



**RAPPORT**  
**Infiltratieonderzoek**  
**Plangebied Reek-Zuid, Landerd**  
**AM09365**

**Opdrachtgever**

BRO-Boxtel  
Postbus 4  
5280 AA Boxtel

**Projectnummer**

Aeres Milieu projectnummer AM09365

**Status rapport**

Definitief

**Autorisatie**

Opsteller rapport:	paraaf	datum
ing. B.W. Buizer		16 december 2009
Kwaliteitscontrole:	paraaf	datum
ing. T.K.P.G. Thijssen		16 december 2009





## INHOUDSOPGAVE

<b>1. INLEIDING</b>	<b>3</b>
<b>2. INFILTRATIEONDERZOEK</b>	<b>5</b>
<b>3. VELDMETINGEN EN RESULTATEN ANALYSE</b>	<b>7</b>
3.1 <i>Opzet</i>	
3.2 <i>Uitvoering, resultaten en interpretaties</i>	
<b>4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES</b>	<b>9</b>

### Bijlagen:

- 1 Topografische overzichtskaart
- 2 Kadastrale situatie
- 3 Situatietekening onderzoekslocatie met meetpunten en fotostandplaatsen
- 4 Boorprofielen
- 5 Foto's onderzoekslocatie



## 1. INLEIDING

In opdracht van BRO-Boxtel heeft Aeres Milieu B.V. een infiltratieonderzoek uitgevoerd op een gedeelte van een locatie in Reek:

Adres onderzoekslocatie	: Plangebied Reek-Zuid
Gemeente	: Landerd
Coördinaten R.D.stelsel	: X = 175,492 / Y = 416.992
Peil maaiveld	: circa 11 meter + NAP
Peil grondwater	: circa 9 meter + NAP
Waterschap	: Aa en Maas
Huidig perceelsgebruik	: Wonen, bedrijven en percelen voor agrarische doeleinden.
Toekomstig perceelsgebruik	: Wonen met bedrijfsactiviteiten

Aanleiding voor het laten uitvoeren van dit onderzoek is de voorgenomen herontwikkeling van de locatie en de verplichting hierbij ten minste hydrologisch neutraal te ontwikkelen. Zie bijlage 1 voor een topografisch overzicht. Op onderstaande foto zijn de globale grenzen van het plangebied aangegeven.



Luchtfoto van het plangebied [Bron: Google Maps]

### Doel

Het doel van het infiltratieonderzoek is het ter plaatse vaststellen van de doorlatendheid van de bodem in de verzadigde zone.

### **Watertoets**

Sinds 1 november 2003 is het wettelijk verplicht, in het kader van het Besluit Ruimtelijke Ordening, een Watertoets te verrichten. Het is noodzakelijk in de toelichting bij ruimtelijke besluiten en plannen, waarop bovengenoemd besluit van toepassing is, een beschrijving te geven van de manier waarop rekening is gehouden met de gevolgen van het plan voor de waterhuishouding.

Binnen het plangebied is de afkoppeling, berging en /of infiltratie van hemelwater in de bodem gewenst.

### **Infiltratie**

Infiltratie van hemelwater biedt voordelen tegenover de gebruikelijke afvoermethoden via het oppervlaktewater of via rioleringsystemen.

Voordelen zijn onder andere:

- verdroging van de grond wordt tegengegaan en de natuurlijke waterkringloop wordt verbeterd;
- minder of geen belasting van het rioolstelsel. Daardoor zullen minder of geen overstorten plaatsvinden zodat minder vuillast in het oppervlaktewater terechtkomt;
- lagere piekaanvoer op de AfvalWater Zuivering Installatie(AWZI);
- mogelijkheid tot hergebruik van afgekoppelde neerslag.

De gemeente Landerd en het Waterschap Aa en Maas wensen de mogelijkheid te onderzoeken om hemelwater te infiltreren in de bodem. Om na te gaan of de doorlatendheid van de bodem ter plaatse hiervoor geschikt is, zijn veldmetingen verricht. Hierna worden de metingen en de resultaten ervan beschreven, waarna conclusies worden getrokken.

### **Onderzoek**

Aeres Milieu B.V. heeft geen binding met de opdrachtgever en/of de onderzoekslocatie anders dan als onafhankelijk onderzoeksbureau. Het veldonderzoek vond plaats in juni 2009.

Bij een (indicatief) infiltratieonderzoek is sprake van steekproefsgewijze metingen, (willekeurig) verspreid over de onderzoekslocatie. Het is mogelijk dat lokale afwijkingen in de samenstelling van de bodem voorkomen. Het gevolg kan zijn dat resultaten van het infiltratieonderzoek binnen het plangebied onderling (sterk) verschillen.

## 2. INFILTRATIEONDERZOEK

Infiltratie van regenwater is in Nederland een relatief nieuwe ontwikkeling. In Duitsland is hiermee al meer ervaring opgedaan en is vastgesteld dat minimaal een infiltratiesnelheid ( $k_f$ ) van  $1 - 5 \cdot 10^{-6}$  m/s (ca. 0,09 - 0,43 m/d ofwel 3,6 - 18 mm/uur)<sup>1</sup> vereist is voor het succesvol toepassen van regenwaterinfiltratie<sup>2</sup>. Bij een lagere doorlatendheid kunnen reducerende omstandigheden optreden in de onverzadigde zone, die een ongunstige invloed kunnen hebben op het retentie- en omzettingsvermogen ervan. Daarnaast is er bij een lagere doorlatendheid veel ruimte nodig voor het aanleggen van infiltratievoorzieningen. Bovendien moet er rekening mee worden gehouden dat deze langer (dagen achtereen) water blijven voeren, wat onwenselijk kan zijn in een woonomgeving.

De doorlatendheid van een bodem is afhankelijk van vele factoren, onder meer poriëngrootte, de continuïteit van de poriën, de poriënvorm, het poriënaantal, de geometrie van de poriënkanaal en de diepte tot de grondwaterstand. De poriëngrootte en de verdeling ervan hangen in de eerste plaats van de bodemsoort en de bodemstructuur af. Bovendien is de doorlatendheid afhankelijk van de verzadigingsgraad, en kan ze beïnvloed worden door micro-organismen. Hieruit kan worden afgeleid dat de infiltratiesnelheid van de ondergrond geen constante waarde heeft, maar van plaats tot plaats varieert, waarbij zelfs op vrij kleine schaal belangrijke verschillen kunnen optreden.

Uit de beschikbare boorgegevens, verzameld tijdens deze studie, blijkt dat de bodem (<2,0 m–mv.) hoofdzakelijk bestaat uit zand matig fijn, plaatselijk leemlagen.

De globale bodemopbouw van de onderzoekslocatie wordt schematisch weergegeven in tabel 2.1 voor het gebied in de directe omgeving van de onderzoekslocatie.

Diepte [m-mv]	Lithostratigrafie	Lithologie	Hydrogeologie
0 -2,5	Formatie van Boxtel	zand, fijn tot matig fijn	redelijk tot goed doorlatend
2,5 – 4,5	Formatie van Kreftenheye	zand, sterk grindig	zeer goed doorlatend.
4,5 - 10	Formatie van Beegden	zand, fijn tot matig fijn	matig tot goed doorlatend.
10 - 32	Formatie van Oosterhout	zand, fijn tot matig fijn	goed doorlatend

Tabel 2.1: Geo(hydro)logische indeling (bron: Dinoloket)

De stroming van het freatisch grondwater is noord-noordoostelijke gericht en bevindt zich op een hoogte van circa 9 meter + NAP.

De onderzoekslocatie bevindt zich niet binnen de grenzen van een grondwaterbeschermingszone(s) van een waterwingebied.

Voor zover bekend vinden op en in de directe omgeving van het studiegebied geen grootschalige grondwateronttrekkingen plaats die de lokale stroming van het freatisch grondwater beïnvloeden.

Het dichtstbijzijnde primaire oppervlaktewater (A-watergang) is de Munsche Wetering op circa 1.500 meter ten noorden van de onderzoekslocatie.

Binnen het plangebied bevinden zich enige secundaire watergangen.

In de literatuur worden diverse waarden gegeven voor de infiltratiesnelheid van zand en vergelijkbare sedimenten. Deze waarden zijn afkomstig uit de landbouw en uit de hydrogeologie. In de tabellen 2.2 en 2.3 worden de gevonden waarden samengevat.

1 Zie Arbeitsblatt DVW-A-138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.

2 Ter bepaling van de infiltratiesnelheid wordt in Duitsland standaard de open-end test gebruikt. Deze test leidt tot lage waarden in vergelijking met andere tests.

*-Landbouwliteratuur*

Bodem	Snelheid van wateropname [m/d]	
	<i>Goed</i>	<i>Slecht</i>
Zeer grove zanden	0,6	0,3
Grove zanden, fijne zanden en lemige zanden	0,38	0,24
Zandig leem en fijnzandige leem	0,29	0,19
Zeer fijnzandige leem, siltige leem	0,24	0,17
Klei leem, matig fijne textuur	0,19	0,14
Klei, siltige klei, zandige klei met fijne textuur	0,12	0,05

Tabel 2.2: literatuurwaarden voor de doorlatendheid van diverse sedimenten in de landbouwliteratuur

Uit de landbouwliteratuur volgt verder nog dat de maximale waterdosering (watergift) voor diep uniform zandig leem 0,62 m/d is.

*-Hydrogeologische literatuur*

Materiaal	k [m/d]
Klei	$0,01 - 10^{-8}$
Klei, zand en grind mengsels	0,01 – 0,001
Silt, löss	$1 - 10^{-4}$
Silt, klei en mengsels van zand, silt en klei	$0,1 - 10^{-4}$
Fijn zand	2 – 0.02
Middelfijn tot middelgrof zand	43 - 0.09
Grof zand	400 - 0.09

Tabel 2.3: literatuurwaarden voor de doorlatendheid van diverse afzettingen in de hydrogeologische literatuur

Als eenheid is gekozen voor m/d, hoewel in de literatuur ook mm/h (landbouw) en m/s (hydrogeologie) worden gehanteerd. De eenheid m/d sluit aan bij hetgeen in Nederland gebruikelijk is en leidt bovendien tot overzichtelijke getallen.

Opgemerkt wordt dat men in de hydrogeologie vooral is geïnteresseerd in de horizontale doorlatendheid, terwijl voor de infiltratiesnelheid meestal juist de verticale doorlatendheid van belang is. In het *algemeen* is de horizontale doorlatendheid een factor 10 – 100 groter dan de verticale.

De literatuurwaarden tonen een grote spreiding in de opgegeven waarden voor fijn zand (maximum ca. 2 m/d, minimum minder dan 0,001 m/d). In veel gevallen liggen de literatuurwaarden voor de infiltratiesnelheid van fijn zand en vergelijkbare afzettingen rond en onder de in Duitsland gehanteerde minimumnorm van 0,09 - 0,43 m/d.



### 3. VELDMETINGEN

#### 3.1 Opzet

Om de infiltratiesnelheid ter plaatse van het onderzoeksterrein te bepalen, zijn veldmetingen uitgevoerd.

Dit is een onderzoek waarbij inzicht wordt verkregen in een aantal bodemaspecten zoals:

- bodemgesteldheid op de onderzoekslocatie;
- eventueel aanwezig zijn van minder goed doorlatende bodemlagen;
- doorlatendheid van bodemlagen;
- actuele grondwaterstanden;
- terrein-inrichting en gebruik.

Door deze verzamelde gegevens te combineren met een serie meetgegevens waarbij kan worden bepaald met welke snelheid het water in de bodem wegzijgt, kan een uitspraak worden gedaan over de  $k_d$  - waarde van de bodem op de onderzoekslocatie.

De metingen worden per boorgat minimaal in duplo uitgevoerd.

Het resultaat wordt o.a. beïnvloed door processen als vorming van wortelkanaaltjes, wormgangen etc. die een grotere spreiding in het meetresultaat tot gevolg heeft. Bij het dimensioneren van een eventuele infiltratievoorziening moet hiermee rekening worden gehouden.

Omdat de metingen in het bodemtraject dieper dan 1,5 meter onder maaiveld worden verricht, zal dit effect bij deze metingen zeer gering zijn.

Laboratoriummetingen aan grondmonsters (zeefkromme-analyses, Darcy-tests), worden in het algemeen als minder geschikt beschouwd, omdat deze doorgaans minder betrouwbare resultaten geven dan veldmetingen. Bovendien zijn de resultaten slechts representatief voor het genomen monster. Zeker in studiegebieden, gekenmerkt door een variabele bodemopbouw, zullen laboratoriummetingen minder betrouwbare resultaten opleveren.

In dit plangebied, met een grondwaterpeil van ongeveer 1,5 meter onder maaiveld, is de Hooghoudt boorgatmethode toegepast (Slugtest). Deze test meet de *verzadigde* doorlatendheid van de ondergrond. Het resultaat geeft een aanduiding van de horizontale infiltratiesnelheid in de verzadigde zone en in mindere mate voor de verticale infiltratiesnelheid.

De werkwijze is als volgt: In de te onderzoeken bodemlaag wordt een peilfilter geplaatst en met filtergrind omstort. Na een stabilisatieperiode wordt in een zeer kort tijdsbestek een hoeveelheid water uit het filter onttrokken. Vervolgens wordt de tijd gemeten waarbij de waterhoogte in het filter zich herstelt tot het oorspronkelijke niveau.

Uit de snelheid waarmee dit gebeurt, kan de doorlatendheid van de bodemlaag worden berekend.

De volgende rekenwijze is daarbij toegepast:  $k_{d \text{ verzadigd}} = C * \Delta h / \Delta t$

Waarin:  $C$  = geometriefactor die uit de zgn. "empirische nomogrammen van Ernst" wordt afgelezen;

$\Delta h$  = verschil waterniveaus;

$\Delta t$  = het tijdsinterval.

### 3.2 Uitvoering, resultaten en interpretatie

Op 10 en 11 december 2009 zijn in totaal, verspreid over het studiegebied, 8 peilfilters geplaatst voor de veldmetingen.

Elk filter ( $\varnothing$  44 mm) is met filtergrind (deeltjesgrootte 3-5 mm) omstort. De doorsnede van elke boring is globaal 0,1 meter.

Zie bijlage 3 voor de meetpuntlocaties (en fotostandplaatsen) en bijlage 4 voor de boorprofiel beschrijvingen en de aangetroffen grondwaterpeilen. In bijlage 5 zijn een aantal foto's van het studiegebied opgenomen.

In de acht peilbuizen zijn totaal 16 tests uitgevoerd.

Voor deze testen zijn de desbetreffende filters leeggepompt met behulp van een slangenpomp, waarna het herstel van de waterspiegel werd gemeten met behulp van een "Diver®". Deze is ingesteld op een meetfrequentie van één meting per 10 seconden. De opnametijd voor elke meting is maximaal 20 minuten of korter bij hoge infiltratiesnelheden.

Na beëindiging van de meetwerkzaamheden worden de geregistreerde meetgegevens van de "Diver" uitgelezen, geïnterpreteerd en verwerkt.

In tabel 3.1 zijn de uitkomsten van de metingen samengevat.

meet punt	meetdiepte [m-mv]	k [m/d]
1	0,7 – 1,7	1,9
1	0,7 – 1,7	1,9
2	1,2 – 2,2	2,1
2	1,2 – 2,2	2,0
3	1,2 – 2,2	1,9
3	0,5 – 1,5	1,8
4	0,5 – 1,5	2,0
4	0,8 – 1,8	2,0
5	1,1 – 2,1	1,9
5	1,1 – 2,1	2,0
6	0,8 – 1,8	1,8
6	0,8 – 1,8	1,7
7	1,0 – 2,0	2,1
7	1,0 – 2,0	2,0
8	1,1 – 2,1	2,6
8	1,1 – 2,1	2,5

Tabel 3.1: Berekende k-waarden

Uit de tabel kan het volgende worden afgeleid:

- Alle meetresultaten (k) overschrijden de minimale limietwaarde voor infiltratie van neerslag, die 0,43 m/dag bedraagt.
- De meetresultaten van de duplometingen liggen dicht bij elkaar.
- De gemiddelde k-waarde bedraagt 2,0 m/d, een goede waarde voor infiltratie van neerslag.
- De gemeten k-waarden komen globaal overeen met de literatuurwaarden voor fijn zand.

## 4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Samenvattend kan het volgende worden opgemaakt uit het infiltratieonderzoek:

Uit alle boorgegevens kan worden opgemaakt dat de bodem tot op een diepte van ongeveer 1-2 meter onder maaiveld overwegend bestaat uit een pakket zand, matig fijn zand, zwak siltig. Plaatselijk grindhoudend.

De grondwaterstand ligt op circa 1,2 meter onder maaiveld.

De verzadigde doorlatendheid ter plaatse is bepaald door in 8 boringen een "Slugtest" uit te voeren. Alle meetresultaten overschrijden de minimale limietwaarde voor infiltratie van regenwater, die 0,43 m/d bedraagt. De gemeten doorlatendheid binnen het plangebied varieert tussen 1,7 en 2,6 m/d met een gemiddelde van 2,0 m/d.

Geconcludeerd wordt dat de ondergrond binnen het studiegebied in het algemeen geschikt wordt geacht voor het infiltreren van regenwater. Volgens de waterkansenkaart van het Waterschap Aa en Maas ligt de GHG dieper dan 0,7 meter onder maaiveld en stelt daardoor minimale eisen aan hydrologisch neutraal bouwen.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) geeft een indruk van de mate waarin maatregelen nodig zijn om hydrologisch neutraal te bouwen.

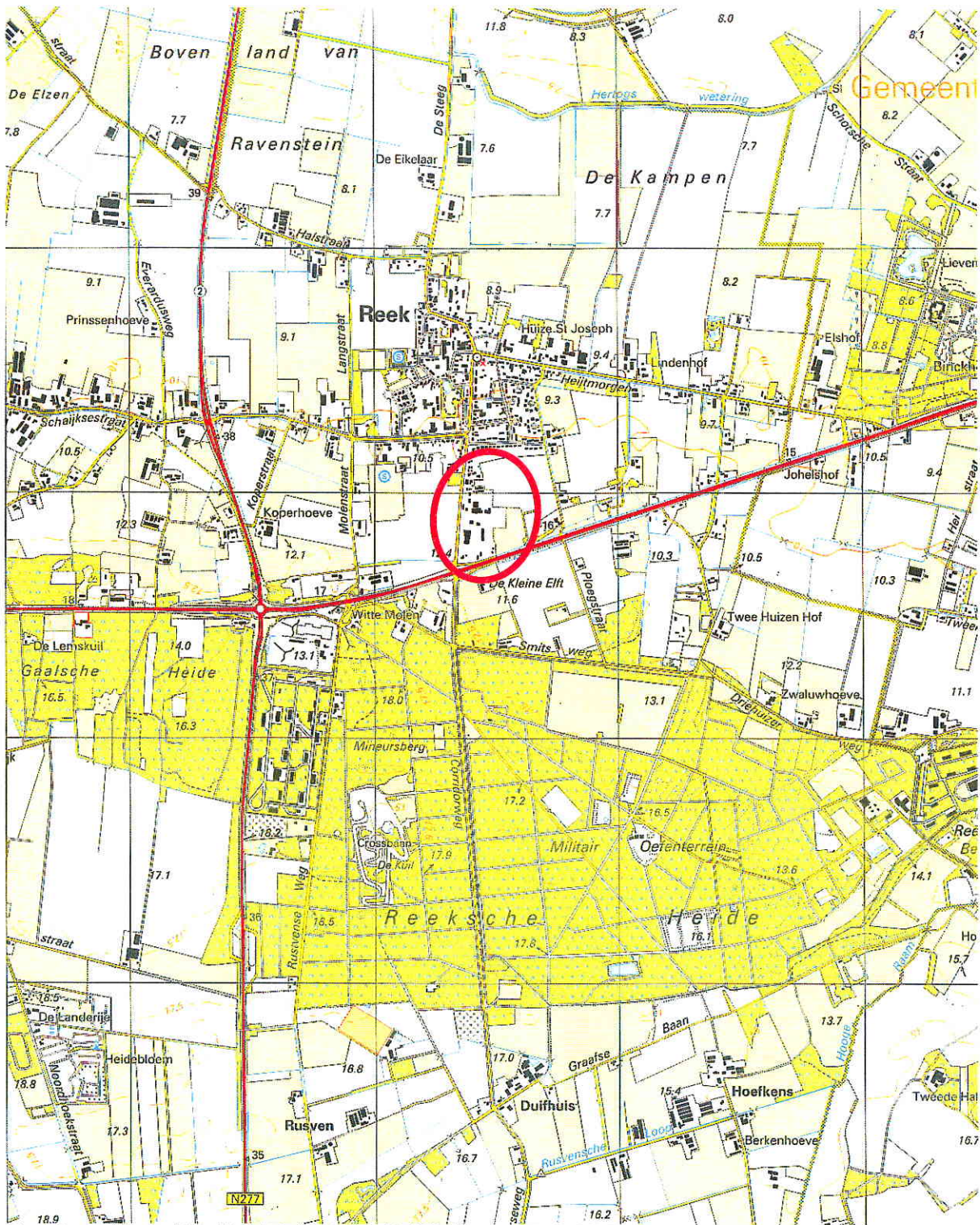
Hydrologisch neutraal bouwen houdt in dat de toename van verhard oppervlak niet mag leiden tot versnelde afvoer van neerslag in pieksituaties, hetzij direct naar oppervlakte water, hetzij naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Om deze versnelde afvoer te voorkomen, moeten specifieke maatregelen worden genomen die een extra ruimteclaim leggen op het plangebied.

*Opgemerkt wordt dat ter plaatse van boring 2 in de bodem een lichte dieselgeur is waargenomen. Het is niet bekend of hier sprake is van een potentiële bodemverontreiniging.*

*Wanneer ter plaatse tot infiltratie van neerslag wordt overgegaan, is de aanwezigheid van deze verontreiniging een belemmering voor realisatie van het plan.*

## BIJLAGE 1

### Topografische overzichtskaart



[Bron: Topografische Atlas, Noord-Brabant, Kaartblad 29, Uitgave ANWB, 2005]  
Topografische overzichtskaart met ligging onderzoekslocatie

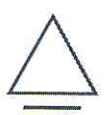
## BIJLAGE 2

(Toekomstige) Kadastrale situatie



### Legenda

	Ruimte voor representatieve bebouwing		Fictief
	Ruimte voor functionele bebouwing		Rijweg
	Tussengebied (20% groenverhouding)		Waterberging
	Vooruin		Talud waterberging
	Bem		Representatieve bebouwing
	Nieuw plantsoen		Functionele bebouwing
	Bestaande bomen		



## BIJLAGE 3

Situatietekening onderzoekslocatie met meetpunten en  
fotostandplaatsen












locatie	Plangebied Reek-Zuid te Landerd
project	AM09365
opdrachtgever	BRO
schaal	niet op schaal
datum	11-12-2009
getekend	HvdT



Legenda:

-  infiltratie-boring
-  onderzoekslocatie
-  asfalt / betonverharding
-  tegelverharding
-  klinkerverharding
-  tuin
-  braak / weiland

## BIJLAGE 4

### Boorprofielen

**Legenda (conform NEN5104)**

**en**

**Boorprofielen**

Legenda (conform NEN 5104)

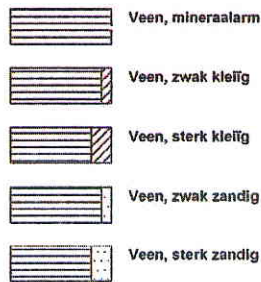
grind



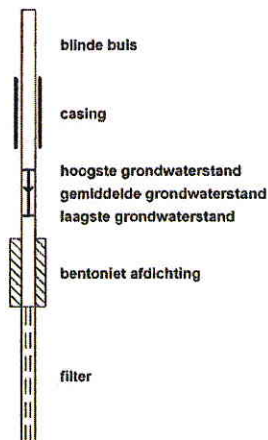
zand



veen



peilbuis



klei



leem



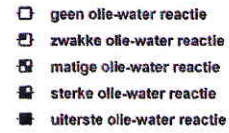
overige toevoegingen



geur



olie



p.i.d.-waarde



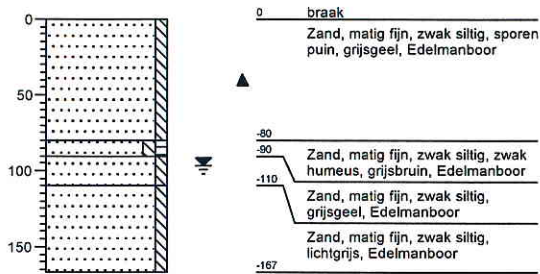
monsters



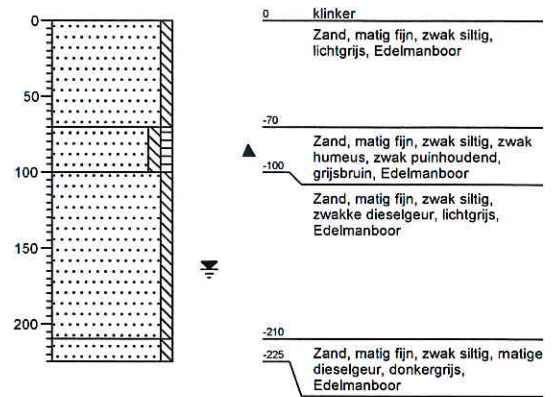
overig



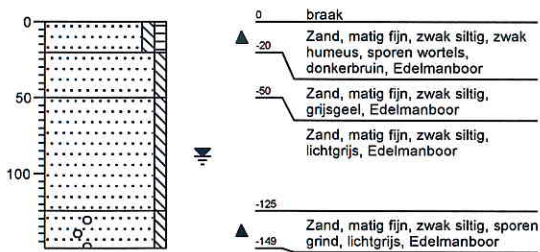
**Boring: 1**



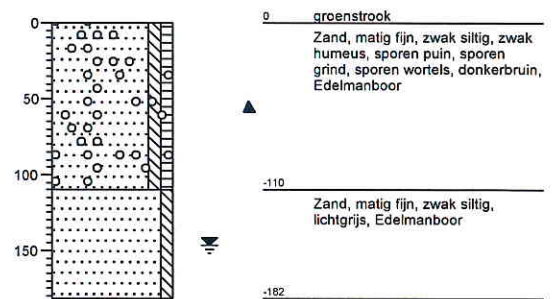
**Boring: 2**



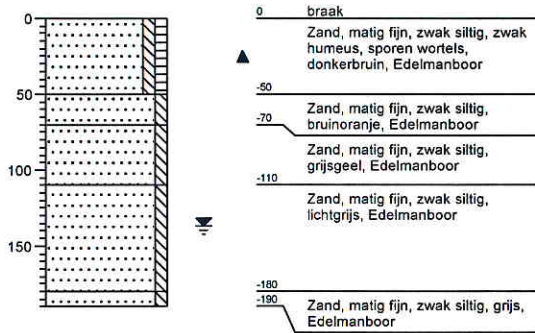
**Boring: 3**



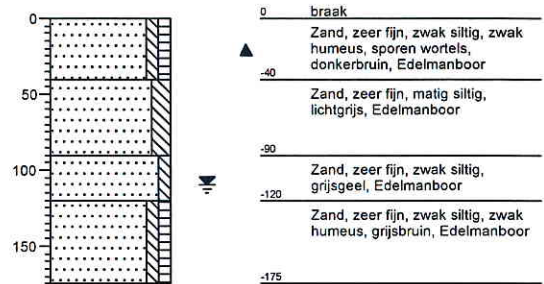
**Boring: 4**



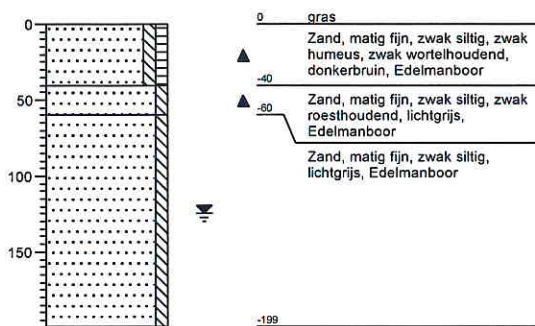
**Boring: 5**



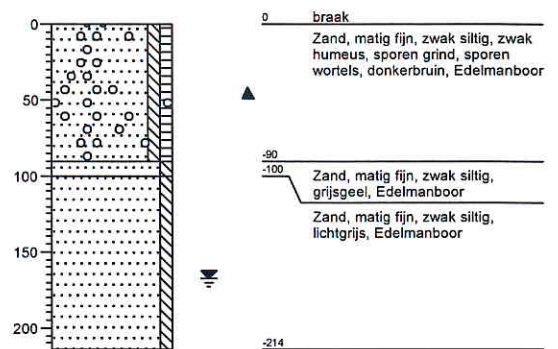
**Boring: 6**



**Boring: 7**



**Boring: 8**



## BIJLAGE 5

Foto's onderzoekslocatie



Foto 1



Foto 2



Foto 3





Foto 4



Foto 5



Foto 6