



# ORIËNTEREND INFILTRATIEPLAN

**Elzenbos te Brummen  
Lombok te Eerbeek**

## Opdrachtgever

Gemeente Brummen  
Postbus 5  
6970 AA BRUMMEN

## Projectnummer

156091

## Kenmerk

VZU/ALG/VMO/156091

## Autorisatie

Redactie:

ing. V.E. van Zuijlen

Eindredactie/kwaliteitscontrole:

ing. H. Hijlkema

paraaf

paraaf

datum

06-03-2007

datum

06-03-2007

status

definitief

status

definitief



Verhoeve Milieu bv, Dorpsstraat 32, NL-6999 AD HUMMELO  
Postadres: Postbus 4, NL-6997 ZG HOOG-KEPPEL  
Telefoon +31 (0)314 38 11 44, Fax +31 (0)314 38 20 96, Internet: [www.verhoevemilieu.com](http://www.verhoevemilieu.com)  
Bankrelatie F. van Lanschot Bankiers Nijmegen, nr. 22.59.31.362 BTW nr. NL001210312B01, HR 09036793  
Verhoeve Milieu bv is een werkmaatschappij van de Verhoeve Groep  
Verhoeve Milieu heeft vestigingen te Almelo, Dordrecht, Hoorn, Hummelo, Jirnsum, Zelhem en Antwerpen





Project : ORIËTEREND INFILTRATIEPLAN, Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Kenmerk : VZU/ALG/VMO/156091

## Colofon

Opdrachtgever: Gemeente Brummen te Brummen  
Project: Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Projectnummer: 156091  
Titel: ORIËTEREND INFILTRATIEPLAN, Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Datum: 6 maart 2007  
Redactie: ing. V.E. van Zuijlen  
Met bijdragen van: M. Roordink en ir. F. van Leeuwe  
Eindredactie: Ing. H. Hijlkema  
Druk: Verhoeve Milieu bv, Hummelo

### Verhoeve Milieu bv

Postadres: Postbus 4, NL-6997 ZG HOOG-KEPPEL  
Telefoon +31 (0)314 38 11 44, Fax +31 (0)314 38 20 96, Internet: [www.verhoevemilieu.com](http://www.verhoevemilieu.com)

© Verhoeve Milieu bv, 2007

De rechten van intellectueel eigendom verblijven te allen tijde bij Verhoeve Milieu bv.



## INHOUD

1.	INLEIDING	4
2.	BESCHRIJVING LOCATIE ELZENBOS te BRUMMEN	5
2.1.	Terreinsituatie	5
2.2.	Bodemopbouw	5
2.3.	Doorlatendheid bodem	6
2.4.	Grondwaterstanden	6
3.	BESCHRIJVING LOCATIE LOMBOK te EERBEEK	8
3.1.	Terreinsituatie	8
3.2.	Bodemopbouw en doorlatendheid	8
3.3.	Doorlatendheid bodem	9
3.4.	Grondwaterstanden	10
4.	INFILTRATIEVOORZIENINGEN	11
4.1.	Eisen en uitgangspunten	11
4.3.	Infiltratiesystemen	13
4.4.	Rekenwaarde doorlatendheid	14
5.	DIMENSIONERING INFILTRATIESYSTEMEN	15
5.1.	Elzenbos te Brummen	15
5.2.	Lombok te Eerbeek	15
5.3.	Opmerkingen aanleg wadi's	16
6.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	17
6.1.	Elzenbos te Brummen	17
6.2.	Lombok te Eerbeek	17



## 1. INLEIDING

In opdracht van de gemeente Brummen is een oriënterend infiltratieplan opgesteld voor de onderzoekslocaties "Elzenbos" te Brummen en "Lombok" te Eerbeek. De aanleiding voor dit oriënterend infiltratieplan is de voorgenomen ontwikkeling van de locaties voor woningbouw.

Doel van het infiltratieplan is het vaststellen van de mogelijkheden voor het infiltreren van hemelwater nadat de locaties bouw- en woonrijp gemaakt zijn. Daarbij worden ook belangrijke aandachtspunten benoemd, waarmee rekening moet worden gehouden bij het verdere ontwerp van infiltratiesystemen als onderdeel van het hemelwaterafvoersysteem.

Bij het opstellen van dit oriënterend infiltratieplan is gebruik gemaakt van bodemonderzoeksgegevens die reeds eerder gerapporteerd zijn:

- Bodemopbouw en doorlatendheid:
  - In-situ doorlatendheidsonderzoek Elzenbos te Brummen, kenmerk MTE/ADV/VMO/156091, 22-01-2007
  - In-situ doorlatendheidsonderzoek Lombok te Eerbeek, kenmerk MTE/ADV/VMO/156091, 22-01-2007Beide opgesteld door Verhoeve Milieu bv
- Diepe bodemopbouw en terreinhoogtes:
  - Sonderingen Nieuwbouw woonwijk te Brummen, kenmerk R635606-RY\_1, 07-12-2006
  - Sonderingen Nieuwbouw woonwijk te Eerbeek, kenmerk R635706-RY\_1, 07-12-2006Beide opgesteld door Mos Grondmechanica bv



## 2. BESCHRIJVING LOCATIE ELZENBOS te BRUMMEN

### 2.1. Terreinsituatie

Het te ontwikkelen gebied heeft een totale oppervlakte van circa 30 hectare. Het gebied is gelegen tussen de Zutphensestraat, de Elzenbosweg, de N348, de Meengatstraat en de Veldweide (zie de overzichtstekening in bijlage 1). Het gebied bestaat grotendeels uit agrarische grond.

Het terrein heeft grotendeels een hoogte die varieert van 7,6 m+NAP tot 8,2 m+NAP. In de zuidwesthoek loopt een klein deel van het terrein echter op tot ongeveer 9,0 m+NAP.

### 2.2. Bodemopbouw

De globale (hydro)geologische gegevens van het gebied staan samengevat in tabel 2.1 weergegeven.

tabel 2.1: Schematische voorstelling van de (hydro)geologische situatie

Pakket	Diepte (m-mv)	Parameters	Doorlatendheid
deklaag (Betuwe Formatie)	0,0 - 5,0	zwaklemig matig fijn zand	
1 <sup>e</sup> wvp (Formatie van Kreftenheye)	5,0 - 11	matig grof zand	KD < 1.500 m <sup>2</sup> /dag
1e scheidende laag (Formatie van Drente)	11 - 15	klei en slibhoudende zanden	
2 <sup>e</sup> wvp	15 - 43	matig fijne zanden	KD < 2.400 m <sup>2</sup> /dag

Bij veldonderzoek t.b.v. het bepalen van de milieuhygiënische kwaliteit en de doorlatendheid van de bodem is de lokaal aanwezige deklaag meer in detail onderzocht. In onderstaande tabel 2.2 is de bodemopbouw van de deklaag weergegeven zoals die gemiddeld geldt voor het onderzoeksgebied.

Tabel 2.2: Lokale (gemiddelde) bodemopbouw

Diepte (m-mv.)	Samenstelling
0,0-1,1	Zwak zandige, zwak humeuze klei
1,1-1,5	Sterk siltige klei
1,5-4,0	Matig grof, zwak siltig zand
4,0-6,0	Zeer grof, zwak siltig zand

Plaatselijk bestaat de bovengrond uit zand en is in de ondergrond een veenlaag aanwezig.



### 2.3. Doorlatendheid bodem

De doorlatendheid van de bodem is onderzocht met een in-situ doorlatendheidsonderzoek. In onderstaande tabel zijn de boringen, dieptes, laagbeschrijvingen en berekende k-factoren weergegeven. Voor een nadere beschrijving van de doorlatendheid en de gehanteerde onderzoeksmethode wordt verwezen naar het separaat gerapporteerde in-situ doorlatendheidsonderzoek.

Tabel 2.3: Doorlatendheden

Boring	Grwstand tijdens boring in m-mv	Onderkant boorgat in m-mv (proef)	Bodem-beschrijving	Schatting M50	Ondoorlatende laag aanwezig welke van invloed is op k-factor	Berekende k-factor in m/dag		
						Reeks 1	Reeks 2	Reeks 3
<b>Westkant onderhavig onderzoek</b>								
719a	1,6	1,2 (CCHP)	ZAND, matig fijn, matig siltig, zwak kleilig	200	nee	0,20	0,18	0,18
738a	1,5	0,8 (CCHP)	KLEI, matig zandig	180	nee	0,13	0,12	0,11
<b>Westkant eerder uitgevoerd onderzoek</b>								
1	2	3 (H)	ZAND, matig grof, zwak siltig	-	nee	20	20	-
2	1,6	3 (H)	ZAND, matig fijn, zwak siltig	-	nee	20	20	-
<b>Oostkant</b>								
X	2,1	1,3 (CCHP)	Zand, matig fijn, zwak siltig, sporen roest	220	nee	2,12	2,06	2,04
		2,59 (H)	ZAND, matig grof, zwak siltig, sporen roest	280	nee	8,68	12,22	3,7
Y	1,8	1,4 (CCHP)	ZAND, matig grof, zwak siltig, zwak kleilig	240	nee	0,11	0,10	0,09
		2,58 (H)	ZAND, matig grof, zwak siltig, zwak kleilig	240	nee	3,95	6,81	4,57
Z	2,4	1,7 (CCHP)	ZAND, matig grof, matig siltig	220	nee	0,48	0,45	0,43
		2,85 (H)	ZAND, matig grof, zwak siltig	280	nee	3,98	5,95	6,67
712	1,8	2,35 (H)	ZAND, matig fijn, zwak siltig	200	nee	3,91	4,13	3,5
704a	1,6	0,7 (CCHP)	ZAND, matig fijn, matig siltig	180	ja	0,53	0,49	0,45

CCHP Compact Constant Head Permeameter, onverzadigde zone

H Hooghoudt, verzadigde zone

### 2.4. Grondwaterstanden

In de literatuur zijn binnen het onderzoeksgebied 2 grondwatertrappen te onderscheiden, namelijk grondwatertrap V en VII. Per grondwatertrap zijn de volgende grondwaterstanden te verwachten.

Tabel 2.4: Grondwaterstanden

Grondwatertrap	Grondwaterstanden
V	GHG: < 40 cm-mv
	GLG: > 120 cm-mv
VII	GHG: > 80 cm-mv
	GLG: > 160 cm-mv

In de overzichtstekening van bijlage 1 staan de terreindelen met bijbehorende grondwatertrappen weergegeven.



Project : ORIËNTEREND INFILTRATIEPLAN, Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Kenmerk : VZU/ALG/VMO/156091

Het onderzoeksterrein is gesitueerd in het stroomgebied van de rivier de IJssel. Dit betekent dat er sterk wisselende grondwaterstanden in het zandpakket kunnen optreden ten gevolge van de wisselende rivierwaterstanden.

Van de nabijgelegen peilbuizen B33G0029 en B33G0347 zijn bij TNO/NITG de periodieke grondwaterstandmetingen opgevraagd. De situering van de peilbuizen staat weergegeven op de overzichtstekening van bijlage 1.

De grondwaterstandmetingen van peilbuis B33G0347 zijn beschikbaar van de periode 1953 t/m 1975. In deze periode is 4 keer per jaar gemeten. De metingen staan in de grafiek van bijlage 3 weergegeven. Uit de metingen volgt een fluctuatie van de grondwaterstand tussen globaal 6,0 en 8,0 m+NAP.

Gezien het geringe aantal uitgevoerde grondwaterstandmetingen per jaargang is geen juiste Gemiddeld Hoogste of Laagste Grondwaterstand (GHG of GLG) te bepalen. Indicatief kan echter een GHG van 7,15 m+NAP en een GLG van 6,20 m+NAP aangehouden worden.

Peilbuis B33G0027 blijkt een filterstelling te hebben waarbij het filter zich bevindt in het tweede watervoerende pakket. De geregistreerde grondwaterstanden/stijghoogten van deze peilbuis fluctueren globaal tussen de 6,0 en 8,0 m+NAP. Eventuele infiltratievoorzieningen zullen echter in de deklaag aangelegd worden, zodat een nadere analyse van de geregistreerde grondwaterstanden van deze peilbuis niet uitgevoerd is in het kader van deze rapportage.



### 3. BESCHRIJVING LOCATIE LOMBOK te EERBEEK

#### 3.1. Terreinsituatie

Het te ontwikkelen gebied heeft een totale oppervlakte van circa 18 hectare. Het gebied is gelegen tussen de wijk Lombok, de Lombokweg, de Ringlaan en tot circa 130 meter ten zuiden van de Weverweg, zie overzichtstekening in bijlage 2.

Binnen het te onderzoeken gebied bevinden zich de gemeentewerf aan de Ringlaan 3a en een leegstaande fabriek aan de Ringlaan 5. Aan de Weverweg is een volkstuintencomplex aanwezig met hiernaast 2 schuren. Het overig terrein bestaat overwegend uit agrarisch gebied. De woningen aan de Weverweg 1, 2, 4, 5 en 6 en de Ringlaan 3, 7 en 9 vallen niet binnen het onderzoeksgebied.

De gemeten terreinhoogte varieert binnen het plangebied tussen 16,65 en 19,85 m+NAP. Globaal is een onderverdeling te maken volgens onderstaande tabel.

Tabel 3.1: Terreinhoogte

Terreindeel	Maaiveldhoogte
Noordelijk deel	16,6 tot 17,4 m+NAP
Middendeel	17,0 tot 18,0 m+NAP
Zuidelijk deel	18,0 tot 19,0 m+NAP (met één meting t.p.v. de gemeentewerf van 19,85 m+NAP)

#### 3.2. Bodemopbouw en doorlatendheid

De globale (hydro)geologische gegevens van het gebied staan samengevat in tabel 3.2 weergegeven.

tabel 3.2: Schematische voorstelling van de (hydro)geologische situatie

Pakket	Diepte (m-mv)	Parameters	Doorlatendheid
deklaag (Formatie van Twente)	0,0 - 4,0	Matig fijn tot uiterst grof zand	
1 <sup>o</sup> wvp (Formaties van Twente en Kreftenheye)	4,0 – 37,0	Uiterst grof tot matig fijn zand met dunne klei- en veenlaagjes	KD 1.500-3.000 m <sup>2</sup> /dag
Slecht doorlatend pakket (Formatie van Drenthe)	35,0 –37,0	klei	
2 <sup>o</sup> wvp (pleistocene en pliocene Formaties)	>37	Uiterst grof tot matig fijn zand met dunne kleilaagjes	

Bij veldonderzoek t.b.v. het bepalen van de milieuhygiënische kwaliteit en de doorlatendheid van de bodem is de lokaal aanwezige deklaag meer in detail onderzocht. In onderstaande tabel 3.3 is de bodemopbouw van de deklaag weergegeven zoals die gemiddeld geldt voor het onderzoeksgebied.

Tabel 3.3: Lokale (gemiddelde) bodemopbouw

Diepte (m-mv.)	Samenstelling
0,0-0,5	Matig fijn, zwak siltig, matig humeus, zwak grindig zand
0,5-1,0	Matig fijn, zwak siltig, zwak grindig zand
1,0-5,4	Matig grof, zwak siltig zand

Plaatselijk zijn in de ondergrond veen en/of leemlagen op verschillende dieptes (ca. 2,0 tot 4,0 m-mv) aanwezig.





### 3.3. Doorlatendheid bodem

De doorlatendheid van de bodem is onderzocht met een in-situ doorlatendheidsonderzoek. In onderstaande tabel zijn de boringen, dieptes, laagbeschrijvingen en berekende k-factoren weergegeven. Voor een nadere beschrijving van de doorlatendheid en de gehanteerde onderzoeksmethode wordt verwezen naar het separaat gerapporteerde in-situ doorlatendheidsonderzoek.

Tabel 3.4: Doorlatendheden

Boring	Grwstand tijdens boring in m-mv	Onderkant boorgat in m-mv (proef)	Bodembeschrijving	Schatting M50	Ondoorlatende laag aanwezig welke van invloed is op k-factor	Berekende k-factor in m/dag		
						Reeks 1	Reeks 2	Reeks 3
31a	2,5	0,7 (CCHP)	ZAND, matig fijn, zwak siltig, matig grindig	180	Nee	1,09	0,61	0,58
		1,5 (CCHP)	ZAND, matig grof, zwak siltig, sporen roest	260	Nee	0,64	0,63	0,65
41a	2,4	1,3 (CCHP)	ZAND, matig grof, matig siltig, zwak grindig, matig roesthoudend	380	Nee	Geen*	1,29	1,14
54a	>1,5	0,94 (CCHP)	ZAND, matig grof, zwak siltig, matig grindig, matig roesthoudend	250	Nee	3,54	3,20	3,01
75a	>2,0	0,34 (CCHP)	ZAND, matig fijn, zwak siltig, zwak grindig	180	Nee	2,02	1,97	1,86
101a	>2,0	1,2 (CCHP)	ZAND, matig grof, zwak siltig	270	Nee	0,22	0,22	0,24
102a	>2,0	1,15 (CCHP)	ZAND, matig grof, zwak siltig, zwak grindig	270	Nee	1,49	1,49	1,48

\* Uit de resultaten blijkt dat de steady state niet is bereikt. De k-waarde kan niet berekend worden.

CCHP Compact Constant Head Permeameter, onverzadigde zone



Project : ORIËTEREND INFILTRATIEPLAN, Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Kenmerk : VZU/ALG/VMO/156091

### 3.4. Grondwaterstanden

Uit de literatuur blijkt dat het onderzoeksgebied gesitueerd is in een gebied met grondwatertrap VII. Dit betekent dat de GHG zich op een diepte bevindt van > 80 cm-mv en de GLG op een diepte van > 160 cm-mv.

Peilbuizen van TNO/NITG zijn niet nabij de onderzoekslocatie gesitueerd. Echter op basis van ervaring met grondwerk in dit deel van Eerbeek kan gesteld worden dat de GHG in ieder geval dieper gelegen is dan 2,0 m-mv.



## 4. INFILTRATIEVOORZIENINGEN

### 4.1. Eisen en uitgangspunten

#### *Gemeente Brummen*

De gemeente Brummen heeft in 2001 het Gemeentelijk Afkoppelplan Brummen opgesteld. In dit plan heeft de gemeente haar beleid voor het afkoppelen van verhard oppervlak van 20 % van de verharding in bestaand bebouwd gebied opgenomen. De gemeente streeft naar het zo veel mogelijk vasthouden van regenwater binnen het gebied. De voorkeursvolgorde is:

- Voorkomen van afvoer;
- Benutten van hemelwater;
- Infiltreren van hemelwater bovengronds;
- Infiltreren van hemelwater ondergronds;
- Bergen en afvoeren naar oppervlaktewater;
- Bergen en afvoeren via riolering naar RWZI.

De nieuwbouw locaties Lombok in Eerbeek en Elzenbos in Brummen zijn niet in het plan opgenomen. Echter wanneer we de voorkeuren van de omringende wijken extrapoleren naar de nieuwbouw wijken dan geldt voor Elzenbos te Brummen dat dit gebied geschikt is voor bovengrondse infiltratie en afvoer naar oppervlaktewater en ongeschikt voor ondergrondse infiltratie.

Voor Lombok geldt dat deze geschikt is voor bovengrondse en ondergrondse infiltratie. Door de afwezigheid van oppervlaktewater is dit gebied ongeschikt voor afvoer naar oppervlaktewater.

#### *Waterschap Veluwe*

Waterschap Veluwe heeft Richtlijnen voor (her) inrichting van (stedelijk) water opgesteld. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op beleidsnota's en overeenkomsten die duurzaam stedelijk waterbeheer voorstaan zoals Waterkoersen voor de Veluwe, WB21 en Kaderrichtlijn Water.

De relevante richtlijnen staan hier op een rij:

- integratie van water en groen (bijvoorbeeld groenstroken, bermen, natuur);
- water als medeordenend dan wel sturend principe;
- een inrichting van het gebied die zoveel mogelijk aansluit bij de natuurlijke 'groen en blauwe' onderlegger;
- sluitende waterkringlopen binnen het gebied (waterbesparing, cascadering, hergebruik van water binnen of buiten het gebied, grondwateraanvulling door infiltratie);
- schoon water schoonhouden;
- waar mogelijk inlaat van gebiedsvreemd water vermijden (peilfluctuaties accepteren);
- mogelijkheden benutten om de zelfzuiverende werking van het oppervlaktewater te bevorderen;
- voldoende ruimte om water vast te houden, of indien dit niet mogelijk is, water te bergen ter voorkoming van wateroverlast;
- in stand houden/ontwikkelen van ecologische relaties met het omliggende gebied;
- benutten van ecologische potenties;
- afvoer van hemelwater zoveel mogelijk in zicht, zodat eventuele verontreiniging goed kan worden geconstateerd (voorkeursvolgorde: infiltreren, (vertraagd) afvoeren naar water, afvoeren via riool);
- bij de inrichting van industrieterreinen een zo flexibel mogelijk rioleringssysteem
- creëren voor de afvoer van afvalwater en regenwater van vervuilde oppervlakken. Hierdoor is de afvoer bij wisseling van bedrijven eenvoudig aan te passen;
- behoud van cultuurhistorische elementen.
- Geen peilverlaging van het oppervlaktewater binnen het in te richten gebied.
- Grondwaterneutrale inrichting, bijvoorbeeld door ophogen. Pas als grondwaterneutraal niet mogelijk is, kan gedacht worden aan draineren; minimaal de vereiste ontwateringdiepte voor stedelijk gebied realiseren. In dat geval dient wel gemitigeerd/gecompenseerd te worden.



Project : ORIËNTEREND INFILTRATIEPLAN, Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Kenmerk : VZU/ALG/VMO/156091

- Een bui van 35,7 mm/45 minuten (neerslaggebeurtenis 10 uit Leidraad Riolering) moet binnen het gebied geborgen worden.
- Pas als het niet mogelijk is afgekoppeld schoon hemelwater te infiltreren in de bodem of te bergen, kan het op het oppervlaktewateren geloosd worden. Pas als lozen op het oppervlaktewater ook niet mogelijk (capaciteit) of niet gewenst of niet toegestaan is in verband met ecologische doelstellingen of natuurwetgeving (Flora- en Faunawet), kan het schone (hemel)water afgevoerd worden via het rioolstelsel naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie (zie ook de provinciale afkoppelbeslisboom-Tauw).
- Watergangen met een afvoerfunctie worden ontworpen op halve maatgevende afvoer met de daarbij behorende drooglegging. De inliggende kunstwerken op maatgevende afvoer. Voor de berekening van de afvoercapaciteit is dan de bodembreedte van belang (met name voor het landelijk gebied). In stedelijk gebied komt de retentiefunctie er nog bij. Deze retentie zit boven het waterpeil dat bereikt wordt bij een maatgevende afvoer. Hierbij is de breedte van de waterspiegel van belang: hoe breder de waterlijn, hoe meer retentie er kan plaatsvinden.
- Bestaande milieuhygiënische voorzieningen dienen optimaal te worden benut (verontreinigd water moet naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie worden afgevoerd).
- Voorafgaand aan inrichting flora- en faunawetonderzoek laten uitvoeren, en bij inrichting flora-en faunawetaspecten meenemen.
- Let bij de inrichting ook op de fysieke veiligheid: plaats bijvoorbeeld hekjes of leg plas-draszones aan.
- (Nagenoeg) stilstaand water moet een minimale diepte hebben van 1,30 m.
- Volgens de uitgangspunten van duurzame (stede)bouw moet de keuze van bouwmaterialen zo zijn dat vervuiling van het grond- en oppervlaktewater en de waterbodems zoveel mogelijk wordt voorkomen. Dat wil zeggen: Maak (in geval van nieuwbouw en verbouw) voor toepassing (geheel of grotendeels) als dakbedekking of gevelbekleding geen gebruik van uitlogende bouwmaterialen zoals zink, koper, en lood voor woningbouw, utiliteitsbouw, grond-, weg- en waterbouw (GWW) straatmeubilair, enz. Kies voor toepassing als dakgoot of hemelwaterafvoer geen (ongecoate) uitloogbare materialen of kies hiervoor een innovatieve toepassing.
- Houd rekening met de vastgelegde ecologische verbindingzones en ecologische waarden en de Flora- en Faunawet.
- Maak geen gebruik van chemische onkruidbestrijdingsmiddelen op plaatsen waar lozingen op het oppervlaktewater kunnen plaatsvinden of waar via de bodem uitspoeling naar oppervlaktewater of grondwater kan plaatsvinden. Bij de (her)inrichting kan hierop worden ingespeeld door bijvoorbeeld oevers in te richten met planten waartussen onkruid weinig kans maakt. Als verhardingen worden toegepast krijgt onkruid minder kans door gebruik te maken van gesloten verhardingen.
- Lozingen op het oppervlaktewater via een bodempassage.
- Bij een overstort moet het peilverschil tussen de overstortdrempel en het oppervlaktewater zo zijn dat de benodigde wateropvang wordt gerealiseerd. Dit peilverschil moet bij voorkeur tenminste 0,5 m zijn.



### 4.3. Infiltratiesystemen

Voor de infiltratiesystemen onderscheiden we ondergrondse en bovengrondse infiltratiesystemen. Afhankelijk van de bodemdoorlatendheid en de grondwaterstanden zijn er verschillende toepassingsmogelijkheden.

#### *Ondergrondse infiltratie*

Bij ondergrondse infiltratie wordt het regenwater in infiltratiekratten, geperforeerde buizen of grindkoffers ondergronds opgevangen. Vanuit deze ondergrondse berging infiltreert het regenwater naar de bodem.

- In gebieden met lage grondwaterstanden zoals in Eerbeek is ondergrondse infiltratie goed mogelijk.
- In gebieden met permanent hoge grondwaterstanden boven de ca. 1,2 cm – maaiveld is ondergrondse infiltratie beperkt mogelijk.
- Ondergrondse infiltratie kan ruimte besparing opleveren omdat deze zowel onder groenstroken als onder wegverhardingen kan worden toegepast.
- Het systeem wordt uitgevoerd met gronddoek en daaromheen een ca. 30 cm dikke laag van infiltratiezand.
- Het voordeel van kratten en geperforeerde buizen is dat zij meer water kunnen bergen dan grindkoffers.
- Geperforeerde buizen hebben als voordeel dat zij goed te reinigen zijn. Bij kratten gaat dit al lastiger en bij grindkoffers is dit bijna onmogelijk.
- De toepassing als bodempassage is beperkt aangezien de vuilophoping rond de voorziening moeilijk reinigbaar is zonder de hele voorziening op te breken. Het systeem is daarom alleen geschikt voor schoon regenwater en gevoelig voor verontreiniging op wegen.
- Ieder infiltratiesysteem moet zijn voorzien van een nooduitlaat die in extreem natte situaties het overtollige water kan lozen op oppervlaktewater, regenwaterriool en in het uiterste geval op het gemengde riool.

#### *Bovengrondse infiltratie*

Bij bovengrondse infiltratie wordt het regenwater zichtbaar opgevangen in droogstaande laagten in het openbare terrein zoals wadi's of greppels in de groenstroken of er wordt geïnfiltreerd via een doorlatende (weg)verharding.

- Bij wadi's infiltreert het regenwater via een humeuze toplaag met daaronder drainagezand naar de bodem. Ook onder de doorlatende verharding wordt drainage zand toegepast.
- In gebieden met hogere grondwaterstanden is bovengrondse infiltratie een goede oplossing.
- In gebieden met grote fluctuaties in de grondwaterstand zoals in Brummen kan het handig zijn om dit systeem met drainage aan te leggen. Op deze wijze kunnen de grondwaterpieken worden afgevangen met de drainage.
- Het nadeel van bovengrondse infiltratie via wadi's kan het ruimte beslag zijn. Echter de vorm kan gemakkelijk naar de beschikbare ruimte worden aangemeten. Daarnaast is het mogelijk om het systeem in te richten als speelveld o.i.d. Bovengrondse infiltratie via een waterdoorlatende wegverharding geeft geen extra ruimtebeslag.
- Bovengrondse infiltratie via wadi's is geschikt als toepassing van bodempassage van licht verontreinigde verharde oppervlakken zoals wegen. Afhankelijk van de mate van vervuiling kan de toplaag ca 1 maal per 10 jaar worden vervangen zodat opgehoopte verontreiniging niet uitspoelt.
- Het systeem is goed te onderhouden mits de maatvoering geschikt is voor maaimachines.



#### 4.4. Rekenwaarde doorlatendheid

De doorlatendheid van de bodem kan op basis van de k-waarde als volgt geclassificeerd worden:

Tabel 4.1: Classificatie doorlatendheid

K(meter/dag)	klasse
<0,01	Zeer slecht
0,01-0,1	Slecht
0,1-0,5	Matig
0,5-1,0	Vrij goed
1,0-10	Goed
>10	Zeer goed

##### **Locatie Elzenbos te Brummen:**

De gemeten k-waarden bij het in-situ doorlatendheidsonderzoek variëren in de onverzadigde zone tussen 0,09 m/dag en 0,53 m/dag, met op één locatie (boring X) duidelijk hogere meetwaarden van ca. 2,1 m/dag. Het gemiddelde van de gemeten k-waarde bedraagt 0,27 m/dag, waarbij de hogere meting bij boring X buiten beschouwing is gelaten vanwege het incidentele karakter van deze meting. Tevens zijn de metingen in de verzadigde zone niet meegerekend, aangezien het niet wenselijk is dat infiltratievoorzieningen onder grondwaterniveau worden aangelegd. De doorlatendheid van de deklaag kan dus beoordeeld worden als matig. Vanwege spreiding in de meetwaarden en een mogelijk teruglopende doorlatendheid bij langdurig functioneren van infiltratievoorzieningen wordt geadviseerd om een veiligheidsfactor van circa 2 te hanteren voor de k-waarde. Als rekenwaarde voor de doorlatendheid wordt daarom een k-waarde aangehouden van 0,14 m/dag voor de locatie Elzenbos te Brummen.

##### **Locatie Lombok te Eerbeek:**

Bij de in-situ doorlatendheidsmetingen zijn k-waarden gemeten van minimaal 0,22 m/dag tot maximaal 3,54 m/dag. De bodem kan dus gekwalificeerd worden als matig tot goed doorlatend. De gemiddelde doorlatendheid op basis van de uitgevoerde metingen kan vastgesteld worden op een k-waarde van 1,37 m/dag. Met een veiligheidsfactor van 2 bedraagt de te hanteren rekenwaarde voor de doorlatendheid 0,69 m/dag voor de locatie Lombok te Eerbeek. Deze rekenwaarde zal worden gehanteerd bij ondergrondse infiltratiesystemen. Bij wadi's wordt een maximale doorlatendheid van 0,30 m/dag gehanteerd aangezien de toplaag van een wadi wat kan dichtslaan waardoor het infiltrerend vermogen terugloopt.



## 5. DIMENSIONERING INFILTRATIESYSTEMEN

### 5.1. Elzenbos te Brummen

Ondergrondse infiltratievoorzieningen zijn voor de locatie Elzenbos te Brummen niet geschikt vanwege de hoge grondwaterstanden die op kunnen treden. Om een indicatie te geven van wat de benodigde ruimte is voor de aanleg van bovengrondse infiltratievoorzieningen is berekend welke oppervlakte aan wadi's aangelegd zal moeten worden.

#### Uitgangspunten berekening wadi Elzenbos:

Rekenwaarde doorlatendheid bodem:	0,14 m/dag (bij wadi aangelegd met gebiedseigen grond)
Vullingshoogte / peilstijging in wadi:	0,30 m
Gemiddelde bodembreedte:	8 m
Taluds:	1:5
Maatgevende neerslag:	35,7 mm/45 minuten
Oppervlakte plangebied:	30 hectare
Verhard oppervlak in plangebied:	30% van bruto oppervlak plangebied

#### Berekeningsresultaten wadi Elzenbos:

Infiltratieoppervlak bodem + taluds:	9,5 m <sup>2</sup> per strekkende meter wadi (bij een gemiddelde vulling)
Verhard oppervlak:	9 hectare
Infiltratie tijdens regenduur van 45 min:	0,5 mm
Berging in wadi:	35,2 mm
Oppervlakte wadi's:	14.200 m <sup>2</sup> (is 4,7% van bruto planoppervlak)

### 5.2. Lombok te Eerbeek

Bij de locatie Lombok te Eerbeek kunnen zowel bovengrondse als ondergrondse infiltratievoorzieningen toegepast worden. Om een indicatie te geven van wat de benodigde ruimte is voor de aanleg van infiltratievoorzieningen is berekend welke oppervlakte aan wadi's aangelegd zal moeten worden en welke inhoud aan ondergrondse infiltratievelden met infiltratiekratten.

#### Uitgangspunten berekening wadi Lombok:

Rekenwaarde doorlatendheid bodem:	0,30 m/dag
Vullingshoogte / peilstijging in wadi:	0,30 m
Gemiddelde bodembreedte:	8 m
Taluds:	1:5
Maatgevende neerslag:	35,7 mm/45 minuten
Oppervlakte plangebied:	18 hectare
Verhard oppervlak in plangebied:	30% van bruto oppervlak plangebied

#### Berekeningsresultaten wadi Lombok:

Verhard oppervlak:	5,4 hectare
Infiltratieoppervlak bodem + taluds:	9,5 m <sup>2</sup> per strekkende meter wadi (bij een gemiddelde vulling)
Infiltratie tijdens regenduur van 45 min:	1,1 mm
Berging in wadi:	34,6 mm
Oppervlakte wadi's:	8.300 m <sup>2</sup> (is 4,6% van bruto planoppervlak)



Project : ORIËTEREND INFILTRATIEPLAN, Elzenbos te Brummen en Lombok te Eerbeek  
Kenmerk : VZU/ALG/VMO/156091

*Uitgangspunten berekening infiltratiekrachten Lombok:*

Rekenwaarde doorlatendheid bodem:	0,69 m/dag
Hoogte infiltratieveld (ondergronds):	0,80 m
Afmeting per veld infiltratiekrachten:	3 x 20 m (lengte x breedte)
Berging in hemelwaterstelsel:	2,5 mm
Maatgevende neerslag:	35,7 mm/45 minuten
Oppervlakte plangebied:	18 hectare
Verhard oppervlak in plangebied:	30% van bruto oppervlak plangebied

*Berekeningsresultaten infiltratiekrachten Lombok:*

Verhard oppervlak:	5,4 hectare
Infiltratieoppervlak wanden infiltratieveld:	18,4 m <sup>2</sup> per infiltratieveld (bij een gemiddelde vulling)
Inhoud per infiltratieveld:	45,6 m <sup>3</sup> (bij 95% netto volume)
Infiltratie tijdens regenduur van 45 min:	0,3 mm
Berging in infiltratievelden:	32,9 mm
Berging in hemelwaterstelsel:	2,5 mm
Aantal benodigde infiltratievelden:	39 st

### 5.3. Opmerkingen aanleg wadi's

Indien het percentage verhard oppervlak toeneemt, dan zal de oppervlakte aan wadi's ook vrij snel toenemen. Tevens is de uiteindelijke afmeting / lengte-breedte verhouding van de wadi's van invloed op definitieve benodigde oppervlakte aan wadi's.

Om de oppervlakte aan wadi's te reduceren kan er een doorlatend (drain)zandpakket onder de wadi aangebracht worden, met daarin een drainstelsel waarop de overstort van de wadi wordt aangesloten (met een 'slokop'). Door de gestelde bergingseis van een neerslag van 35,7mm in de relatief korte periode van 45 minuten wordt de infiltratievoorziening namelijk voornamelijk gedimensioneerd op berging (de infiltratiehoeveelheid in 45 minuten is erg beperkt). Door de aanleg van een wadi met daaronder een zandpakket met drainstelsel kan extra berging worden gecreëerd onder de wadi. Door de overstort van de wadi op dit drainstelsel aan te sluiten, kan extreme neerslag versneld worden afgevoerd naar het zandpakket en daar geborgen worden. Deze piekafvoer wordt dan niet geïnfiltreerd via de gewenste oppervlakkige bodempassage, maar dat kan voor deze incidentele situaties van een piekneerslag acceptabel zijn. Het merendeel van de neerslag die op jaarbasis valt, zal altijd via de wadi infiltreren en dus via een bodempassage infiltreren.

Tevens adviseren wij om de toplaag van de wadi te maken van grond met een grotere doorlatendheid dan de gebiedseigen grond. Het is namelijk wenselijk dat de wadi voldoende snel weer leeg is (bij voorkeur binnen 24 uur), zodat de volledige bergingscapaciteit beschikbaar is voor volgende neerslag. Dit betekent dat bij een vulling van 30 cm water in de wadi de doorlatendheid van de toplaag minimaal 0,30 m/dag moet zijn.





## 6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1. Elzenbos te Brummen

Op deze locatie spelen 2 belangrijke factoren een rol, namelijk een matig doorlatende bodem (deklaag) en kans op het optreden van hoge grondwaterstanden, tot aan maaiveldniveau. Op basis van onze in deze rapportage opgenomen bevindingen verwachten wij dat voor het bouw- en woonrijpmaken van deze locatie het volgende principe gehanteerd/aangelegd zal moeten worden:

- Ophogen van het bestaande maaiveld, zodat voldoende drooglegging van de nieuwe wijk wordt verkregen;
- Bergen en oppervlakkig infiltreren van hemelwater via een systeem van (voornamelijk) wadi's;
- Wadi's voorzien van een ondergronds doorlatend (zand)pakket met een drainagesetstel;
- Overstort van hemelwater via het drainagesetstel op open water;
- In tijden van hoge (grond)waterstanden kan het drainagesetstel tevens het grondwaterpeil reguleren.

Voor deze locatie zal een integraal plan moeten worden opgesteld voor het bouw- en woonrijpmaken, waarin de samenhang van alle aspecten (stedenbouwkundig ontwerp, ophogen terrein, afvoer/infiltratie hemelwater, grondwaterhuishouding, oppervlaktewaterhuishouding) goed op elkaar afgestemd moeten worden om te komen tot een optimaal bouw- en woonrijpplan.

### 6.2. Lombok te Eerbeek

Bij deze locatie spelen een matige doorlatendheid van de bodem en hoge grondwaterstanden geen rol van betekenis. De doorlatendheid van de bodem is behoorlijk, echter hiervan wordt bij toepassing van wadi's niet zo sterk geprofiteerd aangezien de doorlatendheid van de toplaag na verloop van tijd de beperkende factor zal zijn. Om te profiteren van de doorlatendheid van de bodem kan gekozen worden voor 2 samenwerkende systemen bestaande uit wadi's en ondergrondse infiltratie met bijvoorbeeld een infiltratierool en infiltratiekragen. Daarbij zou hemelwater van de wegverhardingen via wadi's kunnen infiltreren, zodat dit water via een bodempassage geleid wordt. Hemelwater via dakoppervlakken zou via een ondergronds infiltratiesysteem kunnen infiltreren.

Wij adviseren om in het stedenbouwkundig ontwerp ruimte in te passen voor infiltratie. Op het moment dat het stedenbouwkundig plan gereed is, kan een rioleringsplan opgesteld worden waarin het rioleringsstelsel voor vuilwater en hemelwater gedetailleerd wordt uitgewerkt.

**Bijlage 1**

**Situatietekening Elzenbos te Brummen**

