

## **Vredeoord te Eindhoven**

Kader voor waterhuishouding bij gefaseerde woningbouwrealisatie

Definitief

Stichting Trudo

Sweco Nederland B.V.  
Rotterdam, 7 april 2016

# Verantwoording

**Titel** : Vredeoord te Eindhoven

**Subtitel** : Kader voor waterhuishouding bij gefaseerde woningbouwrealisatie

**Projectnummer** : 342910

**Referentienummer** : SWNL-0181896

**Revisie** : Definitief (revisie 5)

**Datum** : 7 april 2016

**Auteur(s)** : ir. A.P.J.J. (Alexander) Thewissen-Groet

**E-mail adres** : Alexander.Thewissen-Groet@sweco.nl

**Gecontroleerd door** : ing. S.J.W. (Sander) Hoegen

**Paraaf gecontroleerd** : 

**Goedgekeurd door** : ing. S.A.W. (Stephan) Jansen

**Paraaf goedgekeurd** : 

**Contact** : Sweco Nederland B.V.  
K.P. v.d. Mandelelaan 41-43  
3062 MB Rotterdam  
Postbus 4381  
3006 AJ Rotterdam  
T +31 88 811 66 00  
www.sweco.nl

# Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding .....	5
1.2	Plangebied Vredeoord en voorgenomen ontwikkeling .....	5
1.3	Bestemmingsplan .....	5
1.4	Ruimtelijk kader .....	5
1.5	Doelstelling rapport .....	6
1.6	Leeswijzer .....	6
2	Uitgangssituatie waterhuishouding .....	7
2.1	Inleiding.....	7
2.2	Watersysteem .....	7
2.3	Gebiedsindeling en verharding terrein Vredeoord.....	7
2.4	Oorspronkelijke riolering .....	8
2.5	Bodemopbouw en infiltratiecapaciteit plangebied.....	8
2.6	Grondwateronttrekkingen en effecten.....	9
2.6.1	Huidige onttrekkingen .....	9
2.6.2	Hoogste grondwaterstand met/zonder grootschalige grondwateronttrekkingen .....	10
2.6.3	Grondwateroverlast.....	10
2.6.4	Voornemen tot stopzetting .....	11
3	Waterhuishoudkundige eindsituatie .....	13
3.1	Inleiding.....	13
3.2	Waterhuishoudkundige kader .....	13
3.3	Randvoorwaarden en uitgangspunten.....	14
3.4	Waterbergings- en infiltratiezone De Groene Dreef.....	15
3.4.1	Ontwerpfilosofie .....	15
3.4.2	Dwarsprofiel waterbergings- en infiltratiezone.....	16
3.4.3	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG).....	17
3.4.4	Hoogte en maatvoering greppel en grasvelden.....	17
3.4.5	Ontwateringsdiepte .....	18
3.4.6	Hemelwaterriolen .....	18
3.4.7	Waterbergingscapaciteit .....	19
3.4.8	Aanbrengen noodoverlaat voor vertraagde afvoer .....	20
3.4.9	Grondverbetering toepassen .....	21
3.4.10	Gradiënten in het toekomstige maaiveld .....	22
3.5	Inrichting openbaar gebied .....	22
3.6	Fasering aanleg waterhuishoudkundige voorzieningen .....	23
3.7	Opstellen van een Afwateringsplan .....	23
3.8	Opstellen van een Beheer-, Onderhoud- en Monitoringplan .....	24

Bijlage 1: Informatiebronnen

Bijlage 2: Beleidskader

Bijlage 3: Berekeningen waterbergingscapaciteit

- Bijlage 4: Onderbouwing waterdoorlatendheid en infiltratie
- Bijlage 5: Kaart: grondwateronttrekkingspunten Vredeoord
- Bijlage 6: Situatie plangebied Vredeoord 2013
- Bijlage 7: Kaart: oppervlakkige afwatering en peilen

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Stichting Trudo is voornemens om woonkavels te ontwikkelen op het voormalige kantorenpark 'Vredeoord-Complex V'. De kavels zijn noodzakelijk om te kunnen voldoen aan de vraag naar ruimte in de gemeente. Om woonkavels planologisch mogelijk te maken, wordt een bestemmingsplan "Vredeoord" opgesteld.

Op grond van artikel 3.1.6 van het Besluit ruimtelijke ordening (Bro) is een watertoets uitgevoerd. In dit rapport zijn de kaders voor de waterhuishoudkundige uitwerking beschreven.

## 1.2 Plangebied Vredeoord en voorgenomen ontwikkeling

Vredeoord ligt in het noordelijk deel van de gemeente Eindhoven, in stadsdeel Woensel. Het plangebied wordt in grote lijnen begrensd door de Boschdijk, het spoor, GGzE De Grote Beek en de wijk Woensel-West.

Binnen het plangebied zijn de gebouwen inmiddels gesloopt. Alleen het Philips Benelux gebouw ('gebouw VB') en het relatief nieuwe kantoorpand (gebouw VS) blijven behouden. Deze terreinen zijn geen eigendom van Stichting Trudo en maken geen onderdeel uit van het plangebied. Door de sloop is 70.000 m<sup>2</sup> vloeroppervlak onttrokken aan de kantoorvoorraad van Eindhoven. Stichting Trudo is voornemens om binnen het plangebied maximaal 300 woningen in een groen stedelijk woonmilieu te realiseren. De woningbouw wordt gefaseerd ontwikkeld.



Afbeelding 1.1: Plangebied woningbouwontwikkeling Vredeoord (groen gearceerd)

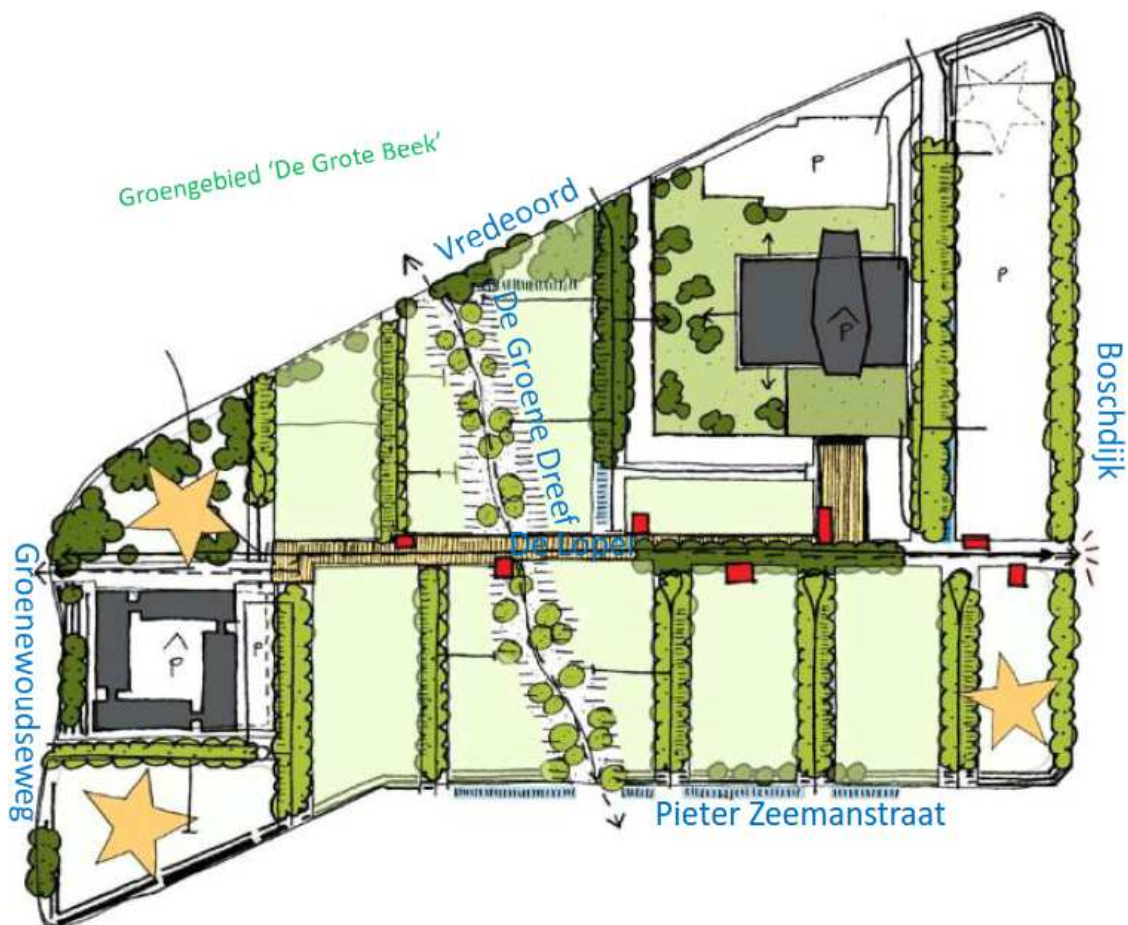
## 1.3 Bestemmingsplan

De voorgenomen ontwikkeling van woonfuncties past niet binnen het vigerende bestemmingsplan. Daarom zal naar verwachting in 2016 een nieuw bestemmingsplan worden vastgesteld. Het nieuwe bestemmingsplan zal deels het vigerende bestemmingsplan "Woensel buiten de Ring II 2006" (vastgesteld 6 maart 2007) vervangen, aangezien het plangebied nu een kantoorbestemming heeft. Het nieuwe bestemmingsplan zal globaal van opzet zijn, waarbij de gemeente de uitwerkingsbevoegdheid krijgt van deelplannen.

## 1.4 Ruimtelijk kader

Voor plangebied Vredeoord is nog geen concreet stedenbouwkundig ontwerp gemaakt. Stichting Trudo kiest ervoor om deze locatie organisch te laten groeien. Wel is hiervoor een ruimtelijk kader<sup>[6]</sup> opgesteld dat het plangebied voldoende flexibiliteit en ruimte biedt voor verschillende initiatieven en woonconcepten (afbeelding 1.2). De toekomstige uitwerkingsplannen sluiten aan

op deelplannen in de zogeheten 'kamers' van het ruimtelijk kader. Door de landschappelijke structuur met een hoge mate van flexibiliteit in de 'kamers' van het plan, kan optimaal worden ingespeeld op de kwaliteiten die de locatie van nature biedt. Ook kan worden ingespeeld op toekomstige marktontwikkelingen en maatschappelijke trends. Hiermee wordt de mogelijkheid geboden om Vredeoord organisch te laten ontstaan.



Afbeelding 1.2: Ruimtelijk kader plangebied Vredeoord (bewerking bron: Bureau Lubbers)

Het stedenbouwkundig-landschappelijk raamwerk biedt ruimte voor organische en gefaseerde woningbouwontwikkeling in clusters. De Groene Dreef, onderdeel van dit raamwerk, loopt dwars door het plangebied en verbindt het plangebied en het aangrenzende Woensel-West met het buitengebied. De Groene Dreef ligt lager dan het omliggende terrein en fungeert als waterbergings en -infiltratiezone voor het hele plangebied.

### 1.5 Doelstelling rapport

Dit rapport beschrijft de bestaande en de toekomstige waterhuishoudkundige situatie van het plangebied Vredeoord met twee doelen:

- Onderbouwing van het nieuwe bestemmingsplan;
- Kaderstellend voor de verdere planuitwerking en tijdens de gefaseerde planrealisatie.

Dit rapport is besproken en bekrachtigd in het watertoetsoverleg van 29 maart 2016 <sup>[10]</sup>.

### 1.6 Leeswijzer

Voor achtergrondinformatie wordt met de aanduiding <sup>[4]</sup> verwezen naar de informatiebronnen in bijlage 1 en ook naar andere bijlagen.

## 2 Uitgangssituatie waterhuishouding

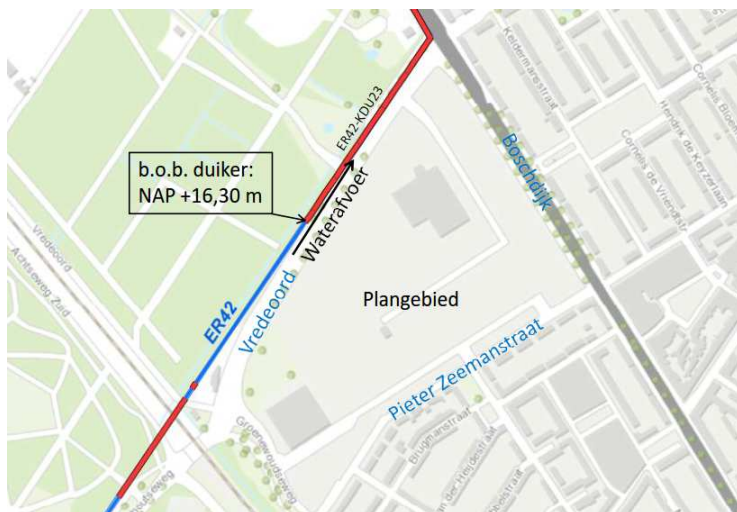
### 2.1 Inleiding

De huidige waterhuishoudkundige situatie van het plangebied wijkt af van de oorspronkelijke situatie van het bedrijventerrein zoals dat decennialang heeft gefunctioneerd. Daarom wordt in dit hoofdstuk gesproken over de uitgangssituatie voor de waterhuishouding. Daarbij worden de oorspronkelijke en huidige waterhuishoudkundige situaties inzichtelijk gemaakt ten behoeve van het ontwerp van de waterhuishoudkundige eindsituatie van het plan en de fasering daarvan.

Achtereenvolgens komen aan bod het watersysteem (oppervlaktewater), de situatie van het gebied rond 2013, riolering, bodem, infiltratie en de grootschalige grondwateronttrekking.

### 2.2 Watersysteem

Nabij het plangebied, aan de noordzijde van de weg Vredeoord, ligt een watergang (leggercode waterschap: ER42) met een A-status. Deze watergang vervult een belangrijke regionale functie in de waterhuishouding rondom plangebied Vredeoord.



Afbeelding 2.1: Watergang met afvoerrichting en reeks duikers in beheer van waterschap <sup>[6]</sup>

De afvoercapaciteit van de watergang wordt sterk bepaald door de hoogteligging en afmeting van de lange duiker. De betonnen duiker is eivormig (hoogte 0,90 m en breedte 0,60 m) met een lengte van 142 m ter hoogte van Vredeoord. Deze duiker ligt onder een klein verval van 4 cm. Het hoogste punt van deze duiker ligt op NAP +16,30 m (binnen-onderkant-duiker).

### 2.3 Gebiedsindeling en verharding terrein Vredeoord

In bijlage 6 is een overzichtskaart <sup>[2]</sup> opgenomen met aangegeven de oppervlakteverdeling anno 2013, na sloop van de gebouwen binnen het plangebied. Het voormalige bedrijventerrein Vredeoord heeft een oppervlak van 16,1 ha. Hiervan wordt 9,5 ha bestemd als woningbouwlocatie, het plangebied van Stichting Trudo.

In bijlage 6 is ook te zien welke delen van het Landgoed Vredeoord tot en met 2013 verhard waren. Het totale verharde oppervlak van Vredeoord bedroeg 100.670 m<sup>2</sup>, inclusief de gebouwen VB en VS die buiten het plangebied vallen. Op dit moment is het plangebied grotendeels onverhard. Het oorspronkelijke maaiveld is grotendeels vergraven en er zijn grote ontgravingen

aanwezig (gesaneerde kelders) die vaak volstaan met water. Ook zijn er gronddepots aanwezig in het gebied. De maaiveldhoogten in het plangebied zijn dan ook grotendeels tijdelijk van aard.

## 2.4 Oorspronkelijke riolering

Niet alleen de bebouwing, maar ook de oorspronkelijke riolering binnen het plangebied is inmiddels verwijderd. Het is relevant voor de planontwikkeling om te weten in hoeverre het plangebied in de oorspronkelijke situatie de rioleringsstelsels in de directe omgeving belastte. Een laatste versie "as-built" tekening van deze oorspronkelijke situatie is niet beschikbaar, maar wel een tekening <sup>[8]</sup> waarop de sanering van de riolering op Vredeoord is aangegeven.



Afbeelding 2.2: Aanwezige rioolaansluitingen van Vredeoord op rioolstelsels in omgeving <sup>[8]</sup>

Rondom het plangebied blijken op dit moment vijf rioolaansluitingen aanwezig te zijn (zie afbeelding). Het gaat om vier vrijvervalaansluitingen en één persleiding met pompput (1D). Twee vrijvervalaansluitingen zijn buiten gebruik gesteld voor wat betreft afvoer uit Vredeoord:

- Aansluitpunt 1A naar de Pieter Zeemanstraat (PVC, diameter 300 mm);
- Aansluitpunt 1C naar Vredeoord (beton, diameter 800 mm), nabij duiker ER42-KDU23.

De overige drie aansluitpunten blijven in gebruik in verband met de twee Philips-gebouwen en de omliggende terreinen die buiten het plangebied Vredeoord vallen.

## 2.5 Bodemopbouw en infiltratiecapaciteit plangebied

Uit veldonderzoek <sup>[2]</sup> in 2013 blijkt dat de bodemopbouw van Vredeoord zeer heterogeen (divers) van samenstelling is. In het verleden zijn er leemwinningen geweest, waarbij de 'leemputten' met diverse grondsoorten zijn aangevuld. Deze aanvullingen bestaan uit zand en zandige leem, al dan niet met diverse bijmengingen zoals puin. Het zuidelijke deel van het terrein is minder opgehoogd dan het noordelijke deel. Dit kan betekenen dat in het noorden betere leem voorhanden was om te winnen of dat het maaiveldverloop van nature verschilt.

Tabel 2.1: Schematische bodemopbouw en geschatte waterdoorlatendheid (k-waarde)

traject (m-mv) Noorden	traject (m-mv) Zuiden	Beschrijving	Geschatte k-waarde (m/d)	Classificatie*
0,0 – 3,0	0,0 – 1,3	Opgebrachte/aangevulde grond van leemarm zand tot zandige leem, zeer gevarieerd in opbouw en samenstelling	0,1 – 3,0 zeer gevarieerd	matig tot goed
–	1,3 – 2,1	sterk lemig zand	0,5 – 1,0	vrij goed
3,0 – 4,4	2,1 – 4,4	leem, zwak zandig	0,01 – 0,1	slecht
4,4 – >5,0	4,4 – >5,0	zand, matig fijn, leemarm	1,0 – 3,0	goed

\* Classificatie gebaseerd op het Cultuurtechnisch vademecum (Elsevier, 2000)



Ten behoeve van het stedenbouwkundig ontwerp is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor infiltratie van (afstromend hemel)water in de bodem. Eventuele restanten van leemlagen beperken deze mogelijkheden. Het veldonderzoek heeft de volgende informatie opgeleverd:

- Tijdens de veldwerkzaamheden is een ophoog-/aanvullaag aangetroffen met variërende dikte (1,3 m in het zuiden tot 3,0 m in het noorden) en variërende samenstelling (lemig zand en zandige leem). De waterdoorlatendheid van de ophooglaag varieert van slecht tot zeer goed. In het zuiden is tot ca. 2,1 m een natuurlijke zandlaag aanwezig met eveneens een vrij goede waterdoorlatendheid.
- Tussen 2-3 m en 4,4 m onder maaiveld bestaat de bodem uit een slecht waterdoorlatende leemlaag. Hieronder is een vrij goed waterdoorlatende zandlaag aanwezig tot minstens 5 m onder maaiveld.
- De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in het gebied is op basis van hydromorfologische kenmerken (roest) geschat op ca. 2,4 m onder maaiveld. Dit betekent een GHG van NAP +16,4 m. Eventuele infiltratie van hemelwater dient in de laag hierboven plaats te vinden. Dit betreft voornamelijk de ophoog-/aanvullaag.

**Tabel 2.2: Resultaten infiltratieonderzoek Vredeoord uit 2013 [2]**

Boornummer	Grondwaterstand (m–mv)	GHG (m–mv)	GLG (m–mv)
2001	2,4	2,1	2,6
2002	2,8	2,5	3,1
2003	2,9	2,4	3,2
2004	2,7	2,4	2,9
2005	2,9	2,4	3,2
2006	ng	ng	ng
2007	2,8	2,4	ng
2008	2,6	ng	ng
2009	2,7	2,4	2,9
2010	2,9	2,5	3,2

*ng = niet gemeten of aangetroffen*

Boringnummer	Infiltratietraject (m–mv)	Ks-waarde (m/dag)	Classificatie*	Meting
i2001	0,4 – 0,6	0,1	matig	handmatig
i2002	0,5 – 1,0	0,2	matig	datalogger
i2003	1,4 – 1,6	0,6	vrij goed	datalogger
i2003	2,5 – 3,6	0,15	matig	handmatig
i2009	1,4 – 1,7	1,1	goed	handmatig
i2009	1,4 – 1,7	0,8	vrij goed	datalogger
i2010	1,0 – 1,2	0,6	vrij goed	handmatig
i2010	1,0 – 1,2	0,5	vrij goed	datalogger

\* Classificatie gebaseerd op het Cultuurtechnisch vademecum (Elsevier, 2000)

*N.B. Voor de situering van de boringen zie eerste kaartje in bijlage 6*

Door de aanwezigheid van leem wordt de infiltratiesnelheid beperkt. Dit betekent dat infiltratievoorzieningen alleen kunnen worden toegepast bij grondverbetering.

## 2.6 Grondwateronttrekkingen en effecten

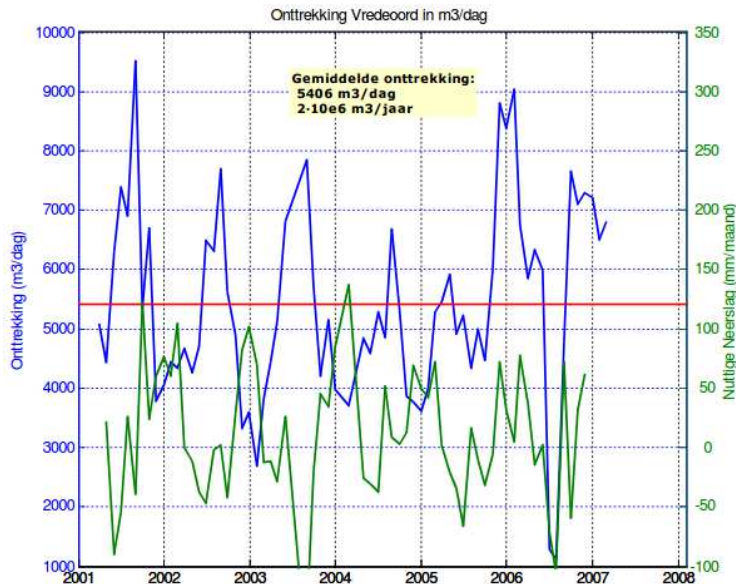
### 2.6.1 Huidige onttrekkingen

In de regio Eindhoven vindt nu op twee locaties grootschalige grondwateronttrekking plaats:

- Philips Vredeoord: ca. 2,0 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (hydrologisch jaar 2008);
- TU Eindhoven: ca. 1,0 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (hydrologisch jaar 2000).

Brabant Water is de operationeel beheerder van deze grondwateronttrekkingen namens de Provincie Noord-Brabant. De grondwaterstand in de omgeving van Vredeoord wordt momenteel nog steeds kunstmatig laag gehouden door instandhouding van de grondwateronttrekking.

De grondwateronttrekking op Vredeoord varieert redelijk sterk in de tijd (afbeelding 2.3). Tot 2008 vond over het algemeen de grootste onttrekking plaats in de zomermaanden, wanneer de 'nuttige neerslag' gering is. In de wintermaanden, wanneer de nuttige neerslag groot is en de kans op grondwateroverlast hoog wordt geacht, is de winning relatief gering.



Afbeelding 2.3: Grondwateronttrekking Vredeoord en tijdsverloop 'nuttige neerslag' [3]

De grondwateronttrekkingpunten en bijbehorende infrastructuur op Vredeoord zijn te zien op het kaartje in bijlage 5. Deze voorzieningen dienen in stand gehouden en ruimtelijk goed ingepast te worden bij de voorgenomen woningbouwontwikkeling op Vredeoord.

#### 2.6.2 Hoogste grondwaterstand met/zonder grootschalige grondwateronttrekkingen

Voor plangebied Vredeoord is de hoogst waargenomen (piek)grondwaterstand NAP +17,30 m, dat wil zeggen 0,90 m boven de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG). Het gaat hier dus om de huidige situatie met de grootschalige grondwateronttrekkingen op Vredeoord.

Voor de toekomstige situatie waarbij de grootschalige grondwateronttrekking volledig is stopgezet, wordt ervan uitgegaan dat de hoogste grondwaterstand met 0,50 m stijgt tot NAP +17,80 m.

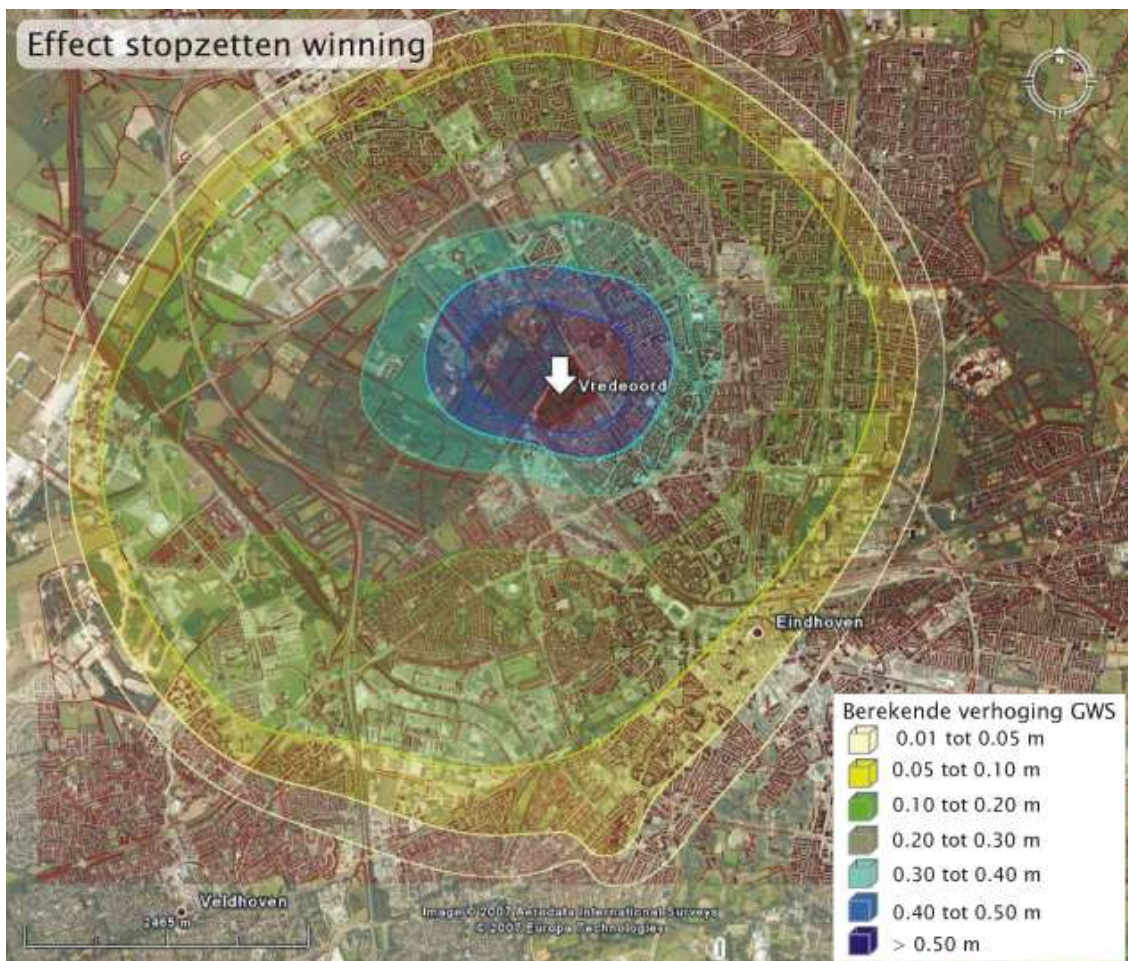
#### 2.6.3 Grondwateroverlast

In de regio Eindhoven komen diverse gebieden met grondwateroverlast voor. De gemeente heeft hier in de loop van de jaren uitgebreid onderzoek [4, 5] naar laten verrichten. Een landelijk erkende norm voor potentiële grondwateroverlast komt voort uit de ontwateringeisen voor woningen. Er is sprake van potentiële grondwateroverlast wanneer de freatische grondwaterstand 0,7 m beneden maaiveld staat of hoger, voor een tijdsduur van meer dan 2,5% van een hydrologisch jaar.

Als mogelijke oorzaak van de grondwateroverlast zijn de volgende factoren onderzocht:

- **Geohydrologie:**  
De regio Eindhoven ligt historisch gezien in een laaggelegen, drassig gebied. In grote delen van dit gebied komen leemlagen of leemhoudende lagen voor. Dit zijn bodemlagen die slecht waterdoorlatend zijn. Bovenop deze leem(houdende) laag kunnen zogenaamde 'schijngrondwaterspiegels' voorkomen (hier niet nader toegelicht). Bovendien hebben leem(houdende) bodems een sterk 'capillaire werking', wat kan leiden tot omhoogtrekkend vocht in de bodem (hier eveneens niet nader toegelicht).

- **Neerslag:**  
In de voorbije decennia is de hoeveelheid neerslag geleidelijk toegenomen. Klimaatscenario's wijzen erop dat deze trend zich doorzet en tevens de neerslagintensiteit verandert.
- **Riolering:**  
Door rioolreconstructies zijn wellicht lekke rioleringsdelen gerepareerd (afgedicht). De riolering is dan lokaal en deel van de (onbedoeld aanwezige) drainerende functie verloren. De mogelijkheid bestaat dat hierdoor de ontwatering in een aantal woonwijken is verslechterd.
- **Bouwtechniek:**  
In delen van de regio Eindhoven komen woningen met relatief diepe kelders voor.
- **Verminderde grondwateronttrekkingen:**  
In de afgelopen decennia zijn diverse (andere) grondwateronttrekkingen verminderd of verplaatst op grond van duurzaamheidsbeleid. Deze veranderingen hebben mogelijk geleid tot hogere grondwaterstanden.



Afbeelding 2.4: Verhoging grondwaterstand bij stopzetting grondwateronttrekking [3]

#### 2.6.4 Voornemen tot stopzetting

Bij de ontwikkeling van het woningbouwplan op Vredeoord wordt rekening gehouden met effecten door het stopzetten van grondwateronttrekkingen. Door deze stopzetting zal de GHG stijgen. Voor plangebied Vredeoord is de verwachting dat de grondwaterstand structureel meer dan 0,5 m hoger komt te staan dan in de huidige situatie (afbeelding 2.4).

Gemeente Eindhoven, Brabant Water en Waterschap De Dommel zijn met elkaar in gesprek om op termijn de grondwaterwinning op Vredeoord volledig stop te zetten. Inmiddels is een aantal studies [2, 3, 4] gedaan naar de effecten van een stopzetting. In afbeelding 2.4 is het indicatieve

effect van de stopzetting op de regionale grondwaterstand in beeld gebracht. Hierbij is gebruik gemaakt van 74 meetpunten verspreid over Eindhoven en omgeving, waarbij een voldoende representatief beeld van de grondwatersituatie is gekregen. Mogelijk vindt in de nabije toekomst nader onderzoek plaats naar een gefaseerde stopzetting.

De eventuele, toekomstige stopzetting van de grondwateronttrekkingen op Vredeoord en bij de TU Eindhoven veroorzaakt:

- een vergroting van het bestaande oppervlak van de grondwateroverlastgebieden;
- nieuwe grondwateroverlastgebieden.



Afbeelding 2.5: Grondwateronttrekkingsputten gezien vanaf Vredeoord (foto Sweco maart 2016)



Afbeelding 2.6: Plangebied gezien vanaf zijde Pieter Zeemanstraat (foto Sweco maart 2016)

### 3 Waterhuishoudkundige eindsituatie

#### 3.1 Inleiding

Zoals ook in hoofdstuk 1 is aangegeven, is voor plangebied Vredeoord nog geen concreet stedenbouwkundig ontwerp gemaakt. Stichting Trudo kiest ervoor om deze locatie organisch te laten groeien. Wel is hiervoor een ruimtelijk kader<sup>[7]</sup> opgesteld dat het plangebied voldoende flexibiliteit en ruimte biedt voor verschillende initiatieven en woonconcepten (afbeelding 1.2).

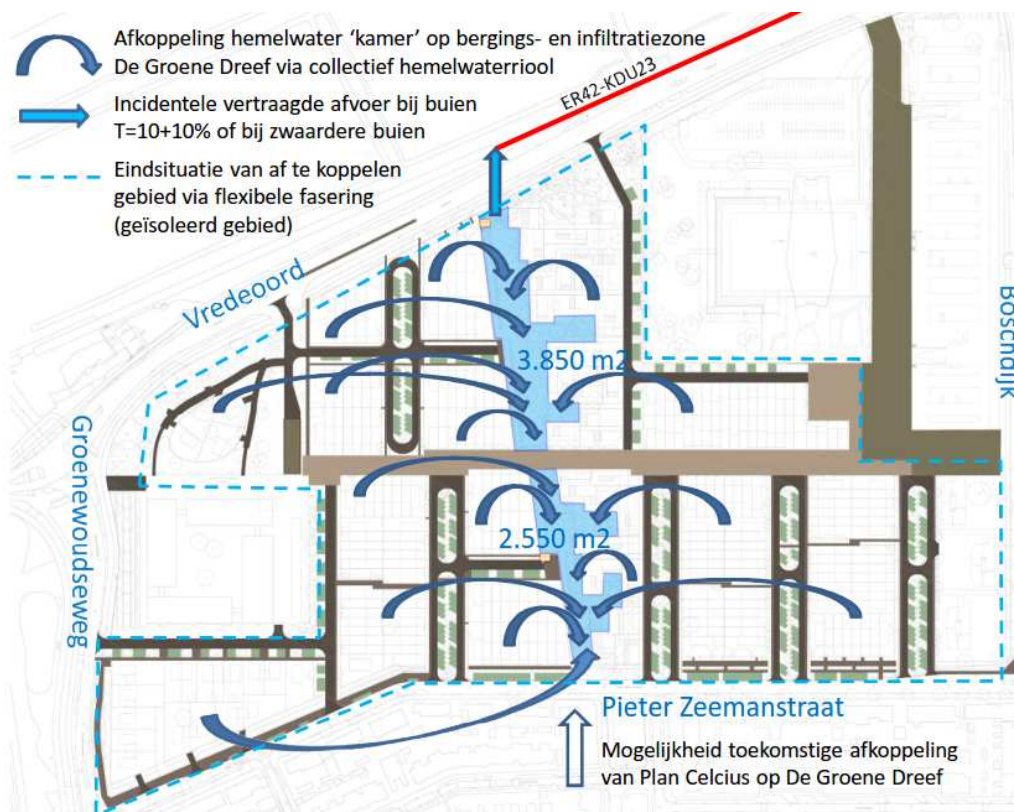
Dit hoofdstuk beschrijft het waterhuishoudkundige kader voor de eindsituatie van Vredeoord en de gefaseerde realisatie hiervan. Het kader is visueel samengevat in paragraaf 3.2.

Vervolgens zijn de belangrijkste randvoorwaarden en uitgangspunten benoemd (paragraaf 3.3). Ook is het kader voor de toekomstige waterhuishoudkundige systeem uiteengezet in al haar facetten (paragraaf 3.4).

Belangrijk onderdeel van de toelichting is de waterbergings- en infiltratiezone De Groene Dreef. Diverse waterhuishoudkundige aandachtspunten bij de inrichting van het openbaar gebied komen aan bod in paragraaf 3.5. Afspraken over de fasering van de waterhuishouding zijn te vinden in paragraaf 3.6. De laatste twee paragrafen (3.7 en 3.8) geven aanknopingspunten voor een nader uit te werken Afwateringsplan en een Beheer- Onderhoud- en Monitoringplan.

#### 3.2 Waterhuishoudkundige kader

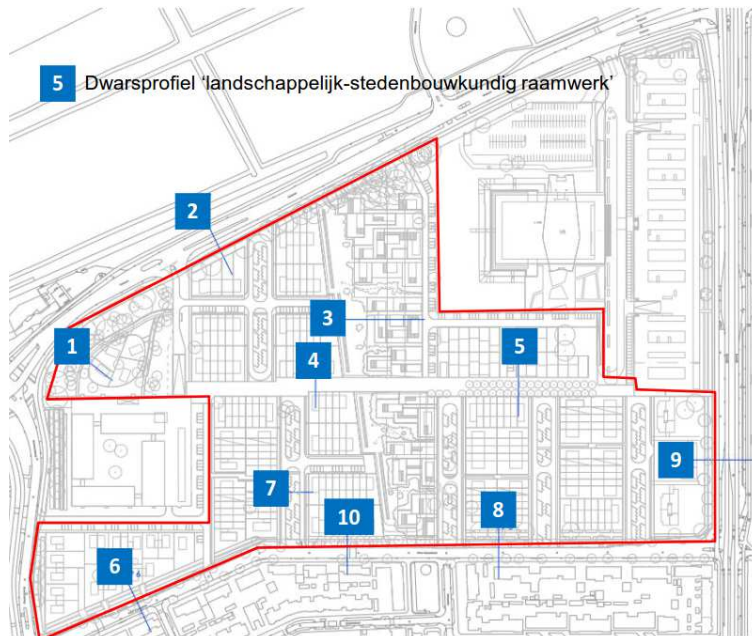
Op basis van het ruimtelijk kader en het uitgevoerde onderzoek is onderstaand waterhuishoudkundig kader ontworpen voor de gewenste eindsituatie. Dit kader wordt hierna toegelicht.



Afbeelding 3.1: Principe van waterhuishoudkundig systeem in eindsituatie met flexibele fasering

### 3.3 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Bij het ontwerp van het landschappelijk-stedenbouwkundig raamwerk voor plangebied Vredeoord (zie ook afbeelding 3.2) is een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten bepaald.



Afbeelding 3.2: Landschappelijk-stedenbouwkundig raamwerk<sup>[7]</sup> en beschikbare dwarsprofielen

#### Randvoorwaarden

Een randvoorwaarde bij het ontwerp en de verdere planontwikkeling is dat voorafgaand aan de start van de eerste bouwfase, ongeacht welke zogeheten 'kamer' dit is binnen het ruimtelijk raamwerk<sup>[7]</sup>, het definitieve ontwerp voor de inrichting van het watersysteem en het woonrijp maken van de riolering bekend dient te zijn. Daarmee wordt geborgd dat er niet voor elke ontwikkeling opnieuw aansluiting gezocht wordt met het functioneren van het watersysteem en het detailontwerp niet per fase opnieuw wordt uitgewerkt.

Elke bouwfase dient vanaf het begin af te wateren op de waterbergings- en infiltratiezone, ongeacht de bouwrouting richting eindsituatie. De manier waarop uitvoering wordt gegeven aan deze randvoorwaarden wordt niet vastgelegd in dit kaderstellende rapport. De bedoeling is namelijk om maximale flexibiliteit en creativiteit te behouden voor een de organische woningbouwontwikkeling.

#### Uitgangspunten

Verder worden bij de planontwikkeling de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. Op het woningbouwplan Vredeoord is het beleidskader in bijlage 1 van toepassing. In de loop van de tijd kunnen wijzigingen optreden in dit beleidskader. Daarom wordt geadviseerd om altijd de vigerende beleidsdocumenten te raadplegen bij de betreffende organisaties.

*Het gezamenlijke beleidsdocument van de drie Brabantse waterschappen<sup>[11]</sup> met hydrologische uitgangspunten voor het afvoeren van hemelwater gaat uit van een toename van verhard oppervlak binnen het plangebied. Binnen het plangebied Vredeoord is echter geen sprake van toename van het verhard oppervlak ten opzichte van de oorspronkelijke situatie voor sloop op en ontruiming van dit terrein; het totale verhard oppervlak neemt af (zie ook punt 3 hieronder). In dit verband zijn maatwerkafspraken gemaakt met het waterschap over de hydrologische uitgangspunten en deze zijn uitgewerkt in dit kaderstellende rapport. Het betreffende beleidsdocument<sup>[11]</sup> blijft daarbij wel kaderstellend voor Vredeoord.*

2. De bestaande infrastructuur voor grootschalige grondwateronttrekking (bijlage 7) wordt ruimtelijk ingepast in het plan; een ongestoorde bedrijfsvoering van Brabant Water is geborgd;

3. Totaal verhard oppervlak is ca. 5,1 ha of te wel 54% van het bruto plangebied van 9,5 ha. Hierop zijn de berekeningen van de totale waterbergings- en infiltratiecapaciteit gebaseerd. De kans op een grote overschrijding van dit verhardingspercentage is zeer gering. De reden hiervan is dat grote delen van het openbaar gebied onverhard of halfverhard (parkeerplaatsen) zijn, en zullen blijven. Bovendien is het percentage uitgeefbaar terrein gering.
4. Afkoppeling van hemelwater in het hele plangebied op de waterbergings- en infiltratiezone met een oppervlak van 6.400 m<sup>2</sup> (zie afbeelding 3.1: ten noorden van De Loper 3.850 m<sup>2</sup> en ten zuiden hiervan 2.550 m<sup>2</sup>). Deze voorziening volstaat voor de gangbare, maatgevende buien met vertraagde afvoer naar de watergang langs Vredeoord. Aanvullend hierop staat de gemeente toe dat het plangebied alleen in extreme neerslagsituaties mag afwateren op de bestaande riolering in de directe omgeving.
5. Afkoppeling vindt plaats via een eigen stelsel van hemelwaterriolen binnen het plangebied; het hemelwaterriool onder De Loper vormt de ruggengraat van dit systeem;
6. Voor neerslagsituaties waarbij de bergingscapaciteit van de infiltratiezone is bereikt, mag incidenteel worden geloosd op open water buiten het plangebied. Dit gebeurt in de vorm van een noodoverlaat met vertraagde afvoer naar de A-watergang langs Vredeoord, ter hoogte van de instroomopening van duiker ER42-KDU23 (zie afbeelding 3.6). Deze noodoverlaat dient voor aanvang van de eerste bouwfase operationeel te zijn en wordt gerealiseerd door de ontwikkelaar van het plan, Stichting Trudo, in samenwerking met de beheerder van de weg 'Vredeoord', de gemeente Eindhoven.

Oorspronkelijk vond de afwatering van het gebied plaats via de rioolstelsels naar de omgeving van Vredeoord.

In het voorliggende plan is niet alleen het verhard oppervlak kleiner dan in de oorspronkelijke situatie, maar het hemelwater wordt in beginsel grotendeels (uitgezonderd incidentele overstromen op de watergang) binnen het plangebied vastgehouden en geïnfiltreerd. Daarmee draagt het plan bij aan verduurzaming van de stedelijke waterhuishouding.

### **3.4 Waterbergings- en infiltratiezone De Groene Dreef**

#### **3.4.1 Ontwerpfilosofie**

De afwatering van het verhard oppervlak (daken, wegen, terreinverhardingen) naar de waterbergings- en infiltratiezone vindt als volgt plaats:

- binnen het grootste deel van het gebied via kolken en hemelwaterriolering;
- bij de wegen die grenzen aan de waterbergings- en infiltratiezone rechtstreeks via het wegoppervlak (oppervlakkige afstroming).

Hieronder vindt u een toelichting op de diverse functies van deze zone, de hoogteligging ervan, het landschappelijke beeld en de eventuele toekomstige aansluiting van Plan Celsius.

#### *Functies*

De waterbergings- en infiltratiezone bestaat uit een lange greppel te midden van laag gelegen grasvelden. Samen vormen deze De Groene Dreef. De greppel heeft meerdere functies:

- ten eerste draagt de greppel bij aan de waterbergingscapaciteit van de infiltratiezone;
- ten tweede zorgt de doorlopende greppel ervoor dat het toegevoerde hemelwater snel en gelijk verdeeld wordt over de infiltratiezone;
- ten derde de afvoer naar de noodoverlaat naar de A-watergang langs Vredeoord.

De waterhuishoudkundige hoofdfunctie van de laag gelegen grasvelden is waterberging, aangezien de greppel dan al volledig is volgelopen met afgekoppeld hemelwater. Daarnaast dragen deze velden ook significant bij aan infiltratie. Weliswaar is afstand tot het grondwater groter, maar het infiltratieoppervlak is groter dan die van de greppel.

#### *Gekozen hoogteligging*

De bodem van de greppel dient beduidend hoger te liggen dan de GHG om infiltratie tijdens het grootste deel van het jaar mogelijk te maken. In situaties waarbij de grondwaterstand uitstijgt

boven de GHG zal infiltratie tijdelijk beperkt, of niet mogelijk zijn in de greppel. De greppel vult zich dan met grondwater, waardoor dit deel van de waterbergingscapaciteit van de infiltratiezone evenredig kleiner wordt.

De grondwaterstand staat - uiteraard - af en toe hoger dan de GLG. Bij stijgend grondwater boven de GHG is het ongewenst om bergingsverlies te hebben op de grasvelden. Daarom dient de insteek van de greppel bij voorkeur iets hoger te liggen dan de hoogst bekende grondwaterstand. Anders zou in natte perioden de bergingscapaciteit te gering zijn.

#### Landschappelijk beeld

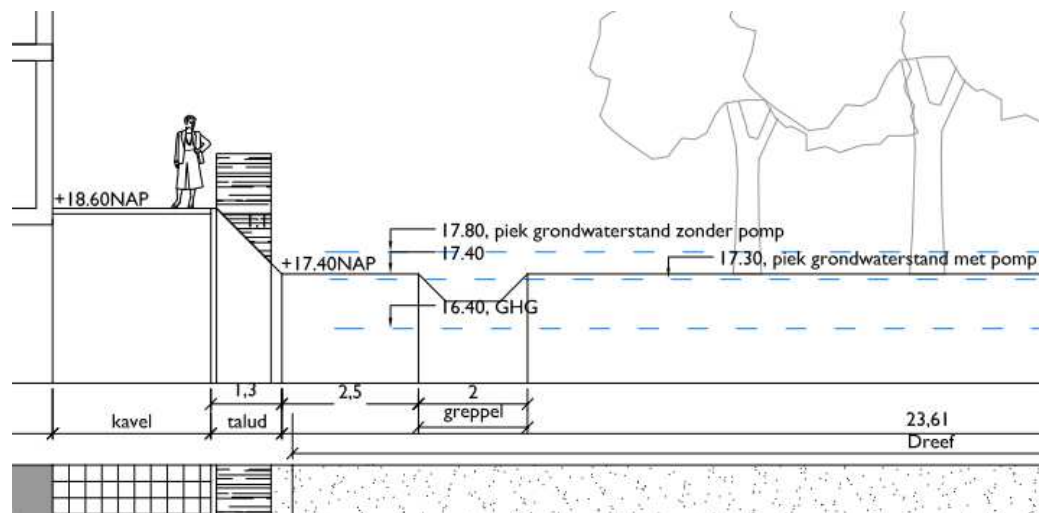
Bovenstaande ontwerpfilosofie resulteert in een overwegend "groen" landschappelijk beeld, zoals De Groene Dreef ook bedoeld is, met een continue variatie in de zichtbaarheid van water. Naar verwachting zal de greppel, als diepste punt van de zone, vaak watervoerend zijn. Zodra de (grond)waterstand boven de insteek van de greppel uitkomt, zullen de grasvelden inunderen. Afhankelijk van de gradiënten in het maaiveld en de toestroom van afgekoppeld hemelwater kan hier relatief snel een waterrijk landschappelijk beeld ontstaan met wisselende waterdiepten. Dit "groenblauw" landschappelijk beeld is tijdelijk, aangezien er weer een moment komt dat de waterstand wegzakt tot onder het maaiveldniveau van de grasvelden en tot onder de bodem van de greppel. Dit toekomstbeeld vraagt om een specifiek beheer- en onderhoudsplan.

#### Toekomstige aansluiting van Plan Celcius (Woensel-West)

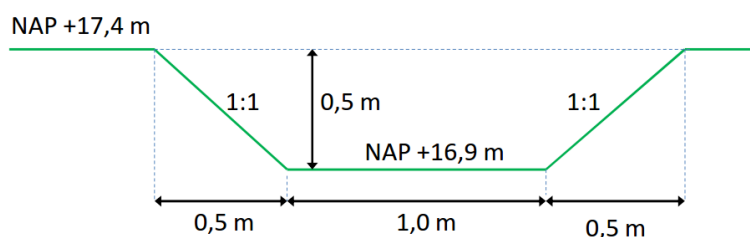
Stichting Trudo ontwikkelt ook het plangebied Celcius ten zuiden van plangebied Vredeoord. Het gaat in dit geval om de herstructurering van circa 400 woningen. Onderzocht worden de mogelijkheden om Plan Celsius aan te sluiten op de waterbergings- en infiltratiezone van Vredeoord. In het huidige ontwerp van deze zone is geen rekening gehouden met afkoppeling van Plan Celcius of andere gebieden buiten Vredeoord op De Groene Dreef. In afbeelding 3.1 is wel aangegeven dat een toekomstige afkoppeling mogelijk dient te zijn.

#### 3.4.2 Dwarsprofiel waterbergings- en infiltratiezone

Onderstaande dwarsprofielen zijn representatief voor het verdere ontwerp van de waterbergings- en infiltratiezone.



Afbeelding 3.3: Profiel 3 infiltratiezone De Groene Dreef (zie afbeelding 3.1) [7]



Afbeelding 3.4: Detail met maatvoering van theoretisch dwarsprofiel greppel (zie afbeelding 3.3)



### 3.4.3 Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) bevindt zich circa 2,40 m onder maaiveld op grond van de situatie in 2013 <sup>[2]</sup>. Ter plaatse van profiel 3 (zie afbeelding 3.3) is het lokale maaiveld in de huidige onbebouwde situatie geschat op gemiddeld NAP +18,8 m <sup>[7]</sup> door interpolatie van beschikbare maaiveldhoogten. Dat betekent dat de GHG ter hoogte van profiel 3 gemiddeld ligt op ongeveer NAP +16,4 m in de huidige onbebouwde situatie.

In de situatie na stopzetting van de grondwateronttrekkingen zal de GHG naar verwachting met 0,5 m kunnen stijgen tot 1,90 m onder het huidige maaiveld, dat wil zeggen tot NAP +16,90 m.

De GHG wordt gezien als een stabiele hoogtemaat, omdat deze is gebaseerd op een representatieve reeks van grondwaterstandmetingen. Het grootste deel van het jaar is de grondwaterstand lager dan de GHG. In incidentele situaties staat de grondwaterstand tijdelijk hoger dan de GHG. De hoogst bekende grondwaterstand wordt hier aangeduid als piekgrondwaterstand.

In afbeelding 3.3 is de GHG voor en na stopzetting van de grondwaterstandonttrekkingen aangegeven als 'piekgrondwaterstand met/zonder pomp'.

### 3.4.4 Hoogte en maatvoering greppel en grasvelden

Op basis van het landschappelijk-stedenbouwkundig raamwerk is het theoretische profiel uit afbeelding 3.4 gehanteerd als conservatief uitgangspunt voor de berekening van de waterbergingscapaciteit.

De bereikbaarheid en onderhoudbaarheid van deze greppel (en de hele waterbergings- en infiltratiezone) worden nader gedetailleerd in overleg met de gemeente, als toekomstig onderhoudsplichtige van de waterbergings- en infiltratiezone. De aandacht richt zich hierbij op (verflauwing van) de taluds.

#### *Theoretisch profiel greppel*

De bodem van de groene greppel is gepland op NAP +16,90 m, dat wil zeggen met een veilige marge van 0,50 m boven de geschatte GHG op basis van de hydromorfologische kenmerken. De bodem van de greppel zal dan het grootste deel van het jaar droog staan, omdat de grondwaterstand het grootste deel van het jaar lager staat dan deze GHG (zie ook 3.4.3). Hierdoor is meestal de volledige inhoud van de greppel beschikbaar als onderdeel van de totale bergingscapaciteit van de waterbergings- en infiltratiezone.

Het peil van de grasvelden - en dus ook de insteek van het talud van de greppel - is ontworpen op NAP +17,4 m, net iets hoger dan de hoogst bekend grondwaterstand NAP +17,3 m.

De GHG na toekomstige stopzetting van de grondwateronttrekkingen komt naar verwachting te liggen rond NAP +16,90 m. In dit scenario is de ontwateringsdiepte in de waterbergings- en infiltratiezone ongeveer 0,5 m. Dit voldoet aan de normering, maar is wel een aandachtspunt voor onderhoudsmateriaal.

Voor de toekomstige situatie *na stopzetting* van de grondwateronttrekking betekent dit dat de grondwaterstand weleens boven maaiveld zal uitstijgen (tot maximaal NAP +17,8 m) en de grasvelden tijdelijk onder water komen te staan. Dat betekent dat de waterbergings- en infiltratiecapaciteit dan verminderd zijn ten opzichte van de huidige situatie met grondwateronttrekking.

De bodem van de waterbergings- en infiltratiezone ligt circa 1,0 m minus het huidige maaiveld, waarmee de bodem in de vrij goed waterdoorlatende ophoog-/aanvullaag ligt. Echter tijdens langdurige neerslag, wanneer de bodem verzadigd raakt met water, vormt de aanwezige, dieper gelegen leemlaag waarschijnlijk een beperkende factor voor de infiltratie.

Bij de berekende leegloop is uitgegaan van waterdoorlatendheid van de bodem van minimaal 0,2 tot 0,5 m/d. Om deze doorlatendheid te kunnen garanderen wordt aanbevolen de bodem van de waterbergings- en infiltratiezone te verbeteren (zie verderop).

### *Onderhoudbare en bereikbare greppel*

Flauwere taluds vergeleken met het theoretische profiel zorgen voor betere onderhoudbaarheid en bereikbaarheid van de greppel. Bij de verdere uitwerking van het plan dienen in- en uitrijplaatsen opgenomen te worden. Een talud van 1:1,5 wordt veelal als minimum aangehouden voor fijn zand. Een neveneffect van flauwere taluds dan het gehanteerde, theoretische profiel is dat de waterbergingscapaciteit beperkt toeneemt. De bergingscapaciteit die in dit rapport is berekend, dient dan ook te worden beschouwd als de minimaal noodzakelijke bergingscapaciteit voor het plan. Daarom dient de hoogteligging van de greppel, dus van de bodem maar vooral van de insteek (naar de grasvelden), ongewijzigd te blijven. Deze hoogteliggingen hebben ook invloed op de infiltratiecapaciteit. Bij aanpassing van deze hoogteliggingen zal de ruimtelijke inpassing van de minimaal noodzakelijke waterbergingscapaciteit integraal getoetst dienen te worden. Mogelijk kan nieuwe informatie 'uit het veld' hier aanleiding toe geven.

### *3.4.5 Ontwateringsdiepte*

Het wegpeil van De Groene Dreef komt te liggen op NAP +18,60 m. In de huidige situatie met grondwateronttrekking en in de toekomstige situatie na stopzetting van de ontzetting is de ontwateringsdiepte groter dan 0,70 m (namelijk 1,30 m resp. 0,80 m) en voldoet daarmee aan de landelijke ontwateringseisen voor woningbouw.

### *3.4.6 Hemelwaterriolen*

Het woningbouwplan Vredeoord krijgt een eigen stelsel van hemelwaterriolen, geïsoleerd van de bestaande stedelijke omgeving. De volgende aandachtspunten zijn van belang voor het verdere ontwerp van het hemelwaterrioolstelsel:

- **Borgen van voldoende 'waking':**  
De afvoercapaciteit van hemelwaterriolering wordt veelal gebaseerd op de neerslaggebeurtenissen 08 en 09 uit de Leidraad Riolering. Tijdens deze buien kan de riolering het hemelwater verwerken en ontstaat er geen water op straat.  
Het is van belang dat het waterpeil in de waterbergings- en infiltratiezone tijdens de genoemde buien lager staat dan de wegpeilen (anders bestaat de kans dat er alsnog water op straat ontstaat).  
Het niveauverschil tussen wegpeil en waterpeil heet 'waking' en speelt een belangrijke rol bij het berekenen van de waterbergingscapaciteit van de hele zone. Bij voorkeur wordt bij de genoemde buien een waking binnen een marge van 0,3 tot 0,5 m aangehouden. Deze waking kan worden geregeld door voldoende waterberging te realiseren binnen de zone, of door een afvoer (naar buiten het gebied) te maken die de genoemde buien aankan.
- **Hoogteligging en onderhoud hemelwaterriool:**  
Een riool heeft een veilige gronddekking nodig van minimaal 1,2 m. Uitgangspunt is verder een riool met een diameter van 500 mm en een verhang van 1:1000. De maximale afvoerenlengte (vanaf het verste punt in het plangebied tot de uitmonding in de waterbergings- en infiltratiezone) is circa 400 m. Het laagste wegpeil in het plangebied (langs de waterbergings- en infiltratiezone) ligt op NAP +18,40 m.  
Op basis van voorgaande ontwerpuitgangspunten komt de hoogte van het riool (binnen-onderkant-buis) ter hoogte van de waterbergings- en infiltratiezone uit op NAP +16,3 m. Dit betekent dat het riool ter plaatse van een uitstroomput 0,10 m onder theoretische GHG uitkomt en 0,6 m beneden de bodem van de greppel.  
Voor de afvoercapaciteit van de riolering is dit niet relevant, omdat de waterdruk ervoor zorgt dat het water uit de riolering (via een put) in de greppel en zone stroomt. Voor het onderhoud aan de riolering is het dan wel nodig om de riolering met behulp van een gemaaltje tijdelijk leeg te pompen.  
Eventueel kan ervoor gekozen worden om de greppel dieper te maken, zodat het riool vrij kan afstromen in de greppel en volledig droog kan komen te staan. Echter tijdens hoge grondwaterstanden bestaat de kans dat de greppel vol met water staat en dat het volledig leeglopen niet mogelijk is. Zoals eerder aangegeven vormt dit geen belemmering voor de afvoercapaciteit van de riolering.

Tijdens extreme neerslag is de kans groot dat de kolken en riolen de afvoer van het water niet kunnen verwerken. Hierdoor kan in een groot deel van het plangebied 'water op straat' ontstaan, ook ter hoogte van de straatjes met parkeervakken.

### 3.4.7 Waterbergingscapaciteit

Voor het bepalen van de wateropgave en de goede ruimtelijke inpassing hiervan in het plan Vredeoord zijn maatwerkberekeningen uitgevoerd (zie bijlagen 3 en 4). Een samenvatting van de resultaten voor alle doorgerekende normbuien is opgenomen in tabel 3.1.

**Tabel 3.1: Wateropgave voor zeven neerslagsituaties**

<i>Situatie</i>	<i>Benodigde berging (m<sup>3</sup>)</i>
Bui T=100 + 10%	3.715 (zie bijlage 3)
Bui T=100	3.305 (zie bijlage 3)
Bui 600 m <sup>3</sup> /ha verharding	3.210
Bui T=10 + 10%	2.280 (zie bijlage 3)
Bui T=10	2.025 (zie bijlage 3)
Bui 09 Leidraad Riolering	1.575
Bui 08 leidraad Riolering	1.060

De wateropgave van elk van de zeven neerslagsituaties is vergeleken met de beschikbare capaciteiten in het ontwerp volgens tabellen 3.2 t/m 3.4.

**Tabel 3.2: Beschikbare waterbergingscapaciteit variant 1 (vulling tot wegpeil)**

<i>Situatie</i>	<i>Beschikbare (resterende) waterberging [m<sup>3</sup>]</i>		
	<i>Bergingszone</i>	<i>Greppel</i>	<i>Totaal</i>
<u>Variant 1 = Vulling bergingszone tot maaiveld NAP +18,6 m</u>			
• Scenario 1A: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)	7.070	530	7.600
• Scenario 1B: Maximale grondwaterstand bij huidige grootschalige grondwateronttrekking Vredeoord	7.070	75	7.145
• Scenario 1C: Maximale grondwaterstand na stopzetting grootschalige grondwateronttrekking Vredeoord	4.850	0	4.850

**Tabel 3.3: Beschikbare waterbergingscapaciteit variant 2 (waking: 0,3 m)**

<i>Situatie</i>	<i>Beschikbare (resterende) waterberging [m<sup>3</sup>]</i>		
	<i>Bergingszone</i>	<i>Greppel</i>	<i>Totaal</i>
<u>Variant 2 = Gedeeltelijke vulling bergingszone tot NAP+18,3m</u>			
• Scenario 2A: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)	5.190	530	5.720
• Scenario 2B: Maximale grondwaterstand bij huidige grootschalige grondwateronttrekking Vredeoord	5.190	75	5.265
• Scenario 2C: Maximale grondwaterstand na stopzetting grootschalige grondwateronttrekking Vredeoord	2.970	0	2.970

**Tabel 3.4: Beschikbare waterbergingscapaciteit variant 3 (waking: 0,5 m)**

<i>Situatie</i>	<i>Beschikbare (resterende) waterberging [m<sup>3</sup>]</i>		
	<i>Bergingszone</i>	<i>Greppel</i>	<i>Totaal</i>
<u>Variant 3 = Gedeeltelijke vulling bergingszone tot NAP+18,1m</u>			
• Scenario 3A: Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)	3.975	530	4.505
• Scenario 3B: Maximale grondwaterstand bij huidige grootschalige grondwateronttrekking Vredeoord	3.975	75	4.050
• Scenario 3C: Maximale grondwaterstand na stopzetting grootschalige grondwateronttrekking Vredeoord	1.750	0	1.750

### *Toelichting*

Voor de waterbergings- en infiltratiezone is de waterbergingscapaciteit berekend in drie varianten voor het maximaal toelaatbare waterpeil in deze zone. Elke variant is daarbij uitgesplitst in dezelfde drie scenario's met betrekking tot het initiële grondwaterniveau.

#### *1) Varianten met betrekking tot uitgangssituatie maximaal toelaatbaar waterpeil*

Uitgaande van het dwarsprofiel in afbeelding 3.4 is de waterbergingscapaciteit berekend voor:

- variant 1: volledige vulling van de zone tot aan wegpeil NAP +18,6 m (geen waking);
- variant 2: gedeeltelijke vulling van de zone tot NAP +18,3 m (waking: 0,3 m);
- variant 3: gedeeltelijke vulling van de zone tot NAP +18,1 m (waking: 0,5 m).

Elke variant krijgt te maken met wisselende grondwaterniveaus, zoals de GHG en de maximaal bekend grondwaterstand (piek grondwaterstand) bij de huidige grootschalige grondwateronttrekking, en bij de eventuele toekomstige stopzetting daarvan. Daarom is voor elke variant van 'de waterbergingscapaciteit' een tabel opgesteld waarin deze drie markante grondwaterstanden uitgangspunt zijn. Hoe hoger de grondwaterstand is, hoe kleiner de (resterende) bergingscapaciteit is. Hieronder worden deze scenario's A t/m C toegelicht.

#### *2) Scenario's A t/m C binnen elke variant met betrekking tot aanwezig grondwaterniveau*

Bij de verdere detaillering van het ontwerp van de waterbergings- en infiltratiezone kan de keuze worden gemaakt welke variant als 'waterbergingscapaciteit' wordt gehanteerd.

Afgaande op de berekende scenario's "A" en "B" in de tabellen 3.1 t/m 3.3 is de waterbergingscapaciteit in de huidige situatie dusdanig groot, dat de zwaarst berekende normbui T=100+10% (zie tabel 3.4) in principe altijd volledig geborgen kan worden. Echter na stopzetting van de grondwateronttrekkingen ontstaat er incidenteel een waterbergingsstekort als de normbuizen worden vergeleken met scenario "C" in tabellen 3.1 t/m 3.3.

Hoe hiermee dient te worden omgegaan bij de gefaseerde planrealisatie, is onderdeel van het nader op te stellen Afwateringsplan (paragraaf 3.7) en Beheer-, Onderhoud- en Monitoringplan (paragraaf 3.8).

#### *3) Afmetingen van de waterbergings- en infiltratiezone*

Het totale oppervlak van de waterbergings- en infiltratiezone is 6.400 m<sup>2</sup>, namelijk 3.850 m<sup>2</sup> ten noorden en 2.550 m<sup>2</sup> ten zuiden van De Loper (zie afbeelding 3.1). De lengte van de greppel is circa 240 m. De omtrek van de zone is ongeveer 850 m.

#### *4) Conclusies waterbergings- en infiltratiecapaciteit*

Conclusies voor de waterhuishoudkundige situatie bij diverse neerslagsituaties:

- binnen de waterbergings- en infiltratiezone is bij volledige vulling, zowel bij de GHG als de piekgrondwaterstanden, ruim voldoende capaciteit beschikbaar voor de berging van de bui T=100 (+ 10%). Tijdens deze bui mag er water op straat staan;
- tijdens de neerslaggebeurtenissen 08 en 09 uit de Leidraad Riolering is er binnen de waterbergings- en infiltratiezone, zowel bij de GHG als de piekgrondwaterstanden, meer dan 0,5 m waking aanwezig. Hiermee wordt voorkomen dat er tijdens deze buien water op straat staat binnen het plangebied, waaronder de 'inprikkers' (straatjes met parkeren). Bij de nadere detaillering van het plan dient de riolering nog wel berekend te worden om te bepalen welke diameters nodig zijn om 'water op straat' bij de bui 08 en/of 09 te voorkomen;
- bij het bepalen van de benodigde waterbergingscapaciteit is rekening gehouden met een vertraagde afvoer van 2,0 l/s/ha. Er is geen rekening gehouden met infiltratie en een grotere afvoer (60 tot 90 l/s/ha) richting de bestaande riolering. Wanneer nodig kan later nog worden gerekend met infiltratie en een grotere afvoer richting de riolering, waarmee de benodigde bergingsruimte binnen het plangebied kleiner kan uitkomen.

#### *3.4.8 Aanbrengen noodoverlaat voor vertraagde afvoer*

De waterdoorlatendheid van de bodem in De Groene Dreef is niet voldoende om de waterbergingszone binnen de ideale leeglooptijd van 24 tot 48 uur voor de bui T=10+10% leeg te kunnen laten lopen. Het is nodig om naast de infiltratie een vertraagde afvoer toe te passen van

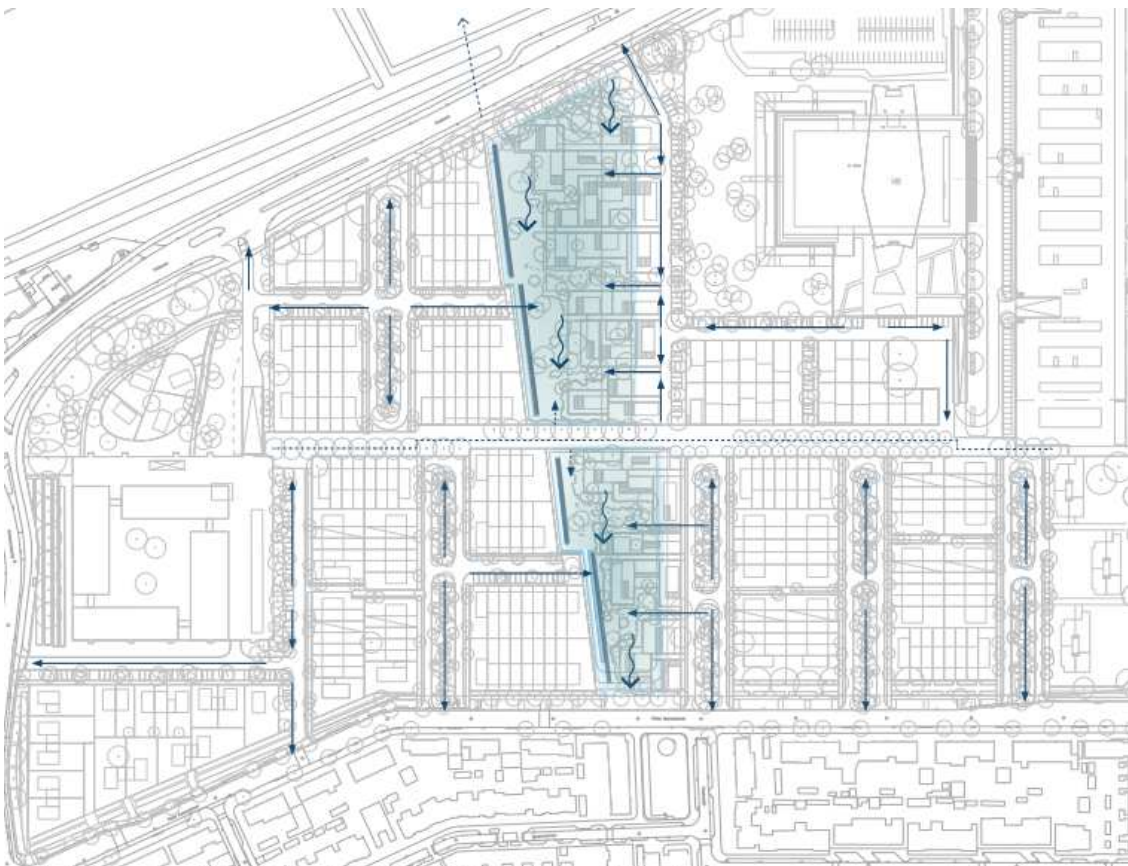
2,0 l/s/ha. Hiermee wordt voldaan aan de ideale leeglooptijd, niet alleen voor de bui T=10+10% maar ook voor zwaardere buien tot aan T=100+10%. In bijlage 4 is dit nader onderbouwd.

De vertraagde afvoer kan worden vormgegeven in de verbinding tussen de waterbergings- en infiltratiezone en de watergang ER42 aan de noordzijde van de weg Vredeoord (afbeelding 3.5).

De uitwerking van deze overstort is niet nodig voor de bestemmingsplanfase en wordt in een later stadium verzorgd. De afspraken over de fasering van de waterhuishouding zijn daarbij leidend (zie paragraaf 3.6).



Afbeelding 3.5: Instroompunt duiker ER42-KDU23 naast Vredeoord (foto's Sweco maart 2016)



Afbeelding 3.6: Af te vangen hemelwater nabij begrenzing plangebied in eindsituatie [7]

#### 3.4.9 Grondverbetering toepassen

Om de minimale waterdoorlatendheid van 0,2 tot 0,5 m/dag te kunnen borgen, is het nodig om de bodem van de waterbergings- en infiltratiezone te verbeteren:

- de toplaag tot circa 0,3 m onder de bodem van de bergingszone opbouwen uit twee delen teelaarde en drie delen drainagezand; dit komt de waterdoorlatendheid en de ontwikkeling van de vegetatie ten goede;
- onder de toplaag enkele sleuven aanbrengen (circa 0,7 m diep en 0,5 m breed), bestaande uit drainagezand; deze sleuven doortrekken tot aan de randen van de zone. Hiermee kan het water zich verspreiden door het gebied en richting de omgeving.

#### 3.4.10 Gradiënten in het toekomstige maaiveld

Ten behoeve van de verdere uitwerking van het waterhuishoudkundige ontwerp, kan gebruik worden gemaakt van diverse indicatieve dwarsprofielen in het plangebied Vredeoord.

Het bestaande maaiveld in het plangebied is geaccidenteerd, en dat zal ook in de eindsituatie het geval zijn. Afbeelding 3.6 geeft een beeld in welke richting oppervlakkige afstroming van hemelwater in de eindsituatie mogelijk is. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de opgave om het volledige plangebied af te koppelen op de waterbergings- en infiltratiezone De Groene Dreef. De blauwe pijlen langs de randen van het plangebied houden in dat het afstromende hemelwater binnen de begrenzing van het plangebied afgevangen dient te worden door het hemelwaterriool. Dit afgevangen hemelwater dient dan "in omgekeerde richting" afgevoerd te kunnen worden naar de waterbergings- en infiltratiezone De Groene Dreef.

In bijlage 7 vindt u de bijbehorende (indicatieve) maaiveldhoogtes voor de eindsituatie.

### 3.5 Inrichting openbaar gebied

Om tijdens extreme neerslag wateroverlast ter hoogte van kavels en gebouwen te voorkomen, zijn de volgende uitgangspunten van belang bij het ontwerp van de inrichting van het openbaar gebied:

- Langshelling wegen en afvoerrichting afstromend hemelwater:

Alle wegen vlak leggen of (licht) laten aflopen richting de waterbergings- en infiltratiezone.

Hierdoor kan het water altijd via het wegoppervlak afstromen richting de zone. Van belang:

- in het wegoppervlak geen obstakels aanbrengen die de afstroming van water belemmeren, zoals verkeersdrempels;
- tussen de wegen en de zone (deels) verlaagde banden toepassen. Hierdoor kan het water direct afstromen richting de zone, zonder opstuwing van een band en/of kolken en leidingen;
- de wegen aan de zuidrand van het plangebied lopen af richting Pieter Zeemanstraat (zie afbeelding 3.6). Het heeft de voorkeur om het oppervlakkig afstromende hemelwater af te vangen voordat het de Pieter Zeemanstraat bereikt, en dan in omgekeerde richting af te koppelen op de waterbergings- en infiltratiezone (zie afbeelding 3.1). Bij de verdere uitwerking van het plangebied dient bepaald te worden of dit haalbaar is (de waterbergings- en infiltratievoorziening is er in ieder geval wel op berekend). Mocht dit niet haalbaar lijken, dan kan als tweede keuze onderzocht worden of de zuidelijke rand van het plangebied – net als in de oorspronkelijke situatie – mag afwateren naar de bestaande riolering in de Pieter Zeemanstraat (de vraag is of de bestaande omgeving dit water kan verwerken);
- zijdelingse geleiding afstromend wegwater:  
De wegen, met uitzondering van de wegen naast de waterbergings- en infiltratiezone, voorzien van een geleideband van 7 cm hoog en 3 cm hoogteverschil in de berm. Hiermee wordt voorkomen dat water op straat afstroomt richting de kavels en gebouwen;
- waterbergingscapaciteit versus ruimtelijke inpasbaarheid:  
Binnen de waterbergings- en infiltratiezone, de wegen en de rest van het openbare gebied voldoende waterberging creëren om een grote hoeveelheid neerslag te kunnen opvangen, zonder dat het de kavels opstroomt.  
Wanneer binnen het gebied onvoldoende ruimte beschikbaar is voor de verwerking van extreme neerslag (zoals bui T=100+10%), wordt aanbevolen om het systeem aan te sluiten op de bestaande riolering en/of via een noodoverloop op de greppel aan de

noordzijde van het gebied. Richting de riolering mag het huidige debiet worden gehanteerd. Hoeveel water richting de greppel kan worden afgevoerd, heeft later, wanneer nodig, een nadere uitwerking;

- noodoverloop inrichten:  
De waterbergings- en infiltratiezone een noodoverloop geven richting de greppel/het groengebied ten noorden van het plangebied. Deze overloop circa 0,10 m lager leggen dan de kavelpeilen binnen het plangebied, zodat het waterpeil nooit hoger kan komen dan de kavels en de bebouwing. Bij voorkeur de overloop via het maaiveld/wegoppervlak realiseren en niet met een leiding. Bij een leiding is de kans op extra opstuwingsgroter. De overloop richting de greppel dient bij de latere uitwerking van het gebied te worden uitgedetailleerd. Daarbij is het ook de vraag of de greppel de overloop van water kan verwerken. Zo niet, dan is eventueel een overloop op de bestaande riolering nodig.

### 3.6 Fasering aanleg waterhuishoudkundige voorzieningen

De totale waterbergings- en infiltratiezone in De Groene Dreef mag gefaseerd worden aangelegd, evenredig met de voortgang van de planontwikkeling (bruto oppervlak). Dit betekent dat voorafgaand aan de start van elke nieuwe bouwfase de vereiste waterbergings- en infiltratiecapaciteit van die bouwfase aangelegd en operationeel dient te zijn. Daarbij dient ook de noodoverstort richting open water bereikbaar te zijn voor overtollig water. Deze noodoverlaat met afvoervertraging dient aangelegd en operationeel te zijn voorafgaand aan de eerste bouwfase van plangebied Vredeoord. Hiervoor wordt een afwateringsplan uitgewerkt, waardoor tijdens de gefaseerde planrealisatie altijd een goede waterhuishoudkundige situatie geborgd is.

### 3.7 Opstellen van een Afwateringsplan

Met dit rapport als waterhuishoudkundig kader dient afwateringsplan te worden uitgewerkt. Doel van het afwateringsplan is om een goede waterhuishoudkundige situatie te kunnen waarborgen tijdens de gefaseerde planrealisatie richting de beoogde eindsituatie van het plangebied. Bij het opstellen van het afwateringsplan zijn de volgende aandachtspunten van belang in verband met de goede werking van het totale watersysteem binnen het plangebied:

- voor het totale plangebied het watersysteem en de afwerkpeilen van de wegen, kavels en gebouwen uitdetaileren. Hiermee wordt voorkomen dat het systeem (hoogtes, diameters) en de afwerkpeilen van de verschillende fasen niet op elkaar aansluiten en het water niet afdoende kan afwateren richting de bergingszone. Dus het watersysteem en de afwerkpeilen niet per fase afzonderlijk uitdetaileren;
- bij de besteksuitwerking van een fase het totaal plan als basis hanteren. Hiermee kan worden voorkomen dat een fase alsnog te hoog of te laag komt te liggen of een te kleine riolering krijgt, waardoor de afwatering richting de bergingszone in gevaar komt;
- ook wanneer een fase niet grenst aan de bergingszone dient de afvoer via de riolering en de afwatering via het wegoppervlak naar de zone gegarandeerd te worden. Dit kan betekenen dat er buiten de fase riolering en/of een weg gerealiseerd dient te worden, die de fase verbindt met de bergingszone.

Voor de werking van de berging dienen de volgende onderdelen direct aangelegd te worden:

- de noodoverlaat richting de greppel/het groengebied, gelegen ten noorden van het plangebied en evt. een noodoverloop op de bestaande riolering (voor extreme neerslagsituaties);
- de bodem van de zone verbeteren en de zone voorzien van een vertraagde afvoer op de noordelijke greppel en evt. op de bestaande riolering (voor extreme neerslagsituaties);
- tijdelijke waterhuishoudkundige oplossingen in de bouwfase (zoals tijdelijke waterberging) detaileren in de uitwerkingsplannen.

Het wordt aanbevolen om het watersysteem en de afwerkpeilen integraal voor het totale gebied uit te detaileren en niet per fase afzonderlijk. Hiermee wordt voorkomen dat het systeem (hoogtes, diameters) en de afwerkpeilen van de verschillende fasen niet op elkaar aansluiten en het water niet voldoende kan afwateren richting de bergingszone.

Binnen de uitdetailering gaat het onder andere om te volgende onderwerpen:

- afmetingen en (hoogte)ligging van de waterbergingszone;
- benodigde en beschikbare berging. Daarbij wanneer nodig ook rekenen met infiltratie en een grotere afvoer richting de bestaande riolering;
- afmetingen en (hoogte)ligging van de noodoverloop en de vertraagde afvoer van de zone;
- invulling van de bodemverbetering van de zone;
- (hoogte)ligging en diameters van de hemelwaterriolering;
- locatie en hoogtes van de uitstroompunten van de riolering ter hoogte van de bergingszone;
- afwerkpeilen van de wegen, trottoirs, kavels en gebouwen;
- eventuele grotere afvoer (60 tot 90 l/s/ha) en bovengrondse afwatering richting de omgeving. Daarbij dient bepaald te worden of de rioolstreng, waarop de afvoer wordt aangesloten, de afvoer aan kan. Ook voor de afwatering dient bepaald te worden in hoeverre de bestaande omgeving het water kan verwerken.

### 3.8 Opstellen van een Beheer-, Onderhoud- en Monitoringplan

Geadviseerd wordt om voor de waterhuishoudkundige ontwikkeling van het plangebied Vredeoord een beheer-, onderhoud- en monitoringplan op te stellen. Het gaat hierbij om de periode van gefaseerde planrealisatie en om de exploitatiefase na oplevering van (delen van) het plangebied.

Het toekomstige hemelwatersysteem vraagt om vroegtijdige aandacht voor doelmatig beheer en onderhoud, ook in de uitwerking van het ontwerp. Het ontwerp waarvoor in dit rapport kaders zijn gesteld, is mede gebaseerd op uitgangspunten voor grondwaterstanden en infiltratiecapaciteit. Het verdient aanbeveling om de ontwikkeling van grondwaterstanden en infiltratie in de praktijk te gaan monitoren. Hierdoor ontstaat inzicht in het functioneren van het systeem en kan zo nodig tijdig worden bijgesteld in de planvoorbereiding, -uitvoering en in het onderhoud. In een Beheer-, Onderhoud- en Monitoringplan kunnen ook afspraken over de taakverdeling tussen betrokken partijen worden vastgelegd.



Afbeelding 3.7: Zicht op plangebied vanaf Pieter Zeemanstraat (foto Sweco maart 2016)



# **Bijlage 1**

## Informatiebronnen

**In dit rapport wordt verwezen naar de onderstaande informatiebronnen:**

Brief, rapport en notities:

- [1] Waterschap De Dommel, *Reactie voorontwerpbestemmingsplan Vredeoord*, brief d.d. 3-12-2015 (kenmerk: Z34506/U38026)
- [2] Grontmij Nederland bv, *Resultaten infiltratieonderzoek Vredeoord Eindhoven*, notitie d.d. 29-08-2013 (ref.nr. GM-0110319)
- [3] Artesia BV, *Wateroverlast in relatie tot de winning Vredeoord? Effectiviteit inzet winning ter vermindering van grondwateroverlast*, rapport d.d. mei 2008 (projectnr. 07.13.42)
- [4] ARCADIS Ruimtelijke Ontwikkeling BV, *Toename grondwateroverlast agv stopzetting onttrekkingen*, notitie d.d. 11-10-2001 (Kenmerk: 110501.200442)
- [5] ARCADIS, *Grondwaterproblematiek Eindhoven*, ref.nr. 110501/ZF9/2V7/000112

Tekeningen:

- [6] Waterschap De Dommel, *Overkluizing leiding ER42 Vredeoord*, februari 2016 (met meegeleverde leggergegevens)
- [7] BUREAU LUBBERS landschapsarchitectuur & stedenbouw, *Landschappelijk-stedenbouwkundig raamwerk Vredeoord Eindhoven*, september 2015
- [8] DHV, *Kniptekening kabels en leidingen Endinet riool opbrek (voorheen NRE en Philips)*, tekening d.d. 16-01-2013 (tek.nr. \BA4454-100/B05) i.o.v. Philips VD&B - Beheer
- [9] Waterschap De Dommel, *Bronpompen en –leidingen (incl. notities)*, bijlage van brief [1]

Besprekingsverslag:

- [10] Sweco Nederland B.V., *Vredeoord te Eindhoven - bespreking en bekrachtiging concept 'totaalrapport water'*, verslag watertoetsoverleg d.d. 29-3-2016 (ref.nr. SWNL-0181707)

Waterschapsbeleid:

- [11] Waterschap Aa en Maas, Waterschap De Dommel, Waterschap Brabantse Delta, *Hydrologische uitgangspunten bij de Keurregels voor afvoeren van hemelwater, Brabantse waterschappen*, 9-12-2014, in opdracht van Stuurgroep Brabantbrede Keur  
Zie ook de toelichting in bijlage 2 Beleidskader, onderdeel 5.

## **Bijlage 2**

### Beleidskader

## Beleidskader

Op het woningbouwplan Vredeoord is onderstaand beleidskader van toepassing. In de loop van de tijd kunnen wijzigingen optreden in dit beleidskader. Daarom wordt geadviseerd om altijd de actuele, vigerende beleidsdocumenten te raadplegen bij de verantwoordelijke organisaties.

### 1. Gemeente Eindhoven | Ontwikkelen met duurzaam wateroogmerk 2009

De beleidsterm "hydrologisch neutraal bouwen", uitgewerkt in de beleidsnotitie 'Ontwikkelen met duurzaam wateroogmerk 2009' geeft invulling aan het "niet afwentelen" principe, zoals door de commissie waterbeheer 21e eeuw (WB21) is gegeven. Beter is het te spreken van hydrologisch neutraal ontwikkelen, omdat ook andere ontwikkelingen dan bouwprojecten dienen te worden getoetst. In principe heeft elke ruimtelijke ontwikkeling invloed op de hydrologie. De beleidsterm "hydrologisch neutraal" heeft dan ook vooral betrekking op het zo veel mogelijk binnen de ontwikkeling) neutraliseren van de negatieve hydrologische gevolgen van (toekomstige) ruimtelijke ontwikkelingen in ruimte en tijd. De ontwikkeling mag geen hydrologische achteruitgang aan de randen van het plangebied ten opzichte van de referentiesituatie tot gevolg hebben:

- Er is geen (onvertraagde) toename van de waterafvoer op de rand van het plangebied;
- Er mogen geen veranderingen van oppervlaktewaterstanden optreden op de grens van het plangebied en daarbuiten (tenzij veranderingen gewenst zijn);
- Er mag geen overlast optreden door extreme neerslag gebeurtenissen.

De voorkeursvolgorde bij het nemen van maatregelen tegen wateroverlast gaat uit van het principe water vasthouden c.q. hergebruiken, water bergen en als laatste pas water afvoeren.

### 2. Gemeente Eindhoven | Gemeentelijk Rioleringsplan

Het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP) verantwoordt aan de inwoners van Eindhoven de ambities en bijbehorende maatregelen en middelen op watergebied. Met het GRP geeft de gemeente invulling aan de gemeentelijke zorgplicht en op het gebied van (grond)water. Het GRP bevat de geplande activiteiten voor het beheer en onderhoud van het rioolstelsel en bevat maatregelen ter verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit en het hydraulisch functioneren van het rioolstelsel. Deze maatregelen bestaan vooral uit het afkoppelen van verhard oppervlak. Daarbij wordt regenwater gescheiden van afvalwater ingezameld en afgevoerd naar het oppervlaktewater. Waar mogelijk dient regenwater eerst te worden geborgen binnen het plangebied waarna alsnog vertraagd kan worden afgevoerd.

### 3. Waterschap De Dommel | Keur Waterschap De Dommel 2009

De 'Keur Waterschap De Dommel 2009' bevat regels met daarin verboden en verplichtingen ten aanzien van oppervlaktewater en grondwater die gelden voor iedereen die woont of werkt binnen het gebied van Waterschap De Dommel. Hierin wordt het beheer en het onderhoud van watergangen geregeld (bijvoorbeeld betreffende onderhoudsstroken) en is aangegeven wanneer een vergunning of melding verplicht is voor ingrepen in de waterhuishouding. Verder zijn er beleidsregels voor het beschermingsbeleid van gebieden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen keurbeschermingsgebieden, attentiegebieden en overige gebieden. Met deze beleidsregels wordt aangegeven op welke wijze gebiedsgericht wordt omgegaan met vergunning- en ontlastingverlening.

### 4. Waterschap De Dommel | Waterbeheerplan 2010-2015

Waterschap De Dommel heeft in december 2009 het Waterbeheerplan 2010-2015 "Krachtig Water" vastgesteld waarin de activiteiten en doelstellingen van het Waterschap zijn opgenomen. Het waterschap geeft in dit plan binnen haar kerntaken prioriteit aan het voorkomen van wateroverlast én het herstellen van het watersysteem van Natura 2000-gebieden. Andere thema's van het waterbeheersplan zijn:

- Aanleg van gestuurde waterbergingsgebieden;
- Afstemming inrichting en het beheer van watergangen op het halen van de ecologische doelen uit de Europese Kaderrichtlijn Water en de functies 'waternatuur' en 'verweven' uit het Provinciaal Waterplan;
- Samenwerking met gemeenten in de waterketen;
- Aanpak vervuilde waterbodems in samenhang met beekherstel;
- Ruimte bieden aan recreatiemogelijkheden, landschap en cultuurhistorie.

## 5. Hydrologische uitgangspunten bij de Keurregels voor afvoeren van hemelwater

Ook specifiek vermeld in bijlage 1 (bronvermelding, zie [11]) is het gezamenlijke beleidsdocument van de drie Brabantse waterschappen Aa en Maas, De Dommel en Brabantse Delta van 9-12-2014). In opdracht van Stuurgroep Brabantbrede Keur zijn hydrologische uitgangspunten bepaald voor het afvoeren van hemelwater, in aansluiting op de Keur van deze waterschappen.

De drie waterschappen hebben hun Keur geharmoniseerd. Als onderdeel van dit harmonisatietraject hanteren de waterschappen sinds 1 maart 2015 dezelfde (beleids)uitgangspunten voor het *beoordelen van plannen waarbij het verhard oppervlak toeneemt*. Hiermee geven de waterschappen ook invulling aan de wens van met name de zogenaamde grensgemeentes die in het verleden te maken hadden met verschillend beleid van de waterschappen.

Voor een optimale inpassing van plannen met een uitbreiding van het verhard oppervlak is het noodzakelijk het waterschap in een vroeg stadium te betrekken. Dit geldt zowel voor kleine als grote plannen en vormt onderdeel van de watertoets. Alleen op deze wijze kunnen waterbeheerder en initiatiefnemer gezamenlijk zorgen voor het behoud van de robuustheid van het watersysteem en kan wateroverlast in de toekomst zoveel mogelijk worden beperkt.

## 6. Provincie Noord-Brabant | Provinciaal Waterplan 2010-2015

Het Provinciaal Waterplan 'Waar water werkt en leeft' beschrijft het provinciale waterbeleid voor de periode 2010 tot 2015 en bevat het strategische waterbeleid van de provincie Noord-Brabant voor de periode 2010-2015. Daarnaast vormt het een structuurvisie voor het aspect water op grond van de nieuwe Wet ruimtelijke ordening. Het plan vormt zowel een beleidskader, toetsingskader en beheerplan voor grondwateronttrekkingen. Het ontwerp Waterplan is tegelijk opgesteld met de ontwerp water(beheer)plannen van het Rijk en de waterschappen. In onderlinge samenwerking zijn de plannen zo goed mogelijk op elkaar afgestemd.

Het Provinciaal Waterplan heeft beleidskaders als randvoorwaarden, die richting geven aan het waterbeleid. Water dient vele belangen. Om hiermee in dit plan evenwichtig te kunnen omgaan, hanteert de provincie Noord-Brabant de principes van de people-planet-profit-benadering. In Noord-Brabant zijn deze uitgangspunten vertaald in de Telos-driehoek:

- Vanuit de sociaal-maatschappelijke invalshoek (people) krijgen veiligheid tegen overstroming, bescherming tegen wateroverlast, een betrouwbare drinkwatervoorziening en goede recreatievoorzieningen aandacht.
- Vanuit de economische invalshoek (profit) heeft dit plan aandacht voor onder meer een goede watervoorziening voor industrie en landbouw en voor het transport over water.
- De derde invalshoek (planet) gaat uit van het water als voorwaarde voor een gezonde leefomgeving voor mens en natuur. Belangrijke thema's in dat kader zijn de verbetering van de waterkwaliteit, de verdrogingsbestrijding en de meer natuurlijke inrichting van de watersystemen.

Aandacht blijft nodig voor verbetering van de waterkwaliteit, onder meer door vermindering van stikstof afkomstig uit diffuse bronnen en voor verdrogingsbestrijding. Ook de inrichting van beken en kreken en de aanleg van Ecologische verbindingzones langs waterlopen vragen om een impuls. Voor de verbetering van de waterkwaliteit wordt primair uitgegaan van de aanpak van de bronnen. Als dit niet mogelijk is, wordt ingestoken op procesgerichte maatregelen waarbij verontreinigende stoffen zoveel mogelijk worden verwijderd vóór ze zich via de watersystemen verder verspreiden. Als ook dat niet lukt, worden stoffen uit het watersysteem verwijderd door effectgerichte maatregelen (end-of-pipe). Op het vlak van omgaan met waterkwantiteit spelen de huidige inzichten over klimaatontwikkeling een belangrijke rol.

## **Bijlage 3**

### Berekeningen waterbergingscapaciteit

## Watersituatie bij neerslagsituatie T=100

De volgende aandachtspunten spelen een rol:

- Toekomstige verhard oppervlak:
  - Het oppervlak van de grasstenen is in totaal afgetrokken van het verhard oppervlak. Tijdens extreme neerslag, zoals de regenbui T=100, stroomt er wel degelijk water af van en/of blijft er water staan op de grasstenen. Meestal wordt voor de afstroming van grasstenen een reductie van 50% aangehouden.
  - Voor de verharding van het onbebouwde erf is 10 procent aangehouden. Afgaand op de ervaring met andere woningbouwontwikkelingen is dit percentage aan de lage kant. Echter het is daarbij ook de vraag of alle verharding op de kavels afwatert richting het openbaar gebied. Zeer waarschijnlijk watert een deel van de verharding af in de tuin. Vooralsnog wordt uitgegaan dat 10 procent van het onbebouwde erf daadwerkelijk afwatert richting het openbaar gebied.
- Tijdens extreme neerslag, zoals de regenbui T=100, is de kans groot dat de afvoervoorzieningen binnen en buiten het plangebied de aanvoer van hemelwater niet direct kunnen verwerken. Dit betekent dat water binnen het plangebied achterblijft en op het maaiveld blijft staan. Het is van belang dat dit water geen overlast veroorzaakt ter hoogte van de kavels en gebouwen.

Voor het bepalen van de berging zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Algemeen:
  - Er wordt rekening gehouden met het totale toekomstige verhard oppervlak. Ook al gaat een deel van het afstromende water uiteindelijk misschien toch afwateren richting de omgeving, waaronder de bestaande riolering.
  - Met betrekking tot de afwatering vanaf de grasstenen is rekening gehouden met een reductie van 50%.
- Bui T=10, T=100, T=10 + 10% en bui T=100 + 10%:
  - Voor het bepalen van de neerslaghoeveelheden tijdens de bui T=10 en T=100 is gebruik gemaakt van de partiële duurreeksen (1906-1977) voor het gehele jaar in De Bilt (bron: Buishand en Velds; Neerslag en verdamping; KNMI; 1980). In verband met de klimaatverandering zijn de hoeveelheden met 10% verhoogd;
  - In werkelijkheid stroomt niet alle neerslag dat op de verharde oppervlakken valt af richting de waterbergingszone. Vooralsnog is hiermee geen rekening gehouden. Dus zowel voor de daken als de terreinverhardingen is een afvloeingscoëfficiënt van 1,0 aangehouden.
  - Gedurende de bui infiltreert een deel van de neerslag en/of wordt een deel vertraagd afgevoerd naar de omgeving. Echter de infiltratie van de bodem is matig en bij hoge grondwaterstanden staat de bodem van de zone onder water, waardoor deze niet bijdraagt aan de infiltratie. Afgaand hierop wordt vooralsnog niet gerekend met infiltratie. Voor de vertraagde afvoer is rekening gehouden met 2,0 m/d, conform het waterbeleid / de Keur van Waterschap De Dommel.

Omdat het toekomstige verhard oppervlak niet toeneemt, mag eigenlijk met een grotere afvoer richting de bestaande riolering gerekend worden. Hierbij valt te denken aan een debiet van 60 tot 90 l/s/ha (komt overeen met bui 08 en 09 uit de Leidraad Riolering). Omdat het nog niet duidelijk is op welke wijze de afvoer richting het bestaande watersysteem gaat plaatsvinden, wordt vooralsnog geen rekening gehouden met deze afvoer.

- De bui 600 m<sup>3</sup>/ha verharding is de standaard bergingseis, conform het beleid / de Keur van Waterschap De Dommel. Echter omdat het toekomstige verhard oppervlak groter is dan 10.000 m<sup>2</sup> is een maatwerkberekening nodig/mogelijk (zie berekening T=10 en 100).
- Bui 09 en 08:
  - De bui 09 heeft een omvang van 29,4 mm en de bui 08 een omvang van 19,8 mm;
  - Bij het bepalen van de berging is geen rekening gehouden met infiltratie en een (vertraagde) afvoer.



**Bergingsberekening T=100 en T=100 + 10%**

Laatst gewijzigd: 26 augustus 2015

Auteur: Sander Kossen

Dakoppervlak	1,9127	ha
Afvoelingscoëfficiënt	1,00	
Verhard terreinopp.	3,1998	ha
Afvoelingscoëfficiënt	1,00	
Semiverhard terreinopp.	0,47880	ha
Afvoelingscoëfficiënt	0,50	

Afvoer T=100	2	l/s*ha
Afvoer T=100 + 10%	2	l/s*ha
Oppervlak infiltratie	0	m2
Infiltratie bodem	0	m/d

<b>Benodigde berging T=100</b>	<b>3303</b>	<b>m3</b>
<b>Benodigde berging T=100+10%</b>	<b>3714</b>	<b>m3</b>

**T=100**

Tijd	T=100	Aanvoer (m3)	Afvoer (m3)	Infiltratie	Berging
5	15,3	820,15	3,35	0,00	816,79
15	28,2	1511,09	10,06	0,00	1501,03
30	36,3	1943,64	20,13	0,00	1923,51
45	40,2	2151,48	30,19	0,00	2121,29
60	42,5	2275,07	40,26	0,00	2234,81
90	45,9	2454,83	60,39	0,00	2394,44
120	47,5	2544,71	80,51	0,00	2464,19
180	52,0	2780,64	120,77	0,00	2659,87
240	55,0	2943,55	161,03	0,00	2782,52
300	57,6	3084,42	201,29	0,00	2883,14
360	58,8	3147,14	241,54	0,00	2905,59
480	62,0	3318,18	322,06	0,00	2996,12
600	66,2	3545,22	402,57	0,00	3142,65
720	68,0	3639,29	483,09	0,00	3156,20
840	71,4	3821,35	563,60	0,00	3257,74
960	73,3	3923,01	644,12	0,00	3278,89
1080	75,0	4012,71	724,63	0,00	3288,08
1200	76,8	4108,40	805,15	0,00	3303,25
1440	79,0	4228,00	966,18	0,00	3261,82
1680	79,9	4274,66	1127,21	0,00	3147,45
1920	82,4	4409,15	1288,24	0,00	3120,92
2160	84,9	4543,65	1449,26	0,00	3094,38
2400	87,3	4672,30	1610,29	0,00	3062,00
2640	89,7	4800,95	1771,32	0,00	3029,62
2880	92,0	4923,75	1932,35	0,00	2991,39
3360	90,0	4814,75	2254,41	0,00	2560,34
3840	93,9	5022,90	2576,47	0,00	2446,43
4320	97,6	5225,57	2898,53	0,00	2327,04
5040	103,4	5532,31	3381,62	0,00	2150,69
5760	109,0	5833,57	3864,71	0,00	1968,86
7200	112,7	6028,92	4830,88	0,00	1198,03
8640	116,3	6226,40	5797,06	0,00	429,34
10080	124,7	6672,21	6763,24	0,00	-91,03
11520	133,0	7118,03	7729,41	0,00	-611,39
12960	138,0	7385,62	8695,59	0,00	-1309,97

**Bergingsberekening T=100 en T=100 + 10%**

Laatst gewijzigd: 26 augustus 2015

Auteur: Sander Kossen

**T=100+10%**

Tijd	<b>T=100+10%</b>	Aanvoer (m3)	Afvoer (m3)	Infiltratie	Berging
5	<b>16,86</b>	902,16	3,35	0,00	898,81
15	<b>31,06</b>	1662,20	10,06	0,00	1652,14
30	<b>39,95</b>	2138,00	20,13	0,00	2117,87
45	<b>44,22</b>	2366,63	30,19	0,00	2336,44
60	<b>46,76</b>	2502,57	40,26	0,00	2462,32
90	<b>50,46</b>	2700,31	60,39	0,00	2639,92
120	<b>52,30</b>	2799,18	80,51	0,00	2718,66
180	<b>57,15</b>	3058,70	120,77	0,00	2937,93
240	<b>60,50</b>	3237,90	161,03	0,00	3076,87
300	<b>63,40</b>	3392,87	201,29	0,00	3191,58
360	<b>64,68</b>	3461,85	241,54	0,00	3220,31
480	<b>68,20</b>	3650,00	322,06	0,00	3327,94
600	<b>72,87</b>	3899,75	402,57	0,00	3497,17
720	<b>74,80</b>	4003,22	483,09	0,00	3520,13
840	<b>78,54</b>	4203,48	563,60	0,00	3639,88
960	<b>80,63</b>	4315,31	644,12	0,00	3671,19
1080	<b>82,48</b>	4413,99	724,63	0,00	3689,35
1200	<b>84,44</b>	4519,24	805,15	0,00	3714,09
1440	<b>86,90</b>	4650,80	966,18	0,00	3684,62
1680	<b>87,86</b>	4702,12	1127,21	0,00	3574,91
1920	<b>90,62</b>	4850,07	1288,24	0,00	3561,83
2160	<b>93,39</b>	4998,01	1449,26	0,00	3548,75
2400	<b>96,03</b>	5139,53	1610,29	0,00	3529,23
2640	<b>98,68</b>	5281,04	1771,32	0,00	3509,72
2880	<b>101,20</b>	5416,12	1932,35	0,00	3483,77
3360	<b>98,96</b>	5296,23	2254,41	0,00	3041,81
3840	<b>103,24</b>	5525,19	2576,47	0,00	2948,71
4320	<b>107,40</b>	5748,12	2898,53	0,00	2849,59
5040	<b>113,71</b>	6085,54	3381,62	0,00	2703,92
5760	<b>119,90</b>	6416,93	3864,71	0,00	2552,22
7200	<b>123,92</b>	6631,81	4830,88	0,00	1800,92
8640	<b>127,97</b>	6849,03	5797,06	0,00	1051,97
10080	<b>137,14</b>	7339,43	6763,24	0,00	576,20
11520	<b>146,30</b>	7829,83	7729,41	0,00	100,42
12960	<b>151,80</b>	8124,18	8695,59	0,00	-571,41

**Bergingsberekening T=10 en T=10 + 10%**

Laatst gewijzigd: 26 augustus 2015

Auteur: Sander Kossen

Dakoppervlak	1,9127	ha
Afvoeiingscoëfficiënt	1,00	
Verhard terreinopp.	3,1998	ha
Afvoeiingscoëfficiënt	1,00	
Semiverhard terreinopp.	0,47880	ha
Afvoeiingscoëfficiënt	0,50	

Afvoer T=100	2	l/s*ha
Afvoer T=100 + 10%	2	l/s*ha
Oppervlak infiltratie	0	m2
Infiltratie bodem	0	m/d

<b>Benodigde berging T=10</b>	<b>2023</b>	<b>m3</b>
<b>Benodigde berging T=10+10%</b>	<b>2281</b>	<b>m3</b>

**T=10**

Tijd	T=10	Aanvoer (m3)	Afvoer (m3)	Infiltratie	Berging
5	9,8	524,02	3,35	0,00	520,66
15	17,6	942,17	10,06	0,00	932,11
30	22,7	1217,41	20,13	0,00	1197,28
45	25,3	1355,03	30,19	0,00	1324,84
60	27,0	1445,01	40,26	0,00	1404,76
90	29,4	1572,05	60,39	0,00	1511,66
120	30,9	1651,44	80,51	0,00	1570,93
180	33,9	1815,53	120,77	0,00	1694,76
240	36,0	1926,68	161,03	0,00	1765,65
300	37,6	2013,64	201,29	0,00	1812,35
360	38,7	2072,08	241,54	0,00	1830,54
480	41,0	2194,28	322,06	0,00	1872,22
600	44,7	2389,79	402,57	0,00	1987,22
720	46,0	2461,87	483,09	0,00	1978,79
840	48,3	2586,40	563,60	0,00	2022,80
960	49,7	2659,50	644,12	0,00	2015,38
1080	50,8	2721,35	724,63	0,00	1996,71
1200	52,2	2794,44	805,15	0,00	1989,29
1440	54,0	2890,03	966,18	0,00	1923,85
1680	55,7	2980,97	1127,21	0,00	1853,77
1920	57,6	3081,64	1288,24	0,00	1793,41
2160	59,5	3182,32	1449,26	0,00	1733,05
2400	61,3	3282,99	1610,29	0,00	1672,69
2640	63,2	3383,66	1771,32	0,00	1612,33
2880	65,0	3478,74	1932,35	0,00	1546,38
3360	66,0	3530,76	2254,41	0,00	1276,35
3840	68,8	3683,09	2576,47	0,00	1106,62
4320	71,6	3829,97	2898,53	0,00	931,44
5040	75,8	4058,47	3381,62	0,00	676,85
5760	80,0	4281,52	3864,71	0,00	416,81
7200	83,7	4477,23	4830,88	0,00	-353,65
8640	90,1	4824,06	5797,06	0,00	-973,00
10080	96,6	5170,88	6763,24	0,00	-1592,35
11520	103,0	5512,46	7729,41	0,00	-2216,96
12960	109,0	5833,57	8695,59	0,00	-2862,02

**Bergingsberekening T=10 en T=10 + 10%**

Laatst gewijzigd: 26 augustus 2015

Auteur: Sander Kossen

**T=10+10%**

Tijd	<b>T=10+10%</b>	Aanvoer (m3)	Afvoer (m3)	Infiltratie	Berging
5	<b>10,77</b>	576,42	3,35	0,00	573,06
15	<b>19,36</b>	1036,39	10,06	0,00	1026,32
30	<b>25,02</b>	1339,15	20,13	0,00	1319,02
45	<b>27,85</b>	1490,53	30,19	0,00	1460,34
60	<b>29,70</b>	1589,51	40,26	0,00	1549,26
90	<b>32,31</b>	1729,25	60,39	0,00	1668,87
120	<b>33,94</b>	1816,59	80,51	0,00	1736,07
180	<b>37,32</b>	1997,08	120,77	0,00	1876,31
240	<b>39,60</b>	2119,35	161,03	0,00	1958,32
300	<b>41,39</b>	2215,00	201,29	0,00	2013,71
360	<b>42,59</b>	2279,29	241,54	0,00	2037,74
480	<b>45,10</b>	2413,71	322,06	0,00	2091,65
600	<b>49,12</b>	2628,77	402,57	0,00	2226,20
720	<b>50,60</b>	2708,06	483,09	0,00	2224,97
840	<b>53,16</b>	2845,05	563,60	0,00	2281,44
960	<b>54,66</b>	2925,45	644,12	0,00	2281,33
1080	<b>55,93</b>	2993,48	724,63	0,00	2268,85
1200	<b>57,44</b>	3073,89	805,15	0,00	2268,74
1440	<b>59,40</b>	3179,03	966,18	0,00	2212,85
1680	<b>61,27</b>	3279,07	1127,21	0,00	2151,87
1920	<b>63,34</b>	3389,81	1288,24	0,00	2101,57
2160	<b>65,41</b>	3500,55	1449,26	0,00	2051,28
2400	<b>67,48</b>	3611,28	1610,29	0,00	2000,99
2640	<b>69,55</b>	3722,02	1771,32	0,00	1950,70
2880	<b>71,50</b>	3826,61	1932,35	0,00	1894,26
3360	<b>72,57</b>	3883,83	2254,41	0,00	1629,42
3840	<b>75,70</b>	4051,40	2576,47	0,00	1474,92
4320	<b>78,72</b>	4212,97	2898,53	0,00	1314,44
5040	<b>83,42</b>	4464,31	3381,62	0,00	1082,70
5760	<b>88,00</b>	4709,67	3864,71	0,00	844,97
7200	<b>92,02</b>	4924,95	4830,88	0,00	94,07
8640	<b>99,15</b>	5306,46	5797,06	0,00	-490,60
10080	<b>106,28</b>	5687,97	6763,24	0,00	-1075,26
11520	<b>113,30</b>	6063,70	7729,41	0,00	-1665,71
12960	<b>119,90</b>	6416,93	8695,59	0,00	-2278,66

## **Bijlage 4**

### Onderbouwing waterdoorlatendheid en infiltratie

### Ideale leeglooptijd

Tijdens (extreme) neerslag vult de waterbergingszone zich met hemelwater. Voor het kunnen opvangen van nieuwe neerslaggebeurtenissen en voor de ontwikkeling van de vegetatie is het belangrijk dat de zone na neerslag weer afdoende snel leegloopt. Een ideale leeglooptijd is 24 tot 48 uur voor de bui  $T=10+10\%$ . De leegloop vindt plaats door infiltratie in de bodem en de vertraagde afvoer richting het bestaande watersysteem.

### Scenario's werkelijke leeglooptijd bij uitsluitend infiltratie

Voor de leegloop van de bergingszone is het belangrijk om een waterdoorlatendheid van minimaal 0,2 tot 0,5 m/d te kunnen garanderen bij het infiltratieoppervlak in de zone van 5.380 m<sup>2</sup>.

De leeglooptijd van de zone is berekend voor zeven neerslagsituaties (tabel 1).

**Tabel 1: Leeglooptijd zeven neerslagsituaties als gevolg van infiltratie 0,2 tot 0,5 m/dag**

<i>Situatie</i>	<i>Leeglooptijd (uur)</i>
Bui T=100 + 10%	33 tot 83
Bui T=100	30 tot 73
Bui 600 m <sup>3</sup> /ha verharding	29 tot 71
<b>Bui T=10 + 10%</b>	<b>20 tot 51</b>
Bui T=10	18 tot 45
Bui 09 Leidraad Riolering	14 tot 35
Bui 08 leidraad Riolering	9 tot 24

Hieruit blijkt de leeglooptijd nog niet helemaal optimaal te zijn. Voor de zwaardere buien is namelijk meer leeglooptijd nodig dan 24-48 uur.

### Scenario's werkelijke leeglooptijd bij infiltratie in combinatie met vertraagde afvoer

Daarom wordt aanbevolen om de infiltratiezone te voorzien van een vertraagde afvoer naar:

- het bestaande oppervlaktewater (watergang noordzijde gebied) en/of
- richting bestaande (hemelwater)riolering.

Deze vertraagde afvoer mag 2,0 l/s/ha bedragen (is conform het waterbeleid en de Keur van Waterschap De Dommel). Deze norm komt overeen met een afvoer van circa 40 m<sup>3</sup>/uur. Met de vertraagde afvoer, bovenop de infiltratie, loopt de waterbergingszone voldoende snel leeg (zie tabel 2). Niet alleen de normbui  $T=10+10\%$ , maar ook de zwaardere buien tot en met de bui  $T=100+10\%$  voldoen aan de ideale leeglooptijd.

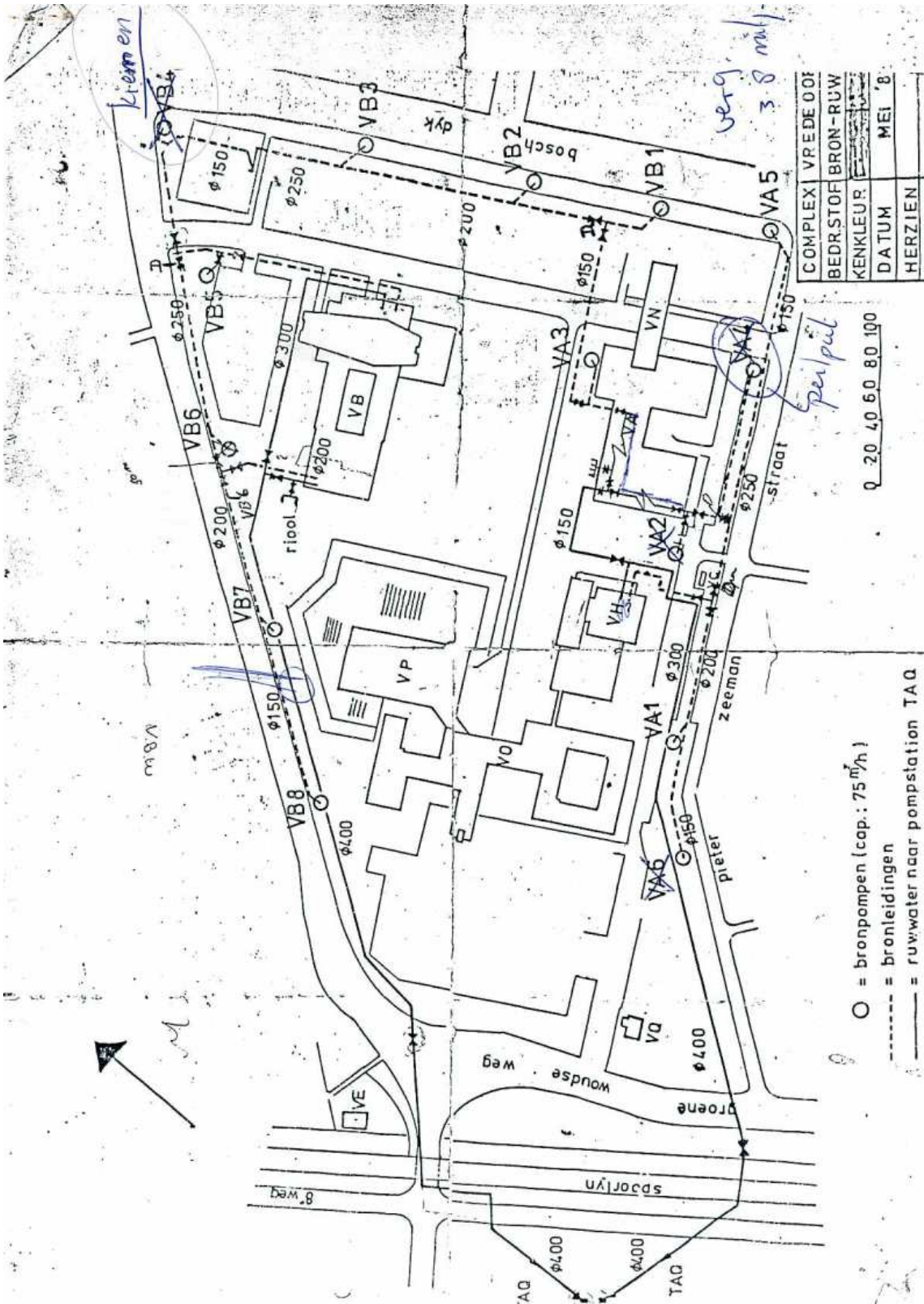
**Tabel 2: Leeglooptijd zeven neerslagsituaties als gevolg van infiltratie 0,2 tot 0,5 m/dag en een vertraagde afvoer van 2,0 l/s/ha**

<i>Situatie</i>	<i>Leeglooptijd (uur)</i>
Bui T=100 + 10%	24 tot 43
Bui T=100	22 tot 39
Bui 600 m <sup>3</sup> /ha verharding	21 tot 38
<b>Bui T=10 + 10%</b>	<b>15 tot 27</b>
Bui T=10	13 tot 24
Bui 09 Leidraad Riolering	10 tot 18
Bui 08 leidraad Riolering	7 tot 12

Zoals eerder aangegeven mag eigenlijk met een grotere afvoer richting de bestaande riolering gerekend worden. Omdat het nog niet duidelijk is op welke wijze de afvoer richting het bestaande watersysteem gaat plaatsvinden, wordt voor het bepalen van de leegloop vooralsnog geen rekening gehouden met deze grotere afvoer.

## **Bijlage 5**

Kaart: grondwateronttrekkingspunten Vredeoord

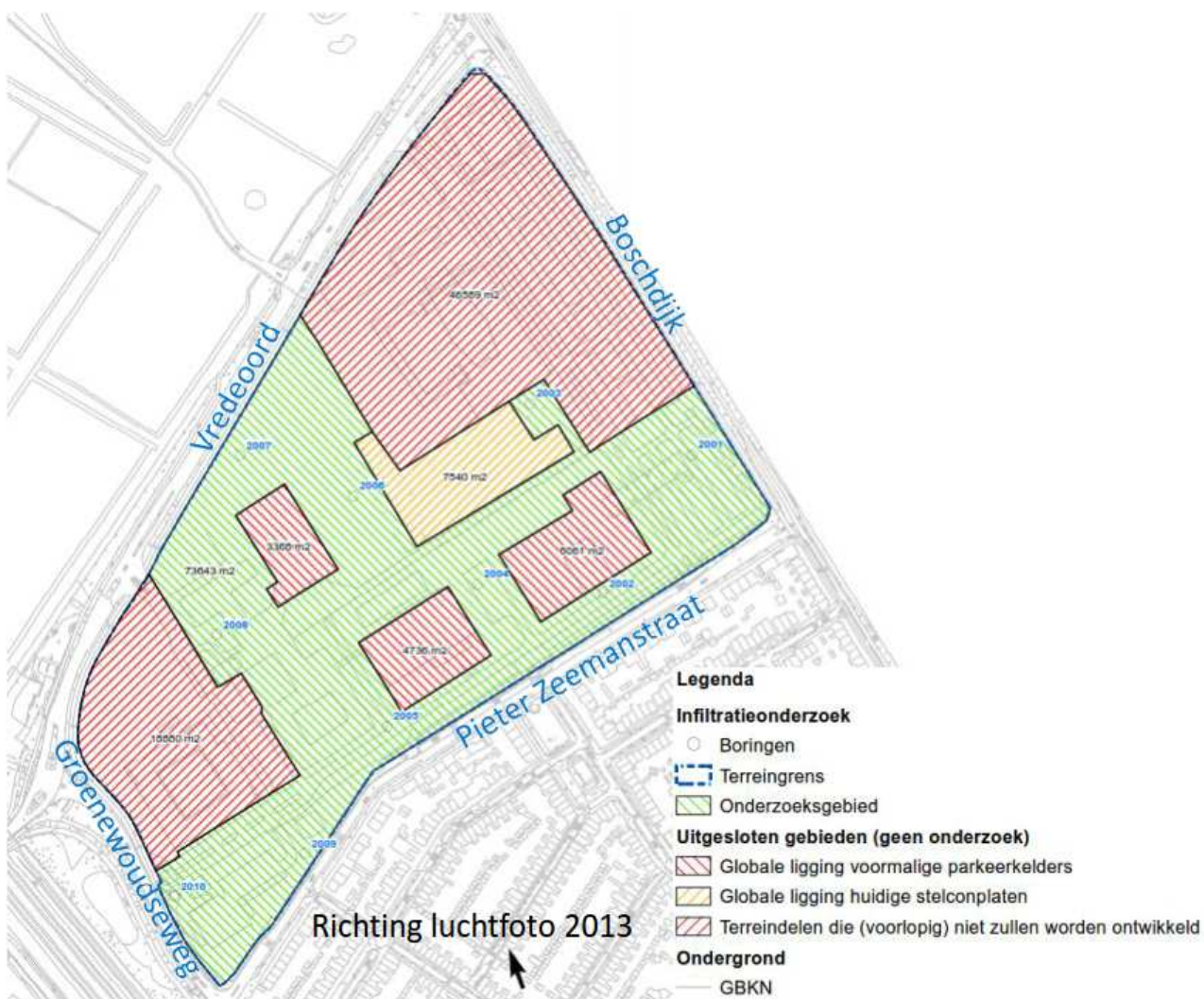


Bron: Waterschap De Dommel [1]



## **Bijlage 6**

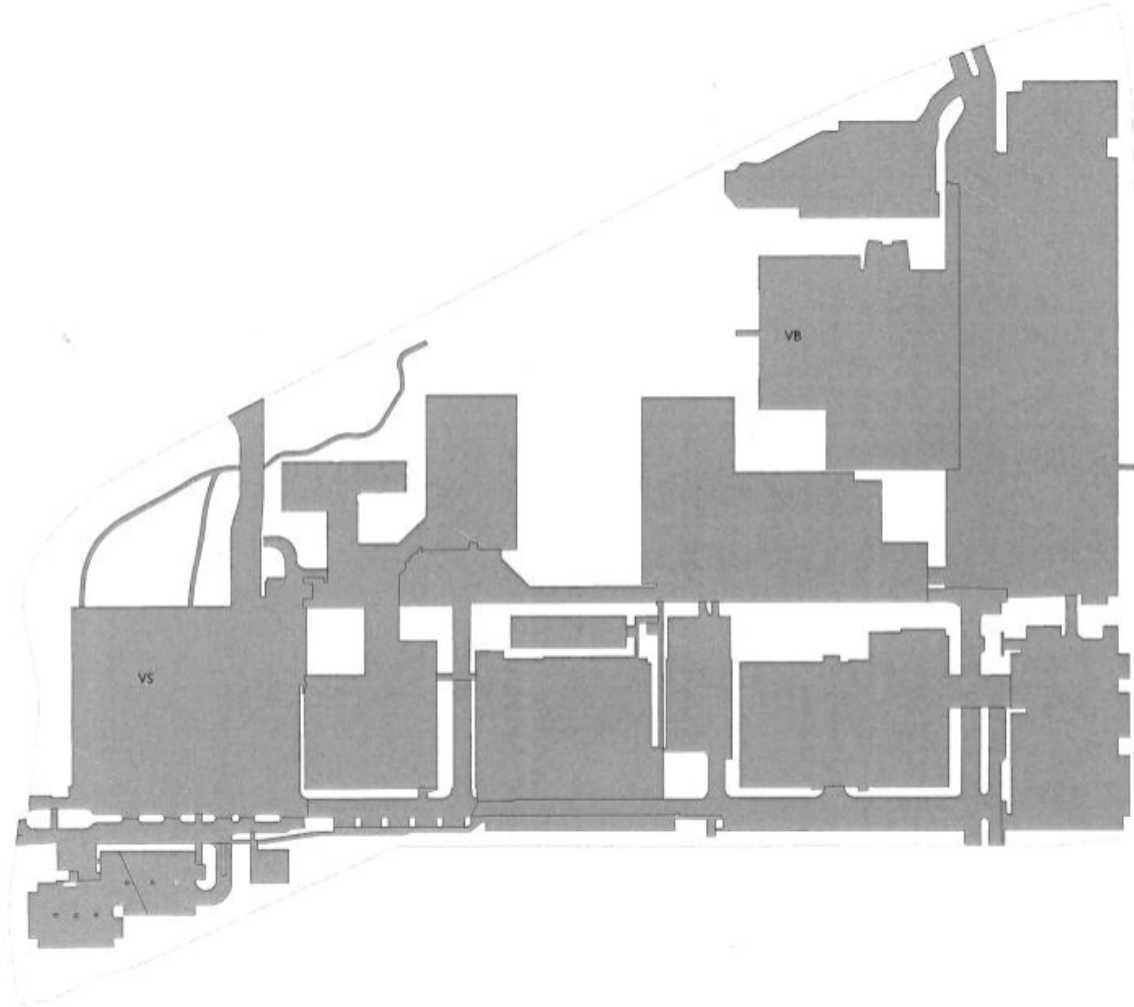
Situatie plangebied Vredeoord 2013



Luchtfoto uit 2013:



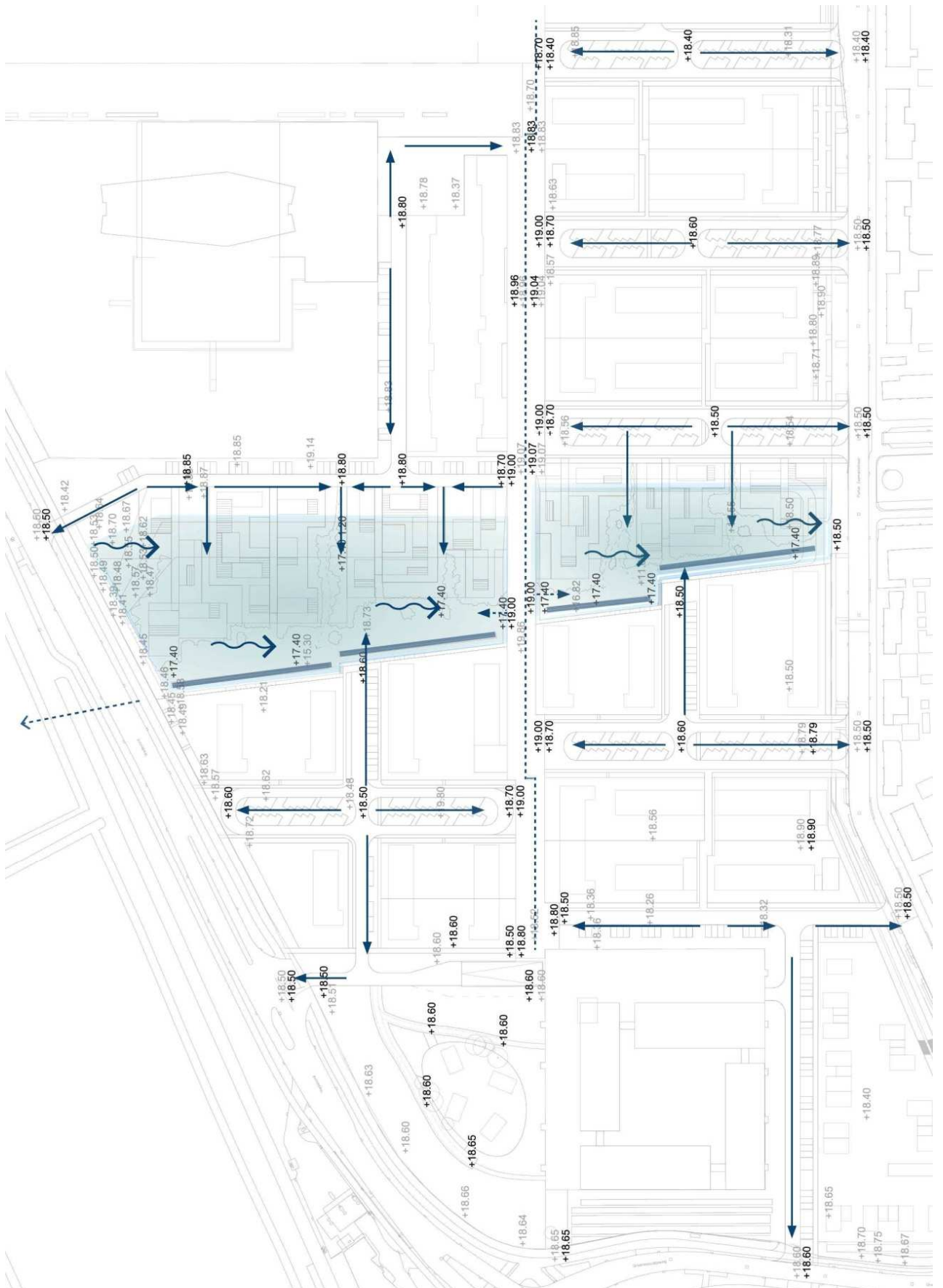
Oorspronkelijke situatie verhard oppervlak (grijs) van bedrijventerrein Vredeoord (tot 2013):



Bron: Bureau Lubbers [7]

## **Bijlage 7**

Kaart: oppervlakkige afwatering en peilen



Bron: Bureau Lubbers [7]