

RAPPORT

Hydrologisch onderzoek voormalige stortplaats "Fort de Pol"

Klant: Waterschap Rijn en IJssel

Referentie: BI4347-MI-R001F.01

Status: 00/Definitief

Datum: 22-3-2022

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB Nijmegen
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Hydrologisch onderzoek voormalige stortplaats "Fort de Pol"

Ondertitel: Hydrologisch onderzoek "Fort de Pol"

Referentie: BI4347-MI-R001F.01

Status: 00/Definitief

Datum: 22-3-2022

Projectnaam: Hydrologisch onderzoek voormalige stortplaats "Fort de Pol"

Projectnummer: BI4347-100-100

Auteur(s): ██████████

Gecontroleerd door: ██████████

Datum: 22 maart 2022

Goedgekeurd door: ██████████

Datum: 22 maart 2022

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veeleenvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding/ kader	1
2	Doelstellingen en methodiek	2
2.1	Doelstellingen	2
2.2	Methodiek	2
3	Achtergrondgegevens	3
3.1	Stortplaats Fort de Pol	3
3.2	Bodemopbouw	4
3.3	Grondwaterstanden, stijghoogten en oppervlaktewater	7
4	Hydrologisch modelonderzoek	10
4.1	Inleiding	10
4.2	Topsysteem en bodemopbouw	10
4.3	Plan van aanpak	11
4.4	Berekende stijghoogten	11
4.5	Potentiële verspreiding verontreinigingen huidige situatie	13
4.6	Potentiële verspreiding verontreinigingen toekomstige situatie	14
5	Resume	16
6	Literatuur	17

Bijlagen

- Bijlage 1. Boringen (TNO, 2022)
- Bijlage 2. Sonderingen (TNO, 2022)
- Bijlage 3. Waterstanden IJssel
- Bijlage 4. Stoftransportprocessen

1 Inleiding/ kader

IJsselwind B.V. en het Waterschap Rijn en IJssel zijn voornemens om gezamenlijk binnen de gemeente Zutphen drie windturbines te realiseren (Windpark IJsselwind). Windturbinelocaties 1 en 2 zijn gelegen ten noorden van het Twentekanaal in het buitengebied van Zutphen en windturbinelocatie 3 is gelegen op het laagste plateau van Fort de Pol, een voormalige stortplaats.

Tegen de plannen is beroep aangetekend door omwonenden en Stichting Eefde Tegen-wind. Uit de uitspraak van de Raad van State (Uitspraak 201908401/1/R1) is op te maken dat de omwonenden vrezen in hun belang te worden geraakt door vrijkomende verontreinigingen. Zij vrezen dat de stabiele situatie die er nu is, zal worden verstoord door te gaan graven en heien voor de fundering van de windturbine.

Door de omstandigheid dat de appellanten een waterput van 11 m diep hebben, wordt gesteld dat niet op voorhand kan worden uitgesloten dat het plan leidt tot een aantasting van de bodem- en grondwaterkwaliteit ter plaatse van de woningen van de appellanten.

Vastgesteld is dat onvoldoende is onderbouwd of het plan uitvoerbaar is, dit vanwege het risico op verontreiniging van het grondwater en daarmee is het plan strijd in met artikel 3.2 van de AWb. Ten einde aan deze leemte tegemoet te komen dient een hydrologisch onderzoek te worden uitgevoerd. De regionale situering van het onderzoeksgebied is weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1. Situering stortvakken (zwart omkaderd) en beoogde locatie windturbine (rood).

2 Doelstellingen en methodiek

2.1 Doelstellingen

De doelstellingen van het hydrologisch onderzoek zijn:

- Inzicht verkrijgen in lokale bodemopbouw, grondwaterstanden, stijghoogten, grondwaterstroming en grondwaterkwaliteit;
- Onderzoeken in hoeverre de verontreinigingen de percelen van omwonenden kunnen bereiken en de belangen van de omwonenden kunnen schaden;
- Onderzoeken in hoeverre de beoogde werkzaamheden de verontreinigingssituatie ter plaatse van de voormalige stortplaats kunnen beïnvloeden.

2.2 Methodiek

Voor het hydrologisch onderzoek zijn de volgende gegevens verzameld:

- Grondwaterstandsmetingen en stijghoogten;
- Boorbeschrijvingen en sonderingen;
- Hydraulische karakteristieken van de bodemlagen;
- Situering en karakteristieken stortlichaam;
- Karakteristieken waterlopen;
- Maaiveldgegevens (huidig en historisch);
- Regionaal grondwatermodel AMIGO.

In een geohydrologisch detailonderzoek is de locatie nader onderzocht middels analyse van beschikbare onderzoeksgegevens (boorbeschrijvingen, sonderingen, grondwaterstanden etc.). Op basis van de beschikbare boringen en sonderingen is de bodemopbouw nader in kaart gebracht waarbij de nadruk is gelegd op het voorkomen van scheidende lagen en de hydraulische karakteristieken van de onderscheiden bodemlagen.

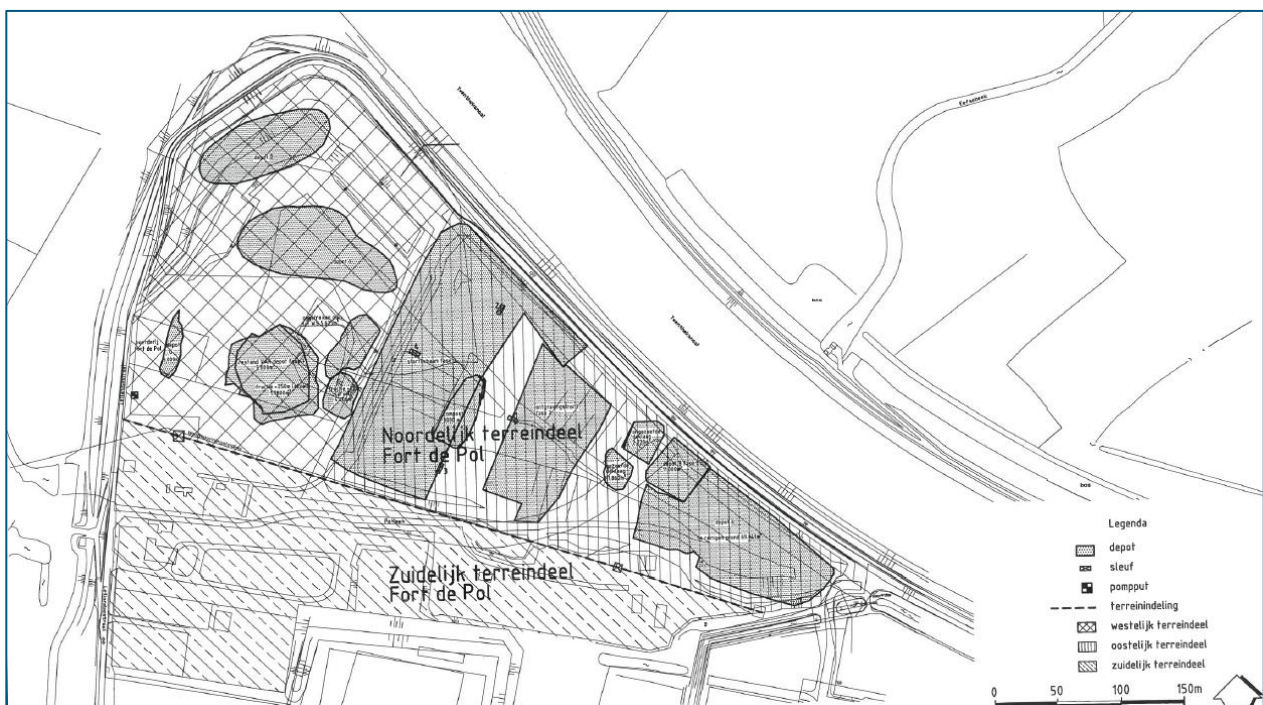
Om meer inzicht te krijgen in de freatische grondwaterstanden en de stijghoogten is het regionale grondwaterstromingsmodel AMIGO geraadpleegd. Met behulp van het grondwatermodel en lokale grondwaterstands- en stijghoogtemetingen is het lokale grondwaterstromingsbeeld vastgesteld. Op basis van het stromingsbeeld is vervolgens de potentiële verspreiding van de verontreinigingen bepaald waarbij tevens is aangegeven in hoeverre de verontreinigingen de percelen van de belanghebbenden kunnen bereiken.

Tenslotte is bekeken in hoeverre het aanbrengen van de fundering de verontreinigingssituatie ter plaatse van de voormalige stortplaats kan beïnvloeden.

3 Achtergrondgegevens

3.1 Stortplaats Fort de Pol

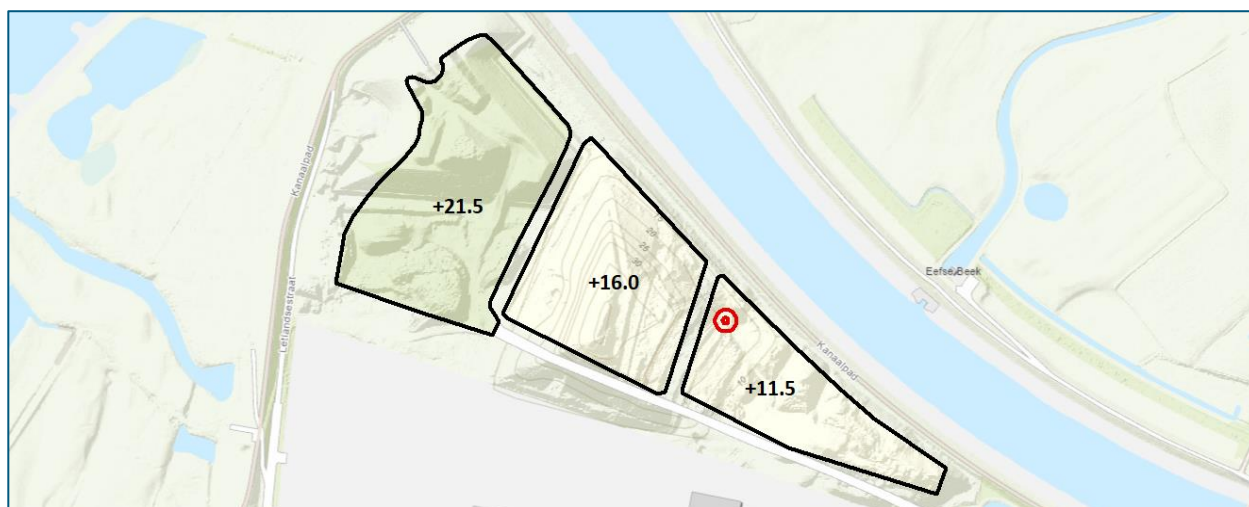
Voormalige stortplaats Fort de Pol ligt op industrieterrein De Mars te Zutphen en is in gebruik geweest tussen 1955 en beginjaren negentig. Voorafgaand aan het storten zijn geen bodembeschermende voorzieningen aangebracht. Op het gehele terrein is afval in het grondwater gestort. In 2004 is begonnen met de sanering van de voormalige stortplaats door middel van afvalmining. De voormalige stort is deels ontgraven en de bruikbare materialen zijn naar een verwerker afgevoerd. De niet herbruikbare materialen zijn in de naastgelegen nieuw aangelegde stortvakken gestort (Tauw, 2009).



Afbeelding 2. Situering terreindelen en depots in 2009.

Tijdens de sanering van de voormalige stort kwam naar voren dat het beoogde saneringsresultaat niet haalbaar was. De percentages vrij herbruikbaar materiaal waren lager dan vooraf ingeschat en dusdanig laag dat de nieuw aangelegde stortvakken onvoldoende capaciteit hadden om al het niet herbruikbare materiaal te bergen. Op 1 oktober 2007 is door de gemeente besloten de sanering stop te zetten en vervolgstappen te bepalen. In 2009 is door Tauw voor het noordelijk deel van de stortplaats een saneringsplan opgesteld. Op basis van de bevindingen van Tauw is besloten om het materiaal op de locatie te herschikken. Dit heeft geresulteerd in drie stortvakken die op verschillende niveaus zijn afgewerkt (zie afbeelding 3). Het stortmateriaal is aangebracht tot een maximale diepte van NAP +0.0 meter, lokaal kan de basis van het stortlichaam echter ondieper liggen. Aangenomen kan worden dat de basis van het stortlichaam onder de grondwaterspiegel ligt en dat het stortmateriaal dus in direct contact staat met het grondwater.

Ter plaatse van het centrale en het westelijke stortvak is geen onderafdichting aangebracht. Ter plaatse van de stortvakken is een (waterdoorlatende) leeflaag van circa 1.5 meter aangebracht.



Afbeelding 3. Situering en afwerkhoogte [m+NAP] nieuw gerealiseerde stortvakken.

3.2 Bodemopbouw

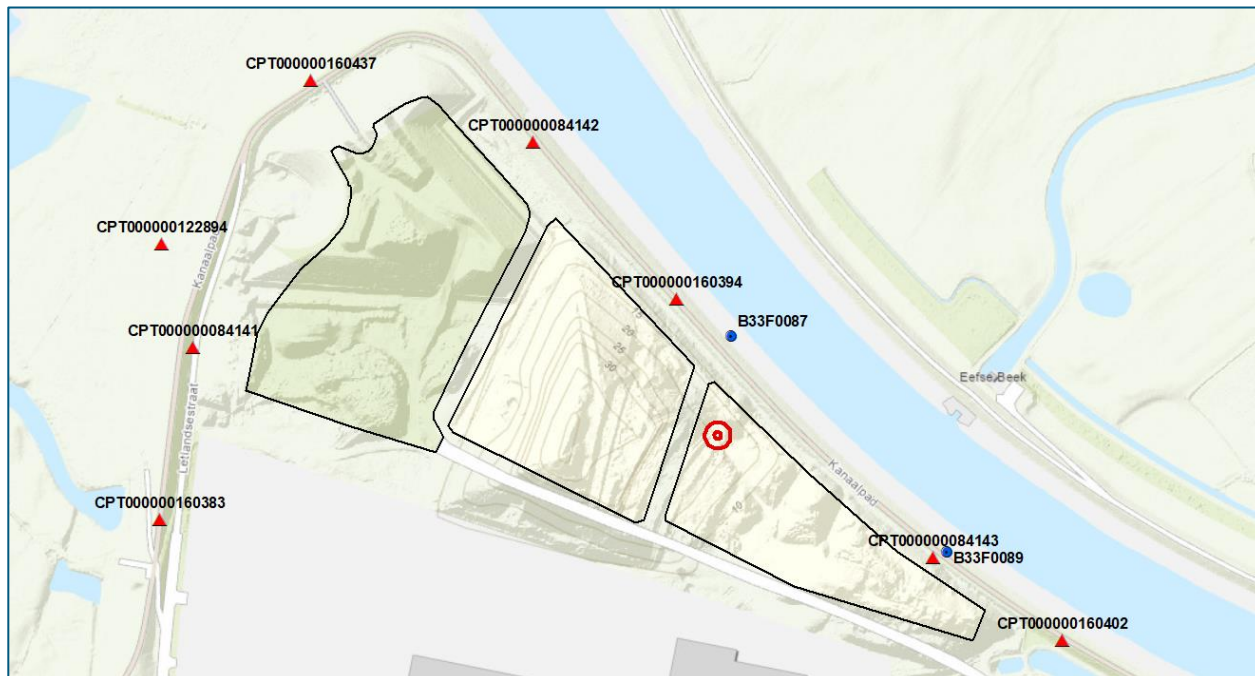
Regionale bodemopbouw

Ter plaatse van het onderzoeksgebied wordt het oorspronkelijke maaiveld op circa NAP +7 meter aangetroffen. In afbeelding 4 is de regionale bodemopbouw weergegeven tot circa 230 meter beneden maaiveld. Het geologisch profiel geeft de door TNO onderscheiden lagen aan.

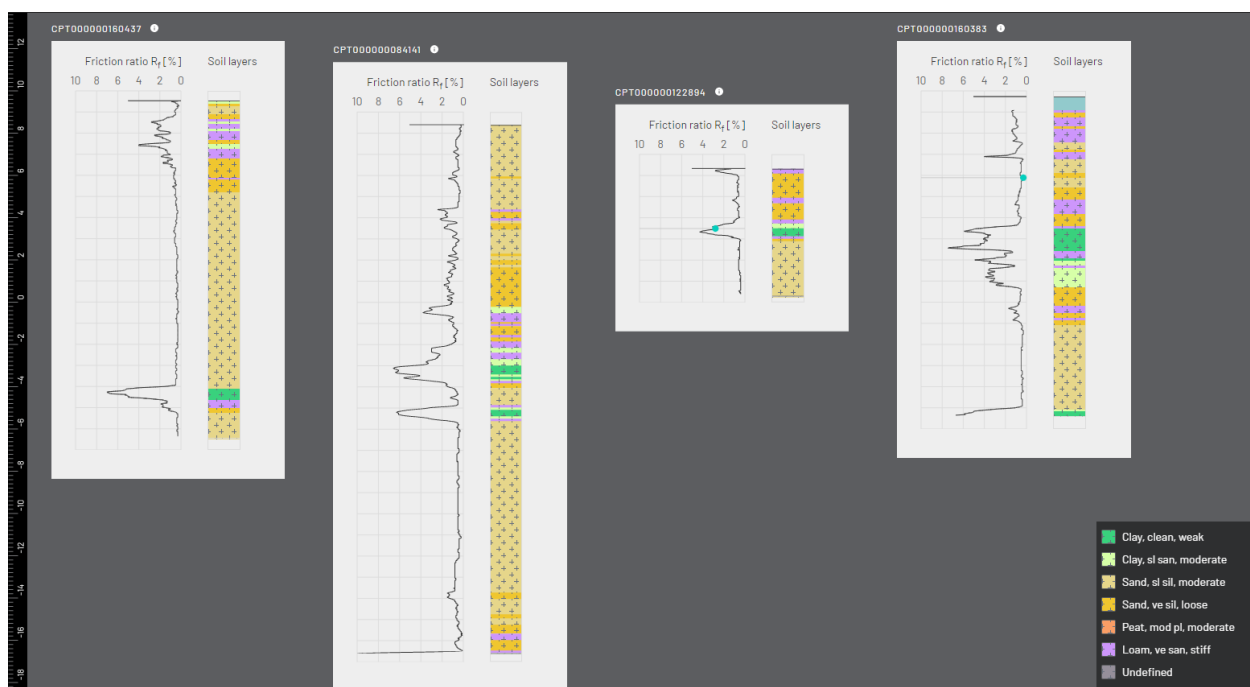
Op basis van de hydrologische karakteristieken kan de ondergrond tot NAP -183 meter onderverdeeld worden in diverse watervoerende pakketten en scheidende lagen. Tabel 1 geeft een overzicht van de regionale bodemopbouw die ten dele is ontleend aan de REGIS II.2 database (TNO, 2022).

De deklaag wordt gevormd door Holocene afzettingen bestaande uit klei, fijn zand en veen en de fijnzandige afzettingen van de Formatie van Boxtel. Het eerste watervoerende pakket heeft een dikte van circa 10 meter en is opgebouwd uit grove zanden van de Formatie van Kreftenheye. De Formatie van Kreftenheye vormt het eerste watervoerende pakket en wordt gekenmerkt door een hoge doorlatendheid. Het eerste watervoerende pakket wordt op een diepte van circa NAP -5 meter begrensd door een 2.5 meter dikke kleilaag (Laagpakket van Zutphen). Het tweede watervoerende pakket ligt onder het Laagpakket van Zutphen en is opgebouwd uit grove zanden van de Formatie van Kreftenheye. Het tweede watervoerende pakket wordt aan de onderkant begrensd door het laagpakket van Twello. Het laagpakket van Twello ligt op een diepte van circa NAP -34 meter en wordt gekarakteriseerd door een grote hydraulische weerstand (>50.000 dagen). Gezien de slechte doorlatendheid van dit laagpakket is de interactie tussen het tweede en het derde voerende pakket beperkt.

op een diepte van NAP -7 à -8.5 meter. De tweede scheidende laag is goed ontwikkeld en is opgebouwd uit klei- en veenlagen behorende tot het Laagpakket van Zutphen.

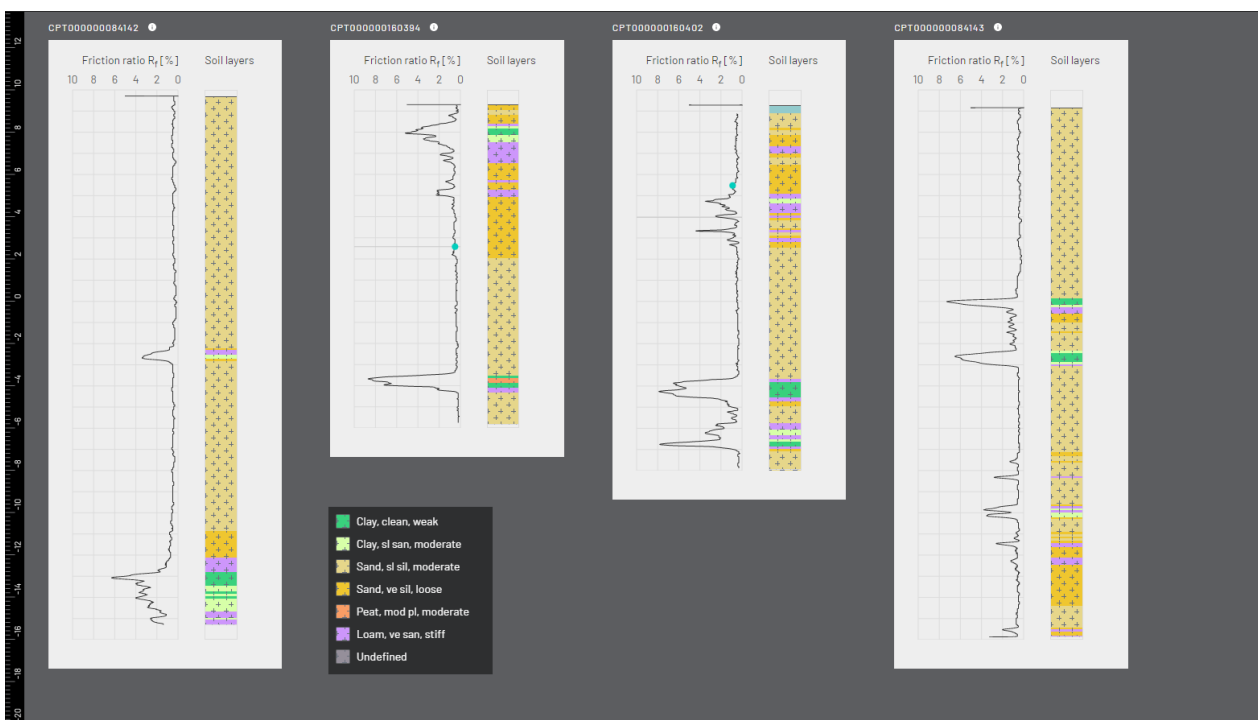


Afbeelding 5. Situering boringen (>5m-mv) en sonderingen [m].



Afbeelding 6. Afgeleide bodemopbouw ten westen van de stort.

In de omgeving van de stortplaats zijn 8 sonderingen gezet (zie ook bijlage 2). De op basis van de boorstaten afgeleide bodemopbouw is weergegeven in afbeeldingen 6 en 7. De zandlagen zijn weergegeven middels gele kleuren, veenlagen middels een oranje kleur en klei/leemlagen middels groene en paarse kleuren. Uit de afbeeldingen is op te maken dat het aantal scheidende lagen en de dikte en de diepte van de scheidende lagen sterk varieert. In een aantal sonderingen zijn tot een diepte van circa NAP +6.5 meter Holocene scheidende lagen te onderscheiden terwijl in andere sonderingen alleen maar zand wordt aangetroffen. In de meeste sonderingen worden tussen NAP -4 meter en NAP -8 meter goed ontwikkelde klei- en veenlagen aangetroffen van het Laagpakket van Zutphen. Aangezien de basis van de stort op NAP +0.0 meter ligt kan dus geconcludeerd worden het stortlichaam boven het Laagpakket van Zutphen is aangebracht en dat er dus sprake is een verminderd hydraulisch contact met de dieper gelegen zandlagen onder deze scheidende laag.



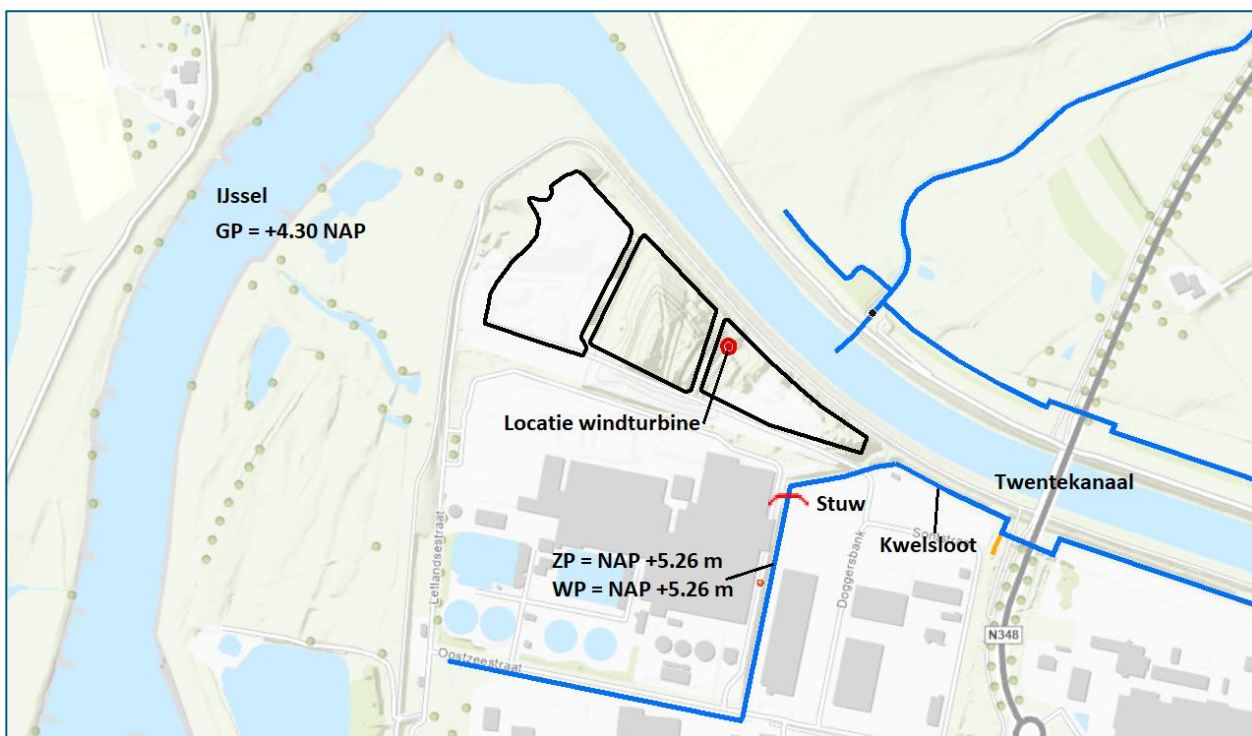
Afbeelding 7. Afgeleide bodemopbouw ten noorden van de stort.

3.3 Grondwaterstanden, stijghoogten en oppervlaktewater

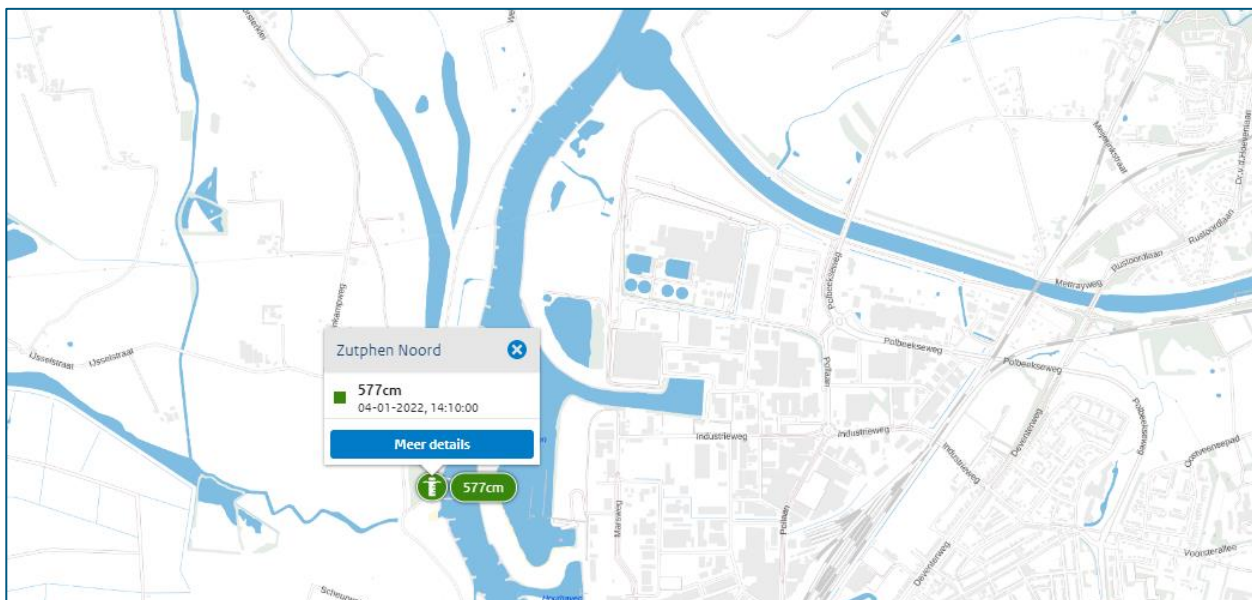
Oppervlaktewater

Het gebied kan gekarakteriseerd worden als vrij afwaterend waarin het grondwater middels waterlopen en beken uit het gebied wordt afgevoerd. De situering van de waterlopen is weergegeven in afbeelding 8. Fort de Pol grenst aan het Twentekanaal en ligt op circa 250 meter afstand van de IJssel. Het Twentekanaal staat in directe verbinding met de IJssel en het waterpeil in het Twentekanaal wordt dus gestuurd door het peil van de IJssel. Het waterpeil in de IJssel wordt continue gemonitord ter plaatse van meetstation Zutphen Noord (zie ook afbeelding 9). De waterstandskarakteristieken zijn opgenomen in bijlage 3. Het waterpeil van de IJssel varieert normaliter tussen NAP +2.6 meter en NAP +6.4 meter, met een gemiddelde van NAP +4.3 meter. Onder extreme condities kan het waterpeil toenemen tot NAP +8.4 meter (1x per honderd jaar).

Ten zuiden van het de stortplaats, parallel aan de Oostzeestraat, is een waterloop aanwezig waarin het peil middels een stut wordt gereguleerd. Het streefpeil aan de stroomafwaartse zijde van de stuw bedraagt NAP +5.26 meter. Het overschot aan water wordt via de kwelsloot en een gemaal naar het Twentekanaal afgevoerd.



Afbeelding 8. Situering waterlopen.

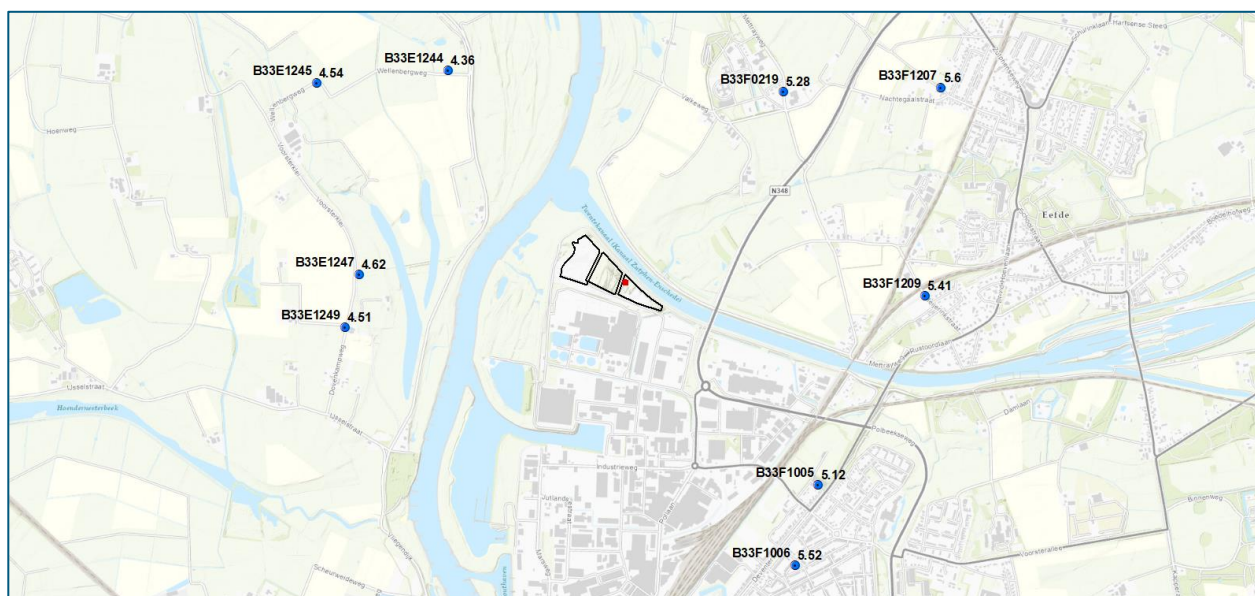


Afbeelding 9. Situering meetstation Zutphen Noord (bron: <https://waterinfo.rws.nl/#/kaart/Waterbeheer/>).

Grondwaterstanden en stijghoogten

Om meer inzicht te krijgen in de freatische grondwaterstanden en de stijghoogten is het digitale archief van TNO (DINO) geraadpleegd. Nadere bestudering van de gegevens heeft uitgewezen dat binnen een straal van 2 kilometer tot de voormalige stortplaats diverse peilbuizen zijn uitgerust met een filter in het eerste watervoerende pakket.

Afbeelding 10 geeft de situering van de peilbuizen weer en de gemiddeld gemeten grondwaterstanden. De grondwaterkarakteristieken van de peilbuizen zijn opgenomen in tabel 2. Uit de afbeelding is op te maken dat de gemiddelde stijghoogte afneemt in westelijke richting en dat de regionale grondwaterstroming, ten oosten van de IJssel, westelijk is gericht.



Afbeelding 10. Situering TNO-peilbuizen en gemiddeld gemeten grondwaterstand [m+NAP].

Tabel 2. Grondwaterstatistieken TNO-peilbuizen.

Peilbuis-filter	X-coördinaat	Y-coördinaat	Aantal metingen	Top filter [m+NAP]	Basis filter [m+NAP]	Min. GWS [m+NAP]	Gem. GWS [m+NAP]	Max. GWS [m+NAP]
B33E1244-1	209490	465249	2188	3.37	2.37	3.11	4.36	6.14
B33E1245-1	208828	465185	2274	3.89	2.89	3.90	4.54	5.34
B33E1247-1	209041	464220	1761	3.21	2.21	3.86	4.62	5.79
B33E1249-1	208969	463955	2277	3.52	2.52	3.72	4.51	5.62
B33F0219-1	211180	465140	29	5.25	4.75	4.75	5.28	6.71
B33F1005-1	211357	463160	3253	4.35	3.35	4.48	5.12	5.87
B33F1006-1	211239	462757	3309	4.87	3.87	5.03	5.52	6.11
B33F1207-1	211975	465160	2080	4.74	3.74	3.89	5.60	8.44
B33F1209-1	211896	464113	2236	3.49	2.49	3.28	5.41	7.13

Gezien de potentiële invloed van het Twentekanaal en gezien de afstand van de peilbuizen tot de onderzoekslocatie is het niet mogelijk om op basis van de metingen een betrouwbaar grondwaterstromingsbeeld af te leiden voor het gebied op en rondom de voormalige stortplaats. Tevens zijn er geen peilbuizen aanwezig die zijn uitgerust met een filter in het tweede of het derde watervoerende pakket. Om toch meer inzicht te krijgen in de lokale grondwaterstroming is het regionale grondwaterstromingsmodel AMIGO ingezet (zie hoofdstuk 4).

4 Hydrologisch modelonderzoek

4.1 Inleiding

Voor watersysteemkennis in de regio Gelderland Oost is het regionale grondwatermodel AMIGO ontwikkeld. Als gevolg van modelverbeteringen van verschillende omvang, veelal tijdens het gebruik uitgevoerd, is de oorspronkelijke modeldatabase uitgegroeid naar de huidige modeldatabase versie AMIGO 3.0 (2019). Het grondwatermodel is gekalibreerd zodat het model geschikt is om studies op regionale schaal uit te kunnen voeren, zowel stationair als niet-stationair. Daarnaast vormt het model een goede basis voor globale of meer lokale studies (Arcadis, 2019).

4.2 Topsysteem en bodemopbouw

In het regionale grondwatermodel zijn naast de grondwateraanvulling, grondwateronttrekkingen, buis- en oppervlakkige drainage, drie typen watergangen opgenomen (grote rivieren zoals de IJssel, de leggerwatergangen en tertiaire watergangen). De bodemopbouw is ontleend aan de REGIS II.2 database waarbij de hydrogeologische eenheden zijn vertaald naar een schematisatie van 15 lagen (in plaats van de standaard 19 lagen in REGIS II v2.2), dit om de rekentijden te beperken. Tabel 3 geeft een schematische weergave van dit lagenmodel tot aan het Laagpakket van Twello. In de eerste kolom worden de watervoerende (KD) en slecht doorlatende (C) lagen van het AMIGO 3.0 model gegeven. De tweede kolom geeft de afkorting van de hydrogeologische eenheden die binnen deze lagen vallen. In de derde kolom worden de hydrogeologische eenheden nader benoemd.

Tabel 3. Lagenmodel AMIGO 3.0 (Arcadis, 2019).

Lagenmodel AMIGO 3.0		
Modellagen	Hydrogeologische eenheid (REGIS II v2.2)	
	Afkorting	Volledige naam
KD01	HL-C	Holocene afzettingen, complexe eenheid
	BX-Z-2	F. v. Boxtel, 2e zandige eenheid
C01	HL-C	Holocene afzettingen, complexe eenheid
	BX-K-1	F. v. Boxtel, 1e kleiige eenheid
KD02	BX-Z-3	F. v. Boxtel, 3e zandige eenheid
C02	BX-K-2	F. v. Boxtel, 2e kleiige eenheid
KD03	BX-Z-4	F. v. Boxtel, 4e zandige eenheid
	KR-Z-2	F. v. Kreftenheye, 2e zandige eenheid
	KR-Z-3	F. v. Kreftenheye, 3e zandige eenheid
C03	KRZU-K-1	F. v. Kreftenheye, Lp. v. Zutphen, 1e kleiige eenheid
KD04	KR-Z-4	F. v. Kreftenheye, 4e zandige eenheid
C04	KRTW-K-1	F. v. Kreftenheye, Lp. v. Twello, 1e kleiige eenheid

Het stortlichaam is gesitueerd in de modellagen C01 (Holocene afzettingen) en KD02, C02 betreft de kleilaag die lokaal op circa NAP +0 meter wordt aangetroffen. KD03 (WVP 1) en KD04 (WVP 2) betreffen de grofzandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye die op een diepte van circa NAP -4 à 8 meter door het Laagpakket van Zutphen worden doorsneden (C02). Eenheid C04 betreft het Laagpakket

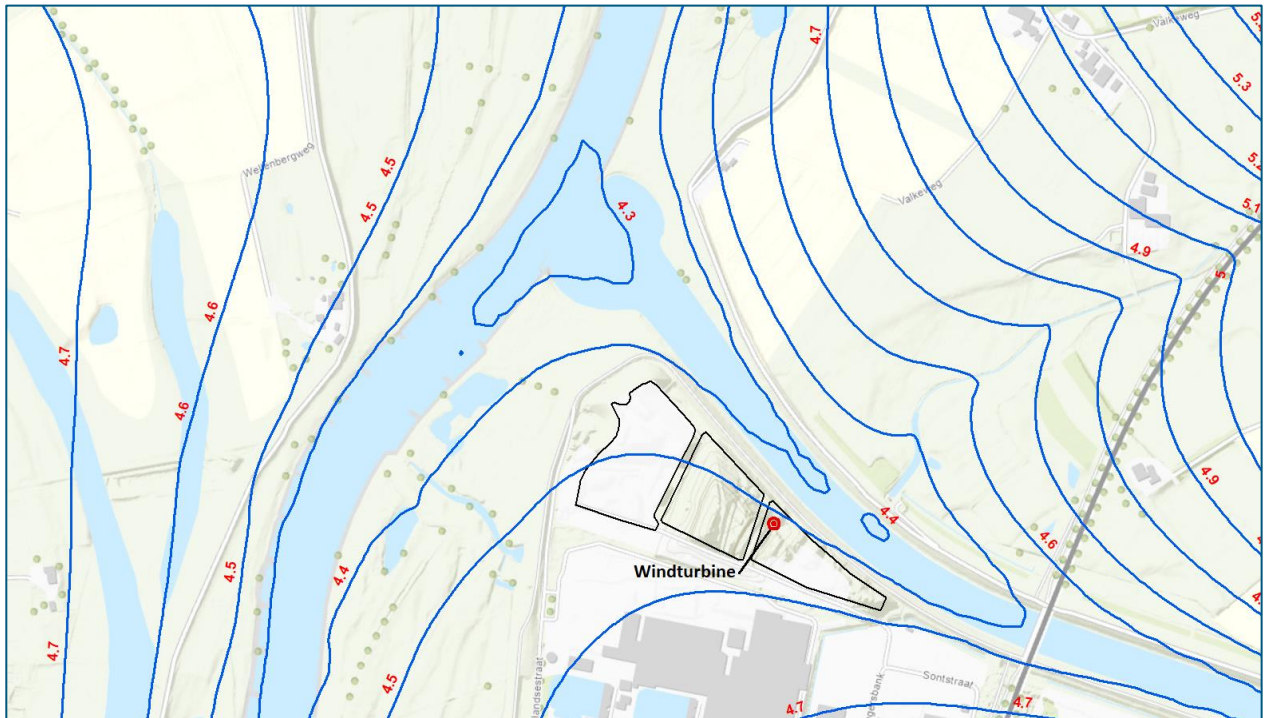
van Twello en kan gezien de grote hydraulische weerstand als de basis van het lokale hydrologische systeem worden beschouwd.

4.3 Plan van aanpak

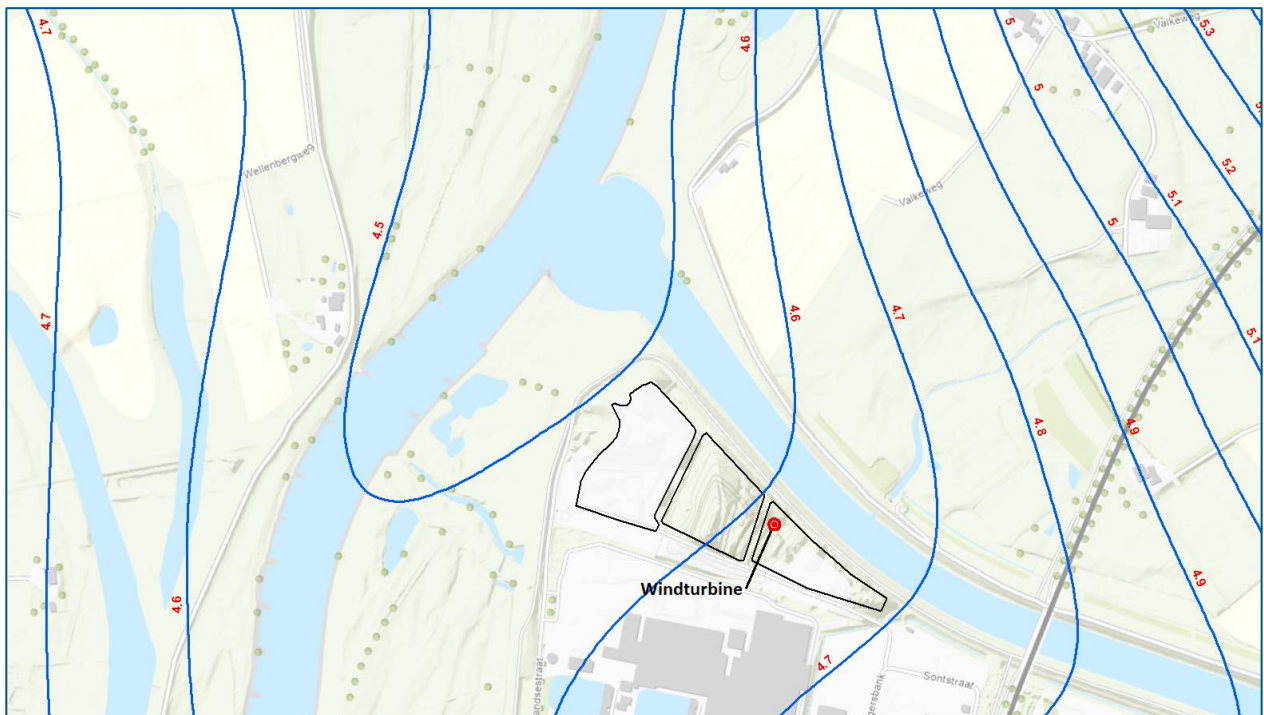
De grondwaterstroming en dus de verspreiding van verontreinigingen wordt met name bepaald door de bodemopbouw en de eigenschappen van de bodemlagen. Watervoerende pakketten worden gekenmerkt door een hoge doorlatendheid en in deze lagen vindt met name horizontale verspreiding plaats (met uitzondering van dichtheidsstroming). Slecht-doorlatende lagen (scheidende lagen) worden gekenmerkt door een lage doorlatendheid (ook wel uitgedrukt in weerstand) waarin de grondwaterstroming en verspreiding zeer gering is en met name in verticale richting plaats vindt. Gezien de grote hydraulische weerstand van het Laagpakket van Twello (modellaag C04) en het optreden van diepe kwel over deze laag zal de verspreiding van de verontreinigingen zich beperken tot de lagen boven het laagpakket van Twello. De verspreiding kan met name optreden in de grove afzettingen van de Formatie van Kreftenheye (modellagen KD03 (=WVP 1) en KD04 (=WVP 2)), de verspreiding in de slecht doorlatende Holocene afzettingen en de matig doorlatende afzettingen van de Formatie van Boxtel is naar verwachting beperkt. Om meer inzicht te krijgen in de grondwaterstromingsrichting en dus de potentiële verspreiding van de verontreinigingen boven en onder het Laagpakket van Zutphen dienen de stijghoogten in deze lagen te worden berekend. Bij de berekeningen wordt uitgegaan van een gemiddelde hydrologische situatie. Een hoogwatersituatie hoeft in dit kader niet beschouwd te worden aangezien gedurende deze condities het waterpeil en de stijghoogten onder het Twentekanaal hoger zijn dan de stijghoogten ten noorden en zuiden van het kanaal. Tijdens een hoogwatersituatie vormt het kanaal dus een hydrologische barrière en kan het verontreinigde grondwater het Twentekanaal niet passeren.

4.4 Berekende stijghoogten

Op iteratieve wijze is het grondwatermodel voor een gemiddelde situatie doorgerekend. Afbeelding 11 geeft de stijghoogten weer die voor het eerste watervoerende pakket zijn berekend. De berekende stijghoogten zijn representatief voor de grofzandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye die boven het Laagpakket van Zutphen zijn afgezet. In afbeelding 12 zijn de berekende stijghoogten weergegeven die representatief voor de grofzandige afzettingen van de Formatie van Kreftenheye tussen het Laagpakket van Zutphen en het Laagpakket van Twello (WVP 2).



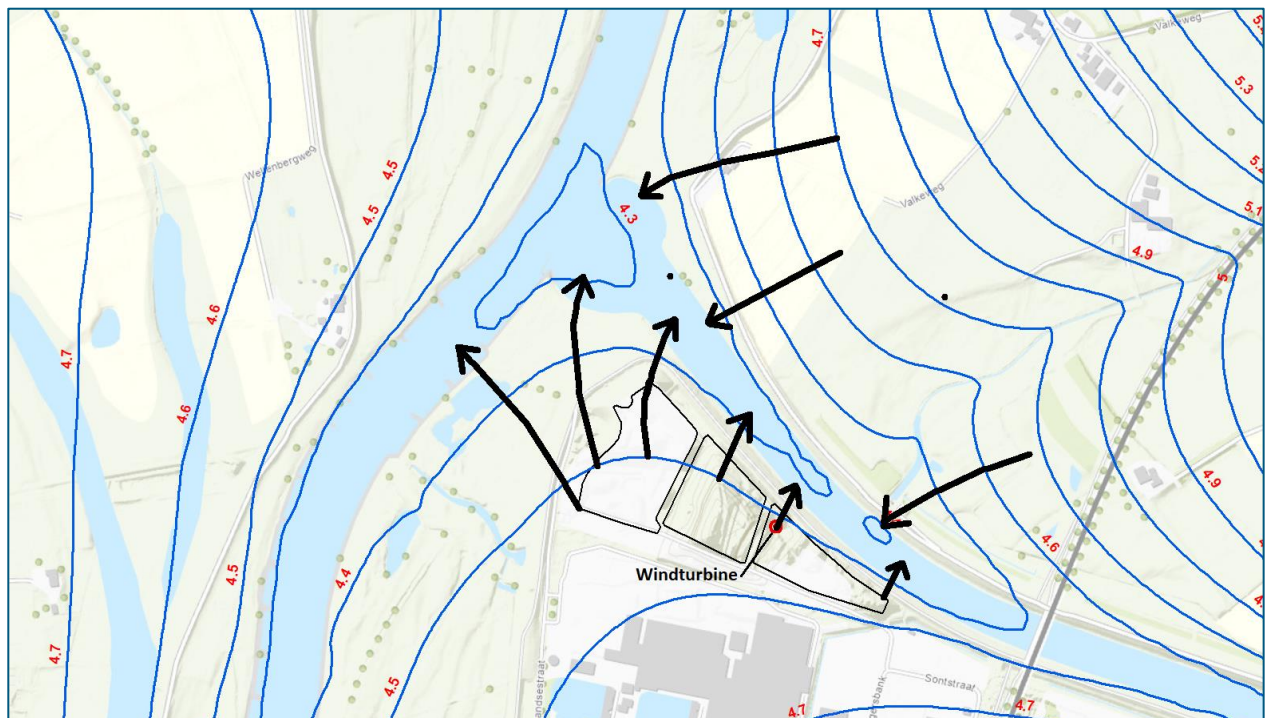
Afbeelding 11. Berekende stijghoogten WVP 1 (boven Laagpakket van Zutphen) [m+NAP].



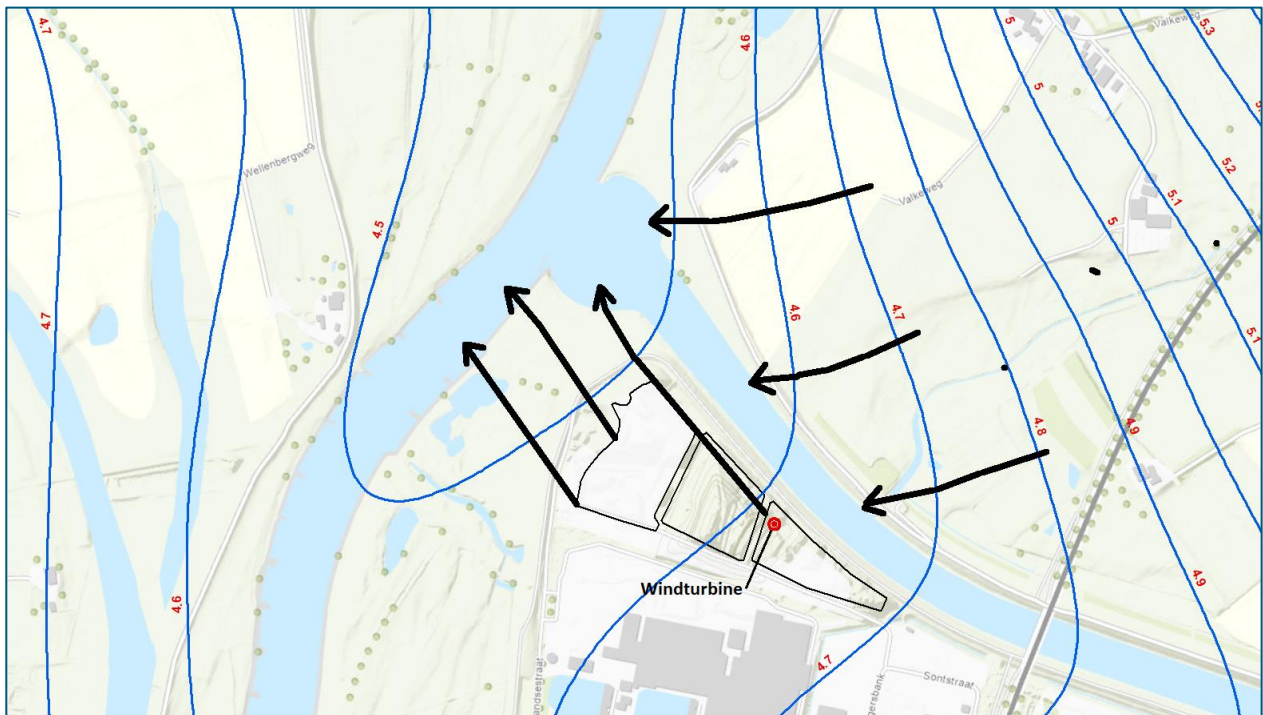
Afbeelding 12. Berekende stijghoogten WVP 2 (onder Laagpakket van Zutphen) [m+NAP].

4.5 Potentiële verspreiding verontreinigingen huidige situatie

Uit afbeelding 13 is op te maken dat het grondwater ter hoogte van de voormalige stortplaats in het eerste watervoerende pakket richting het Twentekanaal stroomt en vervolgens op kwelt, dit als gevolg van de drainerende werking van het Twentekanaal. De gemiddeld berekende stijghoogte ter plaatse van de stortplaats bedraagt circa NAP +4.6 meter en is daarmee hoger dan het gemiddelde peil van het kanaal (NAP +4.3 meter). De stijghoogten ten noorden van het kanaal zijn ook hoger dan het gemiddelde kanaalpeil en in dit gebied stroomt het grondwater ook naar het Twentekanaal om vervolgens hierin op te kwellen. De berekende stijghoogten in het tweede watervoerende pakket, onder het laagpakket van Zutphen, zijn weergegeven in afbeelding 14. Uit de afbeelding is op te maken dat de stijghoogten ter hoogte van de voormalige stortplaats meer onder invloed staan van de IJssel dan van het Twentekanaal. De IJssel doorsnijdt, in tegenstelling tot het Twentekanaal, het Laagpakket van Zutphen waardoor de drainerende invloed van de IJssel dieper reikt dan van het Twentekanaal. Geconcludeerd kan worden dat eventueel verontreinigd grondwater ter hoogte van de voormalige stortplaats uiteindelijk in het Twentekanaal of in de IJssel op kwelt. Het verontreinigde grondwater kan niet het Twentekanaal passeren en daarmee ook niet de bestaande belangen ten noorden van het Twentekanaal schaden.



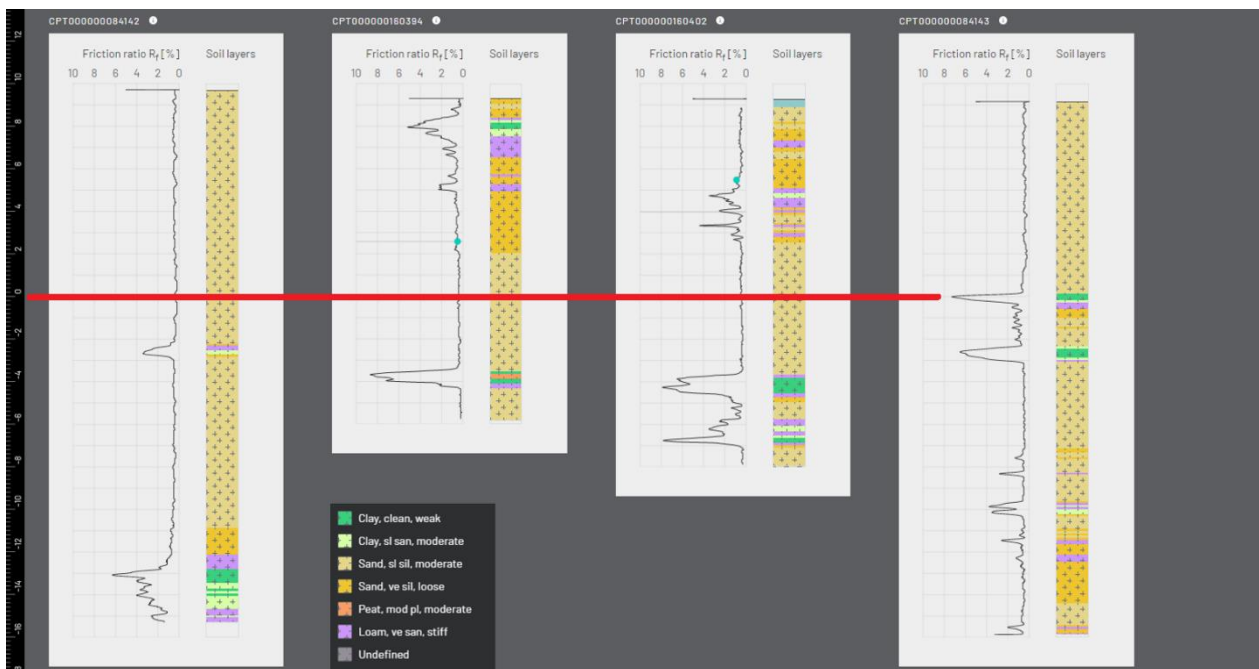
Afbeelding 13. Berekende grondwaterstromingsrichting WVP 1 (boven Laagpakket van Zutphen) [m+NAP].



Afbeelding 14. Berekende grondwaterstromingsrichting WVP 2 (onder Laagpakket van Zutphen) [m+NAP].

4.6 Potentiële verspreiding verontreinigingen toekomstige situatie

Met het aanbrengen van funderingspalen kan de structurele integriteit van de scheidende lagen worden aangetast met een verlaging van de hydraulische weerstand en dus een toename van de verticale grondwaterstromingssnelheid en verspreiding van verontreinigingen tot gevolg.



Afbeelding 15. Afgeleide bodemopbouw en basis stortlichaam (rode lijn).

De paalfundering wordt aangebracht tot in het tweede watervoerende pakket en tijdens de realisatie worden dus de scheidende lagen rond NAP +0 meter en het Laagpakket van Zutphen doorboord.

Uit de sondeerstaten op te maken dat de eerste scheidende laag op NAP +0 meter slechts lokaal aanwezig is en dus niet over de gehele stort aanwezig is. Naar verwachting staat het stortlichaam in de huidige situatie dus al in goed hydraulisch contact met het eerste watervoerende pakket en zal er geen wezenlijke verandering optreden in het grondwaterstromingspatroon.

Het Laagpakket van Zutphen, dat het eerste watervoerende pakket van het tweede watervoerende pakket scheidt, is echter beter ontwikkeld en wordt vrijwel overal aangetroffen. Een nadere bestudering van de berekende stijghoogten wijst uit dat de stijghoogten in het tweede watervoerende pakket hoger zijn dan in het eerste watervoerende pakket en dat er ter hoogte van deze laag dus sprake is van kwel. De grondwaterverontreinigingen in het eerste watervoerende pakket kunnen tijdens gemiddeld hydrologische condities het tweede watervoerende pakket dus niet bereiken. Het aanbrengen van palen zal dus niet resulteren tot een additionele verticale verspreiding van de grondwaterverontreinigingen en dus ook niet tot een milieu hygiënische verslechtering van het grondwater op en rondom de voormalige stortplaats Fort de Pol.

5 Resume

IJsselwind B.V. en het Waterschap Rijn en IJssel zijn voornemens om gezamenlijk binnen de gemeente Zutphen drie windturbines te realiseren (Windpark IJsselwind). Windturbinelocaties 1 en 2 zijn gelegen ten noorden van het Twentekanaal in het buitengebied van Zutphen en windturbinelocatie 3 is gelegen op het laagste plateau van Fort de Pol, een voormalige stortplaats. Tegen de plannen is beroep aangetekend door omwonenden en Stichting Eefde Tegen-wind.

Vastgesteld is dat onvoldoende is onderbouwd of het plan uitvoerbaar is, dit vanwege het risico op verontreiniging van het grondwater en daarmee is het plan strijd in met artikel 3.2 van de AWb. Ten einde aan deze leemte tegemoet te komen is een hydrologisch onderzoek te worden uitgevoerd.

In een geohydrologisch detailonderzoek is de locatie nader onderzocht middels analyse van beschikbare onderzoeksgegevens (boorbeschrijvingen, sonderingen, grondwaterstanden etc.). Op basis van de beschikbare boringen en sonderingen is de bodemopbouw nader in kaart gebracht waarbij de nadruk is gelegd op het voorkomen van scheidende lagen en de hydraulische karakteristieken van de onderscheiden bodemlagen. Om meer inzicht te krijgen in de freatische grondwaterstanden en de stijghoogten is het regionale grondwaterstromingsmodel AMIGO geraadpleegd.

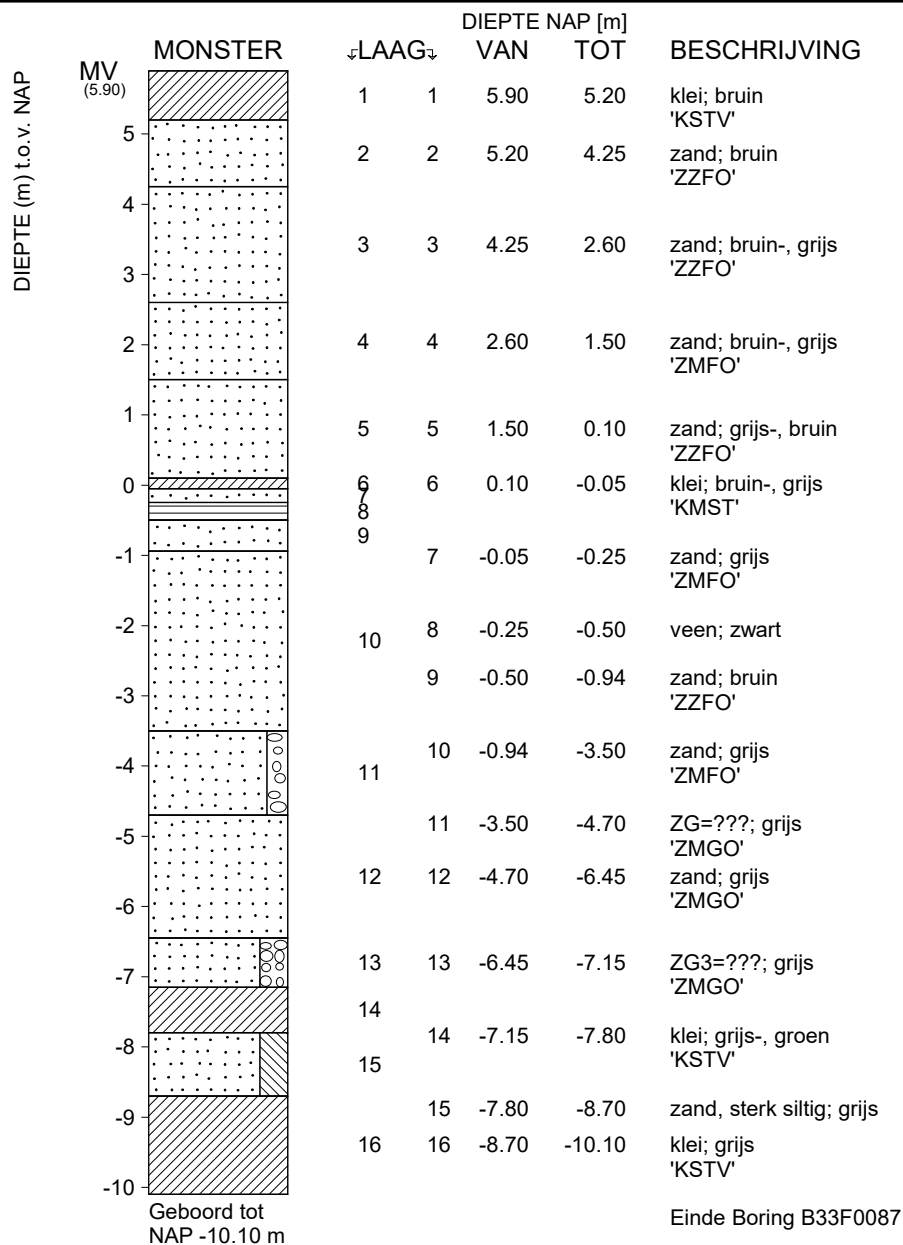
Op basis van het vastgestelde grondwaterstromingspatroon kan geconcludeerd kan worden dat eventueel verontreinigd grondwater ter hoogte van de voormalige stortplaats uiteindelijk in het Twentekanaal of in de IJssel op kwelt. Het verontreinigde grondwater kan niet het Twentekanaal passeren en daarmee ook niet de bestaande belangen ten noorden van het Twentekanaal schaden.

Een nadere bestudering van de berekende stijghoogten wijst uit dat de stijghoogten in het tweede watervoerende pakket hoger zijn dan in het eerste watervoerende pakket en dat er ter hoogte van deze laag dus sprake is van kwel. De grondwaterverontreinigingen in het eerste watervoerende pakket kunnen tijdens gemiddeld hydrologische condities het tweede watervoerende pakket dus niet bereiken. Het aanbrengen van palen zal dus niet resulteren tot een additionele verticale verspreiding van de grondwaterverontreinigingen en dus ook niet tot een milieu hygiënische verslechtering van het grondwater op en rondom de voormalige stortplaats Fort de Pol.


6 Literatuur

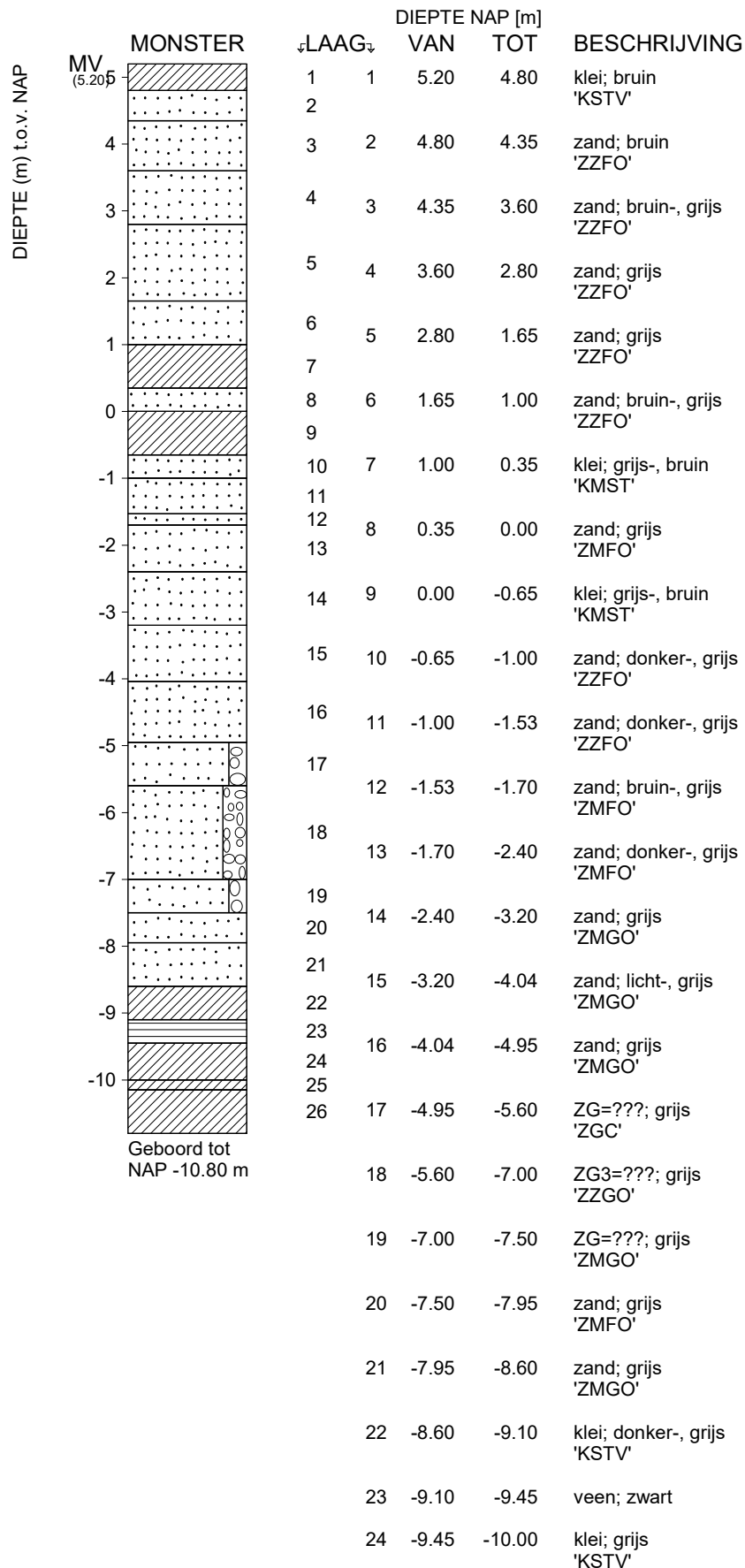
- TNO, 2022. REGIS II.2 Data en Informatie van de Nederlandse Ondergrond (DINO).
- Tauw, 2009. Deelsaneringsplan noordelijke deel voormalige stortplaats Fort de Pol te Zutphen, kenmerk R007-4497813GMC-ges-V03-NL.
- Arcadis, 2019. Vernieuwen grondwatermodel AMIGO. AMIGO 3.0 Actueel Model Instrument Gelderland Oost.

Bijlage 1. Boringen (TNO, 2022)



maaiveld: NAP 5.90 m
 X = 210390 m Y = 464250 m (RD)

 <Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered>	Telefoon <Not Registered> Telefax <Not Registered>	datum 1973-01-23	get.	
	Ackermannboring B33F0087			DINO-BOR	gez.
				BIJL.	form. --



<Not Registered>
<Not Registered>

<Not Registered>

<Not Registered> <Not Registered>

Telefoon

Telefax

<Not Registered>

<Not Registered>

datum

1973-01-18

get.

gez.

DINO-BOR

fom.


BIJL.

A4

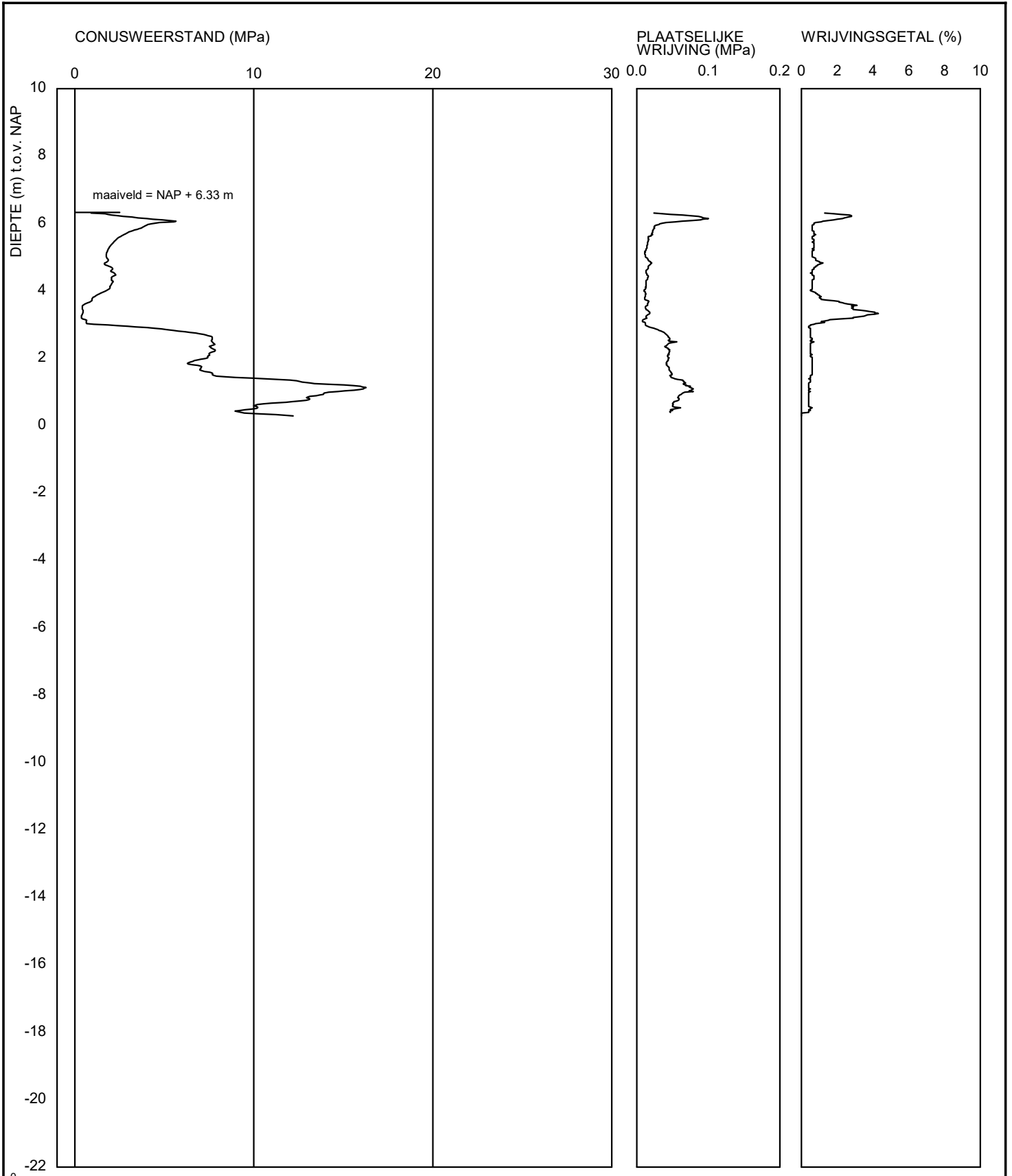
DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER	DIEPTE NAP [m]		BESCHRIJVING
	↓LAAG↓	VAN TOT	
Geboord tot NAP -10.80 m	26	-10.15 -10.80	klei; grijs-, groen 'KSTV' Einde Boring B33F0089

maaiveld: NAP 5.20 m
X = 210540 m Y = 464100 m (RD)

 <Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon <Not Registered> Telefax <Not Registered>	datum	get.
			1973-01-18	
Ackermannboring B33F0089 [Blad 2 / 2]			DINO-BOR	gez.
			BIJL.	fom. A4

Bijlage 2. Sonderingen (TNO, 2022)



<Not Registered> Telefoon <Not Registered>
 <Not Registered> <Not Registered> Telefax <Not Registered>

datum
 2019-09-19

get.
 -

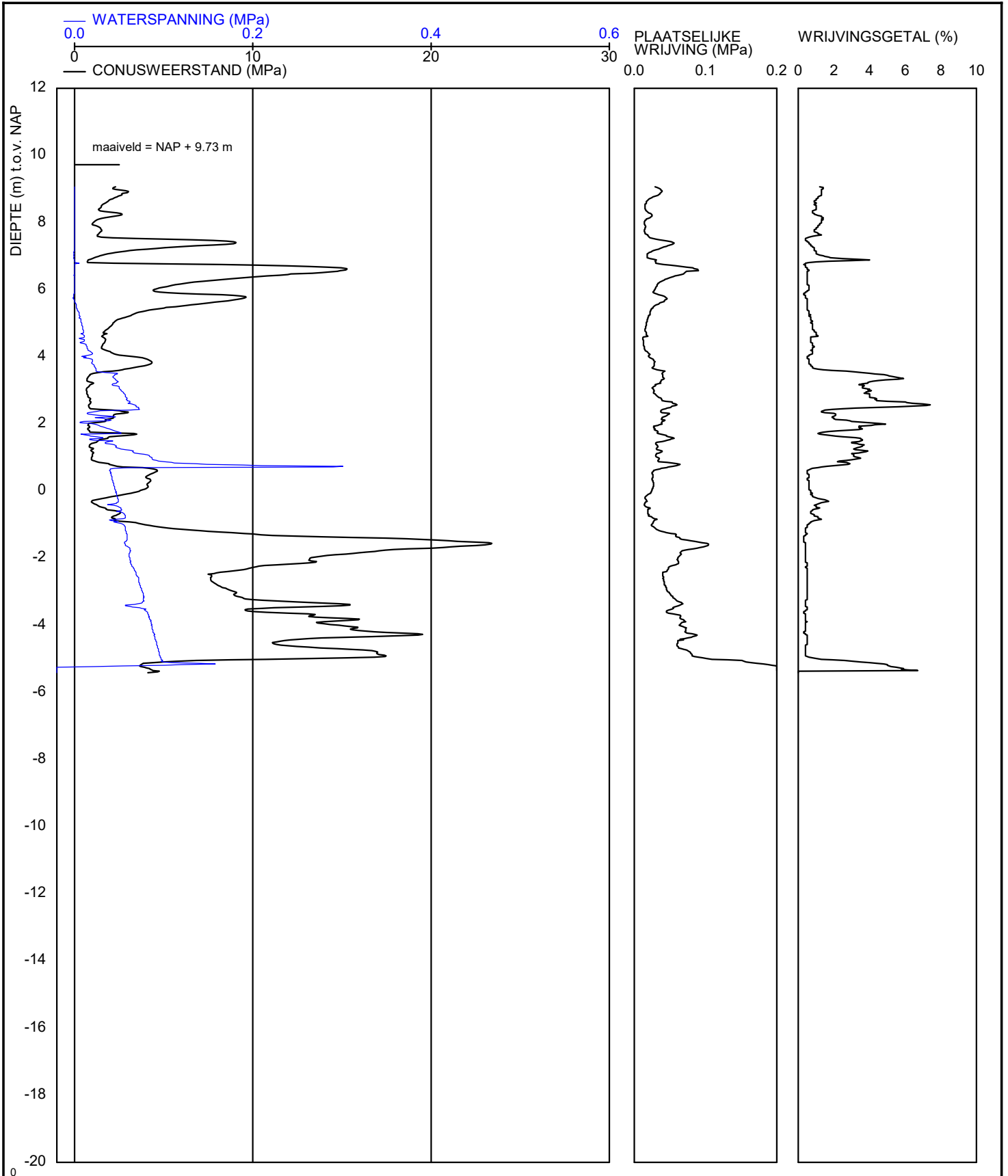
-
 -
 -

BRO-/
 BIJL. -

gez.

form.
 A4

form.
 A4

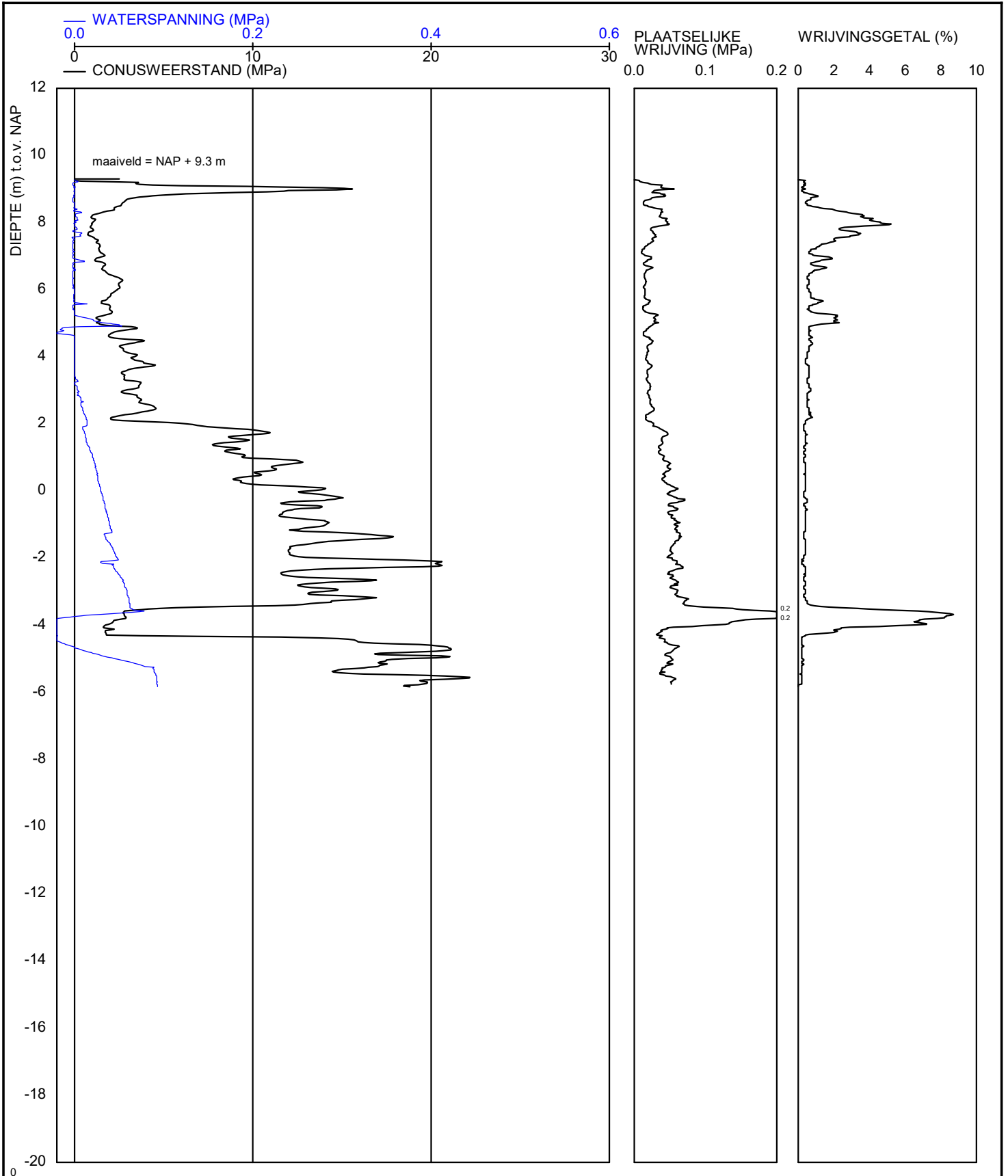


<Not Registered> Telefoon <Not Registered>
 <Not Registered> <Not Registered> Telefax <Not Registered>

datum	get.
2020-04-07	-

-
-
-

BRO-/ BIJL. -	gez. form. A4
------------------	---------------------



<Not Registered>
<Not Registered>

<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>

Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

datum
2020-04-21

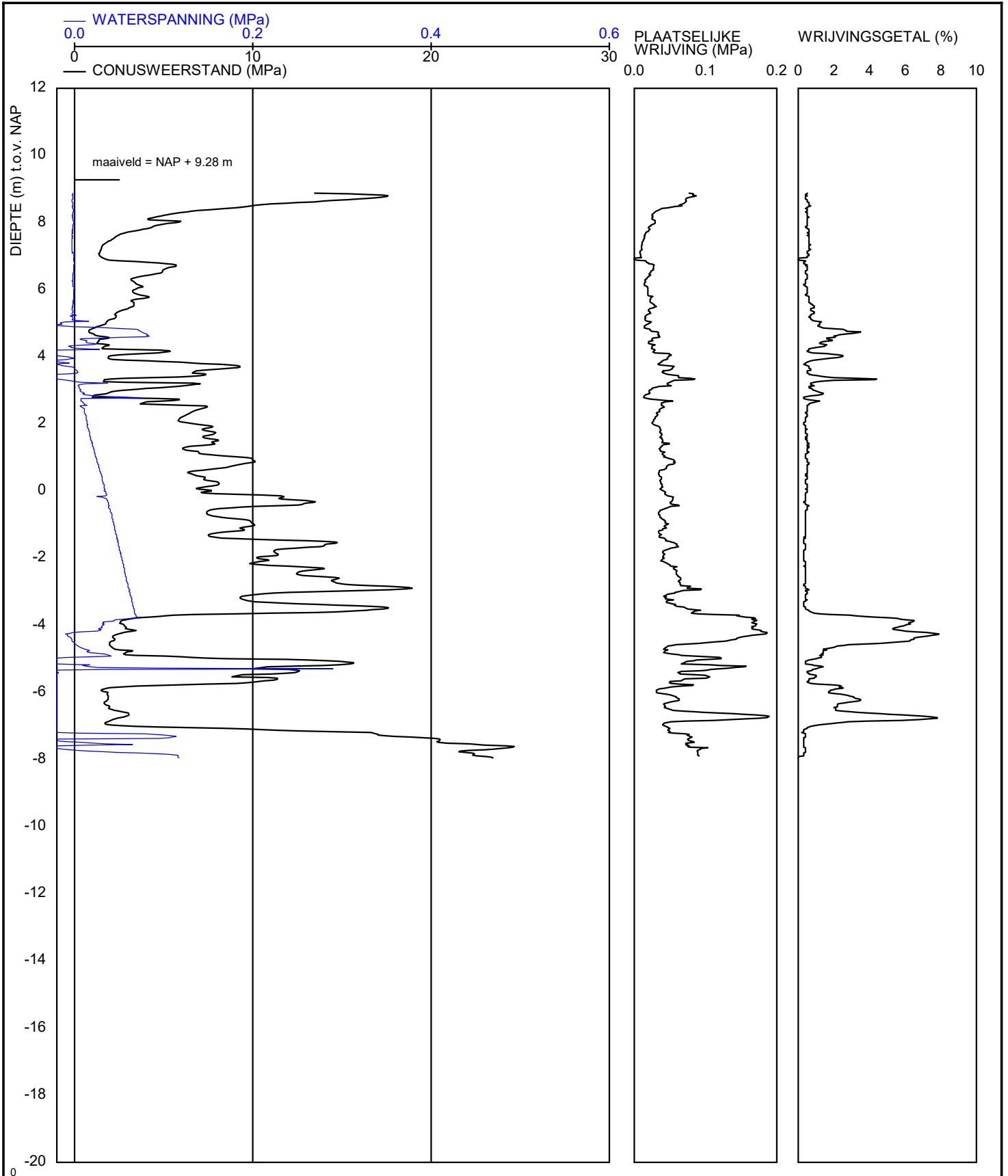
get.
-

BRO-/
-

gez.

BIJL. -

form.
A4



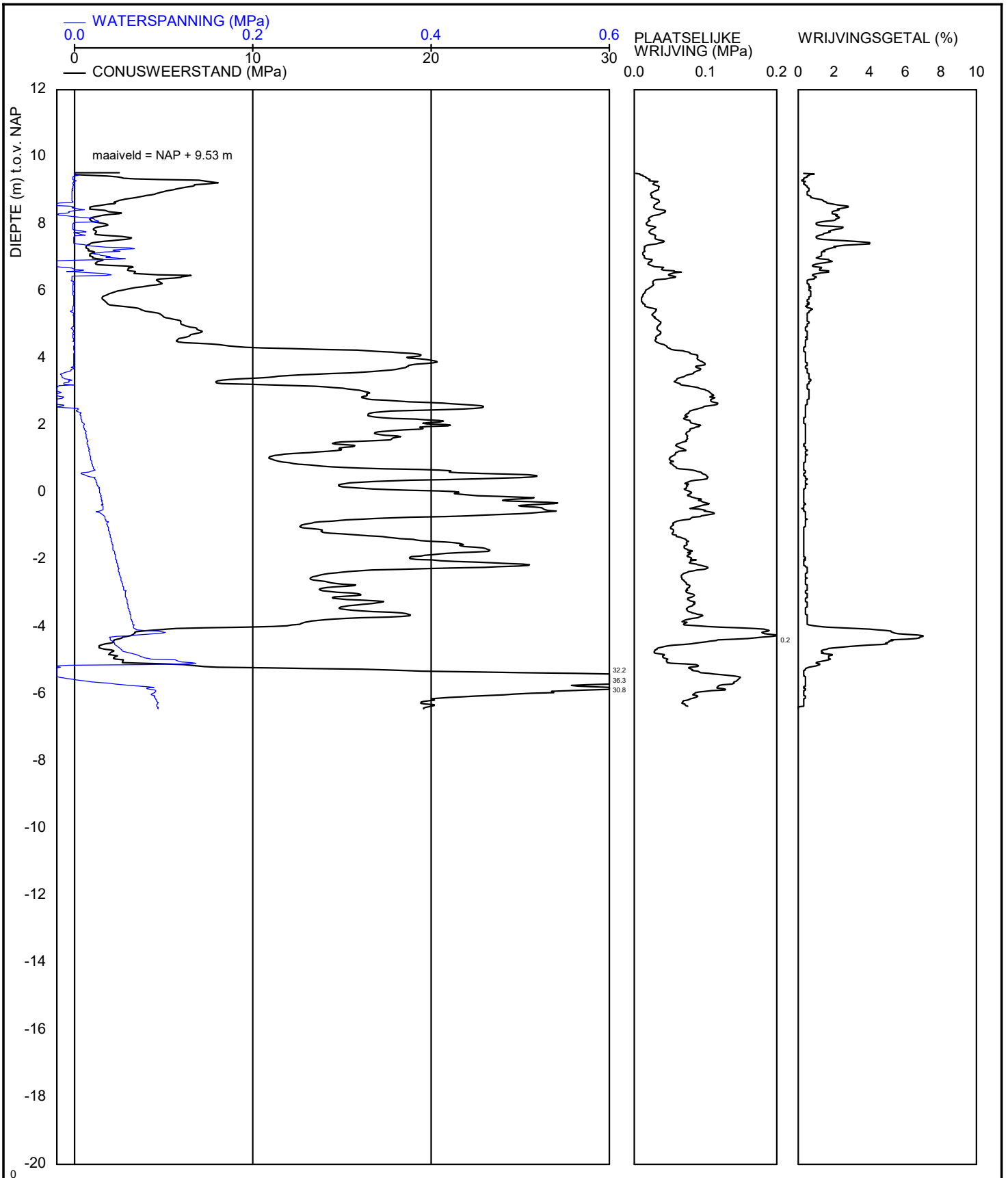
<Not Registered> Telefoon <Not Registered>
 <Not Registered> <Not Registered> Telefax <Not Registered>

datum	2020-04-21	get.	-
	BRO-/-	gez.	
	BIJL. -	form.	A4

-

-

-



<Not Registered> Telefoon <Not Registered>
 <Not Registered> <Not Registered> Telefax <Not Registered>

datum	get.
2020-04-21	-

-

-

-

BRO-/ BIJL.	gez. form.
-	A4

Bijlage 3. Waterstanden IJssel

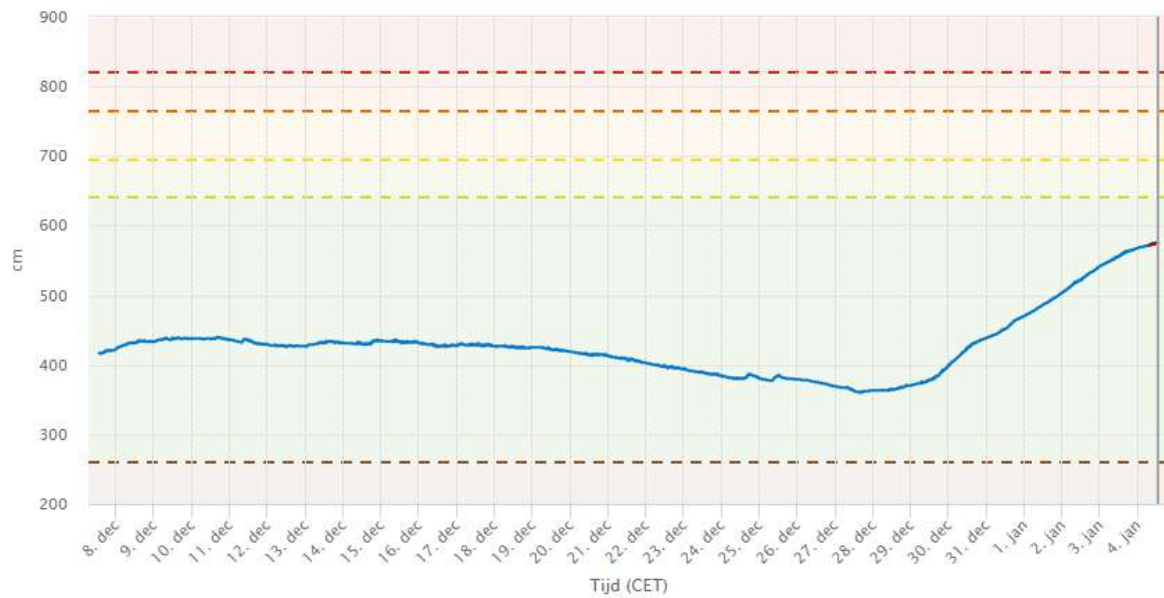
WATERSTANDEN IJSSEL

Waterhoogte Oppervlaktewater

Zutphen Noord | Laatste meting: **576 cm** op 04-01-2022, 12:40:00

[Grafiek](#) [Tabel](#) 28 dagen terug ▼

[Refresh](#) [Opslaan](#) [Export/Delen](#)



Grenswaarden weergeven

- Waterhoogte Oppervlaktewater t.o.v. Normaal Amsterdams Peil in cm
- Waterhoogte verwacht Oppervlaktewater t.o.v. Normaal Amsterdams Peil in cm
- Verlaagde waterstand (< 260cm)
- Normaal (260 tot 640cm)
- Licht verhoogd (> 640cm)
- Verhoogde waterstand (> 695cm)
- Hoogwater (> 765cm)
- Extreem hoogwater (> 820cm)

IJssel, Zutphen noord en Deventer

8-uurwaarden in cm + NAP

Algemene gegevens

gemiddelde overschrijdingsfrequentie van afvoertoppen per jaar van Lobith (periode 1901...1990) cq. kenmerkende afvoeren	afvoer Lobith in m³/s	gemiddelde overeenkomende waterstanden in cm vlg. betrekkinglijnen 1991.0	
		Zutphen noord	Deventer
1x per 1.250 jaar (maatgevende waarde)	15000	875	745
hoogste bekende afvoer 3 jan 1926 17h	12600	850	720
1x per 100 jaar	12320	840	710
1x per 10 jaar	9670	795	665
1x per 2 jaar grensafvoer(-peil)	6800	730	590
1x per jaar	5800	700	560
gemiddelde afvoer	2200	430	295
gemiddelde zomerafvoer	1985	400	270
overoengekomen lage afvoer / OLR 1991.0	984	290	165
laagst bekende ijsvrije afvoer 4 nov 1947	620		

Jaar- en tienjaarlijkse waarden

jaar of tijdvak	Zutphen noord								Deventer									
	hoogste	datum	90%	70%	50%	30%	10%	laagste	datum	hoogste	datum	90%	70%	50%	30%	10%	laagste	datum
1981	731	15 mrt	682	589	489	439	404	393	12 sep	589	div	529	440	342	297	264	253	div
1982	754	11 jan	657	515	458	418	393	387	div	608	11 jan	511	371	316	276	254	248	div
1983	821	1 jun	652	671	448	393	357	268	25 nov	667	div	505	426	310	258	220	142	25 nov
1984	765	12 feb	616	508	439	412	394	369	7 sep	637	12 feb	477	370	302	278	260	239	7 sep
1985	640	7 feb	538	449	407	396	302	260	5 nov	489	7 feb	393	310	273	261	177	136	5 nov
1986	724	20 jan	635	522	427	392	362	295	20 okt	583	div	488	376	289	257	226	165	20 okt
1987	749	7 jan	657	559	504	459	415	390	div	620	7 jan	513	418	366	322	280	255	6 feb
1988	813	31 mrt	681	544	464	416	390	351	18 nov	676	31 mrt	534	410	328	282	259	225	18 nov
1989	661	27 apr	540	437	393	382	313	249	div	514	28 apr	405	297	260	250	183	141	div
1990	724	21 feb	534	417	402	385	317	270	div	583	21 feb	404	283	268	253	183	144	28 okt
1981/90	821	1 jun 83	636	512	438	402	370	249	11 dec 89 10 dec 80	676	31 mrt 88	488	370	301	267	238	136	5 nov 85

Bijlage 4. Stoftransportprocessen

Stoftransportprocessen

De grondwaterstroming en dus de verspreiding van verontreinigingen wordt met name bepaald door de bodemopbouw en de eigenschappen van de bodemlagen. Watervoerende pakketten worden gekenmerkt door een hoge doorlatendheid en in deze lagen vindt met name horizontale verspreiding plaats (met uitzondering van dichtheidsstroming). Slecht-doorlatende lagen (scheidende lagen) worden gekenmerkt door een lage doorlatendheid (ook wel uitgedrukt in weerstand) waarin de grondwaterstroming en verspreiding zeer gering is en met name in verticale richting plaats vindt.

De verspreiding van de grondwaterverontreinigingen wordt beïnvloed door diverse stoftransportprocessen. De belangrijkste processen die bijdragen aan de verspreiding van de verontreinigingen zijn:

- advectie (transport door grondwaterstroming);
- mechanische dispersie (verbreding front door voorkeursstroming);
- diffusie (transport als gevolg van concentratieverschillen);
- dichtheidsstroming.

Advectief transport

Veel verontreinigingen zijn oplosbaar in water, regenwater dat infiltreert is verantwoordelijk voor het transport in de onverzadigde zone richting de verzadigde zone. Eenmaal in de verzadigde zone zal advectief transport optreden waarbij de verontreinigingen worden verplaatst als gevolg van grondwaterstroming.

De snelheid van het grondwater wordt bepaald middels de formule van Darcy:

$$v = K \frac{\Delta h}{n \Delta x}$$

Met:

v = snelheid grondwater [m/d]

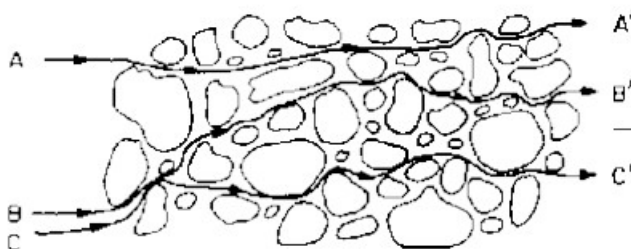
K = doorlatendheid bodem

n = porositeit [-]

$\Delta h / \Delta x$ = stijghoogte gradiënt

Mechanische dispersie

In vele gevallen zal als gevolg van de heterogene bodemopbouw en de aanwezigheid van preferente stroombanen een afvlakking van de concentraties op gaan treden waarbij het verontreinigingsfront breder wordt.



Figuur 1: Mechanische dispersie

De dispersie coëfficiënt (D) is afhankelijk van de grondwaterstromingsnelheid (v) en de dispersiviteit (α):

$$D = v \alpha$$

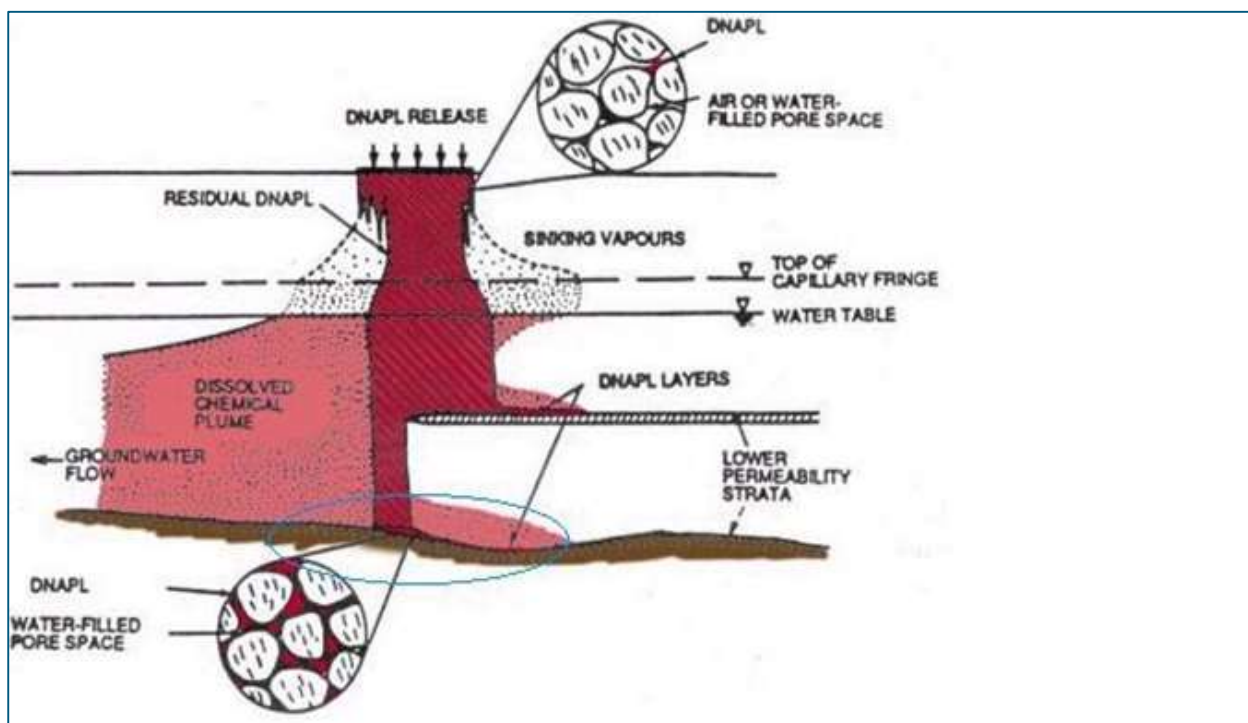
Er treedt niet alleen dispersie op in de stromingsrichting (longitudinale dispersie) maar ook loodrecht op de stromingsrichting (transversale dispersie) en verticale dispersie. De dispersiviteit is afhankelijk van de karakteristieken van het watervoerende pakket (gelaagdheid, korrelverdeling) en de lengte van de pluim (schaalgrootte). De dispersiviteit wordt veelal empirisch bepaald.

Diffusie

Diffusie betreft de verspreiding van moleculen van locaties met hoge concentraties naar locaties met lagere concentraties (door willekeurige beweging).

Dichtheidsstroming

Diverse componenten waaronder vluchtige organische chloorverbindingen (VOCI) zijn goed oplosbaar in water en hebben als pure fase of bij hoge concentraties een grotere dichtheid dan water. Als gevolg hiervan kunnen deze componenten zich relatief gemakkelijk in de ondergrond door dichtheidsstroming van de pure fase (Dense Non Aqueous Phase Liquid, DNAPL) of als opgeloste stof verspreiden. Dichtheidsstroming wordt vaak gekenmerkt door een grillig verspreidingspatroon in de ondergrond. In figuur 2 wordt het verspreidingsgedrag van een DNAPL geïllustreerd.



Figuur 2: Verspreiding DNAPL.

Onder invloed van de zwaartekracht verspreidt een DNAPL zich in verticale richting. Gedurende het verticale transport blijft een hoeveelheid puur product achter in de poriën van de bodem (residuele verzadiging). Indien de DNAPL een laag bereikt, die minder doorlatend is, vindt laterale verspreiding plaats. De diepte die bereikt kan worden, is onder meer afhankelijk van het oppervlak waarover de verontreiniging wordt geïntroduceerd. Hoe kleiner het oppervlak hoe dieper de verontreiniging kan komen. De residuele verzadiging vormt een continue bron van verontreiniging voor het grondwater. De pure verontreiniging lost op in het langsstromende grondwater en vormt als zodanig een secundaire verspreidingsbron

Naast advectief-dispersief transport en dichtheidsstroming welke tot verspreiding van de verontreinigingen leiden zijn er ook stoftransport processen die verspreiding tegen werken:

- adsorptie
- chemische vastlegging
- (microbiologische) afbraak.

Adsorptie

De mate van sorptie is afhankelijk van de bodemopbouw- en samenstelling en de stoffeigenschappen van de verontreiniging. De mate van sorptie wordt uitgedrukt in een retardatiefactor R. De retardatiefactor geeft de mate van vertraging van de verontreiniging aan ten opzichte van het grondwater (in geval van retardatiefactor 2 verspreidt de verontreiniging zich half zo snel als het grondwater).

Chemische vastlegging

Onder de juiste condities kunnen metalen neerslaan en zo uit oplossing gaan.

Afbraak

De meeste organische stoffen worden afgebroken als gevolg van biologische afbraak. Zo zijn gechloreerde koolwaterstoffen onder anaerobe omstandigheden afbreekbaar tot niet-toxische verbindingen zoals etheen, ethaan en kooldioxide. De afbraaksnelheid wordt bepaald door de eigenschappen van de verontreiniging, de bodem en grondwatereigenschappen en de aanwezige biomassa.