



# Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS



Raadgevend Ingenieursbureau  
Wiertsema & Partners bv  
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert  
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert  
Tel.: 0594 51 68 64  
Fax: 0594 51 64 79  
E-mail: [info@wiertsema.nl](mailto:info@wiertsema.nl)  
Internet: [www.wiertsema.nl](http://www.wiertsema.nl)

## Geohydrologische effectenstudie

Ten behoeve van uitbreiding zandwinput Werfhout  
te Didam




# Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Raadgevend Ingenieursbureau  
Wiertsema & Partners bv  
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert  
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert  
Tel.: 0594 51 68 64  
Fax: 0594 51 64 79  
E-mail: info@wiertsema.nl  
Internet: www.wiertsema.nl

Onderwerp: Geohydrologische effectenstudie  
Projectnummer: VN-59410-1  
Opdrachtgever: Roelofs Zandwinning B.V.  
Postbus 22  
7683 ZG Den Ham  
Datum: 10 februari 2016

Opgesteld door:	ir. C.A. van den Hoven
Handtekening:	
Documentnummer:	R41079
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	ir. C.A. van den Hoven



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Projectbeschrijving</b>	<b>2</b>
2.1	Gebruikte informatie	2
2.2	Project	2
<b>3</b>	<b>Geohydrologische beschrijving</b>	<b>4</b>
3.1	Bodemopbouw	4
3.2	Grondwaterstroming	5
3.3	Oppervlaktewater	8
3.4	Omgevingsfactoren	9
<b>4</b>	<b>Kwantitatieve beschrijving hydrologische effecten</b>	<b>10</b>
4.1	Invloed van de uitbreiding van de zandwinning op de geohydrologie	10
4.2	Nivellering van de grondwaterstanden	10
4.3	Grondwaterstandverlaging tijdens winningfase	12
4.4	Verandering in patroon van neerslag en verdamping	12
4.5	Sliblaag	13
<b>5</b>	<b>Modelberekeningen</b>	<b>15</b>
5.1	Algemeen	15
5.2	Uitgangspunten	15
5.3	Modelschematisatie	16
5.4	Berekende scenario's	17
5.5	Berekeningsresultaten	17
5.6	Invloed op de omgeving	20
5.6.1	Effecten op de funderingen van bebouwing en bestaande infrastructuur	20
5.6.2	Effecten op de natuur	20
5.6.3	Effecten op de landbouw	21
<b>6</b>	<b>Monitoring van hydrologische effecten</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Conclusies en slotopmerkingen</b>	<b>25</b>
	Bijlagen	
	Boorbeschrijvingen (Dinoloket)	1
	Peilbuisgegevens (Dinoloket)	2
	Resultaten hydrologische modelberekeningen	3



## 1 Inleiding

Ten behoeve van de uitbreiding van de zandwinning Werfhout te Didam is in opdracht van Roelofs Zandwinning B.V. door Wiertsema en Partners een geohydrologische effectenstudie uitgevoerd.

De grootte van de huidige concessie is circa 13,5 ha en de winningdiepte bedraagt circa 27 m-maaiveld. Plaatselijk kan de plas minder diep zijn waar kleilagen ondieper dan 27 m-maaiveld worden aangetroffen. In deze rapportage wordt een uitbreiding van ongeveer 9 ha beschouwd. De uitbreiding bevindt zich aan de zuidzijde van de huidige locatie.

Het verlenen van een eventuele vergunning voor een uitbreiding van de zandwinning zal sterk afhankelijk zijn van de aard en omvang van de effecten van de zandwinning op de omgeving. Een belangrijk onderdeel van deze effecten op de omgeving wordt gevormd door de invloed op de grondwaterstanden.

Doel van dit onderzoek is om op basis van het voorhanden grondonderzoek en regionale gegevens inzicht te krijgen in de veranderende hydrologische processen als gevolg van een eventuele uitbreiding van de zandwinning in zuidelijke richting.

Het rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 volgt een beschrijving van het project. In hoofdstuk 3 betreft een geohydrologische beschrijving van het gebied. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de hydrologische effecten kwalitatief beschreven. In hoofdstuk 5 volgen de beschrijving en resultaten van de uitgevoerde modelberekeningen met een beschouwing van de effecten op de omgeving. Tenslotte volgen in hoofdstuk 6 de conclusies en slotopmerkingen ten aanzien van de studie.



## 2 Projectbeschrijving

### 2.1 Gebruikte informatie

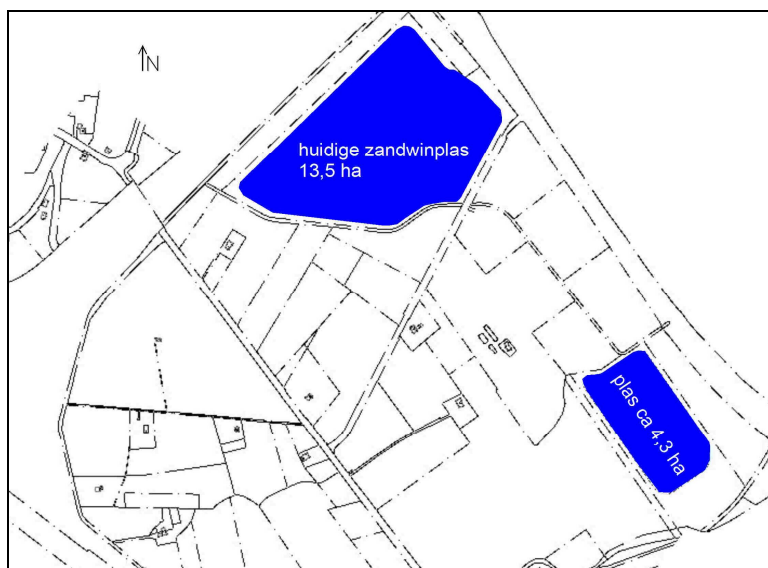
Dit rapport is tot stand gekomen op basis van de volgende gegevens, te weten:

- Door ons bureau uitgevoerd grondonderzoek, met rapportnummer VN-8130, d.d. 17 juni 1993 en grondonderzoek met rapportnummer VN-52056-1, R12276, d.d. 16 juni 2010;
- REGIS, de Grondwaterkaart van TNO (kaartblad 40 Oost (Arnhem), 1976;
- Bij TNO opgevraagde peilbuisgegevens (bijlage 1);
- Bij TNO opgevraagde boorbeschrijvingen (bijlage 2);
- Door Roelofs Planontwikkeling en Kontour Vastgoed BV opgestelde Watertoets, met projectnummer 31016103, d.d. 21 mei 2010.
- Door opdrachtgever opgestelde tekening: Inhoudsberekening uitbreiding zandwinning optie 2a, concept d.d. 16 juni 2010.

De bovengenoemde gegevens vormen, aangevuld met geïnventariseerde regionale gegevens, de basis voor de beschrijving van de bodemopbouw (zie paragraaf 3.1) en de geohydrologische situatie (zie paragraaf 3.2).

### 2.2 Project

De ligging van de huidige zandwinplas is weergegeven in onderstaande figuur.

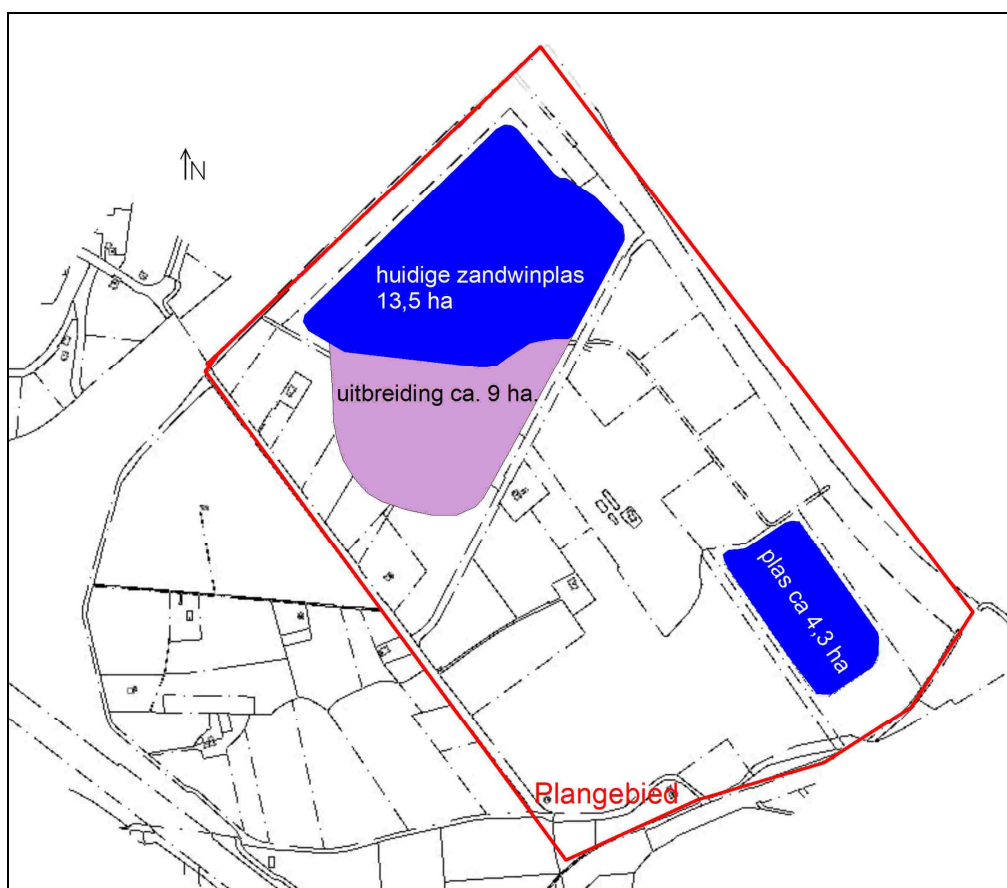


Figuur 2.1: Ligging huidige zandwinning



De huidige zandwinplas omvat een oppervlakte van ongeveer 13,5 ha met een windiepte tot circa 27 m- maaiveld. Plaatselijk kan de plas minder diep zijn waar kleilagen ondieper dan 27 m- maaiveld worden aangetroffen. De zuidelijk gelegen kleinere plas (Heijting) omvat een oppervlakte van ongeveer 4,3 ha. De diepte van deze plas is beperkt tot ongeveer 10 m.

De diepe winning wordt uitgebreid met ongeveer 9 ha tot een totaal plasoppervlakte van ongeveer 22,5 ha (zie figuur 2.2). De maximale winningsdiepte bedraagt hierbij onveranderd maximaal 27 m- maaiveld.



Figuur 2.2: Uitbreiding zandwinning

## 3 Geohydrologische beschrijving

### 3.1 Bodemopbouw

De onderzoekslocatie ligt in het rivierengebied van Rijn en IJssel en ligt in de omgeving van het gestuwde gebied Montferland. Het hart van dit hogere gestuwde gebied bevindt zich op 5 km ten zuidoosten van de zandwinning.

De maaiveldhoogte ter plaatse van de zandwinning bedraagt circa 13 à 14 m+ N.A.P. Vanaf maaiveld komen zandige afzettingen voor die deel uitmaken van de Formatie van Boxtel. De dikte van deze laag varieert van circa 5 tot 10 m. Plaatselijk komt binnen dit zandpakket een lokale leemlaag voor. De afzettingen zijn overwegend fijnzandig en silthoudend.

Vanaf 3 à 6 m+ N.A.P. is het zand doorgaans wat grover van samenstelling en loopt uiteen van fijnzandig tot grofzandig (vaak grindhoudend). Deze zandlagen hebben een fluviatiele herkomst en maken deel uit van de Formatie van Kreftenheye. Deze afzettingen zijn ongeveer 10 meter dik.

Naar beneden toe worden de zandlagen steeds siltiger en gaan uiteindelijk over in een afwisseling van leem en kleilagen. De totale dikte van dit laagpakket is naar verwachting 35 à 45 m dik. Het staat bekend als het laagpakket van Twello dat deel uitmaakt van de Formatie van Kreftenheye. Hoewel deze laag op de onderzoekslocatie een aanzienlijke dikte heeft, kan deze laag in de omgeving aanmerkelijk dunner of zelfs nagenoeg afwezig zijn.

Vanaf 45 à 55 m- N.A.P. komen opnieuw fijne tot zeer fijne zanden voor die tot een diepte van 70 à 75 m- N.A.P. deel uitmaken van de Formatie van Peize en Waalre en die vanaf deze diepte tot 80 à 90 m- N.A.P. worden gerekend tot de Formatie van Oosterhout. In beide gevallen zijn de zanden zwak tot sterk siltig.

Vanaf een diepteniveau van 80 à 90 m- N.A.P. komen fijne zanden voor die zijn afgewisseld met zandige en siltige kleilagen. Deze afzettingen lopen over naar en worden gerekend tot de Formatie van Breda die algemeen wordt geïnterpreteerd als hydrologische basis.

Uitgaande van de bovengenoemde regionale beschrijving, de boorbeschrijvingen van nabijgelegen boringen (zie bijlage 1) en het lokaal uitgevoerde grondonderzoek kan de bodem als volgt geschematiseerd worden:



Tabel 3.1: Geschematiseerde lokale bodemopbouw

Diepte t.o.v. NAP. [in m]			Samenstelling	Geohydrologische eenheid	Verwachte doorlatendheid
+13 à +14	tot	-9 à -12	Zand, matig fijn tot zeer grof, zwak siltig en vaak grindhoudend lagen	freatisch watervoerend pakket (WVP1)	zeer goed
-9 à -12	tot	-45 à -55	Leem- en kleilagen ,vaak zwak zandig en zwak grindig	slecht doorlatende laag (SDL1)	slecht
-45 à -55	tot	-70 à -75	Zand, zeer fijn, zwak siltig / zwak grindig	watervoerend pakket (WVP2)	redelijk
-70 à -75	tot	-80 à -90	Zand, fijn, siltig		
Vanaf -80 à -90			Klei- en slibhoudende zanden, afgewisseld met kleilagen	hydrologische basis	nihil

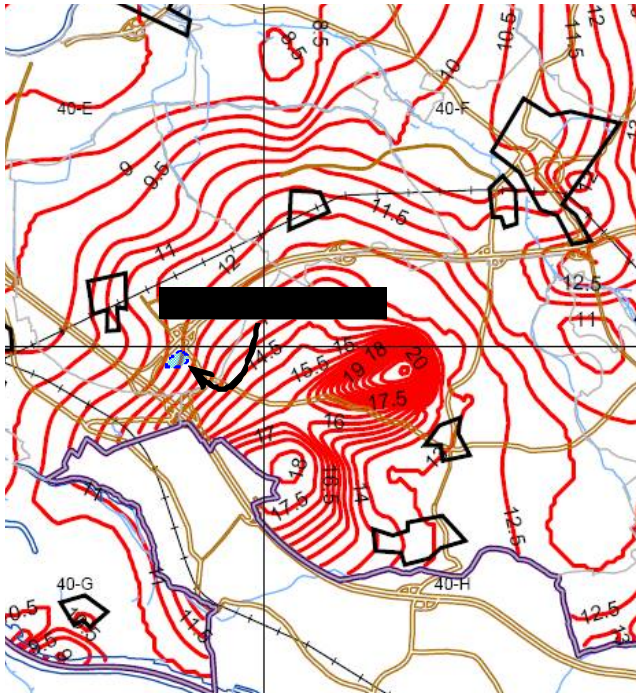
### 3.2 Grondwaterstroming

In figuur 3.1 en 3.2 zijn de regionale isohypsenpatronen afgebeeld voor het freatische pakket en het diepe watervoerende pakket. In beide gevallen is de stroming in noordwestelijke richting met een gradiënt van circa 1,1 à 1,2 ‰ (gemiddeld 1,15 ‰). In figuur 3.3 en 3.4 is een op basis van voorhanden gegevens uit Dinoloket uitgevoerde subregionale inventarisatie van het isohypsenverloop in WVP1 weergegeven voor de GHG en de GLG situatie.

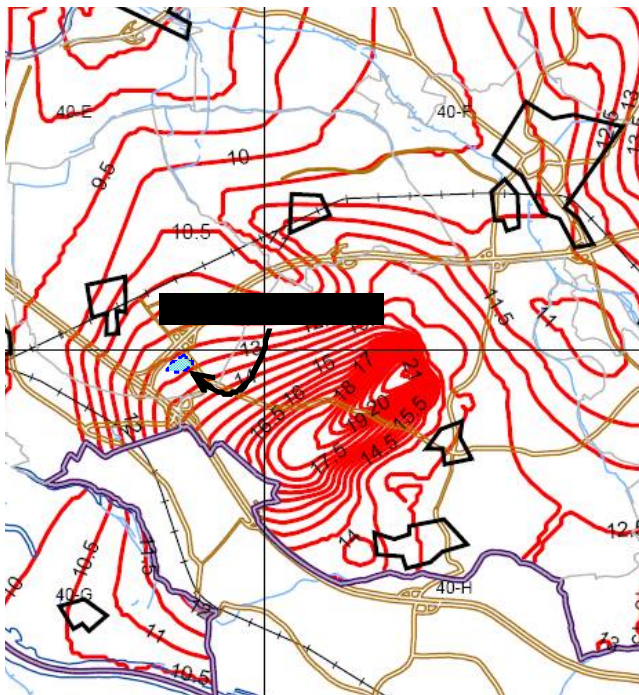
Uit een vergelijking van de freatische grondwaterstand met de stijghoogte in het diepere pakket op 25-04-1995 blijkt dat de stijghoogte in het diepe grondwater iets hoger is dan de freatische grondwaterstand. Hoewel hierdoor in principe sprake is van een kwelsituatie wordt opgemerkt dat de weerstand van de laag die het freatische pakket scheidt van het diepe watervoerende pakket (SDL1) zodanig hoog is dat de kwelstroom nihil is.





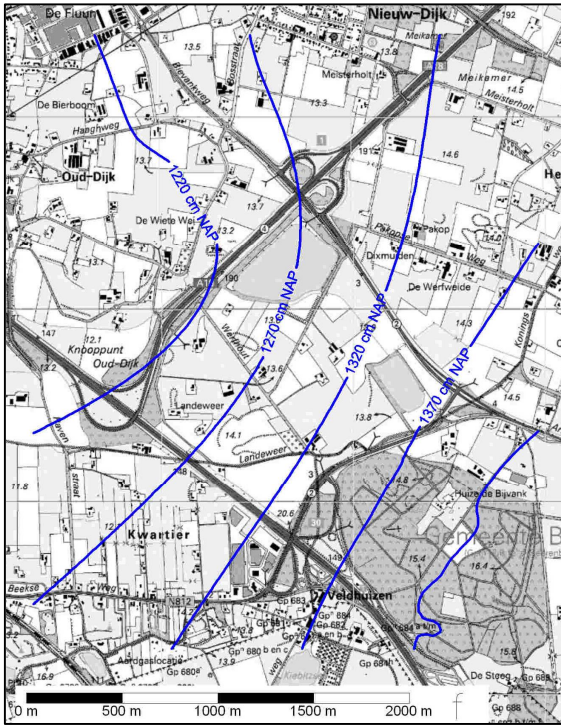


Figuur 3.1: Isohypsens freatisch  
watervoerend pakket d.d. 25-04-1995  
(bron: TNO Dinoloket)

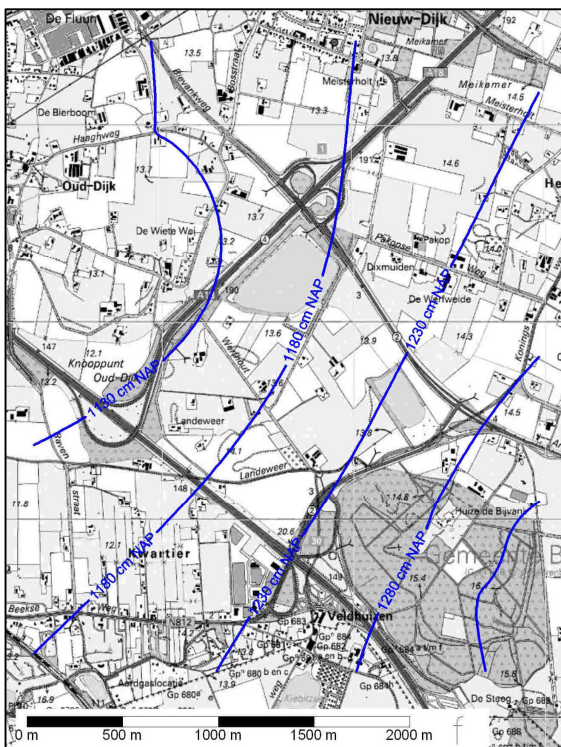


Figuur 3.2: Isohypsens diep  
watervoerend pakket d.d. 25-04-1995  
(bron: TNO Dinoloket)





Figuur 3.3: Isohypsens WVP1, GHG op basis van Dinoloket



Figuur 3.4: Isohypsens WVP1, GLG op basis van Dinoloket

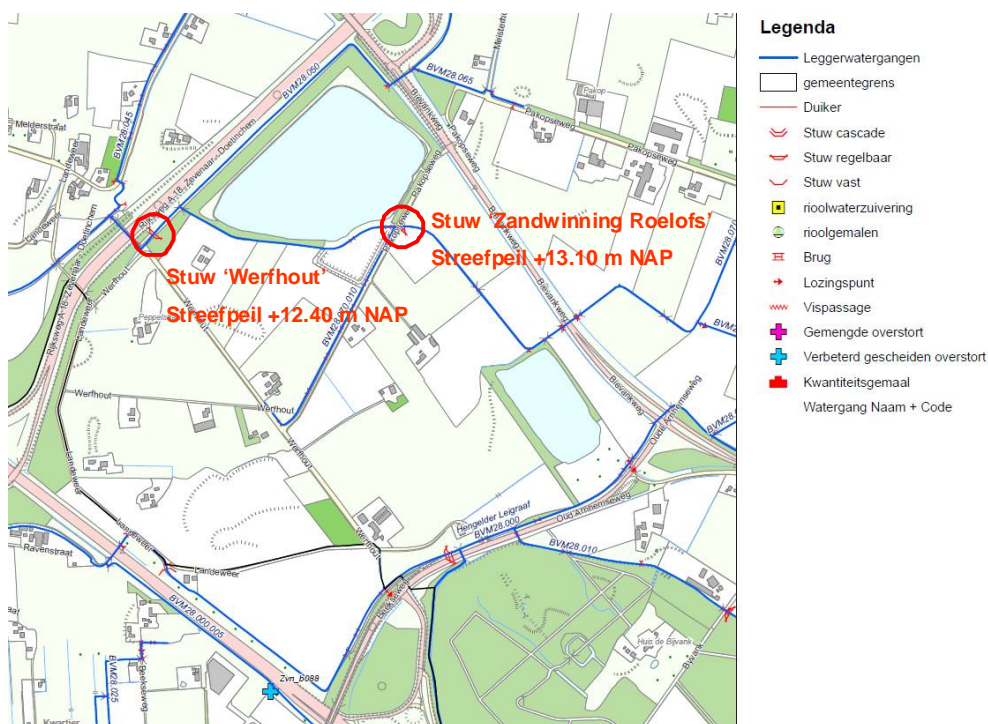


### 3.3 Oppervlaktewater

In het plangebied zijn zoals beschreven twee waterplassen aanwezig, de huidige zandwinput in het noordwesten en de kleinere waterplas in het zuidoosten. De beide plassen hebben geen aansluiting met watergangen. Aan- en afvoer van water vindt derhalve alleen plaats door uitwisseling met grondwater en regen / verdamping. Door de vrije verbinding met het grondwater zullen de plaspeilen fluctueren volgens het regionale grondwaterregime.

Rondom het onderzoeksgebied een aantal watergangen in beheer van Waterschap Rijn en IJssel. In het traject van deze watergangen zijn rondom de huidige zandwinput twee stuwen gesitueerd. De locatie, benaming en stuwpeilen zijn door Roelofs Advies en Ontwerp BV geïnventariseerd in de rapportage voor de Watertoets. In figuur 3.5 zijn de gegevens uit de bijbehorende rapportage overgenomen.

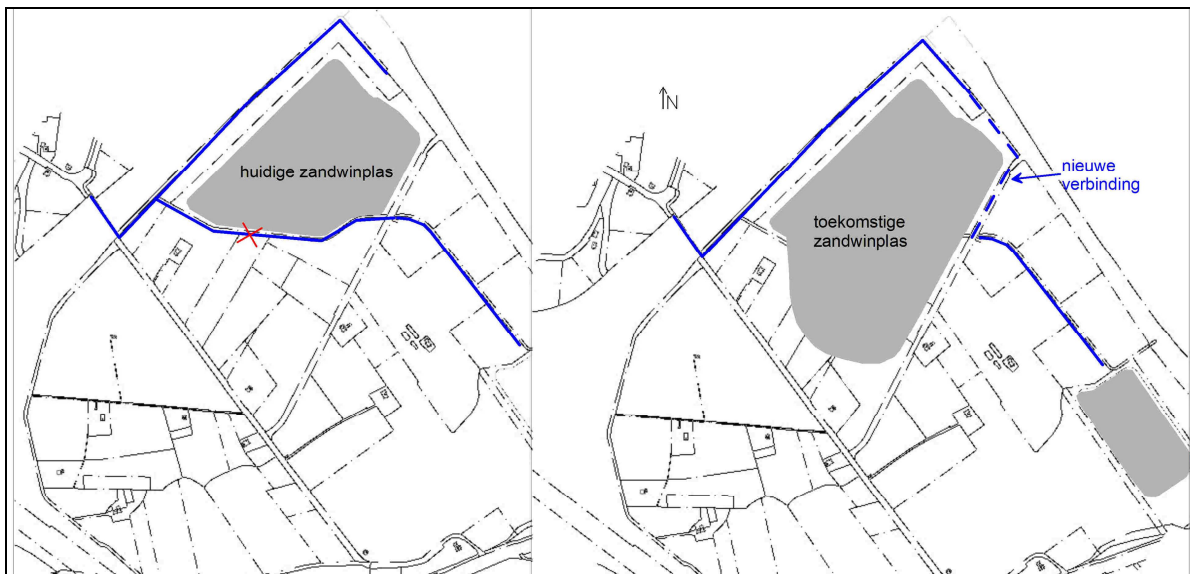
Rondom het plangebied bevinden zich tevens enkele (droogvallende) greppels voor de ontwatering van de (landbouw)percelen. Het gaat hierbij om kop- en zaksloten waarvan geen bovenstroomse aanvoer verwacht wordt. Afwatering vindt derhalve plaats op de leggerwatergangen.



Figuur 3.5: Oppervlaktewaterstructuur plangebied Werfhout, Didam



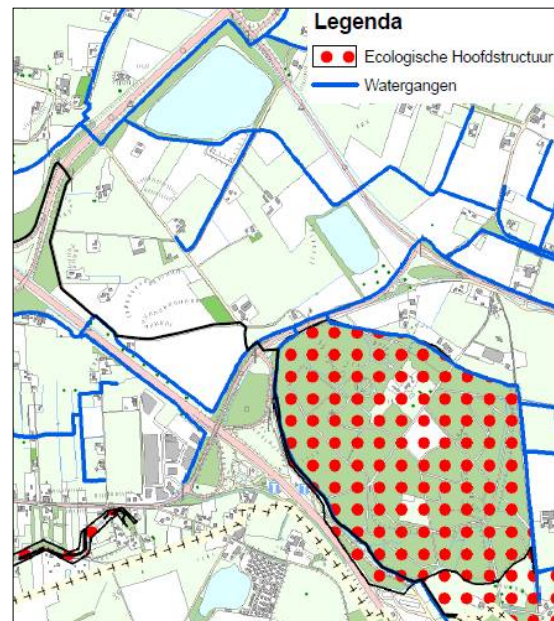
Met de uitbreiding van de zandwinning komt de watergang midden door de plas te lopen. Deze dient dan ook verlegd te worden. In figuur 3.6 is de toekomstige ligging van deze watergang weergegeven.



Figuur 3.5: Verlegging watergang

### 3.4 Omgevingsfactoren

In en rondom het plangebied zijn geen gronden aangemerkt als natte landnatuur. Het gebied ten zuidoosten van de N812 maakt echter wel deel uit van de ecologische hoofdstructuur (EHS) van de provincie Gelderland (zie figuur 3.7). Landgoed 'De Bijvanck' maakt deel uit van dit gebied. De EHS is volgens de wateratlas van de provincie Gelderland, 'GGOR verdroogde natte landnatuur', matig tot ernstig verdroogd, waardoor de hydrologische situatie van het gebied de aandacht verdient. De EHS is geen onderdeel van een natte ecologische verbindingzone.



Figuur 3.7: EHS zone



## 4 Kwantitatieve beschrijving hydrologische effecten

### 4.1 Invloed van de uitbreiding van de zandwinning op de geohydrologie

De hydrologische effecten van de zandwinning vinden plaats in het watervoerende pakket boven de scheidende laag SDL1. De uitbreiding van de huidige zandwinning leidt in principe tot de volgende effecten:

1. Veranderingen van de stijghoogte van het diepe grondwater in de omgeving als gevolg van verwijderen van zand uit de ondergrond. Dit effect is permanent en wordt veroorzaakt doordat zand een zekere weerstand biedt tegen grondwaterstroming in vergelijking tot open water. Dit leidt tot nivellering van de grondwaterstanden (zie paragraaf 4.2).
2. Veranderingen van de grondwaterstanden in de omgeving door het verwijderen van zand en waarvan de plaats wordt ingenomen door (grond-) water, dit effect is tijdelijk en treedt op in de winningfase. De veranderingen zijn grondwaterstandverlagingen die vergelijkbaar zijn met de gevolgen van een grondwateronttrekking (zie paragraaf 4.3).
3. Veranderingen in het patroon van neerslag en verdamping van het gebied. Dit wordt deels veroorzaakt doordat de bodem, inclusief de daarop aanwezige vegetatie, niet dezelfde verdamping heeft dan hetzelfde oppervlak aan open water. Dit effect is permanent (zie paragraaf 4.4).

### 4.2 Nivellering van de grondwaterstanden

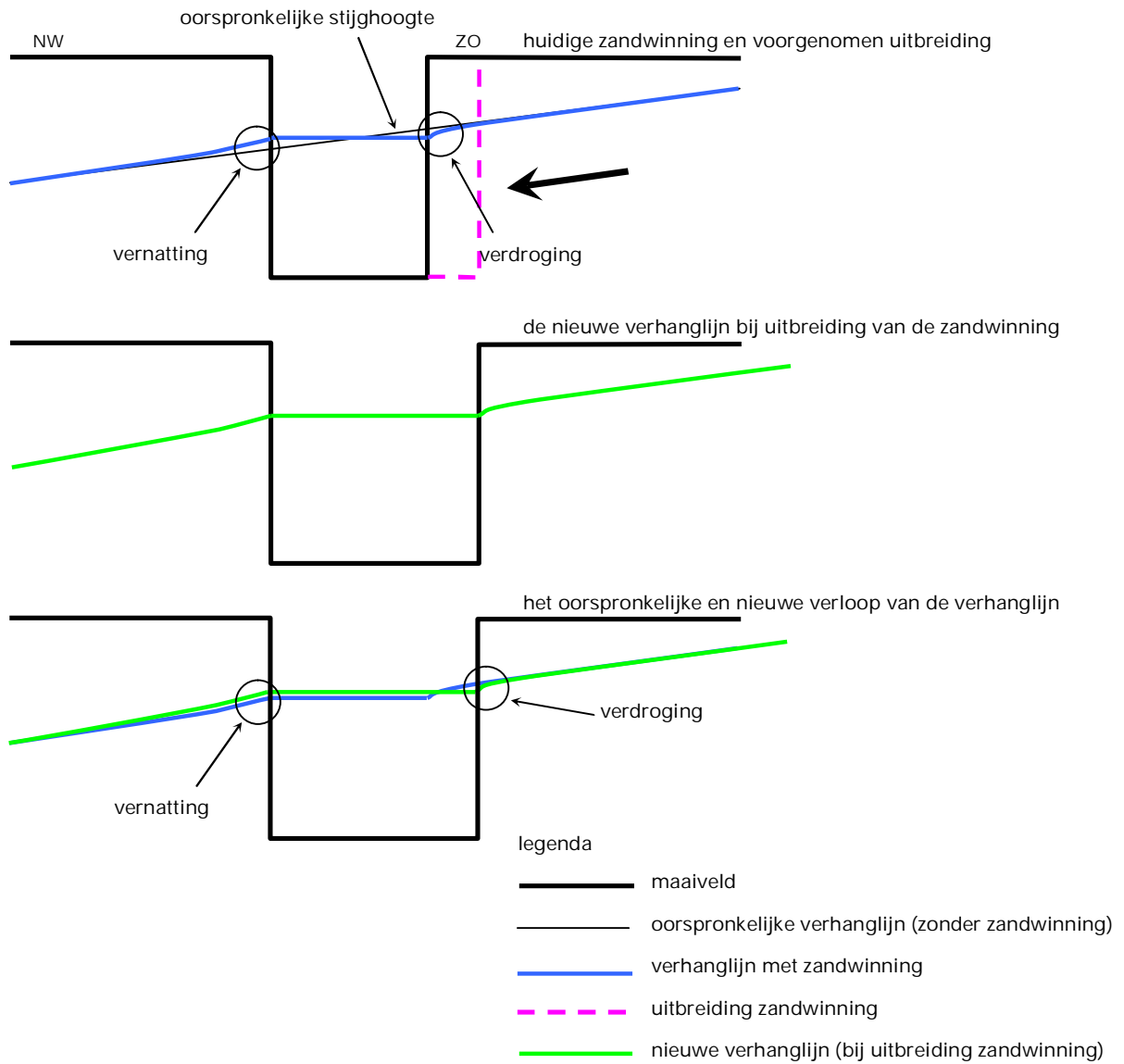
Een belangrijk hydrologisch effect van de zandwinplas wordt gevormd door een nivellering van de stijghoogte ter plaatse van de winning. De uiteindelijke waterstand in de plas zal liggen tussen de relatief lage stijghoogte aan de stroomafwaartse zijde en de relatief hoge stijghoogte aan de stroomopwaartse zijde in de oorspronkelijke situatie.

Vanuit stroomopwaartse zijde zal grondwater de plas instromen, en omgekeerd zal de plas het grondwater voeden aan stroomafwaartse zijde. In vergelijking tot de oorspronkelijke situatie zal dit dus plaatselijk leiden tot verlaging van de stijghoogte (namelijk aan de stroomopwaartse zijde) en plaatselijk tot verhoging van de stijghoogte (met name aan stroomafwaartse zijde).

Ook het uitbreiden van de winning ten opzichte van de bestaande concessie leidt er in principe toe dat genoemde effecten op zullen treden.

Een en ander is schematisch weergegeven in figuur 4.1.





Figuur 4.1: Schematische weergave beïnvloeding grondwaterstroming bij uitbreiding.



#### 4.3 Grondwaterstandverlaging tijdens winningfase

De zandwinning onttrekt grond aan de omgeving. Omdat de onttrekking hoofdzakelijk plaatsvindt onder grondwaterniveau, wordt de onttrokken grond vervangen door grondwater. Het onttrekken van grond is daarmee vergelijkbaar met een grondwateronttrekking die overeenkomt met de hoeveelheid onttrokken grond. Op jaarbasis wordt continu zand gewonnen met een uiteindelijke capaciteit van 250.000 tot 300.000 m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup>. Wanneer een porositeit wordt verondersteld van 30%, komt de wincapaciteit van 300.000 m<sup>3</sup>.jr<sup>-1</sup> overeen met een continue grondwateronttrekking van ongeveer 575 m<sup>3</sup>/dag.

$$\frac{\text{percentage vaste delen} * \text{wincapaciteit}[\text{m}^3/\text{jr}]}{\text{aantaldagen per jaar} [\text{d}/\text{jr}]} = \frac{0,7 * 300.000[\text{m}^3/\text{jr}]}{365 [\text{d}/\text{jr}]} = 575 \text{ m}^3/\text{d}$$

#### 4.4 Verandering in patroon van neerslag en verdamping

Ter plaatse van de voorgenomen uitbreiding zal de aanwezige bodemlaag verdwijnen en hiervoor in de plaats komt open water. Deze verandering gaat ook gepaard met veranderingen op het gebied van neerslag en verdamping.

Voor de verdamping van gewassen wordt doorgaans de gewasverdamping van Makkink gebruikt. Het huidige grondgebruik is overwegend grasland wat overeenkomt met een gewasfactor van 1,0. Voor de verdamping van open water hanteert men meestal de zogenaamde Penman Open waterverdamping. In het zomerhalfjaar, dat voor de verdamping verreweg de belangrijkste periode is, is de Penman openwaterverdamping circa 1,25 \* zo groot als de referentiegewasverdamping van Makkink. Ten opzichte van de gewasverdamping neemt de verdamping dan toe met een factor 0,25.

Om inzicht te krijgen in de verdamping en neerslag zijn gegevens opgevraagd bij KNMI. Voor het dichtstbijzijnde weerstation (Herwen: neerslag en Deelen: verdamping) zijn van de afgelopen 26 jaar de neerslag- en verdampingsgegevens opgevraagd. In tabel 4.1 zijn deze gegevens samengevat. Dit betekent dat er in de zomer sprake is van een extra verdamping in orde grootte van 114 mm.

Tabel 4.1 Neerslag en verdampingsgegevens De Deelen.

	neerslag		verdamping	
	mm/dag	mm/seizoen	mm/dag	mm/seizoen
zomer (1990-2015)	2,27	413	2,52	457
winter (1990-2015)	2,32	432	0,54	103



Deze extra verdamping kan worden vergeleken met een grondwateronttrekking ten opzichte van de huidige situatie. Tevens treedt als gevolg van de uitbreiding echter een omgekeerd proces op waardoor juist water langer wordt vastgehouden: De neerslagafvoercoëfficiënt in het gebied waar het huidig landgebruik wordt vervangen door open water verandert als gevolg van de uitbreiding van water. Het is aannemelijk dat ter plaatse van grasland (huidige situatie) een gedeelte van de neerslag door oppervlakkige afstroming of drainage uit het gebied afgevoerd zal worden. Dit geldt met name voor periodes met een hoge neerslagintensiteit. Met de uitbreiding van de zandwinplas zal er uit het betreffende deel geen neerslag uit het gebied afgevoerd worden. De uitbreiding van de zandwinplas heeft geen invloed op de hoeveelheid neerslag. Uitgaande van een geschatte afvloeiingscoëfficiënt van 10% komt dit voor de zomer en winter overeen met een gemiddelde toename van ongeveer 41 respectievelijk 43 mm/seizoen wat in het gebied extra wordt vastgehouden. Dit compenseert de extra verdamping voor een deel zoals hiervoor is aangegeven.

Indien de veranderingen samengevat worden leidt dat tot netto grondwateronttrekkingen als gevolg van de uitbreiding van de zandwinning. De waardes hiervoor zijn weergegeven in tabel 4.2.

Tabel 4.2. Netto onttrekkingen

periode	extra afvoer via verdamping (m <sup>3</sup> /dag)	minder afvoer van neerslag (m <sup>3</sup> /dag)	Netto extra onttrekking (m <sup>3</sup> /dag)	onttrekking t.g.v. winning (m <sup>3</sup> /dag)	Netto onttrekking (m <sup>3</sup> /dag)
zomer	56	20	36	575	611
winter	13	21	-8	575	567

#### 4.5 Sliblaag

De effecten van de zandwinning op de grondwaterstanden in de omgeving zijn afhankelijk van de wand- en bodemweerstand van de plas. Deze weerstand ontstaat op een natuurlijke manier door bezinking van fijne deeltjes. In de onderhavige situatie is in de voorbije periode zonder winning te verwachten dat zich een laag met fijnere deeltjes heeft afgezet aan de stroomafwaartse wandzijdes van de huidige put. De bodem van de huidige put wordt gevormd door weerstandbiedende lagen. De huidige put zal derhalve reeds een bepaalde mate van wand- en bodemweerstand bezitten. Deze weerstand is als subvariant als een sliblaag meegenomen in de verschillende scenario's binnen de modelberekeningen. De modelweerstandswaarde is ingeschat op basis van ervaring met en vergelijking met andere zandwinputten.





Het behalen van een hoge weerstandswaarde kan versneld worden door fijne deeltjes als restproduct van de zandwinning actief in te brengen in de plas. Hiermee zijn positieve effecten bereikt, waarbij het concept in de praktijk in 2006 en 2008 is beproefd bij zandwinplas de Domelaar bij Markelo. Een rapportage van de uitgevoerde studie is gepubliceerd in Land en Water, nr 1/2 - februari 2009.



## 5 Modelberekeningen

### 5.1 Algemeen

Om inzicht te krijgen in de effecten van de vergroting van de zandwinplas op de stijghoogte verlaging / verhoging in de omgeving zijn hydrologische berekeningen uitgevoerd. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met een grondwatermodel. Hierbij is gebruik gemaakt van het grondwatermodel Microfem.

Om inzicht te krijgen in de permanente effecten zijn stationaire berekeningen uitgevoerd. Hierbij is eventuele berging buiten beschouwing gelaten. Doel van de stationaire berekeningen is om op basis van de "worst-case" situatie de maximaal verwachte effecten weer te geven.

### 5.2 Uitgangspunten

De berekeningen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Een vrije waterstand in de zandwinplas.
- De huidige concessie beslaat een oppervlak van ongeveer 13,5 ha.
- De voorziene uitbreiding heeft een oppervlak van ongeveer 9 ha.
- Voor zowel de GHG situatie als de GLG situatie wordt een natuurlijke grondwaterstroming in noordwestelijke richting verwacht met een verhang van 1,15 ‰ in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket.
- De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de ingeschatte GHG waterstanden. De GLG waterstanden tonen dezelfde richting en eenzelfde verhang, derhalve zijn er geen verschillen tussen de relatieve effecten in de GHG en GLG situatie te veronderstellen.
- Een uniforme bodemopbouw, zoals beschreven in paragraaf 3.1. Uitzondering hierop wordt gevormd door de verspreiding van de sliblaag op de bodem en wanden van de huidige en toekomstige plassen zoals beschreven in paragraaf 4.5. Voor de sliblaag is een weerstand van 25 dagen aangehouden (horizontaal en verticaal).
- Voor de berekeningen is verondersteld dat over het gehele oppervlak van de plas tot aan de maximale winddiepte ontgrond zal worden. In de praktijk wordt aan de randen een talud aangehouden. Een gevolg van deze benadering is dat de effecten naar de omgeving toe, groter worden berekend dan op grond van dit aspect kan worden verwacht (worst case benadering). Dit geldt met name aan de randen.
- De zandwinplas en de ondiepe plas wordt gemodelleerd door hier een doorlaatvermogen van 100.000 m<sup>2</sup>/dag aan toe te kennen per watervoerende modellaag.
- De effecten worden gepresenteerd in vergelijking tot de huidige concessie.



### 5.3 Modelschematisatie

De modelgrenzen zijn zodanig gekozen dat deze de berekende hydrologische effecten niet zullen beïnvloeden. In dit geval is een model gehanteerd met afmetingen van 5 x 5 km. De geohydrologische parameters welke zijn gehanteerd in de modelstudie zijn weergegeven in tabel 5.1 en 5.2. Voor het beheersgebied van waterschap Rijn en IJssel is een regionaal hydrologisch model opgezet; AMIGO. Het model is ontwikkeld in opdracht van waterschap Rijn en IJssel, provincie Gelderland en Waterbedrijf Vitens. Dit in voorliggende rapportage gehanteerde modelparameters zijn afgeleid van het AMIGO model.

Tabel 5.1: Geohydrologische schematisering ten behoeve van effectberekeningen, I

modellaag	bodemlaag	laagdikte (m)
C1	drainageweerstand	-
T1	bovenste laagjes	1
C2	fictieve scheidende laag	-
T2	1 <sup>e</sup> watervoerend pakket deel A	10
C3	fictieve scheidende laag	-
T3	1 <sup>e</sup> watervoerend pakket deel B	14

Tabel 5.2: Geohydrologische schematisering ten behoeve van effectberekeningen, II

modellaag	eenheid	Waarde model	Waarde bij ondiep water	Waarde bij diep water
C1	dagen	300	∞	∞
T1	m <sup>2</sup> /dag	10	100.000	100.000
C2	dagen	5	1	1
T2	m <sup>2</sup> /dag	1.100	100.000	100.000
C3	dagen	5	5	1
T3	m <sup>2</sup> /dag	200	200	100.000

De scheidende laag beneden deel B van het eerste watervoerende pakket wordt gezien als geohydrologische basis vanwege de hoge weerstand; er zullen geen hydrologische invloeden beneden deze laag optreden door de uitbreiding van de zandwinning.

Als referentie voor de berekeningsuitkomsten is de eindsituatie van de huidige concessie genomen. Om de hydrologische effecten te bepalen wordt gebruik gemaakt van het superpositieprincipe. Dit houdt in dat het effect van de zandwinning wordt berekend ten opzichte van de huidige situatie met de aanwezigheid van de bestaande diepe put en ondiepe waterplas.



#### 5.4 Berekende scenario's

Een achttal scenario's zijn berekend; de onderscheiden scenario's zijn weergegeven in tabel 5.3. De variatie zit in :

- Onderscheid tussen zomer- en winterperiode zoals beschreven in paragraaf 4.4 (2<sup>e</sup> kolom).
- De aanwezigheid van een onttrekkingssituatie (3<sup>e</sup> kolom; Nee=eindsituatie na beëindiging van de winningsfase, Ja=tijdelijke situatie tijdens winning)
- De verdiscontering van een sliblaag in de modelberekeningen (4<sup>e</sup> kolom; Nee=geen sliblaag meegenomen, Ja=wel een sliblaag meegenomen)

Elk scenario wordt vergeleken met de corresponderende nulsituatie. Dit betekent dat de verschilssituatie voor de scenario's "zonder slib" wordt berekend ten opzichte van de nulsituatie "zonder slib" en dat de verschilssituatie voor de scenario's "met slib" wordt berekend ten opzichte van de nulsituatie "met slib".

Tabel 5.3: Beschrijving van de onderscheiden en berekende scenario's

Nr	Periode	Onttrekking	Sliblaag	Typering	Ref.
1	zomer	Nee	Nee	Zomer periode, situatie na winning, geen slib	zonder slib
2	zomer	Nee	Ja	Zomer periode, situatie na winning, wel slib	met slib
3	zomer	Ja	Nee	Zomer periode, situatie tijdens winning, geen slib	zonder slib
4	zomer	Ja	Ja	Zomer periode, situatie tijdens winning, wel slib	met slib
5	winter	Nee	Nee	Winter periode, situatie na winning, geen slib	zonder slib
6	winter	Nee	Ja	Winter periode, situatie na winning, wel slib	met slib
7	winter	Ja	Nee	Winter periode, situatie tijdens winning, geen slib	zonder slib
8	winter	Ja	Ja	Winter periode, situatie tijdens winning, wel slib	met slib

#### 5.5 Berekeningsresultaten

De berekende hydrologische effecten van scenario's 1 t/m 8 zijn weergegeven in bijlage 3. De uitbreiding van de zandwinning vindt plaats in het eerste watervoerende pakket. Hier wordt plaatselijk zand aan de ondergrond onttrokken en deze plaats wordt door water ingenomen. Omdat het zand van nature een zekere weerstand biedt tegen stroming leidt dit tot een toename van de doorlatendheid. Deze toename zorgt er voor dat ter plaatse van de winning de oorspronkelijke verhanglijn in het grondwater wordt onderbroken en vlak komt te liggen. Als gevolg hiervan treden ook effecten op naar de omgeving. Aan de stroomopwaartse kant treedt met name een verlaging van de stijghoogte op en naar de stroomafwaartse kant een verhoging. Als gevolg van de aanwezigheid van de dikke scheidende laag beneden WVP1



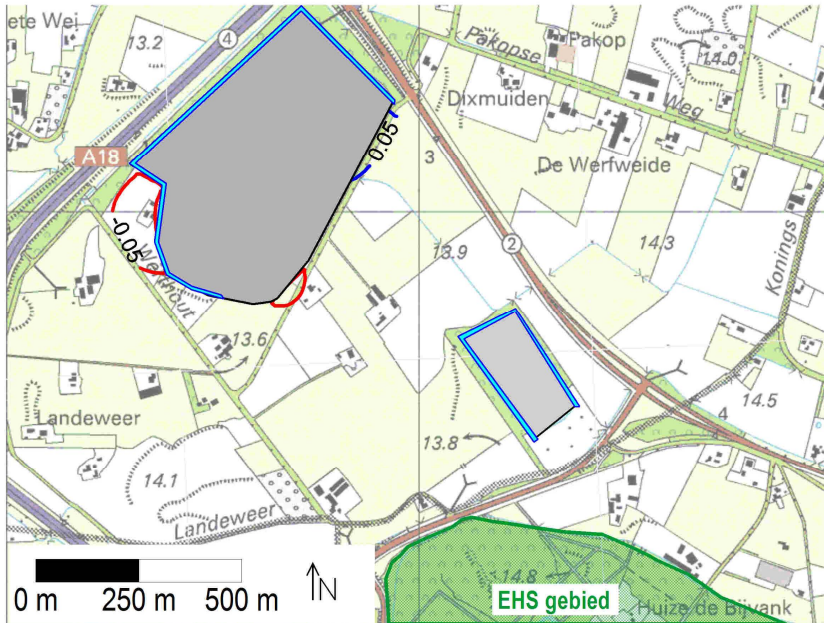
dempen de hydrologische effecten die optreden boven deze laag geheel uit. Beneden de scheidende laag zijn in WVP2 derhalve geen effecten merkbaar van de zandwinning en/of de uitbreiding van de zandwinning.

De verschillen in de berekende effecten tussen de zomer- en winterperiode zijn minimaal. Dit duidt erop dat de effecten voor het overgrote deel een gevolg zijn van de veranderende verhanglijn en in veel mindere mate een gevolg van het verschil in neerslag en verdamping. In de verdere bespreking wordt dan ook geen onderscheid gemaakt tussen de zomer- en winterperiode.

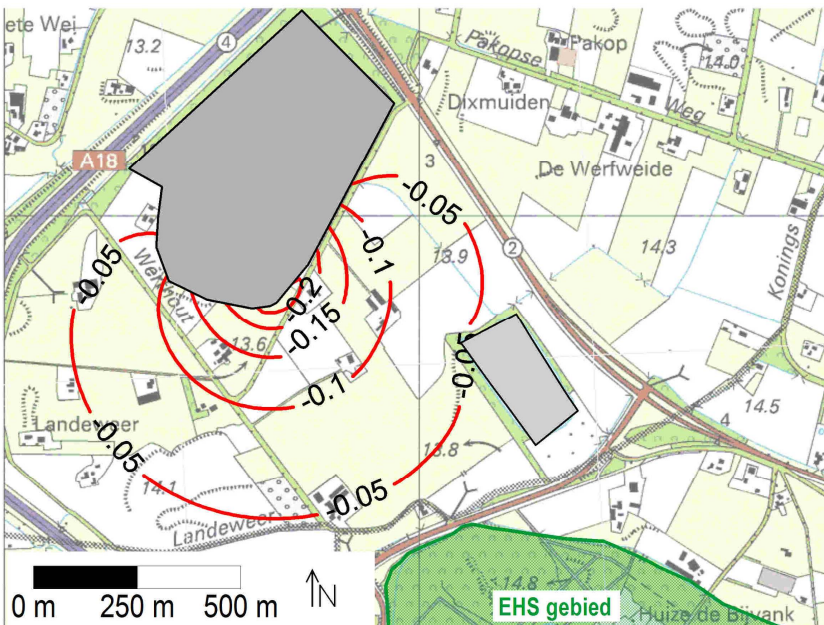
Maatgevend in de bepaling van de effecten is de vorming van een sliblaag. Deze laag zal onder natuurlijke omstandigheden ontstaan. In de effectberekeningen is een onderscheid gemaakt tussen de afwezigheid van een sliblaag en een sliblaag met een weerstand van 25 dagen. Hieruit blijkt dat in het laatste geval (aanwezigheid van sliblaag) het invloedsgebied na beëindiging van de zandwinning beperkt is tot het plangebied. Zonder rekening te houden met een sliblaag is het hydrologisch invloedsgebied aanzienlijk groter. Echter, in werkelijkheid is het aannemelijk dat er op de bodem en wanden van de bestaande plassen sprake is van enige mate van slibvorming. De berekeningsvarianten zonder sliblaag laten dan ook een zeer negatief resultaat zien (i.e. "worst-worst case").

De maximale berekende hydrologische effecten tijdens de productiefase en zonder rekening te houden met een sliblaag bedragen 0,25 m (grondwaterstandsverlaging) direct aan de rand van de zandwinplas (zie figuur 5.2). In de uiteindelijke situatie zijn deze effecten gereduceerd tot een maximale grondwaterstandsverlaging van 0,15 m en indien rekening wordt gehouden met een sliblaag worden de effecten geminimaliseerd tot grondwaterstandsverlagingen van maximaal 0,05 m direct aan de rand van de zandwinplas (zie figuur 5.1). De maximale grondwaterstandverhogingen bedragen +0,05 m direct aan de rand van de plas.





Figuur 5.1: Uiteindelijke eindsituatie in de zomer, met sliblaag (scenario 2)



Figuur 5.2: Tijdens productiefase in de zomer, zonder sliblaag (scenario 3)



Uit figuur 5.1 blijkt dat het 5 cm hydrologische invloedsgebied in de eindsituatie en tijdens de productiefase in de "worst-case" benadering nagenoeg beperkt blijft tot het plangebied. Het 5 cm hydrologische invloedsgebied reikt in alle scenario's niet tot in het EHS gebied (zie paragraaf 5.6.2).

## 5.6 Invloed op de omgeving

Als gevolg van de voorgenomen ingreep kunnen derden in principe baat of hinder ondervinden als gevolg van de voorgenomen uitbreiding. In dit kader is het van belang om aandacht te besteden aan het volgende:

- Effecten op de funderingen van bebouwing en bestaande infrastructuur;
- Effecten op de natuur;
- Effecten op de landbouw.

### 5.6.1 Effecten op de funderingen van bebouwing en bestaande infrastructuur

Om te beoordelen of er schade aan bebouwing en infrastructuur kan optreden als gevolg van de activiteiten van de zandwinning wordt hier uitgegaan van de berekende maximale stijghoogteverlagingen in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket (zie bijlage 3). Deze maximale verlaging bedraagt 0,2 m in scenario 3 (tijdens winning en zonder sliblaag).

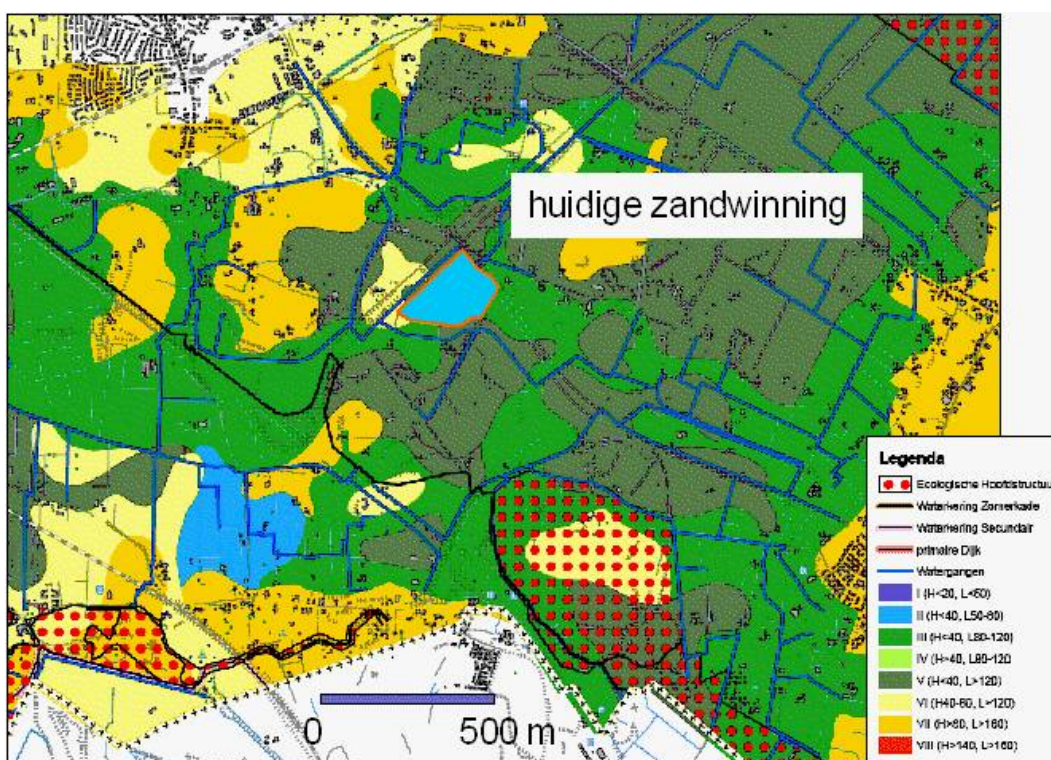
In alle scenarios is het 5 cm beïnvloedingsgebied vrijwel beperkt tot de grenzen van het plangebied en bevinden zich binnen het 5 cm invloedsgebied slechts enkele objecten. Evenwel blijkt uit het uitgevoerde grondonderzoek dat de ondergrond (zie tabel 3.1) niet zettinggevoelig is. Bovendien is de omvang van de berekende veranderingen in relatie tot de natuurlijke fluctuaties van de grondwaterstand zodanig dat er geen reden is om te veronderstellen dat er funderingsschade kan voortvloeien uit de activiteiten van de zandwinning. Dit geldt zowel in de uiteindelijke situatie als tijdens de productiefase. Als er al zettingen op zullen gaan treden dan zijn deze kleiner dan 3 mm. Er is derhalve geen aanleiding om te veronderstellen dat er schade aan funderingen zal gaan optreden als gevolg van de uitbreiding van de zandwinning.

### 5.6.2 Effecten op de natuur

Ten zuiden van de zandwinning bevindt zich een terrein dat deel uitmaakt van de ecologische hoofdstructuur (EHS). Binnen het invloedsgebied van de zandwinning bevinden zich geen gebieden waarbij de habitatrichtlijn, vogelrichtlijn of natuurbeschermingswet van toepassing zijn. Het terrein dat deel uitmaakt van de EHS is weergegeven in figuur 3.6 en 5.3. Het ligt voor de hand om de verlaging van de waterstand te vergelijken met de afstand ten opzichte van maaiveld. Hiertoe is de grondwatertrappenkaart van belang. Uit figuur 5.1 blijkt dat de historische grondwatertrappen in het EHS gebied variëren van III tot V en VI.



Het EHS gebied ligt buiten het 5 cm beïnvloedingsgebied van de uitbreiding van de zandwinning en er zijn tijdens de productiesituatie en de uiteindelijke situatie redelijkerwijze geen noemenswaardige negatieve effecten te verwachten op het EHS gebied.



Figuur 5.3: Grondwatertrappen in de omgeving van de zandwinning en ligging EHS-gebied

### 5.6.3 Effecten op de landbouw

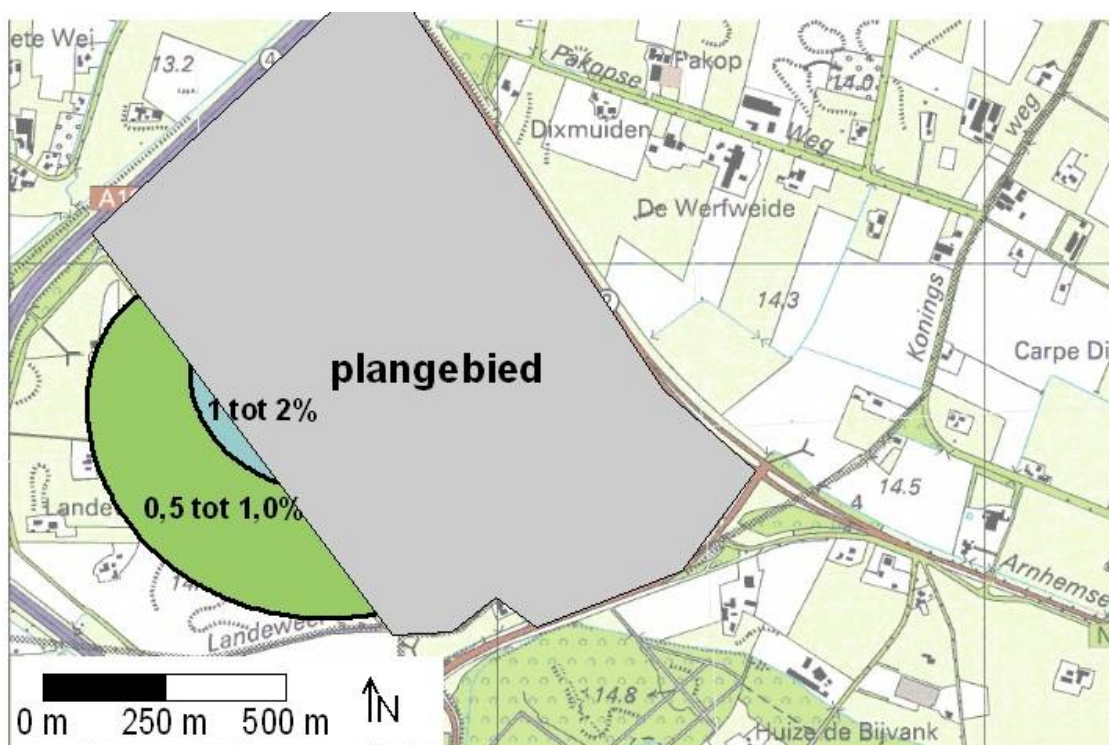
In de omgeving van de zandwinplas is het grondgebruik overwegend agrarisch. In de uiteindelijke situatie is binnen het agrarische gebied en buiten het plangebied een maximale grondwaterstandsverlaging berekend van circa 0,05 cm. Tijdens de productiefase bedraagt de berekende maximale verlaging 5 à 10 cm. In de uiteindelijke situatie treedt direct aangrenzend aan de huidige plas een grondwaterstandsverhoging van maximaal 5 cm op.

Om een indicatie te geven van de schade voor agrariërs in de omgeving is een oriënterende berekening uitgevoerd op basis van de HELP systematiek (HELP 2005 Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het waterlood instrumentarium, Stowa 2005 rapport 16, ISBN 90.5773.297.1).





Voor de betreffende grondsoort is voor het grondgebruik grasland en maïsteelt de natschade en droogteschade berekend op basis van de berekende maximale grondwaterstandsverandering (scenario 3, zie figuur 5.2). De uitkomsten hiervan zijn weergegeven in figuur 5.4.



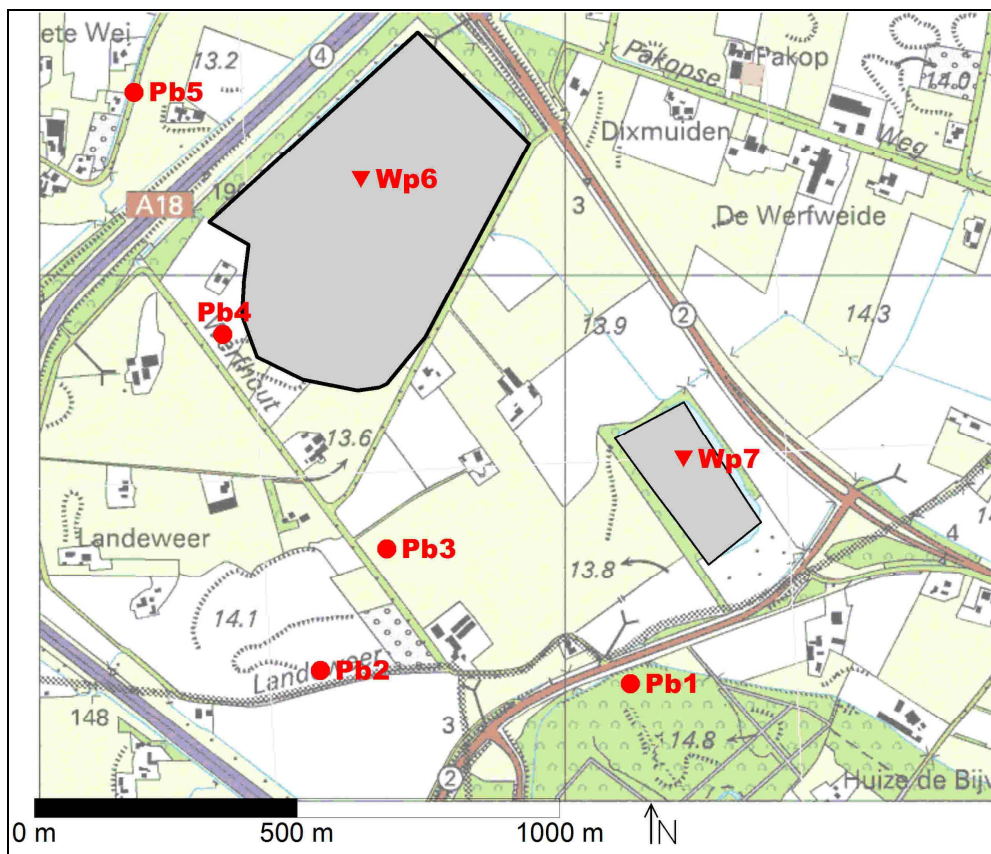
Figuur 5.4 Indicatie maximale schade (%) als gevolg van lagere grondwaterstanden.

Hoewel voor een betere inschatting nagegaan zou moeten worden wat het actuele grondgebruik is, is bovenstaande berekening indicatief genoeg om na te gaan of er sprake is van schade ten gevolge van de zandwinning. Aangezien de schade zeer beperkt is wordt deze beschouwd als niet noemenswaardig.



## 6 Monitoring van hydrologische effecten

Om inzicht te krijgen in de daadwerkelijk optredende effecten adviseren wij een peilbuizenennetwerk aan te leggen. Een voorstel voor de peilbuislocaties is weergegeven in figuur 6.1. Tevens adviseren wij de waterpeilen in beide plassen te monitoren. Geadviseerd wordt de monitoringswerkzaamheden zo snel mogelijk op te starten zodat een redelijk beeld kan worden verkregen van de huidige nulsituatie.



Figuur 6.1 Voorstel monitoringslocaties

In onderstaande tabel is een beschrijving van de verschillende peilbuizen en de meetfrequentie weergegeven.



Tabel 6.1 Peilbuisnetwerk en meetfrequentie

Peilbuis	Filterstelling (m- maaiveld)	Meetdoel	Meetfrequentie
Pb1	3 – 4	registratie grondwaterstanden (verlagingen) nabij EHS gebied (zuidelijk gebied)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Meetfrequentie: eenmaal per dag.</li> <li>– Uitleesfrequentie drukopnemers: minimaal tweemaal per jaar.</li> <li>– Rapportage eenmaal per jaar.</li> <li>– Start: zo spoedig mogelijk ten behoeve van registratie nulsituatie.</li> </ul>
Pb2	3 – 4	registratie grondwaterstanden	
Pb3	3 – 4	invloedsgebied tbv	
Pb4	3 – 4	landbouwgebieden	
Pb5	3 – 4	registratie grondwaterstanden noordelijk gebied	
Wp6	nvt	registratie waterpeil kleine plas	
Wp7	nvt	registratie waterpeil zandwinplas	

De peilbuizen dienen te worden voorzien van automatische drukopnemers met een meetfrequentie van eenmaal per dag. De gegevens dienen minimaal tweemaal per jaar te worden uitgelezen. De resultaten van de metingen dienen jaarlijks aan de betrokken partijen toegestuurd te worden. Geadviseerd wordt vanaf het moment dat de zandwinning operationeel wordt de uitkomsten van de metingen terug te koppelen naar de in dit rapport beschreven effecten. In de beginperiode (1<sup>e</sup> drie jaren na start van de winning) adviseren wij de uitkomsten jaarlijks terug te koppelen. Afhankelijk van de resultaten van de 1<sup>e</sup> terugkoppelingen kan de periode aangepast worden naar bijvoorbeeld een terugkoppeling van eens per 3 jaren.

Geadviseerd wordt de exacte locatiekeuze van de peilbuizen in overleg met het Waterschap Rijn en IJssel en de provincie uit te voeren.



## 7 Conclusies en slotopmerkingen

In dit rapport zijn de geohydrologische effecten onderzocht van uitbreiding van de zandwinning Werfhout te Didam. Voor de effectbeoordeling is gebruik gemaakt van een hydrologische modelstudie. Bij het inschatten van de modelparameters is naar vermogen getracht deze zo getrouw mogelijk in te voeren op basis van lokale en regionale informatie en modelgegevens van het model AMIGO. Bij de modelstudie is onderscheid gemaakt tussen een aantal scenario's ten aanzien van plasinrichting, verdiscontering van een uitdempende werking van een sliblaag en de uiteindelijke eindsituatie versus de situatie tijdens de winning van zand. De resultaten van de modelberekeningen zijn als volgt:

De verschillen in de berekende effecten tussen de zomer- en winterperiode zijn minimaal. Dit duidt erop dat de effecten voor het overgrote deel een gevolg zijn van de veranderende verhanglijnen en in veel mindere mate een gevolg van het verschil in neerslag en verdamping.

### -Uiteindelijke situatie

De berekende grondwaterstandsveranderingen bedragen maximaal circa  $-0,15$  m (grondwaterstandsverlaging) en  $+0,05$  m (grondwaterstandsverhoging) in de uiteindelijke eindsituatie. Het invloedsgebied bedraagt maximaal circa 360 m uit de waterrand aan de verlagingskant (ZO) en maximaal circa 50 m uit de waterrand aan de verhogingskant (NW).

### -Tijdens winningsfase

De berekende grondwaterstandsveranderingen bedragen maximaal circa  $-0,2$  m (grondwaterstandsverlaging) tijdens de productiesituatie. Het invloedsgebied bedraagt maximaal circa 600 m vanaf de rand van toekomstige waterplas.

Wanneer uitgegaan wordt van de aanwezigheid van een sliblaag reduceren de invloeden en invloedsgebieden in zowel de eindsituatie als tijdens de winningssituatie. Aangezien de bestaande plassen reeds jaren ongeroerd zijn is het aannemelijk dat hier sprake is van een sliblaag. Peilbuismetingen gedurende en voorafgaand aan de werkzaamheden zullen hier meer inzicht in gaan verschaffen.

Op basis van de berekeningsresultaten verwachten wij geen significant negatieve effecten op de facetten zettingen, natuur en landbouw. Op basis van de resultaten van het geohydrologische onderzoek komen wij tot de slotsom dat de hydrologische effecten als gevolg van de uitbreiding van de zandwinning in de omgeving niet zijn te voorkomen maar dat deze in grootte en omvang beperkt zijn. Dit geldt met name voor de effecten in de uiteindelijke situatie (na beëindiging van de productie).



In de berekeningen zijn verschillende "worst-case" situaties beschouwd. Om de daadwerkelijke effecten te kunnen monitoren adviseren wij rondom de plas een peilbuisnetwerk aan te brengen voor de registratie van de grondwaterstanden in de omgeving. De uitkomsten hiervan dienen te worden teruggekoppeld aan de in dit rapport gehanteerde uitkomsten.



# Bijlage 1



  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

## Boorbeschrijvingen (Dinoloket)





Kaartblad : 40E  
 Coördinaatsysteem : Rijksdriehoekstelsysteem  
 X-coördinaat (m) : 206270  
 Y-coördinaat (m) : 438740  
 Referentievlak : Normaal Amsterdams Peil  
 Maaiveld (cm) : 1249  
 Datum boring : 1-1-1950  
 Plaatsnaam : Didam  
 Uitvoerder : Rossmark, Gebr., Almelo  
 Vertrouwelijkheid : Openbaar

## Boormethode

Diepte (cm)	
Omschrijving	
Pulsboring	

## Lithologie

Org. beschrijver lithologie : RGD  
 Beschrijver lithologie : Burck, Ir. H.D.M.  
 Beschreven sediment : Onbekend  
 Versienummer : 1  
 boorbeschrijving

Diepte (cm)	Omschrijving Grondsoort	%Lu %Za %Os			
		M63	%Si	%Gr	Ca
0 - 30	zand siltig, onbekend, Zand: fijne categorie				
30 - 200	zand siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				
200 - 400	zand zwak grindig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				
400 - 530	zand sterk grindig, onbekend, Zand: matig grof (O)				
530 - 640	zand sterk grindig, onbekend, Zand: matig grof (O)				
640 - 690	zand onbekend, Zand: matig grof (O)				
690 - 860	zand sterk grindig, onbekend, Zand: grove categorie				
860 - 1220	zand sterk grindig, onbekend, Zand: grove categorie				
1220 - 1360	zand grindig, onbekend, Zand: zeer grof (O)				
1360 - 1450	zand grindig, onbekend, Zand: matig grof (O)				
1450 - 1600	grind sterk grindig, onbekend				
1600 - 1900	zand kleilig, zwak grindig, grijs, Zand: matig grof (O)				
1900 - 2120	zand sterk siltig, sterk grindig, humeus, onbekend, Zand: matig grof (O)				
2120 - 2230	zand zwak siltig, grindig, onbekend, Zand: matig grof (O)				
2230 - 2240	leem zandig, onbekend				2
2240 - 2270	zand siltig, zwak grindig, onbekend, Zand: matig grof (O)				
2270 - 2380	leem sterk zandig, onbekend				2
2380 - 2420	zand siltig, grindig, onbekend, Zand: matig grof (O)				
2420 - 2600	leem zandig, onbekend				2
2600 - 2700	leem grijs-bruin				
2700 - 3250	leem zandig, onbekend				2
3250 - 3260	leem sterk zandig, grijs				
3260 - 3700	zand sterk siltig, onbekend, Zand: fijne categorie				
3700 - 4260	leem zandig, grijs				
4260 - 4360	leem zwak siltig, licht-grijs				2
4360 - 4610	zand sterk siltig, grijs, Zand: fijne categorie				
4610 - 4780	leem zandig, onbekend				2
4780 - 5570	leem zwak siltig, zandig, onbekend				
5570 - 5590	leem zwak siltig, onbekend				
5590 - 5800	leem sterk siltig, sterk zandig, onbekend				
5800 - 5950	leem zandig, donker-grijs				2
5950 - 6260	zand sterk siltig, onbekend, Zand: fijne categorie				2
6260 - 6310	zand sterk siltig, onbekend, Zand: fijne categorie				2
6310 - 6420	leem zandig, donker-grijs				2
6420 - 6800	zand siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				
6800 - 6980	zand onbekend, Zand: matig fijn (O)				
6980 - 7050	zand matig siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				
7050 - 7200	zand matig siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				
7200 - 7300	zand matig siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				
7300 - 7430	zand matig siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)				





Diepte (cm)	Grondsoort	Omschrijving	%Lu		%Za		%Os	
			M63	%Si	%Gr	Ca		
7430 - 8120	zand	matig siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)						
8120 - 8250	zand	kleiig, zwart, Zand: matig fijn (O)						
8250 - 8400	zand	zwak grindig, onbekend, Zand: matig fijn (O)						
8400 - 8550	zand	zwak siltig, grindig, onbekend, Zand: matig fijn (O)						
8550 - 8680	zand	kleiig, zwak siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)						
8680 - 8750	zand	siltig, zwart, Zand: matig fijn (O)						
8750 - 9000	zand	siltig, zwart, Zand: matig fijn (O)						



Kaartblad	: 40E
Coördinaatsysteem	: Rijksdriehoeksysteem
X-coördinaat (m)	: 204860
Y-coördinaat (m)	: 437870
Referentievlak	: Normaal Amsterdams Peil
Maaiveld (cm)	: 1060
Datum boring	: 26-7-1989
Plaatsnaam	: Zevenaar
Uitvoerder	: van Tongeren
Vertrouwelijkheid	: Openbaar

## Boormethode

Diepte (cm)	
Omschrijving	
Zuigboring	

## Lithologie

Diepte (cm)	Grondsoort	Omschrijving	%Lu		%Za		%Os	
			M63	%Si	%Gr	Ca		
0 - 70	niet benoemd							
70 - 180	klei	sterk zandig, geel-grijs						
180 - 280	zand	grindig, geel-bruin						
280 - 480	zand	grindig, bruin						
480 - 570	zand	grindig, bruin-grijs						
570 - 700	zand	grindig, grijs-bruin						
700 - 770	zand	grindig, grijs-bruin						
770 - 950	zand	grindig, grijs-bruin						
950 - 1100	zand	grindig, bruin						
1100 - 1150	zand	grijs						
1150 - 1300	zand	donker-grijs						
1300 - 1470	zand	donker-grijs						
1470 - 1600	zand	grindig, bruin-grijs						
1600 - 1770	zand	donker-grijs						
1770 - 1900	klei	matig zandig, licht-grijs						
1900 - 2000	klei	grijs						
2000 - 2130	zand	sterk siltig, donker-grijs						
2130 - 2300	klei	donker-grijs						
2300 - 2500	zand	licht-grijs						
2500 - 2600	zand	licht-grijs						
2600 - 2700	zand	grindig, licht-grijs						
2700 - 2980	zand	grindig, licht-grijs						
2980 - 3170	zand	grindig, licht-grijs						
3170 - 3230	zand	grindig, licht-grijs						
3230 - 3370	zand	grindig, licht-grijs						
3370 - 3480	zand	donker-grijs						
3480 - 3690	zand	grindig, licht-grijs						
3690 - 3880	zand	grindig, licht-grijs						
3880 - 4100	zand	grindig, licht-grijs						
4100 - 4170	zand	grindig, licht-grijs						
4170 - 4210	zand	grindig, licht-grijs						
4210 - 4450	zand	licht-grijs						
4450 - 4630	zand	zwak kleilig, grindig, donker-grijs						
4630 - 4780	zand	donker-grijs						
4780 - 4810	klei	humeus, bruin-grijs						
4810 - 4950	zand	zwak siltig, grindig, licht-grijs						
4950 - 5180	zand	zwak siltig, grindig, licht-grijs						
5180 - 5260	zand	zwak kleilig, donker-grijs						
5260 - 5400	klei	donker-grijs						



Kaartblad : 40G  
 Coördinaatsysteem : Rijksdriehoekstelsysteem  
 X-coördinaat (m) : 208600  
 Y-coördinaat (m) : 435850  
 Referentievlak : Normaal Amsterdams Peil  
 Maaiveld (cm) : 1600  
 Datum boring : 2-12-1966  
 Plaatsnaam : s-Heerenberg  
 Uitvoerder : ICW  
 Vertrouwelijkheid : Openbaar

## Boormethode

Diepte (cm)	
Omschrijving	
Pulsboring	

## Lithologie

Org. beschrijver lithologie : ICW  
 Beschreven sediment : Onbekend  
 Versienummer : 1  
 boorbeschrijving

Diepte (cm)	Omschrijving	M63	%Lu %Za %Os			
			%Si	%Gr	Ca	
0 - 75	zand siltig, matig humeus, licht-bruin, Zand: matig fijn (O)	143				1
75 - 350	zand matig humeus, rood-bruin, Zand: matig fijn (O)	143				1
350 - 575	zand zwak siltig, matig humeus, licht-bruin, Zand: uiterst fijn (O)	100				3
575 - 800	zand zwak grindig, grijs-bruin, Zand: zeer grof (O)	333				3
800 - 1000	zand zwak siltig, matig grindig, grijs-bruin, Zand: matig grof (O)	250				2
1000 - 1550	zand zwak siltig, zwak grindig, grijs-bruin, Zand: matig grof (O)	250				2
1550 - 1775	zand zwak grindig, bruin-grijs, Zand: zeer grof (O)	333				2
1775 - 1900	zand zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn (O)	143				3
1900 - 2370	zand zwak siltig, matig grindig, grijs, Zand: matig fijn (O)	125				3
2370 - 2850	zand zwak siltig, matig humeus, bruin-grijs, Zand: uiterst fijn (O)	100				3
2850 - 3100	leem siltig, zandig, licht-grijs, Zand: fijne categorie					3
3100 - 3820	leem zwak siltig, licht-grijs					3
3820 - 3930	zand zwak siltig, matig humeus, donker-grijs, Zand: matig fijn (O)	125				3
3930 - 4500	leem zwak siltig, licht-grijs					3
4500 - 5100	leem zwak siltig, sterk humeus, bruin-grijs					3
5100 - 5330	leem siltig, zandig, grindig, onbekend					3
5330 - 5700	leem siltig, sterk humeus, grijs					1
5700 - 5900	leem zandig, onbekend					1
5900 - 6150	zand zwak siltig, zwak humeus, donker-grijs, Zand: matig grof (O)	250				2
6150 - 6350	zand zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig grof (O)	250				1
6350 - 6900	zand zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig grof (O)	200				1



Kaartblad : 40G  
 Coördinaatsysteem : Rijksdriehoekstelsysteem  
 X-coördinaat (m) : 208570  
 Y-coördinaat (m) : 435880  
 Referentievlak : Normaal Amsterdams Peil  
 Maaiveld (cm) : 1600  
 Datum boring : 2-12-1966  
 Plaatsnaam : Bergh  
 Uitvoerder : ICW  
 Vertrouwelijkheid : Openbaar

## Boormethode

Diepte (cm)  
 Omschrijving

## Lithologie

Org. beschrijver lithologie : ICW  
 Beschreven sediment : Onbekend  
 Versienummer : 1  
 boorbeschrijving

Diepte (cm)	Omschrijving	M63	%Lu %Za %Os			
			%Si	%Gr	Ca	
	Grondsoort					
0 - 75	zand siltig, matig humeus, licht-bruin, Zand: matig fijn (O)	143				1
75 - 350	zand matig humeus, rood-bruin, Zand: matig fijn (O)	143				1
350 - 575	zand zwak siltig, matig humeus, licht-bruin, Zand: uiterst fijn (O)	100				3
575 - 800	zand zwak grindig, grijs-bruin, Zand: zeer grof (O)	333				3
800 - 1000	zand zwak siltig, matig grindig, grijs-bruin, Zand: matig grof (O)	250				2
1000 - 1550	zand zwak siltig, zwak grindig, grijs-bruin, Zand: matig grof (O)	250				2
1550 - 1775	zand zwak grindig, bruin-grijs, Zand: zeer grof (O)	333				2
1775 - 1900	zand zwak siltig, grijs, Zand: matig fijn (O)	143				3
1900 - 2370	zand zwak siltig, matig grindig, grijs, Zand: matig fijn (O)	125				3
2370 - 2850	zand zwak siltig, matig humeus, bruin-grijs, Zand: uiterst fijn (O)	100				3
2850 - 3100	leem siltig, zandig, licht-grijs, Zand: fijne categorie					3
3100 - 3820	leem zwak siltig, licht-grijs					3
3820 - 3930	zand zwak siltig, matig humeus, donker-grijs, Zand: matig fijn (O)	125				3
3930 - 4500	leem zwak siltig, licht-grijs					3
4500 - 5100	leem zwak siltig, sterk humeus, bruin-grijs					3
5100 - 5330	leem siltig, zandig, grindig, onbekend					3
5330 - 5700	leem siltig, sterk humeus, grijs					1
5700 - 5900	leem zandig, grijs					1
5900 - 6150	zand zwak siltig, zwak humeus, donker-grijs, Zand: matig grof (O)	250				2
6150 - 6350	zand zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig grof (O)	250				1
6350 - 6900	zand zwak siltig, donker-grijs, Zand: matig grof (O)	200				1



Kaartblad : 40G  
 Coördinaatsysteem : Rijksdriehoekstelsysteem  
 X-coördinaat (m) : 208850  
 Y-coördinaat (m) : 436660  
 Referentievlak : Normaal Amsterdams Peil  
 Maaiveld (cm) : 1450  
 Datum boring : 4-8-1976  
 Plaatsnaam : Bergh  
 Uitvoerder : Van Es-Rossmark  
 Vertrouwelijkheid : Openbaar

## Boormethode

Diepte (cm)	
Omschrijving	
Spelboring	

## Lithologie

Beschreven sediment : Onbekend  
 Versienummer : 1  
 boorbeschrijving

Diepte (cm)	Omschrijving	Grondsoort	M63	%Lu	%Za	%Os	Ca
				%Si	%Gr		
0 - 20	zand	sterk siltig, zwak grindig, matig humeus, donker-grijs-bruin, Zand: uiterst fijn (O)	100				1
20 - 90	zand	sterk siltig, zwak grindig, matig humeus, donker-geel-bruin, Zand: zeer fijn (O)	145				1
90 - 160	leem	zwak zandig, bruin					2
160 - 500	zand	zwak siltig, grijs-bruin, Zand: matig fijn (O)	155				3
500 - 700	zand	siltig, zwak grindig, bruin, Zand: matig fijn (O)	200				3
700 - 980	zand	siltig, sterk grindig, bruin, Zand: matig grof (O)	285				3
980 - 1000	zand	siltig, zwak grindig, bruin, Zand: matig fijn (O)	200				3
1000 - 1250	zand	zwak siltig, zwak grindig, bruin, Zand: matig grof (O)	200				3
1250 - 1500	zand	zwak grindig, bruin, Zand: zeer grof (O)	400				3
1500 - 1750	zand	zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: matig fijn (O)	200				3
1750 - 2000	zand	zwak siltig, zwak grindig, bruin, Zand: matig fijn (O)	200				3
2000 - 2250	zand	uiterst siltig, sterk grindig, bruin, Zand: matig fijn (O)	165				3
2250 - 2500	zand	uiterst siltig, sterk grindig, bruin, Zand: matig fijn (O)	165				3
2500 - 2750	leem	zwak zandig, sterk grindig, donker-grijs-bruin	165				3
2750 - 3000	leem	zwak zandig, sterk grindig, donker-grijs-bruin					3
3000 - 3250	leem	zwak zandig, zwak grindig, grijs-bruin					3
3250 - 3500	leem	zwak zandig, grijs-bruin					
3500 - 3750	leem	zwak zandig, grijs-bruin					
3750 - 4000	leem	zwak zandig, zwak grindig, grijs-bruin					
4000 - 4250	leem	zwak zandig, zwak grindig, grijs-bruin					
4250 - 4500	leem	zwak zandig, zwak grindig, grijs-bruin					
4500 - 4750	klei	sterk siltig, donker-grijs-bruin					3
4750 - 5000	leem	zwak zandig, zwak grindig, grijs-bruin					3
5000 - 5250	leem	zwak zandig, zwak grindig, grijs-bruin					
5250 - 5500	leem	zwak zandig, donker-grijs-bruin					3
5500 - 5750	zand	uiterst siltig, zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	140				3
5750 - 6000	zand	sterk siltig, zwak humeus, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	140				3
6000 - 6250	zand	siltig, donker-grijs-bruin, Zand: matig fijn (O)	165				3
6250 - 6500	zand	zwak siltig, zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: matig fijn (O)	165				3
6500 - 6750	zand	zwak siltig, zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: matig fijn (O)	165				3
6750 - 7000	zand	zwak siltig, zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	145				3
7000 - 7250	zand	zwak siltig, zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	145				3
7250 - 7500	zand	zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	145				3
7500 - 7750	zand	zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, donker-bruin, Zand: zeer fijn (O)	140				3
7750 - 8000	zand	zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	140				3
8000 - 8250	zand	zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	140				3



Diepte (cm)	Omschrijving Grondsoort		M63	%Lu		%Za		%Os	
				%Si	%Gr	%Ca	%Ca		
8250 - 8500	zand	zwak siltig, zwak grindig, matig humeus, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	135						3
8500 - 8750	zand	zwak siltig, zwak grindig, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	145						3
8750 - 9000	zand	zwak siltig, donker-grijs-bruin, Zand: zeer fijn (O)	125						
9000 - 9250	zand	sterk siltig, donker-bruin, Zand: zeer fijn (O)	110						3
9250 - 9500	leem	sterk zandig, onbekend							3
9500 - 9750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						3
9750 - 10000	zand	zwak siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	155						3
10000 - 10250	zand	zwak siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						3
10250 - 10500	zand	uiterst siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	155						3
10500 - 10750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						3
10750 - 11000	zand	uiterst siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						3
11000 - 11250	zand	uiterst siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						3
11250 - 11500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	165						3
11500 - 11750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	165						3
11750 - 12000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	165						3
12000 - 12200	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	155						3
12200 - 12500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	155						3
12500 - 12750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	155						
12750 - 13000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						
13000 - 13250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						
13250 - 13500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: matig fijn (O)	155						
13500 - 13750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						
13750 - 14000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						
14000 - 14250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	145						
14250 - 14500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	140						3
14500 - 14750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	140						3
14750 - 15000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	125						3
15000 - 15250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	140						3
15250 - 15500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	140						2
15500 - 15750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	140						2
15750 - 16000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						2
16000 - 16250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						3
16250 - 16500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						
16500 - 16750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						
16750 - 17000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						3
17000 - 17250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						3
17250 - 17500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						3
17500 - 17750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						3
17750 - 18000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						3
18000 - 18250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						2
18250 - 18500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						2
18500 - 18750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: zeer fijn (O)	110						2
18750 - 19000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: uiterst fijn (O)	100						2
19000 - 19250	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: uiterst fijn (O)	100						2
19250 - 19500	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: uiterst fijn (O)	85						2
19500 - 19750	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: uiterst fijn (O)	100						2
19750 - 20000	zand	sterk siltig, onbekend, Zand: uiterst fijn (O)	85						2

# Bijlage 2

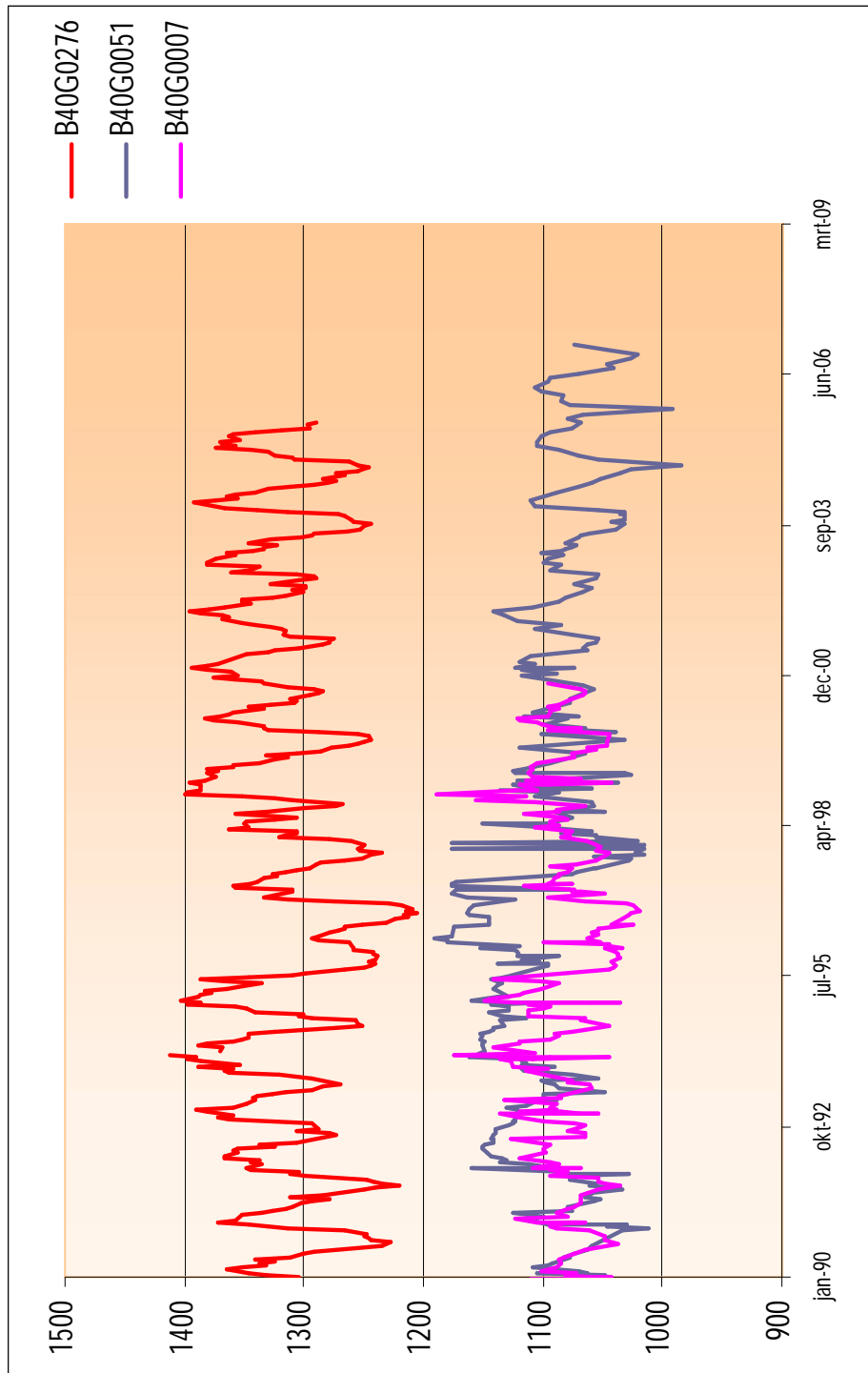


  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS  


## Peilbuisgegevens (Dinoloket)







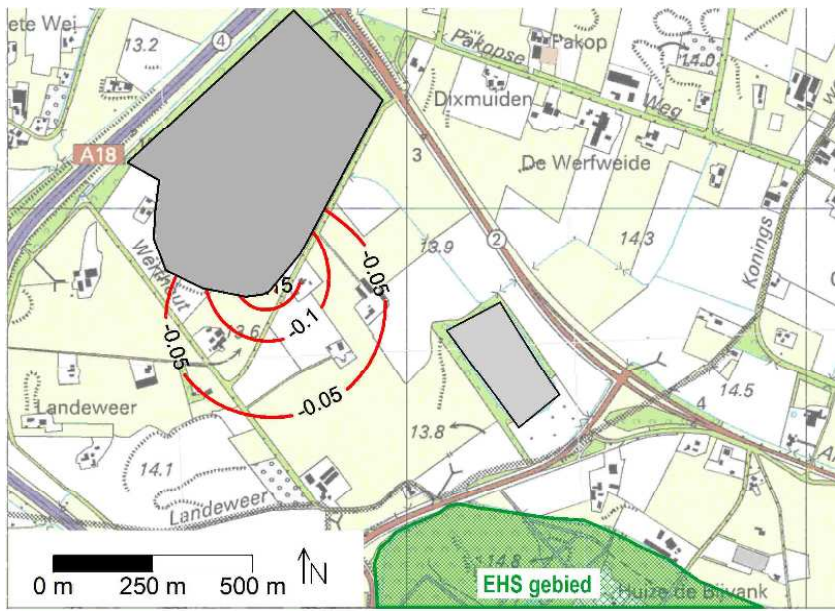
# Bijlage 3



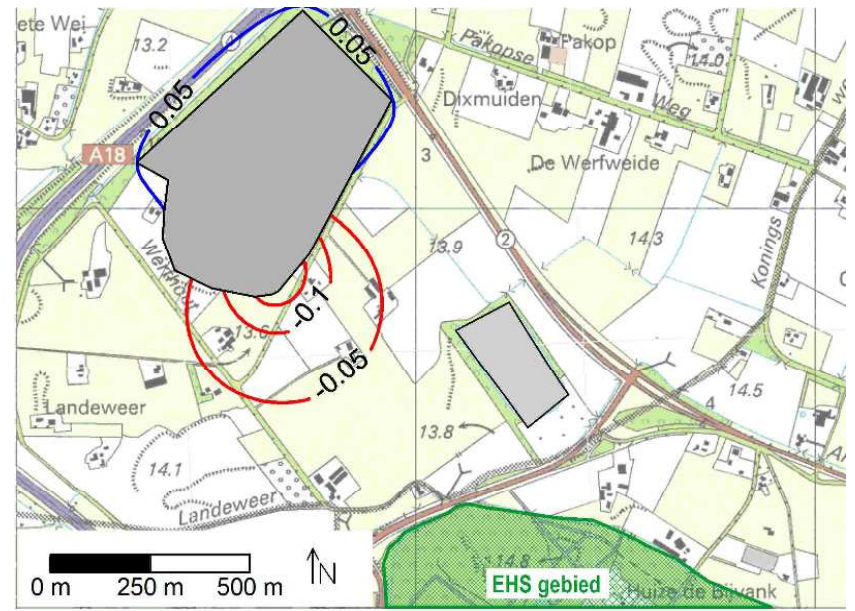
  
**Wiertsema & Partners**  
RAADGEVEND INGENIEURS

## Resultaten modelberekeningen

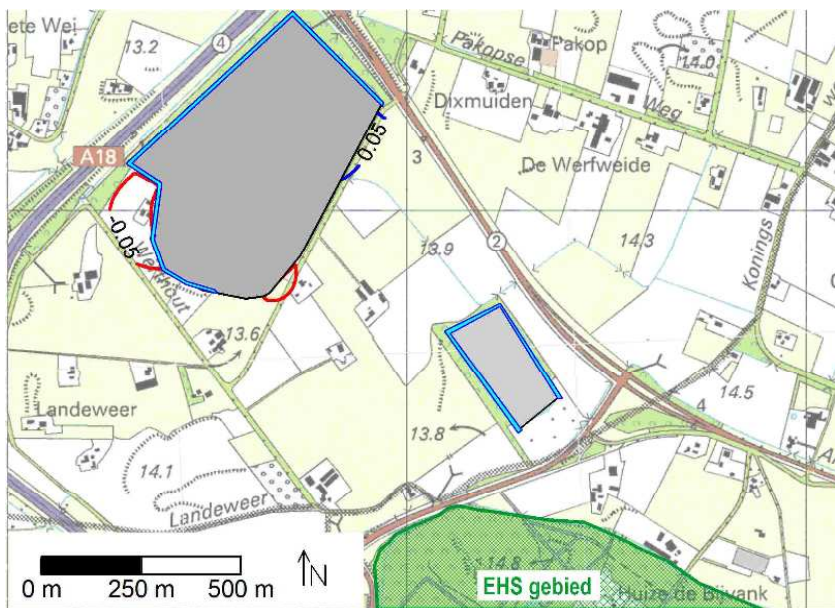
Scenario 1, zomer, na beëindiging productie, zonder sliblaag



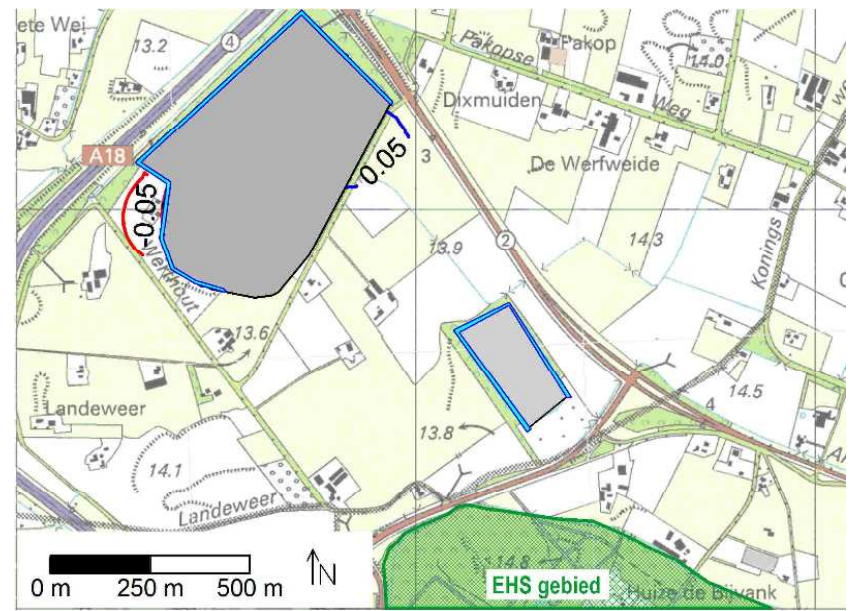
Scenario 5, winter, na beëindiging productie, zonder sliblaag



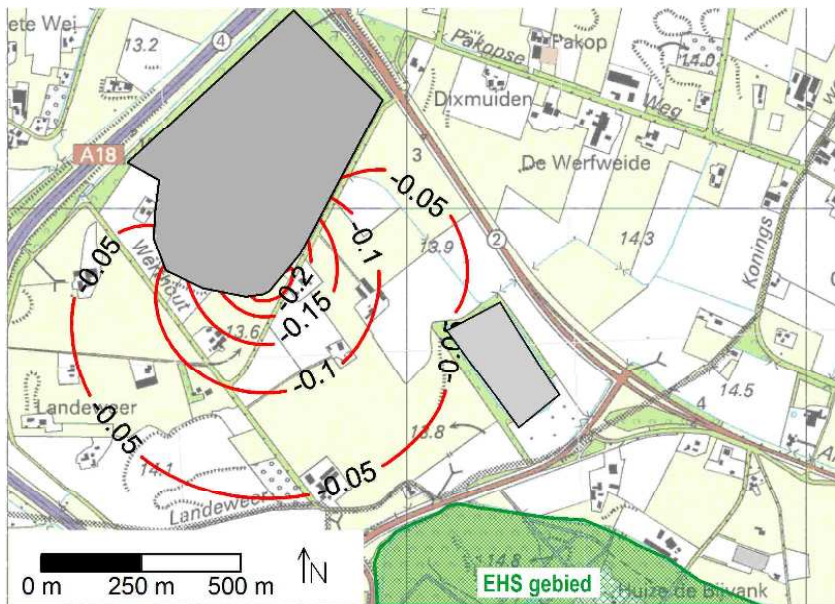
Scenario 2, zomer, na beëindiging productie, met sliblaag



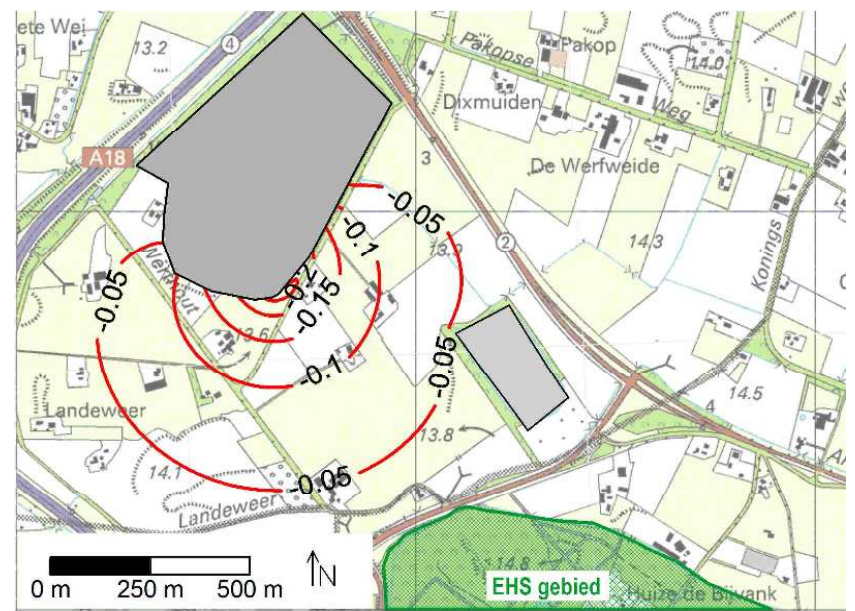
Scenario 6, winter, na beëindiging productie, met sliblaag



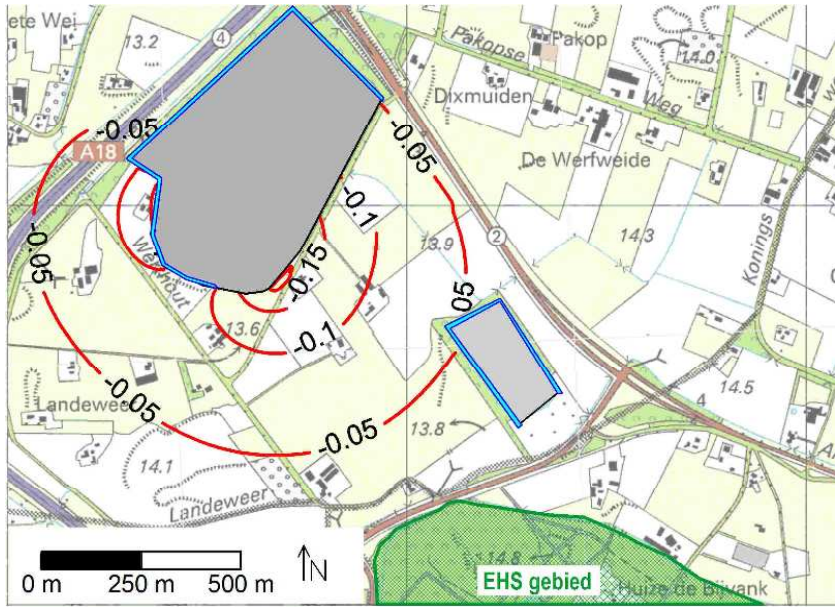
Scenario 3, zomer, tijdens productiefase, zonder sliblaag



Scenario 7, winter, tijdens productiefase, zonder sliblaag



Scenario 4, zomer, tijdens productiefase, met sliblaag



Scenario 8, winter, tijdens productiefase, met sliblaag

