

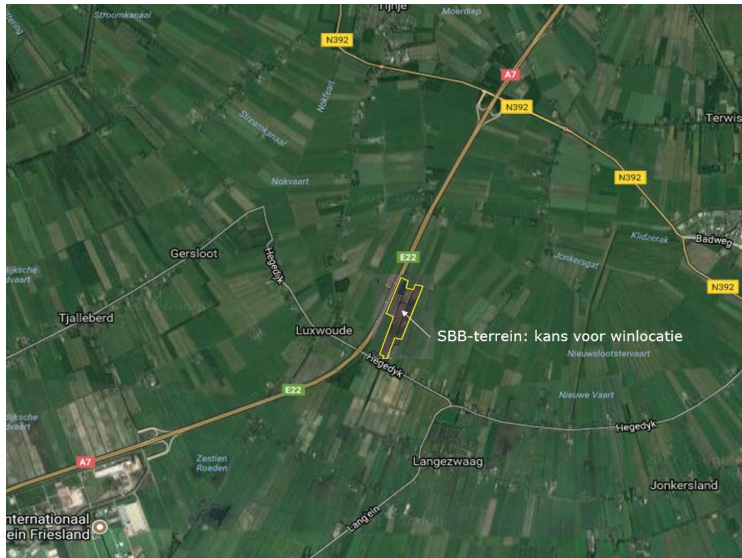
Uitwerking pompproef Luxwoude

Auteur : Ate Oosterhof

Datum : 19-02-2019

1. INLEIDING

Om Fryslân in de toekomst ook van voldoende en goed drinkwaterwinning te voorzien, wil Vitens een nieuwe grondwaterwinning van 6,5 miljoen m³ per jaar stichten nabij Luxwoude. Hiervoor is een locatie in zicht op een terrein van Staatsbosbeheer;

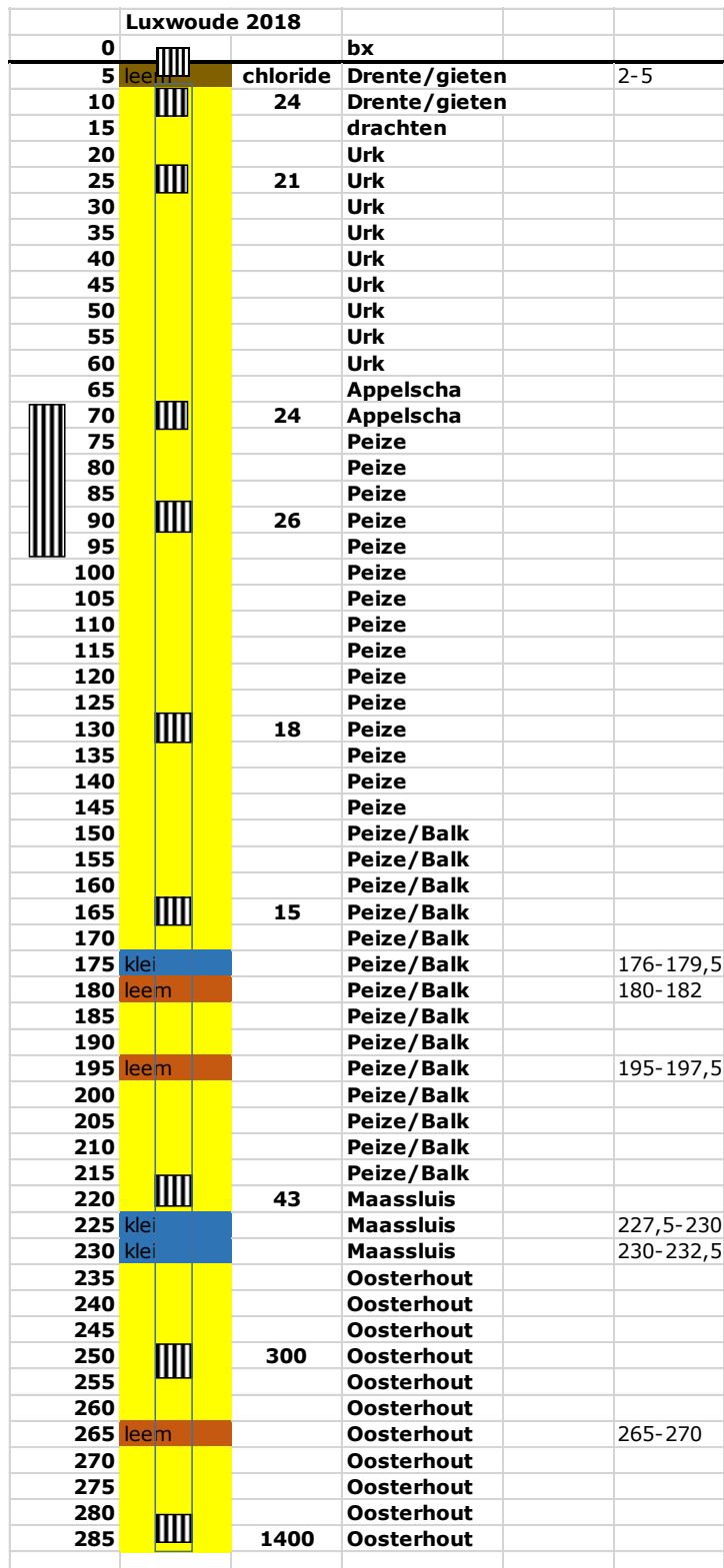


Figuur 1 Locatie voorgenumen winlocatie

Om een eerste beeld te krijgen van de geschiktheid van deze locatie voor het onttrekken van grondwater is een uitgebreid monitoringmeetnet aangelegd inclusief een pompput met het bronfilter op de voorgenumen onttrekkingsdiepte. In het kader van het geohydrologische onderzoek is in vanaf 17 mei 2018 een uitgebreide pompproef uitgevoerd. De verzamelde dataset is gebruikt voor de bepaling van de belangrijkste bodemparameters van de ondergrond van het beoogde wingebied. Voor de bepaling van de ondergrondparameters is gebruik gemaakt van het Aquifertest programma MLU for Windows. (Versie 2.25.73, C.J. Hemker en V.E.A. Post, 2017). Deze notitie beschrijft beknopt de opzet, analyse en de resultaten van de uitgevoerde pompproef.

2. GEOLOGIE

Voor de pompproef is een uitgebreid meetnet met monitoringsbuizen gemaakt voorzien van meetfilters op verschillende dieptes. Verkenningboring B11B1148 is zeer diep uitgevoerd met een bereikte einddiepte van 286 meter. Uit deze diepe boring blijkt dat de opbouw van de ondergrond bij Luxwoude tot 175 meter vrijwel geheel bestaat uit fijne tot grove zandlagen. Ondiep zit er een redelijk heterogeen opgebouwde keileem laag met diktes variërend van (0 tot max ca. 5 meter dikte). Deze keileem laag begint op een diepte van ca. 1-2 meter onder maaiveld en is sterk zandig ontwikkeld. Vanaf 175 meter diepte komen verschillende klei en leemlagen voor. Figuur 2 toont de schematische weergave van de boorbeschrijving van de diepe verkenningboring.



Figuur 2, Boring B11B1148, schematische weergave met overzicht van de 10 geplaatste meetfilters

De overige uitgevoerde pulsboringen zijn niet dieper geboord dan maximaal 70-100 meter vanaf maaiveld. Het beeld uit de boorbeschrijvingen van deze boringen bevestigen het beeld

van de diep uitgevoerde boring tot 100 meter. Al worden er op verschillende dieptes zo nu en dan dunne klei- en leemlagen aangetroffen, die waarschijnlijk niet regionaal verspreid zijn.

3. POMPPROEF

Uitvoering is reeds beschreven in de notitie van Sjoerd Rijkema (beide notities moeten nog samengevoegd worden)

Duur pompproef 17 mei t/m 5 juli 2018.

Pompdebiet: 130m³/uur

4. SCHEMATISATIE ONDERGROND

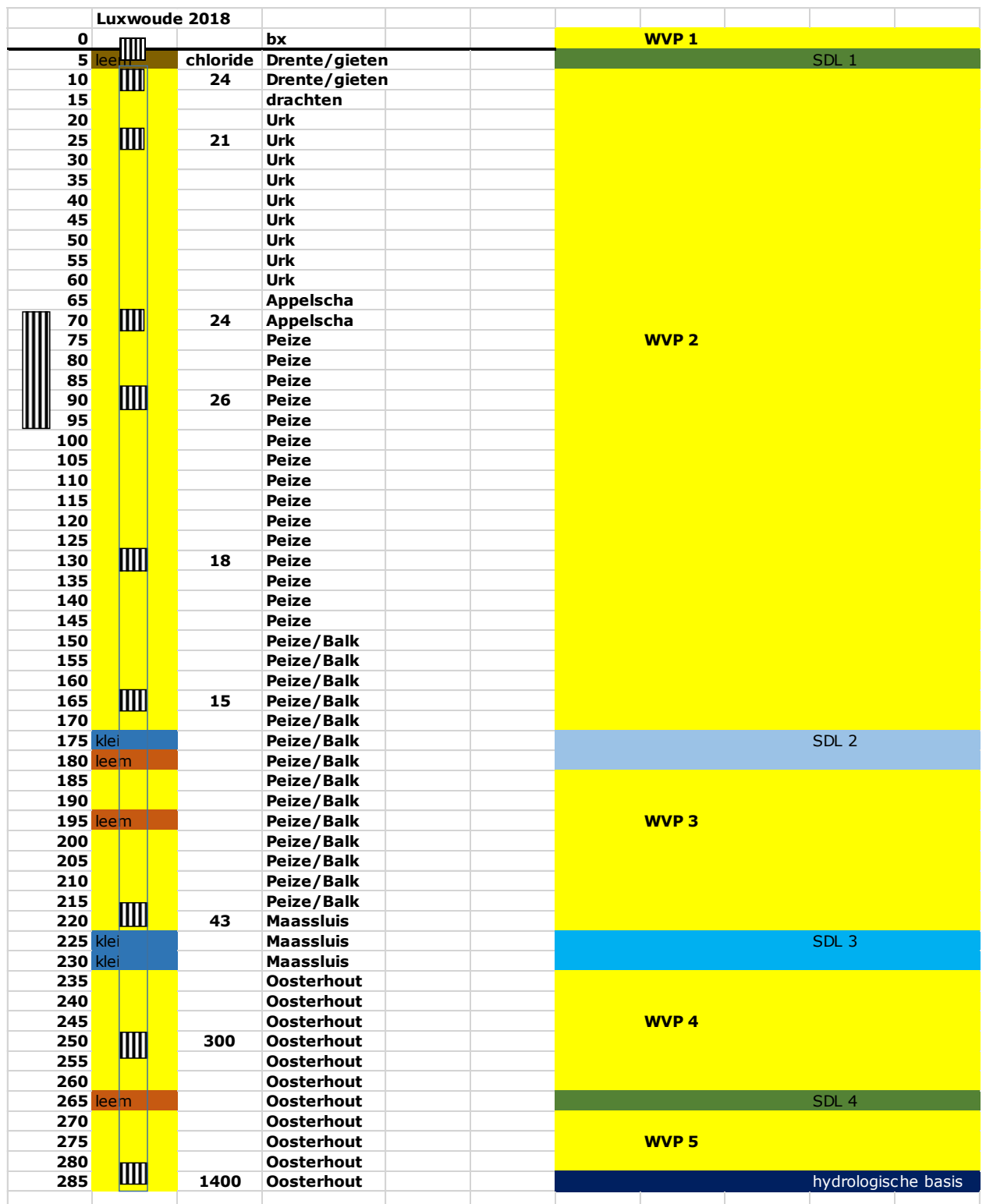
Voor de berekening van de bodemparameters is gebruik gemaakt van het programma MLU for Windows. Met MLU wordt een theoretisch ondergrondmodel opgebouwd, waarna op basis van de werkelijke meetwaarden de ondergrondparameters analytisch bepaald kunnen worden.

Op basis van de boorbeschrijving van de diepe waarnemingsput kan een schematisatie van de ondergrond gemaakt worden waarbij 5 watervoerende pakketten aanwezig zijn. Zie figuur 3. De schematisatie is zo gekozen dat in elk watervoerend pakket een monitoringsfilter met meetreeks aanwezig is.

Analyse van de meetreeksen laat zien dat de stijghoogten in WVP 4 en 5 niet beïnvloed worden door de uitgevoerde pompproef. Dit betreft de meetreeksen in de peilfilters 9 en 10 van de diepe verkenningsboring. Peilfilter 7 in watervoerend pakket 3 reageert wel op de uitgevoerde pompproef.

Op basis van deze meetreeksen kan geconcludeerd worden dat slecht doorlatende laag 2 een geringe weerstand zal hebben en dat slecht doorlatende laag 3 een veel grotere weerstand zal hebben.

Aangezien er geen invloed van de pompproef op wvp 4 en 5 gemeten is, is het ook niet mogelijk om de parameters kD en c (SDL 3 en 4) van die lagen te bepalen met MLU. Om die reden is het MLU-model vereenvoudigd tot 3 watervoerende pakketten die begrensd zijn tot de kleilaag die op 225 meter is aangetroffen. Figuur 5 toont de schematisatie die ingevoerd is in MLU.



Figuur 3: Schematisatie van de ondergrond op basis van de uitgevoerde diepe verkenningsboring

Layers		Boundary conditions			
Number of aquifers	3	<input checked="" type="checkbox"/> Top aquitard present	<input type="checkbox"/> Impervious	<input checked="" type="checkbox"/> Leaky	
Top layer elevation	0	<input checked="" type="checkbox"/> Bottom aquitard present	<input type="checkbox"/> Impervious	<input checked="" type="checkbox"/> Leaky	

Aquifer	Base [m]	Thickness [m]	Kv [m/d]	Code	c [d]	#	Code	S' [-]	#	Name
	-1	1	0,005034	c1	198,6639		S'1	0		
1	-4	3	1,892351	T1	5,677053		S1	0,015374		WVP 1
	-7	3	0,045686	c2	65,66579		S'2	0		
2	-176	169	28,29709	T2	4782,208		S2	0,001416		WVP 2
	-183	7	0,021692	c3	322,698		S'3	0		
3	-228	45	9,941307	T3	447,3588		S3	0,001416		WVP 3
	-229	1	0,000569	c4	1756,615		S'4	0		

Figuur 4. Gebruikte schematisatie in het MLU-model

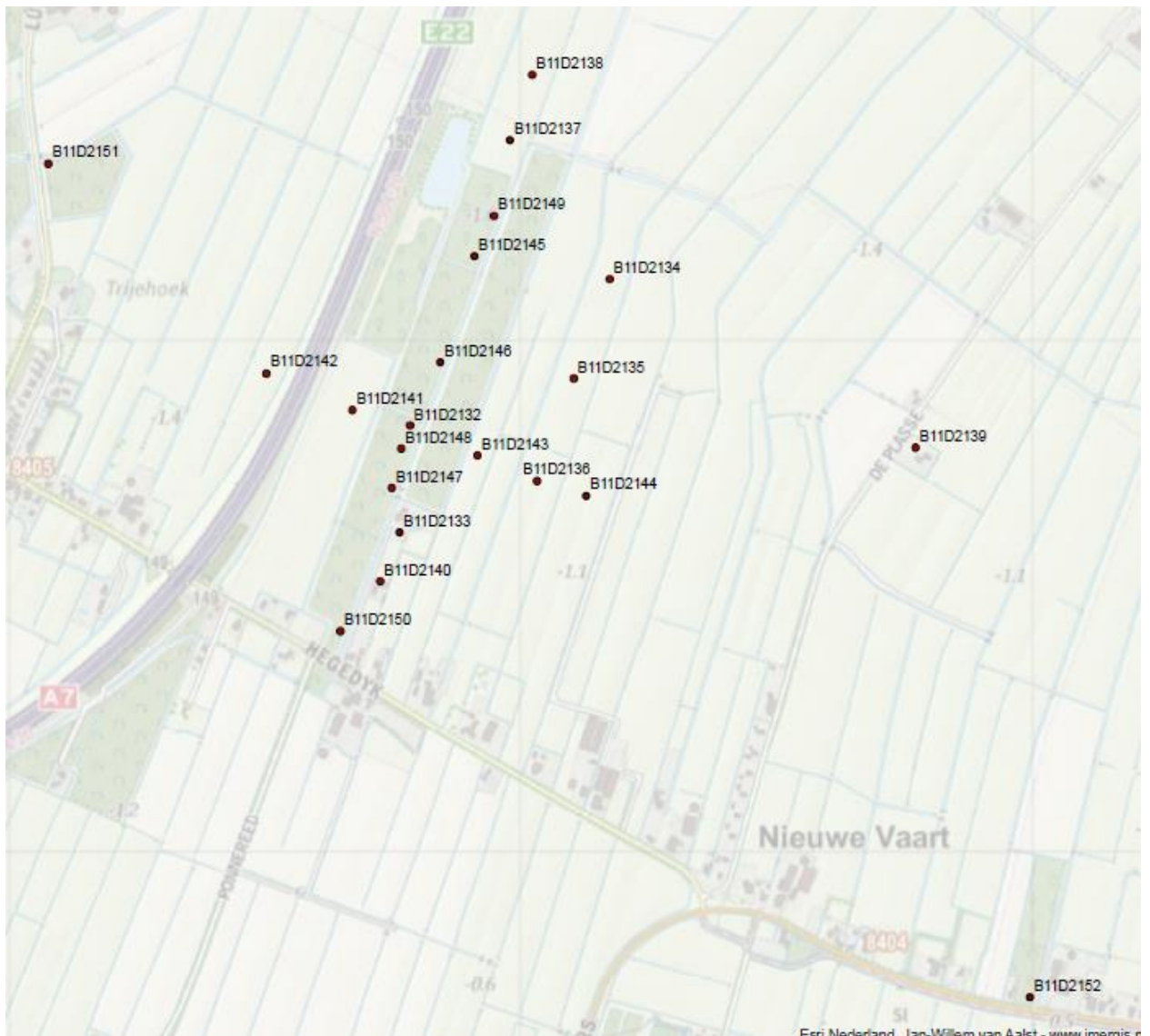
5. BEREKENING PARAMETERS MET MLU

Na validatie van de verschillende meetreeksen (notitie Sjoerd Rijpkema) is een set van meetreeksen gekozen waarmee de parameters in het MLU-model berekend zijn. De meetreeksen zijn gekozen op basis van betrouwbaarheid (logisch verloop van de gemeten daling), ligging t.o.v. de pompput en gestelde filterdiepte. Sommige meetreeksen waren niet geschikt door een te grote afstand, (regionale buizen). Of niet logisch te verklaren meetreeksen met bijvoorbeeld te grote schommelingen agv andere invloeden).

De gebruikte filters staan in tabel 1. Een overzicht van de locaties staat in figuur 6.

Tabel 1.: gebruikte filters voor de MLU-modellering

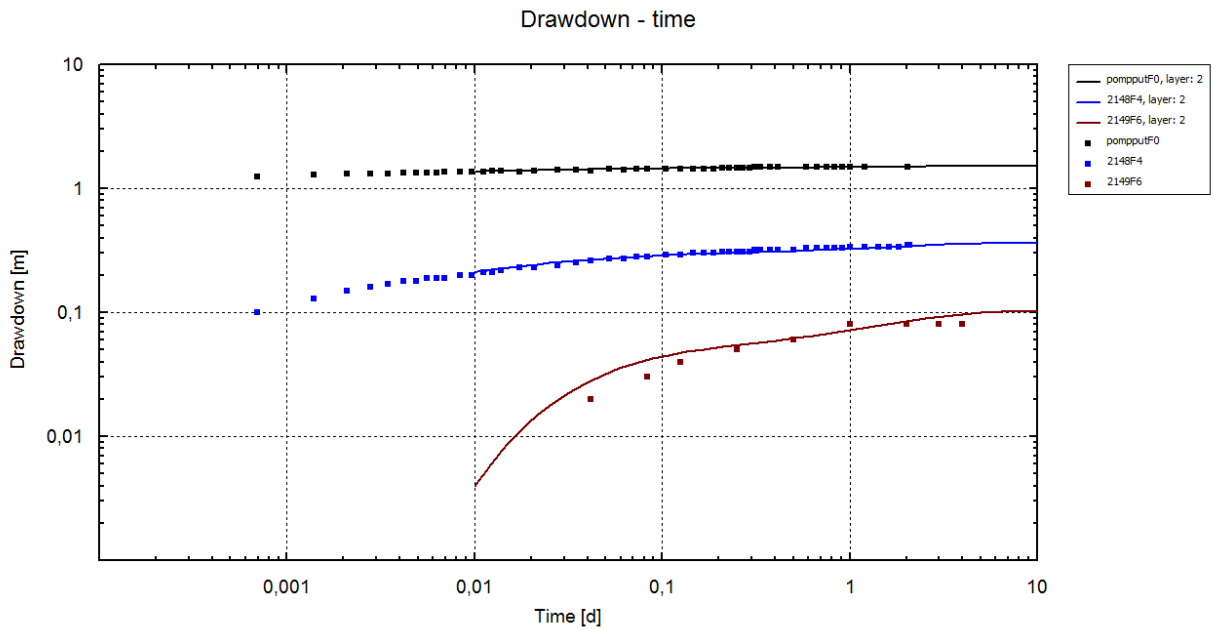
monitoringfilter	Diepte tov Maaiveld	Watervoerend pakket
B11D2133	Nog invullen!	1
B11D2134		1
B11D2135		1
B11D2142		1
B11D2143		1
B11D2144		1
B11D2132 pompputfilter		2
B11D2148 filter 5		2
B11D2148 filter 8		3
B11D2149 filter 6		2



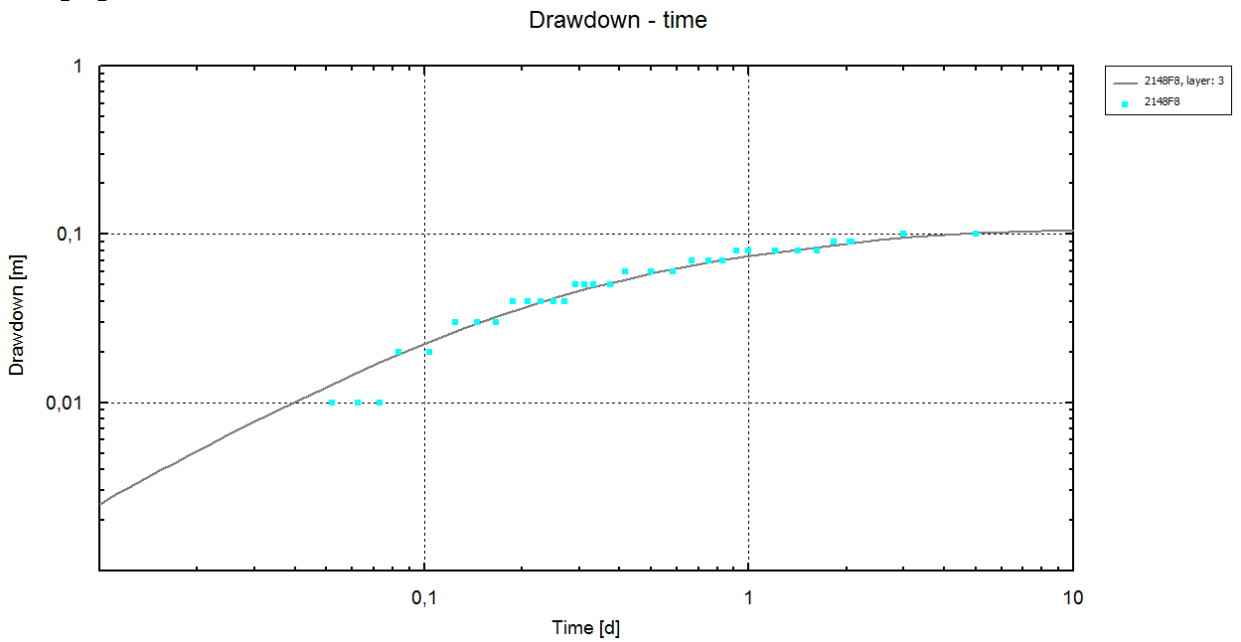
Figuur 5: overzicht van het monitoringsmeetnet met nitg namen.

Werkwijze bepaling hydrologische parameters

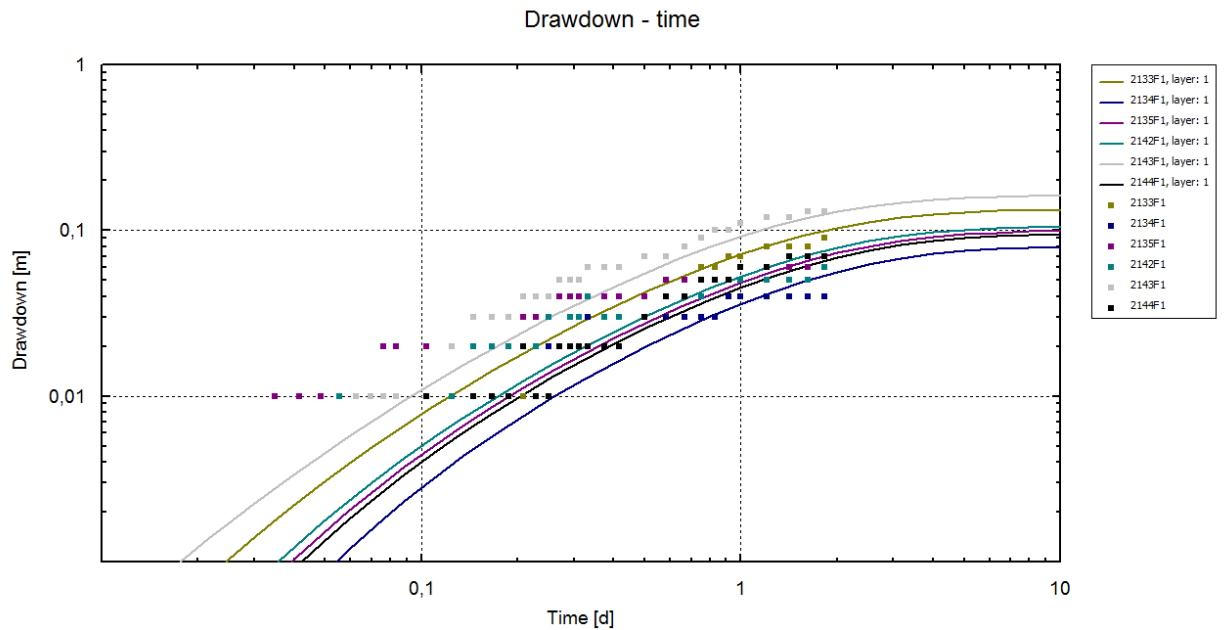
Voor een zorgvuldige bepaling van de verschillende parameters is een stapsgewijze benadering toegepast. (Belangrijkste stappen worden toegelicht). In stap 1 is de kD van het bempompte watervoerende pakket bepaald. Tijdens deze stap is ook de skinfactor (mate van ontwikkeling) van het putfilter meegenomen. Na stap 1 is in de 2^e stap de weerstand van SDL 3 en de kD van watervoerend pakket 3 bepaald. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze twee parameters sterk aan elkaar gecorreleerd zijn waardoor er meerdere oplossingen mogelijk zijn. De uitkomsten van C3 en kD 3 moeten daarbij als een globale inschatting gebruikt worden. Tot slot zijn in stap 3 de 6 meetreeksen van de waarnemingsfilters boven de keileem toegevoegd en is de weerstand van de kleileem bepaald. Dit is gedaan per individuele meetreeks en voor alle meetreeksen gelijktijdig. Opgemerkt moet worden dat sommige andere monitoringsbuizen in de omgeving minder sterk reageren op de uitgevoerde pompproef. Hieruit kan wederom geconcludeerd worden dat de keileemdiktes en verbreiding een mate van heterogeniteit vertonen waarbij rekening gehouden moet worden bij de modellering en de uiteindelijke bepaling van de effecten van het starten van een grondwaterwinning. Figuren 6 t/m 9 tonen de resultaten die per stap zijn berekend.



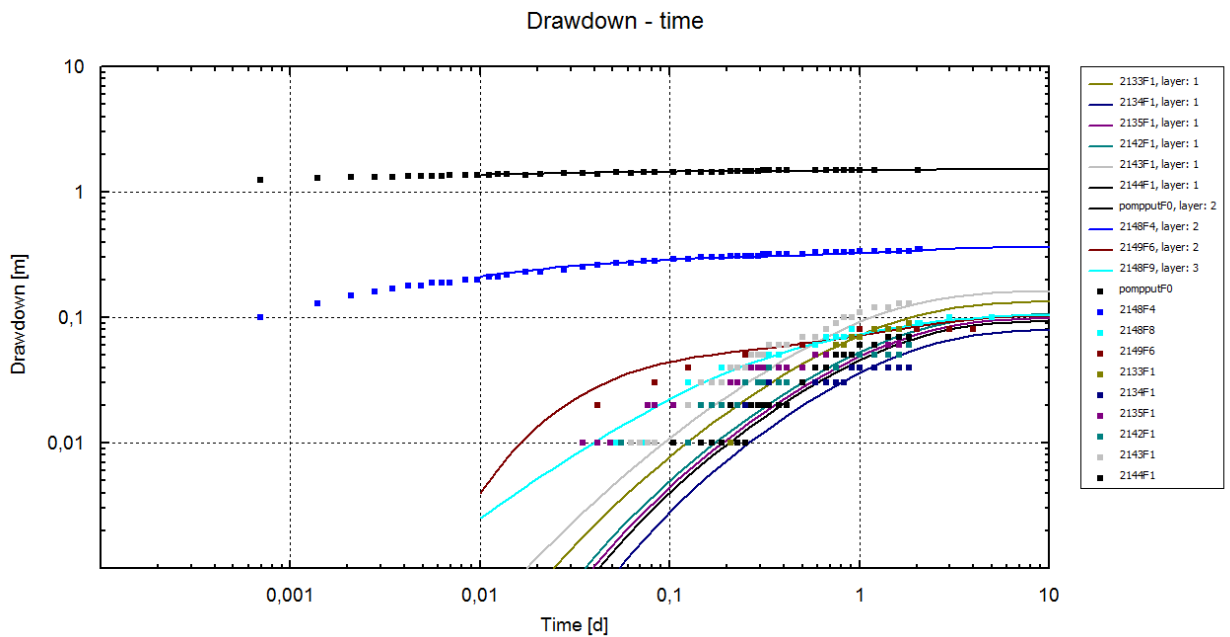
Figuur 6: bepaling kD waarde bepompte watervoerende pakket. Gemeten en berekende verlagingen WVP 2.



Figuur 7: bepaling kD3 en c3. Gemeten en berekende waarden monitoringsbuis B11D2148 filter 8.



Figuur 8: Bepaling Keileemweerstand. Gemeten en berekende verlagingen in 1 WVP 1.



Figuur 9: totaaloverzicht gemeten en berekende waarden WVP 1, 2 en 3 na ijking alle parameters.

Interpretatie keileemweerstand

Omdat het keileem heterogeen verdeeld is in de omgeving van Luxwoude zijn ook ijkingen gedaan per individuele buis.

Tabel 2 laat per monitoringsbuis een overzicht van de keileemdikte en berekende weerstand zien.

Tabel 2: overzicht keileemdikte en berekende weerstand per gebruikte peilbuis

Meetpunt	Keileemdikte van	tot	Dikte in m	Weerstand in dagen
B11D2133	1,3	4,2	2,9	81
B11D2134	4	5	1	46
B11D2135	2,6	3	0,4	22
B11D2142	2	2,2 (=einddiepte boring)	NB	68
B11D2143	1,3	1,5(=einddiepte boring)	NB	45
B11D2144	1,1	1,3(=einddiepte boring)	NB	40
Gemiddelde MLU				52

Uit tabel 2 blijkt dat de berekende weerstand van het keileem ongeveer 50 dagen is. (Bandbreedte van 22-81 dagen). Uit de eerste drie peilbuisgegevens waarvan ook de dikte van het keileem bekend is kan berekend worden dat het keileem een weerstand heeft van ongeveer 43 dagen per meter keileem. (Bandbreedte 28-55 dagen per meter).

1. Samenvatting resultaten hydrologische parameters

Tabel 3:

Laag	Parameter	waarde
WVP 1	kD	30 m ² /dag
SDL 1 (keileem)	C	52 dagen
WVP 2 (bepomtpakket)	kD	4800 m ² /dag
SDL 3	C	320 dagen
WVP 3	kD	450 m ² /dag

kD 3 en c3 zijn minder betrouwbaar, omdat deze sterk aan elkaar gecorreleerd zijn omdat er maar één meetfilter in WVP 3 staat.