

Basisdocument brakke en zoute geohydrologie Lekkerkerk

Concept-rapport 1/2/2009

OASEN

1/2/2009

Concept-rapport

Projectnummer N20090343



Documenttitel	Basisdocument brakke en zoute geohydrologie Lekkerkerk
Status	Concept-rapport
Datum	01/02/2009
Projectnaam	
Projectnummer	N20090343
Opdrachtgever	OASEN
Referentie	

Auteur(s)	Jouke Velstra, Koos Groen
-----------	---------------------------

Collegiale toets	Naam
Datum / Paraaf	

Vrijgegeven door	Arjen de Vries
Datum / Paraaf	

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond.....	1
2 Resultaten inventarisatie.....	2
3 Hydrogeologische beschrijving van 40m tot 200m diepte.....	5
3.1 Aanpak	5
3.2 Beschrijving van de formaties van 40 tot 200m.....	5
3.3 Kaarten van verbreiding van de relevante lagen (aquitards)	6
3.3.1 Formatie van Maassluis.....	6
3.3.2 Formatie van Waalre	8
3.4 Aanbevelingen schematisatie laagopbouw grondwatermodel	10
4 Hydrogeologische beschrijving dieper dan 200m.....	12
4.1 Inleiding.....	12
4.2 Beschrijving en verbreiding van de formatie van Oosterhout.....	12
5 Isohalienkaart	13
5.1 Inleiding.....	13
5.2 Aanpak en bespreking resultaten.....	13
6 Referenties	16

Lijst met figuren

Figuur 2.1 Overzicht studiegebied. Binnenste gebied heeft betrekking op de uitwerking tot 200m en de buitenste ring heeft betrekking op de uitwerking beneden de 200m.	2
Figuur 2.2. Deel van de boorlog die is uitgevoerd in de proefboring Lekkerkerk. Tevens aanvullende informatie aangegeven.	3
Figuur 3.1 Overzicht breuksysteem in provincie Zuid-Holland. Aangegeven is het studiegebied rond Lekkerkerk. De kleuren geven de dikte van het Maassluiscomplex weer (zie volgend hoofdstuk voor een uitleg).	6
Figuur 3.2. Per boring en/of boorgatmetingen de geïnterpreteerde dikte van de vier aquitards binnen het Maassluis complex.	7
Figuur 3.3 Boorgatmeting B38C0851. Een hoge gamma uitslag in combinatie met een lage weerstand (long normal) duidt op een kleilaag. Er is een kleilaag tussen de 46 en 51 m die is gerelateerd aan Waalre 1. Tot een diepte van 70m komt verder geen kleilaag voor van betekenis. ...	8
Figuur 3.4 Boorbeschrijvingen en interpretatie van twee nabij gelegen boringen bij winning "De Put". De oorspronkelijke boorbeschrijvingen van beide zijn vrijwel gelijk. De daaropvolgende toekenning aan Waalre 2 of 3 is verschillend (overigens van REGIS II).	9
Figuur 5.1. Voorbeeld van een geïnterpreteerde VES-meting in het studiegebied (W38C0021).	13
Figuur 5.2. Meetpunten en interpolatie van schijnbare weerstanden met een ½ AB van 300m uit VES-metingen.	14
Figuur 5.3. Vier meetseries van VES metingen.	15

1 INLEIDING

OASEN onderzoekt de mogelijkheden voor de winning van brak water ten behoeve van drinkwatervoorziening. Als onderdeel van dit onderzoek is Acacia Water gevraagd een basisdocument op te stellen over de brakke en zoute hydrogeologie in de omgeving van de Lekkerkerk.

Het voorliggende document gaat inhoudelijk in op hydrogeologische opbouw van de ondergrond in de omgeving van Zuiveringsstation Lekkerkerk, voor een diepte van 40 tot 400 meter. Het document zal gebruikt worden als een van de bronnen waarop grondwatermodel (met name schematisatie) en waterkwaliteitsontwikkeling van de geplande brakwaterwinning worden gebaseerd.

1.1 Achtergrond

Er worden door OASEN 2 proeven onderscheiden. Een brakke en een zoute proef. De brakke proef bestaat uit het onttrekken van brak water met 400 – 500 mg/l chloride, op een diepte van diepte 120 tot 155 meter. En infiltratie van concentraat met 1000 mg/l op een diepte van 160 tot 180m.

Een alternatieve vorm is de zoute proef waarbij indikking van de concentraatstroom tot orde grootte 10.000 mg/l chloride plaatsvindt. Daarbij hoort een infiltratiediepte waarop het natuurlijke grondwater ook die concentratie heeft. De verkenningsboring reikt tot 220m (diepste filter op 195m). Er is dus op de beoogde diepte weinig informatie bekend.

2 RESULTATEN INVENTARISATIE

Voorafgaand aan de beschrijving van formaties en het maken van isohalienkaarten is een inventarisatie van benodigde gegevens uitgevoerd. Er is hierbij uitgegaan van gegevens die snel beschikbaar zijn (bijv. REGIS) en gegevens die door OASEN zijn aangeleverd. De basis voor zowel ondergrond als chloridekaarten vormt de proefboring die door OASEN is uitgevoerd bij de winning Lekkerkerk (Figuur 2.2).

Het gebied waarvoor gegevens zijn geïnventariseerd beslaat het gebied dat is aangegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Overzicht studiegebied. Binnenste gebied heeft betrekking op de uitwerking tot 200m en de buitenste ring heeft betrekking op de uitwerking beneden de 200m.

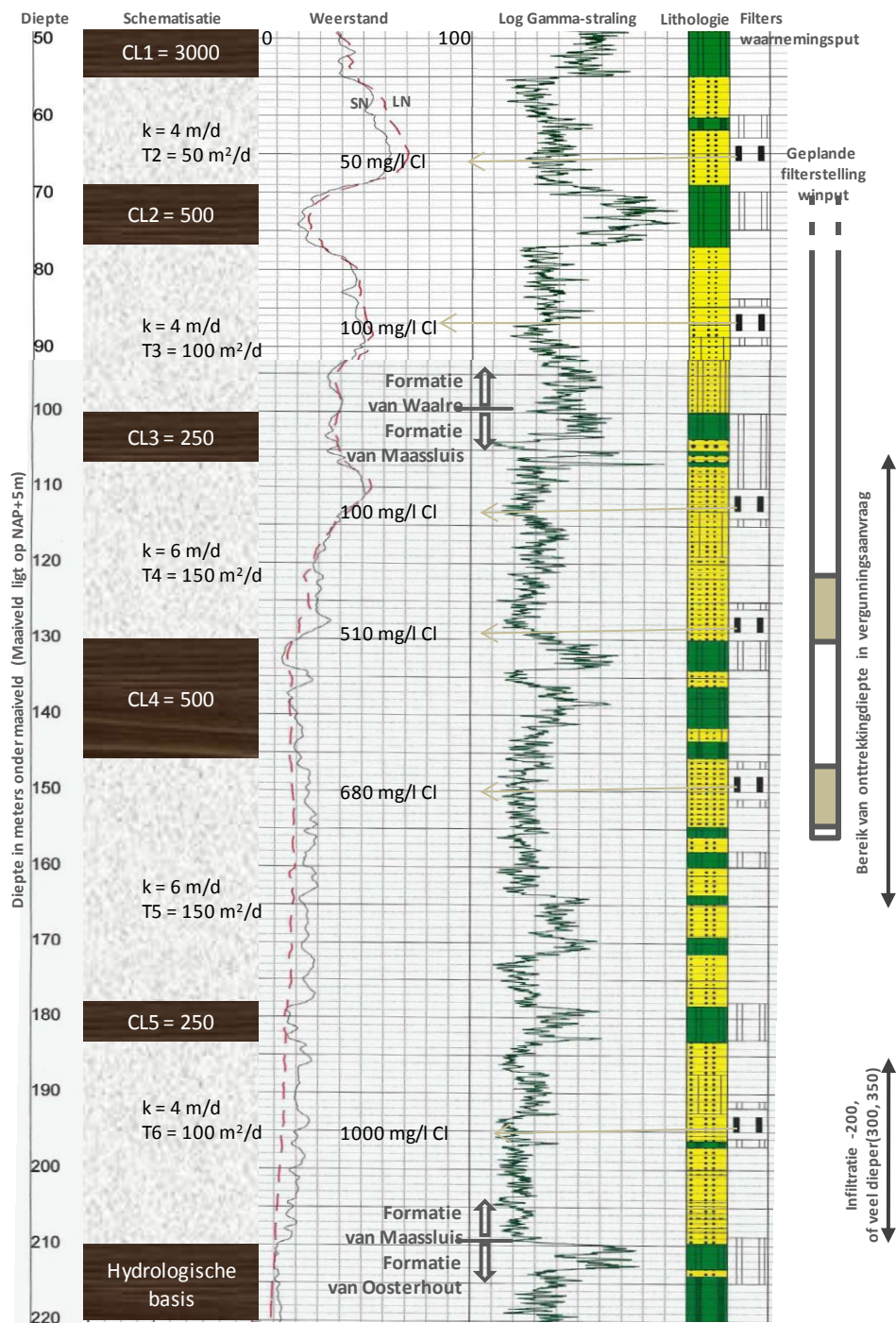
Gegevens ondergrond

Voor de laagopbouw is als basis uitgegaan van de interpretatie in REGIS II.1. Voor de verificatie van de aquitards van de Waalre formatie en voor de laagopbouw van de dieper gelegen formaties is gebruik gemaakt van:

- 143 boringen (bron DINOloket)
- 92 boorgatmetingen t/m Maassluis (DINOloket)
- 4 boorgatmetingen Maassluis en dieper (NL Olie en gasportaal inclusief proefboring OASEN) waarvan 2 met boorbeschrijving, geofysische log en chloridemetingen

Wat de boringen betreft zijn alleen de boringen opgevraagd die dieper zijn gegaan dan 30m. Enkele statistieken van de boringen zijn gegeven in tabel 1.1. Opvallend is dat er ca. 10 boringen net dieper zijn dan 30m (tot 33m) die zich bevinden in de directe nabijheid van de winning Lekkerkerk.

Van de boorgatmetingen vallen enkele af omdat ofwel geen Gamma en/of Long Normal resistivity is gemeten. De combinatie is van belang om klei lagen te identificeren en/of zoutgehalte in te schatten. Van alle boorgatmetingen is ongeveer de helft dieper dan 100m. Helaas bevinden deze boorgatmetingen zich vrijwel allemaal buiten het studiegebied.



Figuur 2.2. Deel van de boorlog die is uitgevoerd in de proefboring Lekkerkerk. Tevens aanvullende informatie aangegeven.

Gegevens chloride

Voor het vervaardigen van een isohalienkaart is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- 80 VES metingen (bron DINOLOket)
- 92 boorgatmetingen (DINOLOket)
- Chlorideanalyses peilbuizen (DINO en OASEN)
- Zoutwachtermetingen (OASEN)

De VES metingen ten noorden van de Lek bevatten geen interpretatie. Deze metingen zijn voor zover mogelijk binnen deze studie geïnterpreteerd. Daarnaast hebben diverse andere VES metingen een interpretatie met het predicaat kwalitatief redelijk tot slecht. Ook deze zijn opnieuw geïnterpreteerd.

Er zijn 339 peilbuizen (elk met één of meer filters) opgevraagd. Hiervan hadden 62 geen informatie ten aanzien van filterdiepte en zijn om die reden niet gebruikt. Van de overgebleven 277 peilbuizen zijn er 500 filters waarvan er bijna 300 ondieper zijn dan 40m. De filters waar een waarde hoger dan 500 mg/l is aangetroffen bevinden zich op één na allemaal buiten het directe aandachtsgebied.

Tabel 1.1. Overzicht gegevens opgevraagd uit DINoloket

	Boringen	Boorgatmetingen	Chloridefilters	Chlorideverdeling	
Einddiepte (m)	Aantal	Aantal	Aantal	(mg/l)	Aantal
0-40	58	6	298	0-150	141
40-100	69	39	127	150-300	28
100-200	15	37	73	300-500	11
200-300	1	7	2	500-1000	15
300-400	0	2	0	1000-5000	7
400-500	0	1	0	>5000	0
Totalen	143	92	500		202

3 HYDROGEOLOGISCHE BESCHRIJVING VAN 40M TOT 200M DIEPTE

3.1 Aanpak

Bepalend voor de grondwaterstroming en zouttransport zijn weerstandsbiedende lagen (aquitards). In het dieptebereik van 40m tot 200m betreft dit over het algemeen klei- en leemlagen. Voor de hydrogeologische beschrijving is als basis genomen de hydrogeologische kartering van REGIS II.1. De kaarten uit REGIS II.1 zijn gecontroleerd aan de hand van boorbeschrijvingen en andere gegevens die vanuit DINO en OASEN aangeleverd zijn.

3.2 Beschrijving van de formaties van 40 tot 200m

Deze paragraaf geeft een beschrijving van de formaties in het dieptebereik van 40m tot 200m. Het betreft twee formaties, Maassluis en Waalre. De formatie van Maassluis is onderverdeeld in de Maassluis zand en Maassluiscomplex. De Waalre formatie bestaat uit meerdere lagen waaronder drie kleilagen (Waalre 1 t/m 3) en de Peize zanden (Peize 1 t/m 7). De formatie Waalre stond voorheen bekend als de formaties Kedichem en Tegelen. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de voorkomende lagen met een globale weergave van het dieptebereik en dikte.

Tabel 3.1. Overzicht van de formaties in het dieptebereik van 40m tot 200m

Formatie	REGIS codering	Klei/Zand	Top (m NAP)	Basis (m NAP)	Dikte (m)
Waalre Peize	WAK1	Klei	-25 tot -48	-40 tot -60	3 tot 27
	PZWAZ3	Zand			
	WAK2	Klei	-45 tot -60	-50 tot -90	3 tot 40
	PZWAZ4	Zand			
	PZWAZ5	Zand			
	WAK3	Klei	-25 tot -50	-75 tot -85	0 (afwezig) tot 20
	PZWAZ6	Zand			
Maassluis	PZWAZ7	Zand			
	MSZ1	Zand			
	MSC	Zand/klei	ca. -105	-250 tot -280 (oost)	150 tot 170 (oost)
		Zand/klei	ca. -105	-200 tot -235 (west)	90 tot 130 (west)

Formatie van Maassluis

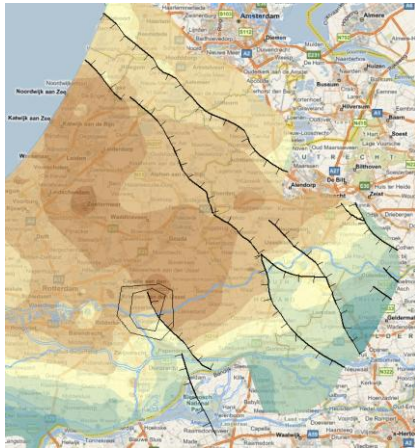
De formatie van Maassluis (Maassluis complex) ligt op de formatie van Oosterhout. De formatie bestaat uit grove tot fijne schelphoudende zanden met ingeschakelde kleilagen en kleilenzen.

De verbreiding in het gebied van deze laag en de er boven gelegen Waalre formatie wordt ten oosten van de winning Lekkerkerk bepaald door een breuk. Deze breuk maakt deel uit van het breuksysteem dat in een NO-ZW orientatie heeft en ligt in het verlengde van de centrale slenk. Het karakter van de breuk hier is dat de winning Lekkerkerk zich op het hoger gelegen gedeelte bevindt en het gebied te westen lager ligt. Dit betekent voor de formatie van Maassluis dat de basis aan de oostkant lager ligt. Dit terwijl de top op ongeveer dezelfde hoogte ligt aan beide kanten.

Formatie van Waalre

De formatie van Waalre (voorheen Kedichem en Tegelen) bestaat uit een opeenvolging van kleilagen (Waalre 1, 2 en 3) afgewisseld door Peize zanden (Peize 1 t/m 7).

De bovengrens is over het algemeen de Waalre 1 klei. Deze klei en de andere kleilagen worden veelvuldig doorsneden door geelsystemen. Waar dit optreedt is er sprake van kortsluitstroming met de bovenliggende watervoerende pakketten.



Figuur 3.1 Overzicht breuksysteem in provincie Zuid-Holland. Aangegeven is het studiegebied rond Lekkerveer. De kleuren geven de dikte van het Maassluiscomplex weer (zie volgend hoofdstuk voor een uitleg).

3.3 Kaarten van verbreiding van de relevante lagen (aquifers)

3.3.1 Formatie van Maassluis

De informatie over deze laag is beperkt voor wat betreft boringen met boorbeschrijving. Geen van de aanwezige boringen in REGIS doorboord de laag in zijn geheel. Verder zien we dat er alleen boringen ten zuidwesten van het studiegebied zijn. Twee andere boringen (ten noordwesten en oosten van de winning Lekkerveer) bevinden zich op een afstand van 6 tot 8km. Daarnaast zijn er nog enkele boorgatmetingen beschikbaar vanuit het Nedelands Gas- en Olieportaal. Een overzicht van de bruikbare gegevens is gegeven in tabel 3.2 waarvan de locaties zijn weergegeven op de kaart in bijlage 1.

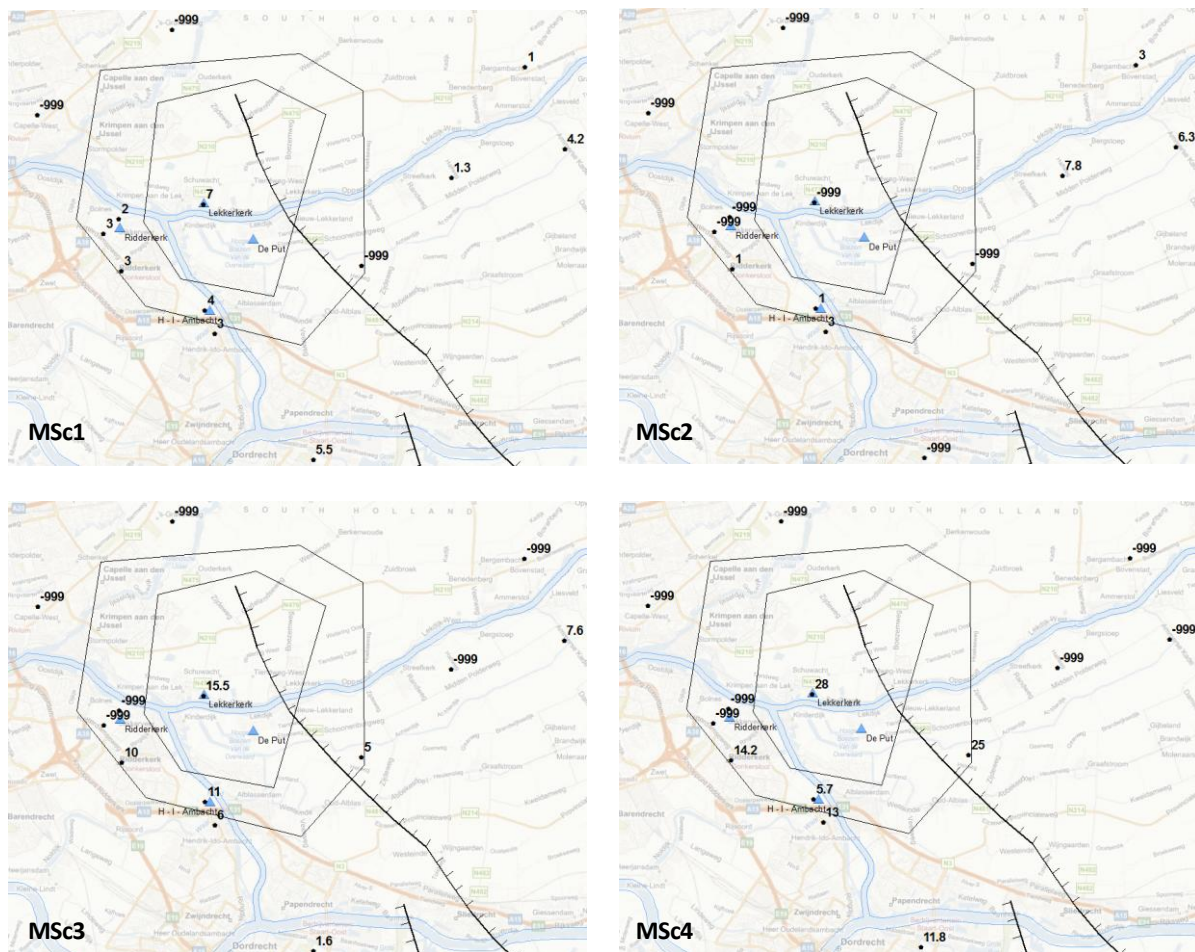
Tabel 3.2. Overzicht en hydrologische schematisatie beschikbare gegevens over Maassluiscomplex in en rond het studiegebied.

ID	Einddiepte	Type	MSC1_t	MSC1_d	MSC2_t	MSC2_d	MSC3_t	MSC3_d	MSC4_t	MSC4_d	MSC4klei
BLG2*	999	log	-	-	-	-	-135	5	-150	25	15
LSW04	221	log_boring	-100	7	-	-	-130	15.5	-155	28	7
NKK1*	999	log	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
W24	126	log_boring	-109	1	-119	3	nd	nd	nd	nd	nd
B38C0438	105	boring	-100	2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B38C0977	105	boring	-102	3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B38C0972	170	boring	-97	3	-117	1	-135	10	-153.3	14.2	5.5
B38C0971	170	log	-101	5.5	-	-	-136.5	1.6	-153.3	11.8	4.5
B38C0393**	168	log_boring	-101	4	-116	1	-127.8	11	-158.3	5.7	3
B38C0385**	178	log_boring	-107	3	-117	3	-130	6	-151	13	4
B38D0108	133	boring	-100.9	1.3	-119.3	7.8	nd	nd	nd	nd	nd
B37H0525***	126	log	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
B38D0107	140	log	-101.5	4.2	-120.1	6.3	-129.9	7.6	nd	nd	nd

* geen gammalog, alleen LN die slecht is af te lezen

** alleen de log gebruikt, boorbeschrijving geeft over dit deel alleen zand

*** geen LN-log, gamma geeft geen duidelijk beeld



Figuur 3.2. Per boring en/of boorgatmetingen de geïnterpreteerde dikte van de vier aquitards binnen het Maassluis complex.

Voor OASEN is een boring uitgevoerd die komt tot een diepte van 221m ter plaatse van de winning Lekkerkerk. Het betreft boring LSW04 volgens het olie en gasportaal en ?? volgens Dinoloket. Deze boring is nog niet gebruikt voor de interpretatie in REGIS II.1. Voor een hydrogeologische schematisatie van het Maassluis complex is de interpretatie van deze boring als uitgangspunt genomen. We komen dan tot vier aquitards die achtereenvolgens de namen MSC1, MSC2, MSC3 en MSC4 zijn gegeven. De in deze boring en andere boringen/boorgatmetingen aangetroffen dieptes van deze laageenheden en dikte ervan staan vermeld in tabel 3.2 en Figuur 3.2.

MSC1 vormt de top van het Maassluis complex op ongeveer 100m diepte. Deze kleilaag is duidelijk herkenbaar in de gamma- en LN-logs, hetgeen betekent dat het een goed ontwikkelde kleilaag is. Ter plaatse van de winning Lekkerkerk is een dikte toegekend van 7m. Het betreft hier feitelijk een laag van 3m met daarna over 4 meter zand met 2 dunne laagjes klei. Deze dunne laagjes zijn niet herkend. De dikte van de laag ligt tussen de 1 en 5.5 meter. De klei wordt gekarakteriseerd als zwakzandig.

MSC2 is een niet altijd even duidelijke herkenbare kleilaag (lage uitslag in gamma-log) die we aantreffen op ongeveer 117m diepte. Hetgeen betekent dat de klei niet goed is ontwikkeld. De laag is nog net herkenbaar in de proefboring Lekkerkerk in het traject tussen 115m en 120m diepte. Op de andere locaties is de laag niet terug te vinden of heeft een geringe dikte van 1m tot 3m. En wordt omschreven als zwak zandige slappe klei. Uitzondering vormen de twee boringen aan de oostzijde van de breuk waar de laag een dikte bereikt van 6.3m en 7.8m. Hier wordt de laag omschreven als sterk zandig leem/klei.

MSC3 is een afwisseling van kleilagen die zijn samengenomen tot één geschematiseerde aquitard die we aantreffen op ongeveer 130m diepte. In de proefboring betreft het een laag met een dikte van 15m. In de andere boringen heeft deze laag ook nog een aanzienlijke dikte van ca. 6m tot 10m. De kleilagen worden sterk ziltige klei met daartussen grove zanden. De laag is duidelijk herkenbaar in de gamma-log wat betekent dat het waarschijnlijk een goed ontwikkelde klei betreft.

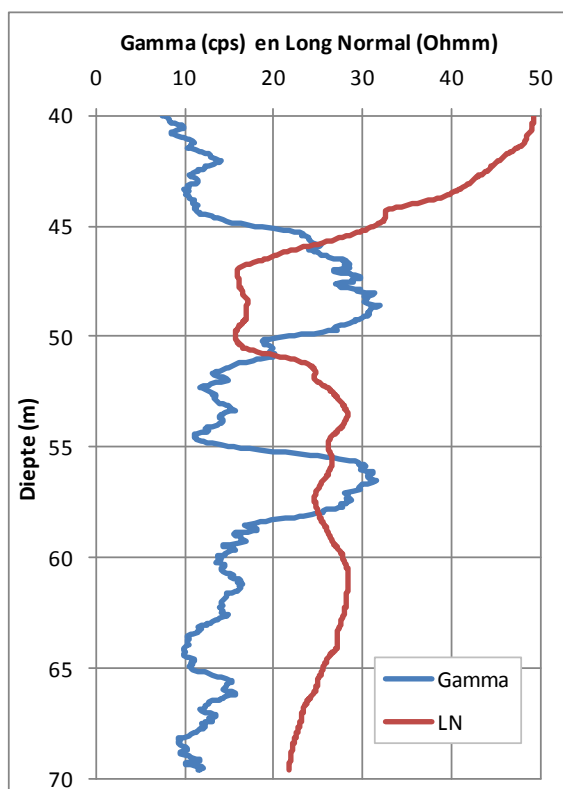
MSC4 is een afwisseling van kleilagen die zijn samengenomen tot één geschematiseerde aquitard die we aantreffen op ongeveer 150m diepte. De laag kan door het samennemen van de afzonderlijke kleilagen en zandlagen tot één laag een aanzienlijke dikte bereiken. Om die reden is in tabel 3.2 ook de gesommeerde dikte van de klei gegeven (MSC4klei). De kleilagen zijn bij veelal goed te herkennen in de gamma-log. De kleilagen worden omschreven als matig tot uiterst sterk siltig afgewisseld met tot zeer grof zand.

3.3.2 Formatie van Waalre

De formatie van Waalre (voorheen Kedichem en Tegelen) bestaat uit een opeenvolging van kleilagen (Waalre 1, 2 en 3) afgewisseld door Peize zanden (Peize 1 t/m 7). Tabel 3.1 geeft een overzicht van de laagopbouw in het gebied zoals opgenomen is in REGIS II.1. Kaarten met de dikte en c-waarde zijn opgenomen in bijlage 1. De afzonderlijke kleilagen worden hieronder besproken.

Waalre 3 klei

Het voorkomen van de Waalre 3 klei wordt voor een deel bepaald door de breuk die aan de oostkant van het studiegebied aanwezig is. Ten oosten van de breuk is de laag deels afwezig. Al moet daarbij worden opgemerkt dat hiervoor geen boorgegevens voorhanden zijn. Wel is er een boorgatmeting beschikbaar B38C0851 die is weergegeven in figuur ?. Uit de boorgatmeting kan worden afgeleid dat inderdaad geen Waalre 3 lijkt voor te komen tot 70m diepte. Onderin komt een kleilaagje voor maar die wordt hier en in een andere boring (B38D0108) toegeschreven aan Waalre 2.



Figuur 3.3 Boorgatmeting B38C0851. Een hoge gamma uitslag in combinatie met een lage weerstand (long normal) duidt op een kleilaag. Er is een kleilaag tussen de 46 en 51 m die is gerelateerd aan Waalre 1. Tot een diepte van 70m komt verder geen kleilaag voor van betekenis.

Aan de westkant van de breuk heeft de kleilaag een dikte van enkele meters tot maximaal 20m. De maximale dikte wordt bereikt nabij winning "De Put" en onder Ridderkerk, waar zich overigens een gat in de laag bevindt.

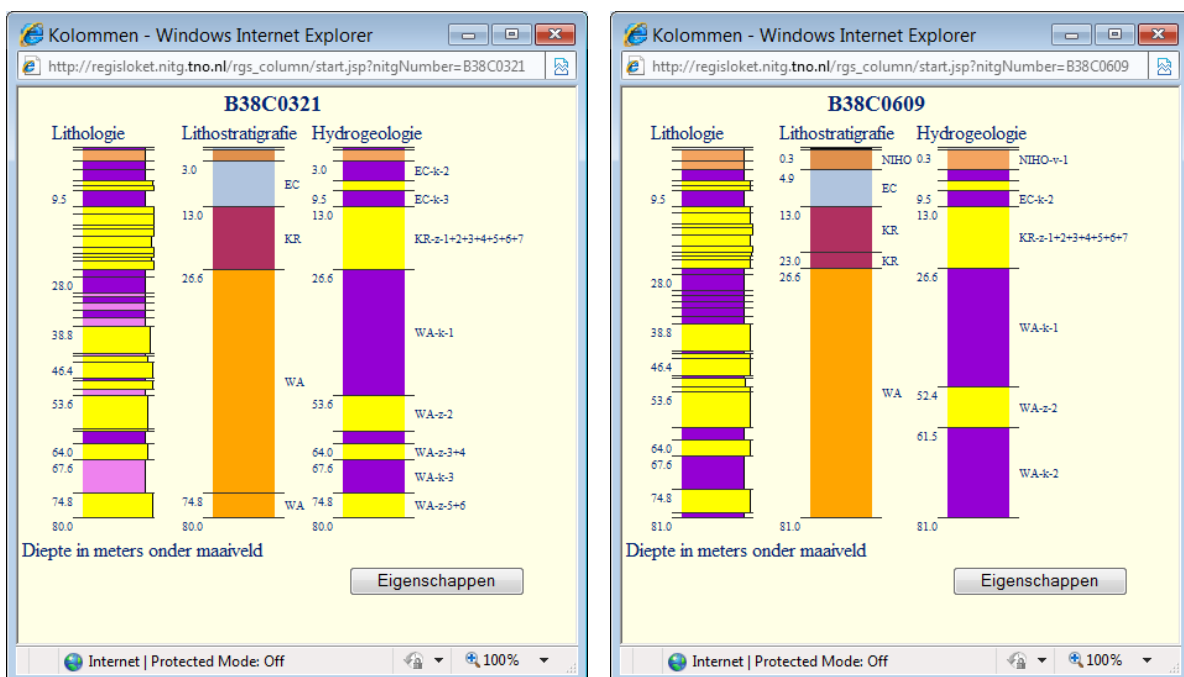
Ten aanzien van de locatie "de Put" zijn in Figuur 3.4 de twee boringen weergegeven. De figuur geeft de boorbeschrijving en de toekenning aan de formatie (volgens REGIS II). Opvallend is dat de boorbeschrijvingen van beide vrijwel gelijk zijn maar de toekenning aan de formatie zowel in REGIS II als REGIS II.1 verschilt.

Wanneer nu naar de diepteligging van de top van Waalre 2 wordt gekeken (niet aangegeven in de figuur) valt boring B38C0609 uit de toon. De top is hier gedefinieerd op 46m diepte. De dieptetoekenning van 60 tot 64m zoals in de andere boring klopt beter met het regionale beeld.

Waalre 3 krijgt in boring B38C0609 een totale dikte van 7.8 meter waarbij een laag zand onderdeel uitmaakt van de toegekende dikte van de klei. De laag zand is hier grof terwijl die in de andere boring beschreven is als kleiig. Een compromis is hier op zijn plaats, een toekenning van een top van Waalre 3 op 67.6m en een basis van 82m met inachtneming van de zandige laag. Zeker ook gezien het regionale beeld van de basis van deze laag.

De tweede boring waar een dikte van 19m is aangegeven betreft B38C0972. De boorbeschrijving leert dat over het traject van 19m er een afwisseling is tussen leem (toplaag), klei en grove zanden. Het aandeel klei is 10m tegenover 9m zand. Dit is van belang bij het toekennen van een weerstand aan de Waalre 3 klei.

De nabij gelegen boring B37H0283 die zich bevindt bij de winning Ridderkerk heeft een aangegeven dikte van 6m. Echter de boorbeschrijving geeft voor dit interval zand. En ook de boorgatmeting geeft geen duidelijk voorkomen van klei.



Figuur 3.4 Boorbeschrijvingen en interpretatie van twee nabij gelegen boringen bij winning "De Put". De oorspronkelijke boorbeschrijvingen van beide zijn vrijwel gelijk. De daaropvolgende toekenning aan Waalre 2 of 3 is verschillend (overigens van REGIS II).

De boring ten noorden van de winning Lekkerkerk geeft een dikte van 3.5m (B38C0269). Deze boring heeft echter een maximale diepte van 75m terwijl de diepte van Waalre 3 klei dieper kan zijn. De recent uitgevoerde boorgatmeting geven een dikte van 7m met een diepte van 70m tot 77m. Deze laag wordt echter toegekend aan Waalre 2.

Verder naar het noorden verdwijnt de laag te gunste van Waalre 2 die hier een dikte bereikt van 40m.

Waalre 2 klei

Het voorkomen van de Waalre2 klei wordt niet of nauwelijks nog beïnvloed door de breuk die aan de oostkant van het studiegebied aanwezig is en voor de diepere lagen bepalend is.

De trend binnen het studiegebied is dat de laag dun is in het zuiden en de dikte toeneemt naar het noorden. Dit beeld is bepaald op basis van één boring ten noorden van de winning Lekkerkerk. Het betreft boring B38C0483 waar een dikte van 41m klei is aangetroffen op een diepte van 47m tot 88m vrijwel geheel aaneengesloten klei.

Dichterbij de winning is een boring die niet is gebruikt voor de REGIS interpretatie. De boring bevindt zich op locatie van de winning. Deze boring (B38C3207) heeft een diepte van 221m. In het traject van 50m tot 75m (het dieptebereik van Waalr 2 klei in REGIS II.1) heeft de laag een afwisseling van klei, leem en zand. Een kleilaag heeft een maximale dikte van 3m maar meestal een afwisseling van 1m klei en zand. Dit beeld komt min of meer overeen met de proefboring die recentelijk is uitgevoerd. In de proefboring zijn duidelijke kleilagen te onderscheiden op een diepte van ca. 50m en van 70m tot 77m. Verder is er een boorgatmeting B38C0372 (als boorgatmeting naam B38C0732) gedaan op vrijwel dezelfde locatie. Hier zien we een minder overtuigend voorkomen van kleilagen in hetzelfde bereik.

Niet van toepassing op deze opdracht maar wel opvallend is dat de dikte van Waalre 2 klei ook toeneemt in westelijke richting rond de winning Ridderkerk. Opvallend is dat in de boringen rondom de winning een aanzienlijke dikte van de Waalre 2 klei (20m tot 30m) is aangenomen terwijl ter plaatse van de winning de dikte beperkt is tot minder dan 10m.

Waalre 1 klei

De dikte van de Waalre 1 klei is volgens de interpretatie van REGIS II.1 aanzienlijk, ongeveer 20-25m bij de winning Lekkerkerk. Naar de randen van het studiegebied neemt de dikte af.

In de bestanden van de gebruikte boringen lijkt het zo te zijn dat de dikte ter plaatse van de winning slechts 5m is. Deze boring is abusievelijk opgenomen want het heeft slechts een diepte van 20m.

Een andere boring die hier is gezet, en niet is gebruikt voor de REGIS interpretatie, is boring B38C3207. Wanneer uitgegaan wordt van het bereik volgens de REGIS interpretatie heeft de Waalre 1 klei hier een dikte van 11m aaneengesloten klei met een dun laagje veen.

3.4 Aanbevelingen schematisatie laagopbouw grondwatermodel

Maassluis complex

Het Maassluis complex is in REGIS II.1 geschematiseerd als één laag. Voor de onderhavige studie naar de mogelijkheden van winning van brak water en mogelijke injectie is deze schematisatie niet voldoende. Op basis van de beschikbare lithologische

informatie is een schematisering in 4 aquitards opgesteld (MSC1 t/m MSC4) en aquifers waarbij de formatie van Oosterhout als ondergrens dient.

De afzonderlijke lagen, met uitzondering van de diepste (MSC4), zijn in elke boring terug te herkennen op vergelijkbare dieptes. Dit doet vermoeden dat de lagen redelijk continu verbreid is. In feite geldt dit ook voor MSC4 maar daar wordt bij opgemerkt dat de hierbinnen sterkst ontwikkelde kleilagen niet makkelijk onderling te verbinden zijn.

Toekenning van c-waarden en k-waarden aan de afzonderlijke aquitards en aquifers zal lastig blijken te zijn. Indien mogelijk raden we aan een pompproef of serie van pomproeven uit te voeren in deze lagen met stijghoogtewaarnemingen in de filters erboven en eronder. De vertaling naar de andere locaties kan dan worden gemaakt op basis van de lithologische beschrijvingen aangevuld met de informatie uit de boorgatmetingen.

Waalre formatie

Op enkele locaties na komt de REGIS II.1 voldoende overeen met wat is aangetroffen in de basisgegevens. REGIS II.1 vormt een goede basis voor een laagschematisatie in een grondwatermodel.

De locaties waar de interpretatie naar onze mening anders is raden wij aan om de laagschematisatie aan te passen. Aangeraden wordt om de verbreiding van de lagen opnieuw te interpoleren (rekening houdend met de breuk) om zo tot een betere laagdikte te komen. Dit moet worden uitgevoerd in combinatie van de kennis die in REGIS II.1 is opgenomen, met name als het gaat om het niet voorkomen van de laag.

Voor de toekenning van de c-waarde van de afzonderlijke lagen in een grondwatermodel kunnen de c-waarden uit REGIS worden gebruikt. De ervaring leert dat deze waarden (evenals de K waarden overigens) aanpassing behoeven en dat dit bij de calibratie van het model tot uiting komt. Bestaande modellen in de omgeving (mogelijk van de andere winningen) kunnen hier uitkomst bieden. Beter nog is gebruik te maken van pomproeven die ongetwijfeld zijn uitgevoerd bij de verschillende winningen. Uit de pomproeven zijn naast KD-waarden ook c-waarden af te leiden.

4 HYDROGEOLOGISCHE BESCHRIJVING DIEPER DAN 200M

4.1 Inleiding

De informatie over de overgang van de formatie van Maassluis naar de Formatie van Oosterhout is zeer beperkt. Binnen REGIS II en II.1 zijn de formaties in dit gebied niet gekarteerd. De boorlogs zouden hier uitsluitsel kunnen geven. De beste log om de overgang te herkennen is een gamma-stralingslog zoals uitgevoerd in de proefboring bij Lekkerkerk. Echter in de beschikbare boorlogs uit het Olie en Gasportaal zijn geen gamma-logs uitgevoerd.

4.2 Beschrijving en verbreiding van de formatie van Oosterhout

De formatie van Oosterhout ligt onder de formatie van Maassluis (Maassluis complex) en op de Formatie van Breda. De Formatie is van mariene oorsprong en bestaat schelphoudende, met ingeschakelde glauconiethoudende kleilagen en kleilenzen en zandige kleien. In dit gebied gaat het sediment naar beneden toe over in overwegend zeer schelprijk zand. De overgang naar de Formatie van Breda is scherp. De Formatie van Breda kenmerkt zich door zanden die vrijwel geen zanden bevatten, glauconietrijk is. De dikte kan oplopen tot 150m (Zagwijnen et.al. 1975). De Formatie van Oosterhout komt in het hele gebied voor.

5 ISOHALIENKAART

5.1 Inleiding

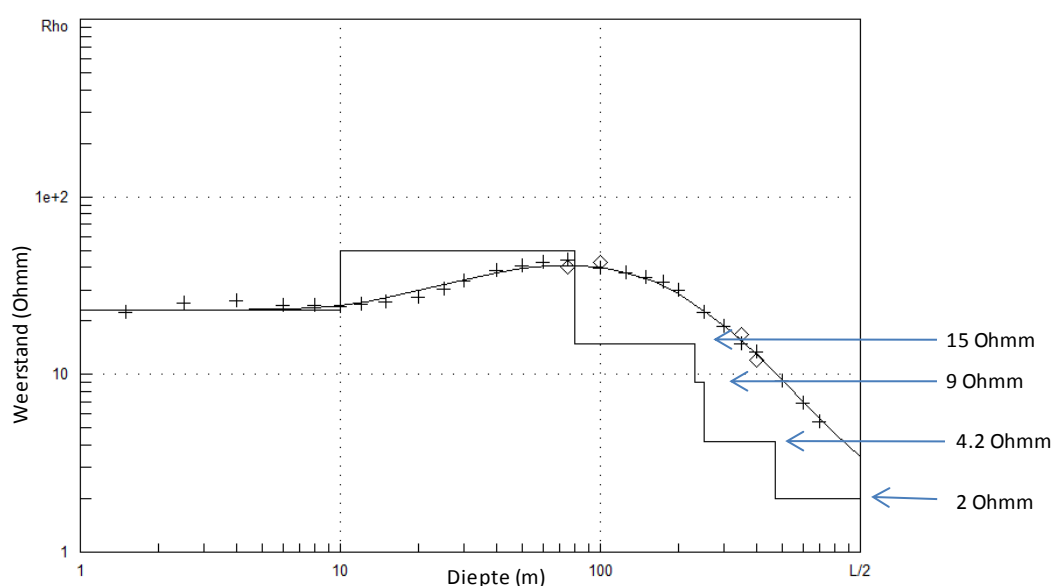
De informatiedichtheid en de mogelijkheid verschillen in chlorideconcentraties of afgeleide chlorideconcentraties is beperkt gebleken. De voorgestelde onderverdeling van een kaart met oplopende chlorideconcentraties van 150, 500, 1000, 5000 en 10000 mg/l is dan ook niet mogelijk gebleken.

Om toch inzicht te krijgen in de diepte van het zoet-zout grensvlak is gebruik gemaakt van een combinatie van boorgatmetingen en geo-electrische metingen (VES). Het is echter niet mogelijk gebleken om een absolute diepte van het grensvlak te maken. In plaats daarvan is een relatieve diepte kaart gemaakt.

5.2 Aanpak en bespreking resultaten

Om tot een dieptekaart van het chloride te komen is de proefboring bij Lekkerkerk als uitgangspunt genomen. Hierin (Figuur 2.2) correspondeert de gemeten chloridegehalten van 500 en 1000 mg/l met LN (Long Normal) weerstanden van respectievelijk 20 en 10 Ohmm. Dit is een formatieweerstand, dat is de weerstand van de bodem samen met het poriewater. De weerstand van het poriewater (de reciproque van de geleidbaarheid) is via de zogenaamde formatiefactor gerelateerd aan de formatieweerstand. De weerstand van het poriewater is middels een empirische relatie te vertalen naar een chlorideconcentratie (Acacia Water, 2008). Op basis van deze relaties (uitgaande van een bicarbonaatgehalte van 300mg/l) zijn de chloridegehalten van 500mg/l en 1000mg/l te vertalen naar een weerstand van het poriewater van respectievelijk, 5.7 en 3.1 Ohmm. De bijbehorende formatiefactoren van de zanden zijn dan 3.8 en 3.5. Wat redelijke waarden zijn voor dergelijke zanden.

Om uit de geïnterpreteerde VES-metingen de chloridegehalten terug te rekenen moeten wat lagere formatiefactoren worden aangenomen, omdat de lagen een grote dikte hebben, waarin dus ook kleilagen zitten. Een factor van 3 is hiervoor gebruikt. De chloridegehalten van 500, 1000 en 5000 mg/l komen dan weer overeen met

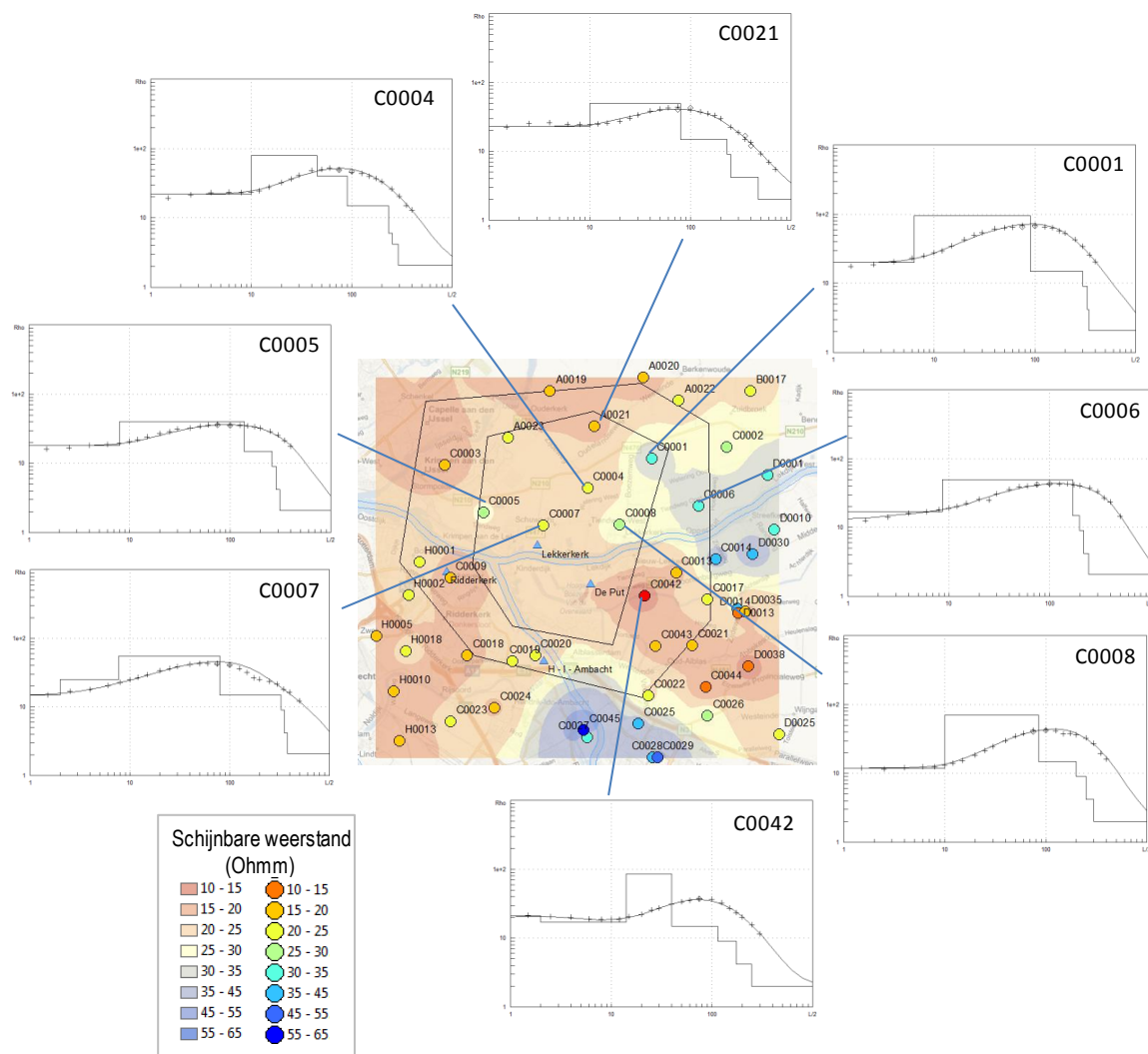


Figuur 5.1. Voorbeeld van een geïnterpreteerde VES-meting in het studiegebied (W38C0021).

formatieweerstanden uit VES interpretaties van respectievelijk 15, 9 en 2 Ohmm. Om een geleidelijke overgang te krijgen is ook een weerstand van 4.2 toegevoegd.

Bij de (her)interpretatie van de VES-metingen is voor het neergaande deel aan het eind van de curve uitgegaan van een lagensuccessie startend met relatief hoge waarden naar steeds lagere waarden van de weerstand. Een voorbeeld is gegeven voor een VES meting is gegeven in Figuur 5.1.

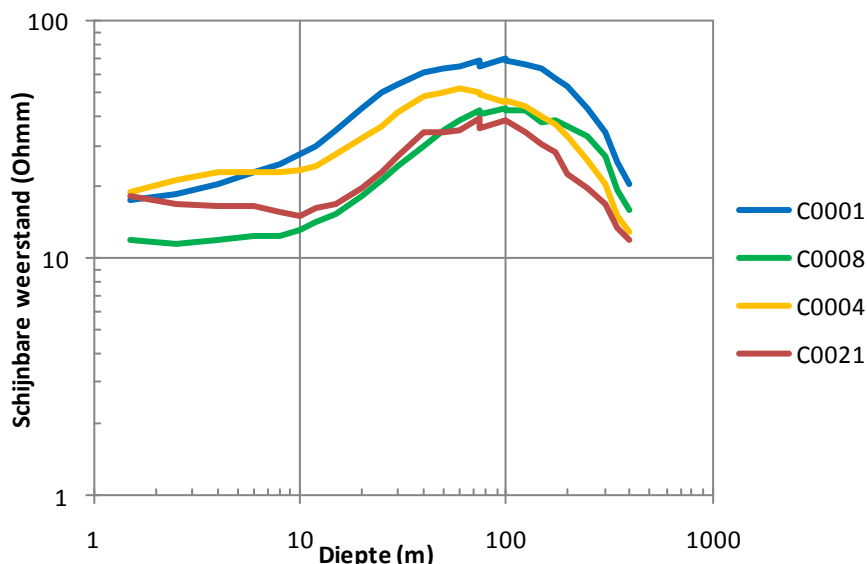
Aangegeven wordt bij de interpretatie van een VES uitgegaan van een lagenmodel met vaste waarden voor de weerstand. Veelal is dit voldoende om met redelijke zekerheid de diepte van de overgangen van het zoet en zout te bepalen. Voor de VES metingen in dit gebied is dit echter niet mogelijk. Dit heeft te maken met onder andere de grote diepte waar de overgang zich bevindt. Het probleem uit zich dat als model zowel een langzame als een scherpe overgang tot een fit leidt. En ook dat een grote range aan dieptes een goede fit met de metingen geeft. De hier gekozen aanpak geeft dus geen eenduidig beeld van de diepte van het zoet-brak-zout grensvlak.



Figuur 5.2. Meetpunten en interpolatie van schijnbare weerstanden met een $\frac{1}{2}$ AB van 300m uit VES-metingen.

Er is daarom gezocht naar een alternatief om toch iets te kunnen zeggen over de diepteverdeling in het studiegebied. Dit is een meer kwalitatieve benadering waarbij alleen gebruik wordt gemaakt van de gemeten schijnbare weerstand. Daarmee wordt de, wat hiervoor is beschreven, subjectieve interpretatiestap vermeden. Dit is uitgevoerd door de gemeten schijnbare weerstanden met een $\frac{1}{2}$ AB van 300m te plotten en interpoleren op een kaart (Figuur 5.2).

Het resultaat van de geïnterpoleerde kaart kan worden gebruikt om kwalitatief te bepalen hoe de diepte verandert. Een hogere weerstand geeft een indicatie dat het grensvlak dieper ligt en een lagere weerstand geeft een indicatie dat het grensvlak ondieper ligt. Om dit te toetsen zijn een aantal VES metingen de meetseries in een grafiek geplott (Figuur 5.3). Vrijwel alle VES-metingen geven een curve zoals in de grafiek getoond. Voor het grensvlak is het dalende deel aan het einde van de grafiek (voorbij de 100m) van belang. Hoe later de lijn naar beneden gaat hoe dieper de overgang naar het zoutere grondwater plaatsvindt. In het geval van de VES-metingen in de figuur ligt het grensvlak in C0001 het diepst en ligt het grensvlak in de opeenvolgende metingen C0008, C0004, C00021 ondieper. Dit correspondeert met de interpolatie van de gemeten schijnbare weerstanden van een $\frac{1}{2}$ AB van 300m.



Figuur 5.3. Vier meetseries van VES metingen.

Wanneer de locatie winning Lekkerkerk als referentie wordt genomen lijkt de weerstand ongeveer gelijk in een ruim gebied rondom de winning. Dit is echter een beetje schijn omdat er weinig VES metingen zijn uitgevoerd of VES-metingen die niet goed zijn uitgevoerd en buiten beschouwing zijn gelaten.

Het meest in het oog springend is dat de lage weerstanden voorkomen in de waarden en de hoge weerstanden corresponderen met de ligging van de rivieren. Dit is te interpreteren als een dieper liggend grensvlak onder de rivieren en een ondieper grensvlak in de waarden. Het peilbeheer in de waard in combinatie met een infiltrerende rivier zorgt voor een naar boven gerichte flux onder de waarden waardoor het grensvlak omhoog is gekomen. Dit is een effect dat eerder beschreven is door Gernaert (1972) voor dit gebied. Dit beeld is het duidelijkst aan de zuidkant tot oostkant van de geïnterpoleerde kaart. Helaas zijn er geen VES metingen langs de rest van de rivieren en in de buurt van de winning Lekkerkerk om een duidelijker beeld hiervan te maken.

6 REFERENTIES

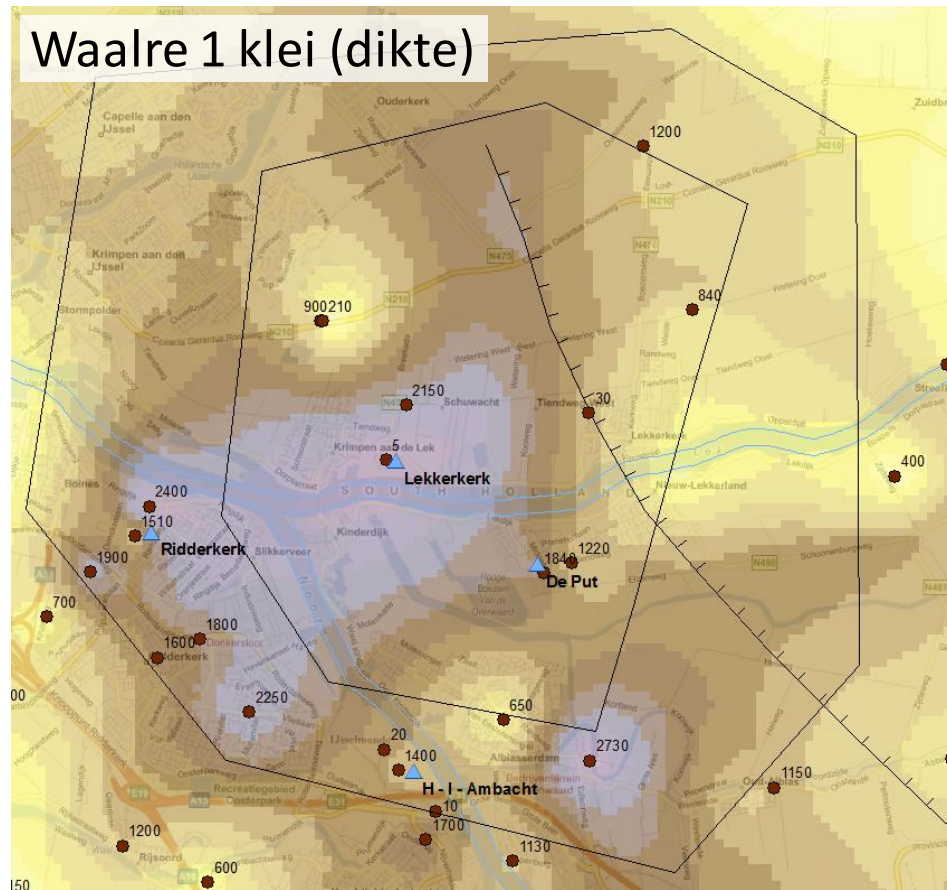
Acacia Water en Vrije Universiteit (2008). Aanvullend veldonderzoek Groot Mijdrecht Noord. Achtergrondrapport van de Verkenning water Groot Mijdrecht Noord. Provincie Utrecht. Rapport 282.

Geirnaert, W. (1972). The hydrogeology and hydrochemistry of the lower Rhine fluvial plain. Leidse Geologische Mededelingen 49: 59-84.

Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (red.). (1975). Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Bijlage 1. Dikte en verbreiding Waalre en Maassluis complex

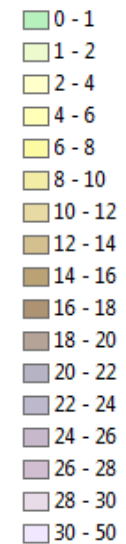
Waalre 1 klei (dikte)



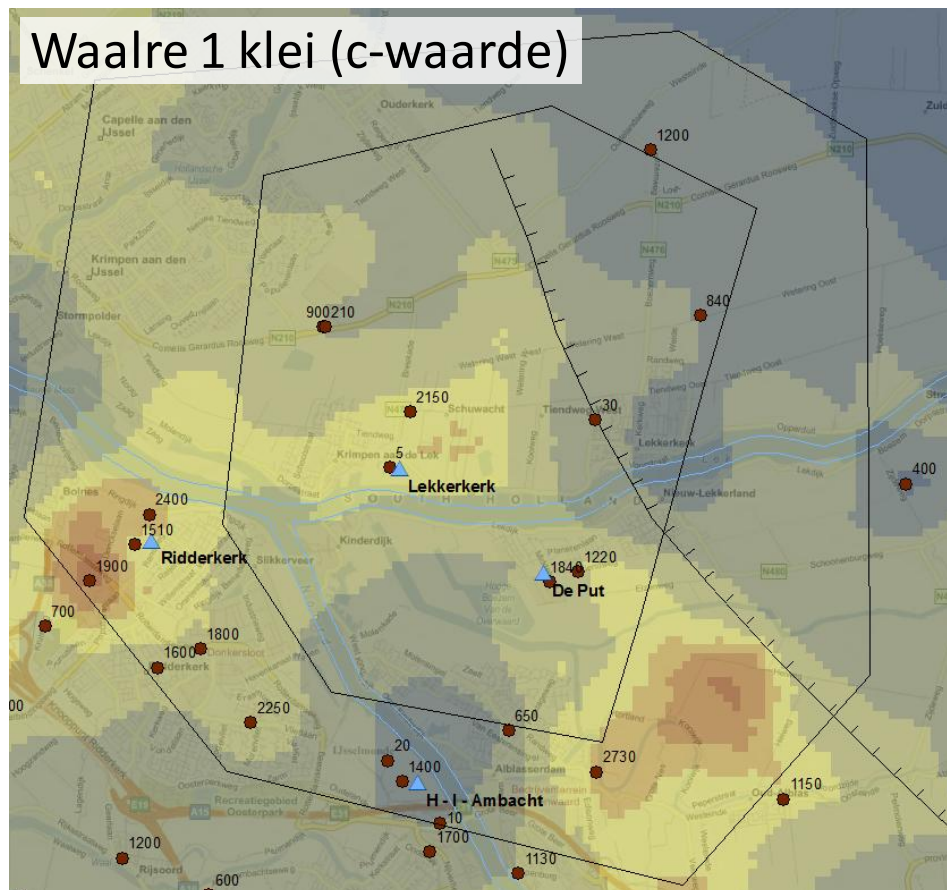
Boring

2150 (dikte in cm)

Dikte (m)



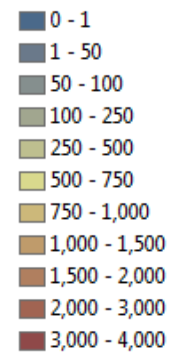
Waalre 1 klei (c-waarde)



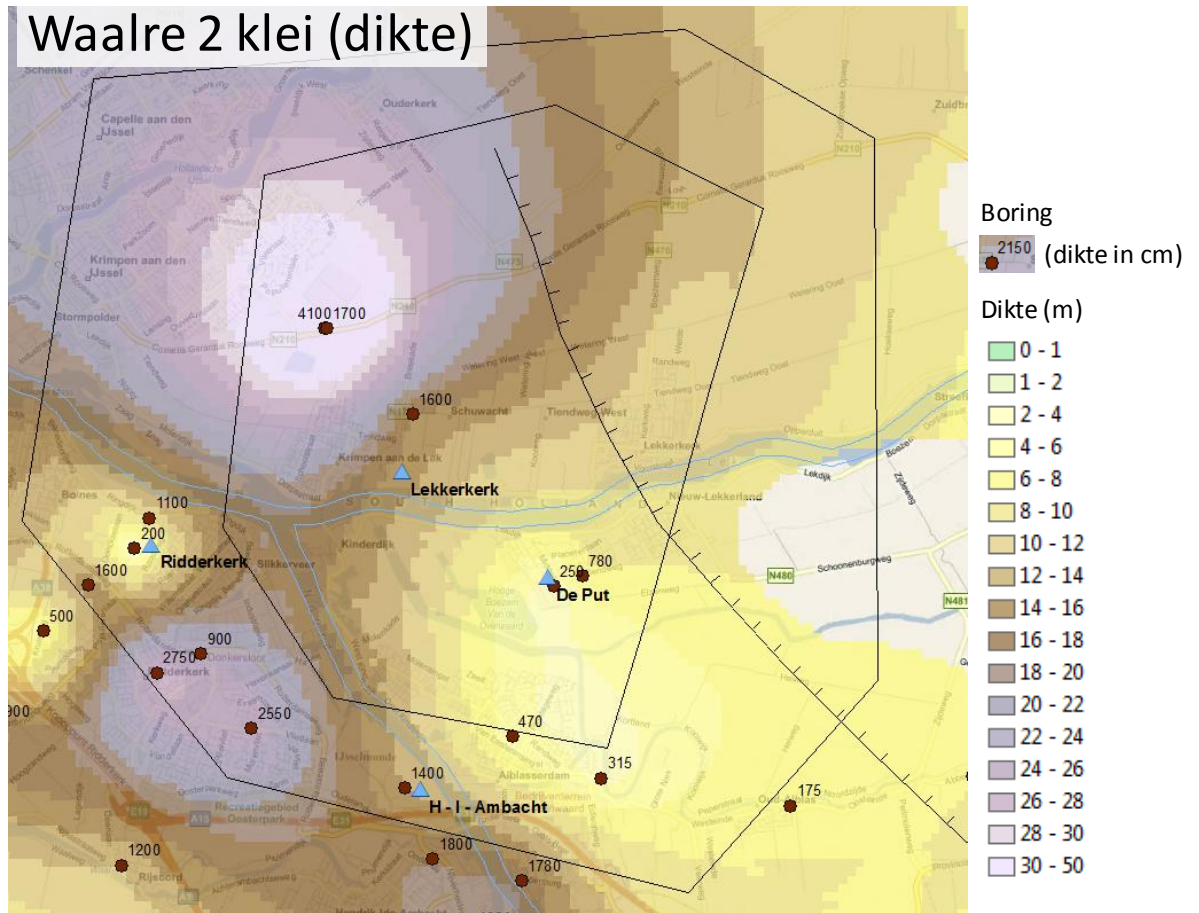
Boring

2150 (dikte in cm)

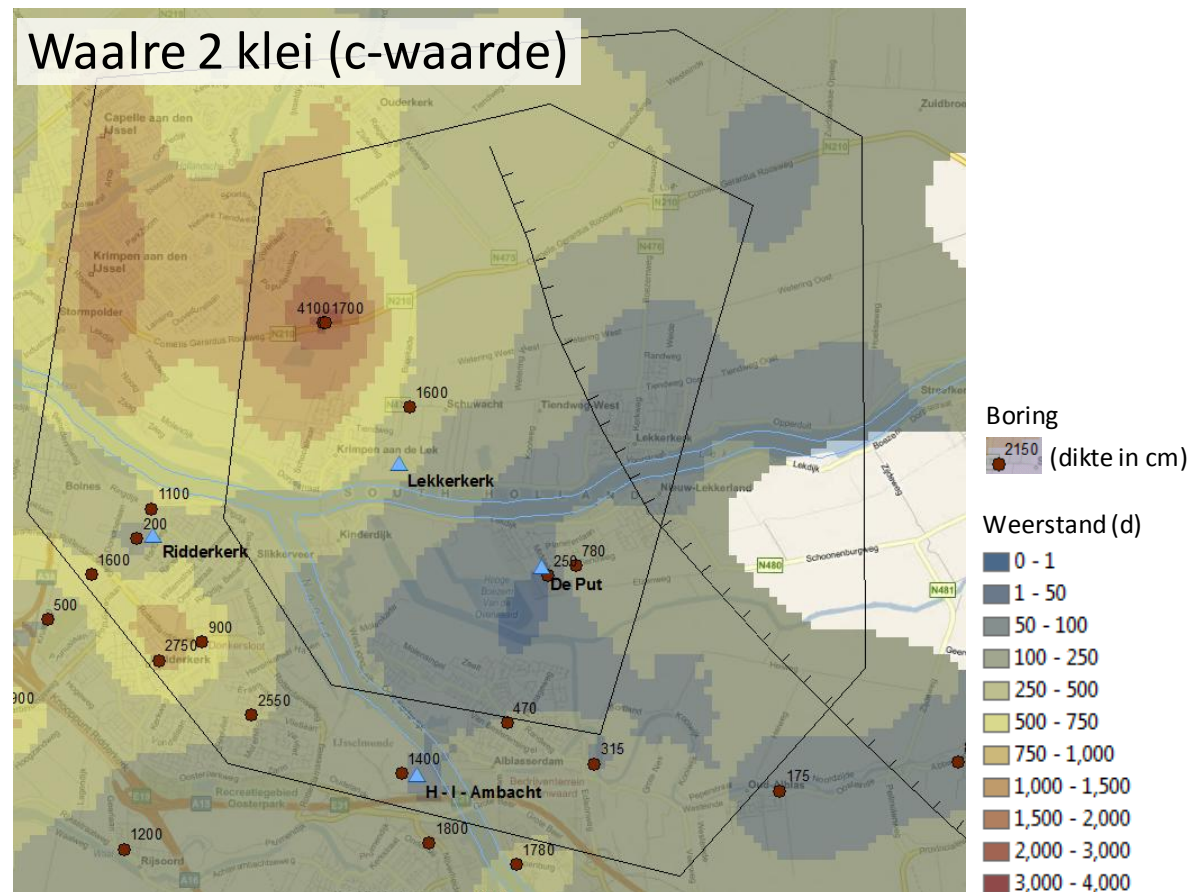
Weerstand (d)



Waalre 2 klei (dikte)



Waalre 2 klei (c-waarde)



Maassluis complex (totale dikte)

****Boorgatmetingen Dinoloket**