

Geohydrologisch onderzoek

Aanleg tweede sluis Eefde

Definitief

Rijkswaterstaat Oost Nederland
Postbus 9070
6800 ED Arnhem

Grontmij Nederland B.V.
Arnhem, 22 januari 2013

Verantwoording

Titel : Geohydrologisch onderzoek
Subtitel : Aanleg tweede sluis Eefde
Projectnummer : 291914
Referentienummer : GM-0088471
Revisie :
Datum : 22 januari 2013

Auteur(s) : drs. ing. J.G. van Uden
E-mail adres : jeroen.vanuden@grontmij.nl
Gecontroleerd door : ir. A. van der Tuin
Paraaf gecontroleerd : 
Goedgekeurd door : ing. D.J. Bolder
Paraaf goedgekeurd : 
Contact : Grontmij Nederland B.V.
Velperweg 26
6824 BJ Arnhem
Postbus 485
6800 AL Arnhem
T +31 26 355 83 55
F +31 26 445 92 81
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Algemeen.....	5
1.2	Doelstelling.....	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Achtergrondinformatie.....	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Maaiveldhoogten.....	6
2.3	Bodemopbouw	7
2.4	Grondwater	9
2.5	Oppervlaktewater	10
2.6	Onttrekkingen.....	12
3	Ontwerp.....	13
4	Effect realisatie tweede sluis.....	15
4.1	Algemeen	15
4.2	Uitgangspunten	15
4.3	Effecten tijdens aanleg.....	16
4.4	Gemiddelde situatie op de IJssel	18
4.5	Hoogwatersituatie op de IJssel	18
4.6	Overeengekomen Lage Rivierpeil (OLR).....	20
4.7	Conclusie	20
5	Monitoringsplan.....	22
5.1	Doelstelling.....	22
5.2	Informatiebehoefte	22
5.3	Monitoringstrategie	23
5.4	Gegevens inwinning.....	23
5.5	Gegevensbewerking en opslag.....	25
5.6	Analyse	25
5.7	Informatieoverdracht	25
5.8	Evaluatie	25
5.9	Samenvatting	26
6	Conclusie en aanbevelingen.....	27

Bijlage 1:	Situering boorpunten
Bijlage 2:	Boorprofielen en legenda
Bijlage 3:	Situering peilbuizen TNO
Bijlage 4:	Variant Scheepsvaart centraal
Bijlage 5:	Modelbeschrijving
Bijlage 6:	Inrichting meetnet

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Rijkswaterstaat wil de capaciteit bij de sluis van Eefde vergroten door een tweede schutsluis te realiseren. De huidige sluis ligt ten zuiden van de kern van Eefde. De nieuwe schutsluis komt ten noorden van de bestaande schutsluis en ten zuiden van de Eefsche beek.

In figuur 1.1 is de ligging van de bestaande schutsluis en geplande uitbreiding weergegeven.



Figuur 1.1: Situering uitbreiding sluis

De nieuwe sluis mag geen negatieve effecten hebben op de grondwaterstand en –stroming in de omgeving. In dit rapport zijn de effecten op de omgeving berekend aan de hand een grondwatermodellering.

1.2 Doelstelling

Doelstelling van dit rapport/onderzoek is het bepalen van de verwachte effecten op de grondwaterstanden en –stroming in de omgeving van de uitbreiding. Daarnaast is het monitoringsplan beschreven, dat op basis van de berekeningen bepaald is.

1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk is achtergrond informatie gegeven over de bodemopbouw, geohydrologie en hydrologie. In hoofdstuk 3 is het ontwerp van de sluis besproken. De verwachte effecten en noodzakelijke grondwaterstandsmonitoring is beschreven in respectievelijk hoofdstuk 4 en 5. De conclusies en aanbevelingen zijn tot slot in hoofdstuk 6 opgenomen.

2 Achtergrondinformatie

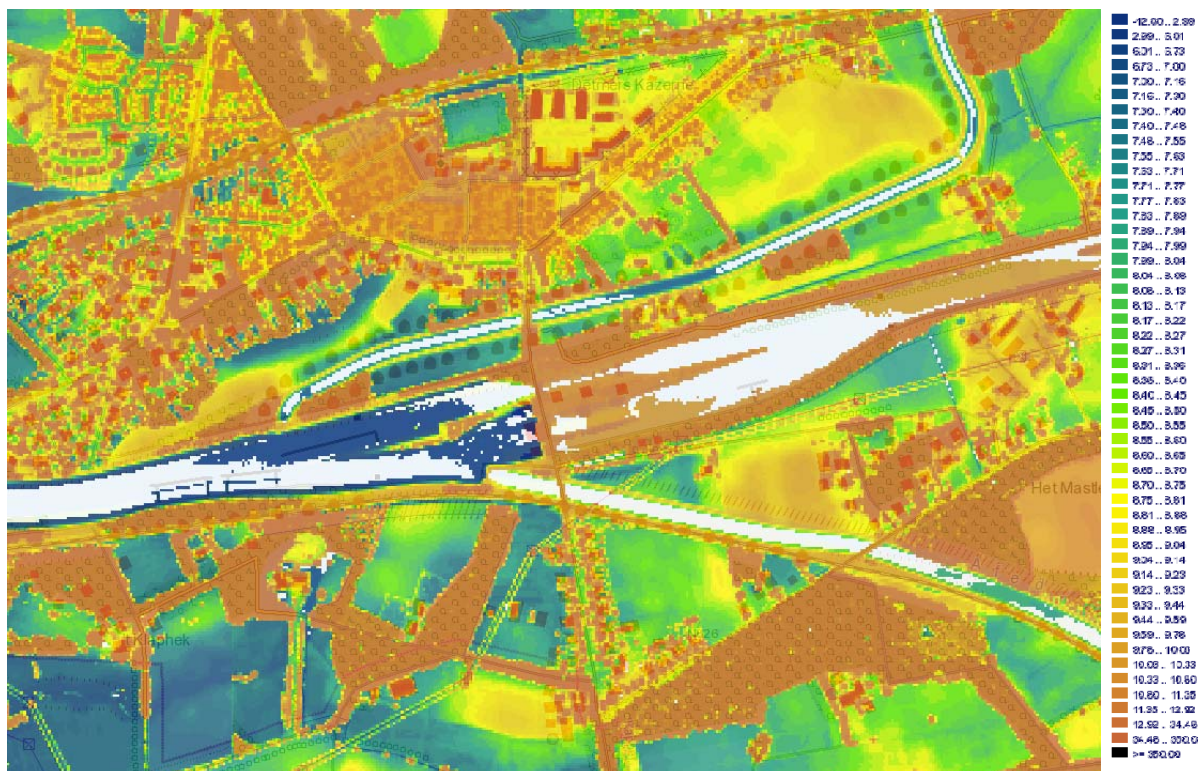
2.1 Algemeen

Ten behoeve van de modellering dient inzicht te worden verkregen in de opbouw van de bodem, de heersende grondwaterregimes en de terreingesteldheid. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op deze aspecten. Dit betreft de beschrijving van de maaiveldhoogten, bodemopbouw, geohydrologische situatie, grondwaterstanden en oppervlaktewater. De geïnventariseerde gegevens zijn afkomstig van de volgende bronnen:

- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, Rijkswaterstaat);
- Bodemkaart van Nederland (Alterra);
- Grondwaterkaart van Nederland, DGV-TNO;
- Grondwatergegevens uit DINO (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond) en REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem (NITG-TNO));
- Wateratlas van de provincie Gelderland.

2.2 Maaiveldhoogten

De maaiveldhoogte ligt bij de bestaande schutsluis op circa NAP +11,0 m. Ten noorden en zuiden van de sluis is het maaiveld lager gelegen, op circa NAP +8,8 m. Benedenstrooms is het maaiveld aan de zuidkant van het voorpand circa NAP +7,5 m tot NAP +8,5 m, aan de noordkant is het maaiveld hoger gelegen op circa NAP +9,0 m. Tussen de Eefse beek en het voorpand is het maaiveld op circa NAP +7,5 m gelegen. In figuur 2.1 is een uitsnede van de AHN weergegeven.

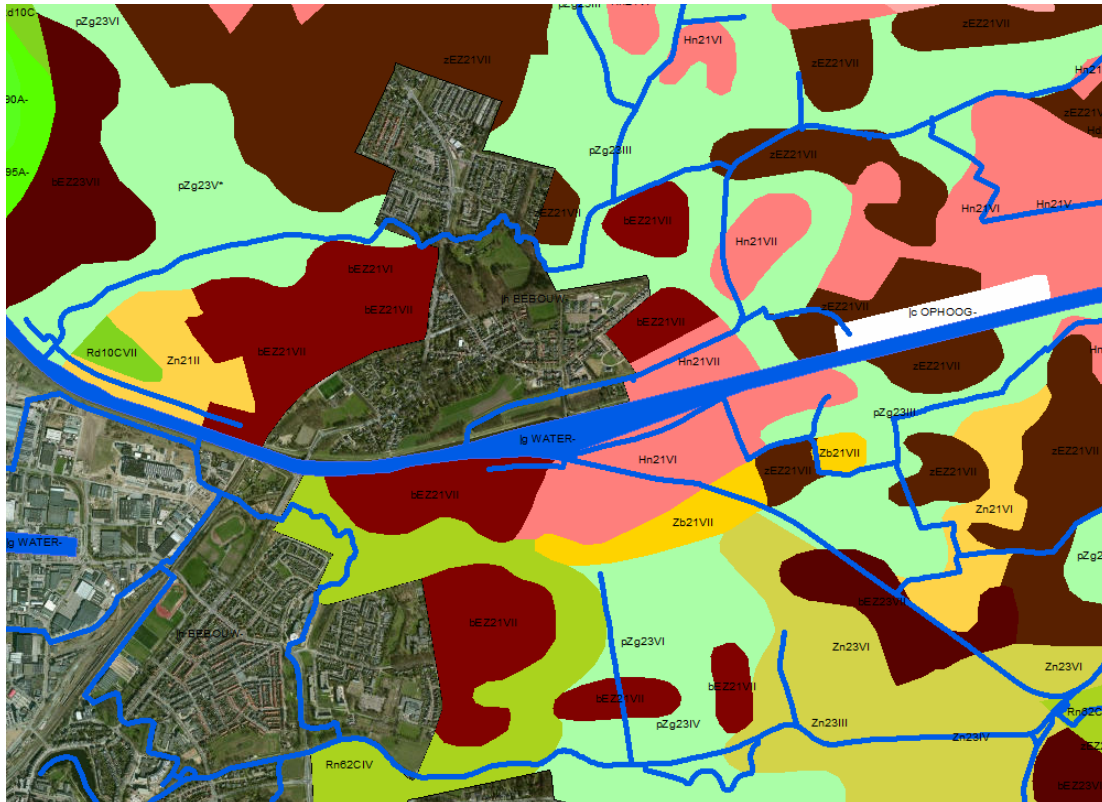


Figuur 2.1: Uitsnede AHN (bron: www.AHN.nl)

2.3 Bodemopbouw

Ondiepe bodemopbouw

De ondiepe bodemopbouw is afgeleid van de Bodemkaart van Nederland. In figuur 2.2 is een uitsnede van de kaart weergegeven. Hieruit blijkt dat in het gebied rondom de sluis sprake is van voornamelijk Beekeerdgronden (bodemcode pZg23; lemig fijn zand), Hoge bruine eerdgronden (bodemcode bEZ21; leemarm, zwak lemig fijn zand), Hoge zwarte eerdgronden (bodemcode zEZ21; leemarm, zwak lemig fijn zand), Veldpodzolgronden (bodemcode Hn21; leemarm, zwak lemig fijn zand). Ten zuiden van het Twentekanaal worden ook nog kalkloze poldervaaggronden aangetroffen (bodemcode Rn62C; zavel, lichte klei) en vlakvaaggronden (bodemcode Zn23; lemig fijn zand).



Figuur 2.2: Uitsnede bodemkaart van Nederland

De ondergrond rond de sluis bestaat overwegend uit zand en/of leem, met lokaal stoorlaagjes in de vorm van klei. Uit de boringen B33F0050 en B33F0021 blijkt dat tussen NAP -6,0 m en NAP -8,0 m zich matig grof tot grof zand bevindt.

Ten behoeve van de uitbreiding zijn ook een groot aantal boringen uitgevoerd. In bijlage 1 is de situering van de boorpunten weergegeven. De boorprofielen (van de boringen met een boordiepte van 4 m –mv of meer) zijn opgenomen in bijlage 2.

Uit de boorprofielen blijkt dat de bodem overwegend bestaat uit zeer fijn tot matig grof, siltig, zand. De textuur is naar de diepte toe grover (matig grof zand) dan boven in de bodem. In twee boringen is een kleilaag aangetroffen van circa 0,6 tot 0,8 m dikte. Deze bodemopbouw komt overeen met de verwachte bodemopbouw op basis van de Bodemkaart van Nederland.

Geohydrologische schematisering

In de beschrijving van de bodemopbouw is ingegaan op de samenstelling van de ondiepe bodem. Door middel van een geohydrologische schematisatie wordt inzicht verkregen in de geohydrologische betekenis van de opbouw van de diepere ondergrond en de bijbehorende geohydrologische variabelen. Bij een geohydrologische schematisatie worden watervoerende pakketten en slecht doorlatende (scheidende) lagen onderscheiden. In een watervoerend pakket treedt overwegend horizontale grondwaterstroming op; in een scheidende laag een hoofdzakelijk verticale grondwaterbeweging. Watervoerende pakketten worden beschreven door het doorlaatvermogen (kD), dit is het product van de horizontale doorlaatfactor (k_h) en de dikte (D). Scheidende of slecht doorlatende lagen worden beschreven door de hydraulische weerstand of c-waarde, dit is het quotiënt van de dikte van de scheidende laag (D) en de verticale doorlaatfactor (k).

Een globale beschrijving van de geohydrologische opbouw in het plangebied is weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Overzicht van de geohydrologische formaties en parameters (REGIS II.1) ter plaatse van de sluis

diepte (m +NAP)	Samenstelling	Formatie	geohydrologische eenheid	doorlaatvermogen (m ² /dag)	weerstand (dagen)
8,4 tot 5,3	Zand, matig fijn (lemig)	Boxtel	freatisch pakket	80	
5,3 tot -31	Zand, matig grof (grindhoudend)	Kreftenheye	watervoerend pakket	1050	
-31 tot -50,7	Klei	Kreftenheye, Twello	scheidende laag		37000
-50,7 tot 51,3	Zand, matig grof (grindhoudend)	Kreftenheye	watervoerend pakket	30	
-51,3 tot -55	Klei	gieten	scheidende laag		340
-55 tot -61	Zand, matig grof	Peize-Waalre	watervoerend pakket	140	
-61 tot -79	Zand, uiterst fijn tot matig grof, schelphoudend	Maasssluis	watervoerend pakket	340	
-79 tot -119	Zand, zeer fijn tot zeer grof, zwak schelphoudend	Oosterhout complex	watervoerend pakket	85	1700
>-119	Klei, uiterst fijn, slibhoudend zand	Breda	Geohydrologische basis		81000

2.4 Grondwater

Als gevolg van seizoensfluctuaties fluctueert de freatische grondwaterstand en de stijghoogte van het diepere grondwater. De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) geeft de range weer, waartussen de grondwaterstand zich gedurende het grootste deel van het jaar beweegt. Dit kan vertaald worden naar een klasse-indeling: grondwatertrappen (Gt). In de omgeving van de sluis is voornamelijk sprake van Gt VII.

Tabel 2.2: Grondwatertrappen

Grondwaterstand (cm –mv)	Grondwatertrap (Gt)						
	I	II ¹	III	IV ¹	V	VI ¹	VII ²
GHG	<20	<40	<40	>40	<40	40 - 80	>80
GLG	<50	50 -80	80 -120	80 - 120	>120	>120	(>160)

¹ een * achter deze Gt-codes betekent 'droger deel', d.w.z. een GHG tussen 25 en 40 cm –mv

² een * achter deze Gt-codes betekent 'zeer droger deel', d.w.z. een GHG dieper dan 140 cm –mv

De fluctuaties van de stijghoogtes in de verschillende watervoerende pakketten zijn onder andere af te leiden uit de TNO-peilbuizen. In bijlage 3 is een overzichtskaart opgenomen met situering van de peilbuizen. In tabel 2.3 zijn de kenmerken van peilbuizen in de omgeving het plangebied weergegeven. Van niet alle peilbuizen uit bijlage 3 kunnen de kenmerken afgeleid worden als gevolg van een te korte tijdreeks.

Tabel 2.3: Regionale peilbuisgegevens

Peilbuis	x- coördinaat	y- coördinaat	Afstand tot sluis	maaiveld	GLG	Gemiddelde	GVG	GHG
	(m)	(m)	(m)	(m +NAP)	(m+NAP)	(m +NAP)	(m +NAP)	(m+NAP)
B33F0072_1	215170	462890	2.360	8,82	7,56	7,63	7,63	7,69
B33F0073_1	215240	463150	2.320	9,07	7,50	7,71	7,72	7,93
B33F0074_1	215410	463030	2.530	9,13	7,59	7,69	7,69	7,77
B33F0075_1	214950	463140	2.060	9,47	7,56	7,73	7,75	7,90
B33F0141_1	210540	462555	2.870	12,94	7,65	8,17	8,51	8,81
B33F0175_1	210640	462680	2.730	9,89	4,07	4,79	5,08	5,55
B33F0222_1	214130	463250	1.280	8,86	7,18	7,49	7,56	7,98
B33F0223_1	213480	462990	1.040	8,62	6,77	7,03	7,14	7,35
B33F0992_1	215527	463779	2.480	9,57	7,88	8,12	8,21	8,38
B33F1005_1	211357	463160	1.870	8,05	4,75	5,10	5,37	5,37
B33F1006_1	211239	462757	2.170	8,77	5,25	5,52	5,74	5,74
locatie	213056	463944						

Uit tabel 2.3 blijkt dat er geen peilbuizen nabij de sluis aanwezig zijn. Op basis van de regionale gegevens kan het volgende worden geconcludeerd:

- de GHG bedraagt in het oosten van het gebied circa NAP +7,9 m (peilbuis B33F0073) en loopt af tot circa NAP +5,4 in het westen van het gebied (peilbuis B33F1005). Gemiddeld is de GHG circa NAP +7,3 m;
- de GLG bedraagt in het oosten circa NAP +7,6 m (peilbuis B33F0073) en loopt af tot circa NAP +4,75 m in het westen (peilbuis B33F1005). Gemiddeld is de GLG circa NAP +6,7 m.

In het kader van het milieukundig bodemonderzoek zijn ook peilbuizen geplaatst. De peilbuizen zijn niet ingemeten ten opzichte van NAP en langdurig gemonitord, waardoor hier geen conclusies aan verbonden kunnen tonen. De gemeten grondwaterstanden zijn momentopnamen.

Grondwaterstroming

De stromingsrichting in het plangebied staat onder invloed van de IJssel. De IJssel heeft over het algemeen een drainerende (waterafvoerende) werking op de omgeving. Er is sprake van een westelijk gerichte grondwaterstroming. Bij een hoge waterstanden in de IJssel kan er sprake zijn van een meer oostelijk gerichte grondwaterstroming of een kleinere grondwaterstroomsnelheid in westelijk richting.

2.5 Oppervlaktewater

De locatie is gelegen binnen het beheergebied van Waterschap Rijn en IJssel. In de watergangen wordt geen streefpeil gehanteerd. Wel zijn er enkele stuwen in het gebied rondom de sluis aanwezig. In figuur 2.4 zijn de watergangen en stuwen weergegeven in de nabijheid van de sluis.

Ten noorden van de bestaande sluis ligt de Eefse beek. De Eefse Beek (het beekdal is gekarakteriseerd als 'landschappelijk zeer waardevol') stroomt dwars door het plangebied. De Eefse Beek watert via een gemaal uit op het Twentekanaal. Het stuwpeil bedraagt NAP +7,0 m à NAP +7,2 m. Wanneer het peil van het IJsselpand van het Twentekanaal lager is dan dit peil, kan het water vrij afstromen via de overlaat. Als het peil in het IJsselpand van het Twentekanaal hoger is stopt de afvoer.

Aan de zuidkant van de sluis bevindt zich de stuw Afleidingskanaal Eefde. Het stuwpeil bedraagt circa NAP +8,0 m (27 november 2012). De waterstand benedenstrooms (IJsselpand) bedraagt circa NAP +4,30 m (circa IJsselpeil 27 november 2012).

Aan de zuidzijde van het voorpand bevindt zich, nabij industrieterrein De Mars, het gemaal Polbeek. Hier wordt een constant peil gehandhaafd van NAP +4,80 m. Wanneer het peil van het IJsselpand van het Twentekanaal lager is dan dit peil, kan het water vrij afstromen via de overlaat. Wanneer dit niet het geval is, slaat het gemaal automatisch aan.



Figuur 2.4: Oppervlaktewatersysteem

Het peil in de IJssel fluctueert sterk. In tabel 3.1 zijn de waterpeilen bij verschillende overschrijdingsfrequenties weergegeven.

Tabel 2.4 Waterstanden IJssel op basis van betrekkingslijnen 2010

Overschrijdingsfrequentie	afvoer (m ³ /s)	Zutphen (m+ NAP)
1x per 1.250 jaar	2.460	9,16
1 x per 100 jaar	1.921	8,44
1 x per 10 jaar	1.391	7,84
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	992	7,38
1 x per jaar	835	7,15
gemiddelde afvoer	315	4,43
gemiddelde zomer afvoer	275	4,24
overeengekomen lage afvoer / OLR 2010	110	2,62

De OLR (Overeengekomen Lage Rivierafvoer) op de IJssel over 100 jaar is NAP +2,62 m. Dit komt overeen met een OLR in het voorpand van NAP +2,46 m.

Het normaal peil in de Twentekanaal bedraagt NAP +10,00 m. Het HKP (Hoog Kanaalpeil) op de Twentekanaal bedraagt NAP +10,14 m en het LKP (Laag Kanaalpeil) bedraagt NAP +9,85 m.

2.6 Onttrekkingen

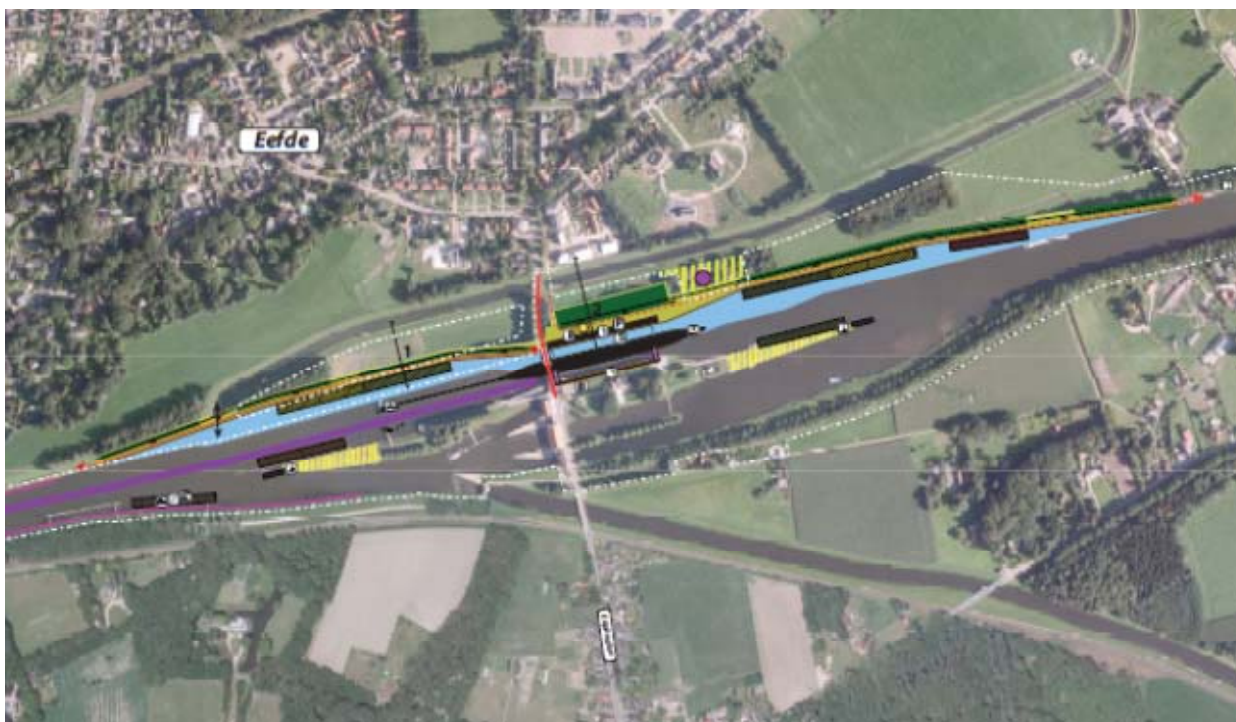
In de nabijheid van de sluis van Eefde bevinden zich geen permanenten onttrekkingen. Lokaal zijn wel enkele bronnen aanwezig ten behoeve van beregening. Hieruit wordt slechts sporadisch onttrokken. Industriële onttrekkingen zijn in Zutphen aanwezig. De kenmerken zijn in tabel 2.5 weergegeven.

Tabel 2.5: Gegevens onttrekkingen 2008

Naam	Locatie	X coördinaat	Y coördinaat	Onttrokken (m ³)
Vitens Gelderland	Ps Zutphen	211.105	460.420	2.137.696
Verhoeve Milieu	Oostzeestraat 1	211.120	463.540	1.500
Zutphen Gem	Sportpark Noordveen	211.425	463.335	0
Edese Beton Centrale Ebc	Industrieweg	209.995	463.330	9.035
Luvata Netherlands Bv	Oostzeestraat 10	211.095	463.600	331.591
Vitens Nv	Thorbeckesingel	211.100	460.530	24.285
Cogas Bv	De Teuge	209.250	461.300	6.219
Kvz Sportpark Zuidveen	Laan Naar Eme 103	210.350	460.590	0

3 Ontwerp

Rijkswaterstaat wil de bestaande capaciteit van de Sluis bij Eefde vergroten door een tweede schutsluis te realiseren. De tweede schutsluis wordt gesitueerd tussen de bestaande schutsluis en de Eefdsche Beek. In figuur 3.1 is de 'scheepsvaart centraal'-variant weergegeven. In bijlage 4 is de tekening inclusief legenda opgenomen.



Figuur 3.1: Variant 2: Scheepsvaart centraal

Er zijn twee varianten opgesteld voor de kolkwanden van de sluis, namelijk een combiwand-variant en een diepwandvariant. In beide varianten zijn de sluishoofden betonnen bakconstructies, die zijn gefundeerd op een verankerde of op palen gefundeerde onderwaterbetonvloer. In het bovenhoofd bevindt zich een woelkelder ten behoeve van het nivelleren. De bodem van de kolk is een verankerde of op palen gefundeerde onderwaterbetonvloer. De onderkant van deze vloer ligt op circa NAP -7,8 m. De wanden van de sluiskolk betreffen in het ene geval combiwanden en in het andere geval diepwanden. De lengte van de sluis bedraagt ongeveer 159 m. De sluishoofden sluiten aan op de damwanden van het remmingwerk en de damwanden rondom de zone tussen de oude en nieuwe sluis.

Sluis

De bouwkuip van het benedenhoofd bestaat uit wanden van stalen combiwanden en een vloer van onderwaterbeton. De wanden van de bouwkuip worden gemaakt als een combiwand met stalen buispalen. De vloer van de bouwkuip wordt gemaakt als een ongewapende onderwaterbetonvloer met een dikte van 2 m. De bovenzijde van deze vloer ligt op NAP -5,90 m.

De bouwkuip van het bovenhoofd bestaat uit wanden van stalen combiwanden en een vloer van onderwaterbeton. De wanden van de bouwkuip worden gemaakt als een combiwand met stalen buispalen. De vloer van de bouwkuip wordt gemaakt als een ongewapende onderwaterbetonvloer met een dikte van 2 m. De bovenzijde van deze vloer ligt op NAP – 4,15 m.

De kolkvloer wordt uitgevoerd als een vloer van ongewapend onderwaterbeton, dik 2 m met de bovenzijde op NAP -2,25 m. Deze vloer ligt 200 mm lager dan de drempeldiepte van het benedenhoofd om maatonnauwkeurigheden tijdens de bouw op te kunnen vangen.

Voorhaven IJsselzijde

De bodemdiepte van de voorhaven aan de IJsselzijde wordt ter plaatse van de nieuwe constructies aangelegd op een niveau van:

• minimum waterstand (OLR 100 jaar):	NAP +	1,46 m
• diepgang maatgevend schip CEMT klasse Va:		2,80 m
• kielspeling CEMT klasse Va, RVW 2011:		1,12 m
• <u>tolerantie baggerwerk:</u>		<u>0,15 m</u>
vereiste bodemdiepte voorhaven IJsselzijde (nieuwe constr.):	<u>NAP -</u>	<u>2,61 m</u>

Ter plaatse van de bestaande constructies aan de zijde van de bestaande sluis, wordt de bodemdiepte van de voorhaven aan de IJsselzijde aangelegd op een niveau van:

• minimum waterstand (OLR):	NAP +	2,46 m
• diepgang maatgevend schip CEMT klasse Va:		2,50 m
• kielspeling CEMT klasse Va, RVW 2011:		1,00 m
• <u>tolerantie baggerwerk:</u>		<u>0,15 m</u>
vereiste bodemdiepte voorhaven IJsselzijde (bestaande constr.)	<u>NAP –</u>	<u>1,19 m</u>

Voorhaven kanaalzijde

De bodemdiepte van de voorhaven aan de kanaalzijde wordt ter plaatse van de nieuwe constructies aangelegd op een niveau van:

• minimum waterstand (LKP):	NAP +	9,85 m
• diepgang maatgevend schip CEMT klasse Va:		3,50 m
• kielspeling CEMT klasse Va, RVW 2011:		1,40 m
• <u>tolerantie baggerwerk:</u>		<u>0,15 m</u>
vereiste bodemdiepte voorhaven IJsselzijde (nieuwe constr.):	<u>NAP +</u>	<u>4,80 m</u>

Ter plaatse van de bestaande constructies aan de zijde van de bestaande sluis, wordt de bodemdiepte van de voorhaven aan de IJsselzijde aangelegd op een niveau van:

• minimum waterstand (LKP):	NAP +	9,85 m
• diepgang maatgevend schip CEMT klasse Va:		2,50 m
• kielspeling CEMT klasse Va, RVW 2011:		1,00 m
• <u>tolerantie baggerwerk:</u>		<u>0,15 m</u>
vereiste bodemdiepte voorhaven IJsselzijde (bestaande constr.)	<u>NAP +</u>	<u>6,20 m</u>

Uit de ter beschikking staande peilingen blijkt dat deze laatste diepte overal reeds ruim aanwezig is.

Op basis van deze kwelberekeningen (*Capaciteitsuitbreiding sluis Eefde: onder- en achterloopsheid*, Grontmij GM-0070029, d.d. 31 juli 2012) is vooralsnog besloten de gehele voorhaven vanaf de sluizen tot het einde van de uitloopstrook te voorzien van een bodembescherming met een zanddicht kunststoffilterdoek.

Deze bodembescherming vormt dan tevens voldoende kwallengte voor onder- en achterloopsheid onder de sluis door, zodat onder de sluis geen onderloopsheidswanden geplaatst behoeven te worden.

4 Effect realisatie tweede sluis

4.1 Algemeen

De effecten van de aanleg van de tweede sluis, ten noorden van de bestaande sluis, zijn berekend met een grondwatermodel. Voor de modellering van de grondwaterstroming is gebruik gemaakt van de rekencode MODFLOW. MODFLOW is een modulair, driedimensionaal, eindige-differentieprogramma, dat is ontwikkeld door de United States Geological Survey (USGS, Mc Donald & Harbaugh, 1988). Het pakket kan zowel stationaire als niet-stationaire stroming simuleren in (verzadigd) freatische, semi-ge-spannen en gespannen watervoerende lagen.

Als modelschil is gebruik gemaakt van GMS, versie 8.3.7 (Aquaveo). Binnen deze gebruikersschil kunnen MODFLOW-invoerfiles worden bewerkt en kunnen de resultaten overzichtelijk worden gepresenteerd.

Voor een uitgebreide beschrijving van het model wordt verwezen naar bijlage 5.

4.2 Uitgangspunten

Bij de berekening is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- de bodemopbouw bepaald aan de hand van REGIS II.1 data en het grondwatermodel van het beheersgebied van Waterschap Rijn en IJssel (AMIGO);
- de situering en kenmerken van de watergangen is aangeleverd door het Waterschap Rijn en IJssel (leggergegevens);
- voor de neerslag is een netto grondwateraanvulling van gemiddeld 0,8 mm/dag aangehouden.

De effecten worden berekend voor de volgende varianten:

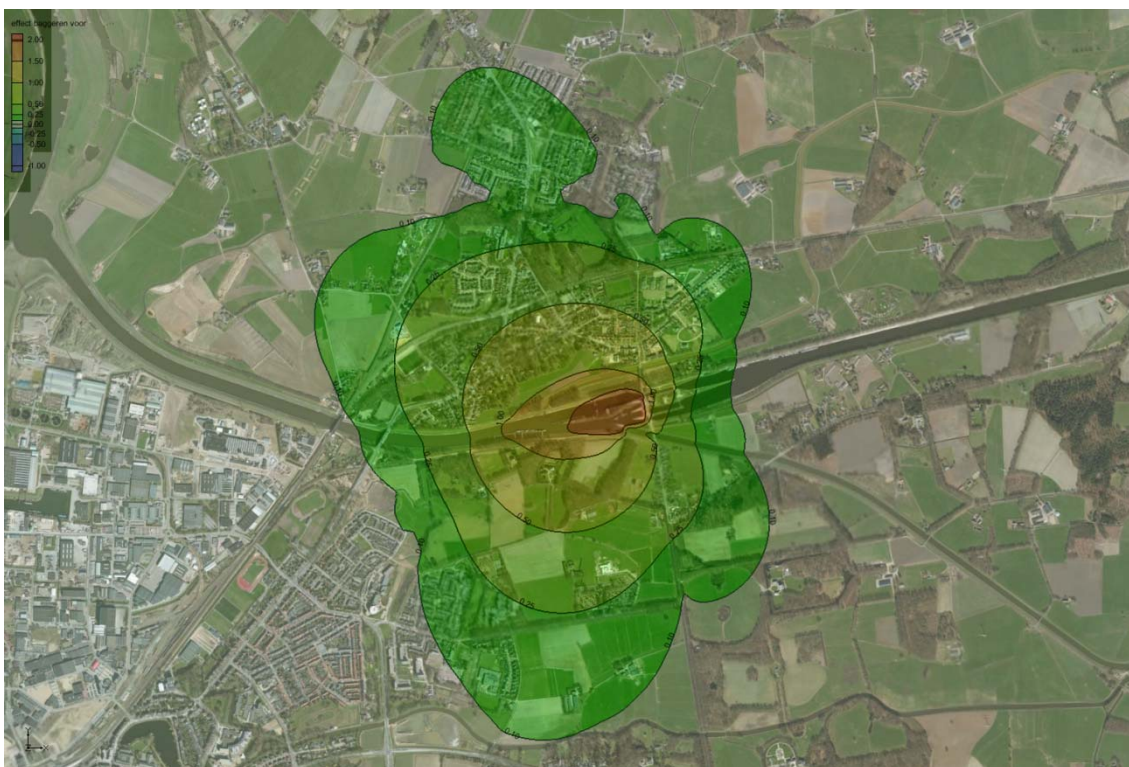
- gemiddelde situatie (gemiddeld peil op de IJssel);
- hoogwater situatie (T=10 hoogwatersituatie op de IJssel);
- laagwatersituatie (OLR).

Tijdens realisatie zal veel met onderwaterbeton en een damwand/diepwandconstructies worden gewerkt. Hierdoor is een bemaling van het grondwater noodzakelijk en zal er geen ander effect optreden dan vergroting van het nat oppervlak door realisatie voorhavens en verhindering van grondwaterstroming. Deze effecten komen overeen met de berekende effecten.

4.3 Effecten tijdens aanleg

Tijdens realisatie van de sluis worden de voorhavens aangepast. Hierbij worden de voorhavens in noordelijke richting verplaatst en verlengd. Ook zijn de nieuwe voorhavens iets dieper dan in huidige situatie. Door de aanpassing van de voorhavens zal de weerstand hier (tijdelijk) verlaagd worden. Vlak voor de realisatie van de sluis zullen de voorhavens uitgebaggerd worden, waardoor bodemweerstand afneemt tot 0,16 dagen (zie bijlage 5). Direct na de aanleg zal deze lage weerstand ook nog aanwezig zijn.

Met het grondwatermodel is het effect van deze lage weerstand inzichtelijk gemaakt. Het betreft echter een worstcase scenario, waarbij ter plaatse van de gehele wachtplaats en voorhaven een lage bodemweerstand aanwezig is. In praktijk zal dit sectiegewijs aangepakt worden, waardoor de bodemweerstand zich snel kan herstellen (uit ervaringcijfers in enkele dagen). In figuur 4.1 is het invloedsgebied weergegeven bij het uitbaggeren van de gehele (huidige) voorhaven in het voorpand. In figuur 4.2 is het invloedsgebied weergegeven bij het uitbaggeren van de voorhaven en de nieuwe wachtplaatsen voor de tweede sluis (ten opzichte van een gemiddelde situatie).



Figuur 4.1: Effect uitbaggeren voorhaven voor aanleg sluis

Als gevolg van de lagere bodemweerstand zal het voorpand ter plaatse van de voorhaven het grondwater meer draineren. Hierdoor dalen de grondwaterstanden in de omgeving.



Figuur 4.2: Effect uitbaggeren voorhaven voor aanleg sluis

Ter plaatse van de wachtplaats in het Twentekanaal zal het grondwater gevoed worden als gevolg van de lage bodemweerstand. De grondwaterstand reikt dan tot 0.75 m –mv ter plaatse van de bebouwing aan de Boedelhofweg.

Nadat de sluis aangelegd is, zal de sliblaag in de voorhavens zich herstellen tot een weerstand ongeveer gelijk aan de huidige situatie (12 dagen). De effecten van de aanleg van de sluis op de langere termijn is voor verschillende situaties berekend in onderstaande paragrafen.

4.4 Gemiddelde situatie op de IJssel

Met het grondwatermodel is het effect van de realisatie van de tweede sluis berekend op de grondwaterstanden in de omgeving. In figuur 4.3 is het verschil in stijghoogte weergegeven.



Figuur 4.3: Invloedsgebied aanleg tweede sluis bij gemiddelde situatie

Het invloedsgebied van de tweede sluis reikt tot circa 500 m ten noorden van de sluis. In zuidelijke richting is de invloed geringer. Bij het Twentekanaal is sprake van een verhoging van de grondwaterstand van circa 0,2 m nabij de Eefse beek tot 0,05 m nabij de spoorbaan. In de omgeving van de sluis is sprake van een grondwatertrap VII. De grondwaterstand bevindt zich dieper dan 0,8 m –mv. Een permanente verhoging leidt hierdoor niet tot overlast.

Bij het voorpand is sprake van een verlaging van de grondwaterstand van circa 0,1 m tot 0,05 m buiten het plangebied. De geringe afname leidt niet tot onderlast aangezien het grondwater momenteel ook al diep is.

4.5 Hoogwatersituatie op de IJssel

Als gevolg van wisselende peilen in de IJssel fluctueert het peil in het voorpand. Berekend is het invloedsgebied van de aanleg van de tweede sluis bij Eefde bij een hoogwatersituatie die eenmaal in de tien jaar optreedt (T=10 hoogwatersituatie). In figuur 4.3 is het invloedsgebied weergegeven.



Figuur 4.4: Invloedsgebied aanleg tweede sluis bij hoogwatersituatie ($T=10$)

Het invloedsgebied is veel groter dan bij een gemiddelde situatie. De grootste invloed treedt op bij de sluis. Ter plaatse van de Schoolstraat / Boedelhof stijgt de grondwaterstand circa 0,12 m en komt hiermee op 0,75 m –mv. Dit voldoet aan het normaal gehanteerde uitgangspunt van een ontwateringsdiepte van minimaal 0,7 m –mv.

Ter plaatse van de woningen is het vloerpeil circa 0,3 m hoger waardoor de ontwateringsdiepte toeneemt tot circa 1,05 m beneden de vloerpeil. Hier geldt een minimale ontwateringsdiepte van 1,0 m beneden vloerpeil en voldoet.

Ter plaatse van groen en landbouwgebieden is een minimale ontwateringsdiepte van 0,5 m –mv vereist.

In verband met de onzekerheden in het model (te weinig lokale peilbuizen om het model nauwkeurig te kalibreren en valideren, wordt voorgesteld om de grondwaterstanden te monitoren (zie ook hoofdstuk 5).

Op basis van modelberekeningen is gebleken dat een stationaire situatie optreedt na circa 14 dagen, waardoor het invloedsgebied kleiner zal zijn dan berekend. Gelet op de korte duur van de hoogwatersituatie, de heersende grondwaterstanden en ontwateringsdiepten wordt op voorhand echter geen overlast verwacht.

4.6 Overeengekomen Lage Rivierpeil (OLR)

In deze variant worden een OLR aangehouden in het voorpand van NAP +2,46 m. Het invloedsgebied van de tweede sluis is weergegeven in figuur 4.5.



Figuur 4.5: Invloedsgebied aanleg tweede sluis bij OLR situatie

Het invloedsgebied van de tweede sluis reikt tot circa 500 m ten noorden van de sluis. In zuidelijke richting is de invloed geringer. Bij het Twentekanaal is sprake van een verhoging van de grondwaterstand van circa 0,2 m nabij de Eefse beek tot 0,05 m nabij de spoorbaan. Bij het voorpand is sprake van een verlaging van de grondwaterstand dat ook tot circa 500 m vanaf het plangebied reikt.

Gelet op de korte duur van de hoogwatersituatie en de heersende grondwaterstanden wordt geen droogteschade verwacht.

4.7 Conclusie

Uit de modelberekeningen blijkt dat het invloedsgebied van de aanleg van de tweede sluis, ten noorden van de bestaande sluis, reikt tot circa 500 m in noordelijke richting. Het invloedsgebied heeft ook een uitstraling in zuidelijke richting tot 200 m.

Aan de kant van het Twentekanaal is sprake van een toename van de grondwaterstand. Bij het voorpand een afname van de grondwaterstand. Gelet op de heersende grondwaterstanden (grondwatertrap VII) wordt geen over- of onderlast verwacht.

Uit het model volgt onder andere dat het invloedsgebied wordt beïnvloed door de aanwezige watergangen zoals de Eefse beek en het Afleidingskanaal. Deze reduceren de effecten op de omgeving, door de voedende werking op het watersysteem. Hierdoor is het invloedsgebied kleiner dan zonder oppervlaktewatersysteem. Dit is ook wat verwacht wordt op basis van de bodemopbouw ter plaatse (zandig).

Om rekening te houden met onzekerheden in het model en door het ontbreken van een (meer-jarige) meetreeks op of in de directe omgeving van de locatie, wordt geadviseerd om een grondwatermeetnet in te richten. Hiermee kunnen (negatieve) effecten gesignaleerd worden en is een verdere kalibratie van het grondwatermodel mogelijk om eventuele risico's beter in te schatten.

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op het monitoringsplan.

5.3 Monitoringstrategie

Uit hoofdstuk 4 blijkt dat het invloedsgebied zich in noordelijke en zuidelijke richting uitstrekt. In figuur 5.2 is het invloedsgebied bij de gemiddelde situatie weergegeven en is een monitoringsmeetnet (blauwe stippen) hierop geprojecteerd. De situering kan wijzigen na bepaling van de nulsituatie en verdere kalibratie op basis van de gemeten grondwaterstanden.



Figuur 5.2: Situering grondwatermeetnet (blauwe stippen).

Voor een uitgebreidere beschrijving van de wijze van inrichting van het grondwatermeetnet en diepte filterstelling wordt verwezen naar bijlage 6.

5.4 Gegevens inwinning

Voorafgaand aan, tijdens en na realisatie van de tweede schutsluis worden de grondwaterstanden ingewonnen. Voorafgaand en na realisatie kan dit geschieden door periodiek de dataloggers in de peilbuizen uit te lezen. Bij de uitlezingen worden ook de handgemeten grondwaterstanden geregistreerd voor validatie.

Tijdens de uitvoering is het van belang om tijdig te kunnen reageren op eventuele ongewenste effecten. Daarom wordt tijdens uitvoering de grondwaterstanden in de peilbuizen dagelijks opgenomen en getoetst of er sprake is van ongewenste effecten: zettingen, als gevolg van grondwaterstandverlagingen (bebouwd gebied), grondwateronderlast (landbouw- of natuurgebied) of wateroverlast, als gevolg van grondwaterstandstijgingen (bebouwd-, natuur- en landbouwgebied). Natuurgebieden bevinden zich niet in de directe omgeving van de sluis.

De (dagelijks) gemeten grondwaterstanden tijdens realisatie van de tweede sluis worden getoetst aan de volgende signaal-/actiewaarden:

Tabel 5.1: signaal-/actiewaarden

gebied	Signaalwaarde*	Actiewaarden**	Actie
Bebouwd gebied	GWS*** <GLG	GWS 7 dagen aansluitend <GLG	Worden geen nadelige effecten verwacht ten aanzien van zettingen. Eventueel verdroging kan optreden als het effect langer duurt dan 7 dagen. Maatregelen nemen op basis van grondwaterstand in referentiepeilbuis (natuurlijke grondwaterstandverloop) en klachten. Gedacht kan worden aan extra bevoeiing.
	GWS <0,7 m -mv	GWS 7 dagen aansluiten <0,7 m -mv	Bij gemeente navragen of er klachten zijn binnengekomen. . Maatregelen nemen op basis van grondwaterstand in referentiepeilbuis (natuurlijke grondwaterstandverloop) en klachten. Gedacht kan worden aan extra bevoeiing.
Landbouwgebied	GWS<GLG	GWS 7 dagen aansluitend <GLG	Nagaan of er sprake is van onderlast/mindere opbrengst, afhankelijk van seizoen en natuurlijke grondwaterstanden in de omgeving. Actie aanpassen op mate van overlast. (bijvoorbeeld extra sproeien in groeiseizoen)
	GWS < 0,5 m -mv	GWS 7 dagen aansluitend <0,5 m -mv	Afhankelijk van seizoen (groeiseizoen)en natuurlijke grondwaterstandsverloop in referentiepeilbuisen maatregelen bepalen in overleg met perceeleigenaar. Bij een permanente overschrijding van de actiewaarden permanente oplossingen zoeken in bijvoorbeeld aanbrengen drainage.

* bij constatering ook van een onder- of overschrijding dienen de waarden vergeleken te worden met de referentiepeilbuis om te beoordelen of de overschrijding veroorzaakt wordt door de realisatie van de sluis of door natuurlijke omstandigheden.

** bij constatering ook van een onder- of overschrijding dienen de waarden vergeleken te worden met de referentiepeilbuis om te beoordelen of de overschrijding veroorzaakt wordt door de realisatie van de sluis.

*** GWS: grondwaterstand

Na realisatie worden de grondwaterstanden nog vijf jaar gemonitord met de dataloggers. De dataloggers worden driemaandelijks uitgelezen, waarna de gegevens gevalideerd worden.

5.5 Gegevensbewerking en opslag

Bij de gegevensbewerking en opslag worden de ruwe meetresultaten na uitlezen gevalideerd, bewerkt tot informatie en opgeslagen. Overigens worden ook altijd de ruwe gegevens opgeslagen voor eventuele latere controle. Ook aanvullende gegevens, zoals metadata, worden hierbij verwerkt, gevalideerd en opgeslagen. Dit resulteert in gevalideerde (en gestandaardiseerde) gegevens. Ook wordt er beheer van de gegevens uitgevoerd (zoals back-ups, et cetera). Op basis van de validatieresultaten is het overigens ook mogelijk de gegevensinwinning te herzien als blijkt dat metingen niet correct worden uitgevoerd.

De ruwe data en gevalideerde data moeten worden opgeslagen op een locatie, voorzien van logboek, zodat de gegevens reproduceerbaar zijn.

5.6 Analyse

De fluctuatie van de grondwaterstand in de tijd is een gevolg van de fluctuaties in de tijd van neerslag, verdamping, grondwateronttrekkingen en peilveranderingen in het oppervlaktewater. Analyse van de data geschiedt door middel van programma's als Excel en Menyanthes (tijdreeksanalyse).

Bij tijdreeksanalyse wordt met behulp van Transferruis(TR)-modellering gezocht naar een wiskundig model dat het verband vastlegt tussen reeksen van grondwaterstandmetingen en zogenaamde verklarende reeksen (neerslag, verdamping, onttrekkingen etc.). Met dit statistische verband kan uit de verklarende reeksen de grondwaterstand gesimuleerd worden.

De afwijkingen of residuen tussen gesimuleerde en gemeten reeks vormen zelf weer een reeks, de zgn. residureeks. Als een modellering van een peilbuis goed is gelukt, vormen de residuen een willekeurige opeenvolging, waarin geen nadere trend meer te vinden is. Vaak zullen er echter nog niet-verklaarde patronen aanwezig zijn in de residureeks, omdat niet alle invloeden uit de werkelijkheid in detail bekend zijn en omdat er allerlei niet-lineairiteiten zijn die onmogelijk in het model kunnen worden meegenomen. Vaak zal het daardoor niet haalbaar zijn de exacte grootte van het effect te bepalen of met zekerheid te zeggen dat er een effect is dat door een bepaalde maatregel is veroorzaakt. Meer zekerheid komt er alleen, als alle onbekende factoren boven water gekregen worden.

5.7 Informatieoverdracht

De peilbuizen worden driemaandelijks uitgelezen en gevalideerd (zie ook hoofdstuk 6). De gevalideerde gegevens worden na iedere uitleesronde naar TNO gezonden, zodat deze informatie beschikbaar komt in het DINO-Loket (www.dinoloket.nl).

Daarnaast worden de verkregen gevalideerde gegevens van voor de realisatie, gebruikt om de nulsituatie vast te leggen. De gevalideerde gegevens van na realisatie, worden gebruikt om de effecten van de tweede schutsluis inzichtelijk te maken.

5.8 Evaluatie

Vlak vóór realisatie van de tweede sluis, moet het meetnet geëvalueerd worden om te bepalen of het meetnet nog aanpassing behoeft op basis van de verkregen informatie (juiste plaatsing? Juiste locatie? etc?). Eventuele aanpassingen worden bij de vastlegging van de nulsituatie beschreven.

Tijdens aanleg van de tweede sluis moeten de gemeten grondwaterstanden getoetst worden aan de gesteld criteria. Indien er sprake is van een overschrijding moeten passende maatregelen genomen worden.

Na realisatie worden de resultaten jaarlijks (gegevens en tijdreeksanalyse) verwerkt in een evaluatie, waarin de gevalideerde gegevens verwerkt zijn en eventuele conclusies, op basis van transferruisanalyse, worden beschreven met betrekking tot (blijvende) effecten. De monitoring wordt voortgezet tot vijf jaar na de realisatie.

Indien er sprake is van negatieve beïnvloeding, dienen maatregelen voorgesteld te worden om de effecten te mitigeren. De evaluatie wordt aan gemeente, waterschap en Rijkswaterstaat aangeboden.

5.9 Samenvatting

In onderstaande tabel is het monitoringsplan samengevat.

Tabel 5.2: monitoringsplan

Fase	Voorafgaand	Tijdens		Na
Lokatie	Alle peilbuizen	Bebouwd gebied	Landbouwgebied	Alle peilbuizen
Meetfrequentie	elk uur	Handmatig: dagelijks Loggers: elk uur	Handmatig: dagelijks Loggers: elk uur	elk uur
Uitleesfrequentie	1x per kwartaal	1x per kwartaal	1x per kwartaal	1x per kwartaal
Duur meetperiode	zo lang mogelijk	Tijdens realisatie		Tot één jaar na realisatie
signaalwaarde		GWS* <GLG GWS >GHG	GWS <GLG GWS >GHG	
actiewaarde		GWS 7 dagen <GLG GWS 7 dagen >GHG	GWS 7 dagen <GLG GWS 7 dagen >GHG	Blijvende verandering GxG** waarbij schade te verwachten is
actie	Vastleggen nulsituatie voorafgaand aan de ingreep	Mate van overlast inventariseren	Mitigerende maatregelen nemen op basis van seizoen (bijvoorbeeld extra sproeien in groeiseizoen) Nagaan of er sprake is van overlast afhankelijk van seizoen. Mitigerende maatregelen bespreken met waterschap en perceel-eigenaar	Mitigerende maatregelen uitwerken (aanleg of infiltratie sloot)***.

* GWS: Grondwaterstand

** GxG: verzamelnaam voor Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, Gemiddeld Voorjaars Grondwaterstand en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand.

*** Maatregelen uitwerken op basis van de evaluatie.

6 Conclusie en aanbevelingen

Rijkswaterstaat is van plan de capaciteit van de sluis bij Eefde te vergroten, door de realisatie van een tweede sluis ten noorden van de bestaande sluis. Uit modelberekeningen blijkt dat de grondwaterstand in de directe omgeving van de sluis wordt beïnvloedt. Dit wordt veroorzaakt doordat de wachthavens in noordelijke richting verschuiven en de grondwaterstroming door de sluis wordt beïnvloed.

Het invloedsgebied (stijging grondwaterstand $> 0,05$ m) reikt bij de Twentekanalen tot circa 500 m in noordelijke richting. Bij het voorpand is sprake van een daling van de grondwaterstand tot een afstand van circa 300 m ten noorden van het plangebied.

Op basis van de berekening van de ontwateringsdiepten worden geen nadelige effecten verwacht. Omdat in het grondwatermodel nog onzekerheden zitten en er te weinig informatie beschikbaar is om een betere kalibratie mogelijk te maken, wordt geadviseerd de grondwaterstanden te monitoren.

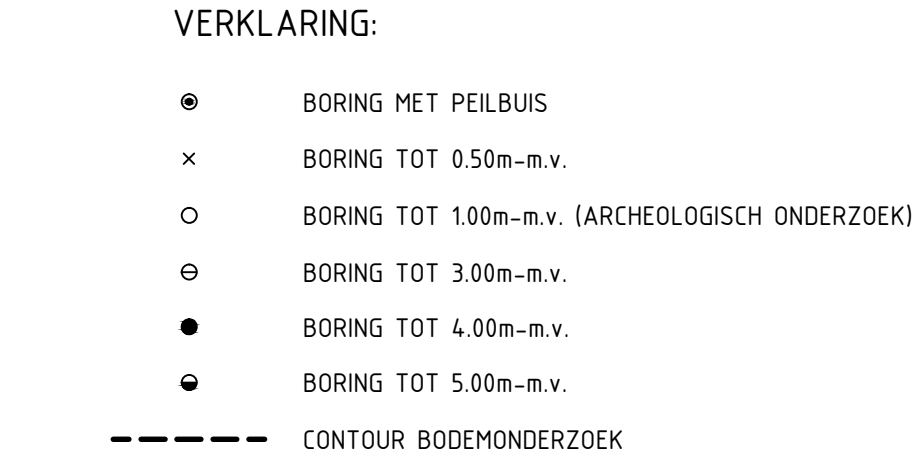
Om de nulsituatie vast te leggen, wordt geadviseerd om zo spoedig mogelijk met de grondwaterstandsmonitoring te beginnen. De verkregen informatie kan gebruikt worden om de effecten te bepalen en om bij eventuele noodzakelijk te nemen maatregelen het model verder te kalibreren en de maatregelen uit te werken met het grondwatermodel.

Vlak voor de aanleg van de tweede sluis dient de nulsituatie vastgelegd te worden en het meetnet geëvalueerd te worden. Aanpassing van het grondwatermeetnet kan dan noodzakelijk zijn.

Na realisatie van de tweede sluis dient het grondwatermeetnet minimaal vijf jaar instant te worden gehouden en jaarlijks een evaluatie op te worden gesteld om met voldoende zekerheid te kunnen zeggen over er blijvende (nadelige) effecten zijn opgetreden.

Bijlage 1

Situering boorpunten



MATEN IN METERS, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
MATERIALEN IN MILLIMETERS

Opdrachtgever:

RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE OOST NEDERLAND  Grontmij

Project

UITBREIDING SLUIZEN EEFDE

Onderdee

SITUATIE BORINGEN DIJK- EN OEVERGEBIED

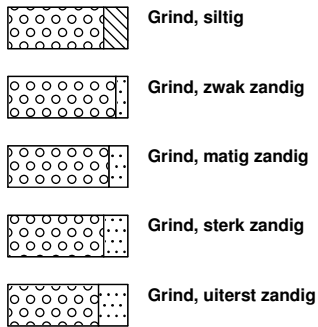
Tekeningnummer	Rev.	Bestandsnaam	Formaat	Schaal	Blad	Aantal
44A62199		44A62199.dwg	5Z	1:2000	2	
Kantoor	Projectnummer	Besteknummer	Datum van uitgave	Get.	Gez.	Acc.
ARNHEM	291914		15-11-2012	DE		

Bijlage 2

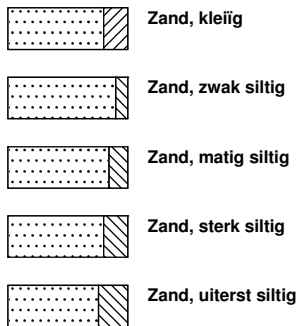
Boorprofielen en legenda

Legenda (conform NEN 5104)

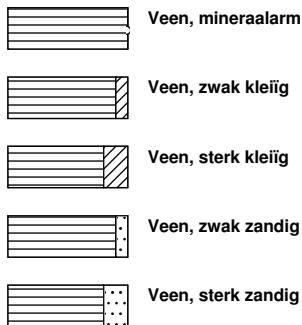
grind



zand



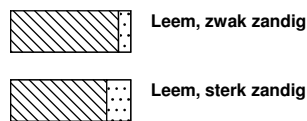
veen



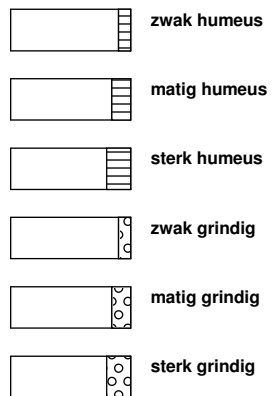
klei



leem



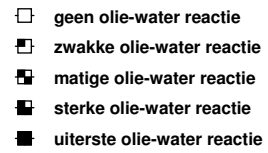
overige toevoegingen



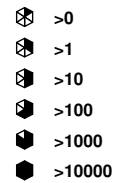
geur



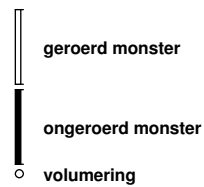
olie



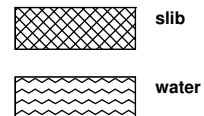
p.i.d.-waarde



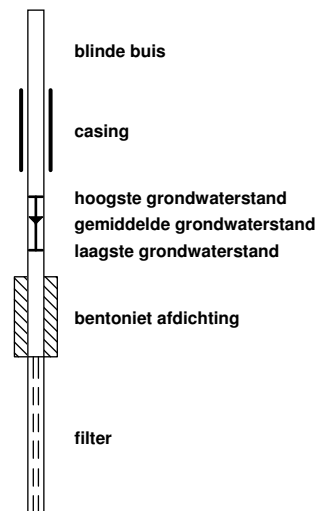
monsters



overig

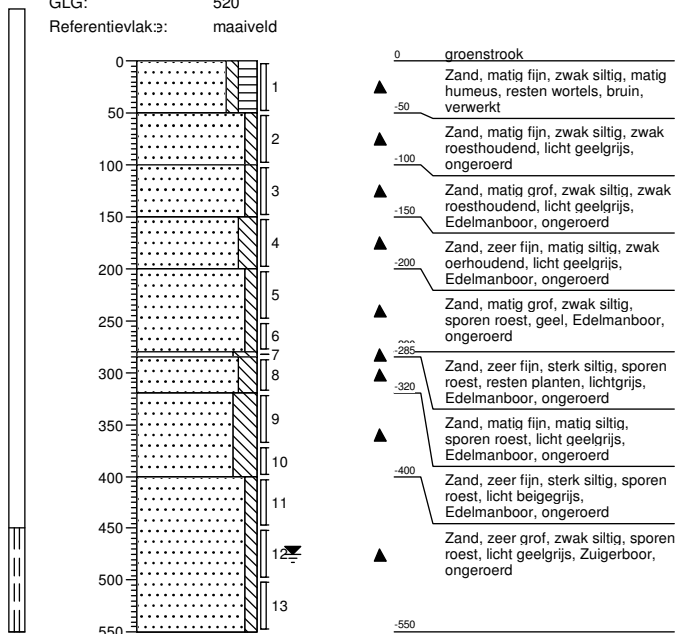


peilbuis



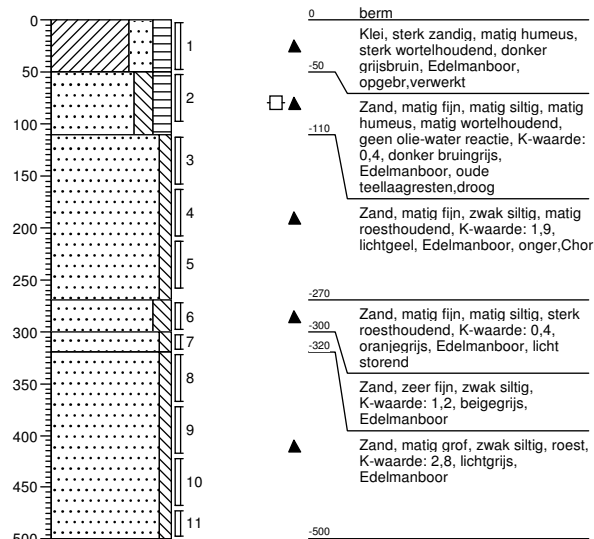
Boring: A01

X:
Y:
Datum: 15-10-2012
GWS: 475
GHG: 120
GLG: 520
Referentievlak: maaiveld



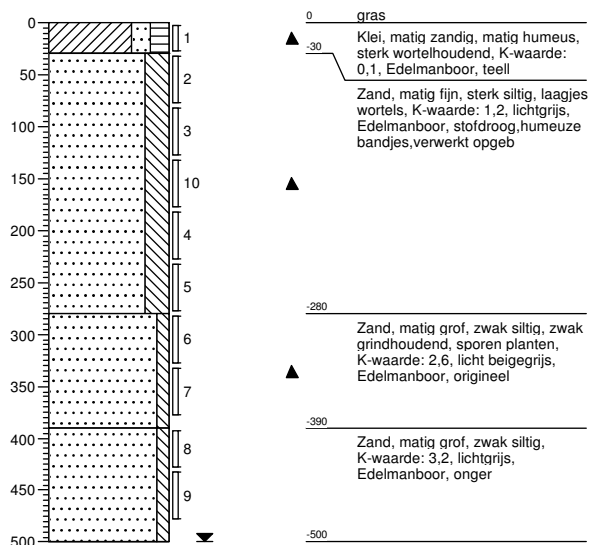
Boring: A02

X:
Y:
Datum: 12-10-2012
GWS: 490
GHG: 490
GLG:
Referentievlak: maaiveldroog



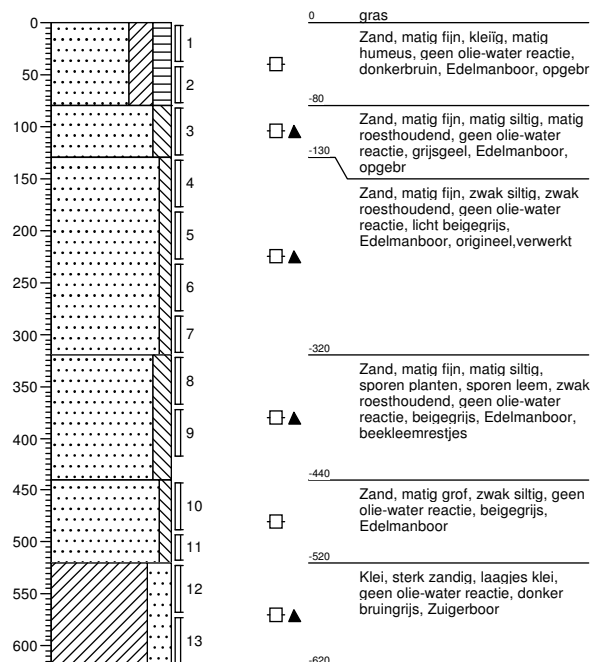
Boring: A04

X:
Y:
Datum: 12-10-2012
GWS: 500
GHG: 460
GLG:
Referentievlak: maaiveld



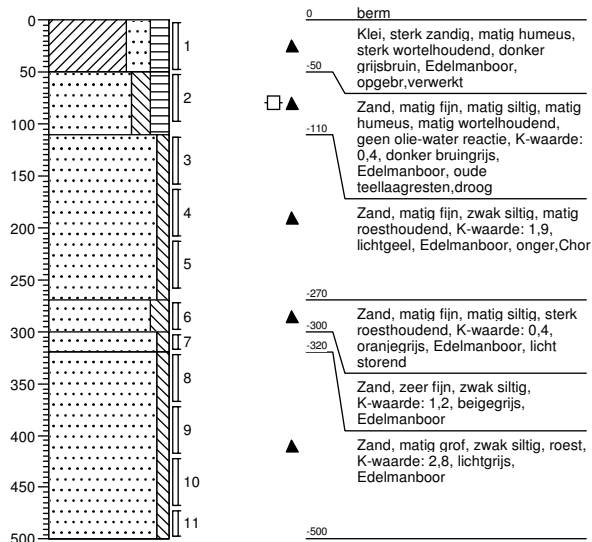
Boring: A17

X: 212486,39
Y: 463846,71
Datum: 12-10-2012
GWS: 320
GHG: 320
GLG: 500
Referentievlak: maaiveld



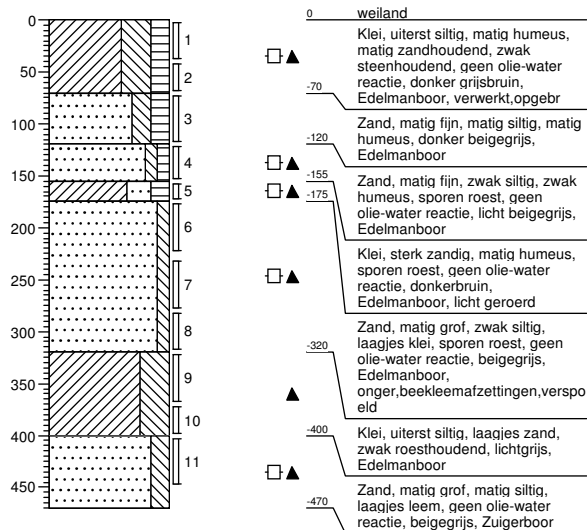
Boring: A2

X:
Y:
Datum: 12-10-2012
GWS:
GHG: 490
GLG:
Referentievlak: maaiveldroog



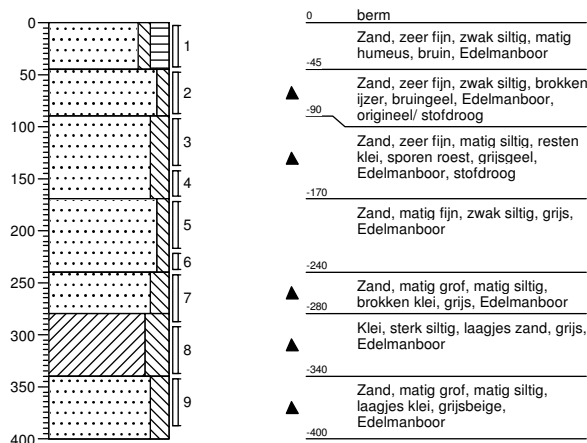
Boring: A27

X:
Y:
Datum: 11-10-2012
GWS:
GHG: 230
GLG: 370
Referentievlak: maaiveld



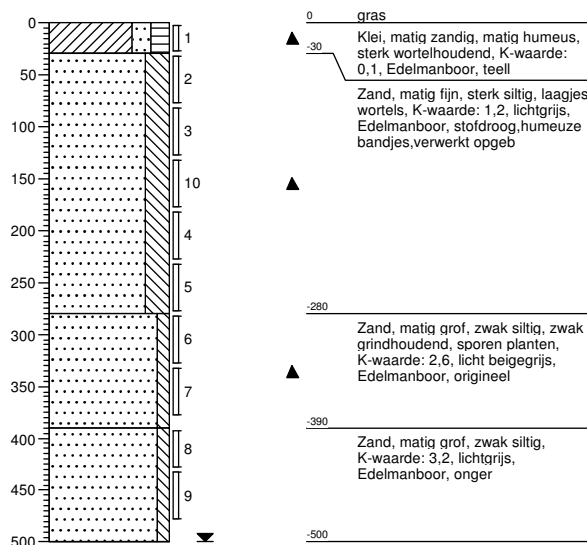
Boring: A28

X:
Y:
Datum: 24-9-2012
GWS:
GHG: 220
GLG: 390
Referentievlak: maaiveld



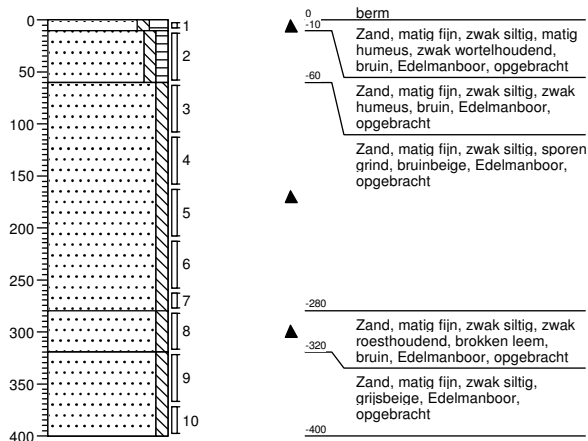
Boring: A4

X:
Y:
Datum: 12-10-2012
GWS: 500
GHG: 460
GLG:
Referentievlak: maaiveld



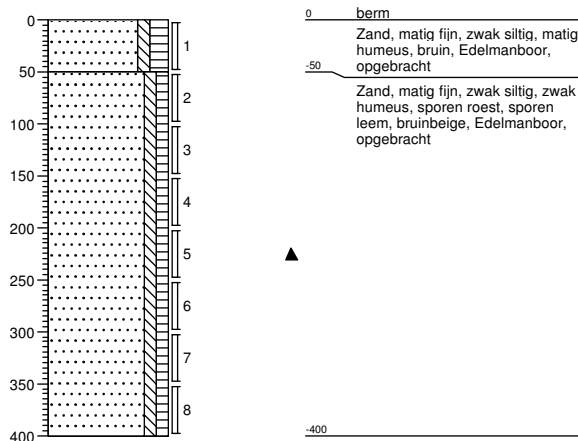
Boring: A46

X:
Y:
Datum: 25-9-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



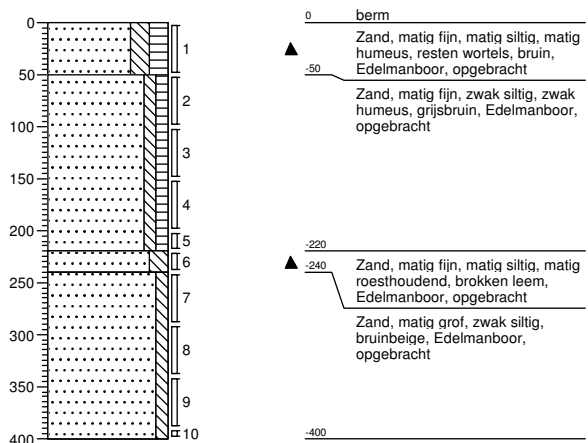
Boring: A47

X:
Y:
Datum: 25-9-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



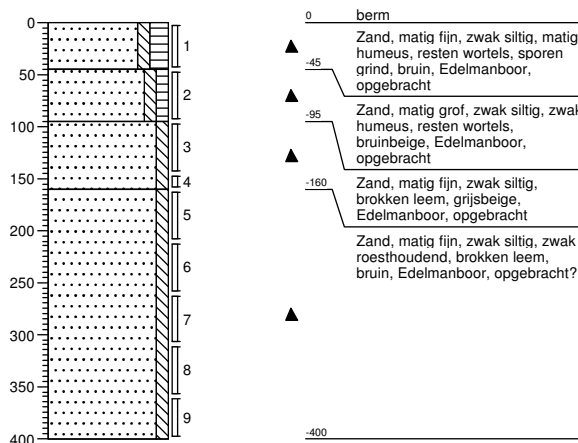
Boring: A48

X:
Y:
Datum: 25-9-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



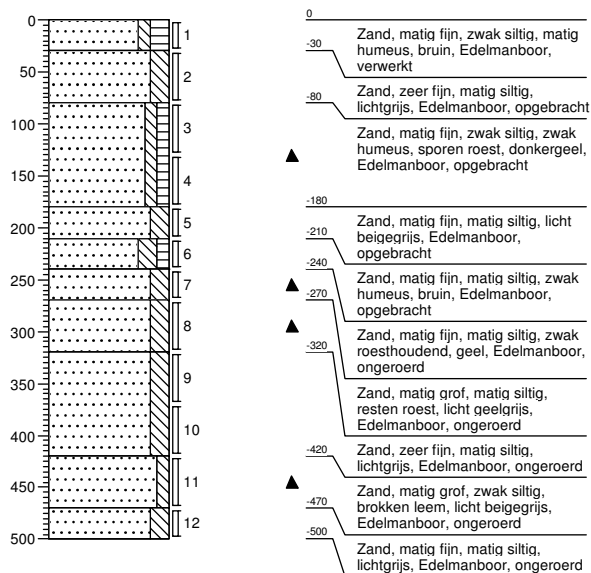
Boring: A49

X:
Y:
Datum: 25-9-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



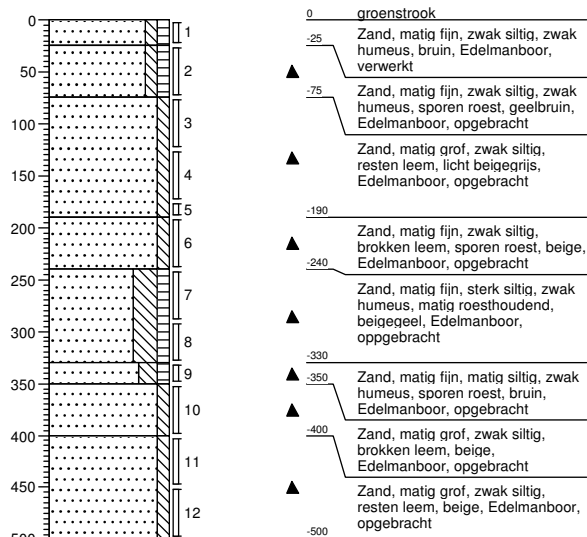
Boring: D01

X:
Y:
Datum: 15-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



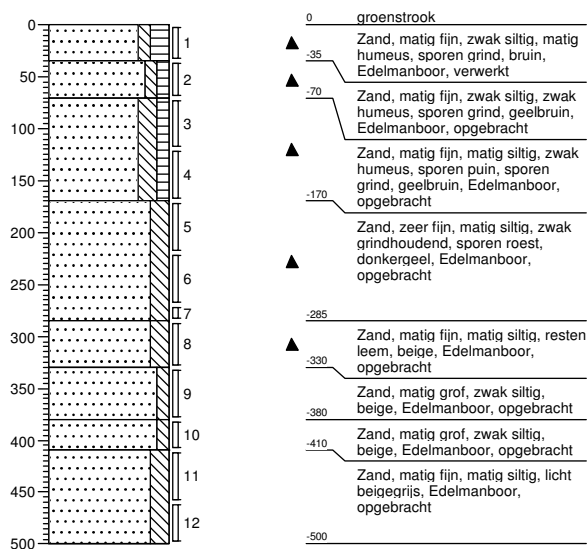
Boring: D03

X:
Y:
Datum: 12-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



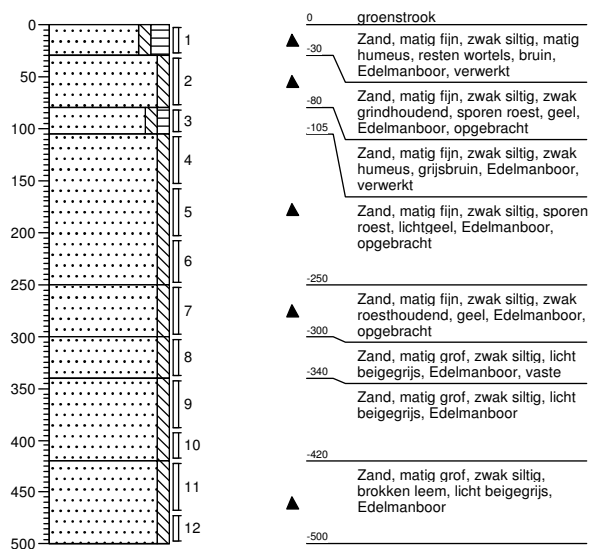
Boring: D05

X:
Y:
Datum: 12-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



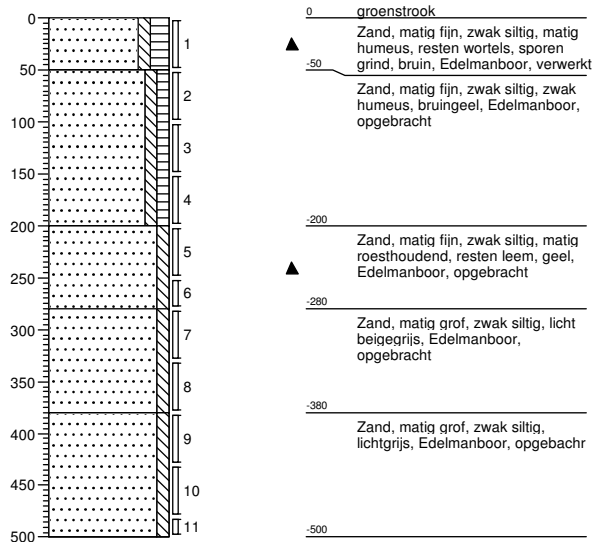
Boring: D07

X:
Y:
Datum: 11-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlak: maaiveld



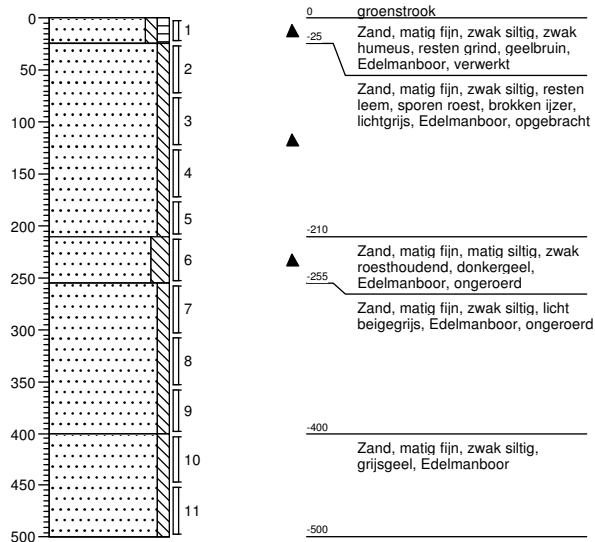
Boring: D09

X:
Y:
Datum: 11-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlaak: maaiveld



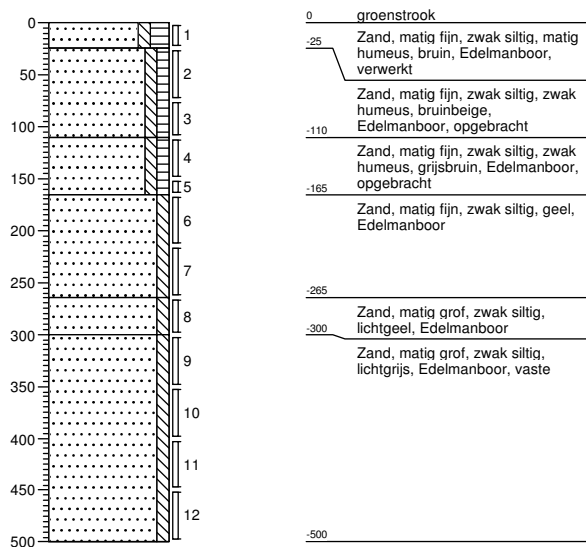
Boring: D11

X:
Y:
Datum: 11-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlaak: maaiveld



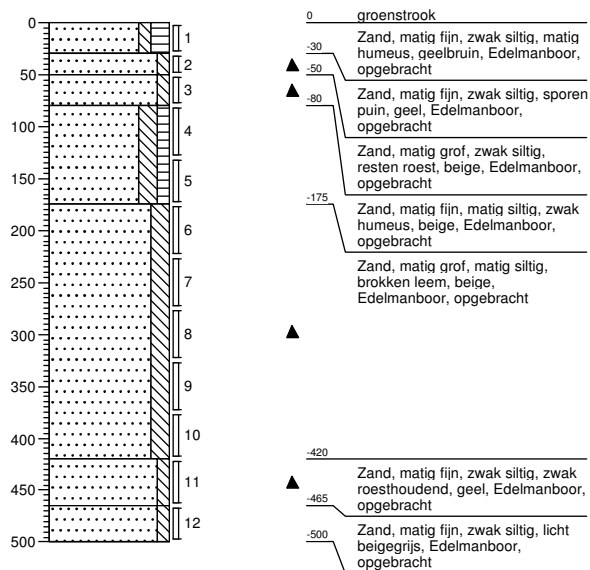
Boring: D15

X:
Y:
Datum: 10-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlaak: maaiveld



Boring: D18

X:
Y:
Datum: 10-10-2012
GWS:
GHG:
GLG:
Referentievlaak: maaiveld



Boring: D19

X:

Y:

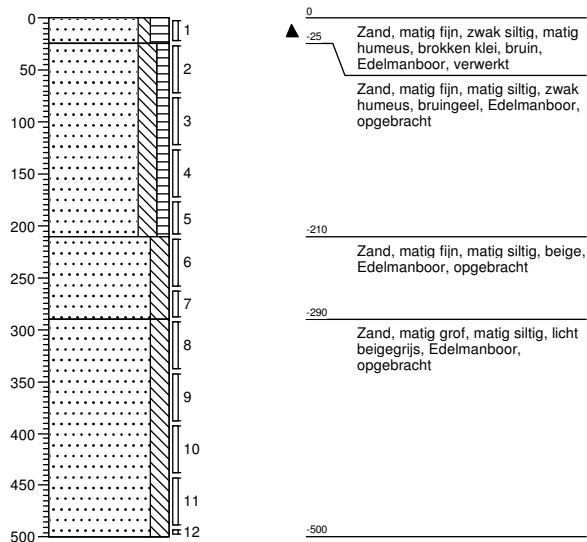
Datum: 15-10-2012

GWS:

GHG:

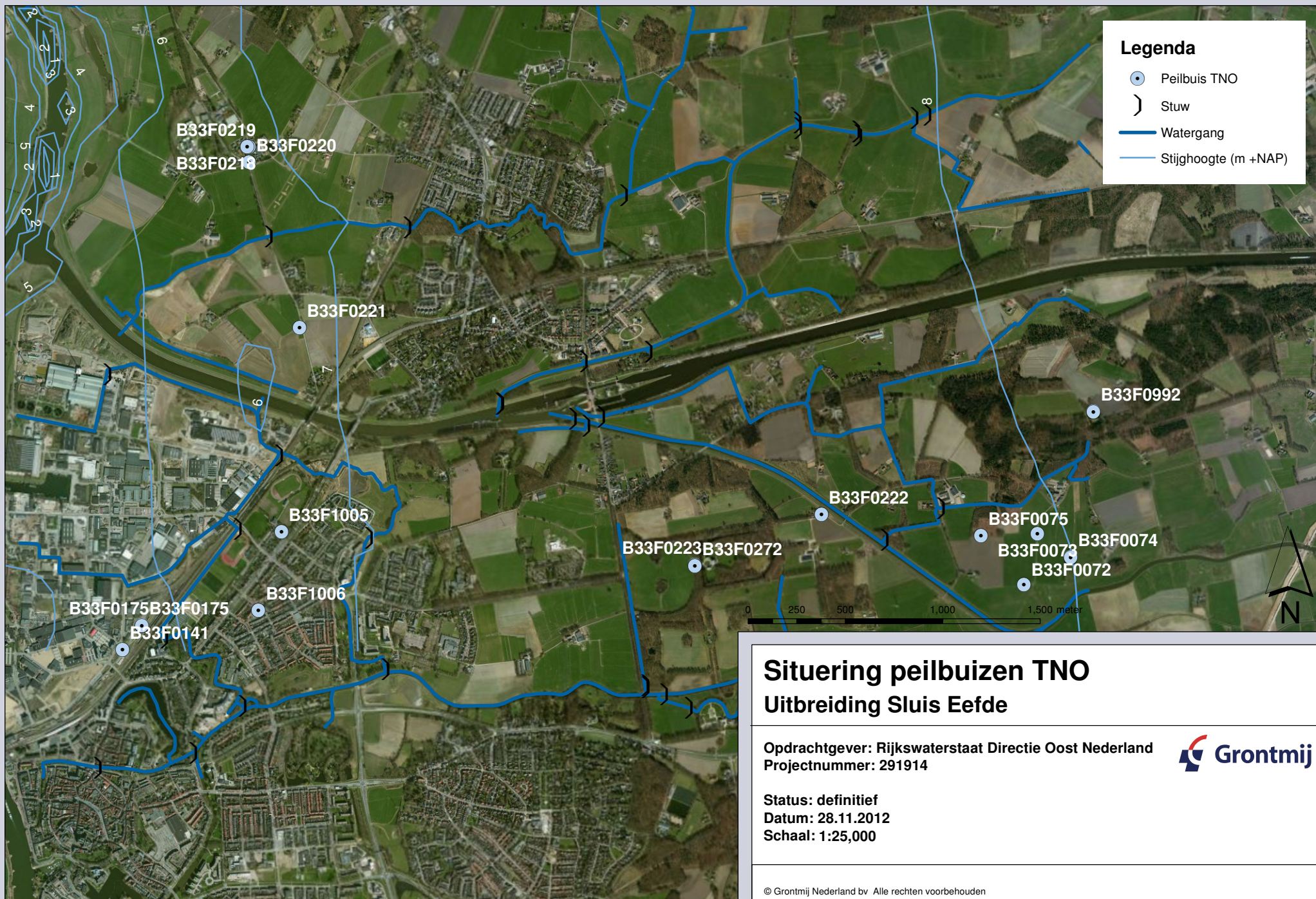
GLG:

Referentievlak: maaiveld



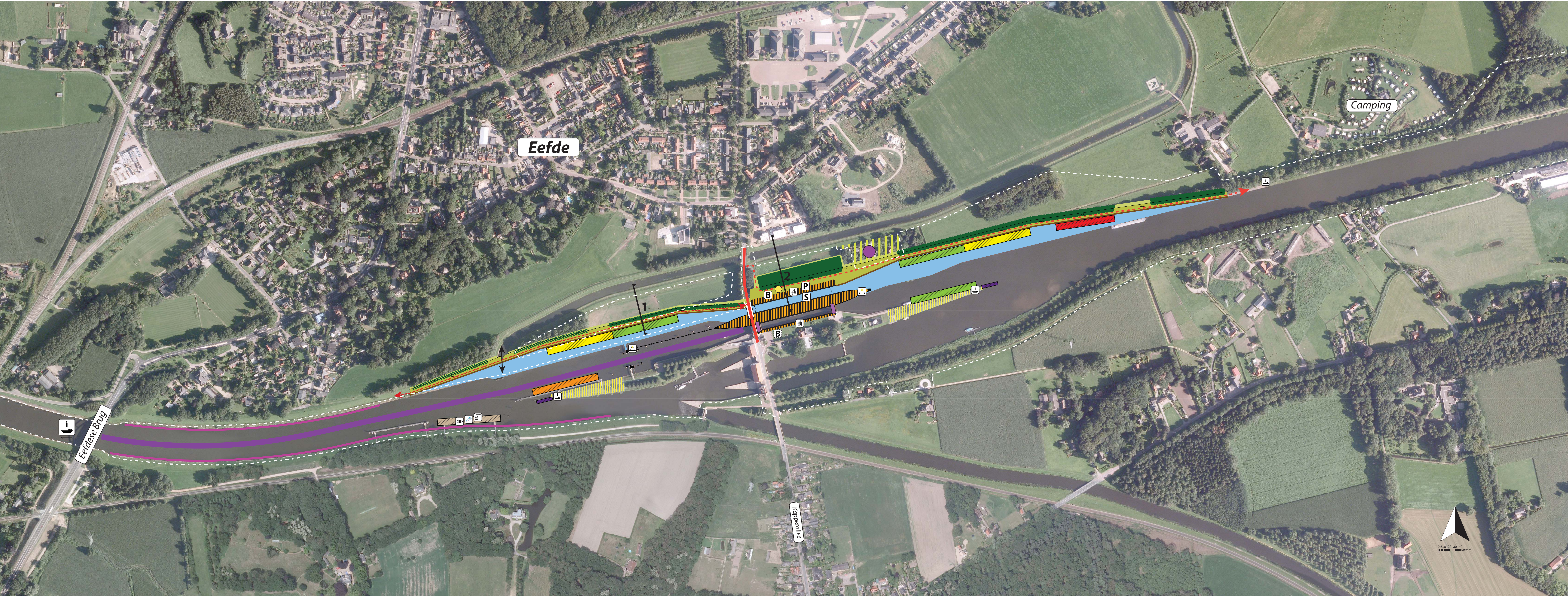
Bijlage 3

Situering peilbuizen TNO



Bijlage 4

Variant Scheepsvaart centraal

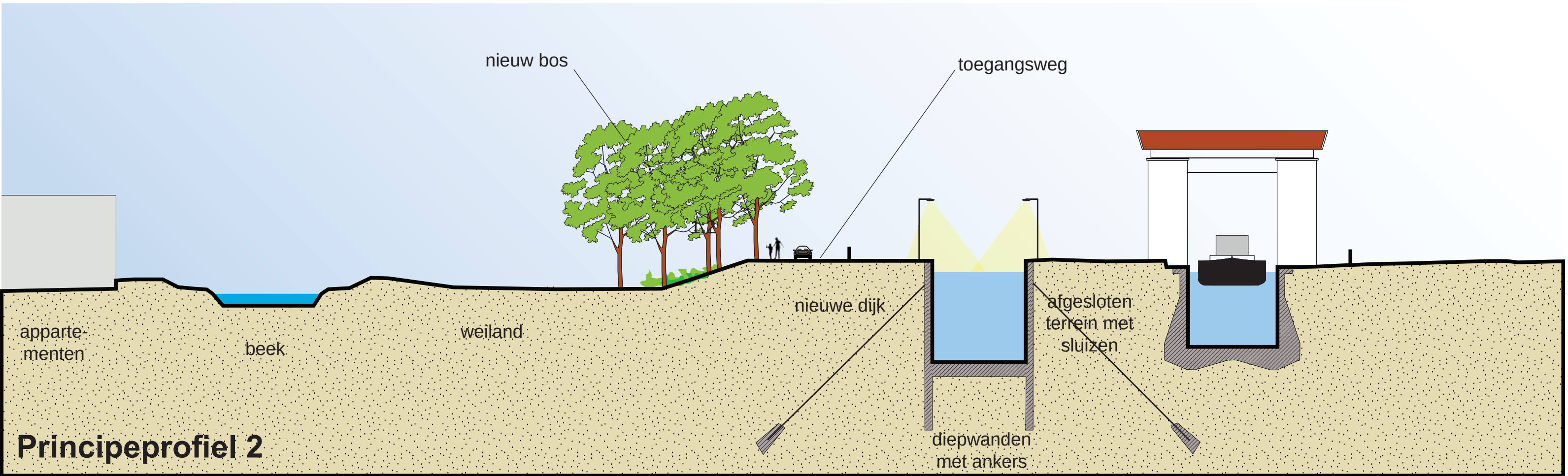
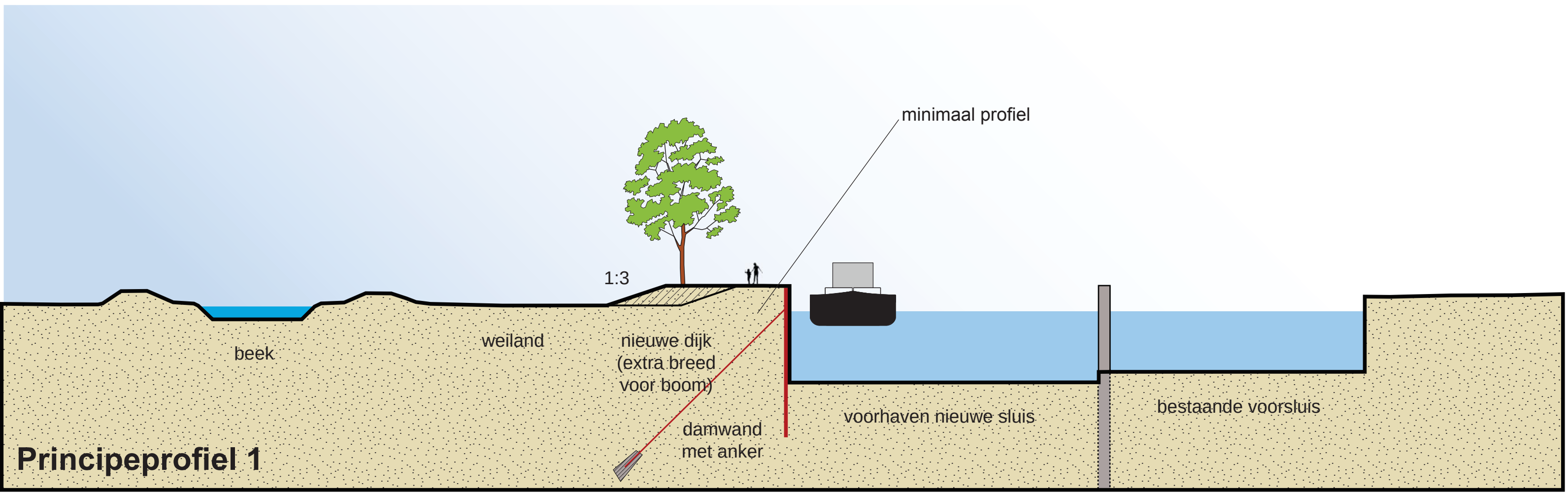


Legenda

- Eigendomsgrens Rijkswaterstaat
- Baggeren bodem - conform tekening
- Aanpassen oeverbeschoeiing - steiler talud met stortsteen
- Ontgraven -> aanleg water
- Damwand
- Aanpassen of vernieuwen aflaat
- S** Aanleg van extra sluis
- Opstelplaats
- Opstelplaats Kegelschip
- Gecombineerde (Kegel) opstelplaats
- Wachtplaats
- Ligplaats / Overnachtingsplaats
- Opstelplaats recreatievaart
- Aanleg brug over extra sluis (vaste brug, onderkant 13.10m +NAP)
- Veiligheidszone rondom bestaande en nieuwe sluis
- Heftorens (bestaand)
- Sloop woningen Kanaalpad

- Potentele herinrichting landschap
- B** Nieuw bedieningsgebouw (mogelijke locaties)
- Inpassen van uitkijkplaats - herstellen informatiepunt - terugbrengen parkeerplaatsen en zijte
- Aanleg bomenlaan
- Aanplanten en herstel bosrand
- Aanplanten bos met struiken
- Aanleg wandelpad
- Walstroon
- Huishoudelijk afvalwater scheepvaart
- Kades nuttig inrichten ten behoeve van scheepvaart
- Auto-lossteiger
- P** Parkeervoorzieningen
- Hellingspercentage Kapperalle aanpassen
- Nieuwe wegen
- Informatiebord scheepvaart
- Huishoudelijk afval scheepvaart
- Bewegwijzering scheepvaart

- Ambitie gehele complex duurzaam inrichten -



Bijlage 5

Modelbeschrijving

Algemeen

In dit hoofdstuk wordt de modellering van de grondwaterstroming beschreven. Voor de modellering van de grondwaterstroming is gebruik gemaakt van de rekencode MODFLOW. MODFLOW is een modulair, driedimensionaal, eindige-differentieprogramma, dat is ontwikkeld door de United States Geological Survey (USGS, Mc Donald & Harbaugh, 1988). Het pakket kan zowel stationaire als niet-stationaire stroming simuleren in (verzadigd) freatische, semigespannen en gespannen watervoerende lagen.

Als modelschil is gebruik gemaakt van GMS, versie 8.3. Deze schil is ontwikkeld door het 'Environmental Modeling Research Laboratory' van 'Brigham Young University' in samenwerking met de 'U.S. Army engineer Waterways Experiment Station'. Binnen deze gebruikersschil kunnen MODFLOW-invoerfiles worden bewerkt en kunnen de resultaten overzichtelijk worden gepresenteerd.

Modelopbouw

Het grondwatermodel is opgebouwd uit zes modellagen (tot de formatie van Kreftenheye, laagpakket Urk). De omvang van het model bedraagt 6,0 bij 4,0 km. Ter plaatse van de sluis is het grid verfijnd tot 10 bij 10 m. Op de rand is de gridgrootte circa 100 bij 100 m. In figuur B5.1 is het modelgrid weergegeven.



Figuur B5.1: Modelgrid

Bodemopbouw

In tabel B5.1 zijn de modelparameters beschreven die gehanteerd zijn in de berekeningen. De dikte van de modellagen zijn afgeleid van REGIS. De doorlaatfactoren zijn voor de afzonderlijke bodemlagen gelijk, in het gehele model, op basis van de REGIS-gegevens in het modelgebied. Deze waarden wijken mogelijk af van de waarden genoemd in hoofdstuk 2 aangezien in hoofdstuk 2 de directe omgeving van de sluis is beschouwd en in tabel B5.1 het gehele modelgebied.

Tabel B5.1 **Modelschematisatie**

		Laag 1 holoceen	Laag 2 Boxtel	Laag 4 Kreftenheye	Laag 5 Urk, klei	Laag 6 Kreftenheye
Bovenkant (m +NAP)	minimum	4,48	3,24	-2,34	-2,34	-28,57
	maximum	20,55	9,26	7,30	7,30	-3,82
	gemiddelde	9,26	8,01	3,71	3,71	-8,26
	mediaan	8,77	8,37	3,67	3,67	-6,75
	st. deviatie	2,24	1,29	1,20	1,20	3,93
Onderkant (m +NAP)	minimum	3,24	-1,27	-2,34	-28,57	-41,36
	maximum	9,26	8,45	7,30	-3,82	-28,24
	gemiddelde	8,01	4,88	3,71	-8,26	-32,72
	mediaan	8,37	4,99	3,67	-6,75	-32,19
	st. deviatie	1,29	1,16	1,20	3,93	1,66
k-waarde (m/dag)	minimum	0,00*	0,00*	0,00*	0,01	0,15
	maximum	0,15	3,2	62,4	51,0	64,3
	gemiddelde	0,15	20,8	30,2	22,9	38,4
	mediaan	0,15	25,3	26,9	0,02	35,5
	st. deviatie	0,02	10,8	10,9	25,4	8,9

* door plaatselijk ontbreken van de laag is waarde 0 ingevoerd (inactieve cellen)

Oppervlaktewatersysteem

In het model zijn de watergangen, voorpand, Twentekanaal en IJssel opgenomen.

De gegevens van de watergangen zijn ontleend van de leggergegevens (bodemhoogte en breedte) en stuwpeilen die opgevraagd zijn bij het waterschap. Voor de bodemweerstand is uitgegaan van de volgende waarden:

- watergangen breder dan 10 m: 5 dagen;
- watergangen breder dan 1 m: 2 dagen;
- watergangen smaller dan 1 m: 1 dag.

Voor het voorpand is uitgegaan van een waterpeil gelijk aan de IJssel ter plaatse van de monding met een bodemhoogte van NAP -1,2 m. De weerstand in het voorpand is geschat op twintig dagen.

Bij het Twentekanaal is een peil aangehouden van NAP +10,0 m met een bodemhoogte van NAP +4,8 m. De weerstand is geschat op 12 dagen (mondelinge informatie Waterschap Rijn en IJssel).

Bij de haven is uitgegaan van een waterpeil gelijk aan de IJssel ter plaatse van de monding met een bodemhoogte van NAP -1,36 m (circa 4 m beneden OLR). De weerstand in de haven is geschat op vijftig dagen.

De waterstanden in de IJssel zijn afgeleid van de gegevens van Rijkswaterstaat (betrekkingslijnen). Hierbij is een bodemhoogte aangehouden van NAP -2,0 m en een intreeweerstand van ca. 5 dagen.

Het oppervlaktewatersysteem is in figuur B5.2 weergegeven. In figuur B3.3 het oppervlaktewatersysteem weergegeven, zoals deze naar het model is vertaald.



Figuur B5.2 oppervlaktewatersysteem GIS



Figuur B5.3 Oppervlaktewatersysteem grondwatermodel

Onttrekkingen

Er bevinden zich enkele onttrekkingen in het modelgebied (zie gele stippen in figuur B5.2). Deze bevinden zich vooral ter plaatse van industrieterrein De Mars in Zutphen.

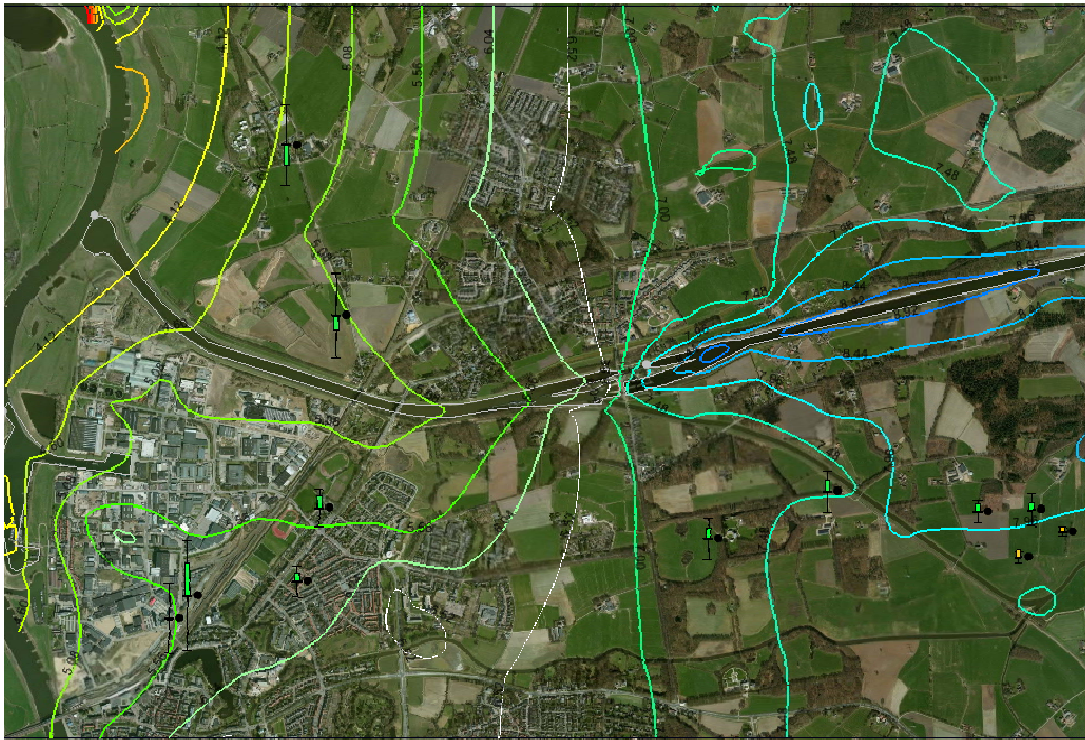
Tabel B5.5: Onttrokken hoeveelheden (2008)

Bedrijfsnaam	Locatie	Bovenkant filter (m +NAP)	Onderkant filter (m +NAP)	Vergunning (m³/jaar)	Onttrokken (m³/jaar)
Verhoeve Milieu	Oostzeestraat 1	-1,00	-11,00	0	1500
Zutphen Gemeente	Sportpark Noordveen	-2,00	-12,00	0	0
Edese Beton Centrale Ebc	Industrieweg	-1,00	-11,00	0	9035
Luvata Netherlands Bv	Oostzeestraat 10	-13,00	-36,00	566000	331591

Kalibratie

Door het ontbreken van een meerjarige meetreeks ter plaatse of nabij de locatie van de sluis is het niet mogelijk om het grondwatermodel uitgebreid te kalibreren . De gemiddelde grondwaterstandgegevens van de peilbuizen van TNO zijn gebruikt om het model zo goed mogelijk te kalibreren. Hierbij is per peilbuis de standaarddeviatie gebruikt als criterium (95% betrouwbaarheidsinterval op basis van de gemiddelde waarden en standaarddeviatie). In figuur B5.4 zijn de resultaten van het model weergegeven.

Uit figuur B5.4 blijkt dat voor vrijwel alle peilbuizen de grondwaterstanden binnen de gestelde marges goed worden berekend.



Figuur B5.4: Kalibratieresultaten

Door het berekenen van verschillen, als gevolg van de aanleg van de tweede sluis, wordt toch inzicht gekregen in het invloedsgebied van de ingreep. Het model wordt voornamelijk voldoende betrouwbaar geacht.

Een verdere kalibratie is mogelijk op basis van de grondwaterstandsmonitoring in het gebied.

Bijlage 6

Inrichting meetnet

Algemeen

Gelet op de belangen in de omgeving van de sluis is het meetnetontwerp gericht op monitoring, ten noorden van de tweede schutsluis. Hier bevindt zich de bebouwde kern van Eefde. Verwacht wordt dat door de aanwezige beek aan de noordzijde de effecten zullen mitigeren. Aan de zuidzijde worden de effecten naar verwachting door het Afleidingskanaal gemitigeerd. Om dit te kunnen toetsen worden ook aan de zuidzijde van het kanaal peilbuizen gesitueerd.

In de directe omgeving zijn geen peilbuizen aanwezig, waarin de grondwaterstand meerdere jaren geregistreerd is. De dichtstbijzijnde peilbuis bevindt zich op circa 1.600 m ten noordwesten van de tweede schutsluis (peilbuis B33F0221).

Inrichting meetnet

Gekozen is voor een meetnet bestaande uit totaal 11 peilbuizen met een filterstelling van 4 tot 5 m –mv (filterstelling in watervoerend pakket). De peilbuizen worden aan de bovenzijde afgewerkt met een stalen beschermkoker zodat peilbuizen beter beschermd zijn tegen vandalisme.

Plaatsing

Voorafgaande aan plaatsing wordt een WION-melding gedaan (voorheen: KLIC) om de ligging van kabels en leidingen vast te stellen en schade te voorkomen. De peilbuizen dienen op minimaal 10 m van kabels, leidingen en watergangen gesitueerd te worden. Bij voorkeur in openbaar terrein met goedkeuring van de grondeigenaar. De peilbuizen worden geplaatst conform NEN 5766.

Na plaatsing van de peilbuizen dient de peilbuis te worden afgewerkt met een stalen beschermkoker, voorzien van hangslot. Na afwerking moet de peilbuis schoongepompt worden om aanwezig slib en zand te verwijderen.

Inmeting

De maaiveldhoogte en bovenkant peilbuis dient te worden ingemeten ten opzichte van X, Y en Z (RD-stelsel en NAP). Tot slot worden fotografische opnamen gemaakt ten behoeve van het puttenboek.

Wijze van meten

Voor het bepalen van de grondwaterstanden wordt een grondwatermeetnet ingericht ter plaatse en in de omgeving van de nieuwe schutsluis. De stijghoogte in de verschillende peilbuizen wordt gemonitord door middel van dataloggers. De dataloggers registreren periodiek, op vaste tijdstippen, de waterdruk in de peilbuis. De waterdruk in de peilbuizen wordt periodiek geregistreerd. Door de waterdrukken te compenseren met de luchtdrukken en de handmetingen, kunnen de stijghoogten ten opzichte van NAP bepaald worden. Voor de bepaling van de luchtdruk wordt minimaal één peilbuis voorzien van een barometrische druksensor.

Voorgesteld wordt om dataloggers van de firma Schlumberger Waterservices te gebruiken (Diver, type DI501 met een meetbereik van 10 m en een nauwkeurigheid van $\pm 0,05\%$). Daarnaast zal één referentiepeilbuis worden gemonitord. Dit betreft een peilbuis op grotere afstand van de sluis (circa 1 km). Dit kan een bestaande peilbuis zijn, waarin de datalogger wordt geplaatst.

De meetfrequentie van de grondwaterstanden en stijghoogten is onder meer afhankelijk van de reactiesnelheid van het grondwatersysteem. Daarnaast speelt de samenhang met de overige te analyseren onderwerpen een rol, zoals de rivierstanden, neerslag en verdamping. De rivierstanden zijn met een hoge frequentie (eenmaal per 10 minuten) beschikbaar. De neerslag en verdappingsgegevens zijn op dagbasis beschikbaar. Met dataloggers zijn hoogfrequente metingen mogelijk. Voorgesteld wordt om een frequentie van eens per uur te hanteren. Dit is ruim voldoende om de reactie van het grondwatersysteem op veranderingen van rivierstanden te kunnen registreren.

Tijdens de realisatie wordt de grondwaterstand in de peilbuizen dagelijks (werkdagen) gemeten, om te kunnen beoordelen of er sprake is van (ongewenste) beïnvloeding. Dit is aanvullend op de dataloggers.

Meetduur

De metingen dienen zo snel mogelijk opgestart te worden om de nulsituatie vast te leggen. Een vuistregel leert dat minimaal twee jaar de grondwaterstand gemeten dient te worden om een nulsituatie goed vast te kunnen leggen. Gelet op de grote dynamiek van de IJssel is een lange periode wenselijk. De verwachting is dat deze periode niet beschikbaar is, waardoor haast dient te worden gemaakt met het inrichten van het meetnet om hierdoor zo lang mogelijk te kunnen meten, ten behoeve van het vastleggen van de nulsituatie. De definitieve nulsituatie wordt bepaald vlak voor het begin van de werkzaamheden aan de tweede schutsluis.

Vervolgens wordt er tot een jaar na realisatie van de tweede schutsluis doorgemeten om de blijvende effecten te kunnen registreren. Na afloop van de monitoring worden de gemeten grondwaterstanden geëvalueerd.

Vastlegging monitoringsmeetnet

De boorbeschrijving, inmeetgegevens, gegevens van de dataloggers en foto's worden opgenomen in het puttenboek om de peilbuizen in de toekomst terug te vinden en de locatie van het meetnet eenduidig vast te leggen. Dit puttenlogboek wordt gebruikt als ondersteuning bij het uitvoeren van periodieke metingen en eventueel gebruik door derden (metingen en onderhoud). In het puttenboek wordt de volgende gegevens minimaal opgenomen:

- codering van het meetpunt, plaatsingsdatum;
- locatiebeschrijving (adresgegevens);
- inmeetgegevens (XYZ) en maaiveldhoogte (t.o.v. NAP). De inmeetgegevens hebben de volgende nauwkeurigheid:
 - XY-coördinaat in RD-stelsel met een nauwkeurigheid van 1,0 m;
 - Z-hoogte in m +NAP met een nauwkeurigheid van 0,02 m;
- boorbeschrijving van het meetpunt;
- gegevens over diameter, diepte van de filterstelling(en) van de peilbuis;
- gegevens over druksensor:
 - type druksensor;
 - specifieknummer druksensor;
 - inhangdiepte (m –bovenkant filter);
 - geprogrammeerde meetfrequentie
 - grondwaterstand bij inhangen;
- locatiefoto's en boorgrafiek.

Indien blijkt dat een meetpunt bij uitlezing verdwenen is, dient de peilbuis binnen één week herplaatst te worden om een “gat” in de data te beperken. Bij het niet functioneren dient de datalogger binnen één week vervangen te worden.