

Opdrachtgever
VOF De Tuin van Elden Contactpersoon De heer R. Hasselerharm
CSO Adviesbureau voor Milieu-Onderzoek B.V.
Contactpersoon Ing. N.B.J. Lurvink

**CSO Adviesbureau voor
Milieu-Onderzoek B.V.**
Koningsbergenstraat 2
7418 ER Deventer

Tel.: 0570 - 504180
Fax: 0570 - 504190

www.cso.nl
n.lurvink@cso.nl

Geohydrologische studie Plangebied “De Tuin van Elden” te Arnhem

Opdrachtgever	
V.O.F. De Tuin van Elden Postbus 370 7460 AJ Rijssen Contactpersoon De heer R. Hasselerharm	
CSO Adviesbureau voor Milieu-Onderzoek B.V.	
Contactpersoon Ing. N.B.J. Lurvink	
Projectcode / rapportnummer CSO	07J005 / 07.RJ050
Datum	20 februari 2008
Projectleider	Ing. N.B.J. Lurvink
Status	Concept

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
2	Onderzoek.....	2
2.1	Algemeen	2
2.2	Verzamelen algemene informatie	2
2.3	Sondeeronderzoek.....	2
2.4	Boringen en k-waarde metingen.....	3
3	Terrein- en bodemgesteldheid.....	4
3.1	Situatie	4
3.2	Maaiveldsligging.....	4
3.3	Geologie.....	4
3.4	Geohydrologie.....	5
3.5	K-waarde deklagen	5
3.6	Geotechniek	6
3.7	Oppervlakte water	6
3.8	Grondwater	6
3.9	Kwaliteit grondwater.....	7
3.10	Bodemgesteldheid.....	7
4	Uitgangspunten en randvoorwaarden	8
4.1	Gewenste drooglegging en ontwateringsdiepte.....	8
4.2	Afwatering	10
4.3	Hoogteligging	10
5	Mogelijkheden bouwrijpmaken.....	11
5.1	Plangebied alleen ophogen	12
5.2	Plangebied alleen draineren	12
5.3	Combinatie van ophogen en ontwatering	12
5.4	Opbarsten slootbodems.....	13
6	Retentie	14
7	Infiltratie van hemelwater	15
8	Bijzondere maatregelen.....	16
9	Monitoring	17
10	Samenvatting	18

Bijlagen

- 1 regionale ligging
- 2 grondonderzoek
 - 2.1 sonderingen
 - 2.2 situatie handboringen
 - 2.3 handboringen
 - 2.4 k-waarde metingen
- 3 geohydrologisch profiel
- 4 bodemkaart
- 5 peilenkaart
- 6 tijdstijghoogtelijn peilbuis B40A442 en B40A601

1 Inleiding

In opdracht van V.O.F. De Tuin van Elden heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd voor plangebied De Tuin van Elden te Arnhem.

Voorliggend rapport bevat de resultaten van het onderzoek en een beschrijving van de bestaande geohydrologische situatie. Tevens worden adviezen uitgebracht ten aanzien van het bouwrijpmaken en de te verwachten geohydrologische situatie na het bouwrijpmaken. Ook worden adviezen gegeven met betrekking tot het waterplan.

Hoofdstuk 2 geeft de beschrijving van de verzamelde informatie en de uitgevoerde in situ onderzoeken. In hoofdstuk 3 wordt de bestaande geohydrologische situatie beschreven. De uitgangspunten van het project worden behandeld in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 worden de mogelijkheden van bouwrijpmaken besproken, alsmede de motieven om voor de bestaande maaiveldhoogte te kiezen.

2 Onderzoek

2.1 Algemeen

Sinds november 2003 is een watertoets wettelijk verplicht voor streekplannen, bestemmingsplannen en vrijstellingen op bestemmingsplannen (artikel 19 Wet op de ruimtelijke ordening) met als doel dat waterhuishoudkundige doelstellingen expliciet en op evenwichtige wijze in beschouwing worden genomen bij het opstellen van deze plannen. Vooroverleg over de inrichting van de waterhuishouding tussen de initiatiefnemer en de waterbeheerders is verplicht. Het voor de onderzoekslocatie geplande ruimtelijk plan vereist inzicht in de wijze waarop rekening is gehouden met de gevolgen van het plan voor de waterhuishouding.

Onderhavige rapportage heeft betrekking op het voormalige Intratuin-complex (circa 9 hectare) aan de Klapstraat 24B te Elden (Arnhem). Tesamen met enkele percelen van de Onze Lieve Vrouwenstichting uit Amersfoort aan de Rijksweg West (circa 1,4 hectare) wordt het terrein ontwikkeld ten behoeve van woningbouw. Het totale plan is genaamd "De Tuin van Elden" en heeft een oppervlakte van 10,4 hectare. Er zullen circa 240 woningen en 3.000 m² voorzieningen worden gerealiseerd. Een stedenbouwkundig plan is in concept aanwezig.

Ten behoeve van de aanleg van riolering dient een bemalingsadvies te worden opgesteld. Aangezien nog geen rioleringsplan beschikbaar is, behoort het opstellen van een bemalingsadvies niet tot onderhavig onderzoek.

2.2 Verzamelen algemene informatie

Het onderzoek naar de bodemopbouw heeft bestaan uit het verzamelen van informatie uit de bestaande gegevens, zoals de bodemkaart van Nederland, schaal 1:50.000, de Geologische kaart van Nederland schaal 1:50.000 en de Grondwaterkaart van Nederland.

Bij het DINO loket van NITG-TNO zijn langjarige waarnemingen opgevraagd van peilbuizen in de omgeving van het project. In de directe nabijheid zijn twee peilbuizen aanwezig. De ligging hiervan en de waarnemingen in de peilbuizen als tijdstijghoogtelijnen zijn weergegeven in bijlage 6.

Bij Rijkswaterstaat is informatie verkregen omtrent waterhoogten in de Nederrijn ter hoogte van hectometerpaal 887, daar waar de Nederrijn zich op de kortste afstand tot het plangebied bevindt.

Bij het Waterschap Rivierenland is informatie verkregen betreffende de gehanteerde waterpeilen in de omgeving van het plangebied, deze zijn weergegeven in bijlage 5.

2.3 Sondeeronderzoek

Het sondeeronderzoek heeft bestaan uit 5 sonderingen, waarvan de resultaten zijn gepresenteerd op de sondeergrafieken DKM-001 tot en met DKM-006, in bijlage 2.1. De conusweerstand uitgedrukt in kN/m², is hierop uitgezet tegen de diepte in meters ten opzichte van NAP.

De sonderingen zijn uitgevoerd vanaf een 15-tons 6 x 6 wiel aangedreven sondeertruck.

De metingen zijn verricht met een gladde elektrische (kleef)mantelconus met hellingmeter, een en ander conform Norm NEN 5140, klasse 2.

Bij de sonderingen is naast de conusweerstand eveneens de plaatselijke wrijvingsweerstand geregistreerd. Het op de betreffende sondeergrafiek weergegeven wrijvingsgetal, geeft de verhouding weer tussen de wrijvingsweerstand en de conusweerstand in procenten en is kenmerkend voor de verschillende grondsoorten.

Als indicatie kunnen voor normaal geconsolideerde grondlagen, onder de grondwaterstand de volgende percentages worden aangehouden,

Wrijvingsgetal in %			Grondsoort
0.3	-	1.2	Zand,grof tot fijn
1.5	-	2.0	Silt
2.5	-	5.0	Klei
		>5.0	Veen

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als maatgevend zijn te beschouwen.

De onderzochte punten zijn in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. De ligging van de sondeerlokaties is weergegeven op de situatietekening in bijlage 2.1.

2.4 Boringen en k-waarde metingen

Ter verkrijging van informatie omtrent de bodemopbouw en de doorlatendheid van de bovenste meters, ter beoordeling van de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater, zijn 10 handboringen en doorlatendheidsmetingen verricht. De situering van deze metingen is weergegeven op de overzichtstekening in bijlage 2.2. De profielbeschrijvingen van de handboringen zijn weergegeven in de boorstaten in bijlage 2.3. De resultaten van de k-waardemetingen zijn gegeven in bijlage 2.4.

3 Terrein- en bodemgesteldheid

3.1 Situatie

De regionale ligging van het plangebied is aangeduid in bijlage 1.

Het toekomstig terrein wordt aan de noordzijde begrensd door een bestaande watergang, aan de oostzijde door de bestaande bebouwing aan de Rijksstraatweg, aan de zuidzijde en de westzijde door de Klapstraat. De totale oppervlakte bedraagt circa 10,4 hectare.

Het plangebied kan op basis van het meest recente stedenbouwkundig plan als volgt worden verdeeld:

totale oppervlakte plangebied	113.400 m ²
oppervlakte uitgeefbaar	56.660 m ²
oppervlakte niet uitgeefbaar	56.740 m ²
waarvan:	
verhard oppervlak	23.575 m ²
groen	26.360 m ²
water	6.805 m ²

Door de opdrachtgever is aangegeven dat de oppervlakten gedurende de planvorming nog kunnen wijzigen, grote wijzigingen worden echter niet verwacht.

3.2 Maaiveldsligging

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de sonderingen en boringen is bepaald. Daaruit blijkt dat het terrein zich gemiddeld op een hoogte bevindt van circa 9,3 - 9,4 m + NAP.

3.3 Geologie

Op basis van literatuur en specifiek voor dit project verzamelde informatie kan de geologische opbouw als volgt worden beschreven.

Deklaag

Vanaf maaiveld wordt een deklaag aangetroffen, bestaande uit klei en veenhoudende klei, afgezet tijdens het Holocene, de Betuwe Formatie. De dikte van deze klei- en veenlaag is wisselend, maar bedraagt in het algemeen circa 3,5 - 5 meter. Plaatselijk wordt vanaf maaiveld een 0,3 - 0,5 m dikke opgebrachte zandlaag aangetroffen.

Eerste watervoerende laag

De afzettingen van het eerste watervoerende pakket zijn afgezet tijdens het Pleistoceen en behoren tot de Formatie van Kreftenheye. De dikte bedraagt circa 15 m. Plaatselijk kan in deze afzettingen een lokaal aanwezige kleilaag voorkomen. Onder de Formatie van Kreftenheye komen afzettingen van de Formatie van Drente voor tot een diepte van circa 10 m - NAP. Plaatselijk zijn deze zandig ontwikkeld. Het doorlaatvermogen van de zanden in deze afzettingen wordt geschat op circa 1.000 m²/d.

Eerste scheidende laag

Deze bestaat voornamelijk uit keileem en is afgezet tijdens het Saalien. De afzettingen worden de Formatie van Drente genoemd. De dikte van deze scheidende laag varieert tussen circa 10 tot 15 m. De verticale doorlaatfactor is gering. De weerstand wordt geschat op 5.000 tot 10.000 dagen.

Tweede watervoerende laag

Deze bestaan uit zanden en behoren tot de Formatie van Harderwijk. De dikte van dit pakket bedraagt meer dan 50 m. De zanden in dit pakket variëren van grof tot fijn. De grovere zanden komen voornamelijk in de bovenste lagen voor. Het doorlaatvermogen van dit pakket wordt geschat op 2.000 m²/d.

3.4 Geohydrologie

Op basis van de verzamelde gegevens is de geohydrologische opbouw als volgt geschematiseerd en zijn de bijbehorende parameters vastgesteld.

Tabel 3.1 geohydrologische schematisatie

geohydrologische eenheid	diepte m tov NAP	formatie	samenstelling	kD [m ² /d]	c [dagen]
maaiveld	9,3 – 9,4 m+NAP				
deklaag	+9,3 tot +5	Holoceen	klei	1	400
1 ^{ste} watervoerend pakket	+5 tot -10	Kreftenheye, Drente	zand	1.000	-
scheidende laag	-10 tot -20	Drente	leem	-	10.000
2 ^{de} watervoerend pakket	-20 tot -70	Harderwijk	zand	2.000	-

3.5 K-waarde deklagen

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de gemeten doorlatendheden op de diepten relevant voor een eventuele aanleg van infiltratievoorzieningen.

Tabel 3.2 resultaten infiltratiemeting

boring	maaiveld	meettraject	k-waarde meting
	m + NAP	m - mv	m/d
hb1	9,51	0,69 - 2,00	0,3
hb2	9,45	0,90 - 2,00	1,0
hb3	9,39	0,76 - 2,00	0,7
hb4	9,37	0,86 - 2,00	1,4
hb5	9,43	0,80 - 2,00	0,7
hb6	9,46	0,98 - 2,00	0,5
hb6	9,46	0,98 - 2,00	0,5
hb7	9,57	0,93 - 2,00	1,7
hb8	9,46	0,83 - 2,00	1,5
hb9	9,21	0,48 - 2,00	1,4
hb10	9,48	0,08 - 2,00	1,5

Opgemerkt dient te worden dat voornamelijk de k-waarde in horizontale richting is gemeten en dat de k-waarde in verticale richting als veel lager wordt ingeschat.

Een k-waarde in horizontale richting van 1,0 m/d kan als maatgevend worden beschouwd.

3.6 Geotechniek

De op locatie verrichte sonderingen geven het volgende beeld: vanaf het maaiveld komt een kleilaag voor, waarvan de onderzijde wordt aangetoond op circa 5,6 m+NAP. Daaronder komt tot een diepte van circa 18 m-NAP een zandpakket voor, waarvan de vastheid sterk varieert. Ook worden op verschillende dieptes relatief dunne kleilagen aangetroffen, die gelet op de verschillende dieptes geen aaneengesloten geheel vormen.

Uit het grondonderzoek en algemene gegevens zijn de volgende grondparameters afgeleid.

Tabel 3.3 geotechnische parameters

grondsoort	yn	c	ϕ	C'p	C's	Cc	C ϕ
klei Holoceen	16	0	15	15	125	0,50	0,007
zand	20	0	35	1000	0	0,003	0

Op bladzijde 17 is een legenda van de gebruikte symbolen weergegeven.

3.7 Oppervlaktewater

In de ten noordwesten van het plangebied terrein aanwezige Nederrijn, kunnen de volgende waterstanden optreden:

1 * per jaar	11,35	m + NAP
1 * per 2 jaar	11,85	m + NAP
1 * per 10 jaar	12,85	m + NAP
1 * per 100 jaar	13,50	m + NAP

In en nabij de locatie komen watergangen voor. Hierin wordt door het Waterschap Rivierenland een waterpeil van circa 8,00 m + NAP gehandhaafd. Ten zuidwesten van de onderzoekslocatie ligt op circa 50 meter een kolk.

3.8 Grondwater

In bijlage 6 zijn tijdstijghoogtelijnen van de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket gegeven.

Uit de grondwaterkaart blijkt dat de stijghoogte in het tweede watervoerende pakket sterk wordt beïnvloed door de grondwaterwinning van het pompstation Fikkersdries. De stijghoogten in het eerste watervoerende pakket worden hier nagenoeg niet door beïnvloed. De stroming in het eerste watervoerende pakket is min of meer westelijk gericht en wordt beïnvloed door de waterstand in de Nederrijn.

Freatisch grondwater

Uit de hydromorfe profielkenmerken is afgeleid dat op de locatie de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) voorkomt op 8,9 tot 9,1 m+NAP (circa 0,4 - 0,5 m-mv) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) op 7,4 tot 7,6 m+NAP (circa 1,9 - 2,0 m-mv).

Stijghoogten

Uit de waarnemingen in peilbuis 40A0601, die op nagenoeg dezelfde afstand van de Nederrijn is gelegen als de onderzoekslocatie, blijkt dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket voor kan komen tussen circa 7,4 en 9,8 m + NAP. De waarnemingen in deze peilbuis bleken slechts beschikbaar over een beperkte periode.

De onderzoekslocatie is niet gelegen binnen een grondwaterbeschermingsgebied. Het dichtstbijzijnde beschermingsgebied bevindt zich op een afstand van circa 4,0 kilometer ten zuidwesten van de onderzoekslocatie.

3.9 Kwaliteit grondwater

Het grondwater in de eerste watervoerende lagen heeft een chloridegehalte van minder dan 100 mg/l en is zoet.

Ter plaatse van het plangebied zijn recentelijk twee bodemonderzoeken uitgevoerd:

Integraal onderzoek percelen Intratuin te Elden, CBB, 7 juli 2004, kenmerk 50174613
verkennd bodemonderzoek percelen AB1025, AB1026 en AB1454 aan de Rijksweg West te Elden (Arnhem), CSO Adviesbureau, 3 januari 2008, kenmerk 07.RJ049

Uit de resultaten van deze onderzoeken blijkt dat in het freatische grondwater licht verhoogde concentraties chroom en zink zijn aangetoond. Daarnaast is de concentratie nikkel licht tot matig verhoogd is de concentratie arseen licht tot sterk verhoogd aangetoond. De verhoogde concentraties betreffen geen geval van ernstige bodemverontreiniging, er is sprake van "spots". In overeenstemming met de gemeente Arnhem is geconcludeerd dat de concentraties nikkel en arseen vermoedelijk natuurlijk verhoogde achtergrondconcentraties betreffen. Sanerende maatregelen kunnen bij herinrichting achterwege blijven.

Uit bodemonderzoeken in de omgeving van het plangebied blijkt een vergelijkbare grondwaterkwaliteit als die is aangetroffen binnen het plangebied. Er zijn in de omgeving van het plangebied geen ernstige grondwaterverontreinigingen bekend.

3.10 Bodemgesteldheid

In bijlage 4 is de bodemkaart van de omgeving weergegeven. In de omgeving komen voornamelijk kleigronden voor waarvan de samenstelling varieert tussen lichte zavel en zware klei.

De grondwatertrap op het plangebied behoort tot grondwatertrap VI. De gemiddeld hoogste grondwaterstand komt voor tussen 0,4 m en 0,8 m beneden maaiveld en de gemiddeld laagste grondwaterstand komt voor beneden 1,2 m beneden maaiveld.

4 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Teneinde het plangebied te ontwikkelen worden eisen gesteld aan de ontwatering en de drooglegging van het gebied. Door het waterschap Rivierenland worden eisen gesteld aan de afvoer van water uit het plangebied en de hoeveelheid te realiseren open water binnen het plangebied.

4.1 Gewenste drooglegging en ontwateringsdiepte

Onder drooglegging wordt verstaan de afstand tussen maaiveld en slootpeil. Ontwateringsdiepte is de afstand tussen maaiveld en grondwaterstand. De afvoernorm wordt toegepast om een berekening te kunnen uitvoeren naar de hoeveelheid af te voeren water en de daarbij behorende ontwateringsmiddelen.

Door het waterschap Rivierenland worden voor de volgende bestemmingen de in de tabel 4.1 vermelde eisen ten aanzien van ontwateringsdiepte toegepast. Deze eisen gelden bij een neerslag gebeurtenis die behoort bij T=10+10%, en bij T=100+10%, en bij T=2+10% en een rivierstand van T=10.

Tabel 4.1 Bestemming en ontwateringsdiepte

bestemming	Ontwaterings-diepte bij T=1	Ontwaterings-diepte bij T=10+10%	Ontwaterings-diepte bij T=100 +10%	bij kwel, T=2+10% in winter en T=10 in de rivier
wegen	0,7	0,4	0,0	0,7
bebouwing met kruipruimte*	1,0	0,7		0,4
groenvoorziening	0,5	0,5		0,4
kabels en leidingen **	0,7	0,7		0,4

*** Uitgegaan is van een vloerhoogte op 0,3 m boven straatpeil. De grondwaterstand dient zich op 0,2 m beneden de bodem van de kruipruimte te bevinden.**

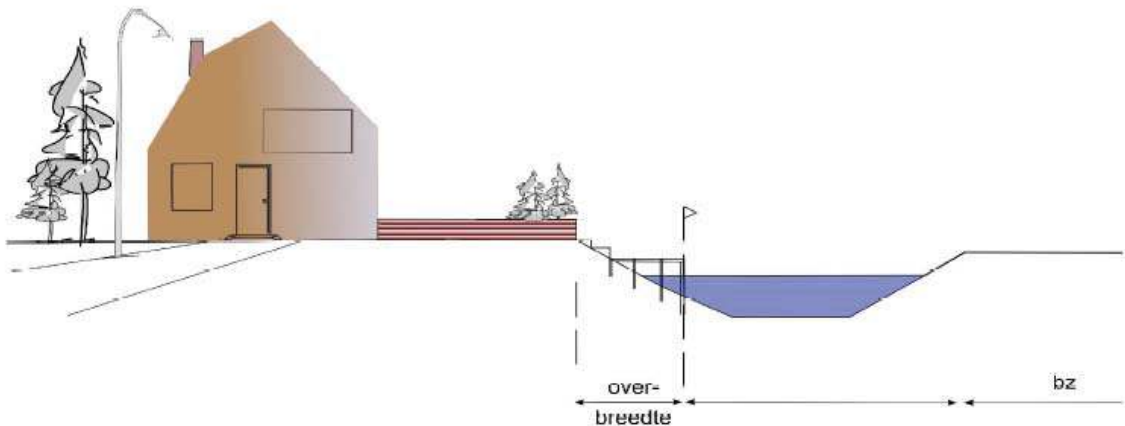
**** Sommige kabels en leidingen worden op een lager niveau aangelegd, geaccepteerd wordt dat deze leidingen (gas, water) zich onder de grondwaterstand bevinden.**

Om ook onder minder gunstige omstandigheden een acceptabele ontwatering en drooglegging te behouden zijn door het waterschap de onderstaande eisen geformuleerd ten aanzien van de waterkwantiteit:

- De afvoer van kwel uit het plangebied naar het oppervlaktewater mag niet toenemen als gevolg van de ontwikkeling van het gebied
- De afvoer uit het gebied mag niet groter zijn dan 1,5 liter./sec./hectare
- De toegestane peilstijging zonder toepassing van een knijpconstructie bedraagt 0,2 meter en bij toepassing van een knijpconstructie bedraagt de toegestane peilstijging 0,3 meter
- Minimaal dienen eenzijdig natuurvriendelijke oevers te worden aangelegd, waarbij het talud niet steiler is dan 1:5. Ook kan gekozen worden voor een plas/dras oever met een breedte van minimaal 2 tot 3 meter. De andere zijde dient dan een talud van niet steiler dan 1:2 te verkrijgen
- De waterdiepte in waterpartijen dient niet kleiner te zijn dan 1 meter. Plaatselijk dient verdiept te worden tot 2 meter in verband met het overleven van vissen en amfibieën in de winter
- Hemelwater mag niet op de DWA worden geloosd. Mits geen uitlogende materialen in de bebouwing worden toegepast, kan hemelwater afkomstig van bebouwing en verharding via een bodempassage of lamellenfilter op te realiseren oppervlaktewater worden geloosd
- Met betrekking tot het beheer van waterpartijen, wordt in Arnhem uitgegaan van varend onderhoud. Dit betekent dat bruggen en duikers doorvaarbaar moeten zijn (doorvaarhoogte 1 meter). Om voldoende ruimte te hebben voor een maaiboot om te manoeuvreren moet worden uitgegaan van een bodembreedte van de watergang van circa 2,0 m. Om de boot in het water te plaatsen en om het maaisel te verwerken zijn een of meerdere vuil-/tewaterlaatplaatsen noodzakelijk van circa 10 meter bij 10 meter. Het aantal en de locatie(s) zal nog nader bekeken moeten worden
- Voor onderhoud en de bereikbaarheid bij calamiteiten is langs één zijde van de watergang een obstakelvrije zone van 4,0 meter noodzakelijk, en 1 meter langs de andere zijde. In veel gevallen kan deze zone overlappen met de openbare weg. In deze zone kunnen dan geen parkeervakken worden gepland. Voor de bomen en lantaarnpalen geldt een onderlinge afstand van minimaal 15 meter (h.o.h)

Een deel van de woningen is gepland als 'wonen langs water'. De uitgifte van gronden tot aan de insteek van de watergang aan particulieren is mogelijk binnen de volgende randvoorwaarden:

- Aan de overzijde van de watergang moet een onderhoudsstrook aanwezig zijn (4 meter)
- de bergende functie van de watergang moet duurzaam gewaarborgd zijn door bij de aanleg een overbreedte van 2 meter te realiseren langs de particuliere percelen. Deze overbreedte zal in de waterschappelijke legger een C-status (beheer en eigendom niet bij waterschap) krijgen waarbij binnen deze overbreedte het plaatsen van steigers wordt toegestaan. De aangrenzende eigenaar zal door de verkoper geïnformeerd worden over de instandhoudingsplicht van de overbreedte conform het ontwerpprofiel (zie figuur).



4.2 Afwatering

De bestaande watergang aan de noordzijde dient gehandhaafd te blijven. De ligging van deze watergang mag eventueel na overleg worden gewijzigd, mits de ontwaterings situatie niet verslechterd.

In het plangebied zijn door het Waterschap Rivierenland geen peilwijzigingen voorzien. Het waterpeil blijft gehandhaafd op 8,0 m + NAP.

In de nieuw aan te leggen watergangen wordt eveneens een waterpeil gehandhaafd op 8,0 m + NAP.

4.3 Hoogteligging

De toekomstige hoogteligging zal niet te veel kunnen afwijken van de huidige hoogteligging, omdat met name aan de zuidrand het gebied aansluit op het bestaande Klapstraat en de Rijksstraatweg.

Grond welke vrijkomt bij het graven van de watergangen en retentievijvers kan gebruikt worden voor ophoging van het terrein ter plaatse, hetgeen de bufferzone vergroot.

5 Mogelijkheden bouwrijpmaken

Gelet op de eisen die gesteld worden aan drooglegging en ontwatering zijn enige berekeningen uitgevoerd, om daarmee de uitgangspunten in rivierpeil en neerslag te simuleren. De berekeningen zijn gemaakt bij neerslagen behorende bij T=1, T=10 en T=100 en bij T=2+10% voor neerslag in de winter en tegelijkertijd T=10 in de rivier.

In deze berekeningen is rekening gehouden met een drainageweerstand die in het stedelijk gebied relatief gering is, dit mede vanwege de afvoer van een deel van de neerslag via het verharde oppervlak. Voor de tuin van Elden kan zowel in de oude situatie, bij gebruik als kwekerij met een groot verhard oppervlak, als in de nieuwe situatie met een verhard oppervlak van circa 50% worden gerekend. Een drainageweerstand van dagen is toegepast.

Uit de berekeningen blijken de volgende resultaten:

Tabel 5.1 Berekende grondwaterstand bij de genoemde uitgangspunten

	ontwateringsdiepte bij T=1	ontwateringsdiepte bij T=10+10%	ontwateringsdiepte bij T=100 +10%	bij kwel, T=2+10% in winter en T=10 in de rivier
berekening	8,54	8,90	9,38	8,75
eis bij mv op 9,50 m+NAP	8,8	9,1	-	9,1
eis bij bouwpeil op 9,60 m+NAP	8,60	8,9	-	9,0

Uit deze berekeningen blijkt dat met een toekomstig maaiveld op circa 9,5 m + NAP aan de gestelde uitgangspunten kan worden voldaan.

Het bestaande maaiveld bevindt zich op 9,27 tot 9,55 m+NAP. Enige nivellering en uitvlakking zal noodzakelijk zijn, tevens kan met de uitkomende grond uit de waterpartijen en cunetten het terrein op een maaiveldhoogte van 9,5 m+NAP worden gebracht.

Het ophogen van het maaiveld veroorzaakt een samendrukking van de aanwezige kleilagen en daardoor een hogere weerstand tegen waterdoorstroming van de kleilagen. Hierdoor zal de kweldruk (dat is de waterdruk onder tegen de kleilagen) toenemen, echter de hoeveelheid kwel zal afnemen. Gezien de zeer beperkte ophoging zal er slechts sprake zijn van een zeer beperkte zetting, die niet meer zal bedragen dan enige centimeters. Hierdoor zal de hydraulische weerstand van de kleilagen weliswaar in theorie toenemen, in de praktijk zal dit nauwelijks merkbaar zijn.

Het verlagen van de grondwaterstand door middel van een drainage of open waterpeil of een combinatie van beiden heeft als gevolg dat door een permanente verlaging van de hoogste grondwaterstanden het kweldebiet toeneemt met een daarbij overeenkomende afname van de kweldruk.

Zowel een toename van het kweldebiet als de kweldruk zijn minder gewenst. De toename van het kweldebiet is ongewenst omdat dit leidt tot een grotere afvoer van het oppervlaktewater systeem. Een toename van de kweldruk leidt tot een grotere kans op opbarsten van de afdekkende lagen, dit met name ter plaatse van slootbodems.

Hieronder zijn voor de mogelijke varianten van bouwrijpmaken (ophoging, verbeteren van drainage en combinatie van beide) enige voor- en nadelen aangegeven.

5.1 Plangebied alleen ophogen

Ophoging resulteert in een toekomstig maaiveld dat hoger is gelegen dan het huidige maaiveld. De aansluiting van de nieuwe terreinhoogte met de omgeving bepaalt de maximaal toelaatbare ophoging.

Bij ophoging dient, gelet op de aangetroffen bodemopbouw, met zettingen rekening te worden gehouden. Bij een ophoging met maximaal circa 0,2 meter zijn zettingen van maximaal enige centimeters te verwachten. Door het ophogen zal de hydraulische weerstand van de afdekkende kleilagen toenemen. Bij de te verwachten geringe zetting zal dit echter geen praktisch meetbaar gevolg hebben en zal dit verwaarloosbaar zijn.

In theorie zou bij ophogen de kweldruk toenemen en de hoeveelheid kwel zou afnemen. Bij de voorgestelde ophoging is echter geen toename van de kweldruk of afname van kwel te verwachten.

5.2 Plangebied alleen draineren

Het toepassen van een verbeterde ontwatering door middel van watergangen en sloten leidt tot een lagere grondwaterstand in het plangebied. Met handhaving van de bestaande open waterpeilen op de vigerende hoogten van 8,0 m + NAP zou met het aanbrengen van voldoende drainage de grondwaterstand beheerst kunnen worden op de gewenste niveaus bij de verschillende ontwerp situaties.

Door het toepassen van een drainage wordt de kwelhoeveelheid wel verhoogd en zal de kweldruk afnemen. Daar een toename van kwel niet toegestaan is zal niet met alleen drainage kunnen worden volstaan.

5.3 Combinatie van ophogen en ontwatering

Een combinatie van ophogen en drainage bestaat uit een ophoging en het toepassen van watergangen en eventueel aanvullende drainage in de wegen.

Om geen of slechts een geringe wijziging in het kweldebiet en kweldruk te veroorzaken is de huidige ontwateringssituatie als basis genomen.

Teneinde te voldoen aan de gestelde ontwateringeisen zal een geringe ophoging noodzakelijk zijn. Dit resulteert in een ophoging van het bestaande maaiveld tot een niveau van circa 9,5 m+NAP.

De ophoging van het terrein bedraagt ten opzichte van het huidige maaiveld circa 0,0 tot 0,2 meter.

Zettingen die bij deze ophoging optreden liggen in een orde van grootte van 0,01 tot 0,02 meter. De grootte van de kwel zal nagenoeg niet wijzigen ten opzichte van de huidige situatie. Omdat het plangebied slechts met maximaal 0,2 meter wordt opgehoogd zal de afname in kwel beperkt blijven en zal de kweldruk niet meetbaar veranderen.

Omdat er in het plangebied enige watergangen worden aangelegd, waarin een waterpeil op 8,0 m+NAP wordt gehandhaafd, zal de bodem van de watergang zich bij een waterdiepte van circa 1,0 meter op circa 7,0 m + NAP bevinden. Blijkens de sonderingen blijft dan in ieder geval circa 2 meter klei onder de bodem van de watergang aanwezig. De toename in kwel over het oppervlak van de watergangen is berekend met behulp van een analytische berekening volgens Darcy, nadat de stijghoogte onder de deklaag met MicroFem is berekend. De afname in weerstand van de kleilagen over de watergangen wordt geschat op 200 dagen.

Tabel 5.2 Berekende kwel in watergangen

waterstand in watergangen	8,00 [m + NAP]
waterpeil in de Nederrijn	12,85 [m + NAP]
oppervlakte watergangen	6.805 [m2]

	ontwateringsdiepte bij T=1	ontwateringsdiepte bij T=10+10%	ontwateringsdiepte bij T=100 +10%	bij kwel, T=2+10% in winter en T=10 in de rivier
stijghoogte	8,57	8,92	9,29	9,31
kwel bij c=200	19,4	31,3	43,9	44,6
kwel bij c=400	9,7	15,7	21,9	22,3

Geconcludeerd kan worden dat er sprake is van een beperkte toename van de kwel in de watergangen. In het overige plangebied, dat in beperkte mate wordt opgehoogd zal sprake zijn van een geringe afname van de kwel.

5.4 Opbarsten slootbodems

Het al dan niet opbarsten van een slootbodem is afhankelijk van de waterdruk in het diepe zandpakket en de diepte en afmetingen van een sloot. Ook de bodemopbouw ter plaatse speelt een belangrijke rol.

Nieuw aan te brengen watergangen dienen bij ontwerp op de kans van opbarsten worden gezien.

Overigens zal tijdens het voorkomen van een hoogwatergolf waarschijnlijk tevens een wat hogere waterstand optreden. Daardoor zal minder snel opbarsten plaatsvinden.

Bij de huidige bekende gegevens zal opbarsten kunnen optreden bij een stijghoogte op 8,7 m + NAP. (dit bij een veiligheid op het neerwaarts gewicht van 0,9). Bij een veiligheid van 1 mag de stijghoogte tot een niveau van 9,1 m + NAP optreden alvorens sprake is van opbarsten.

Dit zal slechts incidenteel plaatsvinden, geschat op minder dan eens per 10 jaar en is vrijwel niet te vermijden. Een mogelijkheid is de watergangen iets dieper te ontgraven en weer aan te vullen met zwaarder materiaal als bijvoorbeeld een zand-bentoniet mengsel. De dikte hiervan dient dan circa 0,2 - 0,4 m te bedragen.

6 Retentie

Met betrekking tot de benodigde retentie wordt getoetst op twee maatgevende situaties:

- o minimale drooglegging bij T=10 + 10% situatie van 0,70 m t.o.v. straatpeil met een maximale peilstijging van 0,30 m (zomerhalfjaar, regenduurlijnen van Buishands en Velds, 1986);
- o minimale drooglegging bij T=100 + 10% situatie van 0,0 m t.o.v. laagste maaiveld (zomerhalfjaar, regenduurlijnen van Buishands en Velds, 1986).

Het resultaat van deze toetsing is als volgt:

oppervlakten

oppervlakte plangebied	113.400	[m ²]
oppervlakte uitgeefbaar	56.660	[m ²]
oppervlakte verhard openbaar	23.575	[m ²]
oppervlakte groen	26.360	[m ²]
oppervlakte water	6.805	[m ²]

afvoer

afvoer naar watergang Rivierenland	1,5	[l/sec.ha]
afvoer onverhard naar watergang in plangebied	0,75	[l/sec.ha]

neerslag

T=1	20	[mm/etm]
T=10+10%	55,8	[mm/etm]
t=100+10%	77,2	[mm/etm]

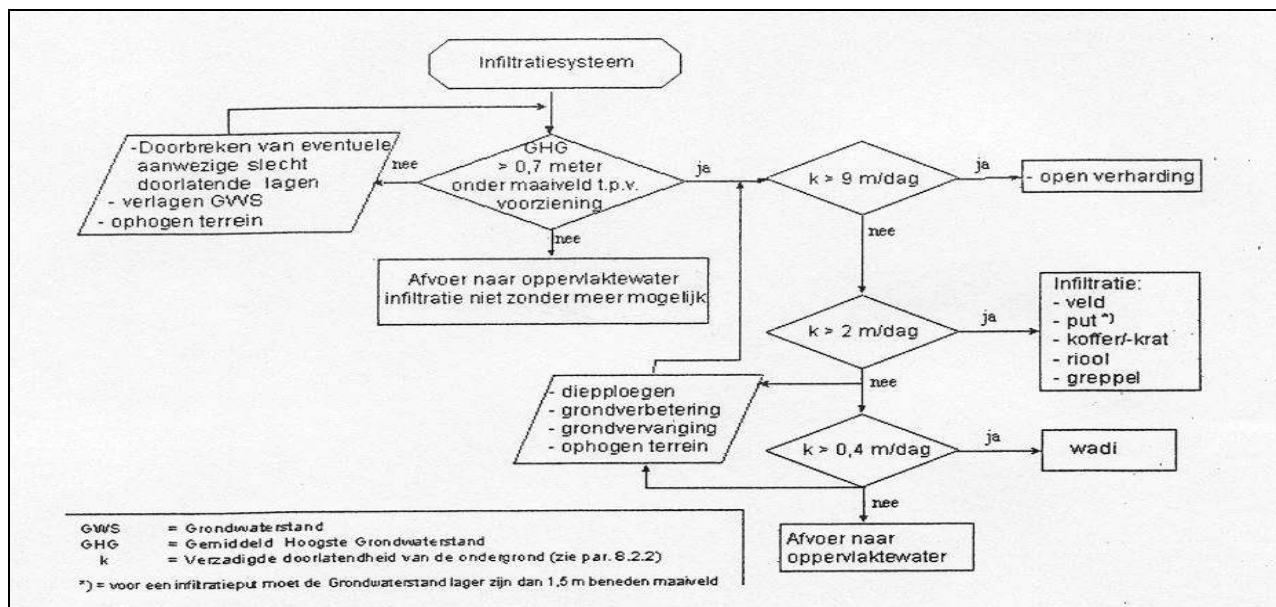
peilstijging in plangebied	aanvoer neerslag	afvoer	peilstijging	
T=1	1,529	1,470	0,01	[m]
T=10+10%	3,630	1,470	0,32	[m]
t=100+10%	4,887	1,470	0,50	[m]

Hieruit blijkt dat er bij T=10 een peilstijging van 0,32 meter wordt berekend. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met de berging die ontstaat door de aanwezigheid van taluds. Een inschatting van de lengte aan taluds en de daarbij ontstane berging geeft aan dat de peilstijging zeker niet meer zal bedragen dan 0,3 meter.

Het toepassen van een debietregulerende overlaat bij de aansluitingen op de A-watergang aan de noordzijde is noodzakelijk om deze peilstijging te kunnen realiseren.

7 Infiltratie van hemelwater

Bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen wordt doorgaans de ontwerprichtlijn 'Hemelwater binnen de perceelgrens (2000)' gebruikt. Uit het onderstaand stroomschema (figuur 7.1) zijn de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater af te leiden.



Figuur 7.1 mogelijkheden voor infiltratie hemelwater (hemelwater binnen perceelgrens, isso sbr, 2000)

Uit figuur 7.1 blijkt dat voor het toepassen van infiltratievoorzieningen een minimale onverzadigde zone van 0,7 meter tussen maaiveld en GHG noodzakelijk is.

Op basis van oxydatieverschijnselen in het bodemprofiel wordt ingeschat dat de gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG) binnen 0,5 meter beneden het maaiveld voorkomen. Het toepassen van infiltratievoorzieningen (berging van hemelwater in de ondergrond) is op basis hiervan niet mogelijk.

In de groengebieden zou mogelijk voor een deel van het plangebied het toepassen van een wadi overwogen kunnen worden. Voor het overgrote deel van het plangebied dient hemelwater van het verhard oppervlak echter naar het oppervlaktewater te worden geleidt, eventueel via een bodempassage of lamellenfilter.

8 Bijzondere maatregelen

Zoals uit de beschrijving van de geohydrologische situatie blijkt, is het plangebied in beperkte mate gevoelig voor kwel en opbarsten van de afdekkende kleilaag.

In dit gebied dienen de volgende maatregelen uitgangspunt te zijn:

- **afsluitende lagen**

Direct contact van te ontgraven cunetten, zoals ten behoeve van wegen, riolering, kruipruimten of funderingen, en toekomstige waterpartijen met de diepe zandondergrond dient te worden vermeden.

Zoals uit de verkennende sonderingen blijkt is een afdekkende laag tot een diepte van circa 5,6 m + NAP aanwezig. Indien deze ontgravingen direct in contact met de zandondergrond staan zal de mate van kwel zeer sterk toenemen.

Gewenst is dat onder het ontgravingsniveau minimaal 1,0 meter klei aanwezig is. Indien bij controle tijdens de uitvoering blijkt dat dit niet het geval is dienen maatregelen te worden genomen, bestaande uit het aanbrengen van een slecht doorlatende laag onder het ontgravingsniveau.

Dit aspect speelt voornamelijk ter plaatse van toekomstige watergangen. De dikte van eventueel aan te brengen slecht doorlatende lagen dient te worden afgestemd op waterpeil en de diepte van de watergang. Met het aanbrengen van kleilagen onder de bodem van de watergang zal opbarsten tijdens hoogwaterpieken niet vermeden kunnen worden. Indien dat niet toelaatbaar is dienen diktes van meerdere meters te worden aangebracht.

- **kruipruimteloos bouwen**

Hoewel uit de berekeningen blijkt dat alleen onder bijzonder natte omstandigheden er water in de kruipruimtes zou kunnen komen wordt in overweging gegeven om de woningen zonder kruipruimte te bouwen.

9 Monitoring

Teneinde vast te leggen welke effecten op de grondwaterstand en de grootte van de kwel in werkelijkheid optreden, wordt aangeraden een monitoringsprogramma op te zetten.

Dit programma bestaat uit het aanbrengen van peilbuizen op een vijftal locaties binnen het plangebied. Op elke locatie worden twee peilbuizen geplaatst, namelijk een peilbuis met een ondiep filter en een peilbuis met een diep filter. Het ondiepe filter dient te worden geplaatst tussen circa 6,5 en 8,5 m+NAP. De diepe peilbuis dient in ieder geval in het diepe zandpakket te worden geplaatst, voorlopig wordt een diepte aangehouden van circa 4,0 m+ NAP. Bij het plaatsen van de peilbuis dient te worden uitgegaan van het aanbrengen middels een boring, waarbij remmende lagen met bentoniet worden afgedicht.

Waarnemingen in deze peilbuizen dienen bij voorkeur aan te sluiten op het meetregiem van TNO-NITG, namelijk 1 keer per 14 dagen, waarbij de waarnemingen bij voorkeur op de 14^e en 28^e van elke maand plaatsvinden. Eventueel kunnen de waarnemingen elektronisch worden uitgevoerd.

Aangeraden wordt deze peilbuizen zo spoedig mogelijk te plaatsen, zodat een meetreeks ontstaat die een zo lang mogelijke periode vóór de realisatie omvat.

10 Samenvatting

In opdracht van V.O.F. De Tuin van Elden heeft CSO Adviesbureau een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek heeft betrekking op het voormalige Intratuin-complex (circa 9 hectare) aan de Klapstraat 24B te Elden (Arnhem). Tesaamen met enkele percelen van de Onze Lieve Vrouwenstichting uit Amersfoort aan de Rijksweg West (circa 1,4 hectare) wordt het terrein ontwikkeld ten behoeve van woningbouw. Het totale plan is genaamd "De Tuin van Elden" en heeft een oppervlakte van 10,4 hectare. Er zullen circa 240 woningen en 3.000 m² voorzieningen worden gerealiseerd.

Ter plaatse van het plangebied bevindt het maaiveld zich op 9,3 tot 9,4 m+NAP. Tot circa 5,6 m+NAP is een kleilaag aanwezig, waarvan de gemiddelde doorlatendheid is vastgesteld op 1,0 m/dag. Onder de kleilaag bevindt zich het eerste watervoerend pakket, bestaat uit zand.

Op basis van hydrofomfe kenmerken in het bodemprofiel blijkt dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) binnen 0,5 meter beneden het maaiveld voorkomt. Het toepassen van infiltratievoorzieningen (berging van hemelwater in de ondergrond) is op basis hiervan niet mogelijk.

Hemelwater afkomstig van verharding en bebouwing mag niet op de DWA geloosd worden en dient, via een bodempassage of lamellenfilter, op te realiseren retentiewater te worden geloosd.

Het geplande oppervlak aan watergangen voldoet aan de gestelde normen ten aanzien van benodigde waterberging. Het maaiveld van het plangebied zal bij herinrichting dienen te worden opgehoogd tot minimaal 9,5 m+NAP (circa 0,2 meter ten opzichte van het huidige maaiveld). Hiervoor kan grond worden gebruikt welke vrijkomt bij het graven van de retentievijvers.

Het waterpeil van de te realiseren watergangen dient te worden gehandhaafd op 8,0 M+NAP. Om de maximaal toelaatbare peilstijging te realiseren is het toepassen van een debietregulerende overlaat bij aansluitingen op de A-watergang noodzakelijk.

Voor inrichting van oppervlaktewater geldt:

- Minimaal dienen eenzijdig natuurvriendelijke oevers te worden aangelegd, waarbij het talud niet steiler is dan 1:5. Ook kan gekozen worden voor een plas/dras oever met een breedte van minimaal 2 tot 3 meter. De andere zijde dient dan een talud van niet steiler dan 1:2 te verkrijgen
- De waterdiepte in waterpartijen dient niet kleiner te zijn dan 1 meter. Plaatselijk dient verdiept te worden tot 2 meter in verband met het overleven van vissen en amfibieën in de winter
- Met betrekking tot het varend beheer van waterpartijen, moeten bruggen en duikers een doorvaarhoogte van 1 meter hebben, dient de bodembreedte van de watergang circa 2,0 meter te bedragen en dienen enkele vuil-/tewaterlaatplaatsen van circa 10 meter bij 10 meter te worden gecreëerd.
- Langs één zijde van de watergang is een obstakelvrije zone van 4,0 meter noodzakelijk, en 1 meter langs de andere zijde. In veel gevallen kan deze zone overlappen met de openbare weg. In deze zone kunnen dan geen parkeervakken worden gepland. Voor de bomen en lantaarnpalen geldt een onderlinge afstand van minimaal 15 meter (h.o.h)

Een deel van de woningen is gepland als 'wonen langs water'. De uitgifte van gronden tot aan de insteek van de watergang aan particulieren is mogelijk binnen de volgende randvoorwaarden:

- Aan de overzijde van de watergang moet een onderhoudsstrook aanwezig zijn (4 meter)
- de bergende functie van de watergang moet duurzaam gewaarborgd zijn door bij de aanleg een overbreedte van 2 meter te realiseren langs de particuliere percelen.

Met betrekking tot het openbarsten van de kleilaag ter plaatse van ontgravingen (ten behoeve van wegen, riolering, kruipruimten of funderingen) is het gewenst dat onder het ontgravingsniveau minimaal 1,0 meter klei aanwezig is. Indien bij controle tijdens de uitvoering blijkt dat dit niet het geval is, dienen maatregelen genomen te worden, bestaande uit het aanbrengen van een slecht doorlatende laag onder het ontgravingsniveau.

Bij een waterdiepte van circa 1,0 meter zal het openbarsten van waterbodem slechts incidenteel plaatsvinden en is vrijwel niet te vermijden. Een mogelijkheid is de watergangen dieper te ontgraven en aan te vullen met zwaarder materiaal, zoals een zand-bentoniet mengsel. De dikte hiervan dient 0,2 tot 0,4 meter te bedragen. Indien een incidentele opbarsting niet toelaatbaar is, dienen dikten van enkele meters te worden toegepast.

Hoewel uit de berekeningen blijkt dat alleen onder bijzonder natte omstandigheden water in de kruipruimten zou kunnen komen, wordt in overweging gegeven om de woningen zonder kruipruimte te bouwen.

Teneinde vast te leggen welke effecten op de grondwaterstand en de grootte van de kwel in werkelijkheid optreden, wordt aangeraden een monitoringsprogramma op te zetten waarbij op vijf locatie zowel de ondiepe (freatisch) als de diepe (1^{ste} wvp) waterstand worden opgenomen. Aangeraden wordt deze peilbuizen zo spoedig mogelijk te plaatsen, zodat een meetreeks ontstaat die een zo lang mogelijke periode vóór de realisatie omvat.

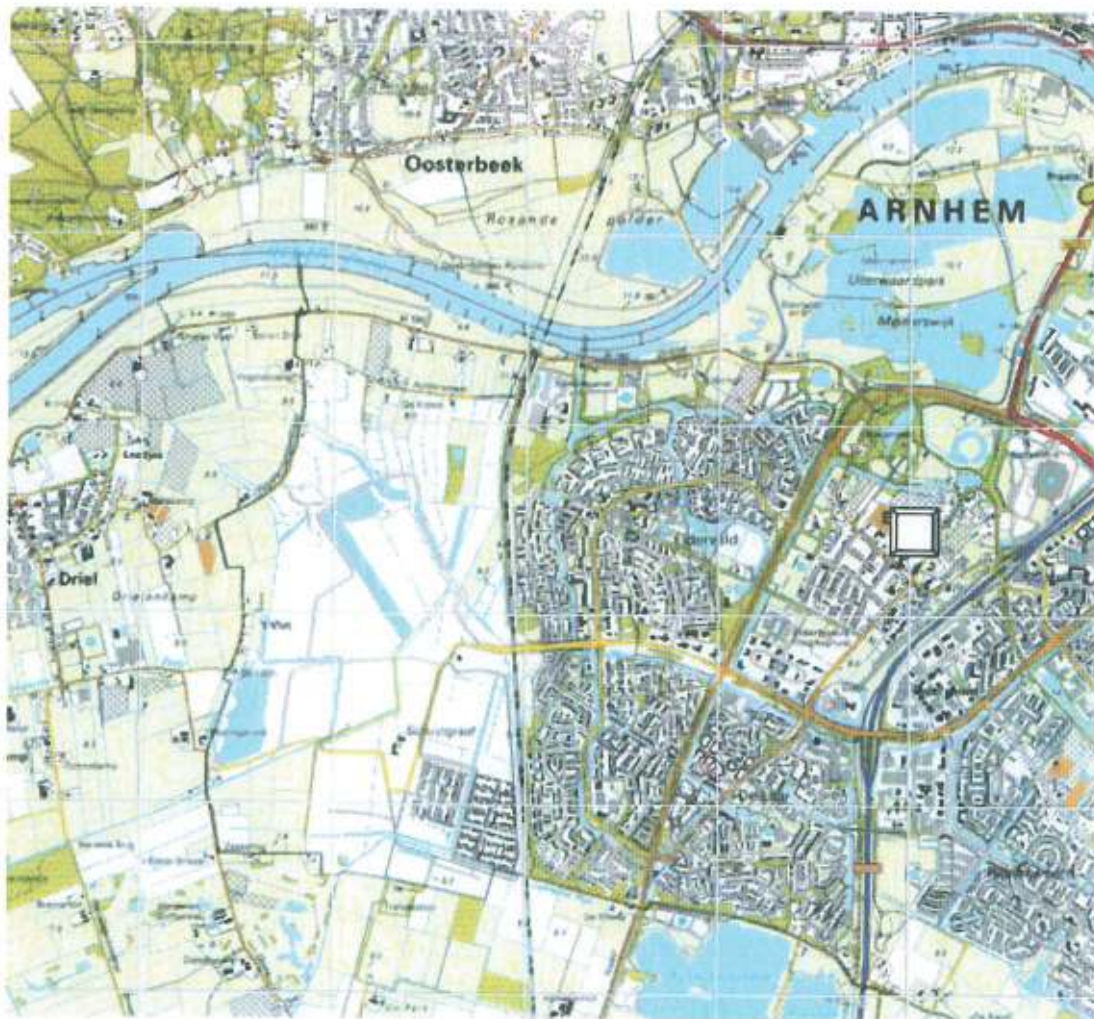
20 februari 2008

Ing. G. van Roekel
Ing. N.B.J. Lurvink

Symbolen en definities

symbool	OMSCHRIJVING	eenheid
γ_n	volumieke gewicht van de grond in verzadigde toestand	kN/m ³
c	effectieve cohesie	kPa
φ	effectieve hoek van inwendige wrijving	°
C'_p	primaire samendrukkingscoëfficiënt	-
C'_c	secundaire samendrukkingscoëfficiënt	-
C_c	primaire samendrukkingsindex	-
C_φ	secundaire samendrukkingsindex	-
kD	doorlaatvermogen, product van k en D	m ² /d
k	doorlaatfactor	m/d
D	laagdikte	m
c	weerstand van waterremmende lagen	dag
wvp	watervoerend pakket	
zetting	verticale verplaatsing van een funderingselement of het maaiveld ten opzichte van het niveau in onbelaste situatietoestand	mm
grondwaterstand	hoogte van een punt waar het grondwater een drukhoogte gelijk aan nul heeft ten opzichte van de atmosferische druk	m tov ref niveau

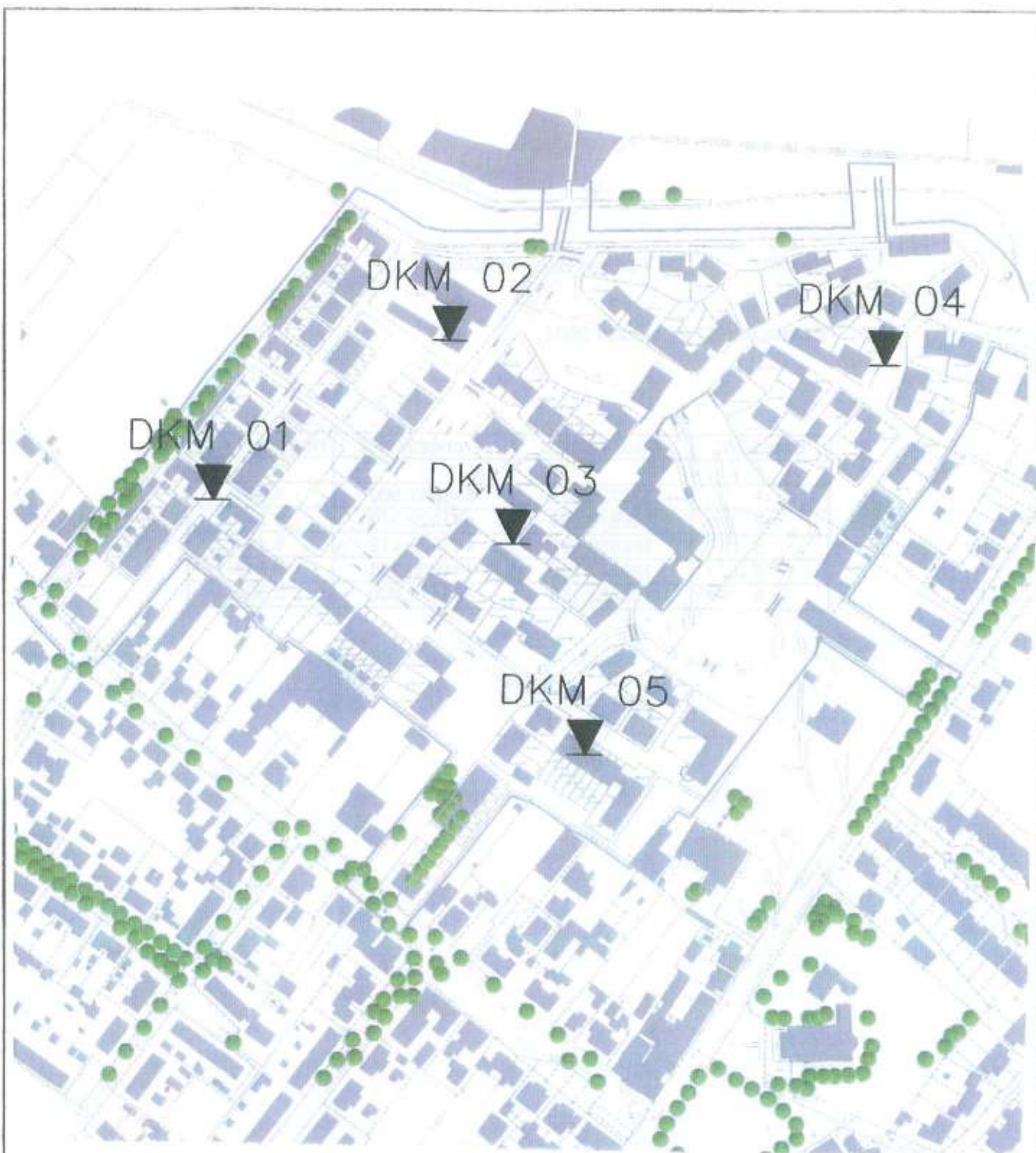
Bijlage 1 Regionale ligging



 locatie project
 schaal 1:40.000

de Tuin van Elden te Arnhem
 regionale ligging

Bijlage 2.1 Sonderingen



VERKLARING DER TEKEN'S	
▼	SONDERING
▼	SONDERING MET PL. WELJVING
▽	NIET UITGEVOERD
⊙	SONDERING MET BORING
⊙	BORING

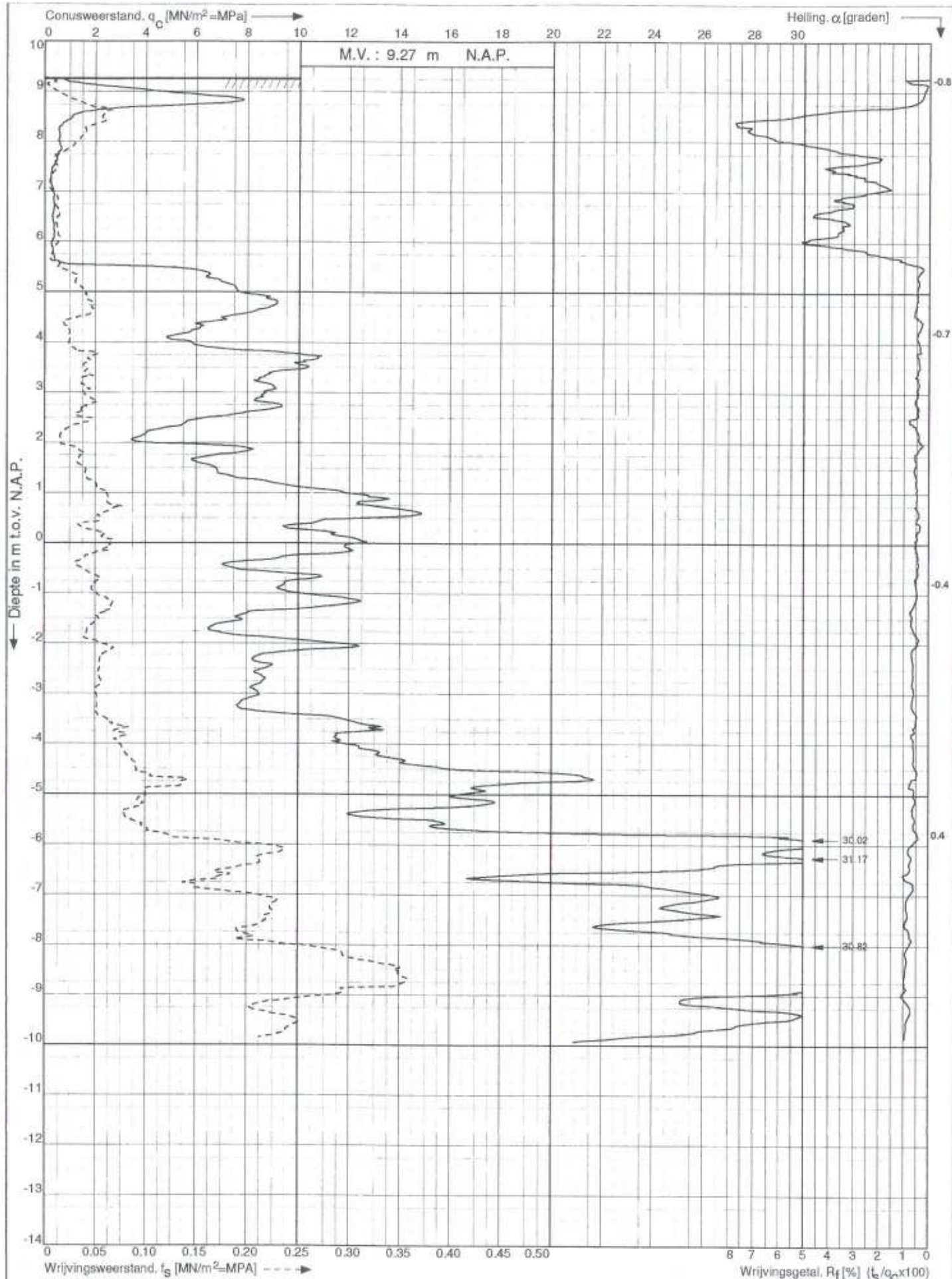
De Tuin van Elden te
Arnhem.

Opdr. nr. : 2007-679

Datum uitv. : 24-10-2007

Situatietekening.

 **KOOPS**
GRONDMECHANICA
Tel. 0522 - 260084



De Tuin van Elden te
Arnhem.

Sondering volgens : NEN 5140

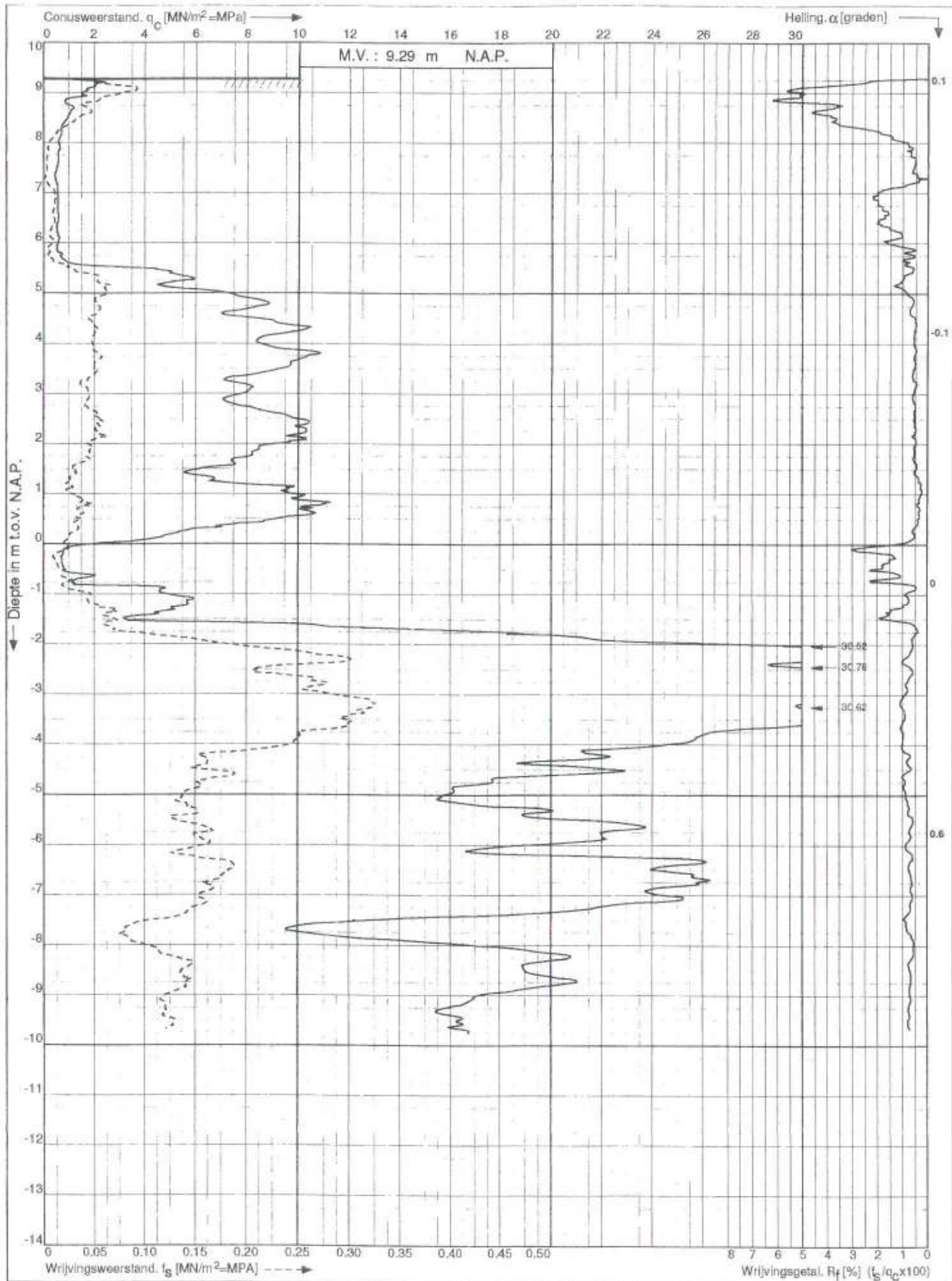
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 2007-679

Datum uitv. : 24-10-2007

Sond. nr. : 1





De Tuin van Elden te
Arnhem.

Sondering volgens : NEN 5140

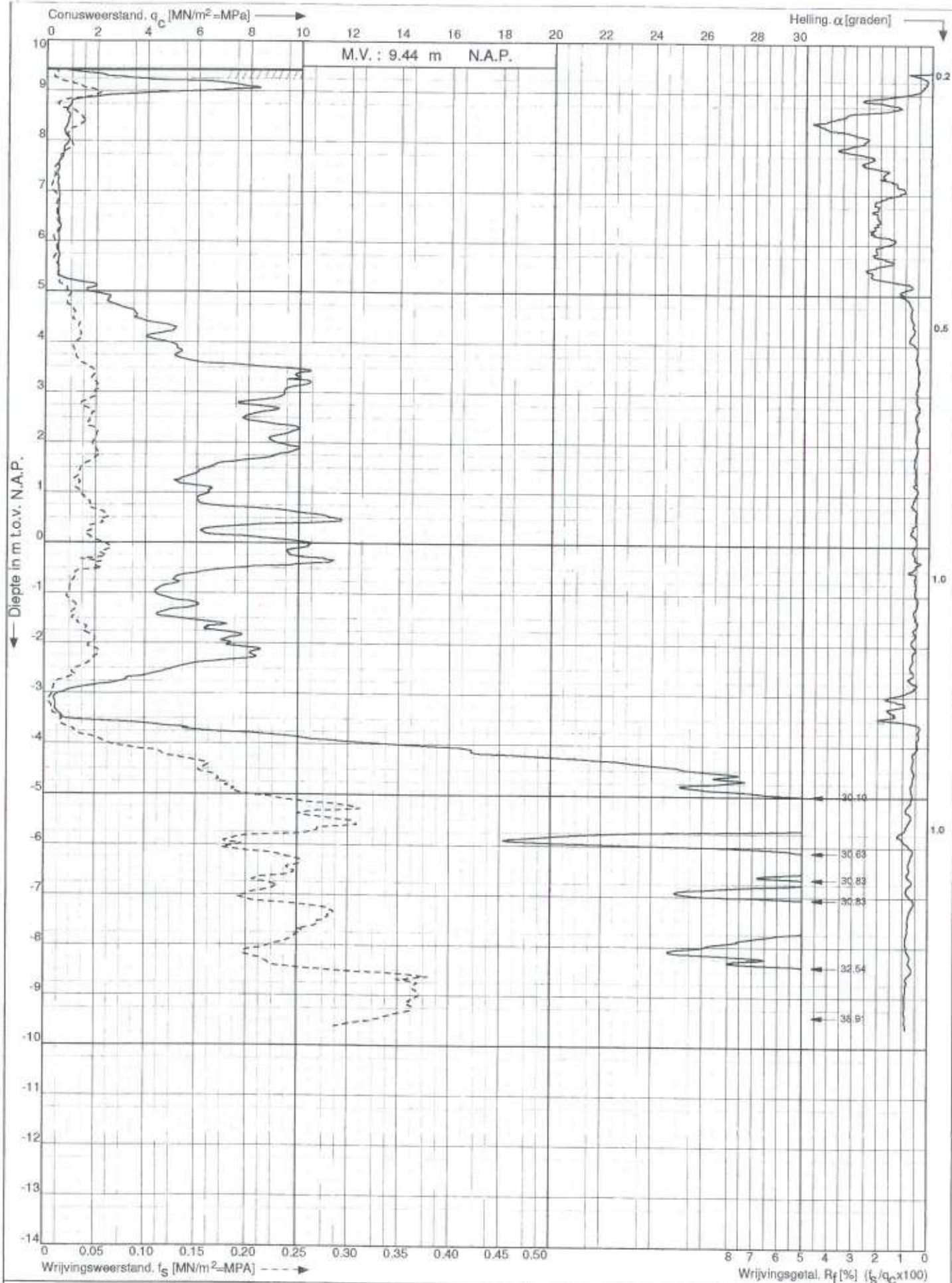
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 2007-679

Datum uitv. : 24-10-2007

Sond. nr. : 2





De Tuin van Elden te
Arnhem.

Sondering volgens : NEN 5140

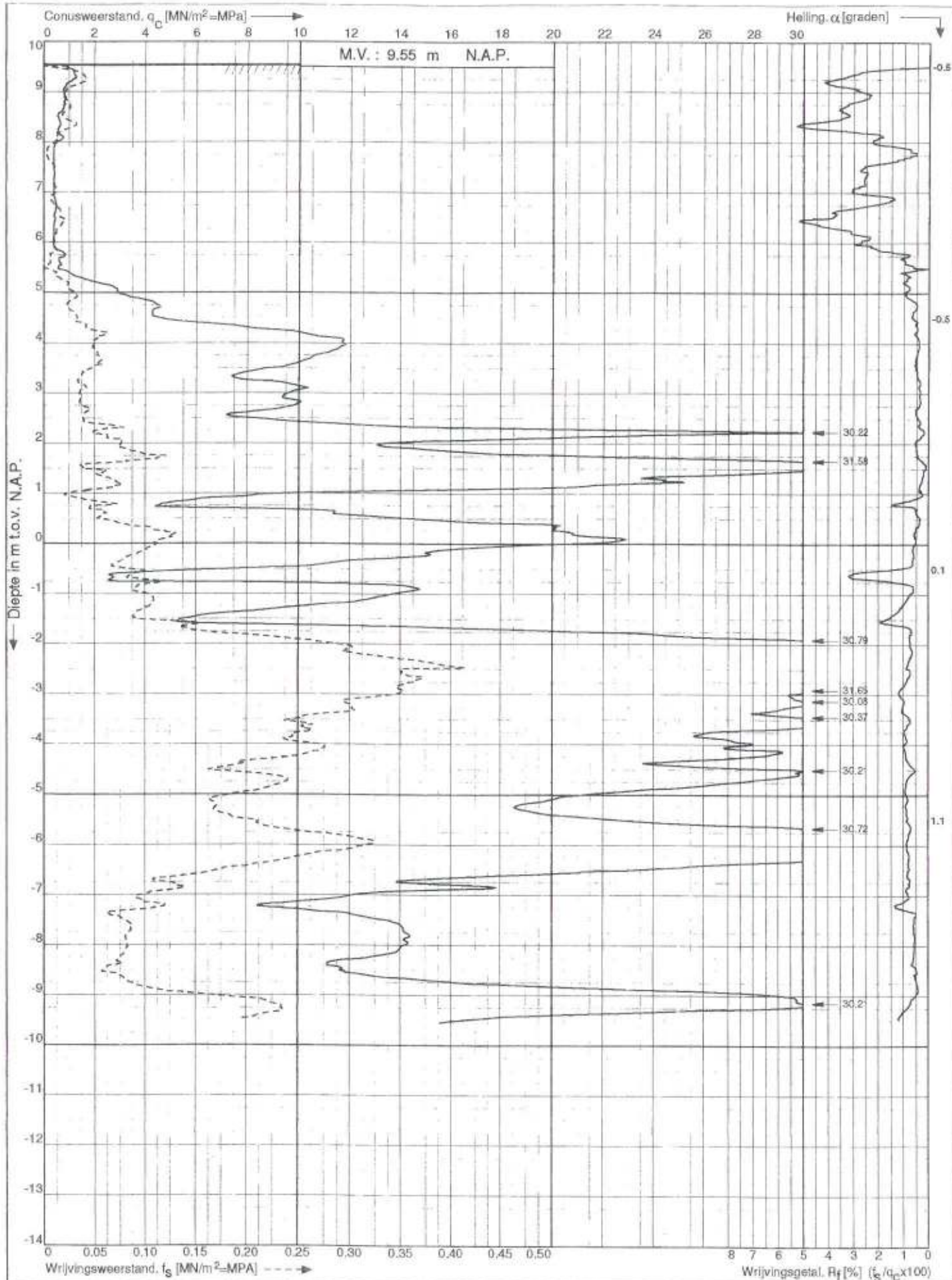
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 2007-679

Datum uitv. : 24-10-2007

Sond. nr. : 3





De Tuin van Elden te
Arnhem.

Sondering volgens : NEN 5140

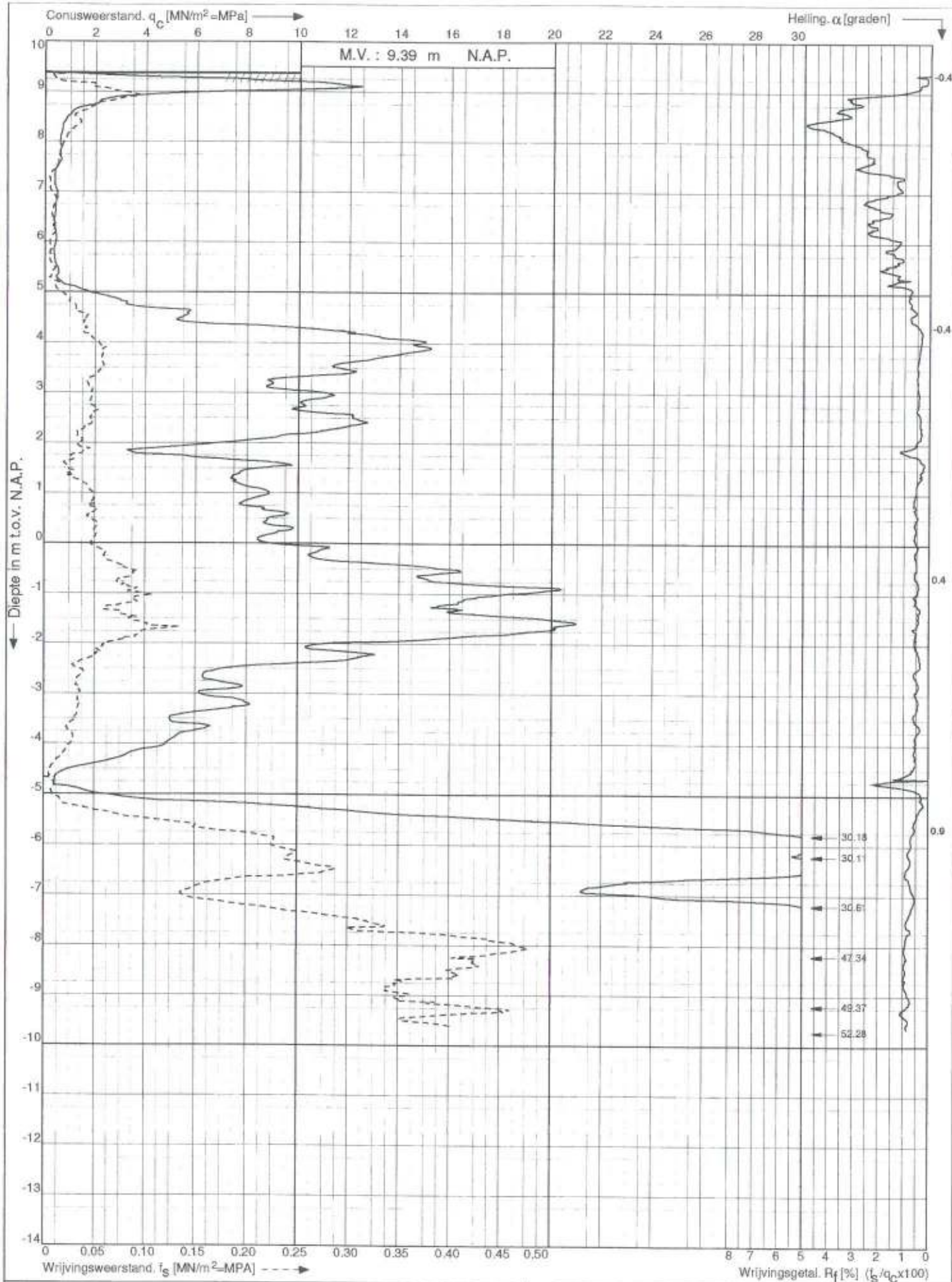
Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

Opdr. nr. : 2007-679

Datum uitv. : 24-10-2007

Sond. nr. : 4





De Tuin van Elden te
Arnhem.

Sondering volgens : NEN 5140

Oppervlakte conuspunt : 1500 mm²

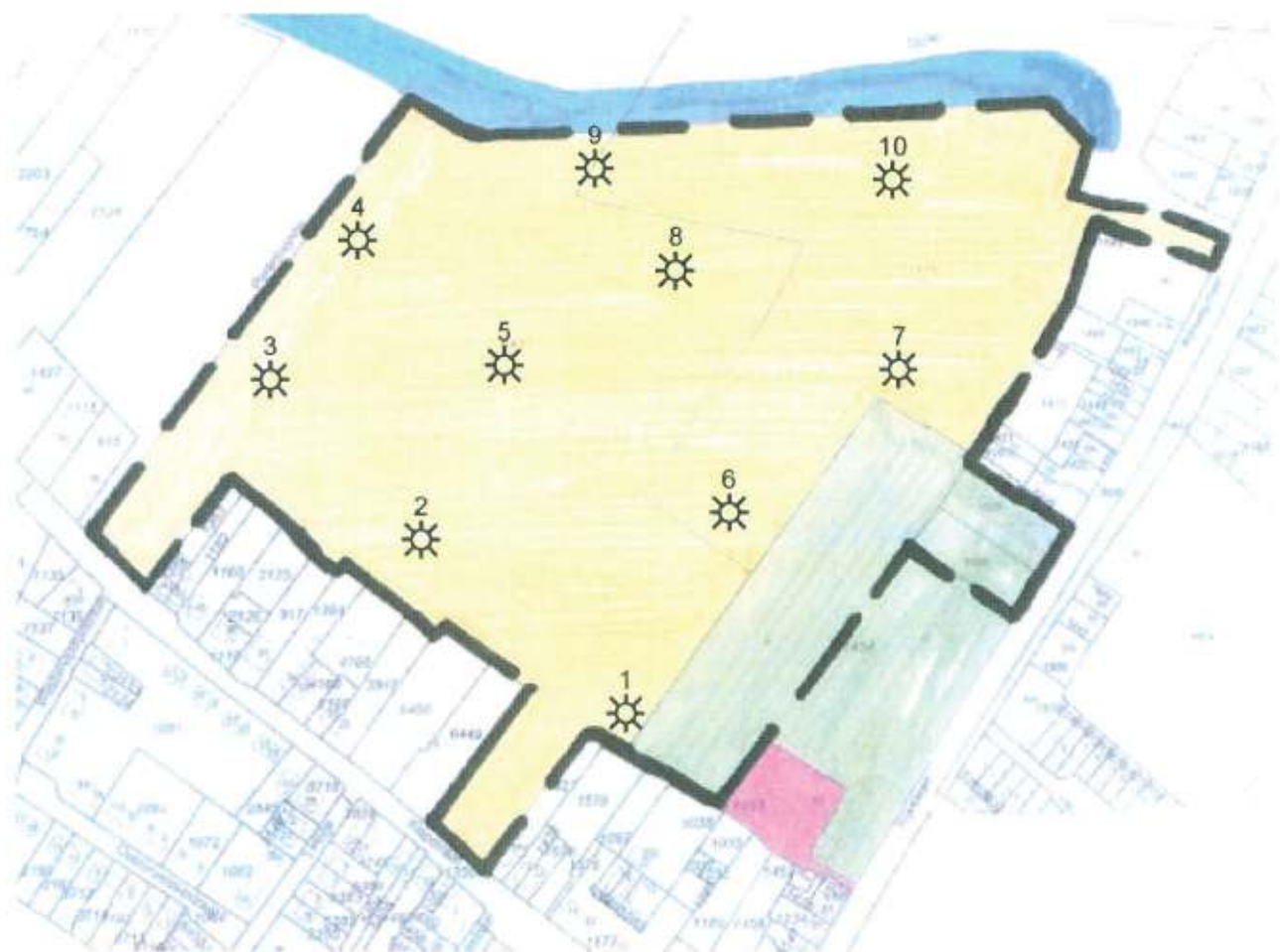
Opdr. nr. : 2007-679

Datum uitv. : 24-10-2007

Sond. nr. : 5



Bijlage 2.2 Situatie handboringen

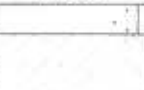


handboring met infiltratiemeting

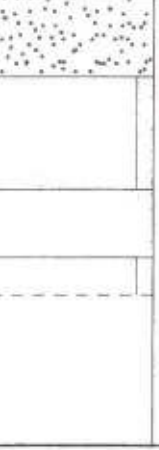
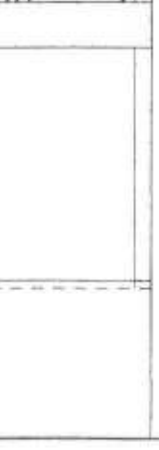
Bijlage 2.3 Boorbeschrijvingen handboringen

hb1 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.51 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.10 t.o.v. MV				Coordinaten:
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen
+9.0						0.00m Zand, matig grof geel, zwak grindhoudend.	ghg 0.60 m - mv.
-1.0						0.60m Klei, zeer vast grijs, zwak silthoudend. 0.75m Klei, bruin, zwak silthoudend.	
+8.0						1.10m Klei, bruin, zwak silthoudend.	
-2.0						1.90m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	glg 1,90 m - mv.
+7.0							
-3.0							

hb10 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.48 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.31 t.o.v. MV				Coordinaten:
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen
+9.0						0.00m Klei, bruin, zwak silthoudend. 0.30m Klei, bruin, zwak silthoudend.	ghg 0.55 m - mv.
-1.0						1.40m Klei, bruin, zwak zandhoudend.	
+8.0						1.90m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	
-2.0							glg 1.90 m - mv.
+7.0							
-3.0							

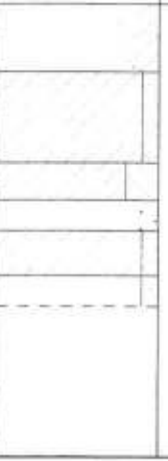
hb2 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.45 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.19 t.o.v. MV				Coordinaten:
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen
+9.0						0.00m Klei, donkerbruin, matig zandhoudend, zwak humushoudend. 0.20m Klei, bruin, matig silthoudend.	ghg 0.60 m - mv.
-1.0						1.10m Klei, bruin, zwak silthoudend.	
+8.0						1.90m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	
-2.0							glg 1,90 m - mv.
+7.0							
-3.0							

VAN ROEKEL ADVIESBUREAU Bennekom 0318-431825		Project: Intratuin Locatie: Elden	Rapportnr: 07.0886 Proj. datum: 22-10-2007
--	--	--	---

hb3 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.39 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.19 t.o.v. MV				Coordinaten:
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen
+9.0						0.00m Zand, matig grof geel, zwak silthoudend, matig grindhoudend. 0.55m Klei, zeer vast grijs, zwak silthoudend. 0.90m Klei, bruin, zwak silthoudend. 1.90m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	ghg 0.60 m - mv. glg 1,90 m - mv.
-1.0							
+8.0							
-2.0							
+7.0							
-3.0							
hb4 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.37 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.09 t.o.v. MV				Coordinaten:
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen
+9.0						0.00m Zand, matig grof bruin. 0.55m Klei, zeer vast grijs, zwak silthoudend. 1.30m Klei, bruin, matig silthoudend. 1.75m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	ghg 0.50 m - mv. glg 2,00 m - mv.
-1.0							
+8.0							
-2.0							
+7.0							
-3.0							
hb5 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.43 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.12 t.o.v. MV				Coordinaten:
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen
+9.0						0.00m Zand, matig grof bruin, zwak silthoudend. 0.10m Klei, donkerbruin, zwak silthoudend, matig humushoudend. 0.40m Klei, bruin, zwak silthoudend. 1.95m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	ghg 0.30 m - mv. glg 1,95 m - mv.
-1.0							
+8.0							
-2.0							
+7.0							
-3.0							
VAN ROEKEL ADVIESBUREAU Bennekom 0318-431825			Project: Intratuin Locatie: Elden				Rapportnr: 07.0886 Proj. datum: 22-10-2007

hb6 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.46 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.19 t.o.v. MV				Coordinaten:	
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen	
+9.0						0.00m Zand, grof geel. 0.45m Klei, zeer vast grijs, matig silthoudend. 0.75m Klei, bruin, zwak silthoudend. 1.90m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	ghg 0.5 m - mv. glg 1,90 m - mv.	
-1.0								
+8.0								
-2.0								
+7.0								
-3.0								

hb7 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.57 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.22 t.o.v. MV				Coordinaten:	
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen	
+9.0						0.00m Zand, grof geel, zwak silthoudend. 0.35m Klei, zeer vast grijs, matig silthoudend. 0.70m Klei, bruin, zwak silthoudend. 1.40m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.10m Klei, grijs, matig silthoudend. 2.20m Einde boring.	ghg 0.60 m - mv. glg 2.20 m - mv.	
-1.0								
+8.0								
-2.0								
+7.0								
-3.0								

hb8 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.46 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.22 t.o.v. MV				Coordinaten:	
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen	
+9.0						0.00m Klei, zwart, zwak silthoudend, matig humushoudend. 0.45m Klei, grijs, zwak silthoudend. 1.05m Klei, bruin, sterk silthoudend. 1.30m Klei, bruin, matig zandhoudend. 1.50m Klei, bruin, zwak silthoudend. 1.80m Klei, grijs, zwak silthoudend. 2.00m Einde boring.	ghg 0.55 m - mv. glg 1.80 m - mv.	
-1.0								
+8.0								
-2.0								
+7.0								
-3.0								

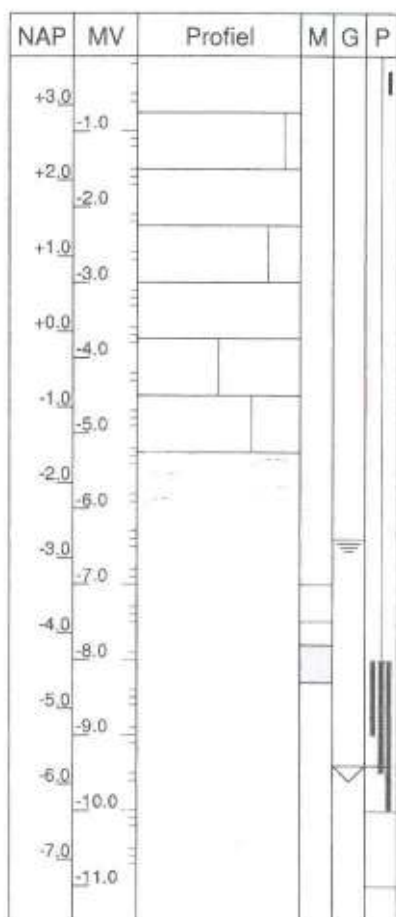
VAN ROEKEL ADVIESBUREAU Bennekom 0318-431825		Project: Intratuin Locatie: Elden	Rapportnr: 07.0886 Proj. datum: 22-10-2007
--	--	--	---

hb9 22-10-2007 Handboring			Maaiveldhoogte: 9.26 t.o.v. NAP Grondwaterniveau: -1.34 t.o.v. MV				Coordinaten:	
NAP	MV	Profiel	M	G	P	Omschrijving bodemprofiel	Opmerkingen	
+9.0						0.00m Zand, matig grof geel.	ghg 0.45 m - mv.	
						0.10m Klei, donkerbruin, matig zandhoudend, matig humushoudend.		
						0.40m Klei, bruin, zwak silthoudend.		
-1.0						0.90m Klei, bruin, sterk zandhoudend.	glg 1.80 m - mv.	
+8.0						1.45m Klei, bruin, matig zandhoudend.		
						1.80m Klei, grijs, matig zandhoudend.		
-2.0						2.00m Einde boring.		
+7.0								
-3.0								

VAN ROEKEL ADVIESBUREAU Bennekom 0318-431825	Project: Intratuin Locatie: Elden	Rapportnr: 07.0886 Proj. datum: 22-10-2007
--	--	---

Aanduiding grondsoorten en gelaagdheid op boorstaat

	Zand		Mergel		Baggerspecie
	Klei		Kalk/kalksteen		Schelpen
	Veen		Stol		Schelpenbank
	Grind		Mijnssteen		Verharding
	Zandsteen		Graszone		Kruipruimte
	Silt		Teelaarde		Puin
	Leem		Humus		Sintels
	Loss		Plantenresten		Huisvuil
	Keileem		Hout/houtresten		Kunststofresten
	Leisteen		Bruinkool		Onbekend
	Schalie		Slib		Diversen



M= monster, G= grondwaterstand, P= peilbuis

hoofdbestanddeel

zwak houdend

matig houdend

sterk houdend

uiterst houdend

gelijke delen

hoofdbestanddeel met 2 bijbestanddelen

hoofdbestanddeel met lenzen

grondwaterstand in boorgat

geroerd monster

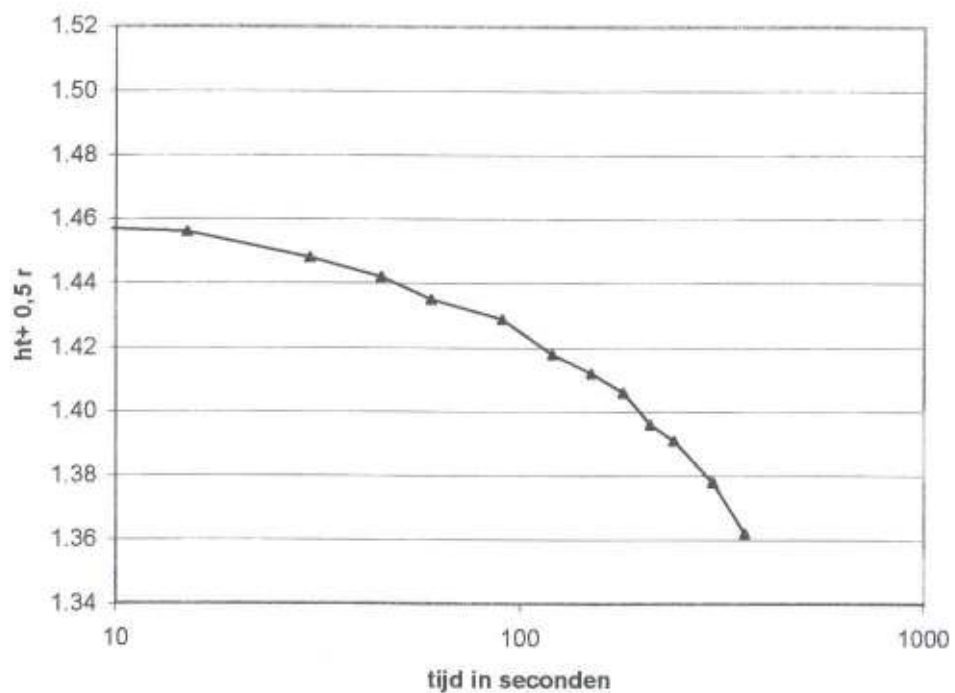
ongeroerd monster

peilbuis in boorgat met lengte filter en kleiafdichting op schaal

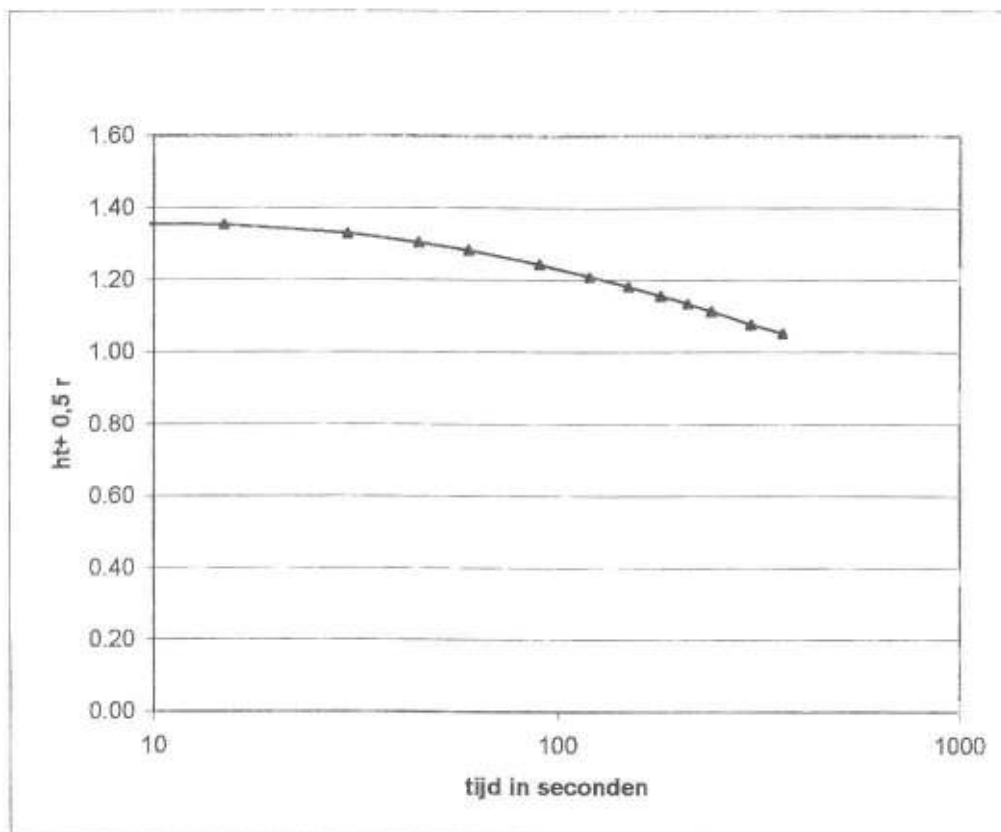
stijghoogte grondwater in peilbuis

verloren casing op schaal in boorgat

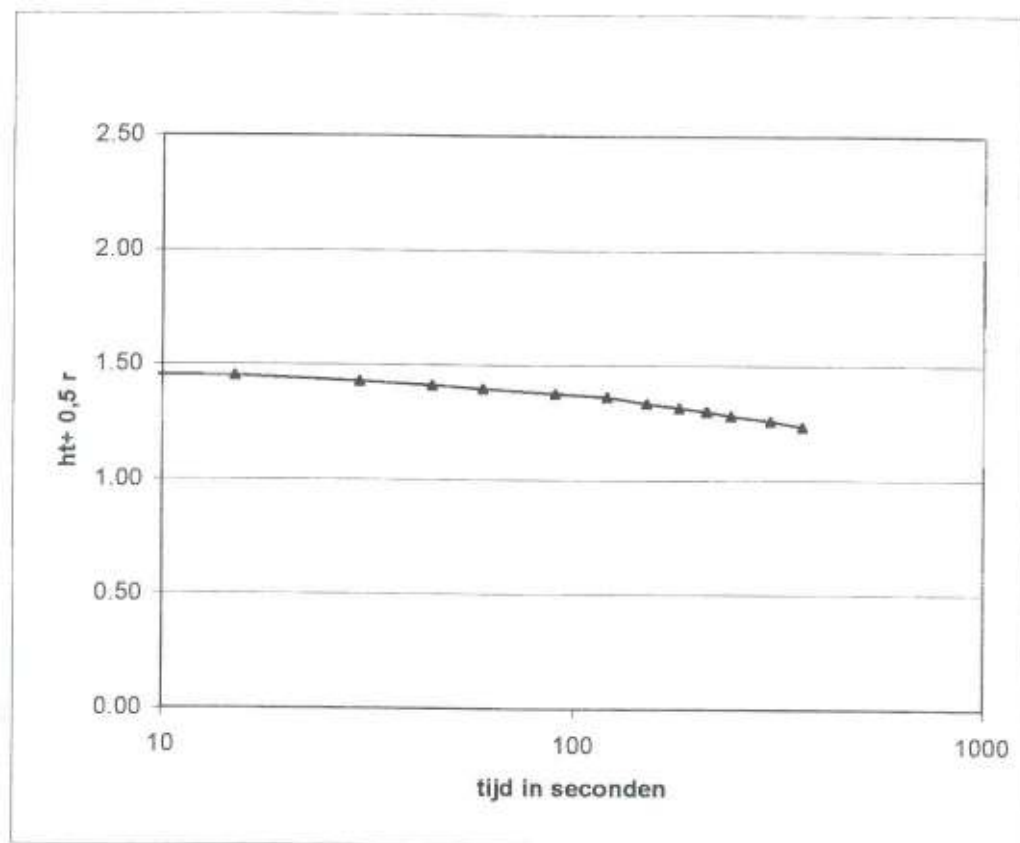
Bijlage 2.4 k-waarde metingen



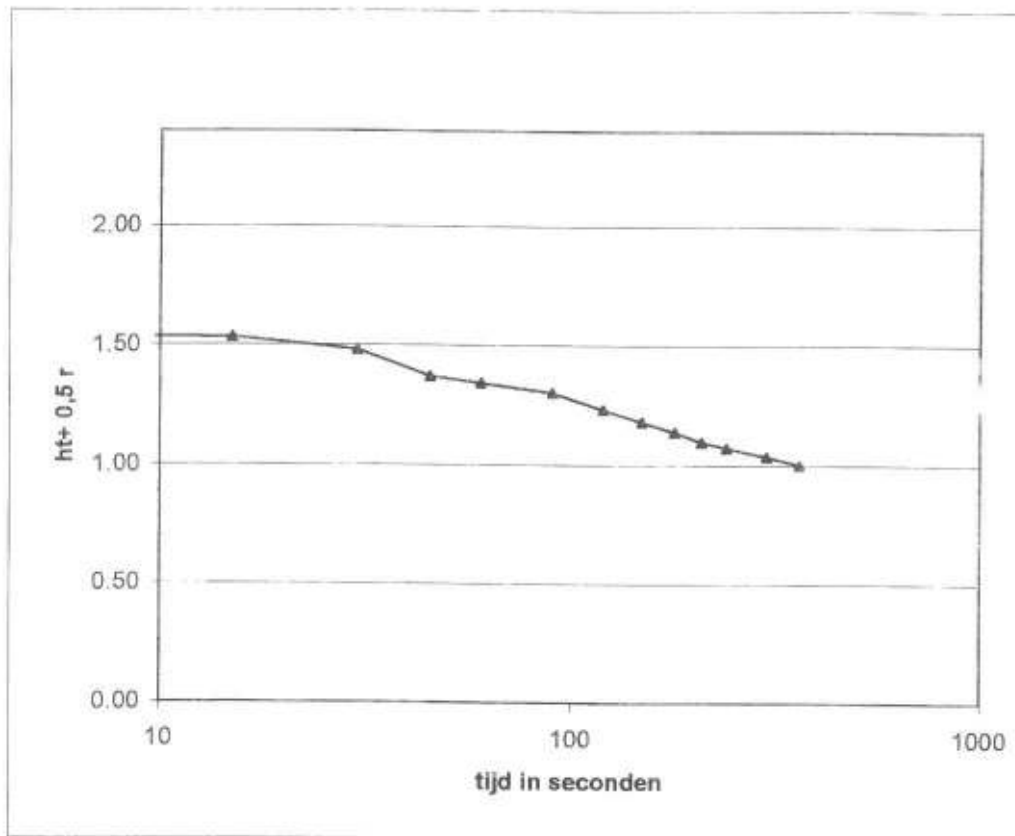
boring	hb1
maaiveld	9.51 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	0.3 [m/d]
	3.40E-06 [m/s]
meettraject	0.69 - 2 [m - mv]



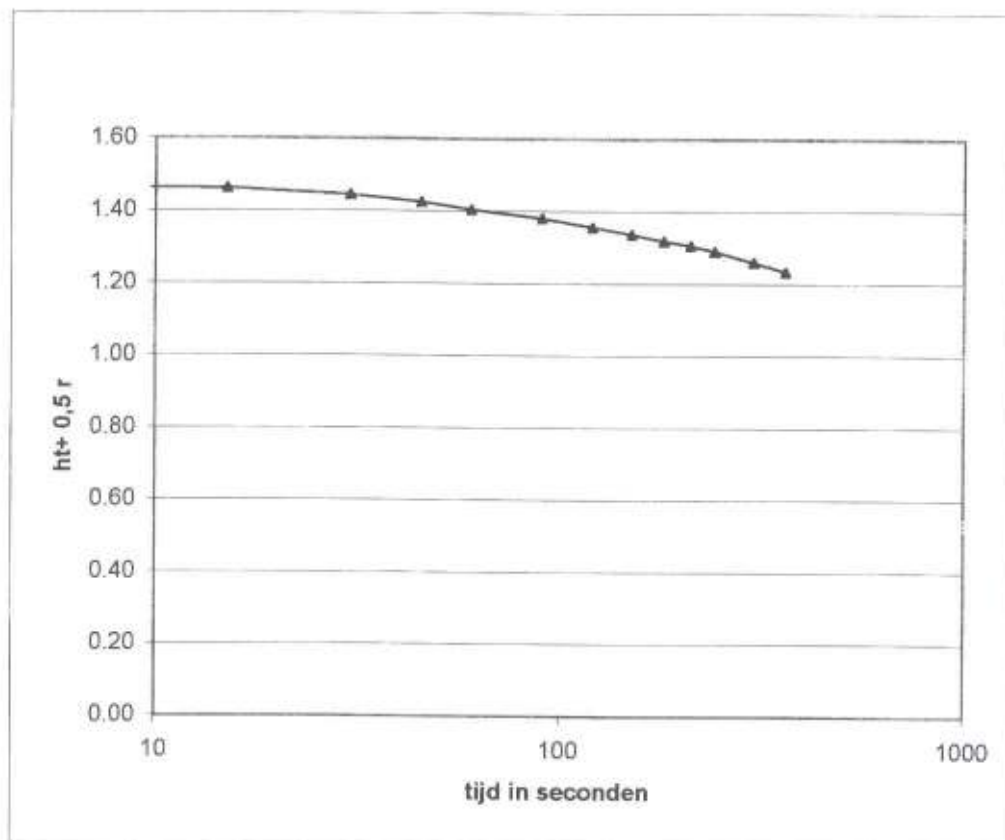
boring	hb2
maaiveld	9.45 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	1.1 [m/d]
	1.23E-05 [m/s]
meettraject	0.9 - 2 [m - mv]



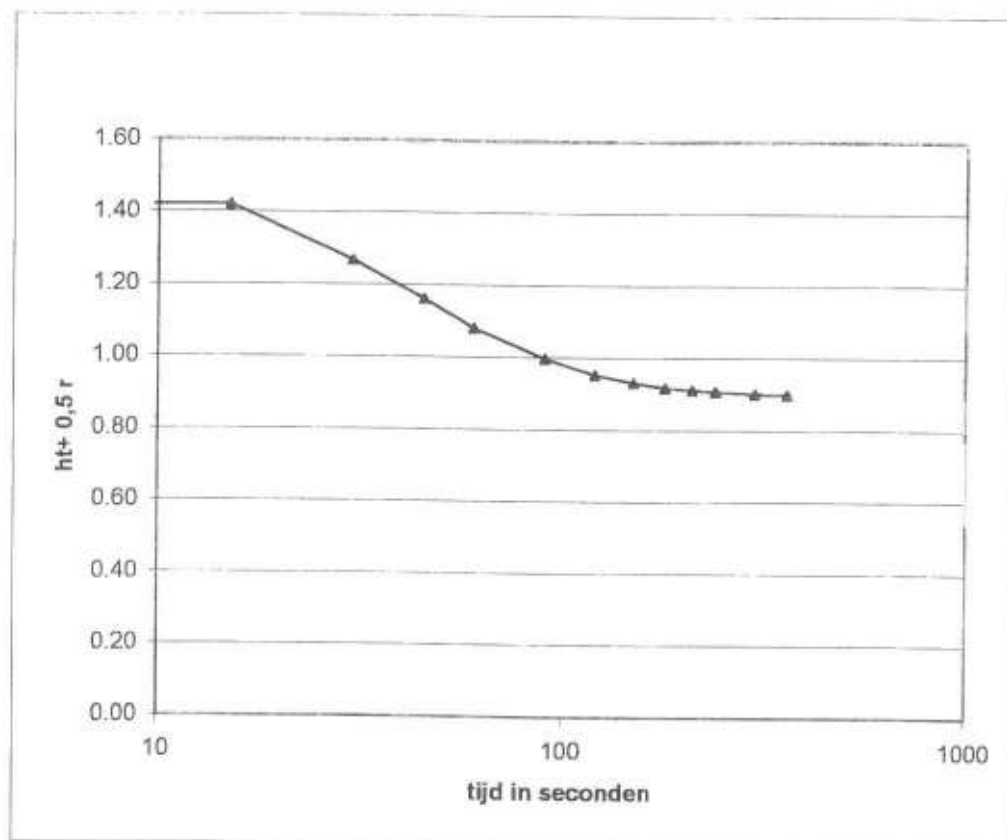
boring	hb3
maaiveld	9.39 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	0.7 [m/d]
	8.65E-06 [m/s]
meettraject	0.76 - 2 [m - mv]



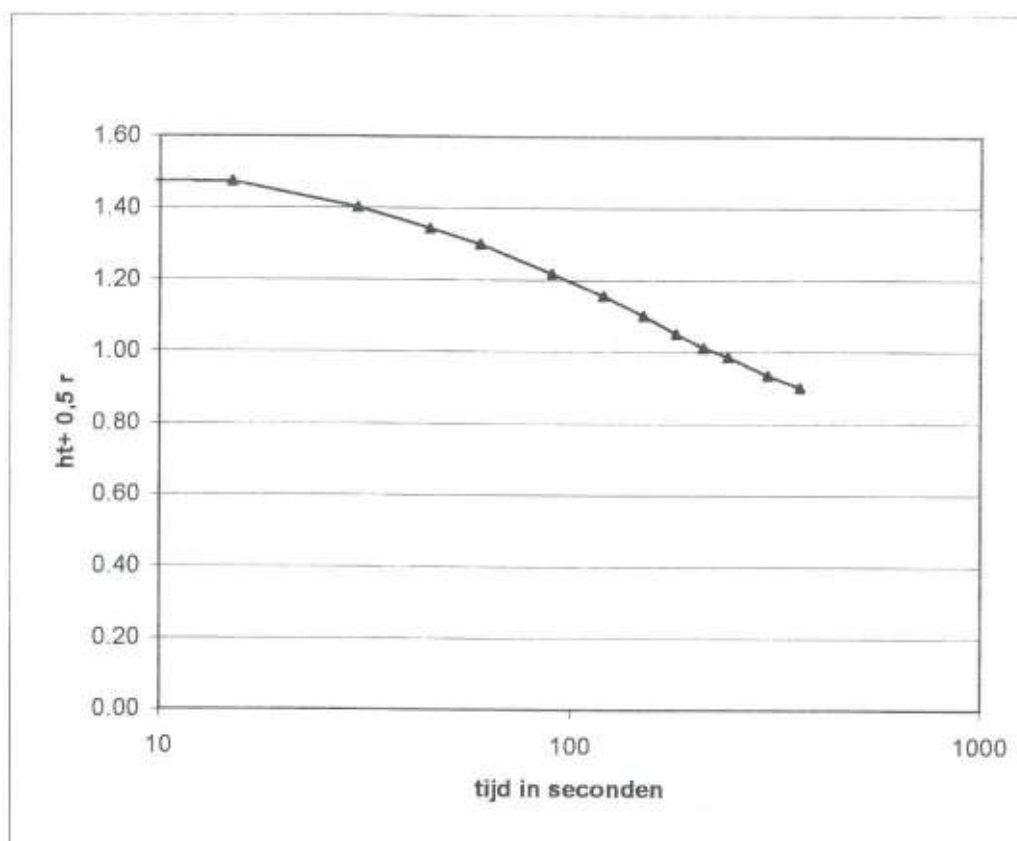
boring	hb4
maaiveld	9.37 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	1.5 [m/d]
	1.72E-05 [m/s]
meettraject	0.86 - 2 [m - mv]



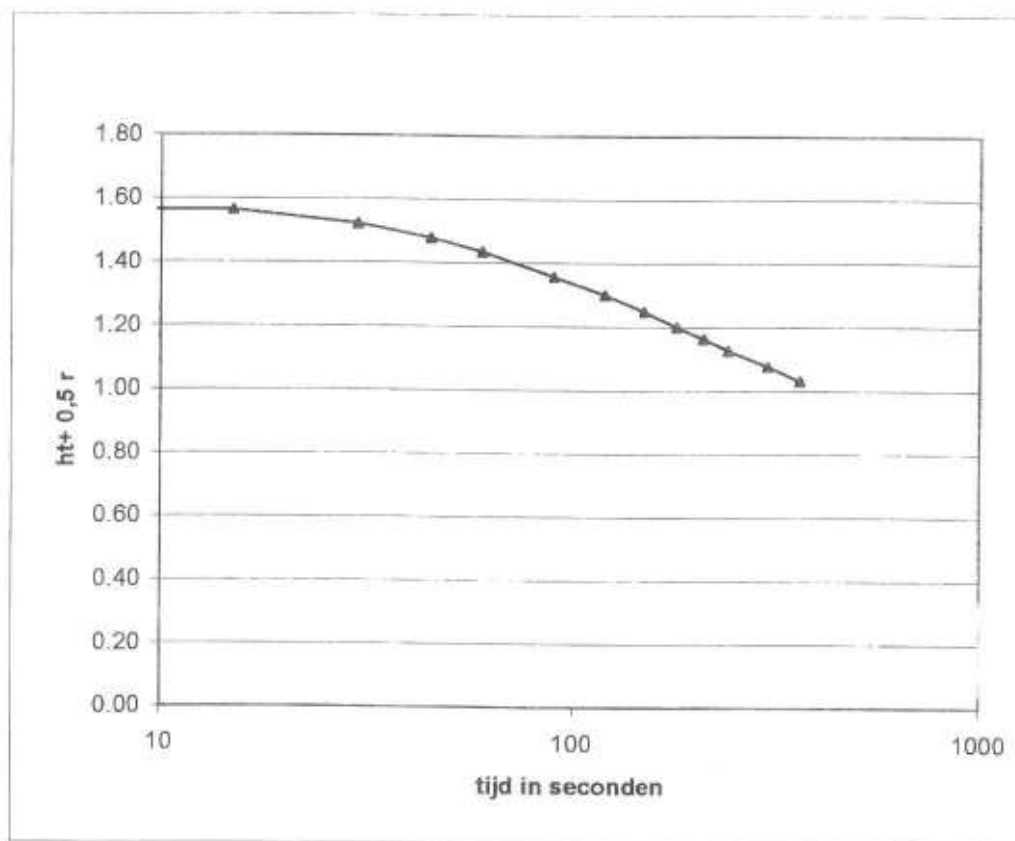
boring	hb5
maaiveld	9.43 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	0.7 [m/d]
	8.53E-06 [m/s]
meettraject	0.8 - 2 [m - mv]



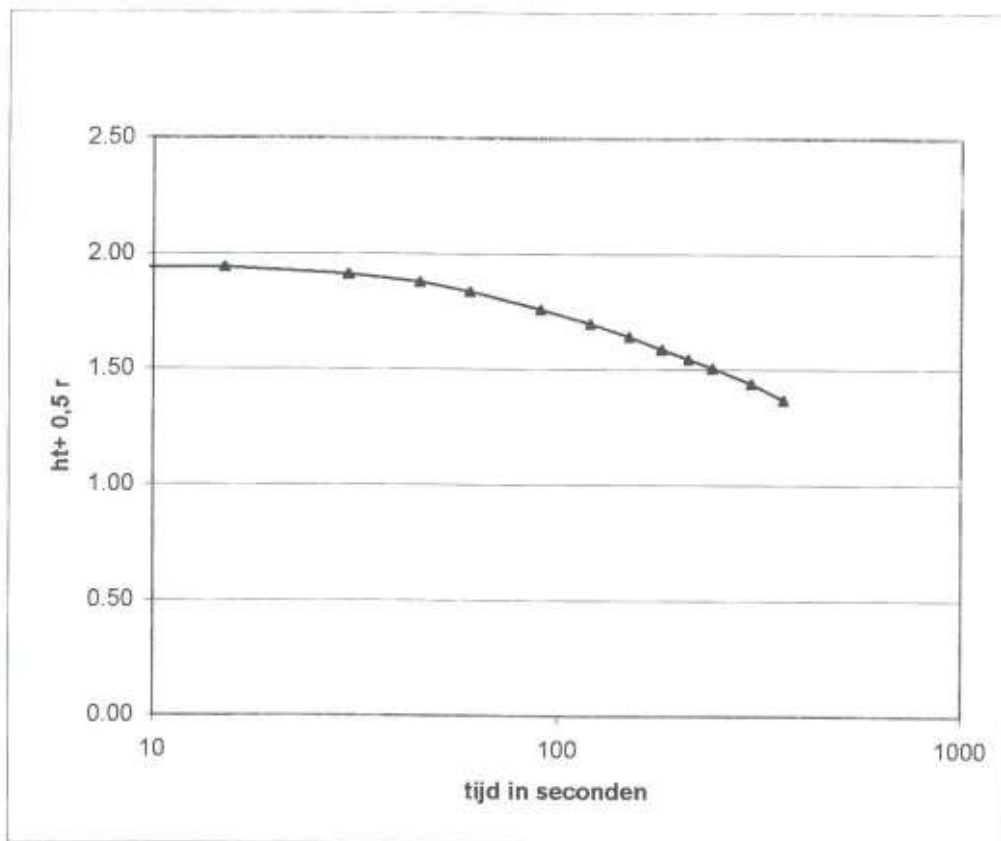
boring	hb6
maaiveld	9.46 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	0.5 [m/d]
	5.99E-06 [m/s]
meettraject	0.98 - 2 [m - mv]



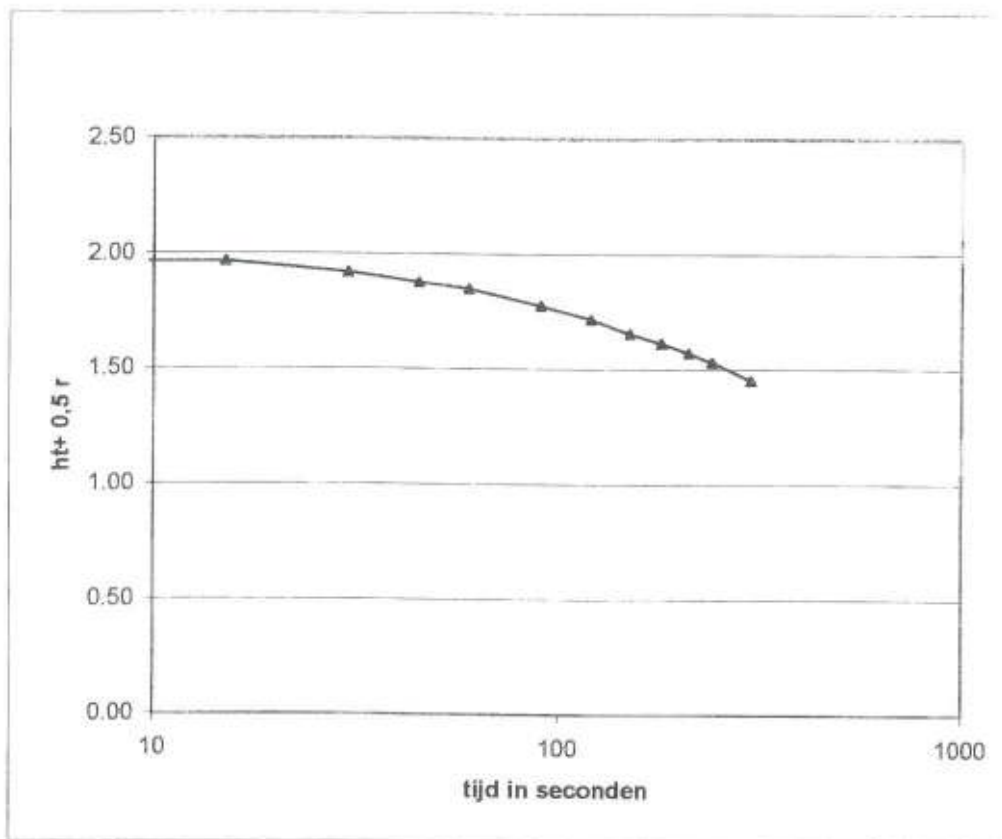
boring	hb7
maaiveld	9.57 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	1.8 [m/d]
	2.07E-05 [m/s]
meettraject	0.93 - 2 [m - mv]



boring	hb8
maaiveld	9.46 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	1.5 [m/d]
	1.79E-05 [m/s]
meettraject	0.83 - 2 [m - mv]

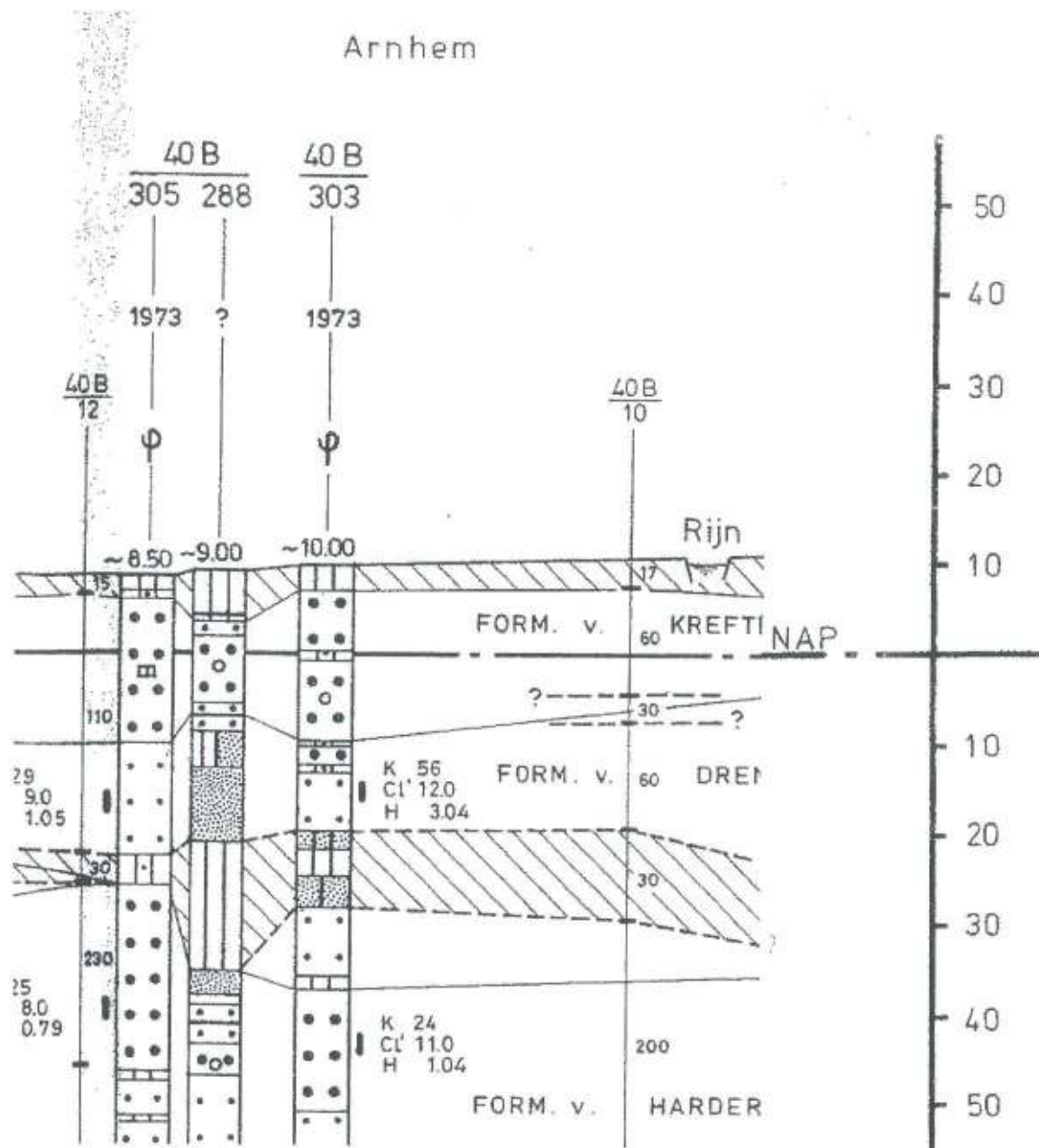


boring	hb9
maaiveld	9.21 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	1.4 [m/d]
	1.67E-05 [m/s]
meettraject	0.48 - 2 [m - mv]



boring	hb10
maaiveld	9.48 m + NAP
diameter	0.08 [cm]
diepte boorgat	2.00 [cm]
k waarde	1.5 [m/d]
	1.75E-05 [m/s]
meettraject	0.08 - 2 [m - mv]

Bijlage 3 Geohydrologisch profiel

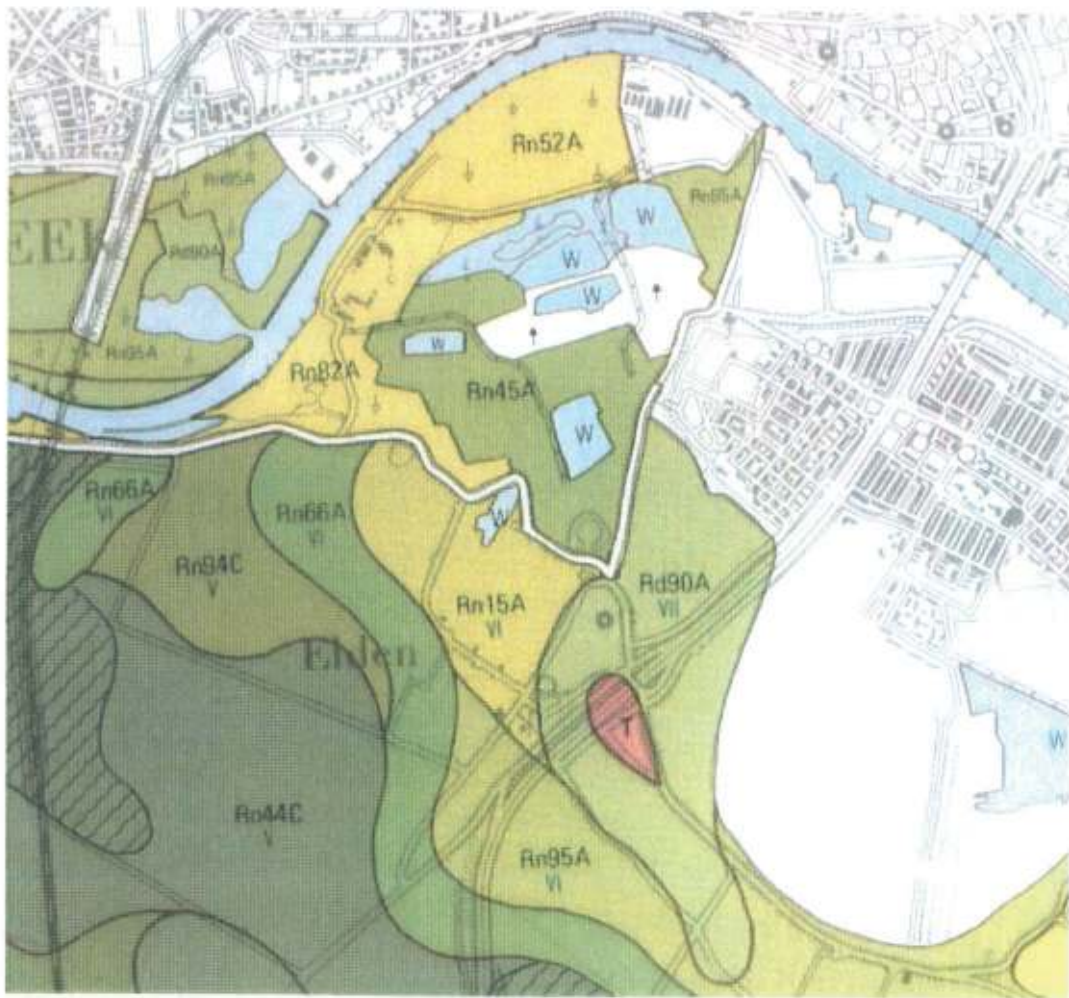


profiel circa 500 m ten zuiden van de locatie; van west naar oost

Bron: Grondwaterkaart van Nederland

de Tuin van Elden te Arnhem
geohydrologisch profiel

Bijlage 4 Bodemkaart



legenda

Rn15A	kalkhoudende poldervaaggrond, lichte zavel
Rn45A	kalkhoudende poldervaaggrond, zware klei
Rn66A	kalkhoudende poldervaaggrond, zavel en lichte klei
Rd90A	kalkhoudende ooivaaggrond, lichte zavel

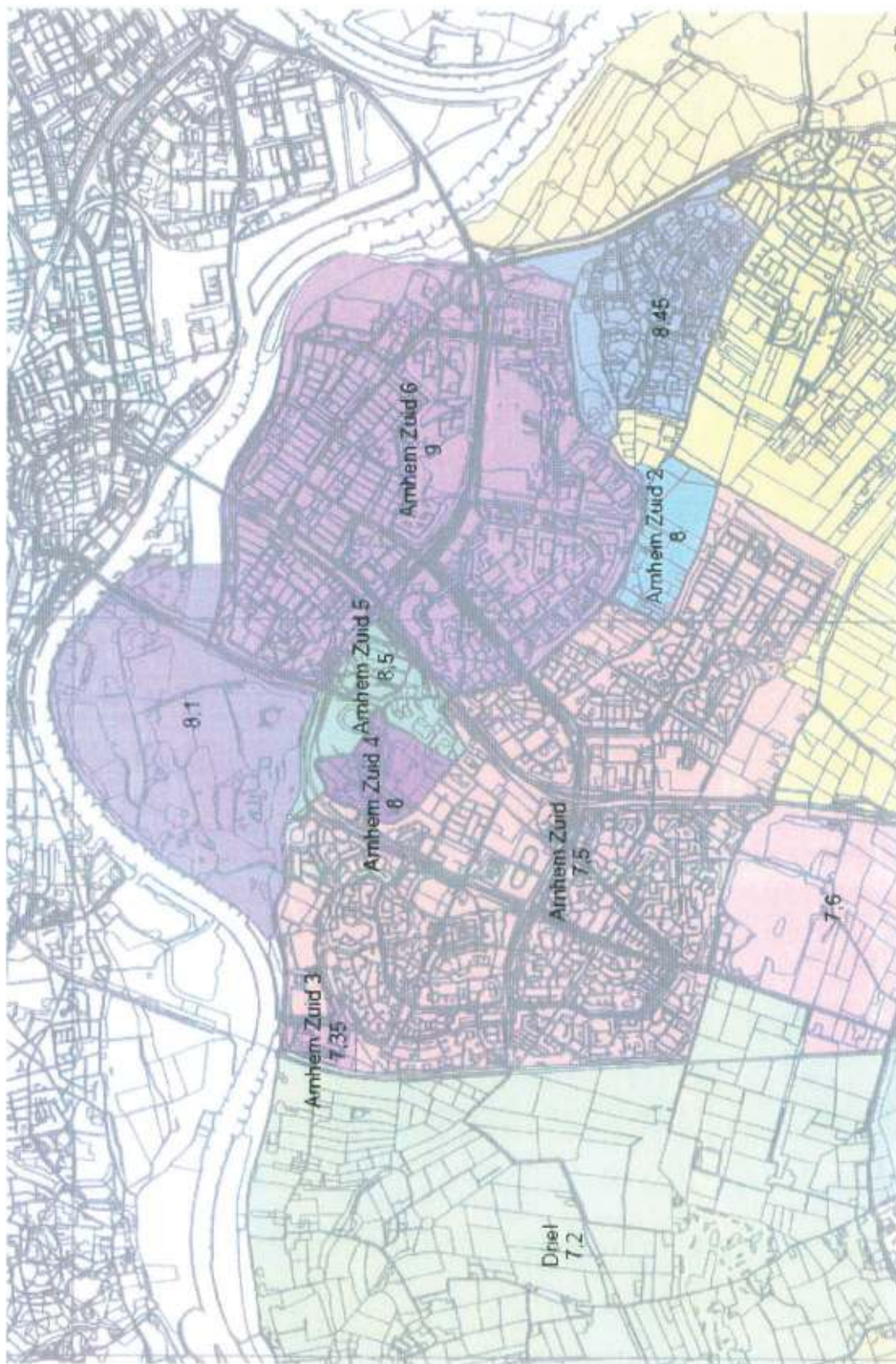
Grondwatertrappen

grondwatertrap	V	VI	VII
gemiddeld hoogste grondwaterstand	<40	40 - 80	>80
gemiddeld laagste grondwaterstand	>120	>120>120	

Bron: Bodemkaart van Nederland 1:50.000

de Tuin van Elden te Arnhem
bodemkaart

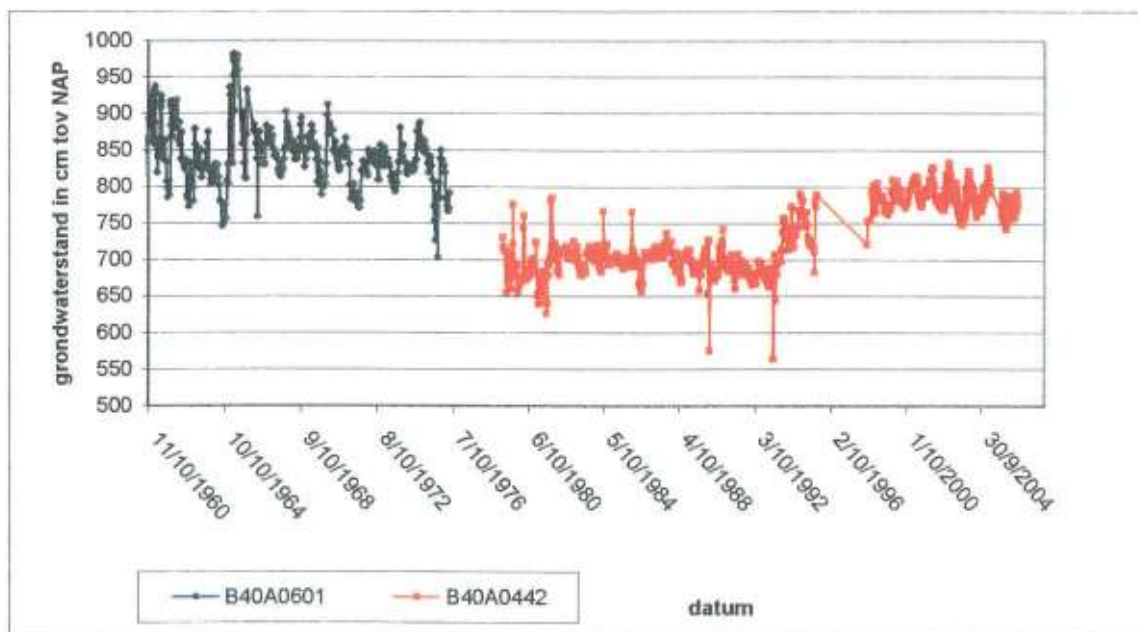
Bijlage 5 Peilenkaart



Bron: Waterschap Rivierenland

de Tuin van Elden te Arnhem
peilolenkaart

**Bijlage 6 Tijdstijghoogtelijn
peilbuis B40A442 en B40A601**



Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Maaiveld cm t.o.v. NAP	Bovenkant filter cm t.o.v. NAP	nderkant filter m t.o.v. NAP
B40A0601	188640	441670	917	304	204
B40A0442	188300	440500	870	-1359	-1459



locatie