijkstraat - Stephensonstraat	120 m	E06510A	1990 – 2011 6x per jaar	NAP -4,3 m	± 0,2 m
James Wattstraat	250 m	E06124A	1990 – 2011 6x per jaar	NAP -5,0 m	± 0,15 m

Tabel 1 Freatische grondwaterstanden



Figuur 4 Gemeten grondwaterstanden

Wanneer wij kijken naar de grondwaterstanden in een natte tijd, is de beste indicator de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), die gemiddeld ongeveer drie weken per jaar overschreden wordt. Op enkele plaatsen ligt de GHG minder dan 0,50 m onder het maaiveld; de zogeheten ontwatering is dus minder dan 50 cm. Er zijn geen meldingen van grondwateroverlast bekend van de gebruikers van het gebied. Wel zijn er beperkingen met betrekking tot bomengroei.

Deze ontwatering voldoet niet aan de grondwaternorm die gesteld zou worden voor nieuwe gebieden. Het gaat om de hoek Eerste Ringdijkstraat/Stephensonstraat waar de ontwatering van 0,50 m net niet wordt gehaald en de Rudolf Dieselstraat bij de Nobelweg, waar in een natte tijd een ontwatering van slechts 0,15 m is. Een geringe ontwatering hoeft niet gelijk tot grondwateroverlast te leiden. Wel is het van belang om de grondwaterstand niet verder te laten stijgen, om een toename van grondwater- en vochtoverlast in kelders en kruipruimten te voorkomen.

Locatie	Peilbuisnr.	maaiveldhoogte	Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)*	Ontwatering
Eerste Ringdijkstraat	E06509A	NAP -1,62 m	NAP -3,0 m	1,38 m
Rudolf Dieselstraat	E06507A	NAP -3,75 m	NAP -3,9 m	0,15 m
George Westinghousestraat	E06508A	NAP -3,82 m	NAP -4,8 m	0,78 m
hoek Eerste Ringdijkstraat / Stephensonstraat	E06510A	NAP -3,62 m	NAP -4,1 m	0,48 m
James Wattstraat	E06124A	NAP -3,71 m	NAP -4,85 m	1,14 m

* benadering, afgerond op 0,05 m

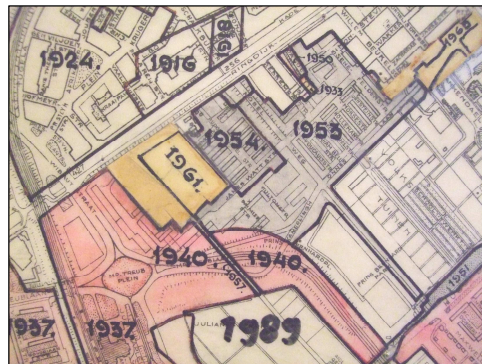
Tabel 2 Ontwatering in een natte situatie Bodemopbouw en geohydrologie

In de milieuhygiënische bodemonderzoeken van Cauberg-Huygen en het archief van IBA is informatie beschikbaar over de bodemopbouw. In combinatie met de Grondwaterkaart van Nederland (TNO, 1979) is te bepalen in welke bodemlagen grondwater stroomt en welke lagen waterremmend zijn. Hieronder staat een vereenvoudigde bodemopbouw voor het Eenhoorngebied.

Grondsoort	Van [NAP..m]	Tot [NAP..m]	Geohydrologie
(ophoog)zand	maaiveld	Ca. -4,4 à -6,5	Freatisch pakket
Veen/klei	Ca. -4,0 à -6,5	Ca. -11 à -11,4	Scheidende laag (slechtdoorlatend)
Zand	Ca. -11 à -11,4	Ca. -20 à -23	1 ^e watervoerend pakket

Tabel 3 Vereenvoudigde bodemopbouw Eenhoorngebied

Een opvallend kenmerk is dat de onderkant van het ophoogzand sterk verschilt per locatie. Dit is een belangrijke parameter, omdat in dit ophoogzand het ondiepe grondwater stroomt en hoe dikker de zandlaag, des te beter kan het grondwater stromen. De onderkant van het ophoogzand varieert in het Eenhoorngebied tussen NAP -4,0 en NAP -6,5 m. Dit duidt erop dat het terrein in delen (niet integraal) is opgehoogd met de grondpartijen die op dat moment beschikbaar waren. Dit wordt onderbouwd door de volgende kaart van Publieke Werken van de Gemeente Amsterdam (Dienst Gereedmaken Terreinen), waarop voor het Eenhoorngebied de ophoogjaren 1940, 1953, 1954 én 1961 staan aangegeven.



Figuur 5 Ophoogjaren

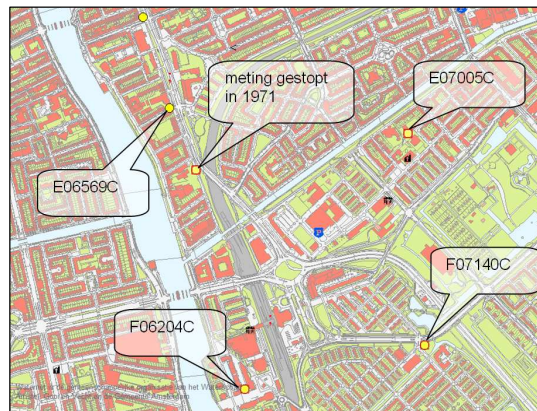
Diep grondwater

De stijghoogte in het diepe grondwater (eerste watervoerend pakket) wordt gemeten in peilbuizen van Waternet in de omgeving van het Eenhoorngebied. Peilbuis E07005C wordt al sinds 1963 gemeten. In deze peilbuis is een stijging van de stijghoogte zichtbaar. Het beste beeld geven de meetresultaten van de laatste 10 à 20 jaar. Daarom is die meetperiode aangehouden voor alle peilbuizen. De figuur geeft de peilbuislocaties, terwijl de tabel de meetresultaten samenvat.

Locatie	Locatie t.o.v. Eenhoorn	Peilbuisnr.	Meetperiode	Gemiddelde stijghoogte	Gemeten fluctuatie
Gijsbrecht van Aemstelstraat hoek Wibautstraat	noordwest	E06569C	1989 – 2011	NAP -2,4 m	± 0,4 m
Simon Stevinstraat 48	noordoost	E07005C	1963 – 2011	NAP -2,8 m*	± 0,3 m
Amstelboulevard 215	zuidwest	E06204C	2001 – 2009	NAP -2,2 m	± 0,2 m
Hugo de Vrieslaan	zuid	F07140C	1991 – 2011	NAP -3,5 m	± 0,3 m

* over periode 1990-2011

Tabel 4 Stijghoogten in diep grondwater



Figuur 6 locaties diepe peilbuizen

Interpolatie van de gemeten stijghoogten leidt voor het Eenhoorngebied tot een gemiddelde stijghoogte van circa NAP -2,6 m aan de noordwestzijde tot NAP -2,9 m aan de zuidoostzijde van het gebied. In de Grondwaterkaart van Nederland (TNO, 1978) zijn isohypsen getekend, die aangeven dat de grondwaterstroming in het eerste watervoerend pakket overwegend naar de zuidzijde (richting Watergraafsmeerpolder) is gericht. Omdat de stijghoogte hoger is dan de freatische grondwaterstand, is er in het Eenhoorngebied sprake van kwel vanuit het diepere grondwater naar het ondiepe grondwater.

4 Mogelijkheden toekomstige waterhuishouding

4.1. Opzet van het watersysteem

Toelichting plan

In paragraaf 2.3 zijn de uitgangspunten en ambities genoemd. De opgave is deze te combineren met een aantal stedenbouwkundige eisen en wensen die Stadsdeel Oost noemt voor de groene assen:

- Ontmoetingsmilieu: bruikbare ruimte om te zitten en te spelen.
- Ontsluiting van woningen aan de groene as.
- Route door het gebied.
- Eenheid in de as / relatie richting de dijk.
- Bereikbaarheid voor nood- en hulpdiensten.

Daarnaast zijn er de volgende wensen:

- Groen, zo mogelijk met fruitbomen.
- Een dorps, "Watergraafsmeers", gezellig, intiem milieu.

Doelstelling

Het doel voor het watersysteem sluit aan bij het beleid van Waterbeleid voor de 21^e eeuw:

- Eerst water vasthouden op de kavels.
- Vervolgens water bergen.
- Vervolgens water afvoeren.

Hierdoor wordt het hemelwater sterk vertraagd en in kleinere hoeveelheden afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem. Tijdens een piekbui komt er een kleinere waterstroom in het oppervlaktewater terecht. Hierdoor wordt het oppervlaktewater ontlast en worden peilfluctuaties en wateroverlast en –onderlast verminderd. Als je deze lijn doortrekt, hoeven de gemalen in de Watergraafsmeerpolder op piekmomenten minder water te verpompen, zodat de gemaalcapaciteit beperkt kan worden en een meer duurzame situatie ontstaat. Bovendien kan de sponswerking van de ondergrond benut worden. Door minder verhard oppervlak aan te leggen en water te infiltreren in de bodem, wordt de bodem benut als een reservoir. Ook is er water dat verdampt (bijvoorbeeld door groen); dit water komt niet in het ontvangende watersysteem terecht.

Beschrijving toekomstig watersysteem

Tijdens de waterateliërs heeft een groot aantal mogelijkheden de revue gepasseerd. Omdat het watersysteem integraal is en er een grote samenhang is tussen grondwater, hemelwater en oppervlaktewater, was het nodig om keuzes te maken. Hieronder wordt het toekomstig watersysteem beschreven.

Water vasthouden op de kavels:

Het plan is om de ontwikkelaars van de verschillende bouwblokken een wateropgave mee te geven. Deze geldt alleen voor de neerslag die op hun kavel valt. Afgesproken kan worden dat zij een bepaalde piekbui vasthouden en vervolgens vertraagd afvoeren naar het gemeentelijke hemelwaterafvoersysteem. Het voorstel is voor het Eenhoorngebied (net als bij het project Amstelstation) een bui van 55 mm in 1 uur als opgave te stellen, die vervolgens na 3 uur vertraagd (met 5 mm/uur) begint af te voeren.

De maatgevende bui wordt dus 3 uur vastgehouden en vervolgens in 11 uur tijd afgevoerd. Daarna is de berging leeg en opnieuw beschikbaar om de volgende bui op te vangen. De manier waarop het hemelwater wordt vastgehouden, is volledig vrij. Het kan bijvoorbeeld door groene daken, blauwe daken, door waterbergende regenpijpen, opslagbassins met hergebruik in de gebouwen enzovoort. Hergebruik van water in de gebouwen is een handige combinatie met het vasthouden. In de variant “bouwblokken houden de regenbui vast” is uitgerekend wat het effect is.

Water bergen:

In de waterateliers is gesproken over de mogelijkheden om oppervlaktewater te realiseren, dat in verbinding staat met het overige water in de Watergraafsmeer. Dit zou extra waterberging opleveren, omdat het waterpeil tijdens een piekbui kan stijgen. Het waterpeil is NAP – 5,50 m. Stedenbouwkundig betekent dit een waterpeil dat circa 1,8 m onder het maaiveld ligt. Inpassing in de profielen betekent dat teveel ruimte nodig is voor een watergang met een talud. Verticale oevers zijn wel in te passen maar leiden tot een erg diep gelegen wateroppervlak. Er zijn andere uitdagingen: de watergang mag niet te dicht bij het profiel van de waterkering komen, hij mag slechts beperkte kwelstromen uitlokken de doorstroming en de waterkwaliteit is een probleem. Doodlopende watergangen zijn in ieder geval ongewenst en een ‘ringvorm’ is moeilijk in te passen met alle andere functies. Ten slotte heeft het Eenhoorngebied geen wateropgave, zodat extra oppervlaktewater wenselijk maar niet verplicht is. De uitkomst van het wateratelier is, dat gekozen wordt voor een systeem met oppervlakkige hemelwaterafvoer, zonder oppervlaktewater.

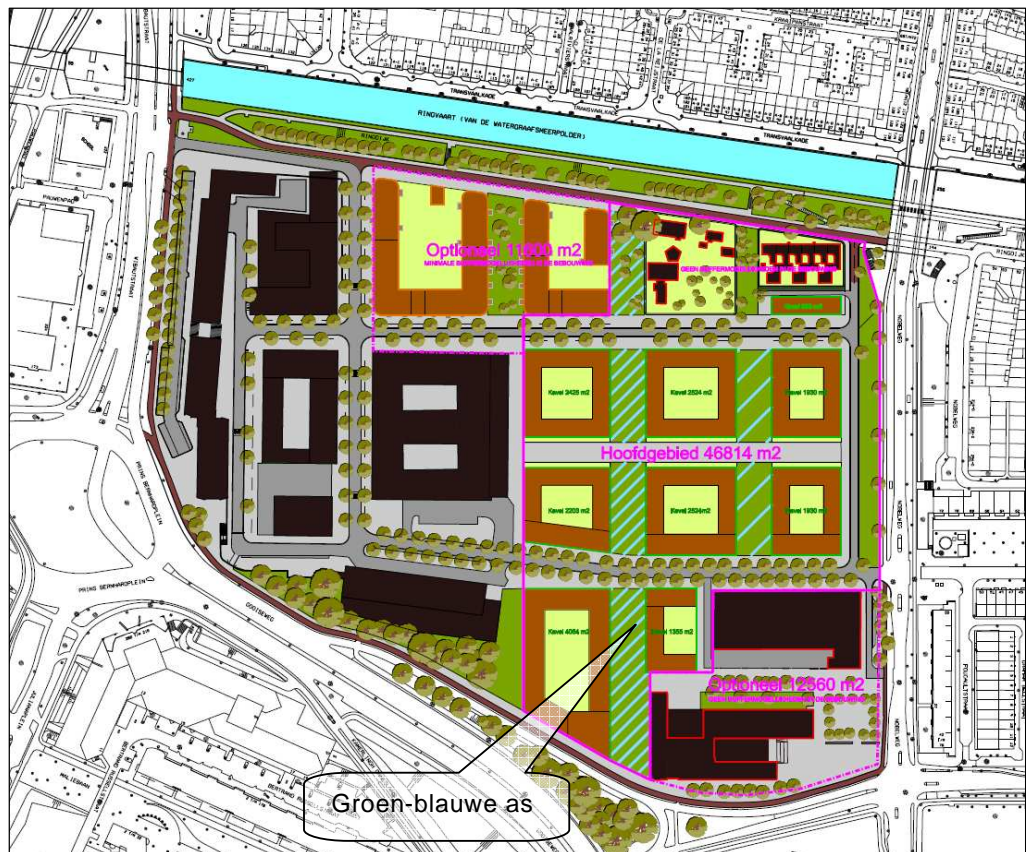
Water afvoeren:

Als hemelwaterafvoersysteem wordt bewust gekozen voor een systeem met open goten, in plaats van de huidige hemelwaterriolen. Dit is om de volgende redenen:

- Goten hebben een relatief grote berging, omdat ze van boven open zijn. Wanneer het wateraanbod groter is dan de afvoercapaciteit, kan de goot overstromen en stroomt een deel van het maaiveld over. De knelpunten worden dan sneller inzichtelijk. Hierop kan geanticipeerd worden door de overstroombare maaivelddelen een minder urgente functie te geven: bijvoorbeeld parkeervakken.
- Goten maken het water zichtbaar en vergroten de beleving van water.
- Open goten (zonder rooster) zijn eenvoudiger te inspecteren en beheren dan hemelwaterriolen.
- Goten leiden tot meer vrije ruimte in de ondergrond, die benut kan worden voor kabels en leidingen.

Ook in een gotensysteem is het mogelijk waterberging te creëren, door een getrapt systeem met (eventueel dynamische) stuwtejes te maken. In het wateratelier is gezien dat deze waterberging relatief klein is¹ ten opzichte van de maatgevende bui en het aantal te beheren en onderhouden objecten toeneemt. Daarom is gekozen voor een hemelwatersysteem zonder berging, met een dunne laag stromend (niet stilstaand) water. Het systeem staat droog als het niet regent. In de onderstaande paragraaf is het hemelwatersysteem verder uitgewerkt.

¹ Bij vaste stuwen is de berging slechts enkele procenten van de maatgevende bui (circa 50 m³), bij beweegbare stuwen kan de berging maximaal circa 10% van de maatgevende bui bedragen (200 m³)



Figuur 7 Ontwikkelplannen

4.2. Hemelwaterafvoer

4.2.1. Uitwerking hemelwatersysteem Eenhoorn

In de onderstaande figuur staan de ontwikkelplannen per april 2011 toegelicht. De nieuwe bouwblokken zijn in bruin aangegeven. In roze is aangegeven wat het te ontwikkelen gebied is. Binnen de roze stippellijnen ligt het "optioneel" ontwikkelingsgebied, waar de keuzemogelijkheden voor het hemelwaterafvoersysteem beperkt zijn:

- aan de noordzijde kavel B die al in uitvoering is;
- aan de zuidoostzijde het Pieter Nieuwlandcollege waar najaar 2011 een herinrichting van de openbare ruimte plaatsvindt, terwijl de gebouwen gehandhaafd worden.

Voor het Eenhoorngebied gaan wij uit van de volgende opzet:

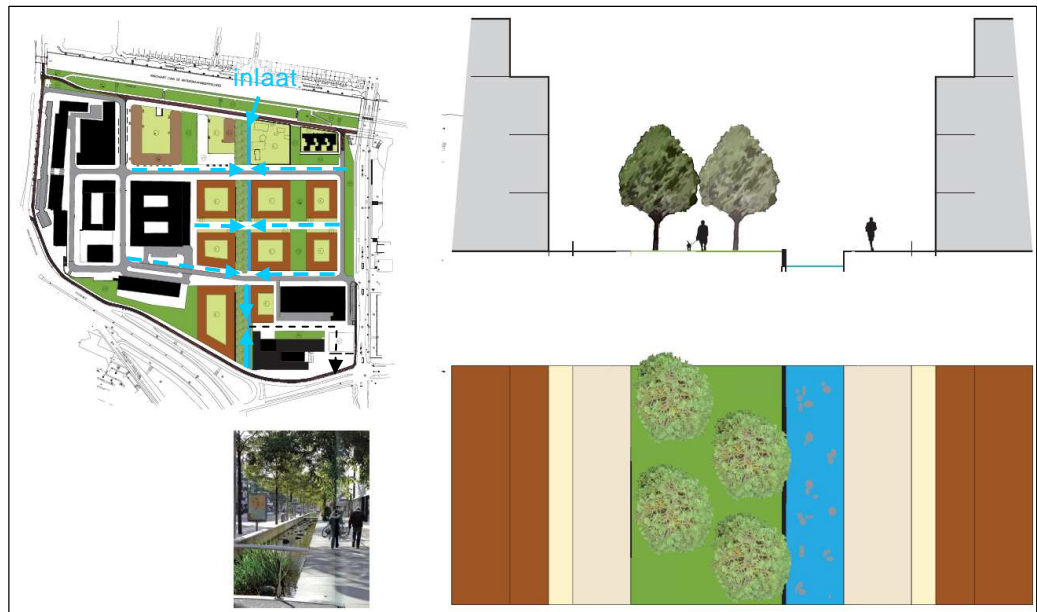
- Het systeem van goten bestaat uit een aantal oost-west-goten: deze komen in de Stephensonstraat, een nieuwe straat en de James Wattstraat.
- De oost-westgoten wateren af naar een grote hoofdgoot. Deze ligt in de groenblauw gearceerde as en loopt ruwweg in noord-zuidrichting.
- De hoofdgoot watert via een verbinding onder de Kamerlingh Onneslaan af naar het oppervlaktewater bij de Intratuin.
- Het te ontwikkelen gebied (circa 7 ha) watert af op de goten; de bestaande bouwblokken blijven in principe afwateren via het bestaande hemelwaterriool. De voorkeur is zoveel mogelijk gebruik te maken van het bestaande hemelwaterriool.
- Er is een wens om het water zo dicht mogelijk bij het maaiveld te houden en de goten zo ondiep mogelijk te maken. De goten zullen immers een groot deel van het jaar droogstaan en hebben bij voorkeur ook in droge toestand een functie in het maaiveldprofiel. Wanneer er water stroomt, is dit zichtbaar vanaf het maaiveld (geen diepe 'kraters').

- Voor de oost-westgoten wordt gerekend met een 1-uurs-bui met een herhalingsstijd van 10 jaar, zodat gemiddeld eens per 10 jaar water op straat staat. Hierin kan in het profiel rekening worden gehouden door te kiezen welke oppervlakken (bv. parkeervakken) mogen onderlopen.
- Voor de noord-zuidgoot wordt gerekend met een 1-uurs-bui met een herhalingsstijd van 100 jaar, omdat er in het profiel minder gelegenheid is voor waterberging. Wel wordt een drempel van de woningen geadviseerd die minimaal 5 cm hoger ligt dan het maaiveld.
- In de zomer staat op dit moment circa vijf maanden per jaar continu de verversingsleiding (inlaat) open, die water vanuit de boezem naar de Watergraafsmeer brengt. Dit gaat nu via een buis. Straks moet de hoofdgoot deze waterstroom kunnen vervoeren (zie figuur 8)
- De goten liggen in eerste instantie horizontaal. Door aan de ene kant vrije waterafstroming mogelijk te maken en de andere kant niet, zal het water gaan stromen.
- In het profiel kan geen grote helling (afschot) worden gerealiseerd, omdat het gebied grotendeels vlak is. Men moet dan voorkomen dat stilstaande plassen ontstaan waarin modderlaagjes bezinken. Het beheer en onderhoud vergt nog speciale aandacht.

In figuur 8 is zichtbaar:

- Linksboven de stromingsrichting van het water. De oost-westgoten zijn gestippeld, terwijl de hoofdgoot is weergegeven met een doorgetrokken blauwe lijn. De gestippelde zwarte lijn rechtsonder geeft een praktische afvoerroute aan via een bestaand hemelwaterriool.
- Rechtsboven heeft Stadsdeel Oost voor de hoofdgoot een profiel getekend en ingepast in de groene as. Hierin is de hoofdgoot 2,5 m breed. De diepte van de goot volgt uit de hydraulische berekeningen. Er zijn stapstenen ingetekend.
- Rechtsonder is het bovenaanzicht van de hoofdgoot weergegeven.
- Linksonder is als referentiebeeld een goot in het centrum van Apeldoorn weergegeven. Deze maakt deel uit van een bestaande beek de Griff. In de goot zijn stenen en begroeiing aanwezig.

De inpassing van het systeem van open goten in het Eenhoorngebied zal verder moeten worden uitgewerkt, om te onderzoeken waar de hemelwaterafvoer via open goten passend is en waar eventueel hemelwaterriolen kunnen blijven functioneren.

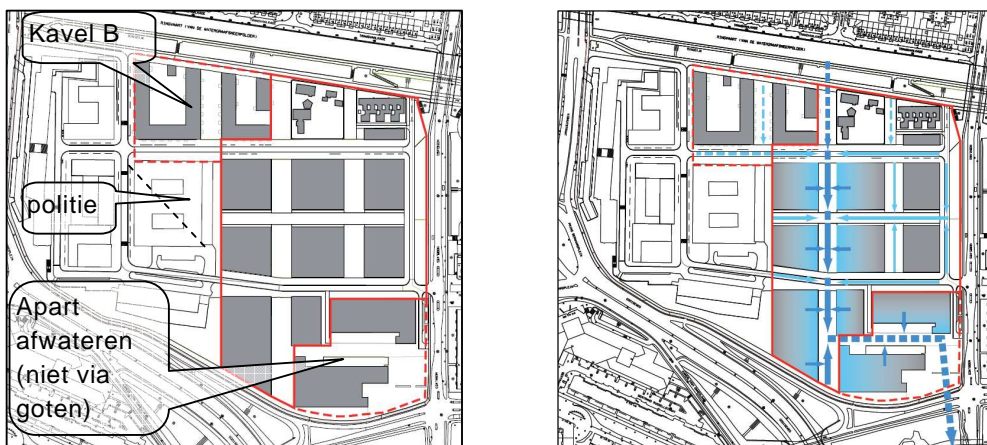


Figuur 8 Opzet hemelwatersysteem

De volgende varianten zijn doorgerekend, in een spectrum van “alle oppervlakken afwateren” tot “zoveel mogelijk water vasthouden op de kavels”:

variant	toelichting
uitgangssituatie	hele te ontwikkelen gebied watert af op goten (geen water vasthouden op de kavels)
kavels op hoofdgoot	de kavels naast de groenblauwe as wateren voor de helft direct af naar de hoofdgoot
kavels (exclusief kavel B) houden de regenbui vast	alle kavels (behalve kavel B) krijgen de opgave om een maatgevende bui in zijn geheel vast te houden en pas na de bui vertraagd af te voeren
kavels én kavel B houden de regenbui vast	Alle kavels inclusief kavel B krijgen de opgave om een maatgevende bui in zijn geheel vast te houden en pas na de bui vertraagd af te voeren

Tabel 5 Varianten



Figuur 9 Afwaterende gebieden

Als maatgevende bui is een 1-uursbui genomen met een herhalingstijd van 10 jaar voor de oost-westgoten en 100 jaar voor de hoofdgoot. Het idee hierachter is dat water op straat in de oost-weststraten beter te accepteren is dan wateroverlast bij de hoofdgoot, waaraan direct woningen liggen. Hieronder staan de karakteristieken van deze bui en de afvoerfactoren.

Herhalingstijd:	T = 10 jaar (oost-westgoten)	T = 100 jaar (hoofdgoot)
neerslagduur	1 uur	1 uur
huidige neerslag (KNMI)	27 mm	43 mm
Klimaatfactor (KNMI, 2006, scenario Warm, voor piekbuien, jaar 2100)	1,16	1,16
Toekomstige neerslag (gebruikt in berekening)	31,3 mm	49,9 mm
Verdeling over de neerslagduur	uniform	Uniform
Afvoerfactor verhard oppervlak en daken	0,9	0,9
Afvoerfactor onverhard oppervlak	0,1	0,1

Tabel 6 Maatgevende neerslag en afvoerfactoren

De berekeningen zijn indicatief. Ze zijn gebaseerd op een inschatting van de afwaterende oppervlakken en het verharde en onverharde oppervlak. De neerslag leidt tot debieten van maximaal 890 l/s in het benedenstroomse deel. Het debiet van de inlaat is in april 2011 gemeten door Waternet en bedraagt maximaal 42 l/s, uitgaande van de huidige diameter. Wanneer de spindel 40 slagen openstaat, is de buis helemaal open gezet, maar al bij 15 slagen wordt het maximale debiet bereikt. In 2010 stond de spindel meestal 7 slagen en gedurende korte tijd 9 slagen open, terwijl. Voor de veiligheid is in de berekening uitgegaan van het maximale gemeten debiet. Het debiet van het inlaatwater is overigens relatief klein ten opzichte van het neerslagdebiet dat ontstaat tijdens een maatgevende bui.

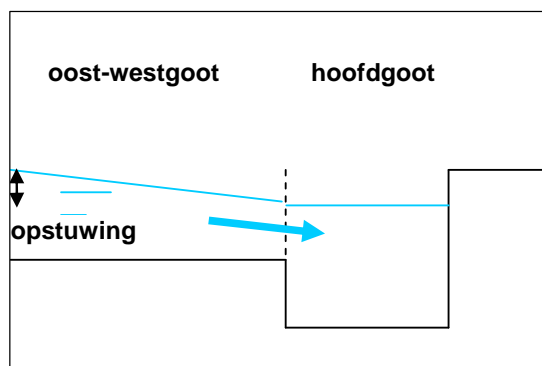
Ter illustratie zijn de huidige verschillen in maaiveldhoogte gegeven, waarop het gotensysteem is gebaseerd. Deze hoogteverschillen geven aan welke natuurlijke helling de goten kunnen krijgen, zonder diep in te snijden in het maaiveld.



Figuur 10 Hoogteverschillen huidige maaiveld

4.2.2. Werking van opstuwung in een 'open' hemelwatersysteem

Om een goed gotensysteem te krijgen, is het belangrijk dat de opstuwung niet al te groot wordt. Het principe van opstuwung is als volgt. De goot is van een bepaald materiaal gemaakt. In onze berekeningen zijn we uitgegaan van beton. Water dat door de goot stroomt, ondervindt wrijving, vooral langs de randen van de goot. De wanden staan immers stil, terwijl het water wil stromen. De wrijving levert een weerstand op. Het tweede aspect is de grootte van de goot. Hoe kleiner de goot, hoe minder afvoercapaciteit deze heeft. De stromingsweerstand vertaalt zich in een hoger waterpeil bovenstrooms. Benedenstrooms water is al vlakbij het uitstroompunt en komt in die laatste meters nauwelijks nog stromingsweerstand tegen. Het water dat vanuit het bovenstroomse punt afstroomt, ondervindt op die lange weg juist veel weerstand. Hoe langer de goot is, hoe meer weerstand. Om te kunnen blijven stromen, moet dit water een bepaalde druk opbouwen. Water stroomt immers van hoog naar laag. Dit vertaalt zich in een hoger waterpeil bovenstrooms.

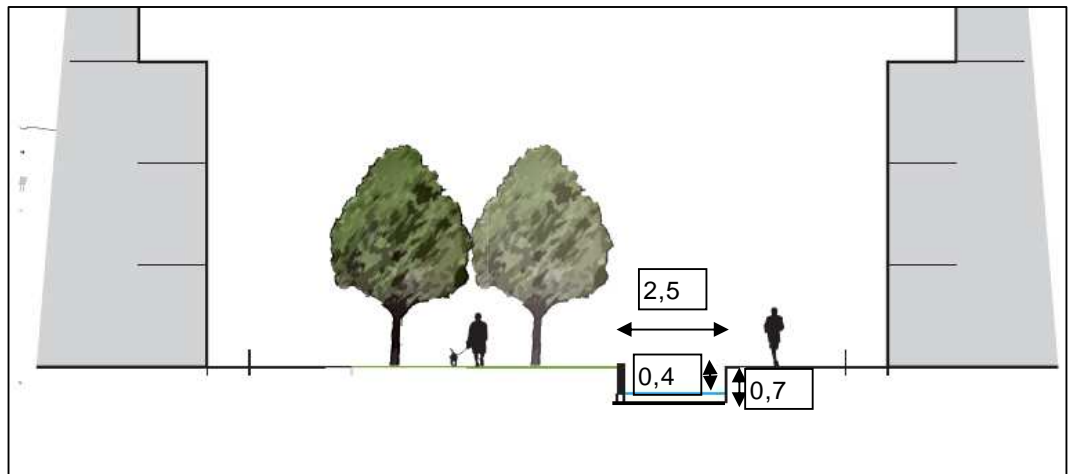


Figuur 11 Opstuwung in het gotensysteem

Als voorbeeld noemen we de eerste berekende goot in de Stephensonstraat. We gaan ervan uit dat deze horizontaal ligt. Berekend zijn de minimale afmetingen bij de maatgevende 1 uursbui. Daaruit blijkt dat de goot benedenstrooms 20 cm water moet bevatten. De berekende opstuwing is echter 10 cm. Op het bovenstroomse punt is dus een waterdiepte van 30 cm nodig. Het spreekt voor zich, dat de goot dan 30 cm diep moet zijn, om te voorkomen dat er op het bovenstroomse punt water over het maaiveld stroomt. Ook is het van belang dat de benedenstroomse zijde vrij kan afwateren op de hoofdgoot. De hoofdgoot moet dus laag genoeg liggen. Dit verklaart waarom in de hoofdgoot het water enkele decimeters onder het maaiveld staat. Als dit niet gebeurt, kunnen de zijgoten niet meer vrijelijk afwateren.

Hoe groter de opstuwing en de waterdiepte, hoe dieper de goten moeten zijn en hoe meer ze insnijden in het maaiveld.

Ter illustratie zijn hieronder de berekende minimale afmetingen van de hoofdgoot weergegeven, in het geval dat alle te ontwikkelen kavels er in zijn geheel op afwateren. Wanneer de kavels water vasthouden, kan de hoofdgoot iets kleiner worden uitgevoerd (diepte 0,55 m in plaats van de onderstaande 0,70 m).



Figuur 12 Afmetingen hoofdgoot bij een piekbui

Voor de oost-weststraten geldt dat twee goten aan weerszijden van de straat kunnen volstaan. Deze moeten bepaalde minimum-afmetingen hebben. De gootbreedte op de bodem is ongeveer 30 cm en door toepassing van schuine randen is de bovenzijde circa 50 tot 70 cm breed. De benodigde gootdiepte varieert tussen 10 en 20 cm. Het is mogelijk hetzelfde doorstroomoppervlak te bereiken door het te verwerken in een straatprofiel (bijvoorbeeld randen van de straat laag uitvoeren).

4.2.3. Beheer- en onderhoudsaspecten

Plasvorming

De grote uitdaging voor het Eenhoorngebied is om een gotensysteem te realiseren in een grotendeels vlak gebied. Tijdens de bui stroomt het water af. Na de bui kunnen er echter plassen blijven staan en kan slib neerslaan. De reden is ten eerste dat een volledig vlakke aanleg onmogelijk is: uitgaande van een stenen goot zal altijd een maatafwijking van 5 tot 10 mm ontstaan in lengterichting. Deze maatafwijking kan na de aanleg nog vergroot

worden door zettingsverschillen, die na een aantal jaren in de orde van 50 mm kunnen liggen. De goten moeten regelmatig schoongemaakt worden. Tijdens dit reguliere onderhoud worden ook boombladeren en zwerfvuil uit de goten geveegd. Omdat de goten meestal droogstaan, kan dit meegenomen worden bij de reguliere veegbeurt van de straat. Ondiepe goten zijn makkelijker schoon te vergen dan diepe.

Er zal dus plasvorming en slibneerslag ontstaan, zodat de conclusie is:

- Dat de goten regelmatig schoongemaakt moeten worden.
- Dat er hoge kwaliteitseisen gesteld moeten worden aan de aanleg.
- Dat het raadzaam is de goten enig afschot in lengterichting mee te geven.
- Dat de goten in het dwarsprofiel een duidelijk laagste punt moeten hebben, waar het water en slib zich verzamelt.
- Dat de grond onder de goten zeer goed verdicht moet worden, om zettingsverschillen te minimaliseren.

Het is beter als de plassen kunnen infiltreren in de bodem. Langdurige plasvorming is negatief voor de waterkwaliteit; het is daarom de bedoeling dat de plassen er maximaal enkele dagen staan. Een mogelijke oplossing is om het onderste deel van de goot uit te voeren in grasstenen. Dit zijn betonnen halfverhardingen, waardoor enig water kan infiltreren. Eronder kan eventueel een doorlatend steenachtig materiaal worden aangebracht. Schoonmaken is nodig om de infiltrerende werking van de grasstenen in de tijd te behouden. Bij deze oplossing is het mogelijk enig water te infiltreren, terwijl dat bij een goot met een dichte onderkant niet mogelijk is (daar kunnen de plassen alleen verdampen). Wanneer er in de grasstenen beplanting (bijvoorbeeld riet) wordt geplant, kunnen de beplantingen water opnemen en verdampen en zien de goten er mooier uit, omdat de sliblaag dan niet in het oog springt. De mogelijke maatregelen tegen plasvorming zijn dus:

- Grasstenen aanleggen in het onderste deel van de goot, zodat water kan infiltreren.
- Eventueel in combinatie met doorlatend materiaal onder de grasstenen.
- Beplanting aanbrengen in de grasstenen.

Stroomsnelheid

Wanneer de stroomsnelheid groot genoeg is, kan het systeem zichzelf schoonspoelen. De minimale snelheid waarbij het systeem zichzelf schoonspoelt is circa 1,0 m/s. Helaas is dat hier niet het geval.

Bij een maatgevende bui varieert de stroomsnelheid in de oost-westgoten van 0,1 m/s aan de bovenstroomse zijde tot 1,0 m/s benedenstrooms bij de uitmonding. In de hoofdgoot varieert de stroomsnelheid tussen 0,7 en 1,4 m/s. Deze snelheden ontstaan alleen bij de maatgevende bui met herhalingstijd van 10 jaar (oost-westgoten) respectievelijk 100 jaar (hoofdgoot). Bij een bui van 1 keer per jaar is de stroomsnelheid in de zijgoten 0 tot 0,7 m/s. In de hoofdgoten is de snelheid dan 0,5 tot 1,0 m/s.

Delen van het systeem zullen zichzelf schoonspoelen, maar de oost-westgoten niet. Wanneer de goten onder een helling worden gelegd, neemt de snelheid toe. Er is echter alleen plaats voor een helling aan de noordzijde. De conclusie is, dat het systeem zichzelf niet zal schoonspoelen.

Aan de andere kant is de stroomsnelheid weer hoog genoeg om voor uitspoeling van gronddeeltjes te zorgen. Het advies is daarom om de bodem niet als volledig open bodem aan te leggen, maar als halfverharding.

Objecten in de hoofdgoot

Wanneer er objecten in de hoofdgoot staan, beperkt dit de afvoercapaciteit. Een mogelijkheid is om een semi-open bodem aan te leggen met beplanting, al dan niet in combinatie met stapstenen. Wanneer het oppervlak van de obstakels beperkt wordt tot 10 à 20% van de doorsnede, blijft relatief veel afvoercapaciteit aanwezig. Dichtgroeien van de watergang in de zomer moet worden voorkomen, door voldoende beheer te plegen. Het plaatsen van de stapstenen in de stroomrichting is beter dan loodrecht op de stroomlijnen. Een andere optie is lage begroeiing te realiseren op de bodem van de hoofdgoot, bijvoorbeeld gras.

Fasering

De getrapte uitvoering van de kavels betekent ook dat de fasering hierop voorbereid moet zijn. In de tussentijd is het mogelijk dat er een hybride systeem ontstaat waarbij water in een hemelwaterriool komt, boven het maaiveld komt in een goot en vervolgens weer in een hemelwaterriool verdwijnt. In samenspraak met rioleringsbeheerder Waternet moeten deze tijdelijke situaties worden uitgewerkt. Uitgangspunt is telkens dat er een deel van de eindsituatie kan worden aangelegd, in de vorm van goten die groot genoeg zijn.

Aansluiting kavels op hemelwaterafvoersysteem

De aansluitvoorschriften van Waternet gaan bij een systeem met hemelwaterriolen uit van hemelwater dat vanaf de kavels op 50 cm onder maaiveld wordt aangeboden. Bij afwatering op een goot verandert dit aansluitvoorschrift en is afwatering 10 cm boven het maaiveld passender. Dit moet op tijd in het ontwerpproces van de gebouwen worden aangegeven. Ook de plek waar de afwatering plaatsvindt, moet worden aangegeven. Dit is namelijk niet altijd de dichtstbijzijnde straat!

4.2.4. Afwatering hemelwatersysteem Eenhoorn op het oppervlaktewater

Om het hemelwatersysteem af te voeren naar het oppervlaktewater, kan een bestaand hemelwaterriool onder de Kamerlingh Onneslaan worden gebruikt. Dit riool heeft een diameter van 600 mm, is 45 m lang en start in de zuidoosthoek van het Eenhoorngebied.

Het waterpeil in deze "ontvangstbuis" moet laag genoeg liggen om een vrije afwatering mogelijk te maken. Daarom mag de opstuwingshoogte in de buis slechts beperkt zijn (maximaal circa 0,5 m, dus waterpeil van NAP -5,0 m). Bij afwatering van alle oppervlakken naar deze buis is de diameter onvoldoende om het water af te voeren (opstuwingshoogte 1,74 m) en is een tweede parallelle buis nodig. Wanneer alle kavels worden afgekoppeld, voldoet de buis wel (opstuwingshoogte 0,27 m). De vraag is dus welke bestaande riolen blijven afwateren via deze buis, ook in de tijdelijke situatie. De conclusie is, dat de bestaande hemelwaterrioolbuis waarschijnlijk te klein is, tenzij het hoogste ambitieniveau wordt gerealiseerd met afkoppeling van de kavels.

Ook dan moeten we alert blijven op tijdelijke situaties. De vervolgstap is, dat Waternet een rioolberekening maakt waarin de bestaande en te ontwikkelen kavels worden meegenomen.

Het alternatief is om de groenblauwe as door te zetten en een nieuwe afwatering te creëren onder de Kamerlingh Onneslaan door. Dit is echter een veel langere verbinding (circa 140 m) en kent daarmee veel hogere kosten. Tevens is de opstuwingshoogte groter zodat de buis groot moet zijn.

4.3. Oppervlaktewater

De Keur AGV stelt dat bij een verhardingstoename van meer dan 1.000 m² in stedelijk gebied compenserend oppervlaktewater moet worden aangelegd, ter grootte van 10% van de verhardingstoename. In plaats van oppervlaktewater kan ook een alternatieve hemelwaterberging worden aangelegd, bijvoorbeeld een groen dak of een bassin. Het water moet aangelegd worden in hetzelfde watersysteem: in dit geval in de Watergraafsmeerpolder met waterpeil NAP – 5,50 m. Tevens moet water dat gedempt wordt 1 op 1 in hetzelfde watersysteem worden teruggebracht.

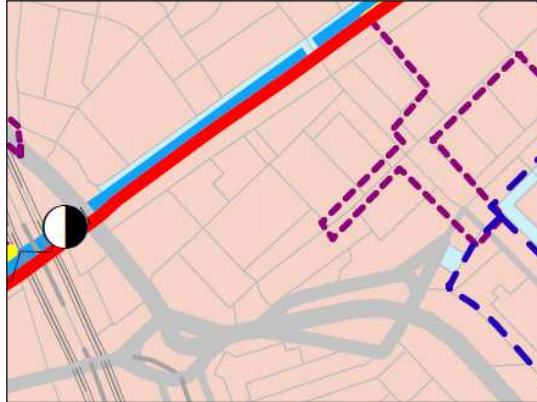
Voor het Eenhoorng gebied is voor de te ontwikkelen kavels het groene oppervlak uitgerekend. Het groene (onverharde) oppervlak in het plangebied neemt toe met circa 2.292 m² (0,23 ha). Per saldo neemt het verhard oppervlak dus af met 0,23 ha. Demping van watergangen is bij het Eenhoorng gebied niet aan de orde. Er is daarom geen wateropgave. Wel heeft de aanleg van oppervlaktewater voordelen. Het water zou ten goede kunnen komen aan het naburige project Amstelstation. Dit project realiseert zijn wateropgave op de locatie Intratuin. Bij aanleg van water in het Eenhoorng gebied zou de wateropgave van het project Amstelstation kleiner worden.

In de ontwerpateliers is ervoor gekozen geen oppervlaktewater te realiseren in het Eenhoorng gebied, om de volgende redenen:

- De waterkwaliteit. Het is niet goed mogelijk een watersysteem in te passen met voldoende doorstroming, omdat het ruimtebeslag te groot is.
- Het waterpeil komt circa 1,8 m onder maaiveld te liggen. Omdat er te weinig ruimte is voor watergangen met taluds, ontstaat een vrij diep gat met verticale oevers, dat niet bijdraagt aan de beleving van het water. Toepassing van roosters is mogelijk, maar zorgt ervoor dat de watergang nog meer wordt weggestopt onder maaiveld en nog minder zichtbaar is.
- De watergangen kunnen niet te dicht bij de waterkering (Figuur 13) komen, omdat ze buiten het keringprofiel moeten blijven en omdat eventuele kwelstromen zouden worden vergroot.

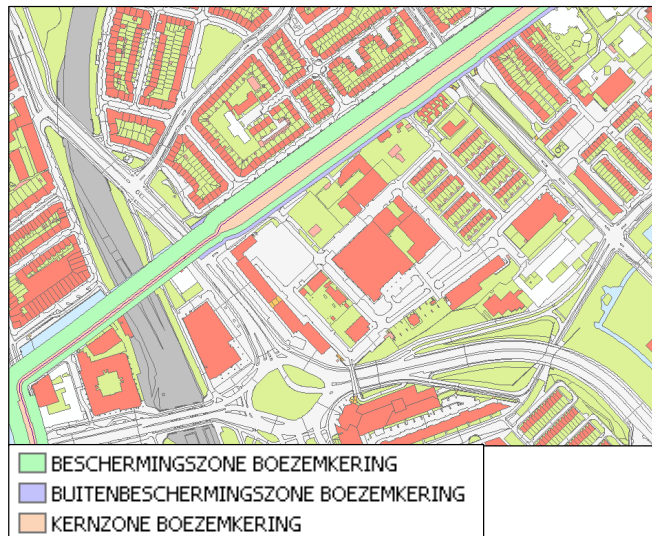
4.4. Waterkeringen

De Ringdijk Watergraafsmeer is een directe secundaire waterkering. In de Keur AGV is deze als een rode lijn aangegeven. Er lopen geen andere waterkeringen door het plangebied.



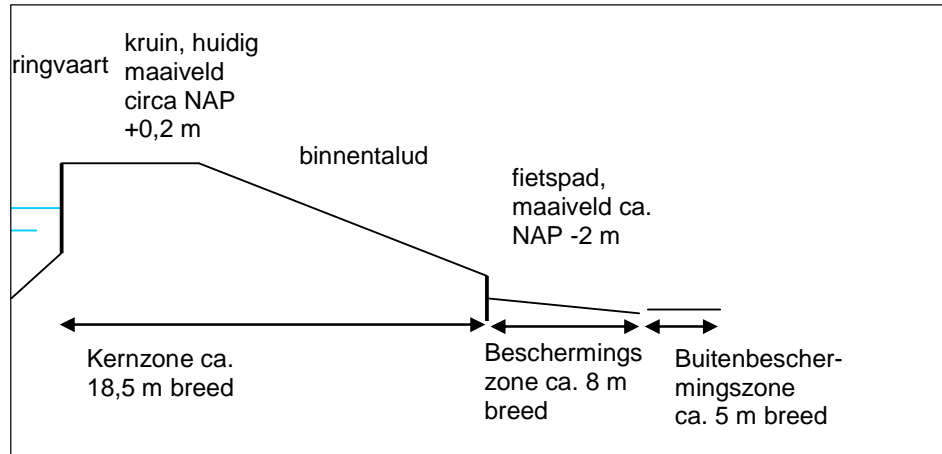
Figuur 13 Ligging waterkering (in rood)

De verschillende zones van de waterkering zijn vastgelegd in de legger van Waterschap AGV, zie figuur 14. Binnen de verschillende zones gelden de verboden van de Keur.



figuur 14 Zones waterkering uit legger

Het waterkeringprofiel verschilt per locatie. Interpretatie van de legger geeft een indicatie van het dijkprofiel. Deze figuur heeft geen Keurstatus maar is bedoeld om de gemiddelde situatie van de Ringdijk langs het Eenhoorngebied te schetsen.



Figuur 15 Indicatie van het keringprofiel

Een belangrijk verbod is dat er niet gegraven mag worden in het keringprofiel. Dit betekent ook dat ondergrondse bouwwerken voldoende afstand moeten bewaren. Welke voorwaarden er gelden, moet per locatie en per handeling onderzocht worden.

4.5. Grondwater

4.5.1. Hoe werkt toetsing aan de grondwaternorm?

De gemeentelijke grondwaternorm heeft als doel om het grondwatereffect van ruimtelijke ontwikkelingen te toetsen. Daarbij moet zowel gekeken worden naar het effect op de bestaande omgeving, als de grondwaterstanden die optreden in het te ontwikkelen gebied.

Voor nieuw te ontwikkelen gebieden met kruipruimteloos bouwen, geldt als norm dat de grondwaterstand niet hoger mag komen dan 0,50 m onder het maaiveld, met ten hoogste eens in de twee jaar een overschrijding gedurende maximaal vijf dagen.

Als gebouwd wordt met kruipruimte, is een lagere grondwaterstand noodzakelijk. De grondwaternorm is dan 0,90 m onder maaiveld.

In het Eenhoorngebied was bij aanvang van de grondwaterberekeningen nog niet bekend of er met of zonder kruipruimtes gebouwd wordt. Uit de grondwaterberekening moet volgen welke van beide bouwmethoden geschikt is. Daarbij gaan we uit van de bestaande maaiveldhoogten met een toekomstig scenario. In dat scenario worden alle te ontwikkelen kavels over het geheel oppervlak onderkelderd. Het is onbekend in hoeverre dat echt gebeurt en of er nog bouwdelen blijven zonder kelder (met of zonder kruipruimte), maar het uitgangspunt is dat kelderbouw overal mogelijk wordt gemaakt. Kelders dienen in ieder geval waterdicht uitgevoerd te worden. De kelders vormen een obstakel voor de grondwaterstroming en hebben daarom een effect op de grondwaterstand.

Voor de bestaande omgeving geldt dat door de ontwikkelingen de grondwatersituatie niet mag verslechteren. Een verslechtering kan zowel komen door een daling als een stijging van de grondwaterstand. Een daling kan leiden tot zettingen en droogvallende houten paalfunderingen. Een stijging kan leiden tot grondwateroverlast en water en vocht in kelders en kruipruimten. Ook bomen hebben last van een grondwaterstijging, wanneer het grondwater tot in de wortelzone stijgt. Voor het Eenhoorngebied betekent dit, dat het bestaande gebied in de eindsituatie geen last mag hebben van de naastgelegen nieuwbouwwerken.

De grondwaternorm geldt voor de eindsituatie na de bouw van objecten. Tijdens de bouwfase zijn er ook grondwatereffecten. Vooral diepe grondwaterbemalingen kunnen de omgeving nadelig beïnvloeden. Deze gevolgen worden in de vorm van een bemalingsplan toegelicht, waarin ook de benodigde maatregelen staan genoemd.

4.5.2. Modelparameters, ijking en gevoeligheidsanalyse

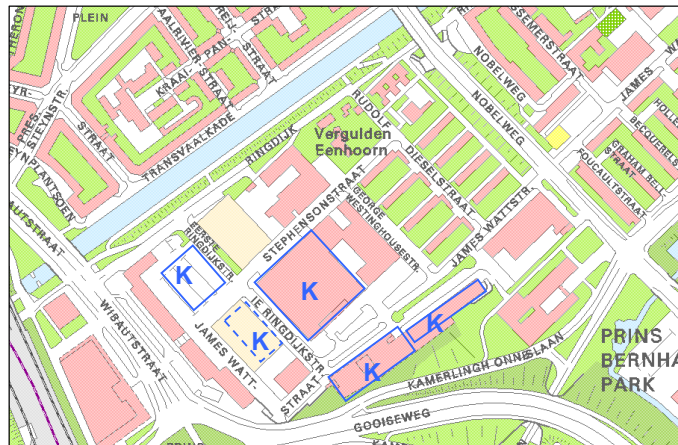
In het grondwaterprogramma Microfem is een grondwatermodel opgesteld. Met behulp van alle beschikbare gegevens over de bodem en het grondwater zijn vervolgens modelparameters bepaald. Enkele parameters zijn onbekend en kunnen alleen bepaald worden door ijking. Hierbij wordt het model zodanig aangepast dat de werkelijk gemeten grondwaterstanden zo dicht mogelijk benaderd worden. De resultaten van de modellering moeten met enige voorzichtigheid gebruikt worden. Vanwege de diverse onzekerheden en beperkte informatie kunnen de werkelijke grondwaterstanden in dit geval ongeveer 0,1 m hoger of lager uitvallen, met een betrouwbaarheidsmarge van 95%.

parameter	waarde	toelichting
Modelgrenzen freatisch pakket	Begrensd door de omringende watergangen: Ringvaart, Amstel, Weespertrekvaart, watergangen Watergraafsmeerpolder en begrensd door de Middenweg	De freatische grondwatermodellering speelt zich af binnen deze geohydrologische grenzen; daarbuiten zijn er geen effecten.
Modelgrenzen eerste watervoerend pakket	Op 2.000 m van het Eenhoorngebied (gebaseerd op de spreidingslengte)	Niet relevant voor de grondwatertoets, wel voor eventuele toekomstige spanningsbemaling in bouwfase.
Waterpeil in oppervlaktewater	Vast peil van NAP -0,40 m in Ringvaart, NAP -5,50 m in watergangen Watergraafsmeer	Het grondwater stroomt af naar het oppervlaktewater, dat fungeert als drainagebasis.
Intreeweerstand watergangen	10 dagen; Voor de Ringvaart is de weerstand zeer groot, deze is tijdens de ijking vastgesteld op een weerstand van 100 dagen in combinatie met een drainerend element aan de teen van de ringdijk	De intreeweerstand is een maat voor de doorlatendheid van de oevers. De watergangen in de Watergraafsmeer hebben alle doorlatende taludoevers. De ringdijk is minder doorlatend.
Polderriolen	Polderriool Bessemerstraat ten oosten van Eenhoorngebied met vast peil NAP -5,50 m, intreeweerstand van 20 dagen bepaald uit ijking. Zie bijlage 1.	Polderriolen zijn drainages die ooit gelegd zijn om gedempte sloten te vervangen. Ze hebben een verlagend grondwatereffect.

parameter	waarde	toelichting
Drains	Vermoede drainerende elementen aan de teen van de ringdijk, in de Stephensonstraat en de James Wattstraat ten westen van de Nobelweg. De intreeweerstand varieert per drainerend element en is bepaald uit ijking.	Vanuit de historie wordt vermoed dat oude gedempte watergangen in het gebied nog een drainerende werking hebben, parallel aan de oost-weststraten.
Neerslag	2,5 mm/dag – stationair, gevolgd door piekneerslag 7,2 mm/dag – 10 dagen lang.	Een stationaire neerslag gedurende twee jaar wordt gevolgd door een piekneerslag gedurende 10 dagen, conform de berekeningssystematiek van de grondwaternorm.
Aanvulling grondwater door neerslag (huidig)	Stationair / piek: - Eenhoorn: 0,43 / 2,71 mm/dag - Amstelstation: 0,46 / 2,98 mm/dag - overig freatisch modelgebied: 0,47 / 3,05 mm/dag	De neerslag wordt vermenigvuldigd met een infiltratiefactor, die gebaseerd is op het (on)verharde oppervlak, om te komen tot de genoemde waarden.
Aanvulling grondwater door neerslag (toekomst)	Stationair / piek: - Eenhoorn: 0,46 / 2,98 mm/dag - Amstelstation: 0,37 / 2,14 mm/dag - overig freatisch modelgebied: 0,47 / 3,05 mm/dag	De neerslag wordt vermenigvuldigd met een infiltratiefactor, die gebaseerd is op het (on)verharde oppervlak.
Onderkant freatisch pakket	Varieert van NAP -4,0 tot NAP -6,5 m. Via interpolatie in model gebracht. Telkens is freatisch gerekend.	De variatie van de onderkant van het freatisch pakket kan leiden tot lokale variaties in grondwaterstand.
Doorlatendheid freatisch ophoogzand	5 m/dag (uit ijking)	Is bepaald door te ijken op de huidige gemiddelde grondwaterstand. Alle boringen geven "fijn zand" aan.
Doorlaatvermogen onderste deel freatisch pakket	KD = 5 m ² /dag	In gehele gebied.
Ondergrondse constructies (huidige)	Zie Figuur 16 : 1-laagskelders onder gebouwen Casa 400, studentenhuisvesting 1 ^e Ringdijkstraat, politiebureau, Hogeschool en Flat voormalig Casa 400; landhoofd brug Wibautstraat is ondoorlatend.	De 1-laagskelders sluiten het freatisch pakket geheel af (reiken tot NAP -6,5 m of dieper)
Hydraulische verticale weerstand scheidende laag	6.600 dagen	Bepaald op basis van boring F6-124 met de SBR-normen voor de weerstand van elke grondlaag, SBR-publicatie funderingen, Deel A, A3000 funderingsontwerp, nummer 273, SBR, oktober 1995

parameter	waarde	toelichting
Stijghoogte eerste watervoerend pakket	Varieert van circa NAP -2,6 m aan noordwestzijde Eenhoorngebied tot NAP -2,9 m aan de zuidoostzijde.	Vaste gemiddelde stijghoogte op basis van een interpolatie van de omliggende peilbuismetingen Waternet
Doorlaatvermogen eerste watervoerend pakket	350 m ² /dag	Gebaseerd op boringen en sonderingen en de TNO-grondwaterkaart van Nederland

Tabel 7 Modelparameters grondwatermodel



Figuur 16 Huidige onderkelderde gebouwen (aangegeven met 'K')

Tevens is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het doel van de gevoeligheidsanalyse is te ontdekken welke parameters een grote invloed hebben op de modelresultaten. In de analyse worden voor de parameters zeer hoge en zeer lage waarden ingevoerd. Soms betreft het een verdubbeling of halvering van de uit ijking bepaalde modelwaarden van Tabel 7, soms zijn de parameters onrealistisch hoog of laag genomen (bijvoorbeeld een doorlatendheid van het ophoogzand van 1.000 m/dag), met als enige doel te onderzoeken hoe het model daarop reageert. In onderstaande tabel staat aangegeven tussen welke waarden de modelparameters zijn gevarieerd. In de gevoeligheidsanalyse zijn de drainerende elementen in de oost-weststraten bewust niet meegenomen, om te onderzoeken of het model passend gemaakt kan worden zónder deze drainerende elementen.

Tabel 8 Gevoeligheidsanalyse

parameter	bereik in gevoeligheidsanalyse	Gevoeligheid modelresultaten*
Intreeweerstand watergangen	1 - 1.000 dagen	Klein
Intreeweerstand ringvaart	1 dag tot oneindig groot (=ondoordatende kade)	Groot
Aanvulling grondwater door neerslag (huidig)	Stationair : - Eenhoorn: 0,215 – 0,86 mm/dag - Amstelstation: 0,23 – 0,92 mm/dag - overig modelgebied: 0,235 – 0,94 mm/dag	Middelgroot

parameter	bereik in gevoeligheidsanalyse	Gevoeligheid modelresultaten*
Drains	Geen drains oost-weststraten	(Groot)
Doorlatendheid freatisch ophoogzand	0,1 – 1.000 m/dag	Groot
Doorlaatvermogen onderste deel freatisch pakket	0 – 50 m ² /dag	Klein
Hydraulische verticale weerstand scheidende laag	500 – 13.200 dagen	Groot
Stijghoogte eerste watervoerend pakket	NAP -2,0 tot NAP -3,8 m	Middelgroot
Specifieke berging in freatisch pakket	0,1 tot 0,3 (ijkingswaarde = 0,2)	Zeer klein

* Groot effect = verschil in berekende grondwaterstanden tussen de extreme modelwaarden is 1 tot 2 m
Middelgroot effect = verschil in berekende grondwaterstanden tussen de extreme modelwaarden is 0,5 tot 1 m
Klein effect = verschil in berekende grondwaterstanden tussen de extreme modelwaarden is 0,1 tot 0,5 m
Zeer klein effect = verschil in berekende grondwaterstanden tussen de extreme modelwaarden is < 0,1 m

Door de gevoeligheidsanalyse is onderkend voor welke parameters het model 'gevoelig' is. Vervolgens zijn enkele combinaties gemodelleerd waarin meerdere gevoelige parameters tegelijk op een zeer hoge of lage waarde zijn gesteld. Een voorbeeld is een ondoorlatende ringvaart-kade, in combinatie met een grote doorlatendheid van het ophoogzand, bij een lage stijghoogte (weinig kwel) en een lage grondwateraanvulling. De afwijking van de gemeten grondwaterstanden was daarbij +/- 1,66 m met een betrouwbaarheidsmarge van 95%.

De conclusie is, dat het niet mogelijk is de gemeten grondwaterstanden te benaderen door de parameters binnen redelijke en aannemelijke waarden te variëren. De tweede conclusie is, dat er drainerende elementen aanwezig zijn in de oost-weststraten. Met behulp van deze drainerende elementen is het model wel passend te krijgen, waarbij de gemeten grondwaterstanden door het model worden benaderd tot +/- 0,1 m met een betrouwbaarheidsmarge van 95%.

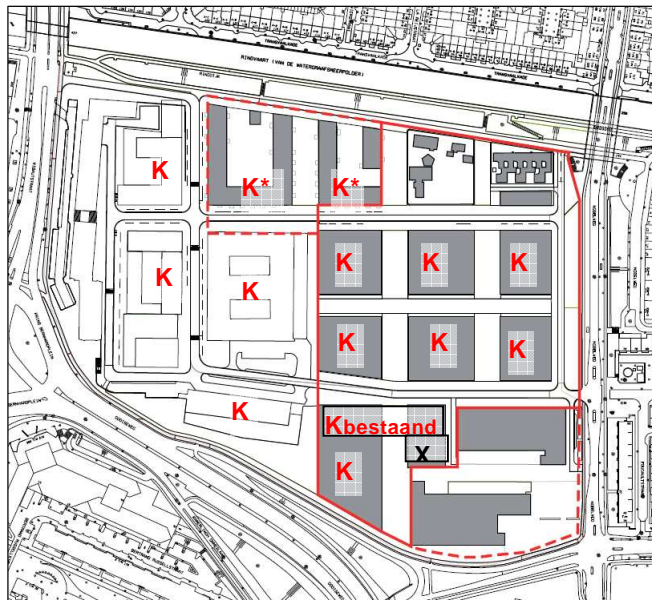
4.5.3. Veranderingen grondwater in toekomstige situatie

Er zijn twee ontwikkelingen die een effect kunnen hebben op de grondwaterstanden. De eerste is de bouw van nieuwe kelders. Er is een variant doorgerekend waarbij alle te ontwikkelen kavels volledig onderkelderd zijn. In Figuur 17 zijn de toekomstige kelders aangegeven met K. De kelders sluiten het freatisch pakket volledig af. Het grondwater moet er dus omheen stromen. De enige uitzondering is kavel B, waar twee kelders komen die half verdiept zijn ten opzichte van het straatniveau van de Stephensonstraat (aangegeven met K*). Onder deze halfverdiepte kelders resteert lokaal een enkele decimeters dikke zandlaag, zodat ook enig grondwater onder de kelders door kan stromen. Verder is er voor de bestaande kelder onder James Wattstraat 75 (voormalige Casa 400, de meest oostelijke 'K' in bovenstaande figuur) gerekend met twee varianten. Aanvankelijk was sloop van het gebouw en de kelder en vervanging door twee nieuwe kelders voorzien: zie Figuur 17. Met dit uitgangspunt zijn de grondwaterberekeningen gedaan.

De actuele plannen per juni 2012 zijn behoud van de kelder onder voormalig Casa 400 en aanleg van een kleine halfverdiepte kelder ten zuiden ervan: zie Figuur 18. Met dit actuele uitgangspunt wordt later in dit rapport een variant met een grondverbetering gemodelleerd.



Figuur 17 Ondergrondse constructies in toekomstsituatie (aangegeven met 'K')

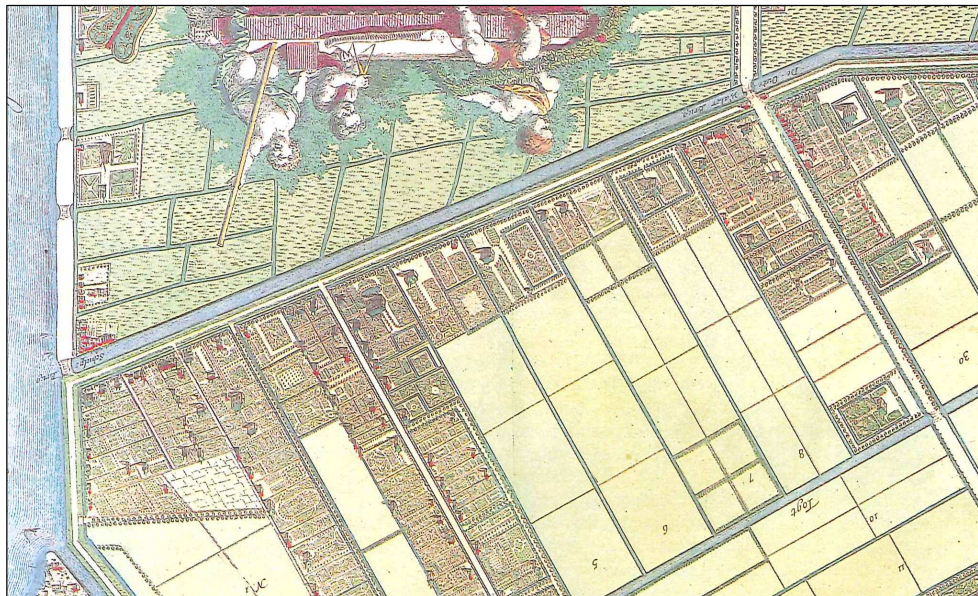


Figuur 18 Ondergrondse constructies in toekomstsituatie (actuele plannen per juni 2012)

De tweede ontwikkeling met effect op de grondwaterstanden is het verhardingspercentage in de Eenhoorn (daalt) en het Amstelstation (stijgt). Dit leidt tot een licht aangepaste neerslagaanvulling (zie tabel 7).

4.5.4. Resultaten van de ijking

De resultaten van de modelijking zijn vermeld in tabel 7. Er is gevarieerd met de doorlatendheid van het freatisch pakket en met de intree weerstanden van watergangen, polderriolen en drainages. Het doel is om de berekende grondwaterstanden zo goed mogelijk aan te laten sluiten bij de gemeten grondwaterstanden. Dit geldt voor een gemiddelde situatie. Een belangrijke bevinding van de gevoeligheidsanalyse is, dat de grondwaterstanden dermate laag liggen, dat dit niet te bereiken is door de genoemde parameters te variëren binnen redelijke en aannemelijke waarden (zie Tabel 8). Geconcludeerd is dat er drainerende elementen actief zijn in het Eenhoorngebied. Waar de drainerende elementen precies uit bestaan en waar ze liggen, is niet bekend. Een oude tekening van de Watergraafsmeerpolder geeft aanwijzingen voor watergangen die toen aanwezig waren, onder meer een kwelsloot onderaan de Ringdijk. Een veel toegepaste praktijk was om bij slootdemping iets vervangends te plaatsen, bijvoorbeeld in de vorm van puin of drainage. Door drainages te modelleren aan de voet van de ringdijk, langs de Stephensonstraat en langs de James Wattstraat, is een betere 'fit' op de gemeten grondwaterstanden bereikt. De berekende grondwaterstanden liggen alle binnen een marge van $\pm 0,1$ m van de gemeten standen (met 95% betrouwbaarheid). Dit geldt voor het Eenhoorngebied.



Figuur 19 Kaartfragment uit 1719 van de Watergraafsmeer, Pieter van den Berge

Het is absoluut noodzakelijk om uit te zoeken waar de drainerende elementen uit bestaan. Het kunnen oude watergangen zijn die met zeer doorlatend bodemmateriaal zijn gedempt. Ook kunnen het oude drainages zijn die nog werken. Een andere mogelijkheid is, dat de bestaande hemelwaterriolen onbedoeld lekken, of dat destijds een drain is meegelegd die niet op de Waternet-beheerkaarten staat. Mochten de bestaande hemelwaterriolen niet waterdicht zijn, dan is vervanging van de riolen (door een gotensysteem of door nieuwe buizen) riskant. Door de vervanging zou een drainerend element verdwijnen en kan het grondwater stijgen. Dit is in de stedelijke omgeving in Nederland al vaker gebeurd, met grondwateroverlast tot gevolg. Het advies is om vóór een eventuele rioolvervanging te onderzoeken of de hemelwaterriolen in droge perioden grondwater onttrekken.

4.5.5. Modelresultaten: effect van de kelderbouw

De berekening gaat uit van kelders onder alle te ontwikkelen kavels, conform Figuur 17. Uit de modelresultaten blijkt dat de kelderbouw bepalend is voor de grondwaterstanden. Er zijn twee resultaten die aan de grondwaternorm getoetst moeten worden:

- het effect van de kelders op de grondwaterstand
- het behalen van de grondwaternorm voor nieuw in te richten gebieden.

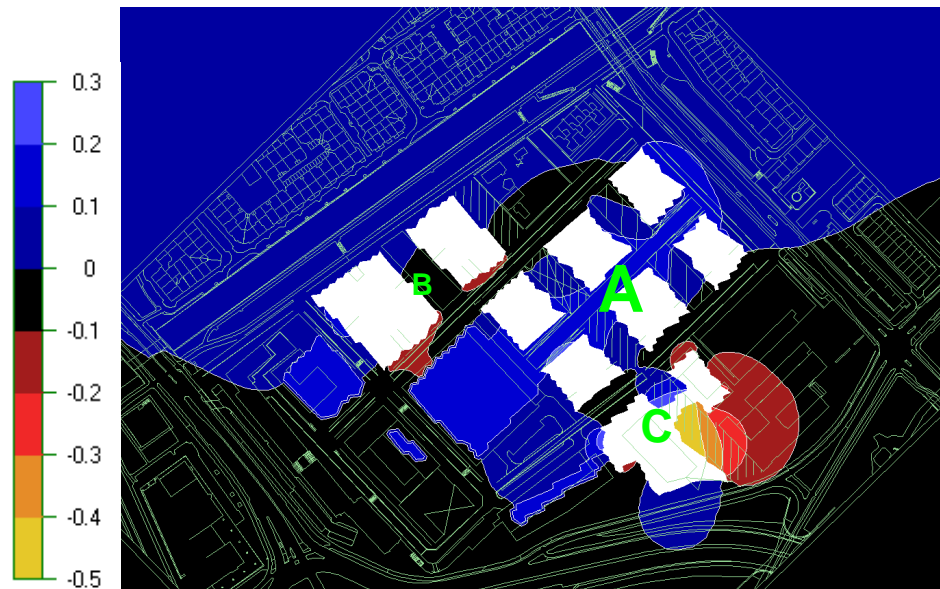
Effect van de kelders op de grondwaterstand

Het effect van de kelders is met A t/m C aangegeven in

Figuur 20:

- In het middengebied tussen de Stephensonstraat en de James Wattstraat stijgt het grondwater met circa 15 tot 20 cm
- Bij de halfverdiepte kelder van kavel B is het grondwatereffect kleiner: een stijging met minder dan 5 cm, die zo beperkt is omdat er lokaal nog grondwater onder de halfverdiepte kelder door kan stromen. Ook zijn er lokale grondwaterdalingen aan de zuidzijde, die komen omdat er minder grondwater richting Stephensonstraat stroomt.
- Ten zuiden van de James Wattstraat is er een grondwaterverhoging van maximaal 25 cm, terwijl er ook dalingen te zien zijn. De reden van de daling was de geplande sloop van de kelder van James Wattstraat 75 (de voormalige Casa 400-flat, die in de actuele plannen overigens gehandhaafd blijft). Dit zorgt voor een betere afstroming van het grondwater met grondwaterdalingen tot gevolg.

Ook bestaat er een dalend grondwatereffect aan de benedenstroomse kant van de nieuwe kelders, omdat die kant 'in de luwte' komt te liggen waarbij minder grondwater via die route afstroomt.



Figuur 20 stijging/daling grondwaterstand als gevolg van kelderbouw/-sloop (in m)

Het behalen van de grondwaternorm voor nieuw in te richten gebieden

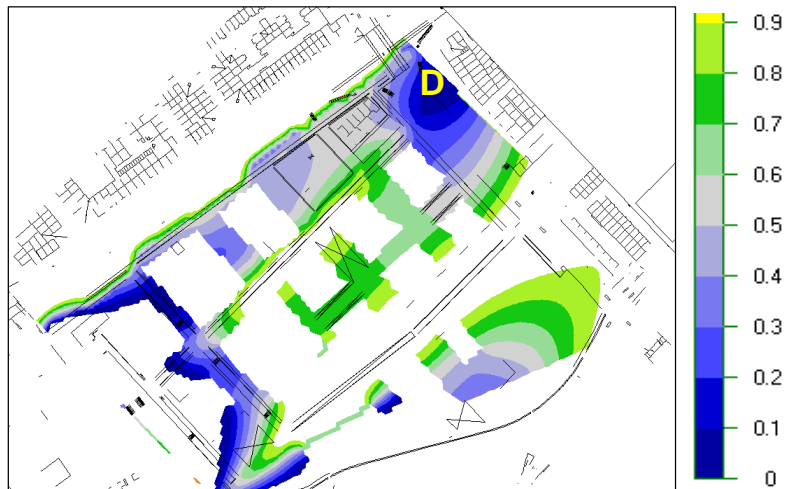
Daarnaast moeten we kijken naar het behalen van de grondwaternorm. Dit doen wij eerst voor de bestaande omgeving. Als wij kijken naar de plaatsen waar de GHG (Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand) nu al vrij hoog komt, zien wij het volgende:

- Op de hoek van de Stephensonstraat en de Eerste Ringdijkstraat komt de GHG nu tot 0,48 m onder het maaiveld en door de kelderbouw stijgt de grondwaterstand met 0,05 m.
- Bij de Rudolf Dieselstraat komt de GHG nu tot circa 0,15 m onder maaivelden door de kelderbouw stijgt het grondwater nog met 0,06 m.
- Op de overige meetlocaties leidt de kelderbouw niet tot grondwaterstanden dichterbij dan 0,50 m onder maaiveld, maar wel tot een grondwaterstijging.

Vooraf op de eerste twee locaties is het effect ongewenst. Het is bekend dat daar nu hoge grondwaterstanden optreden, die in de bestaande situatie niet voldoen aan de grondwaternorm voor kruipruimteloos bouwen in nieuwe gebieden, maar die desondanks niet tot grondwateroverlast leiden. Elke stijging van het grondwater kan echter potentieel leiden tot wateroverlast. Ondanks dat de grondwaterstijgingen door de kelderbouw slechts rond de 5 cm zijn, kan dit leiden tot grondwateroverlast en betreft het een verslechtering van de grondwatersituatie in de omgeving.

Op de locaties waar nu een ontwatering tussen de 0,50 en 0,90 m is, is het onzeker wat het effect is van de grondwaterstijgingen. Als er gebouwen zijn met een kruipruimte, dan bestaat ook hier kans op grondwateroverlast, ook bij geringe grondwaterstijgingen.

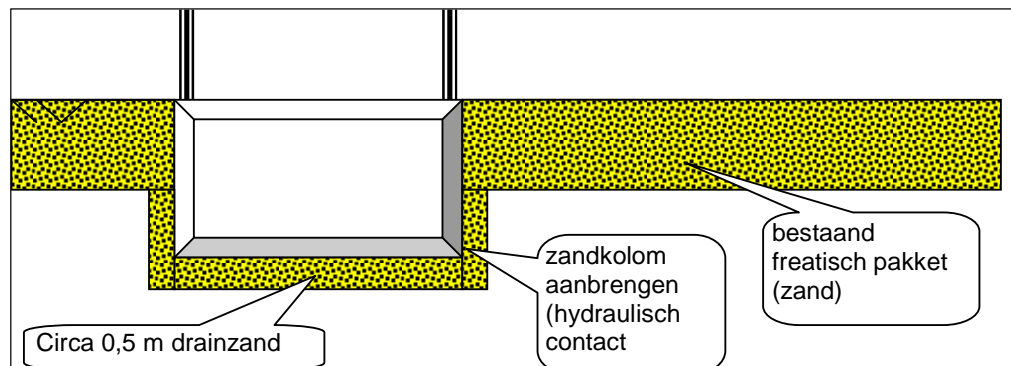
Vervolgens kijken we naar het behalen van de grondwaternorm in de nieuw te ontwikkelen gebieden. Dit moet ons een idee geven of het mogelijk is te bouwen met kruipruimten, of dat kruipruimteloos gebouwd moet worden, en in hoeverre het mogelijk is (waterdichte) kelders te bouwen. We gaan uit van een toekomstige maaiveldhoogte ten zuiden van Stephensonstraat van NAP -3,7 m, ongeveer gelijk aan de huidige maaiveldhoogten. In de volgende figuur geven de groene delen aan waar het grondwater tussen 50 en 90 cm onder het maaiveld kan komen: deze locaties zijn ongeschikt voor bouwen met kruipruimte. De blauwe locaties geven aan waar het grondwater potentieel 0 tot 50 cm onder het maaiveld kan komen: deze locaties voldoen niet aan de grondwaternorm; ook kruipruimteloos bouwen is niet mogelijk. Duidelijk herkenbaar is aan de noordoostzijde de Rudolf Dieselstraat (aangegeven met D) waar het grondwater zou stijgen van 15 tot 9 cm onder het maaiveld. Aan de westzijde zijn er ook bestaande locaties waar het grondwater dichterbij dan 50 cm bij het maaiveld zou komen. In het te ontwikkelen gebied is er een ontwatering die tussen de 50 en 110 cm ligt.



Figuur 21 Ontwatering in peeksituatie

4.5.6. Conclusies grondwaternorm

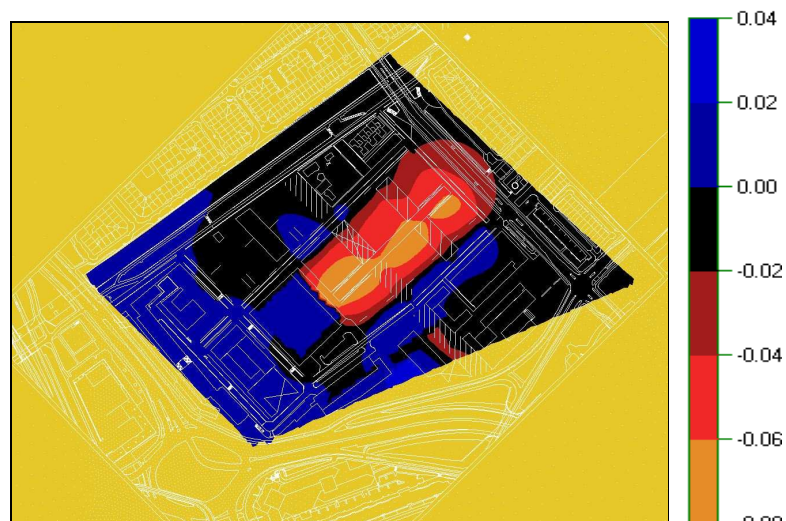
- in het gebied is het niet mogelijk met kruipruimte te bouwen; er moet daarom kruipruimteloos worden gebouwd;
- er wordt bij bouw van de (waterdichte) kelders wel voldaan aan de grondwaternorm voor kruipruimteloos bouwen in het ontwikkelgebied;
- de bouw van ondergrondse constructies leidt in de bestaande omgeving tot grondwaterstijgingen. Dit is een verslechtering van de huidige situatie. Elke grondwaterstijging moet worden voorkomen. Dit kan op meerdere manieren. Het kleiner maken van de kelders of halfverdiept uitvoeren verkleint de effecten, maar leidt nog steeds tot stijgingen in de omgeving.
- Het advies is het om de geplande ondergrondse constructies grondwater-neutraal te bouwen, door bijvoorbeeld een grondverbetering onder de kelder aan te brengen. Deze bestaat uit een goeddoorlatende dunne zandlaag, die tevens als werkvloer dient tijdens de bouw. Men moet denken aan een circa 0,5 m dikke laag drainzand. De zandlaag moet aan de randen in verbinding worden gebracht met het omliggende freatisch pakket via een zandkolom (zie Figuur 22).
- Het advies is dit principe toe te passen in combinatie met halfverdiepte kelders (2,5 m onder maaiveld), omdat in dat geval de onderliggende waterremmende kleilaag niet of nauwelijks wordt afgegraven en de kwel ongeveer gelijk blijft (niet toeneemt).



Figuur 22 Principe grondverbetering onder kelder

Bovenstaande principe-oplossing is doorgerekend in het grondwatermodel. Uitgangspunt is de actuele kelderlocaties van Figuur 18, waarin de kelder van het voormalige Casa 400 in stand blijft. Tevens is als uitgangspunt genomen dat op de nieuwe kavels halfverdiepte kelders komen (tot 2,5 m onder maaiveld).

Het grondwatermodel toont aan dat in de bestaande omgeving nauwelijks grondwaterveranderingen optreden ten opzichte van de huidige situatie. In Figuur 23 zijn de grondwatereffecten van de kelderbouw en de toekomstige ontwikkelingen weergegeven ten opzichte van de huidige situatie. Aan de west- en zuidwestzijde van het Eenhoorngedebied blijft de grondwaterstand gelijk. Ten zuiden van het voormalige Casa 400 is er een verwaarloosbaar kleine grondwaterstijging (maximaal 3 cm). Aan de noordoostzijde bij het meest kritieke punt (de Rudolf Dieselstraat) blijft de grondwaterstand gelijk. In het ontwikkelingsgebied daalt het grondwater met enkele centimeters. De reden van de daling is dat het doorlaatvermogen van de grond vanwege de grondverbetering plaatselijk iets groter wordt. Samengevat zijn de grondwatereffecten bij de aanleg van de grondverbeteringen zeer klein en wordt ruwweg de bestaande situatie gehandhaafd.



Figuur 23 Grondwatereffect (in m) bij halfverdiepte kelders met grondverbetering, ten opzichte van de huidige grondwaterstanden

4.5.7. Warmte-koude opslag

Warmte-koude opslag (WKO) ligt op het snijvlak tussen grondwater en energie. Voor de volledigheid wordt het in dit wateradvies opgenomen. Bij WKO worden diepe grondwaterpakketten gebruikt om gebouwen te koelen en te verwarmen. In Amsterdam gebruikt men vaak het derde watervoerend pakket, dat in het Eenhoorngedebied tussen circa NAP -90 en -120 m ligt. De grote voordelen van WKO zijn het hoge rendement en de duurzaamheid. Het nadeel is dat er interferentie kan ontstaan met andere nabije WKO-bronnen. Intechno Consulting engineers BV heeft een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd voor een collectieve energieopslagvoorziening voor het Eenhoorngedebied (1 december 2006). De conclusie is dat het zeker haalbaar is om WKO toe te passen in het Eenhoorngedebied. Gezien de ontwikkeling in verschillende fasen is het niet efficiënt om in één gezamenlijk systeem te investeren. Intechno adviseert om drie systemen te maken,

waarbij meerdere kavels een gecombineerd systeem gebruiken. Inmiddels is een eerste gecombineerd WKO-systeem aangelegd met aankoppeling van kavel A, B en G.

5 Conclusies en adviezen

De bevindingen en adviezen van dit wateradvies Eenhoorngebied zijn als volgt samen te vatten.

Ontwikkelplannen en ambities

Het Eenhoorngebied bevat nu diverse functies. Het is de bedoeling dat het langzaam tot een woongebied transformeert. Het gebied wordt sterk gefaseerd ontwikkeld. Daarbij krijgt een aantal kavels nieuwe bebouwing. Door toevoeging van groen en water kan een prettiger woon-/werkklimaat ontstaan. Het uitgangspunt is om een duurzaam waterbeheer te bereiken. De ambitie is een goede beleving van water in de openbare ruimte, door water een zichtbaar onderdeel te laten zijn van de openbare ruimte. De nieuwe bebouwing op de kavels moet bijdragen aan een duurzaam watersysteem. Dit kan door water langer vast te houden, vertraagd af te voeren, of op een gewenste plek af te wateren op het openbare hemelwaterafvoersysteem.

Beschrijving huidig watersysteem

Het Eenhoorngebied ligt in het overgangsgebied tussen de Ringvaart (boezempeil NAP - 0,40 m) en de Watergraafsmeerpolder (polderpeil NAP - 5,50 m). Hierdoor verloopt ook het freatische (ondiepe) grondwaterpeil over het gebied. Ook het maaiveld varieert: vanaf de Ringvaart/Ringdijk (maaiveld NAP +0,2 m) loopt het maaiveld omlaag tot aan de Stephensonstraat (maaiveld NAP -3,7 m), terwijl het gebied ten zuiden van de Stephensonstraat een uniform maaiveldpeil van ongeveer NAP -3,7 m heeft. Het gebied bevat geen oppervlaktewater. Wel loopt er een inlaatleiding vanaf de Ringvaart door het Eenhoorngebied, die de watergangen van de Watergraafsmeerpolder aanvult in de zomer. De grondwaterstanden in een natte tijd variëren tussen 0,15 en 1,4 meter onder het maaiveld. Ondanks de lokaal hoge grondwaterstanden zijn er geen meldingen van grondwateroverlast van de gebruikers van het gebied.

Mogelijkheden toekomstige waterhuishouding

Er is gekozen voor een systeem met oppervlakkige hemelwaterafvoer, zonder oppervlaktewater. Daarvoor zijn meerdere redenen. Het verhard oppervlak neemt af zodat er geen opgave is om oppervlaktewater te maken. Verder is een goed doorstroomd oppervlaktewatersysteem met een goede waterkwaliteit moeilijk in te passen. Wel inpasbaar is een watergang met verticale oevers, maar het waterpeil van 1,8 m onder maaiveld draagt niet bij aan de zichtbaarheid van water. Het systeem met oppervlakkige hemelwaterafvoer is verder uitgewerkt tot een gotensysteem, dat in de plaats komt van het hemelwaterriool. Enkele voordelen van goten zijn dat ze meer berging hebben dan hemelwaterrioolbuizen beter inspecteerbaar en beheerbaar zijn. Daar staat tegenover dat het beheer en onderhoud intensiever is.

Opzet hemelwatersysteem

Voor het Eenhoorngebied is een gotensysteem ontwikkeld. Het systeem bestaat uit een grote hoofdgoet, gelegen in de groen-blauwe as. Op deze hoofdgoet wateren diverse kleinere zijgoten af, die in de oost-west gerichte straten liggen.

Voor de hoofdgoet is rekening gehouden met een maatgevende "klimaatbui" die eens per 100 jaar voorkomt. Voor de zijgoten is met een kleinere bui gerekend, waarbij eens per 10

jaar water op straat mag staan. Er zijn verschillende varianten doorgerekend, waarbij de kavels in meer of mindere mate afwateren op de goten. Naast regenwater wordt ook het water van de inlaat via de hoofdgoot vervoerd. De hoofdgoot is circa 2,5 m breed en de diepte varieert per variant tussen 0,55 en 0,70 m.

Bij de goten in de oost-weststraten is een goot aan weerszijden van de straat effectief. Deze goten zijn aan de bodem 0,30 m breed en de breedte aan bovenzijde varieert tussen 0,50 en 0,70 m. De gootdiepte varieert tussen 0,10 en 0,20 m. De uitdaging is dit soort profielen slim in te passen in het straatprofiel.

In het profiel kan geen grote helling (afschot) worden gerealiseerd, omdat het gebied grotendeels vlak is. Men moet dan voorkomen dat stilstaande plassen ontstaan waarin modderlaagjes bezinken. In het ontwerp moet daaraan speciale aandacht worden gegeven. Het dwarsprofiel van de straat moet duidelijk een laagste punt hebben waarin slib kan bezinken. De ondergrond moet goed verdicht worden om zettingsverschillen te minimaliseren. Onderin de goot kan een grassteen worden aangelegd waardoor enig water kan infiltreren, met eventueel een waterdoorlatende ondergrond. Hierin kan enige beplanting groeien. Ook het beheer en onderhoud vergt nog speciale aandacht. Er zal regelmatig geveegd moeten worden. De aanbeveling is de beheerder in het vervolgtraject intensief te betrekken.

De gefaseerde uitvoering van de kavels betekent dat de hemelwaterafvoer in elke fase goed geregeld moet zijn. In samenspraak met rioleringsbeheerder Waternet moeten deze tijdelijke situaties worden uitgewerkt. Uitgangspunt is dat er telkens een deel van de eindsituatie kan worden aangelegd, in de vorm van goten die groot genoeg zijn, terwijl delen van het hemelwaterriool worden opgeheven. De huidige aansluitvoorschriften van Waternet gaan er van uit dat de kavels afwateren op een hemelwaterriool en het water aanbieden op 0,50 m onder maaiveld. Voor goten is aanbieden van water op 0,1 m boven maaiveldniveau echter passender. De aansluitvoorschriften moeten worden aangepast. De manier en locatie van afwatering moet op tijd in het ontwerpproces van de gebouwen worden aangegeven.

Voor de te ontwikkelen kavels is de opgave om een maatgevende bui in zijn geheel vast te houden en pas na de bui vertraagd af te voeren. Dit geldt dus voor zowel de gebouwen als het grondoppervlak van de kavels. De opgave is een 1-uursbui van 55 mm vast te houden en na drie uur vertraagd af te voeren met 5 mm/uur. Het vasthouden kan op verschillende manieren: door groene daken, blauwe daken, binnentuinen, vijvers, waterbergende regenpijpen, opslagbassins met hergebruik enzovoort. Dit is ter keuze van de ontwikkelaar.

Om het hemelwatersysteem van het Eenhoorngebied via de hoofdgoot te laten afwateren naar het oppervlaktewater van het Prins Bernhardpark/Intratuin, kan mogelijk een bestaand hemelwaterriool (Ø 600 mm) onder de Kamerlingh Onneslaan worden gebruikt. Berekeningen tonen aan dat deze hemelwaterrioolbuis waarschijnlijk te klein is, tenzij het hoogste ambitieniveau wordt gerealiseerd met afkoppeling van de kavels. Ook dan moeten we alert blijven op tijdelijke situaties. De vervolgstap is, dat Waternet een rioolberekening maakt waarin de bestaande en te ontwikkelen kavels worden meegenomen.

Waterkeringen

De Ringdijk Watergraafsmeer is een directe secundaire waterkering. De verschillende zones van de waterkering zijn vastgelegd in de legger van Waterschap AGV. Binnen de verschillende zones gelden de verboden van de Keur. Een belangrijk verbod is dat er niet gegraven mag worden in het keringprofiel. Dit betekent ook dat ondergrondse bouwwerken voldoende afstand moeten bewaren.

Grondwater

Er is een grondwatermodel opgesteld. Een belangrijke bevinding is, dat de grondwaterstanden dermate laag liggen, dat dit niet te bereiken is door de genoemde parameters te variëren binnen redelijke en aannemelijke waarden. Zeer waarschijnlijk zijn er drainerende elementen actief in het Eenhoorngebied. Waar de drainerende elementen precies uit bestaan en waar ze liggen, is niet bekend. Het is absoluut noodzakelijk dit uit te zoeken. Het kunnen oude watergangen zijn die met zeer doorlatend bodemmateriaal zijn gedempt. Ook kunnen het oude drainages zijn die nog werken. Een andere mogelijkheid is, dat de bestaande hemelwaterriolen onbedoeld lekken, of dat destijds een drain is meegelegd die niet op de Waternet-beheerkaarten staat.

Mochten de bestaande hemelwaterriolen niet waterdicht zijn, dan is vervanging van de riolen (door een gotensysteem of door nieuwe buizen) riskant. Door de vervanging zou een drainerend element verdwijnen en kan het grondwater stijgen. Dit is in de stedelijke omgeving in Nederland al vaker gebeurd, met grondwateroverlast tot gevolg. Het advies is om vóór een eventuele rioolvervanging te onderzoeken of de hemelwaterriolen in droge perioden grondwater onttrekken.

Vervolgens zijn de ontwikkelplannen getoetst aan de gemeentelijke grondwaternorm. Voor nieuw te ontwikkelen gebieden met kruipruimteloos bouwen, geldt als norm dat de grondwaterstand niet hoger mag komen dan 0,50 m onder het maaiveld, met ten hoogste eens in de twee jaar een overschrijding gedurende maximaal vijf dagen. Als gebouwd wordt met kruipruimte, is een lagere grondwaterstand noodzakelijk. De grondwaternorm is dan 0,90 m onder maaiveld.

De conclusies zijn:

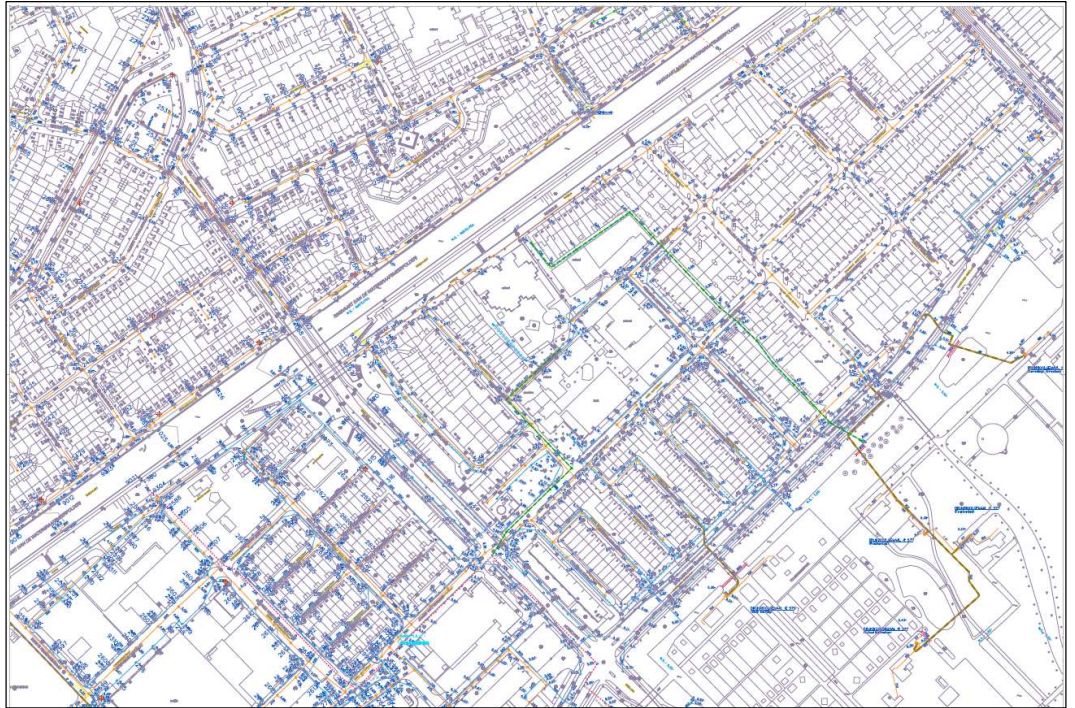
- In het gebied is het niet mogelijk met kruipruimte te bouwen; er moet daarom kruipruimteloos worden gebouwd.
- Er wordt bij de bouw van de (waterdichte) kelders voldaan aan de grondwaternorm voor kruipruimteloos bouwen in het ontwikkelgebied.
- De bouw van ondergrondse constructies leidt in de bestaande omgeving tot grondwaterstijgingen. Dit is een verslechtering van de huidige situatie. Elke grondwaterstijging moet worden voorkomen. Dit kan op meerdere manieren. Het kleiner maken van de kelders of halfverdiept uitvoeren verkleint de effecten, maar leidt nog steeds tot stijgingen in de omgeving.
- Het advies is het om de geplande ondergrondse constructies grondwater-neutraal te bouwen, bijvoorbeeld door een grondverbetering onder de kelder aan te brengen zoals in Figuur 22.
- Het advies is de grondverbetering toe te passen in combinatie met halfverdiepte kelders (2,5 m onder maaiveld), om een kweltoename te voorkomen.

Warmte-koude opslag

Warmte-koude opslag (WKO) ligt op het snijvlak tussen grondwater en energie. Bij WKO worden diepe grondwaterpakketten gebruikt om gebouwen te koelen en te verwarmen.

De grote voordelen van WKO zijn het hoge rendement en de duurzaamheid. Het nadeel is dat er interferentie kan ontstaan met andere nabije WKO-bronnen. Intechno Consulting engineers BV heeft een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd voor een collectieve energieopslagvoorziening voor het Eenhoorngebied (1 december 2006). De conclusie is dat het zeker haalbaar is om WKO toe te passen in het Eenhoorngebied. Gezien de ontwikkeling in verschillende fasen is het niet efficiënt om in één gezamenlijk systeem te investeren. Intechno adviseert om drie systemen te maken, waarbij meerdere kavels een gecombineerd systeem gebruiken. Inmiddels is een eerste gecombineerd WKO-systeem aangelegd met aankoppeling van kavel A, B en G.

BIJLAGE 1 – kaart polderriolen (bron: Waternet, maart 2011)



De polderriolen zijn in groen weergegeven.

Colofon

Wateradvies Eenhoorngebied –
Technische onderbouwing van de waterparagraaf in het bestemmingsplan

Tekst

Gemeente Amsterdam
Ingenieursbureau

Niets uit deze uitgave mag worden overgenomen zonder bronvermelding.
Gemeente Amsterdam,
Ingenieursbureau
Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR Amsterdam