

Waterschap de Dommel

Postbus 10.001
5280 DA Boxtel

Onderwerp

Technisch feitenonderzoek TPI Eindhoven

Projectnummer

24249

Ons kenmerk

RA24249a1

Versie

1

Datum

23 september 2024

Opgesteld





Gecontroleerd





Vrijgave





Rapport

Pagina's

41

Formulier

RA-001

© 2024 CRUX Engineering BV

Niets uit dit drukwerk mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt, in enige vorm op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, microfilm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CRUX Engineering BV, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Documentenlocatie



Inhoudsopgave

1 Algemeen	5
1.1 Gegevens auteur(s)	5
1.2 Gegevens van betrokken partijen	5
1.3 Informatie	5
1.4 Versiegeschiedenis	6
1.5 Gebruikte afkortingen en definities	6
2 Beschrijving van het onderzoek	7
2.1 Vraagstelling	7
2.2 Aanpak van het onderzoek	7
2.3 Beperkingen van het onderzoek	7
3 Situatieschets	9
3.1 Locatieoverzicht	9
3.2 Locatiebezoek	11
3.3 Watersysteem transportriool	12
3.3.1 Regulier bedrijf	12
3.3.2 Tijdelijke situatie	12
3.4 Ondergrond en grondwater	15
3.4.1 Bodemopbouw	15
3.4.2 Grondwaterstand	15
4 Chronologie	17
4.1 Algemeen	17
4.2 Schade aan transportriool TS51-TS50	17
4.3 Voorbereidend werk en realisatie TPI	17
4.4 Start TPI tot incident	17
5 Analyse situatie rond incident	19
5.1 Interviews	19
5.2 Analyse beeldmateriaal	19
5.3 Metingen TPI	27
5.4 Vermogen TPI	28
6 Discussie	33
6.1 Leemte in kennis	33
6.2 Meest waarschijnlijke oorzaak	33
6.2.1 Lekkage ter plaatse van pomp 1	33
6.2.2 Afvoer van grond en water	34
6.3 Overige beschouwde potentiële oorzaken	36
6.3.1 Ondergrond is onvoldoende draagkrachtig	36
6.3.2 Verlies draagkracht werkvloer als gevolg van neerslag	36

6.3.3 Sleufbekisting is niet geschikt als uitvoeringsmethode	37
6.3.4 Aanvoer te veel zand in rioolwater bovenstrooms	38
6.3.5 Trillingen in star systeem	38
6.3.6 Stijging grondwaterstand door uit bedrijf nemen lekkend transportriool	39
6.3.7 Invloed van naastgelegen Wadi	39
6.3.8 Cavitatie van de pompen	40
6.3.9 Waterslag	40
7 Conclusie	41
Bijlage 1 Verslaglegging interviews	42
Bijlage 2 Grondonderzoek	43

Lijst van Figuren

–

Figuur 1 Doorsnede koker transportriool	9
Figuur 2 Bovenaanzicht TPI, gemaal Aalst en transportriool met linksboven: detail 1 (TPI locatie) en rechtsboven detail 2 (verzakkingen)	10
Figuur 3 Locatie TPI op 20 augustus 2024	11
Figuur 4 Afwerking ontgravingsbodem [11]	12
Figuur 5 Sleufkist met filterbemaling	13
Figuur 6 Maatgevende niveaus lozing in gemaal Aalst [4]	14
Figuur 7 Maatgevende niveaus bij zuigzijde nabij put 51 [4]	14
Figuur 8 Uitgevoerd grondonderzoek	16
Figuur 9 Registratie en melding van medewerker golfbaan Tongelreep	18
Figuur 10 Schade aan TPI met links: pomp 1 en rechts: pomp 2	18
Figuur 11 Foto beveiligingscamera van 12 maart 12:00	21
Figuur 12 Foto's beveiligingscamera met waarneming CRUX start lekkage (linksboven). Tot 16:24 (rechtsonder) wordt geen neerslag waargenomen op het beeld.	22
Figuur 13 Foto's beveiligingscamera met waarneming CRUX, water spuit uit flensverbinding pomp 1	23
Figuur 14 Foto's beveiligingscamera met waarneming CRUX, water loopt over het maaiveld richting sleufkist, verkleuring bodem sleufkist	24
Figuur 15 Screenshot video beveiligingscamera, sterk toegenomen lekkage, water spuit de lucht in zowel uit pomp 1 als pomp 2	25
Figuur 16 Foto gedeeld door VDK, TPI locatie voorafgaand aan demontage werkzaamheden	26
Figuur 17 Grafiek debiet uitgaand TPI	29
Figuur 18 Grafiek debiet uitgaand TPI (detail)	30
Figuur 19 Grafiek niveau zuigzijde TPI	31
Figuur 20 Grafiek niveau kelder gemaal Aalst	32
Figuur 21 Uitgaande leiding, deels gevuld met zand	35
Figuur 22 Sondering DKM-02A met hoogte transportriool indicatief ingetekend (zwarte horizontale lijnen)	36
Figuur 23 Dagwaarden neerslag KNMI station 370 sinds oplevering TPI	37
Figuur 24 Foto rioolinspectie tussen TS52 en TS51	38

Lijst van Tabellen

–

Tabel 1 Overzicht betrokken partijen	5
Tabel 2 Versiegeschiedenis	6
Tabel 3 Debietmeterstanden bemaling sleufkist	13

Tabel 4 Grondwaterstand ter plaatse van het TPI [15]	15
Tabel 5 Meting drainerende werking transportriool	39

1 Algemeen

1.1 Gegevens auteur(s)

Voorletters en naam: [REDACTED]
Beroep: [REDACTED]
Correspondentieadres: Pedro de Medinalaan 3c
1086 XK Amsterdam
Telefoonnr: +31 (0)20 4943070
Mail: [REDACTED]

1.2 Gegevens van betrokken partijen

De bij dit onderzoek betrokken partijen en de bijbehorende rollen in het project zijn samengevat in Tabel 1. Op hoofdlijnen kan de relatie tussen de calamiteitenaanneemers als volgt worden beschreven:

- Van der Kamp is specialist in tijdelijke pompinstallaties. Van der Kamp ontwerpt en realiseert de pompinstallatie op maaiveld.
- Van den Heuvel is aannemer voor de bouwplaatsinrichting en al het ondergrondse werk zoals het aanbrengen van de sleufkist en het (laten) aanbrengen van een bemaling.

Tabel 1 Overzicht betrokken partijen

	Betrokken partij	Rol
1.	Waterschap de Dommel	Opdrachtgever
2.	Royal HaskoningDHV	Adviseur
3.	Van der Kamp	Calamiteitenaanneemer, adviseur en opdrachtnemer TPI
4.	Van den Heuvel	Calamiteitenaanneemer en opdrachtnemer bouwplaatsinrichting

1.3 Informatie

Middels de betrokken partijen heeft CRUX kennis genomen van onderstaande stukken:

- [1] Gemeente Eindhoven; *Omgevingsvergunning Professor Holstlaan*; Besluitnummer EHV-DP2023-126834; d.d. 20-10-2023
- [2] Rijkswaterstaat Zuid-Nederland; *Vergunning wet beheer rijkswaterstaatswerken*; nummer RWS-2023/ 24198; d.d. 03-07-2023
- [3] Vanderkamp Pompen; *Testplan TPI*; versie 2.0; d.d. 03-10-2023
- [4] Vanderkamp Pompen; *Uitvoeringspomplan*; versie 5.0; d.d. 03-10-2023
- [5] Royal HaskoningDHV; *Beschouwing TPI RG Aalst*; kenmerk BJ3310-100-100-RHD-XX-XX-ME-X-0001; d.d. 06-12-2023
- [6] Waterschap de Dommel; *Beeldmateriaal (foto's) beveiligingscamera 7 tot 12 maart*
- [7] Waterschap de Dommel; *Beeldmateriaal (foto's en film) beveiligingscamera 12 - 13 maart*
- [8] Waterschap de Dommel; *Verzakking TPI Golfbaan Tongelreep Eindhoven Feitenrelaas 2023-2024*; d.d. 16 juli 2024
- [9] Royal HaskoningDHV; *Feitenrelaas RHDHV Calamiteit*; BJ3310-MI-ME-240704-1426; d.d. 08 juli 2024
- [10] Van der Kamp; *powerpoint feitenrelaas toevoerleiding gemaal Aalst*; ongedateerd.
- [11] Van den Heuvel; *feitenrelaas tijdslijn tijdelijke pomp installatie*; 23.8254; d.d. 10 juli 2024
- [12] Nebest; *Riool Zuid de Meeren – Aalst, inspectie en nader onderzoek*; kenmerk 34666; d.d. 14 augustus 2018
- [13] Gubbels B.V.; *Herstel Leidingbreuk Riool-Zuid (TS50-TS51)*; tek nr 70474.02.001; d.d. 3 september 2024

- [14] Heijmans; Inspectie met grondradar, detailtekening bovenaanzicht; tekening zonder kenmerk, on
- [15] Socotec; *Milieukundig en geohydrologisch onderzoek rioolgemaal te Aalst*; Documentnummer: 23MP0160-adv-01; d.d. 23 oktober 2023
- [16] Vanderkamp Pompen; logging TPI_Aalst; excel bestand verzonden via email op d.d. 12 september 2024

1.4 Versiegeschiedenis

In Tabel 2 is de versiegeschiedenis van deze rapportage getoond.

Tabel 2 Versiegeschiedenis

Versie	Toelichting	Datum
1	1 ^e uitgave	23 september 2024
2		

1.5 Gebruikte afkortingen en definities

In de tekst worden enkele afkortingen en definities gebruikt.

Afkorting	Betekenis
WDD	Waterschap de Dommel
RHDHV	Royal Haskoning DHV
VDK	Van der Kamp
VDH	Van den Heuvel
TPI	Tijdelijke Pomp Installatie
DWA	De aanvoer van water in het rioolstelsel in (lange) perioden van droog weer, meestal droogweeraanvoer genoemd.
RWA	Regenweeraanvoer. Regenweeraanvoer is het aanvoeren van water tijdens regen of de hoeveelheid water die aangevoerd wordt tijdens regen.
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
De calamiteit	Het optreden van een verzakking aan maaiveld ter plaatse van het transportriool van WDD op 12 maart 2023. Niet te verwarren met 'het incident'.
Het incident	Het falen en vervolgens uit bedrijf nemen van de TPI op 13 maart 2024. Niet te verwarren met 'de calamiteit'.

2 Beschrijving van het onderzoek

2.1 Vraagstelling

CRUX Engineering heeft een onafhankelijk technisch feitenonderzoek uitgevoerd omtrent het incident op 13 maart 2024 ter plaatse van de tijdelijke pompinstallatie (TPI) in opdracht van waterschap de Dommel (WDD). Het incident betreft het falen en vervolgens uit bedrijf nemen van de TPI. De doelstelling van dit onderzoek op basis van een bureaustudie is het achterhalen van de meest waarschijnlijke oorzaak van het falen in de TPI.

Hierbij wordt opgemerkt dat de TPI is ingericht naar aanleiding van de calamiteit op 12 maart 2023.

2.2 Aanpak van het onderzoek

Het onderzoek in dit rapport bestaat uit onderstaande onderdelen.

Analyse beschikbare gegevens

De beschikbare informatie die gedeeld is door verschillende partijen is samengevat in de documentenlijst in paragraaf 1.3. De informatie wordt door CRUX als onafhankelijke buitenstaander geanalyseerd en gestructureerd beschreven. Een groot onderdeel van de beschikbare gegevens zijn de beelden van de beveiligingscamera op de locatie van de TPI Eindhoven.

Locatiebezoek

CRUX doet een locatiebezoek aan TPI Eindhoven-zuid welke op het moment van schrijven nog niet is verwijderd zodat een beeld van de locatie en omvang van het effect van de lekkage wordt verkregen.

Interviews

De zienswijzen van de betrokken partijen op het incident wordt, na analyse van de beschikbare stukken, nader bevraagd in interviews. De resultaten van de interviews worden in vraag-antwoord vorm opgeschreven. Betrokken partijen krijgen de gelegenheid om middels track-changes (hoor en wederhoor) aanpassingen te doen aan de verslaglegging. De aanpassingen worden niet verwerkt, zodat de lezer van dit rapport kan zien wat de interviewer heeft verstaan en wat de betrokken partijen hebben bedoeld in gesprek. De verslagen van deze interviews zijn in Bijlage 1 opgenomen.

Rapportage

In de rapportage worden de informatie en gegevens uit de boven genoemde drie onderdelen beschreven en samengevat. Dit met als doel om een reactie te geven op de primaire onderzoeksvraag van de waarschijnlijke oorzaak van het incident. Indien onvoldoende informatie beschikbaar is, worden aanbevelingen gedaan om de betreffende informatie alsnog beschikbaar te maken. Indien dit niet mogelijk is, kan het mogelijk zijn dat in deze fase geen eenduidig antwoord op de vraagstelling 'oorzaak incident' wordt gevonden en is desnoods vervolgonderzoek noodzakelijk.

2.3 Beperkingen van het onderzoek

Het voorliggend onderzoek kent onderstaande beperkingen:

- De analyse is kwalitatief. Dit houdt in dat door CRUX geen hydraulische modellen of berekeningen zijn opgesteld om mechanismen te toetsen. Indien dit naar het oordeel van CRUX kan bijdragen aan de beantwoording van de vraagstelling zal dit als aanbeveling worden opgenomen.
- Bij het veldbezoek zijn door de opsteller van dit rapport geen fysieke handelingen verricht om de staat van leidingen, pompen en/of appendages te onderzoeken. Deze waren op dat moment niet meer aanwezig.
- Voorliggend onderzoek beperkt zich tot een technische beschouwing. Een beschrijving van taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden van de betrokken partijen maken geen onderdeel uit van de scope.

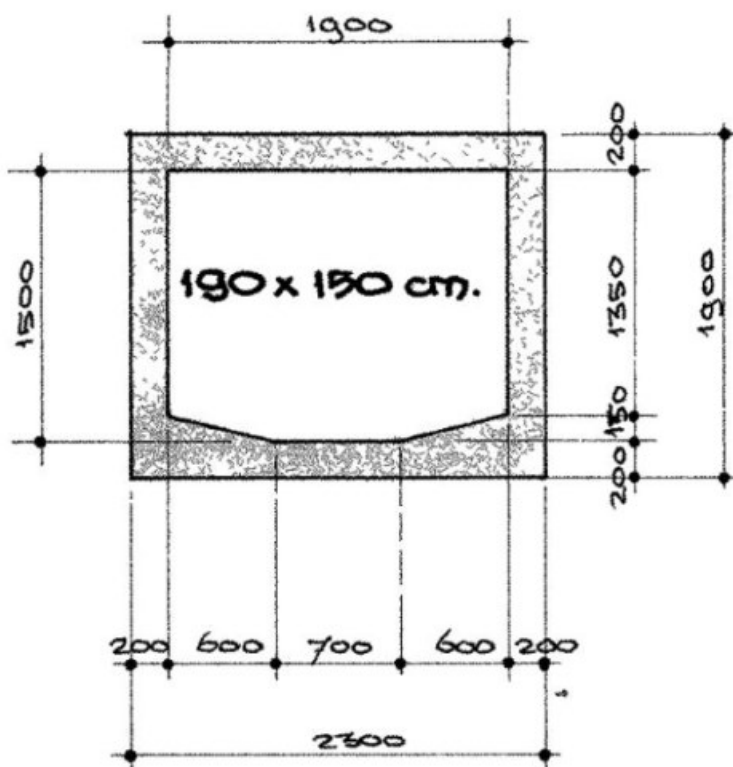
- Voorliggend onderzoek gaat over de oorzaak van het incident. Het afhandelen van het incident op 13 maart 2024 door verschillende betrokken partijen wordt beperkt beschreven en niet nader beschouwd.

3 Situatieschets

3.1 Locatieoverzicht

Langs de A2/N2 te Eindhoven (zuid) loopt een transportriool van Waterschap de Dommel welke zowel vuilwater als regenwater afvoert richting rioolgemaal Aalst. Het transportriool bestaat uit een betonnen koker met inwendige afmetingen van (B x H) 190 x 150 cm, zie Figuur 1. De onderkant van het transportriool ligt op circa MV -6 m [12]. De bovenkant ligt daarmee op circa MV -4,1m. De ligging van het transportriool is afgeleid uit de inmeting [13] en weergegeven in het bovenaanzicht in Figuur 2.

De koker is bereikbaar middels putten met een diameter van 520 mm. De putten zijn in Figuur 2 gelabeld met TS-nummers. De bouwjaar van het transportriool is 1974.



Figuur 1 Doorsnede koker transportriool

In 2014 en 2023 zijn lokale verzakkingen van het maaiveld opgetreden ter hoogte van putten TS50 en TS51 ter plaatse van het transportriool. Aan de westzijde van TS50 ligt de Professor Holstlaan, aan de noordzijde ligt golfbaan de Tongelreep. De locatie van de verzakkingen is afgeleid uit de inspectie met grondradar van Heijmans [14] en in het bovenaanzicht geplaatst in Figuur 2. Waterschap de Dommel wil voorkomen dat de situatie verder verslechterd. De verzakkingen van 12 maart 2023 worden nu intern aangemerkt als 'calamiteit'. Om de calamiteit te kunnen oplossen wordt besloten om een TPI te plaatsen. De TPI functioneert als bypass waardoor het transportriool uit bedrijf kan worden genomen voor vervangingswerk. Een schets met globale afmetingen is ook in Figuur 2 weergegeven [4]. Verder ligt naast het transportriool op circa 17m afstand een gasleiding van Enexis. Uit tekeningen van VDK in het uitvoeringspompplan [4] volgt dat de leiding ondiep onder het maaiveld ligt direct naast of net onder de rand van de draglineschotten van de TPI. De locatie van de gasleiding is in Figuur 2 aangegeven met een roze lijn in detail 1.

3.2 Locatiebezoek

Op d.d. 20-08-2024 is door CRUX en WDD de locatie van de TPI bezocht om een indruk te krijgen bij de omgeving rond de TPI en van het incident zelf. Op dat moment was alleen nog de TPI persleiding richting gemaal Aalst op locatie aanwezig. De gehele TPI was reeds gedemonteerd, de pompen stonden op dat moment weer in de werkplaats van VDK en het gat dat was ontstaan door het incident was opgevuld met zand (zie Figuur 3).



Figuur 3 Locatie TPI op 20 augustus 2024

3.3 Watersysteem transportriool

3.3.1 Regulier bedrijf

Bij regulier bedrijf transporteert het riool een combinatie van vuilwater en hemelwater vanuit verzamelpunt de Meeren naar rioolgemaal Aalst. Rioolgemaal Aalst is een belangrijke schakel in het afvalwatertransportsysteem Riool Zuid, wat het afvalwater vanuit de Brabantse Kempen naar de RWZI in Eindhoven afvoert. Gedurende droogweeraanvoer (DWA) is volgens opgave van WDD de aanvoer van water gemiddeld circa 1.400 m³/u over de dag. De DWA zal variëren over de dag, omdat mensen op sommige tijdstippen meer water verbruiken. Bij regenweeraanvoer (RWA) is het debiet tot circa 8.000 m³/u.

3.3.2 Tijdelijke situatie

In de tijdelijke situatie moet het transportriool ter vervanging uit dienst worden genomen. Hiertoe wordt aan de oostzijde van de Professor Holstlaan een TPI ingericht tussen TS50 en TS51. Het ontwerp van het TPI is opgesteld door van der Kamp in het uitvoeringspompplan TPI [4].

Werk in de ondergrond

Het maaiveld ter plaatse van het TPI ligt op circa NAP +18,5 m à NAP +19,5 m vóór aanvang van het werk en is deels begroeid. De freatische grondwaterstand ligt circa op NAP+18m (hoog) à NAP+17,5m (gemiddeld), zie paragraaf 3.4.2. De begroeiing wordt verwijderd door VDH en het maaiveld wordt deels ontgraven en geëgaliseerd op een niveau van NAP +18,4 m. Het maaiveld is vlakdekkend afgewerkt middels draglineschotten om een stabiele ondergrond te creëren. Het egaliseren van de bodem van de ontgraving is weergegeven in Figuur 4. Het water op de foto is afkomstig van het spuiten van de bemalingsfilters voor de sleufkist. De draglineschotten zijn te zien in Figuur 5.



Figuur 4 Afwerking ontgravingsbodem [11]

Door VDH is een tijdelijke schacht gemaakt op de koker van het transportriool. De ontgraving tot bovenkant transportriool (op circa NAP+15m, zie Figuur 7) is gerealiseerd middels een sleufkist. De ontgraving heeft daarmee een diepte van circa MV-3,5m en wordt droog uitgevoerd door een filterbemaling aan de buitenzijde van de sleufkist. De vereiste verlaging was circa 3 à 3,5 m. Door VDH zijn debietmeterstanden doorgegeven via email. De debietmeterstanden zijn weergegeven in Tabel 3. De sleufkist na aanleg is weergegeven in Figuur 5.

Tabel 3 Debietmeterstanden bemaling sleufkist

Datum	stand [m³]	duur [d]	m³/d
22-12-2023	9770	-	-
11-1-2024	10722	20	48
17-3-2024	13194	66	37
29-3-2024	13401	12	17



Figuur 5 Sleufkist met filterbemaling

Pompinstallatie

VDK plaatst een DN 1200 zuigleiding in de schacht van het transportriool. De pompopstelling betreft 1x een Nijhuis SRW1-350-650 (200kW) en 4x Nijhuis RW1-400,735 (315 kW). Dit zijn vuilwater pompen geschikt voor het transport van afvalwater en rioolwater. De pompen worden droog opgesteld op maaiveld. Het toerental van de pompen wordt geregeld via een frequentieomvormer zodat bij toe- en afname van het debiet de uitgaande druk geleidelijk toe- en afneemt. De pompen zijn parallel opgesteld, in de uitgaande leiding bevindt zich een debietmeter. Een nadere beschrijving van de pompopstelling en specificaties is te lezen in het uitvoeringspomplan van VDK [4]. Er zijn twee reservepompen geïnstalleerd voor het geval dat er een pomp uitvalt.

Afvoer en lozing

Middels een DN1000 / DN800 uitgaande leiding wordt het water naar gemaal Aalst getransporteerd. Vlak voor gemaal Aalst wordt de leiding ondergronds gebracht, vervolgens loopt deze omhoog en door de gevel van het gemaal komt het water vervolgens uit in de kelder van het gemaal.

Aansturing en telemetrie

Voor de TPI is een PLC (programmable logic controller) beschikbaar. PLC maakt het mogelijk om op afstand middels meetgegevens de pompen aan te sturen. De TPI meet op de volgende punten:

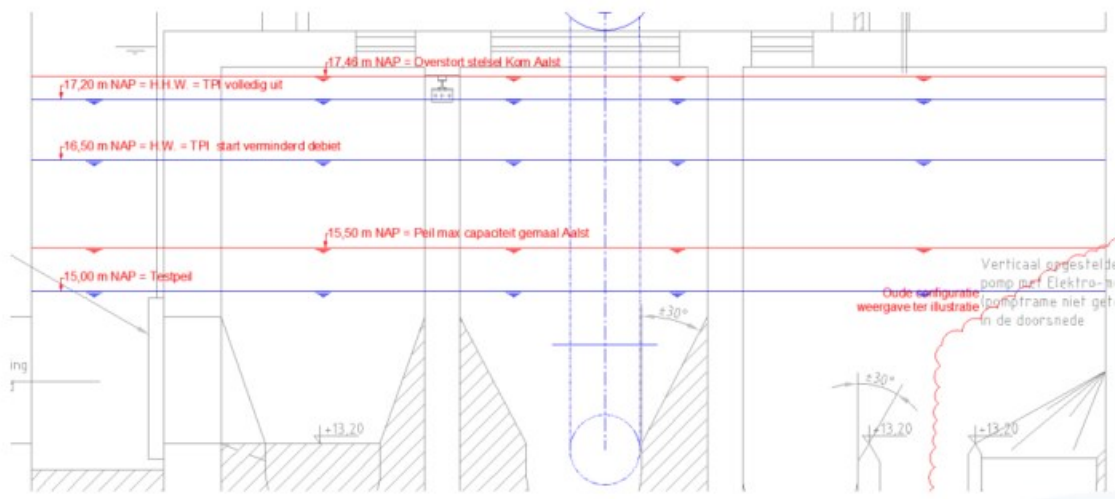
- Debietmeting van het verpompte water, in-line flowmeter;
- Niveaumeting in gemaal Aalst (lozingspunt);
- Niveaumeting zuigput TPI (in put 51).

De niveaumetingen zijn bepalend voor de regeling van de TPI [3] en worden redundant uitgevoerd. De volgende regeling is (op volgorde van prioriteit) van toepassing:

1. Lozingszijde TPI (gemaal Aalst)
2. Zuigzijde TPI (nabij put 51)

Peil gemaal Aalst

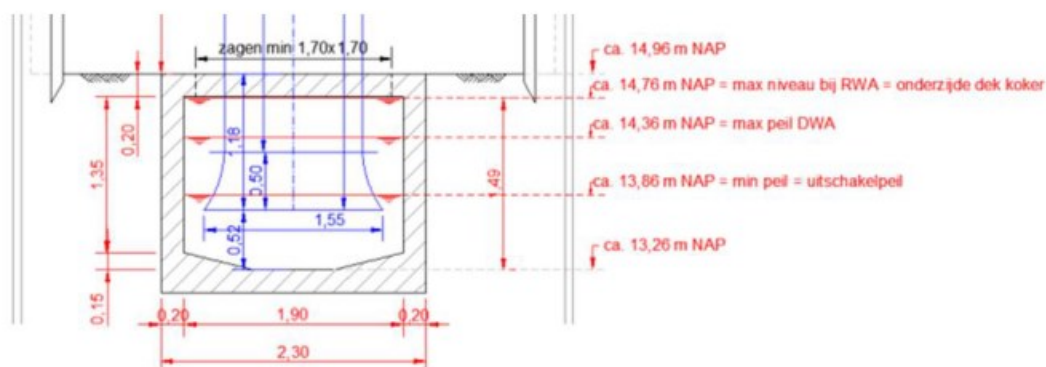
De TPI mag lozen in de kelder van gemaal Aalst als het niveau niet te hoog is. Tot een niveau van NAP +16,5 m mag de TPI zonder begrenzing lozen. Van NAP +16,5 m tot NAP +17,2 m gaat de TPI langzamer draaien. Bij een niveau van NAP +17,2 m gaat de TPI uit.



Figuur 6 Maatgevende niveaus lozing in gemaal Aalst [4]

Peil nabij put 51

Deze meting is dus ondergeschikt aan de meting bij gemaal Aalst. De TPI draait in eerste instantie op een vast debiet van 1.400 m³/u (DWA). Het niveau bij put 51 mag daarbij fluctueren tussen NAP +13,86 m en +14,36 m. Als het niveau verder stijgt dan NAP +14,36 m dan zal de TPI harder gaan pompen tot het RWA debiet wordt bereikt bij een niveau van NAP +14,76 m.



Figuur 7 Maatgevende niveaus bij zuigzijde nabij put 51 [4]

Storingsdienst

Bij VDK is een storingsdienst 24/7 beschikbaar. Hier komt een algemene storingsmelding binnen waarop (op afstand) op de PLC wordt ingelogd. Na inloggen wordt de aard van de storing duidelijk. Storingsmeldingen die kunnen binnenkomen zijn:

- Laag debiet;
- Uitval generator;
- Uitval pomp;
- Afwijking of uitval van redundante niveaumeting zuigzijde;
- Afwijking of uitval van redundante niveaumeting gemaal Aalst;
- Storingsmelding FO.

3.4 Ondergrond en grondwater

3.4.1 Bodemopbouw

De lokale en ondiepe bodemopbouw is in beeld gebracht op basis van grondonderzoek uitgevoerd door Inpijn-Blokpoel / Socotec [15]. Het onderzoek bestaat uit 15 sonderingen waarbij tot een diepte van gemiddeld NAP +9 m is gesondeerd. Er zijn vier handboringen (tot NAP +16 m) en vier mechanische boringen (tot NAP +9 m) uitgevoerd. De handboringen zijn uitgevoerd ter plaatse van de TPI locatie, de sonderingen en mechanische boringen liggen aan de oostzijde op een afstand van minimaal 30 m. Het grondonderzoek is toegevoegd aan Bijlage 2, de locaties van het grondonderzoek in relatie tot de verzakkingen is weergegeven in Figuur 8. Uit het grondonderzoek volgt een bodemopbouw waarbij tot een diepte van NAP +13 m fijnzandig materiaal wordt gevonden, onderbroken door waterremmende siltlagen. Vanaf NAP +13 m wordt grover zand aangetroffen. Uit analyse van zeefkrommen volgt een doorlatendheid van 2 à 7 m/d voor het ondiepe fijnzandige materiaal.

3.4.2 Grondwaterstand

De grondwaterstand is samengevat uit het geohydrologisch onderzoek van Socotec [15] en in Tabel 4 vermeld. De grondwaterstand is hoofdzakelijk bepaald op basis van meetreeksen in de wijde omgeving. Hieruit volgt een (indicatieve) ontwateringsdiepte (afstand tussen maaiveld en grondwater) van circa MV -0,4 m à MV -1,4 m wanneer wordt gekeken naar het maaiveldniveau van de TPI locatie van NAP +18,4 m.

Tabel 4 Grondwaterstand ter plaatse van het TPI [15]

	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
Gemiddeld hoog	+18,0
Gemiddeld	+17,5
Gemiddeld laag	+17,0

LEGENDA

TPI opstelling

— bypass TPI

— leidingwerk pompstation

--- locatie TPI opstelling

— transportriool

verzakkingen

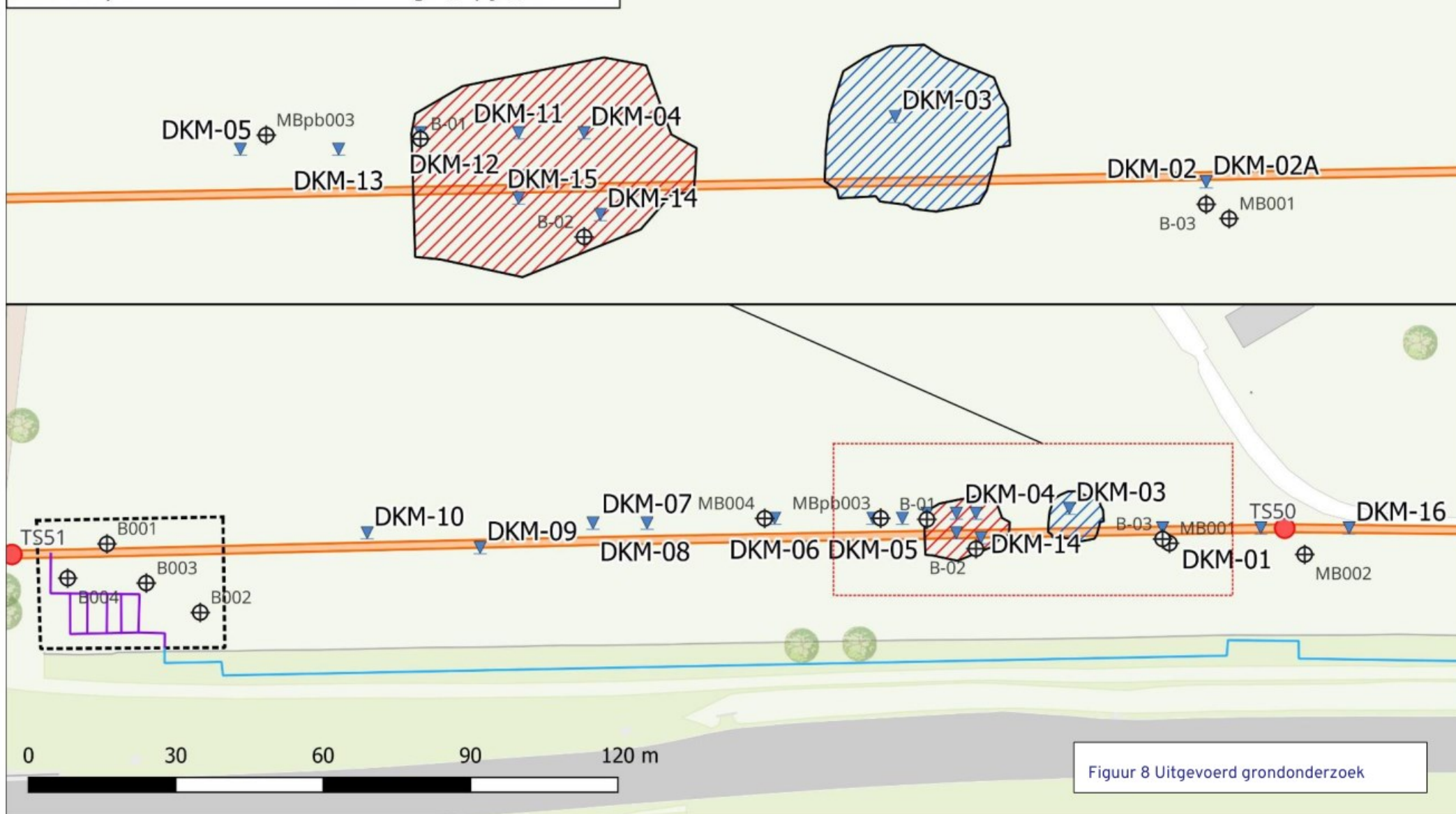
2014

2023

⊕ boringen_socotec_18072023

▼ sonderingen_inpijn_23042018

0 10 20 30 40 m



4 Chronologie

4.1 Algemeen

Onderstaande volgorde van gebeurtenissen is samengevat uit het feitenrelaas van betrokken partijen [8] t/m [11]. De tijdslijn start bij de verzakking die is opgetreden in 2023, door WDD ook wel 'de calamiteit' genoemd, omdat dit de feitelijke aanleiding is geweest voor het plaatsen van een TPI.

4.2 Schade aan transportriool TS51-TS50

Op 12 maart 2023 ontving WDD van de beheerder van Golfbaan & countryclub De Tongelreep te Eindhoven een melding over zichtbare scheuren in het maaiveld boven de rioolwatertransportleiding van het waterschap. Het waterschap is dezelfde dag ter plaatse geweest en heeft opdracht gegeven om de omgeving veilig te stellen middels hekwerken. Hierna is de situatie binnen WDD intern opgeschaald naar de calamiteitenorganisatie. De situatie is aangemerkt als calamiteit en er is besloten om de voorbereiding op te starten voor het plaatsen van de TPI. Tevens is budget beschikbaar gekomen voor het herstel van het transportriool.

Op 23 maart 2023 bracht aannemer VDH een offerte uit voor het voorbereiden, plaatsen en verwijderen van een TPI. Op 2 mei bracht VDK een offerte uit voor de huur van een TPI, transport, installatie en het verwijderen daarvan. De opdracht voor het TPI is één op één gegund aan VDH en VDK in verband met spoedeisendheid.

Op 4 april 2023 is het calamiteitenteam afgeschaald en is het project overgedragen naar de reguliere organisatie. Tijdens een inspectie op 4 april 2023 is tussen TS50 en TS51 schade aan het transportriool zelf vastgesteld ter plaatse van de calamiteitlocatie. Grond en grondwater stromen de leiding in als gevolg van de schade aan het riool.

4.3 Voorbereidend werk en realisatie TPI

Sinds 13 april 2023 is RHDHV betrokken bij het projectteam als adviseur om het transportriool te herstellen. De voornaamste werkzaamheden van RHDHV zijn het bemensen van het projectteam (projectmanager, technisch manager, omgevingsmanager) en het (laten uitvoeren van) conditionerende onderzoeken voor herstelwerk van het transportriool. Tevens doet RHDHV coördinerend werk bij het plaatsen en instandhouden van de TPI.

Op 3 oktober 2023 brengt VDK het test- en uitvoeringspompplan [3] / [4] uit. In november is de TPI gemonteerd en op 23 november 2023 heeft een schouw van het pompsysteem plaatsgevonden door RHDHV en VDK. Bij de schouw zijn de droge en natte test uit het testplan [3] uitgevoerd. Het testen is zonder problemen verlopen. Het TPI was hiermee bedrijfsgereed, met uitzondering van een afsluitschot voor de bestaande riolering. Het afsluitschot is noodzakelijk voor het goed droog kunnen zetten van het transportriool tussen TS50 en TS51. Met het plaatsen van het afsluitschot is enige vertraging opgelopen door langdurige natte weersomstandigheden .

4.4 Start TPI tot incident

Op 28 en 29 februari 2024 is het ontbrekende afsluitschot geplaatst en is de TPI op 29 februari in dienst genomen.

Op 13 maart om 07:00 registreren medewerkers van naastgelegen golfbaan de Tongelreep dat er water uit het TPI spuit en informeren zij het waterschap. Een medewerker van het waterschap was op dat moment voor werkzaamheden ter plaatse bij rioolgemaal Aalst. Hij ontvangt een filmpje. Een screenshot van het filmpje is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9 Registratie en melding van medewerker golfbaan Tongelreep

De medewerker van WDD is naar de TPI gereden en constateerde dat er veel zand was weggespoeld rondom de gasleiding. Op het moment dat de medewerker op de locatie was, zijn de bouten ter plaatse van de flensverbinding uitgaand pomp 1 al afgebroken en is het pomphuis van pomp 2 al gescheurd onder de flensverbinding (Figuur 10).



Figuur 10 Schade aan TPI met links: pomp 1 en rechts: pomp 2

De TPI wordt door de medewerker van VDK direct om circa 07:42 uur uitgeschakeld. VDH neemt contact op met de veiligheidsregio. Door de brandweer is opgeschaald en in samenspraak met Enexis is binnen een straal van 200 m alles afgezet, inclusief de A2/N2. Rond 01:30 op 14 maart 2024 was de situatie onder controle en is de veiligheidsregio vertrokken. De TPI is in totaal circa 14 dagen in bedrijf geweest.

5 Analyse situatie rond incident

5.1 Interviews

Ten behoeve van voorliggend onderzoek heeft CRUX de betrokken partijen geïnterviewd. Met WDD en VDH heeft één interview plaatsgevonden, met VDK hebben twee interviews plaatsgevonden in verband met de vakantieperiode. Uit het eerste interview bleek dat het van belang was nog een tweede interview te houden met enkele medewerkers die met verlof waren.

In de interviews zijn 10 potentiële oorzaken besproken met de betrokken partijen. Deze oorzaken, worden allen toegelicht in de discussie in hoofdstuk 6. De interviews zijn in zijn geheel na te lezen in Bijlage 1. In het interview met VDK is het tweede gesprek in rode tekst vastgelegd.

De in de interviews aangedragen oorzaken zijn hoofdzakelijk meningen van de betrokken partijen. In paragraaf 5.2 en 5.3 wordt allereerst het meest feitelijke materiaal van het incident beschouwd, te weten het beeldmateriaal van de beveiligingscamera en de metingen uitgevoerd door VDK in de TPI.

5.2 Analyse beeldmateriaal

Er is een beveiligingscamera beschikbaar op de locatie van de TPI, zowel foto's als video opname zijn door WDD gedeeld met CRUX. De beveiligingscamera heeft als primair doel om diefstal van materiaal op de bouwplaats te registreren. Niet al het beeldmateriaal wordt opgeslagen, dit genereert te veel data. Op het moment dat het incident zich voordoet wordt direct aan de databeheerder gevraagd om het beeldmateriaal te bewaren. Er is zodoende videomateriaal beschikbaar vanaf woensdag 13 maart 2024 06:00 [7]. Er zijn verder foto's beschikbaar van circa ieder kwartier die terug lopen tot dinsdag 12 maart 2024 12:00. Van de periode vóór 12 maart zijn enkele foto's van de beveiligingscamera beschikbaar die kleiner zijn in formaat. Deze foto's hebben een onregelmatige frequentie en lopen terug tot 7 maart 2024 08:38.

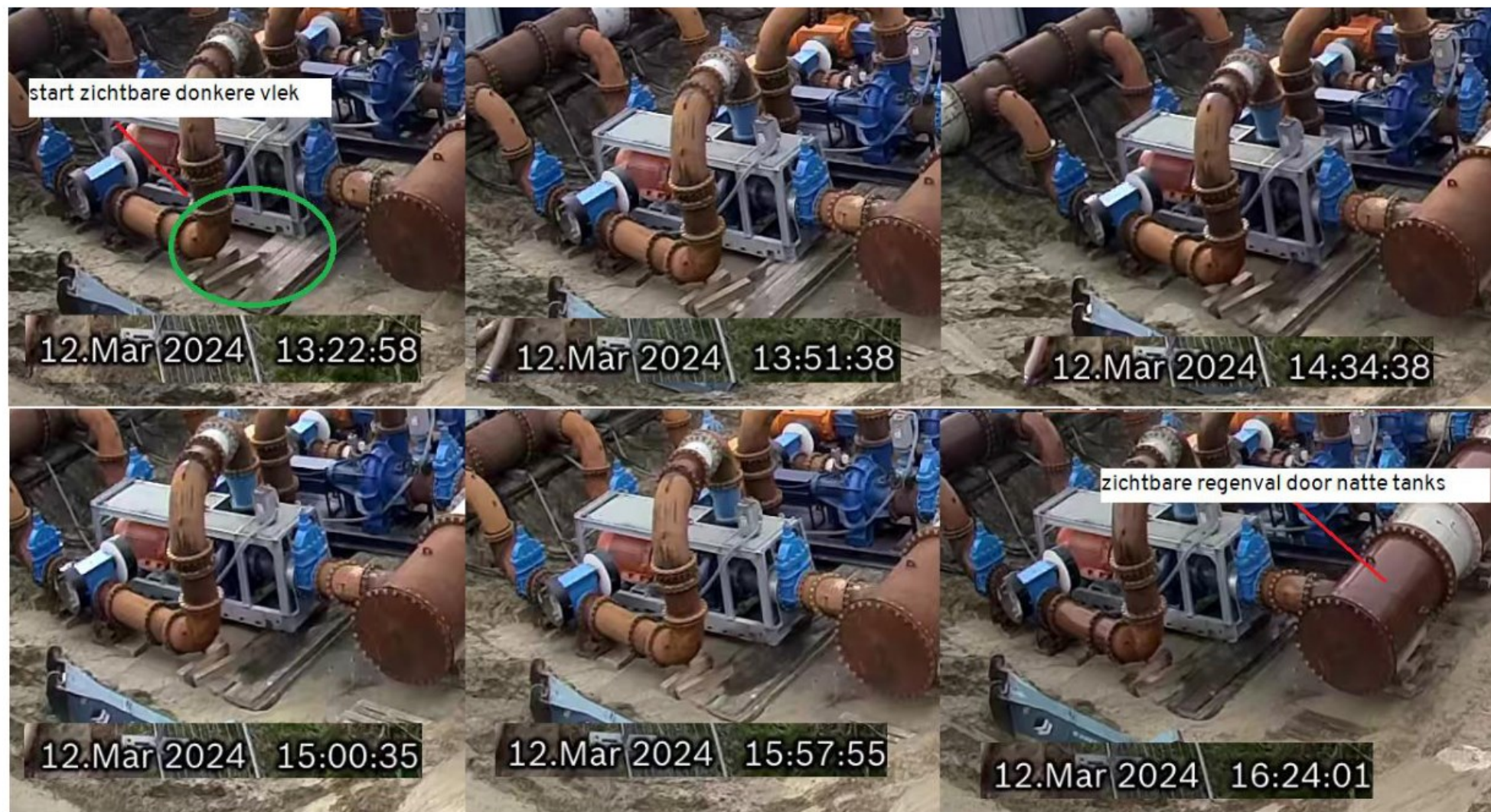
Onderstaande is voornamelijk gebaseerd op dit beeldmateriaal [6] / [7]:

- Op 12 maart om 12:00 is de eerste foto beschikbaar Figuur 11. Op de foto is door CRUX niets geconstateerd dat afwijkend is ten opzichte van wat men zou mogen verwachten. In het feitenrelaas van RHDHV [9] is wel aangedragen dat de balken die onder de uitgaande leiding pomp 1 (oranje omcirkeld in Figuur 11) liggen op een eerder moment gestapeld lagen en mogelijk ter ondersteuning waren voor het gewicht van de leiding.
- Op 12 maart tussen 13:22 en 15:57 is te zien dat de schotten onder pomp 1 (de pomp die het dichtst bij de beveiligingscamera staat) nat worden. Deze vernatting is lokaal en lijkt daarom niet het gevolg van neerslag. Tevens is in de afbeelding van 16:24 te zien dat het rond dit tijdstip begin met regenen doordat de aanvoerleiding duidelijk geheel nat wordt. De afbeelding van de beveiligingscamera zijn op rij gezet in Figuur 12. De locatie van de vernatting is in de eerste afbeelding groen omcirkeld.
- Tussen 17:30 en 17:56 op 12 maart is zichtbaar dat er water spuit uit de flensverbinding aan de benedenstroomse zijde van pomp 1. Op latere afbeeldingen is deze spray lastiger te zien doordat het donker wordt buiten. In de afbeelding van 17:04 is dit nog niet duidelijk zichtbaar. De afbeeldingen zijn op rij gezet in Figuur 13.
- Het maaiveld lijkt te vernatten en de bodem van de koker (laagste punt) verkleurt, vermoedelijk door zandinspoeling. Dit proces lijkt op gang te komen rond 17:30 op 12 maart (zelfde tijdstip als waarop de spray bij pomp 1 voor het eerst zichtbaar is) en is te zien tot 18:43. Daarna wordt het donker. De afbeeldingen zijn op rij gezet in Figuur 14.
- Vanaf de foto van 19:40 is het lastiger om e.e.a. te onderscheiden op beeld, omdat de beveiligingscamera overschakelt naar de nachtstand. Vanaf circa 13 maart 02:43 raakt de camera ook beregend waardoor het zicht verder wordt bemoeilijkt.

- Op 13 maart vanaf 6:00 is op video te zien dat pomp 1 een neerwaartse beweging maakt. De overige pompen en appendages volgen, het gehele pompstation zakt omlaag, vermoedelijk door verzadiging van de bodem waardoor de grond zijn draagkracht verliest. Direct na de sterkste zakking rond 6:20 is, ondanks een vertroebeld beeld door neerslag, te zien dat de lekkage sterk verergerd. Zeker twee pompen spuiten op dat moment water de lucht in. Een screenshot van het videomateriaal van 13 maart 06:48 is weergegeven in Figuur 15.
- Door VDK/VDH zijn foto's gedeeld van de demontage op 13 maart. De foto in Figuur 16 geeft een goede indruk van de situatie na het uitzetten van de pompen, maar voorafgaand aan de demontage.



Figuur 11 Foto beveiligingscamera van 12 maart 12:00



Figuur 12 Foto's beveiligingscamera met waarneming CRUX start lekkage (linksboven). Tot 16:24 (rechtsonder) wordt geen neerslag waargenomen op het beeld.



Figuur 13 Foto's beveiligingscamera met waarneming CRUX, water spuit uit flensverbinding pomp 1



Figuur 14 Foto's beveiligingscamera met waarneming CRUX, water loopt over het maaiveld richting sleufkist, verkleuring bodem sleufkist



Figuur 15 Screenshot video beveiligingscamera, sterk toegenomen lekkage, water spuit de lucht in zowel uit pomp 1 als pomp 2



Figuur 16 Foto gedeeld door VDK, TPI locatie voorafgaand aan demontage werkzaamheden

5.3 Metingen TPI

Door VDK zijn de beschikbare meetgegevens uit het TPI gedeeld [16]. Dit betreft de debietmeting, het niveau in de kelder gemaal Aalst en het niveau nabij put 51 welke direct naast de zuigput (sleufkist) van de TPI ligt.

Debietmeting

De debietmeting vindt plaats middels een in-line flowmeting. Het debiet is tezamen met uurwaarden voor neerslag uit KNMI meetstation Eindhoven (station nr 370) geplot in Figuur 17. Aan de hand van deze debietgrafiek in Figuur 17 wordt het volgende opgemerkt:

- Bij opstart van het TPI op 29 februari is het debiet circa 5.000 m³/u.
- Momentaan vindt een uitschieter in de debietmeting plaats, dit betreft zeer waarschijnlijk een foutieve meting.
- Vanaf 1 maart start een periode met weinig neerslag. Hier geldt dus dat de gemiddelde DWA afvoer van 1.400 m³/u plaatsvindt. Hier vindt een dagfluctuatie plaats als gevolg van het gebruik van water vanuit Eindhoven. In Figuur 18 is te zien dat rond 18:00 het DWA debiet het hoogst is, circa 3.000 m³/uur. Rond 06:00 is het DWA debiet het laagst, circa 1.100 m³/uur. Op dat moment begint de debietmeting sterk te oscilleren tot aan de volgende avondpiek. VDK geeft aan dat dit komt doordat de debietmeter zich in een neergaande leiding bevindt. Bij laag debiet kan er lucht tegen de stroming in omhoog lopen en de debietmeting verstoren. Bij een hoger debiet worden deze luchtballen wel mee verpompt.
- Op 11 maart is te zien dat er een grote hoeveelheid neerslag is gevallen in Eindhoven. Het verwerken van dit hemelwater zorgt voor een toename in debiet tot bijna 7.500 m³/uur (RWA debiet). Dit neerslagmoment kan gezien worden als de eerste grote stresstest van de TPI.
- Op 12 maart rond 14:00 is te zien dat het debiet daalt tot circa 5.700 m³/uur. Hoewel dit debiet ruim boven het lage DWA debiet van 1.100 m³/uur ligt begint de debietregistratie wederom te oscilleren.

In de beschouwing van het testplan van het TPI door RHDHV [5] wordt de opmerking geplaatst dat de debietmeter onvoldoende 'rechte' lengte leiding voor en na de meter heeft. VDK antwoordt dat de debietmeting een indicatieve meting is. De TPI stuurt niet op debiet, maar op de niveaumetingen. De debietmeting kan dus in zijn algemeenheid ook iets afwijken van de werkelijke doorstroming, de afwijking hierdoor is vermoedelijk gering.

Niveaumetingen

De niveaumetingen vinden plaats middels hydrostatische drukmeters en geven zodoende een relatieve niveaumeting. Om te kunnen toetsen of de grenswaarden voor de besturing uit het testplan worden over- of onderschreden is de onderzijde van zuigput TS51 (NAP +13,26 m, zie Figuur 7) en gemaal Aalst (NAP +13,2 m, zie Figuur 6) als referentie genomen. Opgemerkt wordt dat dit niveau een benadering is aangezien niet exact te achterhalen is op welk niveau de hydrostatische druk is opgenomen in de praktijk.

Uit de niveaumetingen van de zuigzijde (Figuur 19) en lozingszijde (Figuur 20) kan het volgende worden opgemaakt:

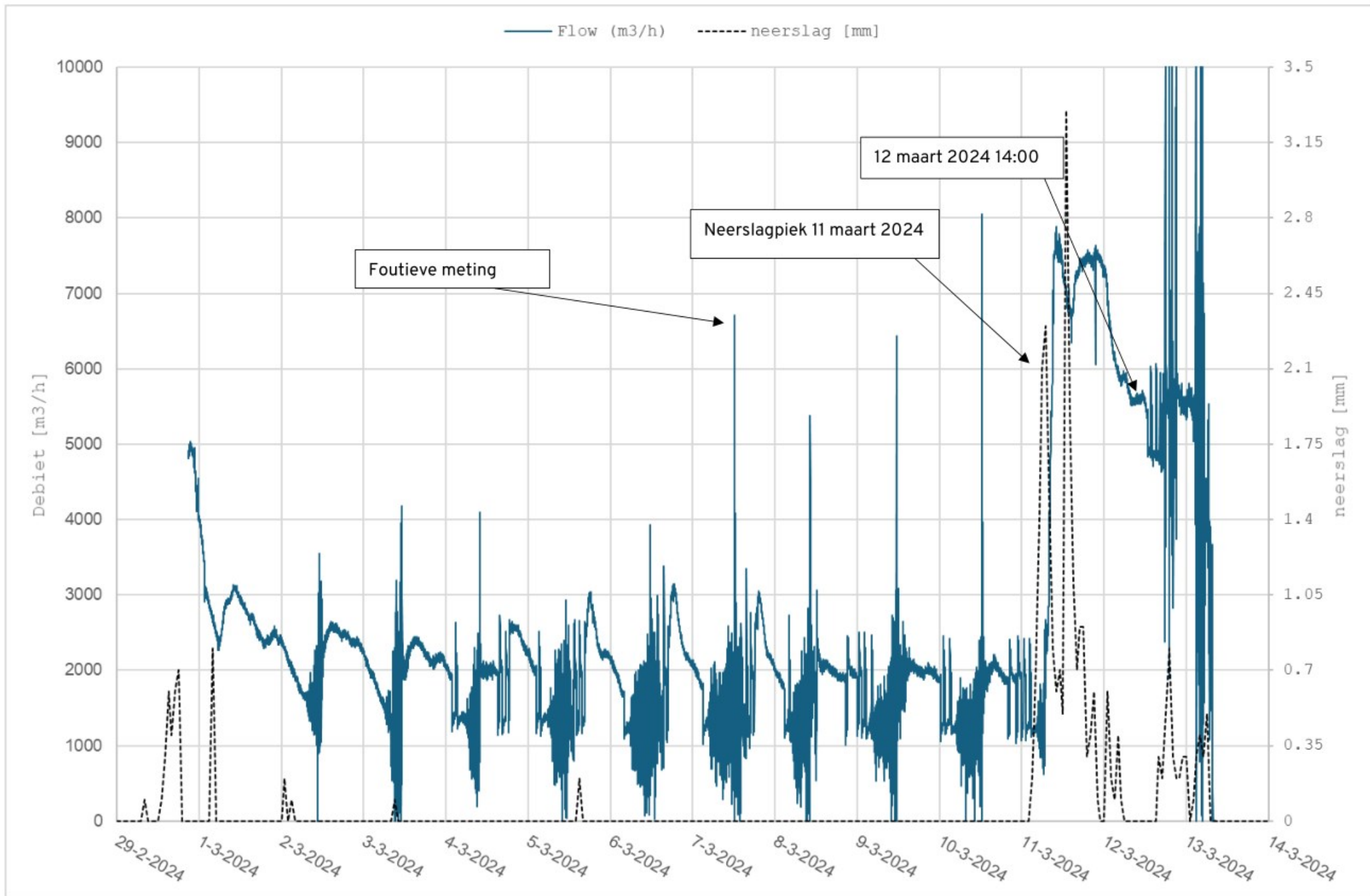
- Ter plaatse van de perszijde worden de maatgevende niveaus voor het verminderen van debiet niet overschreden. De perszijde heeft dus geen rol gespeeld in het aansturen van de TPI ten tijde van het incident.
- Het niveau in de kelder van gemaal Aalst fluctueert tussen circa NAP +14,3 m en NAP +15,3 m. De fluctuatie vertoont niet hetzelfde patroon in de tijd als bij de debietmeting wordt waargenomen. Vermoedelijk is de fluctuatie het resultaat van een samenspel van de pompen van gemaal Aalst en de lozing vanuit het TPI.

- Ter plaatse van de zuigzijde is te zien dat het uitschakelpeil van NAP +13,86 m (ondergrens) niet wordt bereikt. De TPI is dus niet uitgeschakeld gedurende de tijd dat deze in dienst is geweest.
- Het max peil DWA en max peil RWA worden overschreden als gevolg van de neerslag die is gevallen op 11 maart 2024. Aan de lozingszijde bij gemaal Aalst is tevens te zien dat het peil stijgt, de TPI is op dit moment dus harder aan het pompen zoals verwacht op basis van de beschreven besturing in het testplan van VDK [3].

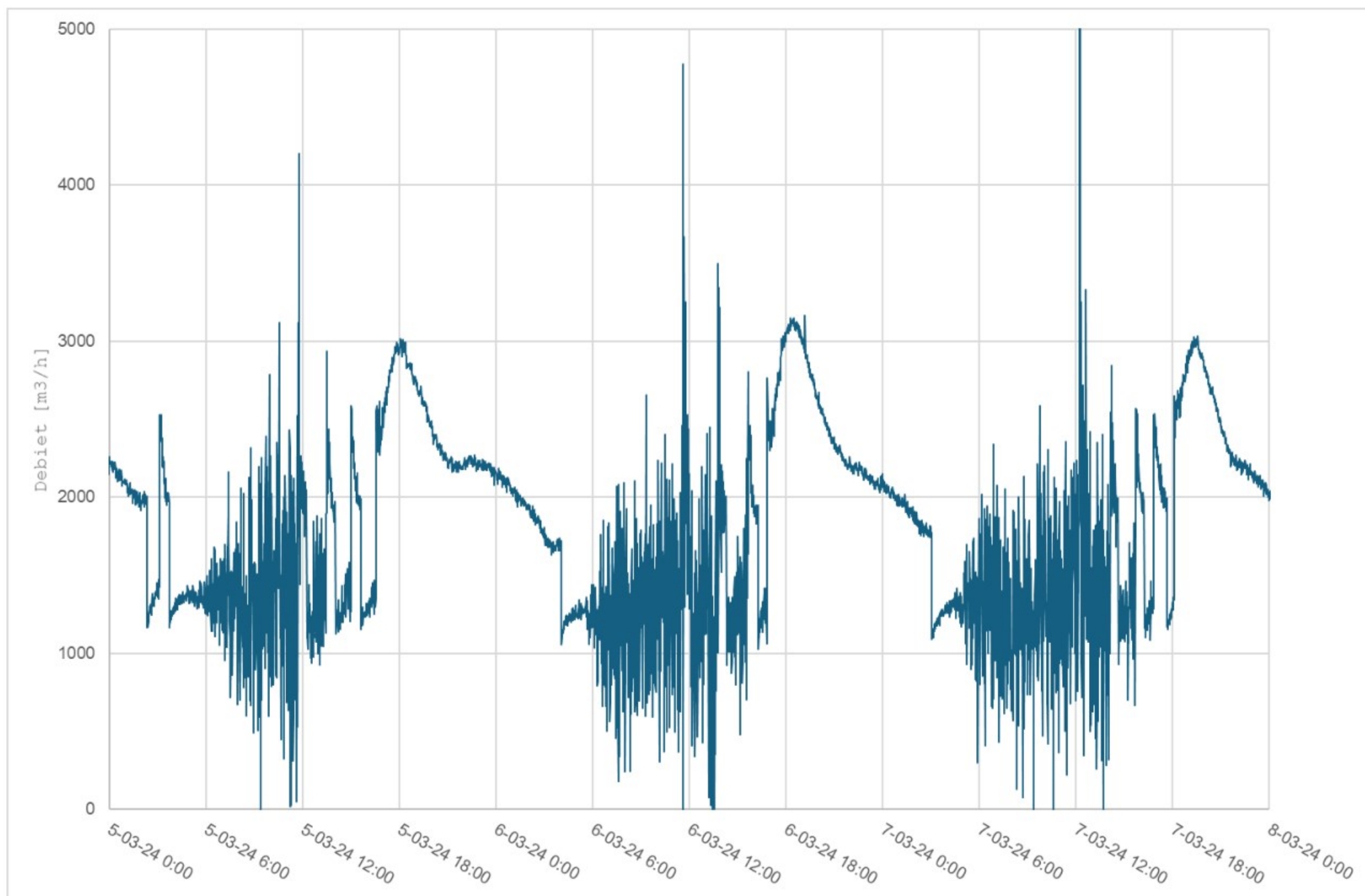
5.4 Vermogen TPI

Het debiet van 8.000 m³/uur wordt niet bereikt hoewel de niveaumeting aan de zuigzijde van de pomp wordt overschreden. Vermoedelijk komt dit doordat de pompen meer vermogen nodig hadden dan voorzien (zie interview met VDK in Bijlage 1). Dit was tevens als storing doorgekomen op 11 maart in de avond bij VDK. VDK vermoed een vernauwing aan de perszijde van de pomp, onduidelijk is waardoor een eventuele vernauwing wordt veroorzaakt. Het is niet aannemelijk dat zand de oorzaak is van een eventuele vernauwing aangezien een vernauwing automatisch een verhoging van de stroomsnelheid betekent waardoor zand weer zal opwervelen en in suspensie komt. Wat wel een mogelijke verklaring is (die door VDK genoemd is), is de aanwezigheid van lucht in de leiding. Deze lucht leidt tot een vermindering van de capaciteit van het systeem.

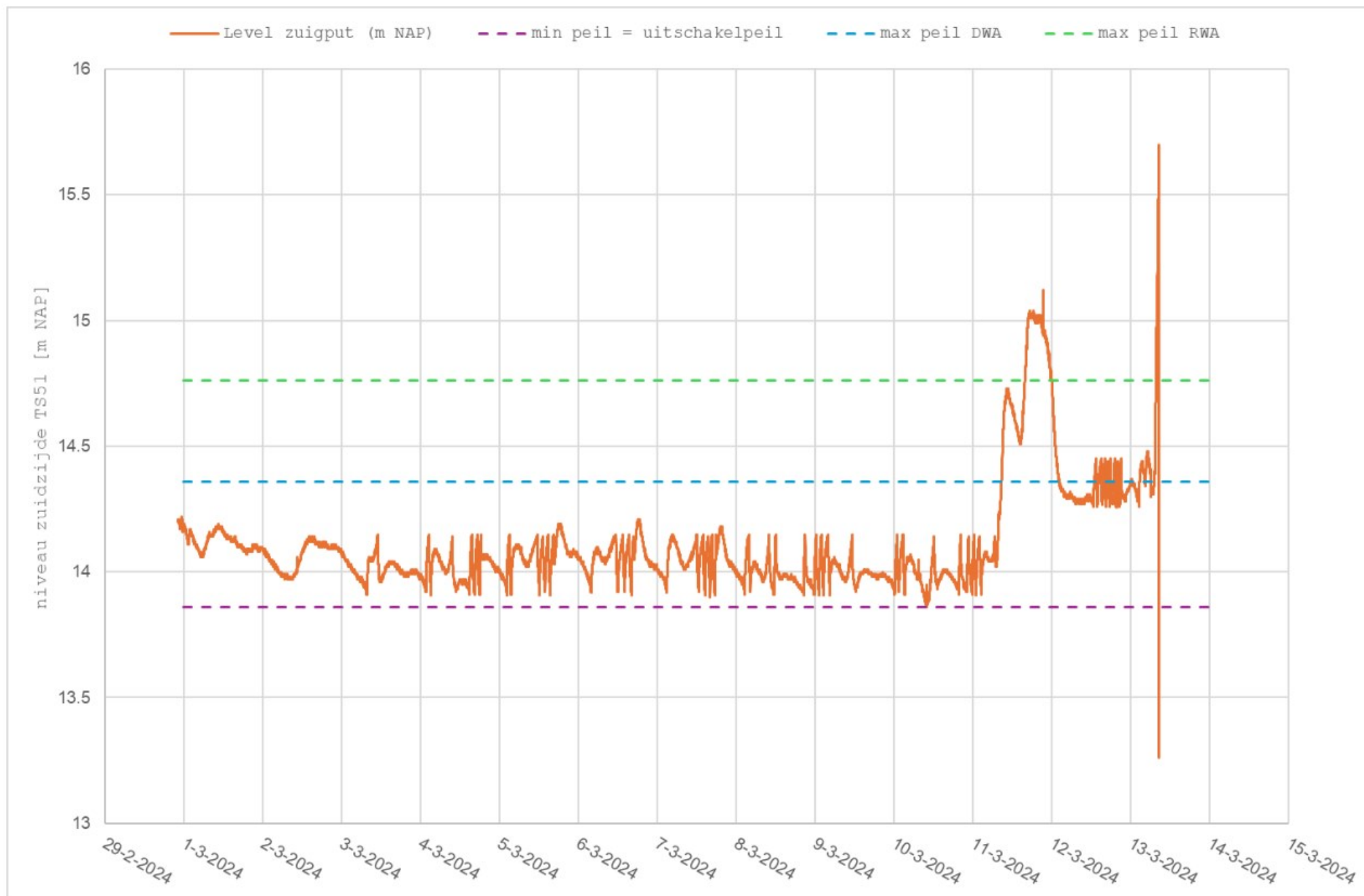
Het gevraagde vermogen van de TPI is niet gemeten. De constatering dat meer vermogen dan voorzien noodzakelijk was, is zodoende niet te controleren.



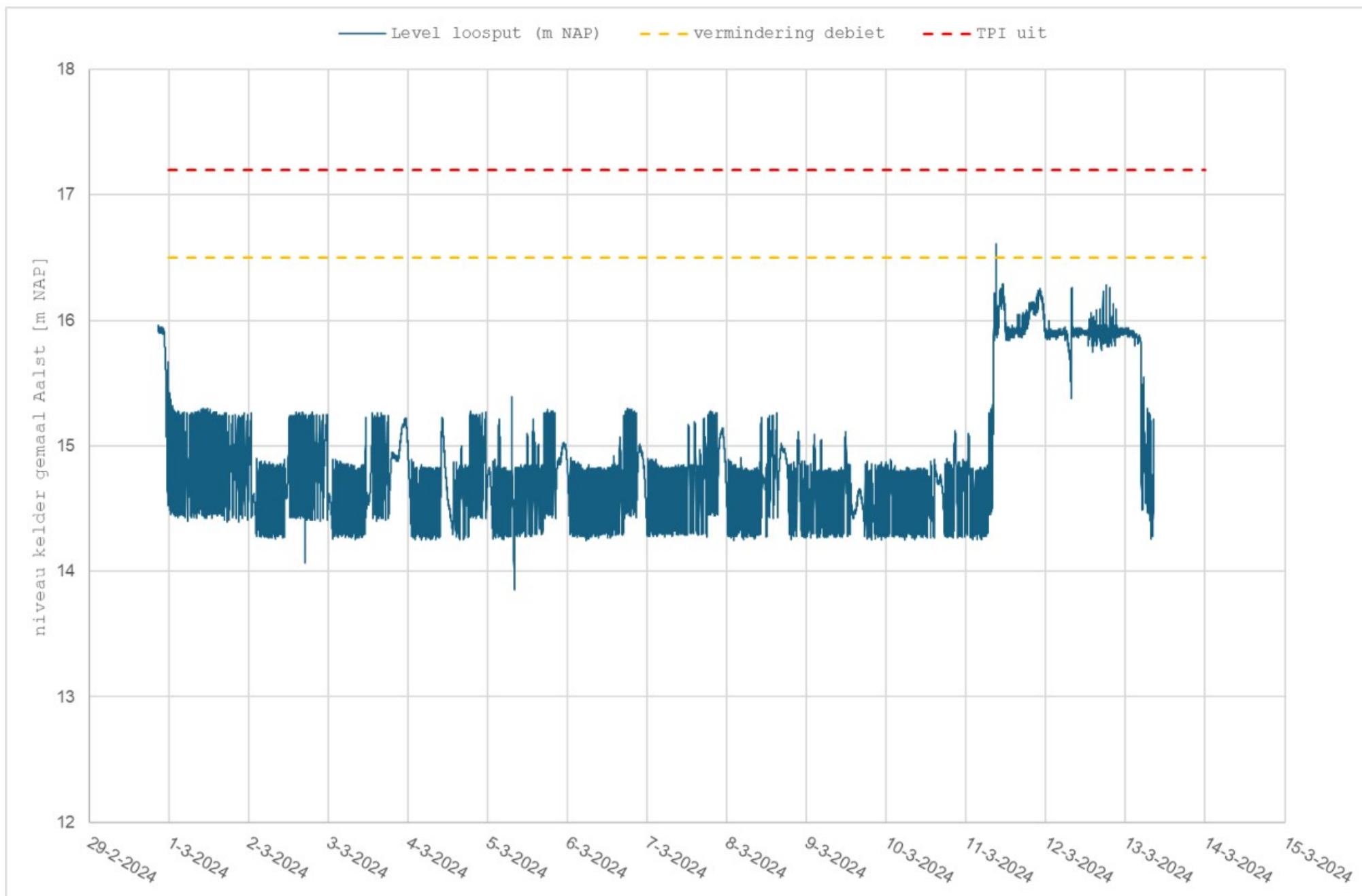
Figuur 17 Grafiek debiet uitgaand TPI



Figuur 18 Grafiek debiet uitgaand TPI (detail)



Figuur 19 Grafiek niveau zuigzijde TPI



Figuur 20 Grafiek niveau kelder gemaal Aalst

6 Discussie

6.1 Leemte in kennis

Voor de discussie van de verschillende navolgende genoemde oorzaken is een algemene opmerking over de beschikbare informatie van belang. Hoewel er meetgegevens (niveau- en debietmetingen) en beeldmateriaal zijn van het moment dat het incident zich voordeed, was er op het bepalende moment niemand ter plaatse. De TPI was zodanig ontworpen dat deze op afstand kon worden aangestuurd. Zelfs al zou er iemand ter plaatse zijn geweest dan is alsnog onzeker of dit zou hebben geholpen. Het is nu eenmaal niet mogelijk om in een pomp te kijken op het moment dat deze draait. Er zal zodoende altijd enige onzekerheid over het exacte mechanisme bestaan. In dit verdere hoofdstuk wordt daarom gesproken van 'waarschijnlijk' of 'niet waarschijnlijk' wanneer een oorzaak wordt beschouwd.

6.2 Meest waarschijnlijke oorzaak

6.2.1 Lekkage ter plaatse van pomp 1

De meest waarschijnlijke oorzaak is volgens CRUX dat het incident is ontstaan als gevolg van de geobserveerde lekkage bij pomp 1 (zie Figuur 12). Het gevolg van deze lekkage is als het ware een kettingreactie die als volgt kan worden omschreven:

- Rond 13:00 à 14:00 uur (op 12 maart) is een beperkte vernatting op de draglineschotten te zien op het beeldmateriaal van de beveiligingscamera wat duidt op een lekkage aan deze pomp. Dat er rond 13:00 à 14:00 uur iets gebeurd in de TPI wordt mogelijk ook weergegeven door de fluctuatie in de debietmeting zoals aangegeven in Figuur 17.
- Lekkage neemt verder toe rond 17:30 à 18:00 uur waarbij er een waterstroom over het maaiveld richting de sleufkist op gang komt zoals te zien in Figuur 14.
- Gedurende de nacht van 12 maart op 13 maart ontstaat er een geul en neemt de verzadiging van de bodem gestaag toe waardoor de ondergrond mogelijk ook zijn draagkracht verliest (er ontstaat dan een soort drijfzand). Grond wordt in toenemende mate weggespoeld. Op enig moment komt tevens de gasleiding van Enexis bloot te liggen.
- In de ochtend van 13 maart rond 6:20 uur zakken de draglineschotten weg en zakt de gehele pompopstelling naar beneden, zoals te zien op het videomateriaal.

Alle opeenvolgende effecten, waaronder het bloot komen te liggen van de gasleiding, zijn dus een gevolg van de eerste lekkage ter plaatse van pomp 1. Nu kan echter nog wel de vraag worden gesteld waardoor deze lekkage is ontstaan. Op basis van de kwalitatieve beschouwingen in deze rapportage kan door CRUX hier weinig over worden gezegd, in verband met de in paragraaf 6.1 beschreven leemte in informatie. Ter illustratie kunnen de volgende twee achterliggende mechanismen worden benoemd welke als oorzaak (afzonderlijk of in combinatie) plausibel zijn, echter waar op basis van de beschikbare informatie niet kan worden bepaald wat er de meest bepalende oorzaak voor de lekkage bij pomp 1 was:

1. Een uitvoeringsdetail zoals *niet goed aangedraaide bout* ter plaatse van de flensverbinding kan een potentiële oorzaak zijn.
2. Mogelijk was de *TPI gevoelig voor verschilvormingen* (in detail de flensverbindingen in combinatie met de gekozen ligging van leidingen/oplegpunten), die dan tot een beperkte opening bij de flensverbinding bij pomp 1 leiden (wellicht ook een combinatie met punt 1.) en daarmee ook een potentiële oorzaak was.

Hierbij kan worden opgemerkt dat de TPI al sinds november 2023 op de locatie staat en mogelijk zijn verschilzakkingen ontstaan. Zakkingen kunnen optreden door zettingen ten gevolge van belastingen (samendrukken bodemlagen) of door inklinken van (niet verdicht) zand. Zettingen door belasting lijkt bij de grondslag en TPI-opstelling minder waarschijnlijk. Enige zakking door wellicht onvoldoende verdicht zand in combinatie met trillingen van de TPI zelf kan mogelijk wel een potentiële oorzaak voor ongewenste vervorming geweest zijn.

Zakkingen op ongewenste punten (ofwel verschilzakkingen) van het gekozen leidingstelsel kunnen tevens ook optreden doordat specifieke punten mogelijk onvoldoende ondersteund zijn (zie foto Figuur 11). Zoals ook beschreven in het feitenrelaas van RHDHV [9] bestaat het vermoeden dat enkele balken onder de uitgaande leiding van pomp 1 op een eerder moment gestapeld lagen en een ondersteunende functie hadden. Het wegvallen van de ondersteunende functie zou in theorie ook een potentiële oorzaak kunnen zijn van een ongewenste vervorming ter plaatse van de flensverbinding bij pomp 1 met als gevolg een lekkende verbinding.

Er moet worden opgemerkt dat de overschrijding van de niveaumetingen max peil DWA en max peil RWA zoals te zien in Figuur 19 geen aandeel zullen hebben in de oorzaak, op zijn hoogst heeft dit een effect op de opstuwning van water bovenstrooms in het transportriool.

6.2.2 Afvoer van grond en water

Bij de analyse van het beeldmateriaal zoals de foto in Figuur 16 ontstaat de vraag waar alle grond (overwegend fijnzandig materiaal) onder het pompstation naartoe is gespoeld, aangezien er een relatief groot gat is ontstaan. Hier is tevens ook in de interviews over gesproken. Er zijn twee mogelijke bestemmingen voor dit materiaal benoemd:

1. Het overwegend fijnzandige materiaal is via de geul, die is ontstaan tijdens de lekkage bij pomp 1 voorafgaand aan het incident in de sleufkist terecht gekomen (zie Figuur 14). Vanaf daar is het bodemmateriaal weer opgezogen door de TPI en verpompt richting gemaal Aalst via de uitgaande verzamelleiding.
2. VDK benoemt de potentiële oorzaak dat wellicht een reeds aanwezige horizontale voorkeursstroming in de bodem is ontstaan waardoor het bodemmateriaal richting de eerder opgetreden verzakking ter plaatse van de golfbaan is gestroomd. Wellicht vindt de stroming plaats langs oude drainagebuizen.

Een inschatting van de hoeveelheid zand die is weggespoeld kan worden verkregen middels de foto's en het oppervlak van de pompopstelling. Het oppervlak is gemeten in GIS en bedraagt circa 210 m². Uit de foto's wordt afgeleid dat een gemiddelde zakking van circa 1,5 m over dit oppervlak is opgetreden waardoor de totale hoeveelheid fijn zand dat is weggespoeld op circa 300 m³ wordt geschat. Om dit overwegend fijnzandige materiaal af te voeren is circa 5x zoveel water nodig. Het geschatte totale volume aan water dat hiervoor nodig is bedraagt dus circa 1.500 m³. Op basis van het beeldmateriaal kan worden geconstateerd dat het wegspoelen van het zandmateriaal rond 18:00 op 12 maart al op gang is. Tussen 18:00 uur (op 12 maart) en 6:00 uur (op 13 maart) is er dus circa 12 uur de tijd om het zand weg te spoelen met een geschat debiet van circa 125 m³/uur.

Wegspoelen en oppompen via TPI (optie 1)

Op de afbeeldingen in Figuur 14 is te zien dat als gevolg van de stroming over het maaiveld de bodem van de sleufkist in dezelfde foto al bruin kleurt. Het water en zand komt dus duidelijk in de sleufkist terecht. In principe is de aansluiting van de zuigleiding van het TPI met het transportriool volgens opgave dicht gemaakt. Een open vraag is dus nog hoe een debiet van 125 m³/uur vanuit de sleufkist in het riool (en dan de TPI) terechtkomt. Het staat echter wel vast dat het lekwater uit de geul op zijn minst voor een deel in de sleufkist terecht komt en het waterpeil in de sleufkist zelf weinig stijgt op basis van het beeldmateriaal. Als de TPI het zand heeft opgepompt dan moet dit in de uitgaande leiding terecht zijn gekomen. Dat dit gebeurd is, is op foto's van de demontage te zien, de uitgaande leiding is op zijn minst voor een deel gevuld is met zand (Figuur 21).

Op basis van het pipeflo diagram van VDK [4] is het volume van de uitgaande verzamelleiding in totaal circa 580 m³. Dit volume is beperkt in relatie tot de inschatting van het weggevoerde zand van circa 300 m³. Het fijnzandige bodemmateriaal zou dus op zijn minst voor een deel reeds in de kelder van gemaal Aalst terecht zijn gekomen. Op basis van de foto's is het niet onaannemelijk dat deze

afvoerroute van het bodemmateriaal heeft plaatsgevonden. Gedurende de interviews is besproken dat het zand, te zien op de afbeelding Figuur 21 ook van bovenstrooms (door het bestaande transportriool) kan zijn aangevoerd en dus niet afkomstig is vanonder de TPI locatie. Dit acht CRUX niet heel aannemelijk, omdat bij een dergelijke hoeveelheid aangevoerd zand er bovenstrooms ook verzakkingen aan het maaiveld zouden optreden, soortgelijk aan de verzakkingen in 2014 en 2023 benedenstrooms van de TPI.



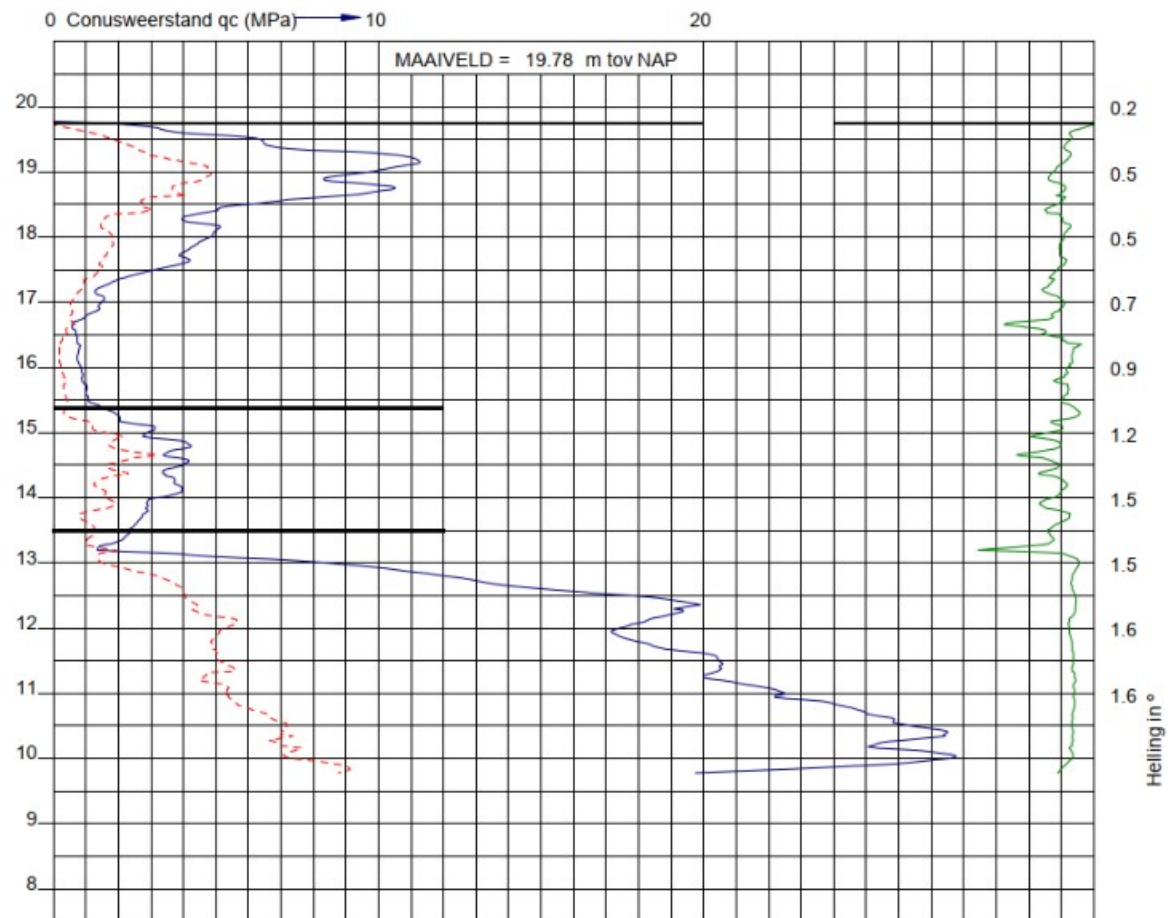
Figuur 21 Uitgaande leiding, deels gevuld met zand

Wegspoelen via horizontale voorkeursstroming in de bodem (optie 2)

De aangedragen hypothese van een (reeds) aanwezige horizontale voorkeursstroming in de bodem is lastiger te beschouwen. Dat een voorkeursstroombaan in de grond aanwezig is, is op basis van de beschikbaar gestelde informatie niet te achterhalen. Echter lijkt dit minder waarschijnlijk gezien de vereiste hoeveelheid zand en water van circa 1.500 m³ dat in de bodem geborgen moet worden. Het bijhorend debiet van 125 m³/uur vereist dan een bodempassage van aanzienlijke omvang voor het zandtransport.

Een andere mogelijkheid zouden lokaal holle ruimtes in de bodem kunnen zijn, die zich dan zouden kunnen vullen met (een deel van) het zand en water. Hoewel dit gezien de hoeveelheden ook eerder onwaarschijnlijk lijkt, is voor deze potentiële afvoerroute gekeken naar het beschikbare grondonderzoek [15]. Dit grondonderzoek is opgenomen in Bijlage 2. Een holle ruimte zou zich moeten uiten in het (volledig) wegvallen van de conusweerstand in de sonderingen. Zoiets zou men dan verwachten rondom de diepte van het transportriool, op circa NAP +15,4 m à NAP +13,5 m. Een dergelijke registratie wordt in alle relevante sonderingen niet aangetroffen, hoewel de sonderingen op of nabij de verzakkingen 2014 en 2023 zijn gezet. Een voorbeeld sondering (DKM-02A) is weergegeven in Figuur 22. Daarom is deze verklaring (optie 2) voor het wegspoelen van 1.500 m³ via een horizontale voorkeursstroom of gaten in de grond ons inziens niet aannemelijk.

Geconcludeerd kan worden dat het meer aannemelijk is dat het onder de draglineschotten weggespoelde fijnzandige materiaal via de sleufkist en vervolgens de TPI zelf is afgevoerd (optie 1).



Figuur 22 Sondering DKM-02A met hoogte transportriool indicatief ingetekend (zwarte horizontale lijnen)

6.3 Overige beschouwde potentiële oorzaken

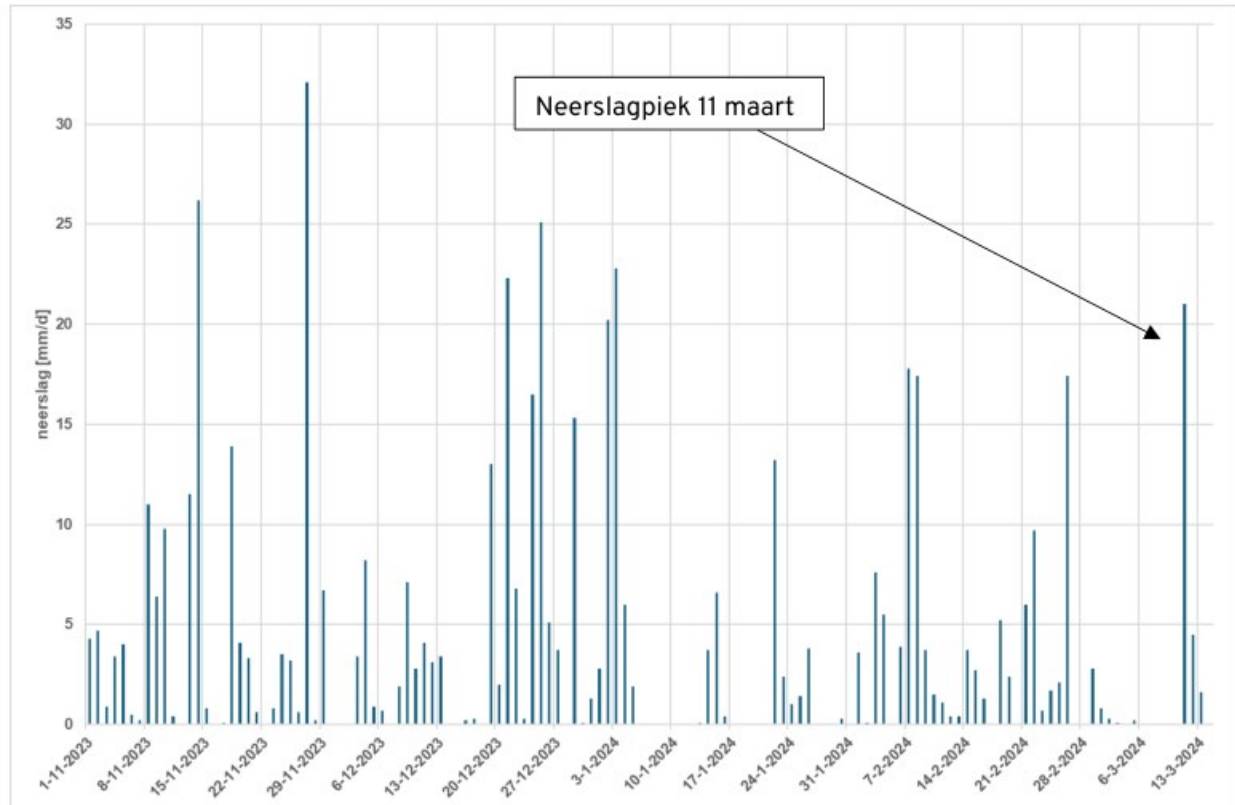
6.3.1 Ondergrond is onvoldoende draagkrachtig

VDK draagt aan dat de ondergrond niet draagkrachtig genoeg is (ofwel was geweest voor de TPI). Naar het oordeel van CRUX is dit in de basis niet het geval. Bij het bezoek van CRUX aan de TPI locatie is duidelijk te zien dat aan de randen van het terrein nog steeds de natuurlijke ondergrond tot circa MV -25 cm zichtbaar is. De ondergrond bestaat uit zand. Dit is het duidelijkst te zien op de foto in Figuur 5. Tevens geven de sonderingen uit het grondonderzoek van Socotec een duidelijk zandig profiel aan de eerste 1 à 2 m bodem. Verder is het gewicht van de pompinstallatie, vanuit geotechnisch oogpunt, zeer beperkt te noemen. CRUX beoordeelt een te kort aan draagkracht van de ondergrond onder de draglineschotten van de TPI als oorzaak van het incident als **'niet waarschijnlijk'**.

6.3.2 Verlies draagkracht werkvloer als gevolg van neerslag

VDK draagt aan dat draagkracht van de ondergrond is afgenomen door het langdurig uitspoelen van zand als gevolg van neerslag (natte winter). Deze oorzaak kan het beste worden beschouwd middels KNMI gegevens van meetstation Eindhoven (station nr. 370). In Figuur 23 zijn de dagwaarden van KNMI meetstation Eindhoven weergegeven. In de figuur is te zien dat op 11 maart 2024 een hoeveelheid van 21 mm neerslag is gevallen in Eindhoven. Op 12 maart is 4,5 mm neerslag gevallen. Dit is de neerslag die te zien is op de foto's van 12 maart rond 16:00 uur. Het neerslag event van 12 maart is dus beperkt te noemen. De neerslag die gevallen is op 11 maart is wel relatief veel, echter in Figuur 23 is tevens te zien dat deze niet uitzonderlijk is.

Sinds de oplevering van de TPI in november is op 6 dagen een vergelijkbare hoeveelheid neerslag of zelfs meer gevallen. De mogelijkheid dat de neerslag op 11/12 maart een spreekwoordelijke druppel was, voorafgaand aan het incident, is niet aannemelijk. CRUX beoordeelt een verlies van draagkracht onder de draglineschotten van de TPI als gevolg van neerslag als de oorzaak van het incident als **'niet waarschijnlijk'**.



Figuur 23 Dagwaarden neerslag KNMI station 370 sinds oplevering TPI

6.3.3 Sleufbekisting is niet geschikt als uitvoeringsmethode

VDK draagt aan dat een sleufkist niet een geschikte uitvoeringsmethode is voor het maken van de ontgraving ter plaatse van de toegang tot het transportriool. Naar het oordeel van VDK zou een damwand voor meer waterremming zorgen vanuit de omgeving.

Hoewel het klopt dat een damwand meer waterremmend is dan een sleufkist is dit argument naar het oordeel van CRUX niet de oorzaak van het incident omdat:

- Het grondwater wordt afgevangen middels de filterbemaling die buiten de sleufkist staat. De sleufkist met filterbemaling is actief sinds minimaal oplevering TPI in november 2023. Als grondwater een probleem zou zijn voor de TPI dan zou dit al veel eerder zijn opgemerkt.
- Neerslag wordt normaliter afgevoerd over het maaiveld of infiltreert in de bodem. De bemaling zorgt dan nog steeds voor een goede drooglegging van de ontgraving.
- Het water afkomstig vanuit de lekkage bij pomp 1 zou, bij toepassing van een damwand, effectiever buiten de ontgraving worden gehouden. Hier valt echter nooit op voorhand op te dimensioneren, omdat zo'n scenario geen maatgevende afweging is.
- Daarnaast wordt een uitvoering middels sleufkist veelvuldig in de praktijk toegepast voor werkzaamheden aan transportriolen en leidingen, tevens op locaties die vele malen gevoeliger zijn voor schade, zoals in binnenstedelijke omgevingen.

CRUX beoordeelt een uitvoering met sleufkist als oorzaak voor het incident als **'niet waarschijnlijk'**.

6.3.4 Aanvoer te veel zand in rioolwater bovenstrooms

In het eerste interview met VDK wordt de aanvoer van teveel zand bovenstrooms aangedragen als potentiële oorzaak van het incident. Uit het interview met WDD blijkt dat deze oorzaak eerder is besproken. Op 24 april 2024 is een rioolinspectie uitgevoerd bovenstrooms. Eén van de doelstellingen van de inspectie was om te controleren of er bovenstrooms veel zand kan worden waargenomen in het transportriool. Uit het resultaat blijkt dat dit niet het geval is.

In Figuur 24 is een screenshot weergegeven van sectie 001 van de rioolinspectie (tussen put 52 en put 51). Deze screenshot is typerend voor deze sectie, welke het dichtst bovenstrooms van de TPI locatie is. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de rioolinspectie beperkt representatief is voor deze beoordeling. WDD geeft in het interview aan dat bij een eerdere droogzetting van de leiding (1,5 jaar geleden) een probleem aan de onderzijde was geconstateerd. De leiding is hier voor 10 à 15 procent gevuld met water waardoor een goede beoordeling van de onderzijde niet mogelijk is.



Figuur 24 Foto rioolinspectie tussen TS52 en TS51

Een grote zandaanvoer van bovenstrooms is niet aannemelijk omdat dan tevens bovenstrooms verzakkingen van het maaiveld zouden zijn optreden. Deze zijn tot nu niet gemeld.

6.3.5 Trillingen in een star systeem

Door meerdere betrokken partijen zijn in de interviews trillingen als oorzaak aangedragen, in combinatie met een 'star' systeem. De trillingen zouden afkomstig zijn uit de pompen en worden niet goed opgevangen door het systeem, omdat een voorziening om dit op te vangen ontbreekt. Als uitleg voor deze oorzaak kan men een trillende wasmachine op een harde ondergrond beschouwen. Om te voorkomen dat deze 'aan de wandel' gaat wordt nog weleens een rubberen mat of trilplaat geadviseerd. Deze vangt de trillingen van de wasmachine op waardoor het effect minder groot is.

VDK geeft in het interview aan dat de gebruikte flensverbindingen in staat zijn om enige beweging op te vangen. In hoeverre het geheel van de pompinstallatie 'star' is, is achteraf lastig te controleren.

Door CRUX wordt aangenomen dat de gebruikte materialen in het pompstation vergelijkbaar zijn aan andere pompinstallaties die door VDK zijn gebouwd. Er is geen reden om aan te nemen dat een direct effect van trillingen op dit pompstation groter is dan op andere door VDK gerealiseerde opstellingen.

CRUX beoordeelt een direct effect van 'trillingen in een star systeem' als op zichzelf staande oorzaak als **'niet waarschijnlijk'**.

Hierbij moet worden opgemerkt dat een indirect effect van trillingen (in de vorm van inklinking van niet verdicht zand) wel kan leiden tot ongewenste vervormingen, zoals ook beschreven in paragraaf 6.2.1.

6.3.6 Stijging grondwaterstand door uit bedrijf nemen lekkend transportriool

Doordat vanaf 29-02-2024 gemaal Aalst zijn water ontving via de tijdelijke bypass van het TPI was het transportriool tussen de TPI en gemaal Aalst buiten gebruik. WDD heeft op 05-03-2024 een meting gedaan van de snelheid waarmee het waterniveau in het transportriool steeg (omdat gemaal Aalst het niveau niet langer laag houdt). De lengte van de rioolstreng is circa 750 m, de breedte is 1,9 m. Het resultaat van de meting is gedeeld door VDK en weergegeven in Tabel 5. De bemaling, waar in de tabel naar wordt verwezen, betreft een bemaling ter plaatse van de verzakking 2023 bij golfbaan de Tongelreep.

Tabel 5 Meting drainerende werking transportriool

Tijd	Diepte onder putrand [m']	Hoogte-verschil [m']	Inhoud [m³]	Tijds-verschil [uu:mm]	Capaciteit Totaal [m³/u]	Capaciteit Bemaling [m³/u]	Capaciteit Totaal [m³/u]
08:15	5,40	Geen waarden, start meting niveau					
12:30	5,19	0,21	299,3	04:15	70,412	6,250	64,2
14:30	5,09	0,10	142,5	02:00	71,250	6,250	65,0

Uit de meting volgt een indicatief lekdebiët van 65 m³/uur door het transportriool. Hoewel dit debiet (vermoedelijk) wordt gespreid over een lange lengte moet worden opgemerkt dat een lekkend transportriool de grondwaterstand in de omgeving beïnvloedt. Wanneer het transportriool stopt met 'afvoeren' van grondwater stijgt dus de grondwaterstand wat theoretisch een invloed heeft op de effectieve korrelspanning en daarmee de draagkracht in de ondergrond, tevens ook ter plaatse van het TPI.

Echter dient bij de beoordeling van dit effect het volgende in overweging genomen te worden waardoor CRUX de potentiële oorzaak van de invloed van het (niet langer) lekkende transportriool op de draagkracht van de grond als **'niet waarschijnlijk'** beoordeelt:

- Uit metingen van de grondwaterstand in de omgeving (zie bemalingsadvies Socotec [15]) volgt een grondwaterstand van NAP +18,0 m bij een GHG-situatie (hoge grondwaterstand door neerslagoverschot).
- Door het afgraven van het maaiveld op een niveau van NAP +18,4 m ontstaat een (beperkte theoretische) ontwateringsdiepte van 40 cm ter plaatse van het TPI.
- Het afkoppelen van het lekke transportriool zal niet zorgen voor een stijging van de GHG boven de gemeten waarden in de omgeving, het zal eerder zo zijn dat in het verleden de grondwaterstand kunstmatig is verlaagd door het 'lekkende' transportriool en de natuurlijke situatie zich nu dus ter plaatse van de TPI zal voordoen.
- Een ontwateringsdiepte van 40 cm zou normaliter niet leiden tot een beperkte draagkracht van de ondergrond. Dit gebeurt pas wanneer de grondwaterstand nagenoeg gelijk staat met het maaiveldniveau.

6.3.7 Invloed van naastgelegen Wadi

VDK draagt aan dat een Wadi op een afstand van circa 25 m afstand van de koker ligt welke hemelwater ontvangt van de naastgelegen A2/N2. De term WADI is een afkorting die staat voor 'Water Afvoer Drainage en Infiltratie'. De functie van een WADI is het tijdelijk bergen en verwerken

van hemelwater. Als de WADI een potentiële bijdrage zou leveren aan het incident dan is dit dus primair gerelateerd aan neerslag.

Reeds in paragraaf 6.3.2 is beschreven dat de regenval die heeft plaatsgevonden voorafgaand aan het incident met de TPI niet uitzonderlijk is te noemen.

Het eventuele effect van de WADI is een afgeleide hiervan. Oftewel: het verwerken van een dergelijke hoeveelheid neerslag door de WADI zal eerder ook hebben plaatsgevonden. CRUX beoordeelt een effect van de WADI als oorzaak of bijdrage aan het incident als **'niet waarschijnlijk'**.

6.3.8 Cavitatie van de pompen

Bij de beschouwing van het TPI ontwerp door RHDHV wordt het risico op cavitatie van de pompen benoemd. Het risico wordt veroorzaakt door onvoldoende voordruk voor de pomp bij een DWA-bedrijf. Hevelwerking kan dit risico verder vergroten.

Cavitatie wordt door betrokken partijen niet benoemd als mogelijke oorzaak van het incident. Voor de volledigheid is het echter goed om dit te bevestigen. Bij cavitatie ontstaan vacuûmbellen in de vloeistof ter plaatse van de pompwaaier. Deze vacuûmbellen imploderen op de pompwaaier wat een negatief effect heeft op de levensduur van de pomp. Cavitatie is mogelijk waarneembaar met het gehoor, maar kan beter worden gevoeld door een hand op de pomp te leggen. Bij cavitatie voelt men dan een lichte trilling. Hierbij moet worden opgemerkt dat er geen berichten waren van duidelijk waarneembare trillingen aan de pompen en zijn deze trillingen waarschijnlijk zo laag geweest dat deze niet tot verdichting van los zand hebben geleid. Derhalve is cavitatie (in combinatie met los gepakt zand) **'niet waarschijnlijk'** als bepalende oorzaak van het incident.

6.3.9 Waterslag

Waterslag wordt door betrokken partijen niet benoemd als mogelijke oorzaak van het incident. Voor de volledigheid is het echter goed om dit te bevestigen. Waterslag is een leidingverschijnsel dat optreedt wanneer een vloeistof in beweging plotseling stopt of van richting veranderd. De verandering van momentum veroorzaakt een drukgolf die door het leidingsysteem propageert. Binnenshuis kan dit worden opgemerkt bij zogenoemde 'klapkranen' die plots worden dicht gegooid, meestal hoort men dit in de binnenleidingen. In industriële toepassingen zijn veel voorkomende oorzaken: de uitval van pompen of een afsluiter die te snel wordt dicht gezet door de monteur. De lekkage zoals te zien in het beeldmateriaal lijkt een meer geleidelijk proces dan bij waterslag te verwachten is en daarmee is waterslag **'niet waarschijnlijk'** als bepalende oorzaak van het incident.

7 Conclusie

Door CRUX Engineering BV is in opdracht van Waterschap de Dommel een onafhankelijk technisch feitenonderzoek uitgevoerd naar de oorzaak van het incident bij de tijdelijke pompinstallatie (TPI) te Eindhoven.

De TPI had als doel om de functie van een (lekke) riooltransportleiding over te nemen zodat het lekke riool kon worden vervangen. De TPI is op 29 februari 2024 in dienst genomen. Op 13 maart 2024 om 07:00 registeren medewerkers van naastgelegen golfbaan de Tongelreep dat er water uit de TPI spuit. Om 07:42 is de TPI gedwongen uitgezet. Bij de TPI is er forse ontgronding geconstateerd, waarbij onder andere ook een gasleiding 'bloot' is komen te liggen.

Het onderzoek van CRUX naar de oorzaak heeft bestaan uit interviews met de betrokken partijen, een locatiebezoek, uitvraag van ontbrekende gegevens en analyse van alle beschikbare gegevens. De meest feitelijke gegevens betreffen het beeldmateriaal van de beveiligingscamera ter plaatse van de TPI locatie enerzijds en de meetgegevens (debiet en niveaumetingen) anderzijds. Daarnaast zijn gedurende de interviews tezamen met de betrokken partijen tien mogelijke oorzaken besproken.

Op basis van de analyse van de beschikbaar gestelde informatie (met name het beeldmateriaal en de meetgegevens), het locatiebezoek en de interviews komt CRUX tot de volgende reactie met betrekking tot de meest waarschijnlijke oorzaak van het incident omtrent de TPI te Eindhoven Zuid:

- Het incident is waarschijnlijk veroorzaakt door een lekkage bij pomp 1 van de TPI. Op het beeldmateriaal is duidelijk een lekkage aan de flensverbinding uitgaand pomp 1 te zien, die in de tijd toeneemt.
- Door de lekkage bij pomp 1 wordt bodemmateriaal (overwegend fijnzandig materiaal) onder en naast het pompstation via afstroming over maaiveld (geulvorming) afgevoerd via de sleufkist en dan de TPI zelf, vervolgens bezinkt het zand deels in de uitgaande leiding en wordt deels getransporteerd naar de kelder van gemaal Aalst.
- Het exacte mechanisme voor het ontstaan van de lekkage zelf bij pomp 1 is op basis van de beschikbare informatie niet te achterhalen. Hierbij zijn verschillende potentiële oorzaken aan te wijzen zoals een losse boutverbinding of dat het leidingstelsel gevoelig was voor verschilvormingen (door opleggingen of zettingen onder andere door trillingen met als gevolg van inklinken van losse zandlagen) of een combinatie daarvan. Hierbij kan worden opgemerkt dat het achteraf bepalen van de exacte oorzaak van de lekkage bij pomp 1 zeer waarschijnlijk niet mogelijk is gezien de verschillende potentiële oorzaken in het ontwerp en/of de uitvoering.

De acht overige beschouwde oorzaken, die volgens CRUX niet waarschijnlijk zijn, worden navolgend genoemd:

- Ondergrond is (op voorhand) onvoldoende draagkrachtig;
- Verlies draagkracht werkvloer als gevolg van neerslag;
- Sleufbekisting is niet geschikt als uitvoeringsmethode;
- Aanvoer te veel zand in rioolwater bovenstrooms;
- Een direct effect van trillingen in een star systeem (indirecte effecten in de vorm van inklinking van losse zandlagen door trillingen kunnen wel een rol hebben gespeeld);
- Stijging grondwaterstand door uit bedrijf nemen lekkend transportriool;
- Invloed van naastgelegen Wadi;
- Cavitatie van de pompen;
- Waterslag.

Aangezien het exacte mechanisme dat ten grondslag ligt aan de lekkage bij pomp 1 zeer waarschijnlijk niet achterhaald kan worden, zijn er vanuit CRUX geen verdere aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

Bijlage 1 Verslaglegging interviews

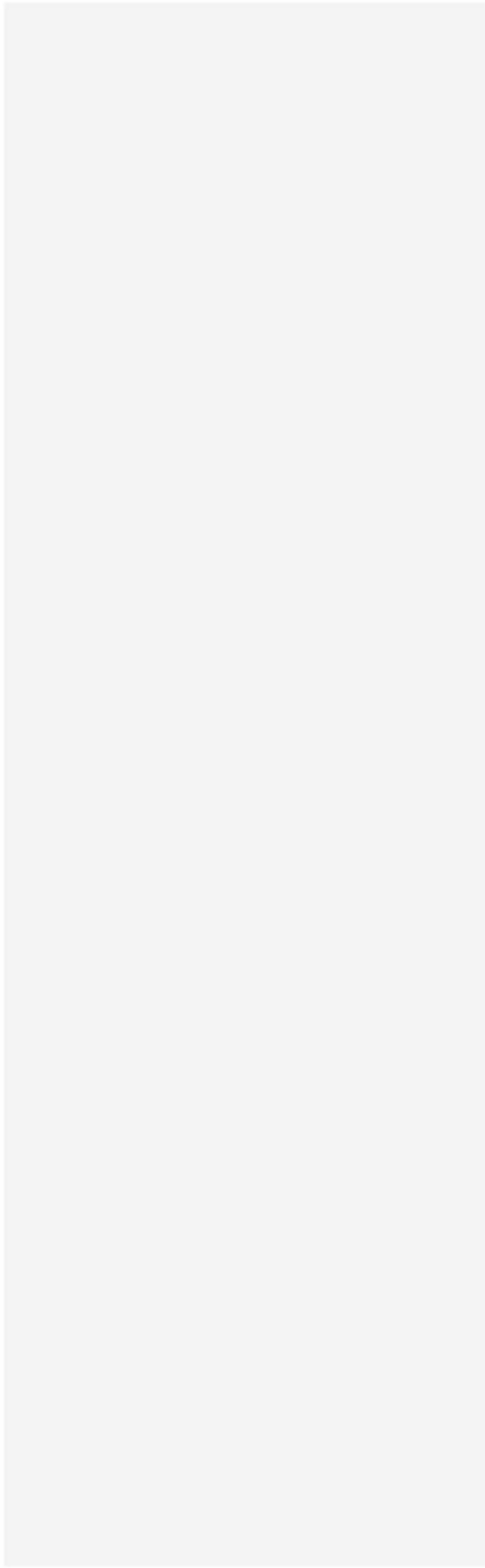
CRUX

Aanleiding	Feitenonderzoek incident TPI Eindhoven-zuid		
Aanwezig			
Afwezig			
Locatie	TPI locatie / CRUX Eindhoven (Esp 228 Eindhoven)		
Datum	20-08-2024 1:00		
Onderwerp	Toelichting	Actie	
1. Opening	Introductie, voorstelronde		
2. Bezoek locatie TPI	Bij bezoek van de locatie TPI is duidelijk dat er in principe niet heel veel meer te zien is naast de directe omgeving. De ontgraving waar het TPI stond is opgevuld evenals de sleuf ter plaatse van het transportriool put TS51. De <u>tijdelijke</u> afvoerleiding richting rioolgemaal Aalst ligt nog wel op maaiveld evenals een beperkt aantal onderdelen zoals draglineschotten.		
3. Algemene vragen	<i>Wat was de rol van WDD in het project?</i> Hoofdzakelijk opdrachtgever en meekijken vanaf de zijlijn. <i>Op dit moment heeft CRUX nog geen metingen gezien van druk, debiet, toerental of spanning in het TPI, zijn deze metingen beschikbaar?</i> Opvragen bij vdkamp <i>Op welke hoogte ter plaatse van de golfbaan zijn er gaten ontstaan?</i> Over een lengte van 90 m ontstaan verzakkingen. Tussen TS4950 en TS51, benedenstrooms van de TPI.		
4. Ontwerp	<i>Hoe kijkt WDD aan tegen het ontwerp van het TPI?</i> Met name RHDHV heeft naar het ontwerp gekeken van het TPI. WDD heeft niet in detail gekeken naar het ontwerp, meer aan de zijlijn. <i>Het betreft een calamiteitenpompstation, voor welke duur zou dit pompstation in bedrijf worden genomen?</i> Scope van de vervanging is nog niet <u>concreet helemaal helder, dit zou worden vastgesteld na inspectie</u>. Duur van het TPI in bedrijf was <u>afhankelijk van de inspectie en de daarop volgende vervanging ook niet helemaal helder. Tussen de inspectie en werkelijke vervanging zou de TPI uit bedrijf zijn maar wel blijven staan (standby)</u>. De leiding is aangemerkt als calamiteus, maar de tijd is naar het oordeel van WDD niet van belang. Het is een belangrijke leiding en risico's moeten onafhankelijk van de tijd worden afgevangen. <i>Zijn er naar het oordeel van WDD potentiële oorzaken die hun oorsprong vinden in het ontwerp van het TPI?</i> Niet bekend		
5. Uitvoering	<i>Er is na opstart van TPI opgemerkt dat de pompen 'zwaar' liepen, is u dit ook opgevallen?</i> Niet bekend <i>Wat wordt er bedoeld met 'zwaar' en wat zou de oorzaak kunnen zijn?</i> Niet bekend		

	Zijn er afwijkingen geconstateerd bij het testen van de pompen voor in bedrijf name? Geen afwijkingen geconstateerd. <u>Het testen (SAT) is probleemloos verlopen</u>	
6. Het incident	Wanneer is het laatste moment dat er medewerkers van WDD op de locatie zijn geweest? De maandag of dinsdag, centraal moment bij in bedrijf name. Op basis van beeldmateriaal lijkt een lekkage te ontstaan bij de pomp die het dichtst bij de camera staat tussen 14:00 en 14:30 op 12 maart. Er lijkt vernatting te ontstaan op de draglineschotten. Is dit door WDD opgemerkt? In eerste instantie niet opgemerkt, maar nu wel te zien. Het lijkt aannemelijk dat dit de oorsprong is van het incident. <u>Daarnaast lag een gronddepot wat afstroming van regenwater naar de betreffende pomp kan verhogen</u> Wat is naar uw idee de oorzaak van de vernatting? Dat is niet direct te achterhalen, maar het lijkt wel veel op een lek bij pomp 1 (dichtst bij camera). Wat is de meest waarschijnlijke oorzaak voor de lekkage in het TPI, naar het oordeel van WDD? Draglineschotten verzakt door neerslag / afstroming. Pomp 1 is gaan hangen. <u>Pompsamenstelling Flens</u> kon het gewicht niet aan <u>en vervolgens is het pomphuis gescheurd en flensverbinding afgebroken:</u> Zijn er overige potentiële oorzaken die naar uw idee in beschouwing moeten worden genomen? Bij aanleg van de TPI, in hoeverre is de grond geroerd? Wat zijn de geohydrologische eigenschappen van de ondergrond? Heeft de ondergrond voldoende capaciteit om neerslag af te voeren. De draagkracht van de ondergrond. Trillingen in een star systeem.	
7. Overige vragen	Er is een rioolinspectie uitgevoerd op 24-04-2024, wat was het doel van deze inspectie? In beeld brengen van de staat van de leiding ter plaatse van sinkholes. Vdk gaf aan dat er zand is aangevoerd van bovenstrooms (dus niet de grond van TPI zelf). Tevens controle op aanwezigheid zand bovenstrooms. <u>Uit inspectiebeelden is dat niet vastgesteld</u> Hoe representatief is de rioolinspectie voor de onderhoudsstaat van het transportriool? Niet heel representatief, omdat het probleem aan de onderzijde zit. 1.5 jaar geleden droog gezet, toen is vanuit de onderzijde wellen ontstaan. In het beeldmateriaal van 24-04-2024 is de leiding circa 10 a 15 procent gevuld met water. <u>Hierdoor is geen goede beeldvorming van de vloer mogelijk.</u> Zien we in het inspectierapport / beeldmateriaal van de rioolinspectie zaken die kunnen wijzen op een grote zandinstroom bovenstrooms van het TPI? Op deze locatie niet. Zijn er werkzaamheden geweest om het transportriool richting gemaal Aalst schoon te maken na het incident? Vooraf de kelder van rioolgemaal <u>is de frequentie van reinigen (verwijderen zand) toegenomen. Vanaf de 1^{ste} verzakking t/m heden, moest een grote hoeveelheid zand uit worden gehaald.</u> Zijn er nog overige punten die WDD van belang acht om mee te nemen? -	

Met opmaak: Superscript

--	--	--



CRUX 		
Aanleiding	Feitenonderzoek incident TPI Eindhoven-zuid	
Aanwezig	Crux:  RHDHV: 	
Afwezig	-	
Locatie	Larixplein 1, Eindhoven	
Datum	19-07-2024 9:00	
Onderwerp	Toelichting	Actie
1. Opening	Introductie, voorstelronde  herstelwerk koker, 1 januari 2024  technisch manager vanaf begin 2023 RHDHV presenteert de context / historie. In 2013/2014 is er een schade ontstaan (<u>sinkholes</u> <u>verzakking</u>). 5 jaar later weer een schade. In 2023 weer een <u>sinkhole</u> <u>verzakking</u> en aangemerkt als calamiteit. RHDHV gevraagd ivm capaciteit <u>bij</u> projectteam <u>waterschap De Dommel</u>. Locatiekeuze TPI. 29 februari TPI aan, buiten controle RHDHV om.	
2. Algemene vragen	<i>Wat was de rol van RHDHV in het project?</i> Bemensen projectteam <u>met de rollen en</u> project <u>manager, technisch manager en-/ omgevingsmanagement</u> <u>omgevingsmanagr.</u> <i>Op dit moment heeft CRUX nog geen metingen gezien van druk, debiet, toerental of spanning in het TPI, zijn deze metingen beschikbaar?</i> Metingen bij vdKamp beschikbaar.	
3. Ontwerp	<i>Hoe kijkt RHDHV aan tegen het ontwerp van het TPI?</i> Onderdelen zijn beoordeeld bij de afname. vdK was verantwoordelijk voor het ontwerp. <i>Er is op enig moment gesignaleerd dat er veel zand moest worden verwerkt door het TPI, zijn de pompen hiervoor geschikt?</i> De pompen zijn vuilwater pompen en moeten dus enige hoeveelheid zand kunnen verwerken, voor grote hoeveelheden zijn ze echter niet geschikt. In die hoedanigheid moet ook <u>onderscheid</u> <u>onderscheid</u> worden gemaakt tussen zandaanvoer vóór het incident en zandaanvoer na het incident. De zandaanvoer na het incident is veel in verband met het wegspoelen van grond onder <u>het pompstation</u> <u>de TPI opstelling</u>. De zandaanvoer van vóór het incident kan naar het oordeel van RHDHV nooit veel zijn geweest. Rioolinspectie uitgevoerd na de calamiteit bovenstrooms. JH vraagt of deze nog gedeeld kan worden. RHDHV geeft aan dat <u>in het verleden</u> <u>genoemde de door VdH en VdK genoemde</u> <u>getallen</u> <u>in de periode na het optreden van de calamiteit, voor hoeveelheid te</u> <u>verwerken zand</u> <u>die naar aanleiding van de zandinstroom in m.n. de slingeroot van</u> <u>gemaal Aalst en de persleiding tussen TPI en gemaal Aalst</u>, niet kunnen kloppen. Deze getallen zijn niet bekend bij JH uit de stukken. <i>Het betreft een calamiteitenpompstation, voor welke duur zou dit pompstation in bedrijf worden genomen?</i> Geen concrete planning. De vraag is altijd hoe tijdelijk is tijdelijk, maar de intentie is altijd geweest om de calamiteit (dus lekkage aan oorspronkelijke riolering) snel te herstellen, daarom is het door WDD ook aangemerkt als calamiteit.	JvdV

Met opmerkingen  Het woord sinkholes mogen we het waterschap niet toepassen. Daarom graag alle 'sinkholes' vervangen door 'verzakkingen'.

Met opmerkingen  Voorstel "Pompstation" vervangen door "opstelling TPI"

Met opmerkingen  Toelichting: "in het verleden" betreft de periode na het optreden van de calamiteit naar aanleiding van de zandinstroom in met name de slingeroot van gemaal Aalst en de constatering van zand in de persleiding tussen TPI en gemaal Aalst

	<i>Bij 1400 m3/u en 1600 m3/u is het verschil tussen NPSHa en NPSHr klein. RHDHV neemt cavitatie waar bij het testen van de TPI in november. Kan cavitatie nog een rol hebben gespeeld bij het incident naar het oordeel van RHDHV?</i> Cavitatie heeft naar alle waarschijnlijkheid plaatsgevonden, maar vermoedelijk niet de oorzaak van het incident. <i>Is er werk verricht aan het niveau van de keldervloer gemaal Aalst (ivm turbulentie)?</i> Geen werk verricht voor zover bekend bij RHDHV. De vraag is of VDK / VDH hier iets aan hebben gedaan naar aanleiding van de beoordeling van het pompplan door RHDHV. Onbekend is of er daadwerkelijk hevelwerking (met bijbehorende verergering cavitatie) heeft plaatsgevonden. VDK moet hier verder antwoord op geven. <i>In het pipeflo diagram worden stroomsnelheden van > 4 m/s berekend. Zijn deze stroomsnelheden gebruikelijk?</i> Gaat over piekbelasting. Bij scenario DWA worden stroomsnelheden van 0,5 à 1 m/s berekend. Het is niet ongebruikelijk dat stroomsnelheden in de piek toenemen. <i>In het ontwerp zijn geen onderdelen te zien die als functie hebben om trilling of beweging op te vangen, is dit gebruikelijk?</i> Niet bekend, is een vraag voor VDK.	
4. Uitvoering	<i>Er is na opstart van TPI opgemerkt dat de pompen 'zwaar' liepen, is u dit ook opgevallen?</i> Niet direct opgevallen, RHDHV is ook niet bij <u>geweest bij</u> de opstart <u>in op</u> 29 februari <u>geweest</u>. Vanderkamp heeft dit vrijgegeven. Het is niet gemeld vóór 13 maart. Wel is door VDK <u>in een bouwvergadering in mei 2024</u> aangegeven dat pompen meer vermogen vragen dan voorzien, VDK geeft dit aan bij <u> </u>. Hoe dit is geregistreerd is niet duidelijk. <i>Wat wordt er bedoeld met 'zwaar' en wat zou de oorzaak kunnen zijn?</i> Mogelijk verband met de benodigde voeding (zie eerdere vraag). <i>Zijn er afwijkingen geconstateerd bij het testen van de pompen voor in bedrijf name?</i> RHDHV was hier niet bij aanwezig. <i>Wat gebeurt er als beide niveaumetingen worden overschreden?</i> Vraag voor VDK / WDD. Vermoedelijk overstort naar oppervlaktewater. <i>Zou Royal HaskoningDHV ook kiezen voor sleufbekisting als uitvoeringsmethode voor de ontgraving bij de koker?</i> Op voorhand zou deze werkwijze als goed worden beoordeeld. <u>Het bemalingswater, vanuit de sleufkist, wordt</u> geloosd in put <u>TS1</u>, debiet is onbekend, wel een continue stroming op gang. <i>Hoe kijkt RHDHV aan tegen de draagkracht van de ondergrond?</i> Draglineschotten <u>op een egalisatielaag van verdicht zand</u> geven normaal gesproken <u>gerelateerd aan de algemene grondslag in deze omgeving</u>, voldoende ondersteuning voor zo'n installatie.	
5. Het incident	<i>Wanneer is het laatste moment dat er medewerkers van RHDHV op de locatie zijn geweest?</i> Niet bij opstart, <u> </u> vermoedelijk voor het laatst in januari. <i>Is er overig beeldmateriaal beschikbaar vanuit RHDHV naast het beeldmateriaal van de beveiligingscamera?</i> Niet vanuit RHDHV. <i>Op basis van beeldmateriaal lijkt een lekkage te ontstaan bij de pomp die het dichtst bij de camera staat tussen 14:00 en 14:30 op 12 maart. Er lijkt vernatting te ontstaan op de draglineschotten.</i>	

Met opmerkingen is het relevant om aan te geven wanneer dit door Vdk is gemeld?

Met opmerkingen Ze deel antwoord gaat niet over sleufbekisting, maar meer over het mogelijke effect van de bemaling op de instandhouding. Advies om dit onderscheid beter te omschrijven.

	RHDHV ziet dit ook op de <u>getoonde</u> beelden. <i>Wat is naar uw idee de oorzaak van de vernatting?</i> Al het leidingwerk is met hout ondersteund. <u>Enkele dagen voor de calamiteit is te zien dat houten ondersteuningsbalken weg zijn, weggeslagen. Waarschijnlijk is hierdoor de leiding is gaan hangen aan de pomp. Een lekkage die zo klein begint registreer je in eerste instantie niet in de debietmeting.</u> <i>Wat is de meest waarschijnlijke oorzaak voor de lekkage in het TPI, naar het oordeel van RHDHV?</i> Lekkage pomp1 veroorzaakt door gewicht dat aan de pomp hangt. Dit is echter niet met zekerheid te zeggen. <i>Zijn er overige potentiële oorzaken die naar uw idee in beschouwing moeten worden genomen?</i> Alles is benoemd.	
4. Overige vragen	<i>Zijn er nog overige punten die RHDHV van belang acht om mee te nemen.</i> Toen <u>het de calamiteit</u> gemeld werd op 13 maart, is er snel gehandeld. Iedereen stond paraat. Op de beelden is te zien dat er een dag van tevoren iets <u>gebeurdgebeurt</u>, maar op dat moment is het logisch dat er niets is gesignaleerd. Er is naar eer en geweten gewerkt.	

CRUX

Aanleiding	Feitenonderzoek incident TPI Eindhoven-zuid	
Aanwezig		
Afwezig	-	
Locatie	Kruishoekstraat 13, Heesch	
Datum	10-07-2024 10:00	
Onderwerp	Toelichting	Actie
1. Opening	Introductie, voorstelronde, vdHeuvel presenteerd: - Beeldmateriaal van de calamiteit - Tijdlijn voorafgaand aan de calamiteit en - Demarcatielijst Start met de film van de bouwplaats, 12 maart 14:00. Zelfde beeldmateriaal als beschikbaar gesteld door WDD. <i>Verschil tussen calamiteit en calamiteit TPI</i> vdHeuvel geeft aan dat het belangrijk is om onderscheid te maken tussen de aanleiding voor het plaatsen van de TPI en de calamiteit bij het TPI, we hebben het hier vooral over het laatste.	
2. Algemene vragen	<i>Wat was de rol van vdHeuvel in het project?</i> Civiel, bouwplaatsinrichting en gereed maken bouwoppervlak. Vdkamp ook uitvoerend, maar voor het in elkaar zetten van de pompinstallatie. <i>Waar ligt de knip in werkzaamheden tussen vdHeuvel en vdKamp?</i> Bouwterrein wordt opgeleverd met werkvloer, bemaling, droogzetten koker. Vdkamp bouwt met eigen draglineschotten e.d. de installatie op. <i>Op dit moment heeft CRUX nog geen metingen gezien van druk, debiet, toerental of spanning in het TPI, zijn deze metingen beschikbaar?</i> Dit kan het beste worden nagevraagd bij vdKamp.	
3. Ontwerp	<i>Hoe kijkt u aan tegen het ontwerp van het TPI?</i> Alleen gekeken naar de zuigmond. Hoe aanbrengen plaatsen materieel. Verder vertrouwd op het ontwerp van vdKamp. <i>Door de oorspronkelijke lekkage in het rioolsysteem is zand ingestroomd in de rioolleiding. Kan dit ook voor belemmeringen zorgen bij de TPI?</i> Er is geconstateerd dat veel zand vanaf hightech campus is toegevoerd nog voor de calamiteit. Tevens is geconstateerd dat de pompen 'zwaar liepen', hierover kan het beste bij vdKamp navraag worden gedaan. <i>Afsluitschot</i> Het schot is maatwerk, dat zou eerst beton worden, maar is staal geworden. Het ontwerp moet tevens constructief worden doorgerekend.	
4. Uitvoering	<i>Wie selecteert de te gebruiken materialen?</i> Vanderkamp is verantwoordelijk voor de gehele bouw van het TPI. Draglineschotten/werkvloer klaar daarna vdKamp. Niet verder waterpas controle gedaan van de werkvloer. <i>Zijn er criteria voor de te gebruiken materialen en appendages voor het TPI?</i>	

Met opmerkingen : Zie demarcatielijst

Met opmerkingen : Aanvulling, VdH hier hiervoor ingeschakeld door WSDD vanuit het storingscontract.

Met opmerkingen : VdH heeft deze gegevens niet, en ook nooit ontvangen.

Met opmerkingen : Meegedacht over het plaatsen van de zuigmond.

Met opmerkingen : Ook het afstempelen van het T-stuk t.b.v. zuigmond aan weerszijde van de dubbele sleufkist VDH

Met opmerkingen : rioolkoker

Met opmerkingen : Door wie is dit gecontracteerd? Anders dit graag aanvullen.

Met opmerkingen : Dit is geen constatering door VDH

Met opmerkingen : VDK heeft aangegeven dat er veel zand is meegekomen van de High Tech Campus. van WSDD heeft in eerdere overleggen aangegeven dat er tijdens de inspectie weinig verontreiniging (zand) aanwezig is in de leiding van HTC.

Met opmerkingen : Door wie is dit geconstateerd? Anders dit graag aanvullen.

Met opmerkingen : Dit is geen constatering vanuit VDH, maar is tijdens een projectteamoverleg medegedeeld

Met opmerkingen : is doorgerekend. Dit door RHK.

Met opmerkingen : Dit is niet juist verwoord. VdK heeft in opdracht van WSDD de TPI geplaatst. Wie hiervoor verantwoordelijk is dat is aan VdK en WSDD.

Met opmerkingen [Iv14]: Werkvloer middels schoten

	Dit kan het beste worden nagevraagd bij vdKamp. <i>Heeft verdichting of grondverbetering plaatsgevonden?</i> Op foto's is te zien dat de leeflaag is verwijderd. De leeflaag was zeer dun, daarna direct op zeer zandig materiaal met veel draagkracht. Grondverbetering was niet noodzakelijk. <i>Is het TPI terrein geëgaliseerd en zo ja op welke wijze?</i> De werkvloer is egaal opgeleverd en op aanvraag vlakdekkend voorzien van draglineschotten. Er heeft geen controle van egaliteit plaatsgevonden. <i>Is er bemaling aanwezig, van wanneer tot wanneer en met welk doel?</i> 17-07, 18-07 in bedrijf, 5 juni 2024 uit. Doel van de bemaling is om de koker van het oorspronkelijk systeem droog te krijgen. <i>Op beeldmateriaal voorafgaand aan het incident lijkt een spindel te verdwijnen van een pomp af. Is er bekend wie daar op dat moment was en of deze persoon iets heeft gezien.</i> Dit was vdHeuvel nog niet opgevallen. Het is niet bekend wie dit was.	
5. Het incident	<i>Welk beeldmateriaal is er beschikbaar van de beveiligingscamera?</i> Camera op basis van beweging registratie met als doel om diefstal op locatie te voorkomen. Dit houdt in dat de camera niets registreert als er geen duidelijke beweging wordt waargenomen. Als er geen beweging wordt waargenomen wordt beeldmateriaal van een beperkt tijdvenster opgeslagen. Eerste beschikbare beeld is 7 maart. <i>Welk overig beeldmateriaal is beschikbaar?</i> Vd Heuvel deelt beeldmateriaal van de inrichting van de locatie. Beeldmateriaal van ontmantelen kan het beste worden gedeeld door vd Kamp. <i>Wanneer is het laatste moment dat er medewerkers van vdHeuvel op de locatie zijn geweest?</i> NG is regelmatig op locatie geweest tussendoor en WDD ook [REDACTED] controleronde. Er is geen specifiek tijdstip aan te wijzen dat medewerkers van een partij er niet meer zijn. <i>Op basis van beeldmateriaal lijkt de lekkage te ontstaan bij de pomp die het dichtst bij de camera staat tussen 14:00 en 14:30 op 12 maart.</i> Flens bij pomp 1 laat tussen 14:19 en 14:30 water zien. vdHeuvel heeft het gevoel, op basis van beeldmateriaal, dat er op eerdere momenten al lekkage heeft voorgedaan. Dit naar aanleiding van de kleur van omliggend zand. Dit is echter een gevoel en lastig te controleren. Medewerkers op locatie hebben dit niet specifiek geconstateerd. <i>Bouten ter plaatse van flensverbindingen</i> RG merkt op dat bouten ter plaatse van flensverbindingen kort zijn. Er steekt geen schroefdraad onder de bout meer uit. <i>Wat is de meest waarschijnlijke oorzaak voor de lekkage in het TPI, naar het oordeel van vdHeuvel?</i> Lekkage vindt plaats bij pomp 1, hier is tevens te zien dat balken/schotten onder de bocht zijn weg gevallen. Dit in combinatie met trillingen in een star systeem en krachten op de bocht door zand heeft mogelijk gezorgd voor het falen van de flensverbinding bij pomp 1. <i>Zijn er nog overige potentiële oorzaken die naar het oordeel van vdHeuvel moeten worden beschouwd?</i> Bouten bevatten geen sluitringen, korte buiten. Het schroefdraad van de schroef steekt plaatselijk niet uit tot onderkant moer (zie foto wordt gedeeld). Verder zijn er weinig onderdelen die voor compensatie voor trillingen zorgen in het systeem. Star systeem, geheel van staal.	RG

Met opmerkingen [REDACTED] Gefundeerd op staal.

Met opmerkingen [REDACTED] 2023

Met opmerkingen [REDACTED] Op 2 en 4 maart na in bedrijf name is NG nog op maaiveld geweest, daarna pas op de ochtend van de calamiteit 13 maart

Met opmerkingen [REDACTED] Dit betreft niet alle boutverbindingen over de gehele TPI

Met opmerkingen [REDACTED] : Boutverbindingen

Met opmerkingen [REDACTED] Bouten*

6. Overige vragen	<i>Aan de telefoon benoemde RG dat hij graag dit dossier zou willen afronden. Wat bedoelt RG hiermee?</i> Belangrijk om snel het geheel te onderzoeken, als het lang sleept dan verdwijnt eea uit het geheugen. Verder is het voor alle betrokken partijen vervelend dat dit heeft plaatsgevonden en willen we met zijn allen hiervan leren. <i>Zijn er nog overige punten die vdHeuvel van belang acht om mee te nemen.</i> Vd Heuvel is storingsaannemer voor WDD en werkt uitsluitend voor WDD, niet voor een van de overige betrokken partijen.	

CRUX

Aanleiding	Feitenonderzoek incident TPI Eindhoven-zuid		
Aanwezig op 16-07			
Aanwezig op 20-08			
Afwezig	-		
Locatie	Hoekerweg 1, Zwolle / Esp 228, Eindhoven		
Datum	16-07-2024 13:00 / 20-08-2024 13:30		
Onderwerp	Toelichting	Actie	
1. Opening	Introductie, voorstelronde HW presenteert het feitenrelaas zoals dit ook naar de verzekeraars is gegaan. HW laat JH werkplaats en pompen van het TPI zien. 3x RW en 1x SRW zijn aanwezig met de schade zoals ook zichtbaar op het beeldmateriaal van het incident. 1x RW wordt weer ingezet op projecten.		
2. Algemene vragen	<i>Aan de telefoon gaf u aan dat enkele collega's met verlof zijn.</i> Twee collega's, JR mogelijk nog van belang om te spreken in verband met ontwerp vragen, RD in verband met uitvoering op locatie. <i>Wat was de rol van vdKamp in het project?</i> WDD vraagt vdK voor tijdelijke pompen. Dit is ook 99% van het werk van vdK, specialist in tijdelijke pompinstallaties. JR heeft het hele traject qua voorbereiding gedaan. <i>Op dit moment heeft CRUX nog geen metingen gezien van druk, debiet, toerental of spanning in het TPI, zijn deze metingen beschikbaar?</i> Telemetrie volgens ontwerp bevat debiet, niveau kelder gemaal Aalst en niveau koker Wordt nagevraagd.	HW	
3. Ontwerp	<i>Er is op enig moment gesignaleerd dat er veel zand moest worden verwerkt door het TPI, zijn de pompen hiervoor geschikt?</i> Vraag voor JR, monteur in de werkplaats geeft wel aan dat enig zand verwerkt moet kunnen worden aangezien het vuilwater pompen zijn. Als er teveel zand ophoopt bestaat er wel een risico dat de pomp uit balans gaat draaien. JR geeft aan dat het niet ideaal is, de pompen zijn geen vuilwaterpompen, echter vanuit hydraulisch oogpunt moet de pomp een bepaalde hoeveelheid zand wel gewoon kunnen verwerken. <u>RD: JR heeft gezegd dat het geen baggerpompen zijn. Het zijn wel vuilwaterpompen.</u> <i>Op foto's is te zien dat er weinig appendages aanwezig zijn die voor demping van trilling of beweging zorgen. Is dit gebruikelijk?</i> Er zijn wel voorzieningen aanwezig die zorgen voor demping van trillingen. De toegepaste flensverbindingen zijn in staat om enige beweging op te kunnen vangen. Anders zou het systeem inderdaad erg star zijn. <i>Het betreft een calamiteitenpompstation, voor welke duur zou dit pompstation in bedrijf worden genomen?</i> Het zal minimaal een jaar duren, maar de exacte duur was niet bekend. <i>Bij 1400 m3/u en 1600 m3/u is het verschil tussen NPSHa en NPSHr klein. RHDHV neemt cavitatie waar bij het testen van de TPI. Kan cavitatie nog een rol hebben gespeeld in het incident naar het oordeel van vdKamp?</i>		

Met opmerkingen Niet correct, pomp zijn uitstekend geschikt voor vuilwater, specifiek rioolwater. Ik heb aangegeven dat ze niet geschikt zijn voor het verpompen van water met zand (daarvoor hebben we specifieke slijtvaste pompen, dat zijn deze pompen niet). Als er langdurig water met zand wordt verpompt zal er overmatige slijtage optreden.

	Nee, risico op cavitatie zelf ook gesignaleerd, maar de pompcurve is behoudend opgesteld. <u>We hebben de pompen veelvuldig getest en ingezet onder deze omstandigheden (lage NPSH).</u> Zelfs al zou er cavitatie optreden dan zou het niet een oorzaak kunnen zijn. Alleen slecht voor levensduur pomp in verband met implosie vacuûmbellen op pompwaaier. <u>De constatering van cavitatie tijdens de test is ons niet bekend. Wel is er over de conservatieve curve gesproken, toen dezelfde uitleg gegeven als hier boven staat.</u> <u>RD: Waarnemingen van RHDHV met betrekking tot cavitatie zijn nooit met ons gedeeld of besproken. Wij hebben dit niet geconstateerd tijdens de inbedrijfname.</u> <u>Zijn er criteria voor de te gebruiken materialen en appendages voor het TPI?</u> Alles wordt visueel gecontroleerd. Revisie en onderhoud doet vdk zelf.	
4. Uitvoering	<i>Er is na opstart van TPI opgemerkt dat de pompen 'zwaar' liepen, is u dit ook opgevallen?</i> Veel vermogen gevraagd, weinig debiet. Maandagavond 11-3-24 is dit ook gesignaleerd als melding aan de storingsdienst. Te weinig flow, te veel vermogen werd gevraagd. Vernauwing persleiding is volgens vdk de meest waarschijnlijke oorzaak. Op de melding is op maandagavond geen actie ondernomen, omdat het TPI vol aan stond. Een ingreep op dat moment zou een te groot effect hebben op de afvoer van water. <i>Wat wordt er bedoeld met 'zwaar' en wat zou de oorzaak kunnen zijn?</i> Zie bovenstaande. <i>Zijn er afwijkingen geconstateerd bij het testen van de pompen voor in bedrijf name?</i> Geen afwijkingen <i>Op beeldmateriaal voorafgaand aan het incident lijkt een spindel te verdwijnen van een pomp af. Is er bekend wie daar op dat moment was en of deze persoon iets heeft gezien.</i> Geen idee wat er met de spindel cq. draaischijf is gebeurd. Wel opvallend, maar niet relevant voor het incident. <u>De spindel waar over gesproken wordt is een handwiel om afsluiters dicht of open te zetten.</u> <i>Wordt er bij het opstellen van het TPI aandacht besteedt aan het waterpas zetten van de onderdelen? Op welke manier wordt dit gedaan en gecontroleerd?</i> Bodem moet een redelijk vaste ondergrond zijn. De <u>eerste laag</u> dragline schotten op de werkvloer waren dun en niet meer van de beste kwaliteit. Eigen dragline schotten voor niveau en waterpas. <i>Op beeldmateriaal is te zien dat ter plaatse van één of meer verbindingen de bouten kort zijn en het schroefdraad van de bout niet tot beneden de moer komt. Is dit gebruikelijk? Kan dit een reden zijn voor afgebroken bouten bij pomp 1?</i> Dit kan naar het oordeel van vdkamp worden uitgesloten. <i>Is er werk verricht aan het niveau van de keldervloer gemaal Aalst (ivm turbulentie)?</i> Geen werkzaamheden verricht. <i>Welke type storingen worden verzonden aan de storingsdienst?</i> <u>Laag debiet, uitval generator, redundante niveaumeting zuigzijde, niveau gemaal Aalst. Storingsmelding frequentieomvormer.</u> <i>Wat gebeurt er als beide niveaumetingen worden overschreden?</i> Vraag voor [REDACTED] <u>Bij overschrijding van de niveaumeting aan de zuigzijde geeft de TPI een alarmmelding</u>	

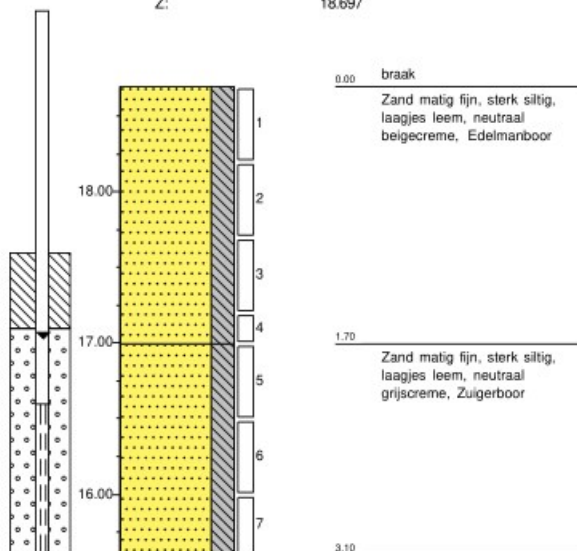
	<u>Bij overschrijding van de niveaumeting aan de lozingszijde gaat de TPI minder verpompen of zelfs uit als het niveau nog verder stijgt (om overstroming te voorkomen)</u> Waar zijn de balken onder uitgaande buis pomp 1 voor bedoeld? Geen ondersteunende functie, alleen voor tijdelijk tijdens de montage.	
5. Het incident	Wanneer is het laatste moment dat er medewerkers van vdKamp op de locatie zijn geweest? Een keer in de 2 a 3 weken voor onderhoud aan air separator. [REDACTED] is er maandag 11-3-2024 nog geweest (overdag) [REDACTED] Maandag 11 maart ben ik er nog geweest. Zoals gezegd waren er toen geen lekkages of afwijkende situaties. Is er overig beeldmateriaal beschikbaar vanuit vdKamp naast het beeldmateriaal? Specifiek van demontage activiteiten? Uitvraag op de mail. Op basis van beeldmateriaal lijkt de lekkage te ontstaan bij de pomp die het dichtst bij de camera staat tussen 14:00 en 14:30 op 12 maart. Er lijkt vernatting te ontstaan op de draglineschotten. Dit is vdK nog niet opgevallen aan de beelden. Hier is niet direct een verklaring voor, maar het lijkt weinig water. <u>(er loopt geen water van het draglineschot af / de vlek is heel klein)</u> Het kan zijn dat een beperkte lekkage zich heeft voorgedaan, maar deze zal niet leiden tot het incident. Wat is naar uw idee de oorzaak van de vernatting die ontstaat rond 14:00? Niet bekend. Niet bekend. Rond 18:00 lijkt rondom de flens uitgaande pomp 1 (dichtst bij camera) water te spuiten uit de flensverbinding. Is vdk dit opgevallen? JR geeft aan dat dit vdk nog niet was opgevallen aan het beeldmateriaal. RD geeft aan dat dit niet een heldere waarneming is en vermoedelijk een schittering door zon, vergelijkbaar zoals ook te zien is bovenop containers op dezelfde foto. Op camerabeelden lijkt het water uit de lekkage troebel/bruin, wat is naar uw idee de oorzaak van de kleur. Het is afvalwater, mogelijk inclusief zand, maar lastig te zeggen obv beeldmateriaal. Wat is de meest waarschijnlijke oorzaak voor de lekkage in het TPI, naar het oordeel van vdKamp? <u>Op maandag was er al instroming van zand vanuit het riool bovenstrooms. Door de pompen in de persleiding gepompt zet richting installatie. Dit kan alleen tijdens de DWA periode voorafgaande aan de calamiteit zijn geweest, dan is de stroomsnelheid in de persleiding laag genoeg voor bezinking. Tijdens RWA stroom het water veel harder en bezinkt het zand minder makkelijk.</u> Het zand draagt niet bij aan een goede werking van de pompen. Niet draagkrachtige ondergrond in combinatie met neerslag en langdurig wegspoelen zand onder de installatie. Continue ondergrondse wel of stroming door neerslag. JH vraagt of het verwerken van zand bovenstrooms een oorzaak kan zijn. JR geeft aan dat de pompen dit moeten kunnen verwerken. Als het veel zand is dan is de werking niet gunstig, echter vanuit hydraulisch oogpunt moeten de pompen dit kunnen verwerken. Zijn er overige potentiële oorzaken die naar uw idee in beschouwing moeten worden genomen?	HW

	Toepassing sleufbekisting. vdKamp zou nooit een sleufkist gebruiken als een put. De put sluit niet aan. Damwand zou voor veel meer waterremming vanuit de omgeving zorgen. Toepassing sleufbekisting. [REDACTED] geeft aan dat in de vergaderzaal van vdk in Zwolle een pompinstallatie te zien is welke is opgesteld binnen een open ontgraving. [REDACTED] geeft aan dat vdk deze uitvoeringsmethode op dit moment ook niet meer toepast. <u>Andere situatie/risico, in mijn ogen niet relevant voor dit onderzoek.</u>	
4. Overige vragen	<i>Zijn er nog overige punten die vdKamp van belang acht om mee te nemen.</i> Geen overige punten, op basis van de vragen acht vdKamp het nog wel van belang om met [REDACTED] opnieuw een overleg in te plannen zodra zij beiden terug zijn van verlof. Welk debiet komt er uit de bemaling van de sleufkist, opvragen bij vdh? Inspectie meting debiet uit het transportriool door Twan van Eindhoven 65 m3/uur over een lengte van 750 m. Het transportriool werkt als permanente drainage Voor het leegpompen van kelder rioolgemeent Aalst wordt het riool afgesloten. De rioolbuis loopt vol en het gat bij de TPI loopt vervolgens ook vol. Dit betekent dat de rioolbuis eigenlijk een soort permanente bemaling (drainage) is. RD toont foto van water in het gat bij de TPI dat voorheen droog was. JH vraagt om relevant beeldmateriaal van demontage te delen. [REDACTED] kan niet direct verklaren waar al het 'verdwenen' materiaal (water en zand) zo snel naar toe is gespoeld. Grove schatting, er is ca. 800 m3 zand in 1,5 uur tijd weggespoeld. Om zoveel zand te verplaatsen is minstens 4 à 5x zoveel water nodig. Dit totale volume is tussen 6:00 uur en 7:30 weggespoeld terwijl er nauwelijks een verhoging van de waterstand in de sleufkist waar te nemen is. Op dat moment waren er geen (door het project gemaakte) grote sparingen in de koker aanwezig, hooguit enkele kiertjes. Hierdoor kan geen ca. 2700 m3/u wegstromen (5x800 / 1,5), zeker niet zonder een significante opstuwing in de ontgraving/sleufkist. [REDACTED] noemt de mogelijke optie dat er een soort 'langskanaal' (evenwijdig aan de koker) is ontstaan in de loop van de jaren waardoor het materiaal richting de sinkhole op de golfbaan (ca. 150-200 m verderop) is kunnen stromen. Wellicht zijn er oude drainagebuizen aanwezig (van de tijd van de aanleg van de koker) waardoor een spoelkanaal is ontstaan. [REDACTED] noemt ook als mogelijke invloedsfactor de WADI naar de rijksweg. Deze ontvangt water van een groot oppervlakte (De A2 en N2) en ligt op ca. 20-25 meter parallel aan de koker. Mogelijk is die ook van invloed geweest.	

Bijlage 2 Grondonderzoek

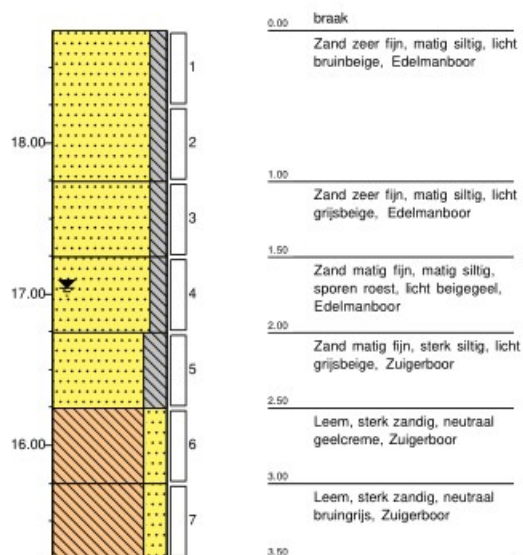
Boring: B001

Datum: 7-7-2023
Boormeester:
X: 160262,60
Y: 379696,72
Z: 18,697



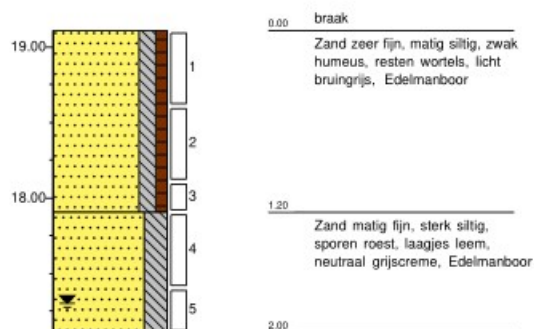
Boring: B002

Datum: 7-7-2023
Boormeester:
X: 160281,90
Y: 379683,10
Z: 18,744
GWS cm - mv: 170



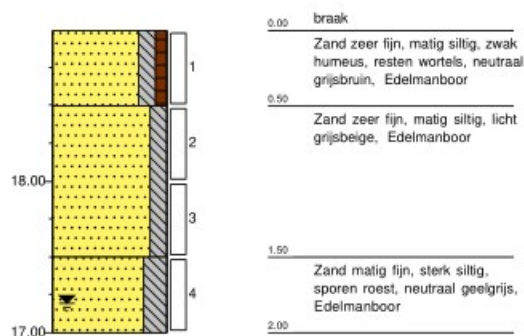
Boring: B003

Datum: 7-7-2023
Boormeester: 
X: 160271,37
Y: 379689,54
Z: 19.107
GWS cm - mv: 180



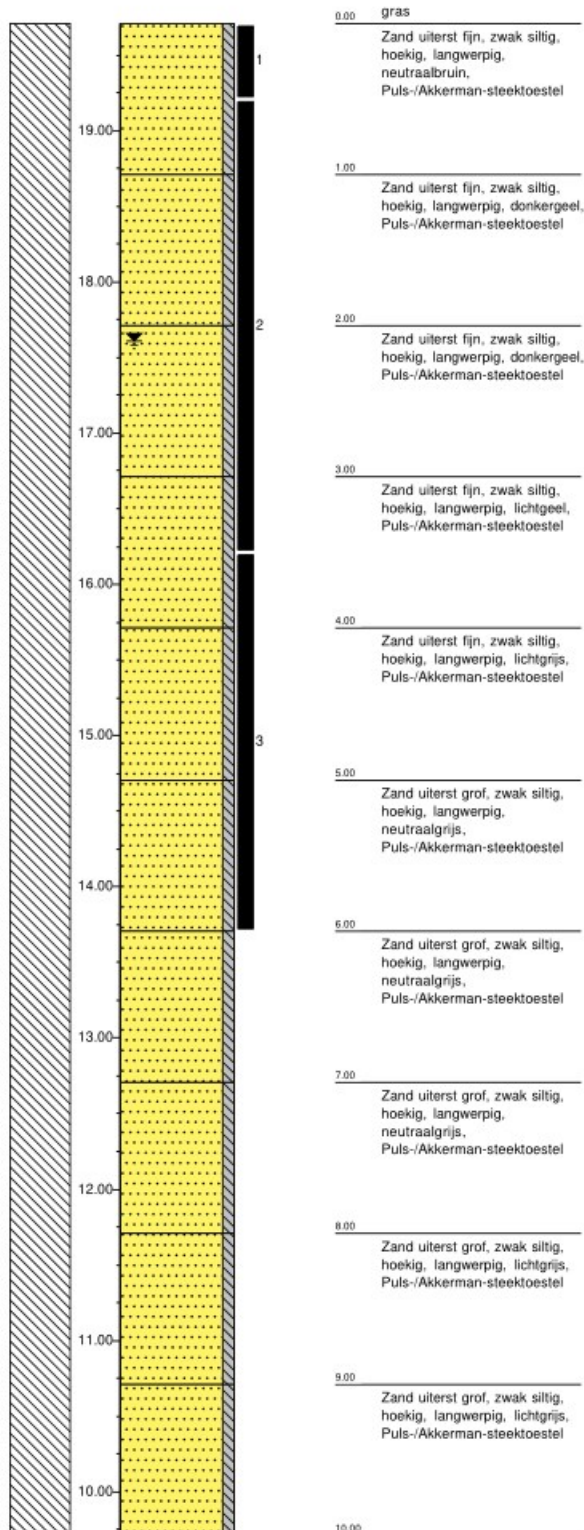
Boring: B004

Datum: 7-7-2023
Boormeester: 
X: 160254,90
Y: 379689,70
Z: 18.995
GWS cm - mv: 180



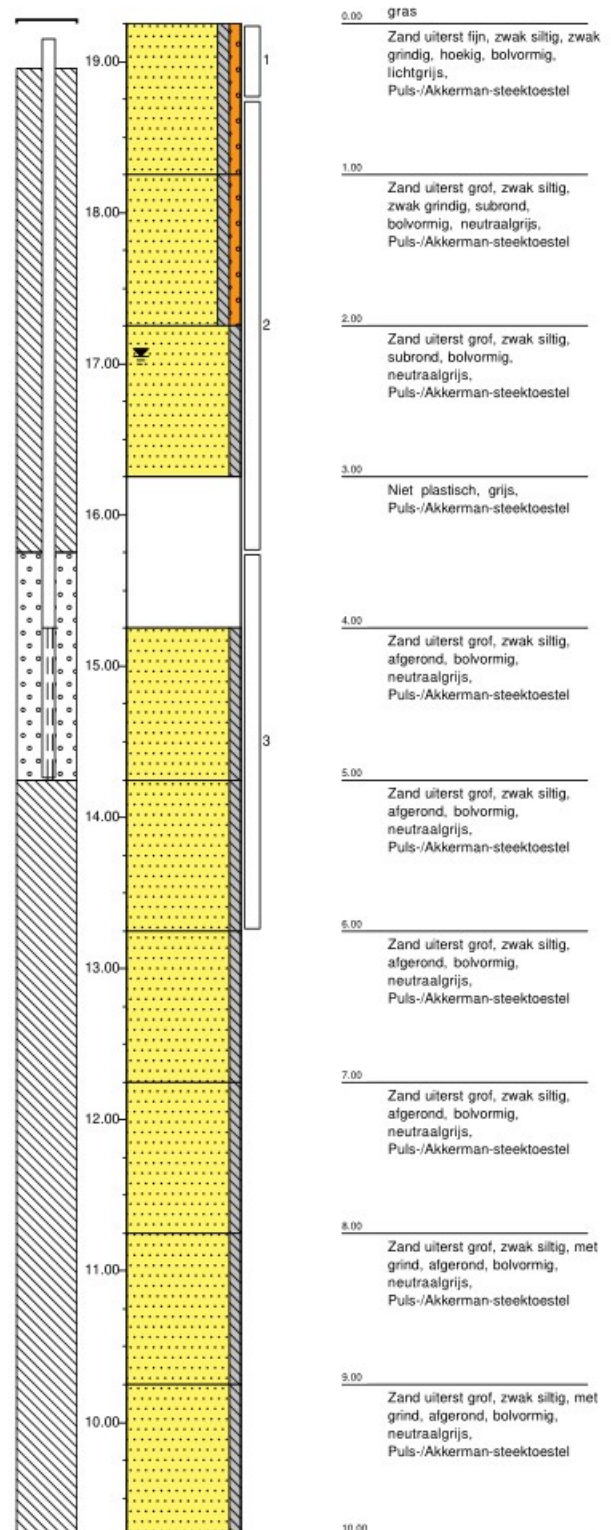
Boring: MB001

Datum: 18-7-2023
Boormeester: Bwn
X: 160479,40
Y: 379697,11
Z: 19,71
GWS cm - mv: 210



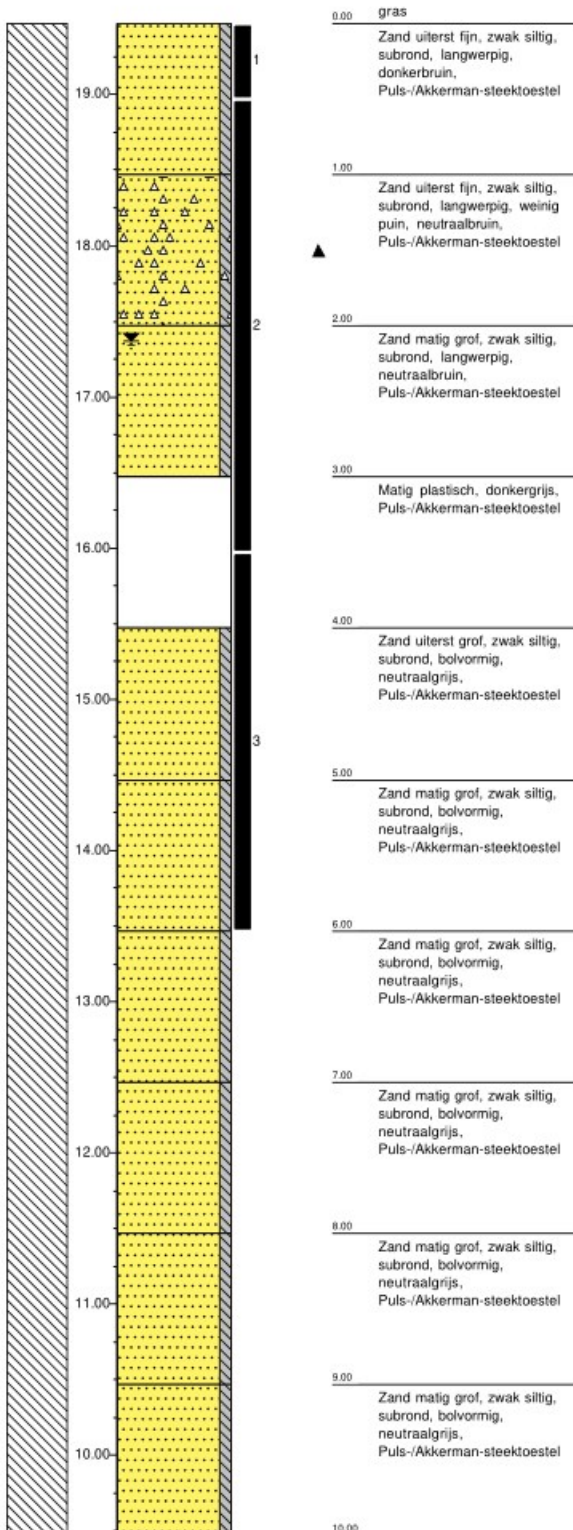
Boring: MB002

Datum: 18-7-2023
Boormeester: Bwn
X: 160506,94
Y: 379694,83
Z: 19,25
GWS cm - mv: 220



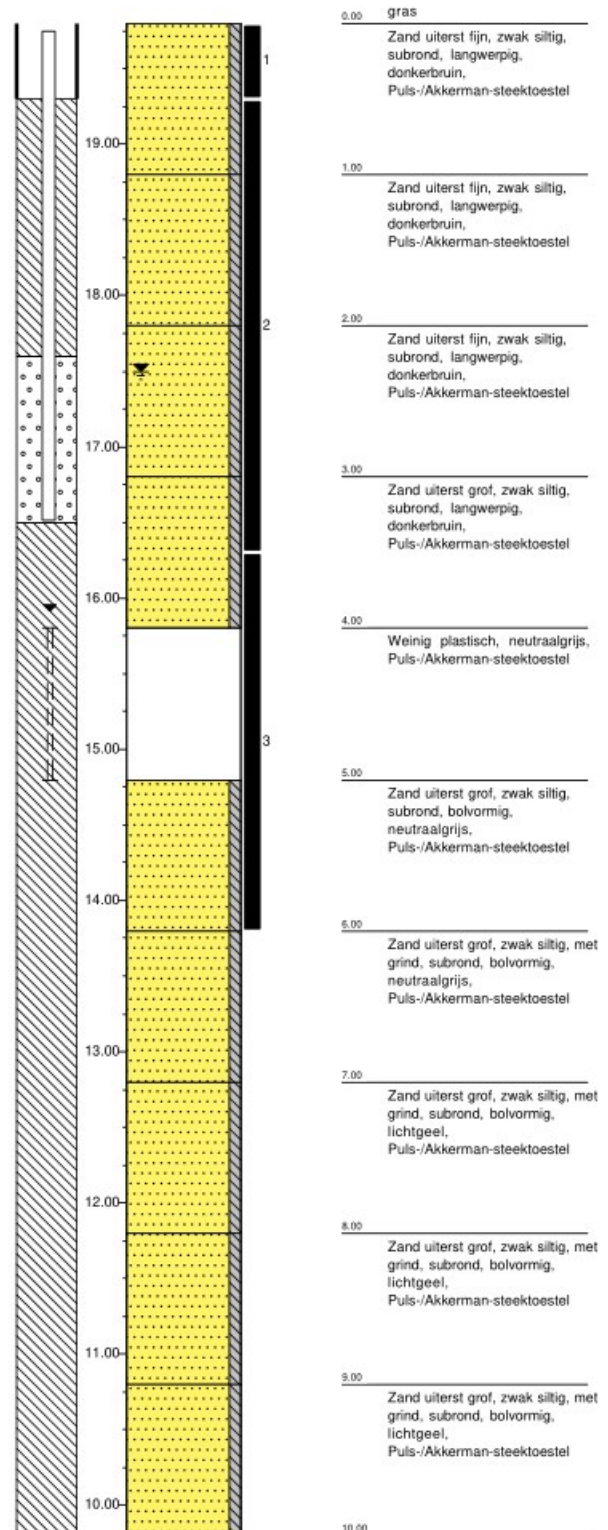
Boring: MB004

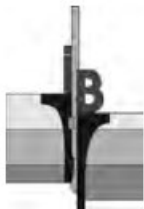
Datum: 19-7-2023
Boormeester: Bwn
X: 160396,95
Y: 379702,19
Z: 19.47
GWS cm - mv: 210



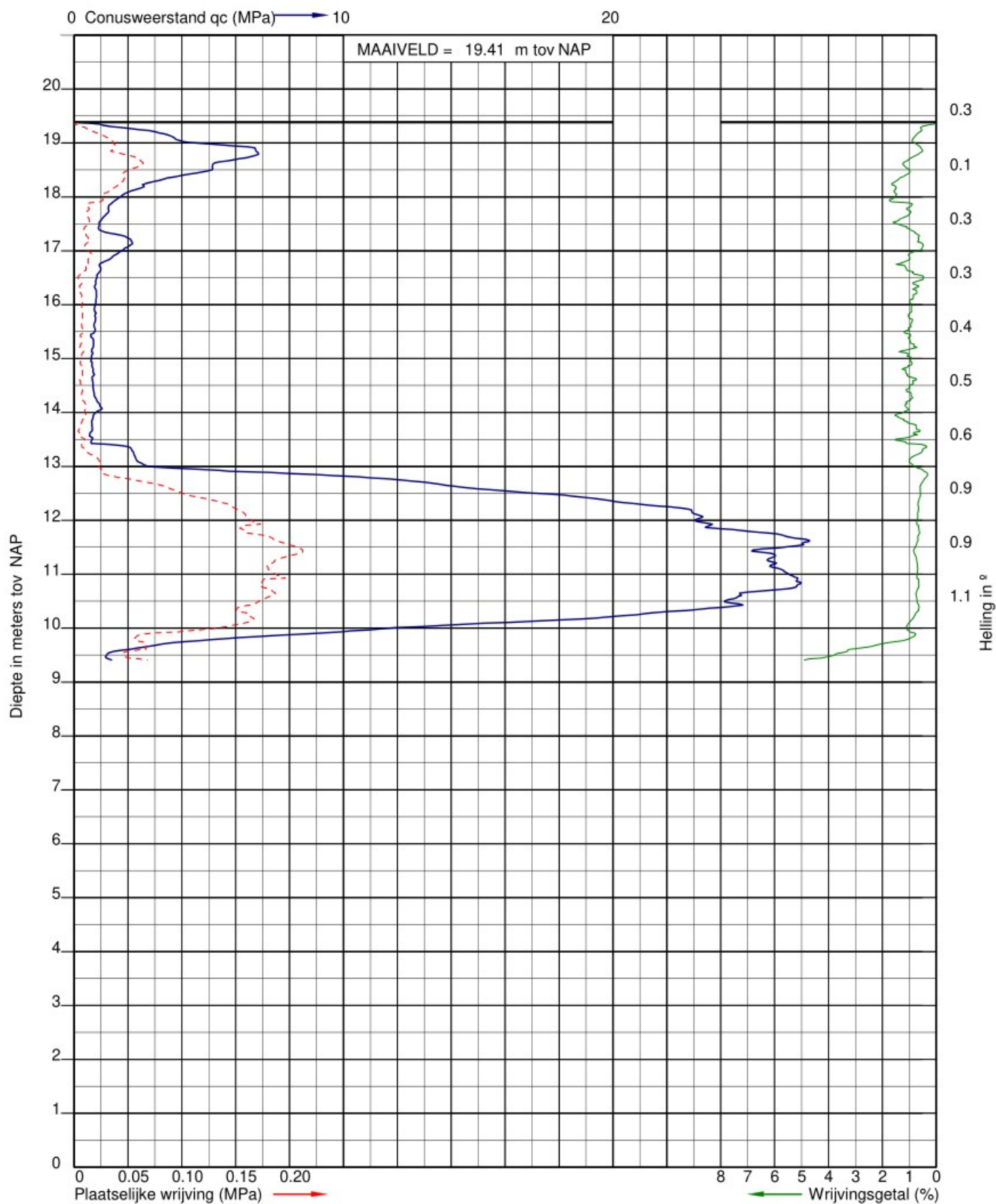
Boring: MBpb003

Datum: 18-7-2023
Boormeester: Bwn
X: 160420,57
Y: 379702,22
Z: 19.8
GWS cm - mv: 230





Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

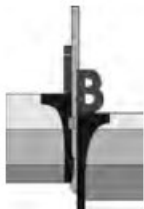


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

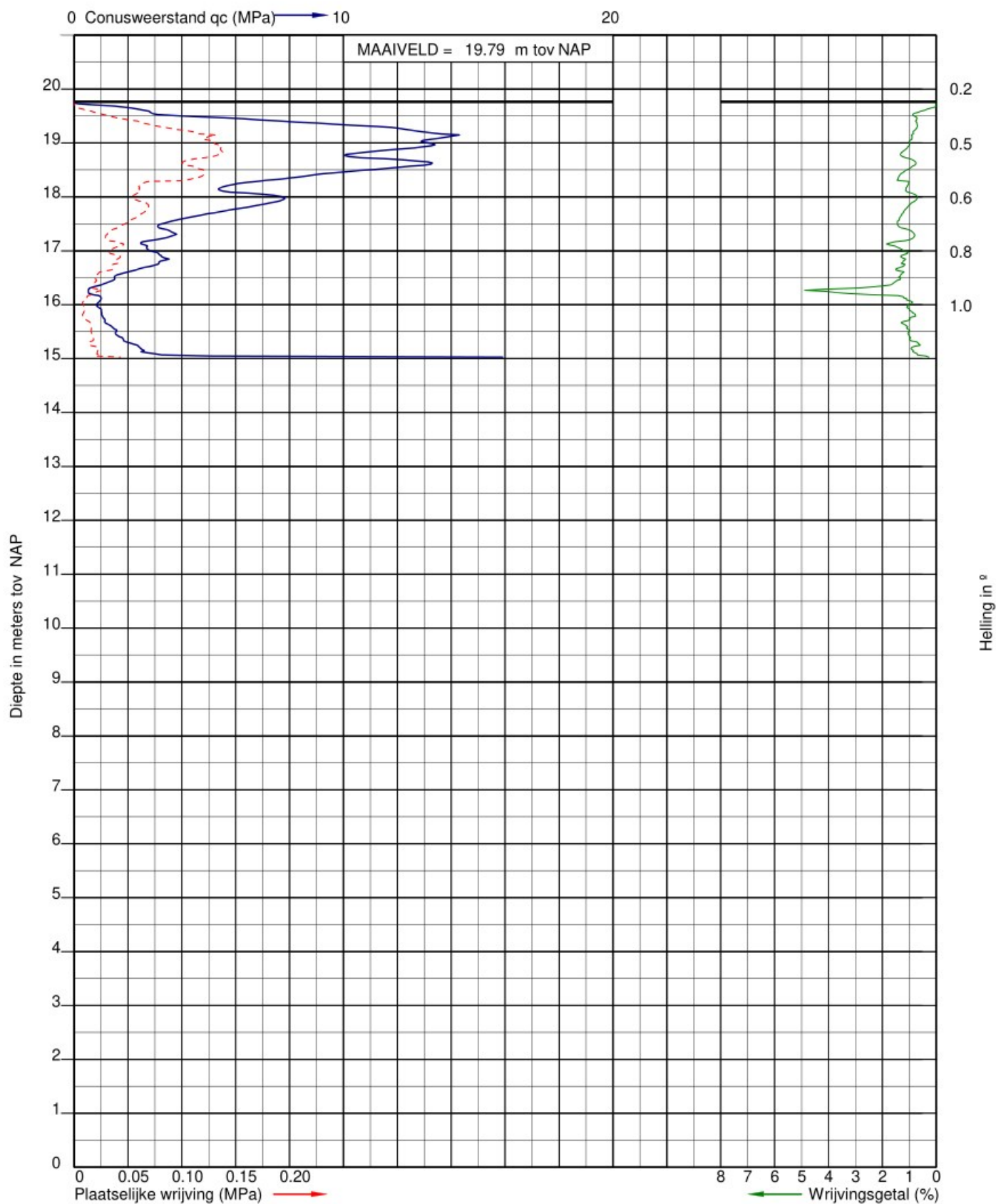
Uitvoerder:
Datum: 9-3-2018

X: 160497,989
Y: 379698,586

Sondering: 1



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

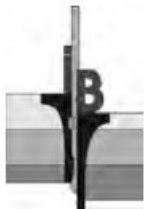


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

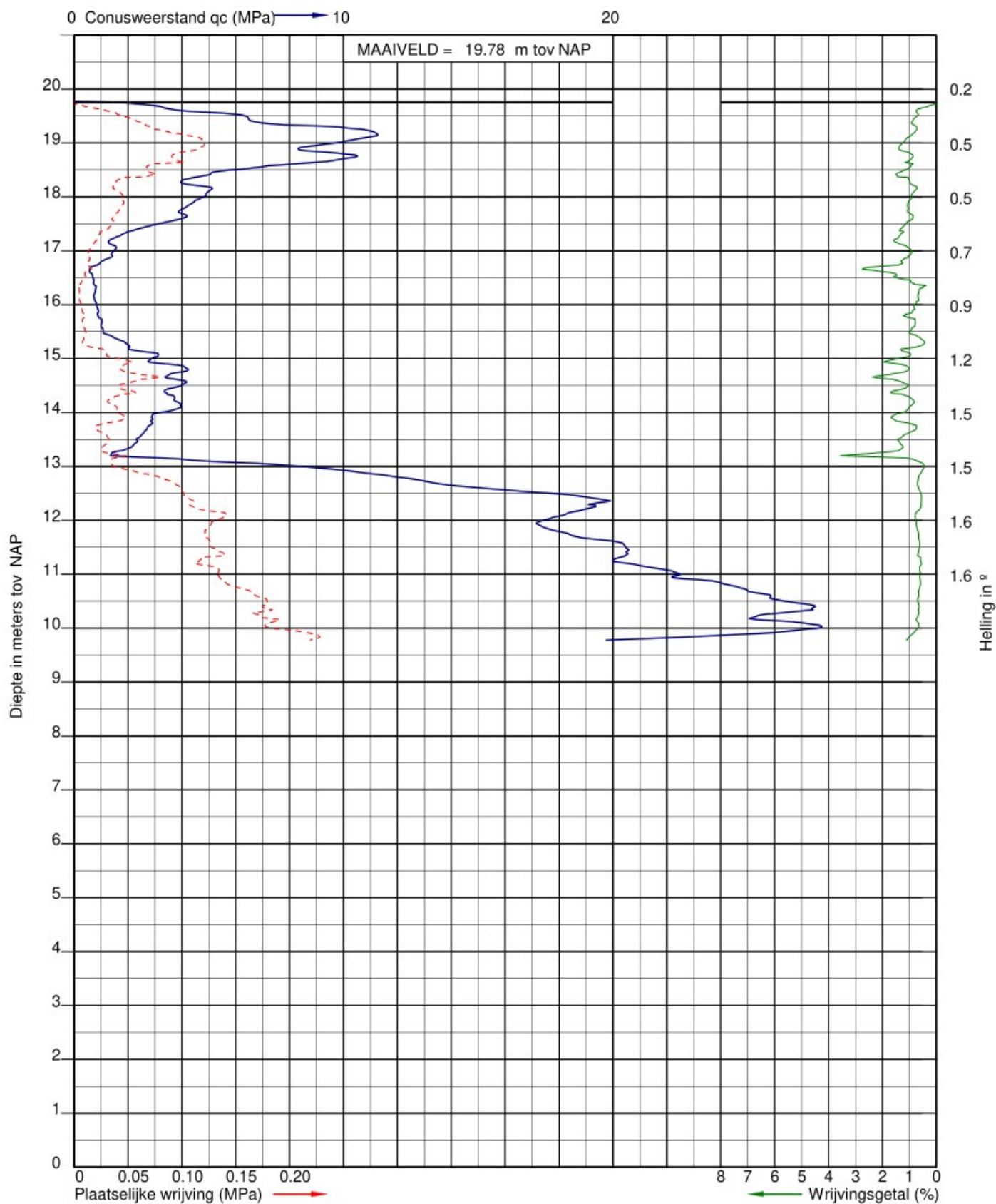
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160477,866
Y: 379698,816

Sondering: 2



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

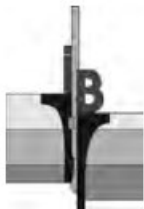


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

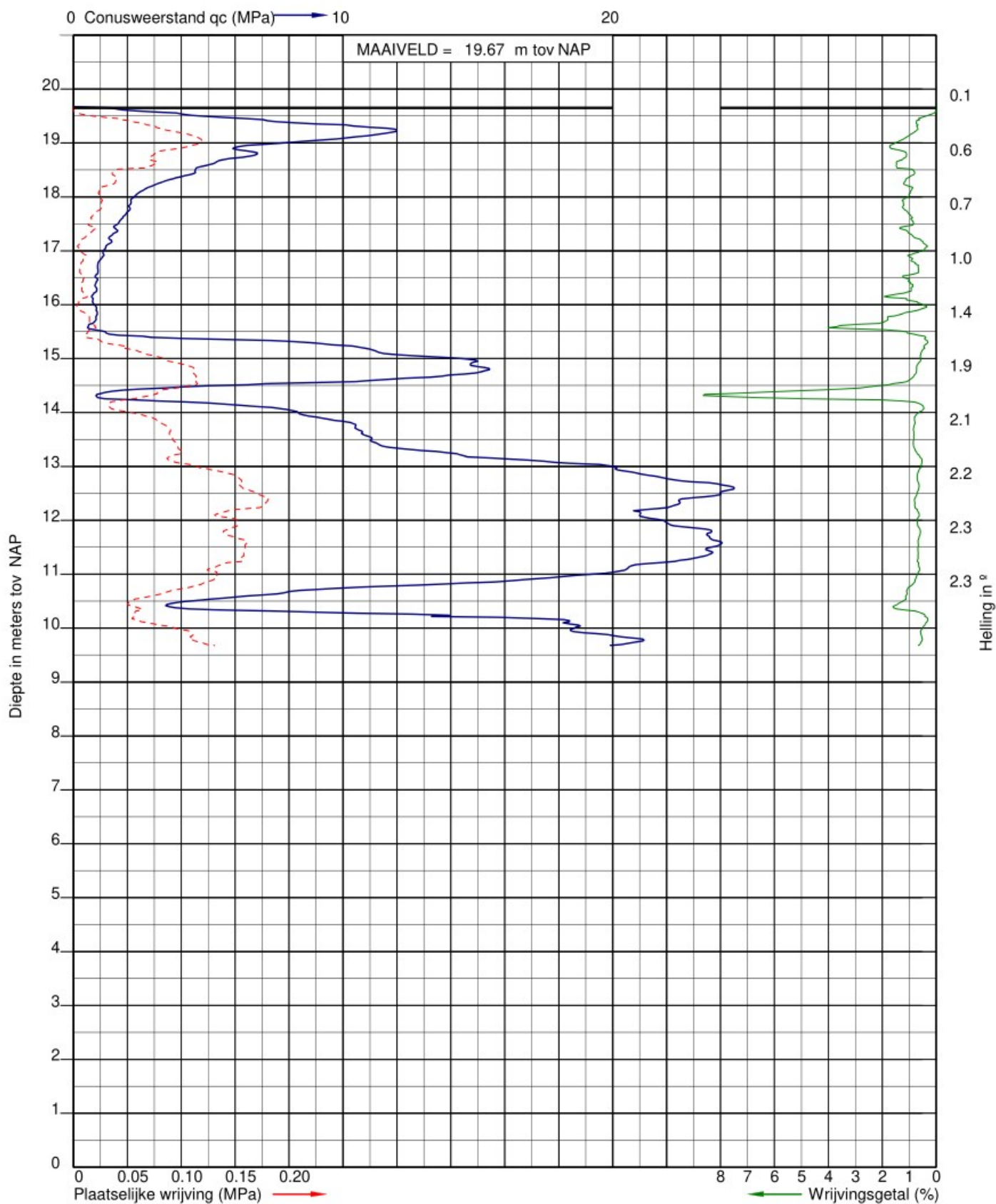
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160477,855
Y: 379698,856

Sondering: 2A



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

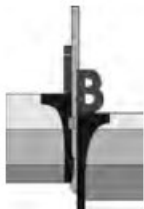


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

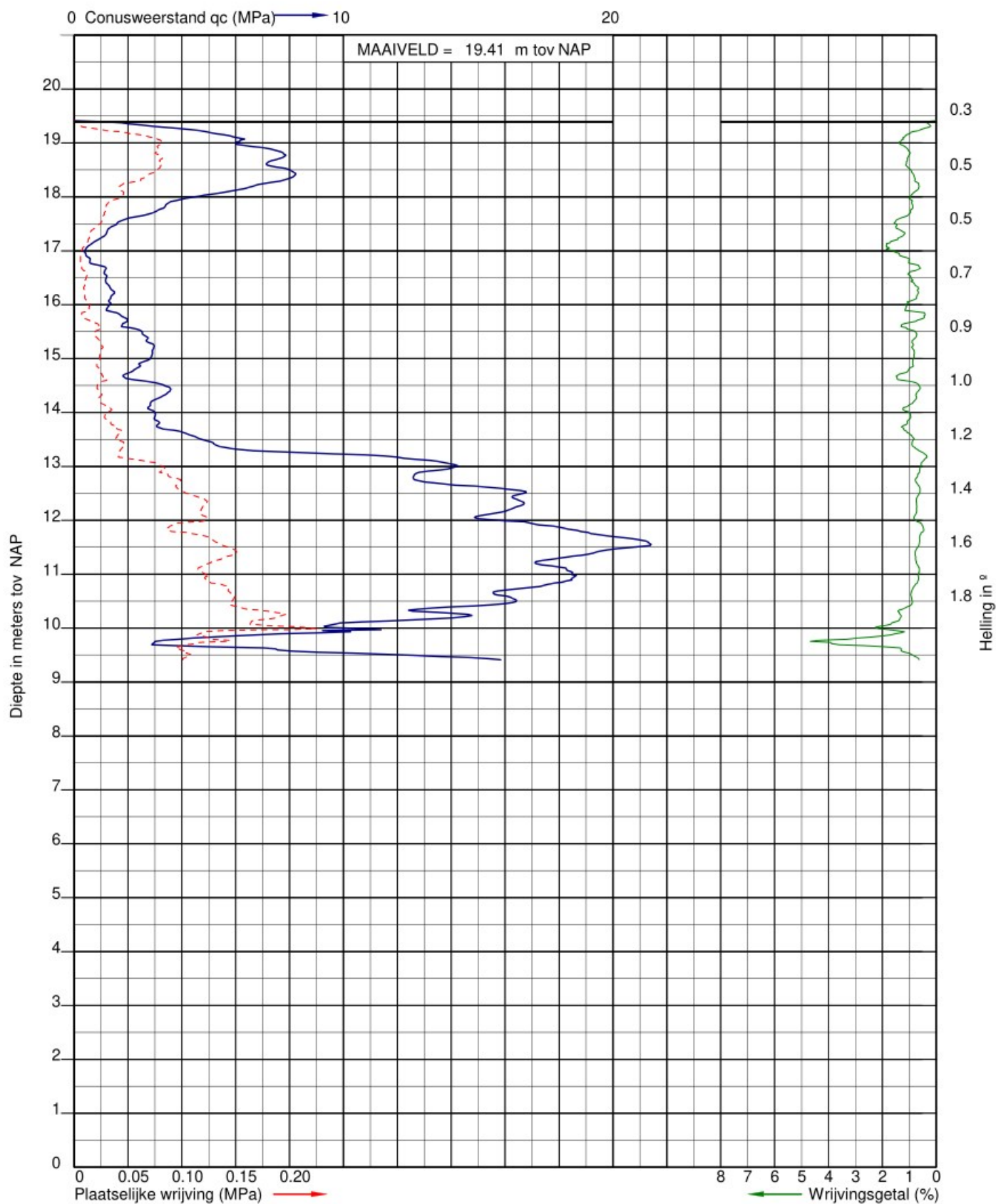
Uitvoerder
Datum: 9-3-2018

X: 160459,112
Y: 379702,487

Sondering: 3



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

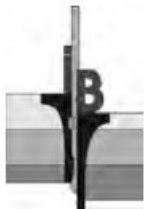


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

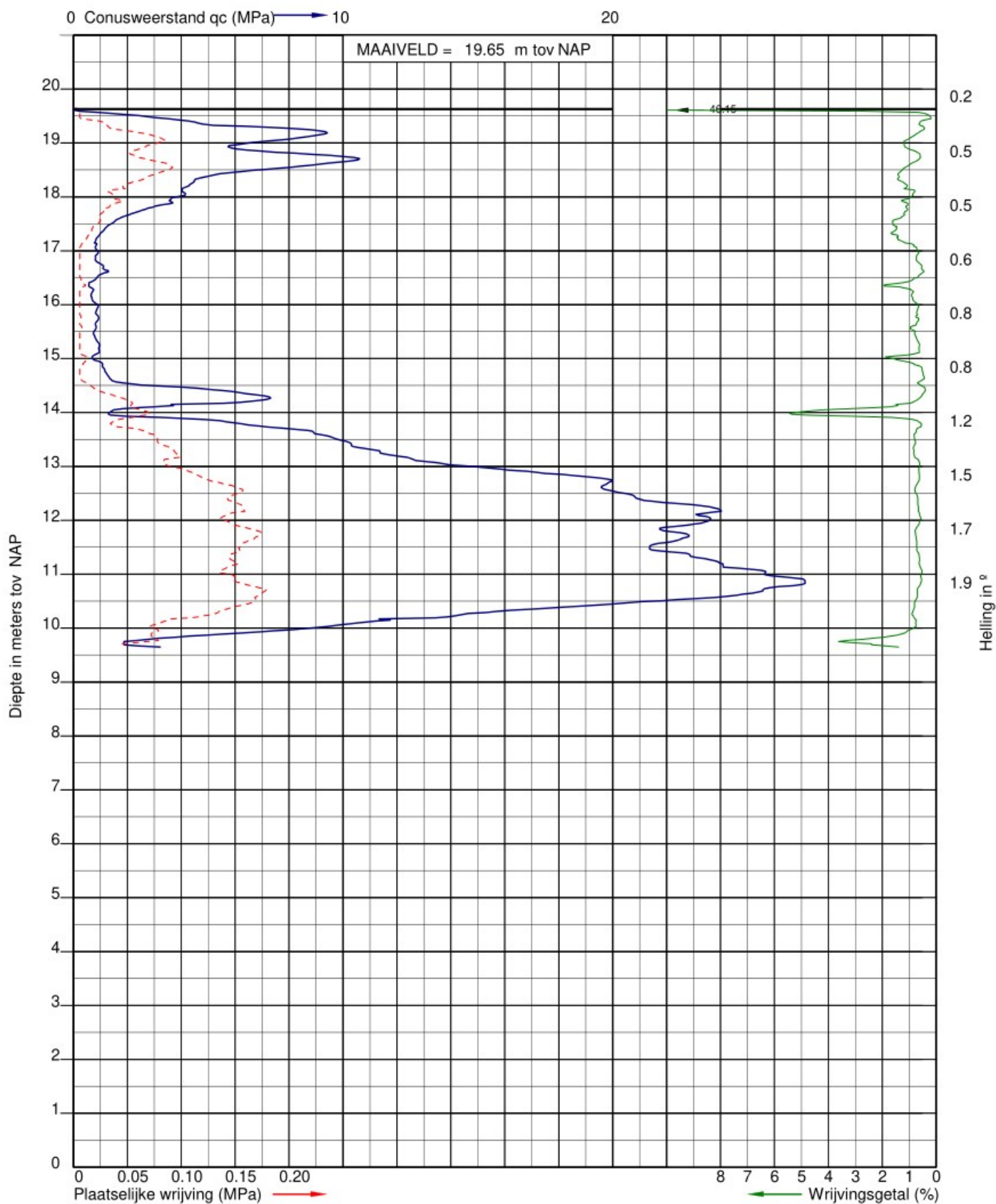
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160440,072
Y: 379702,407

Sondering: 4



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

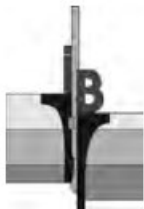


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

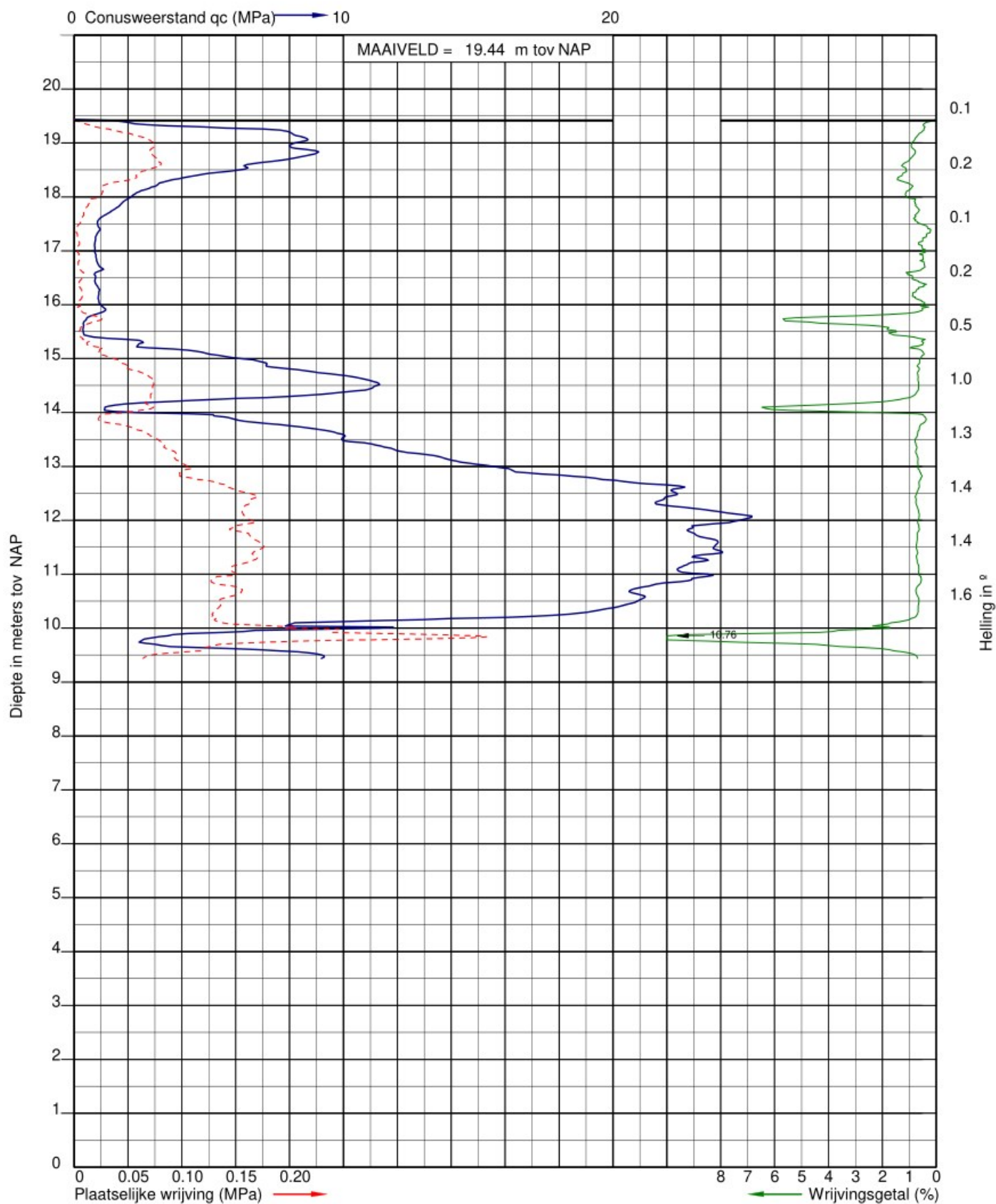
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160419,174
Y: 379701,384

Sondering: 5



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

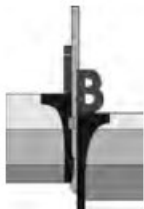


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

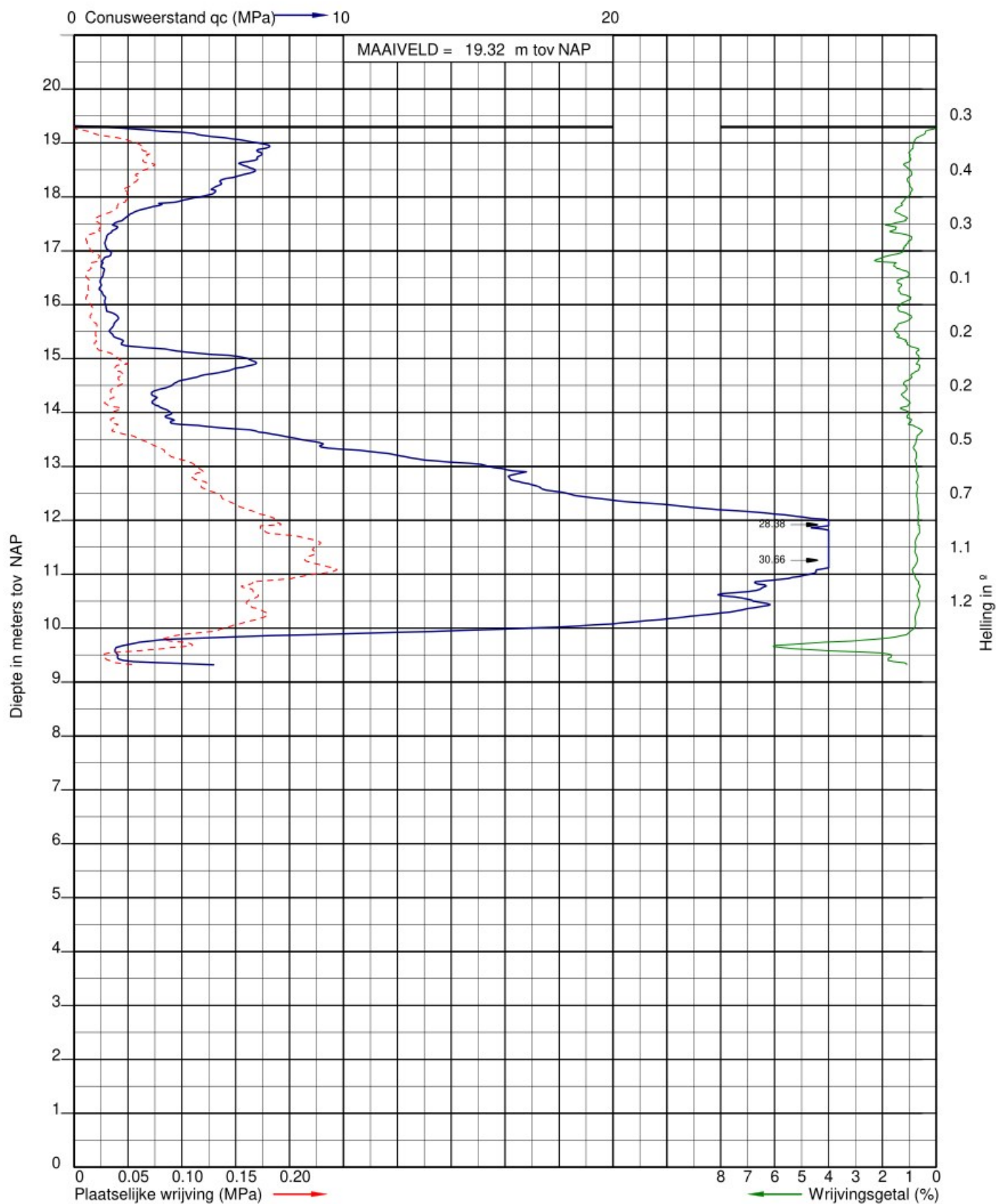
Uitvoerder:
Datum: 9-3-2018

X: 160398,839
Y: 379701,377

Sondering: 6



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

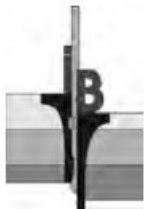


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

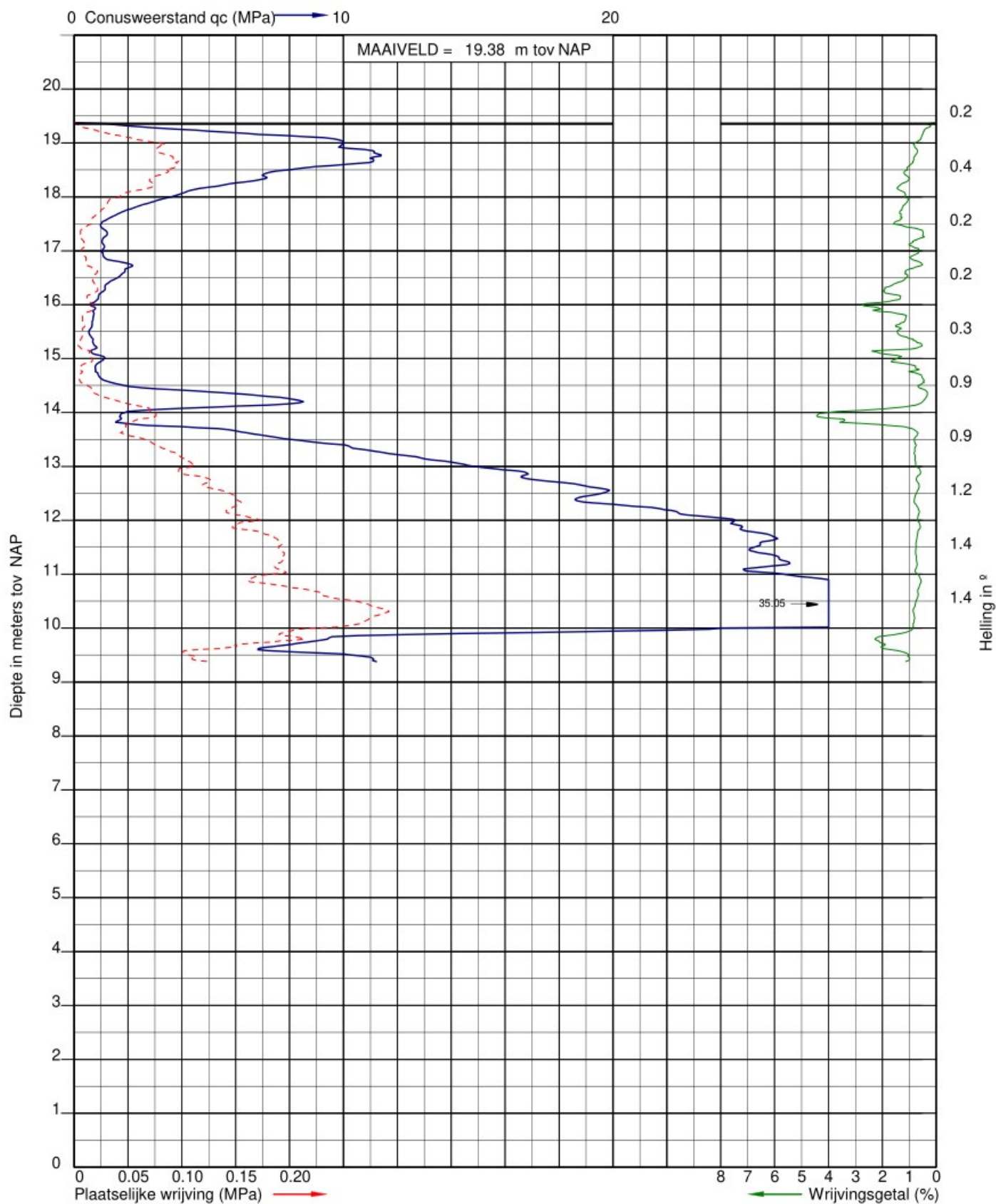
Uitvoerder:
Datum: 9-3-2018

X: 160373,022
Y: 379700,330

Sondering: 7



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

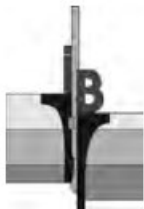


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

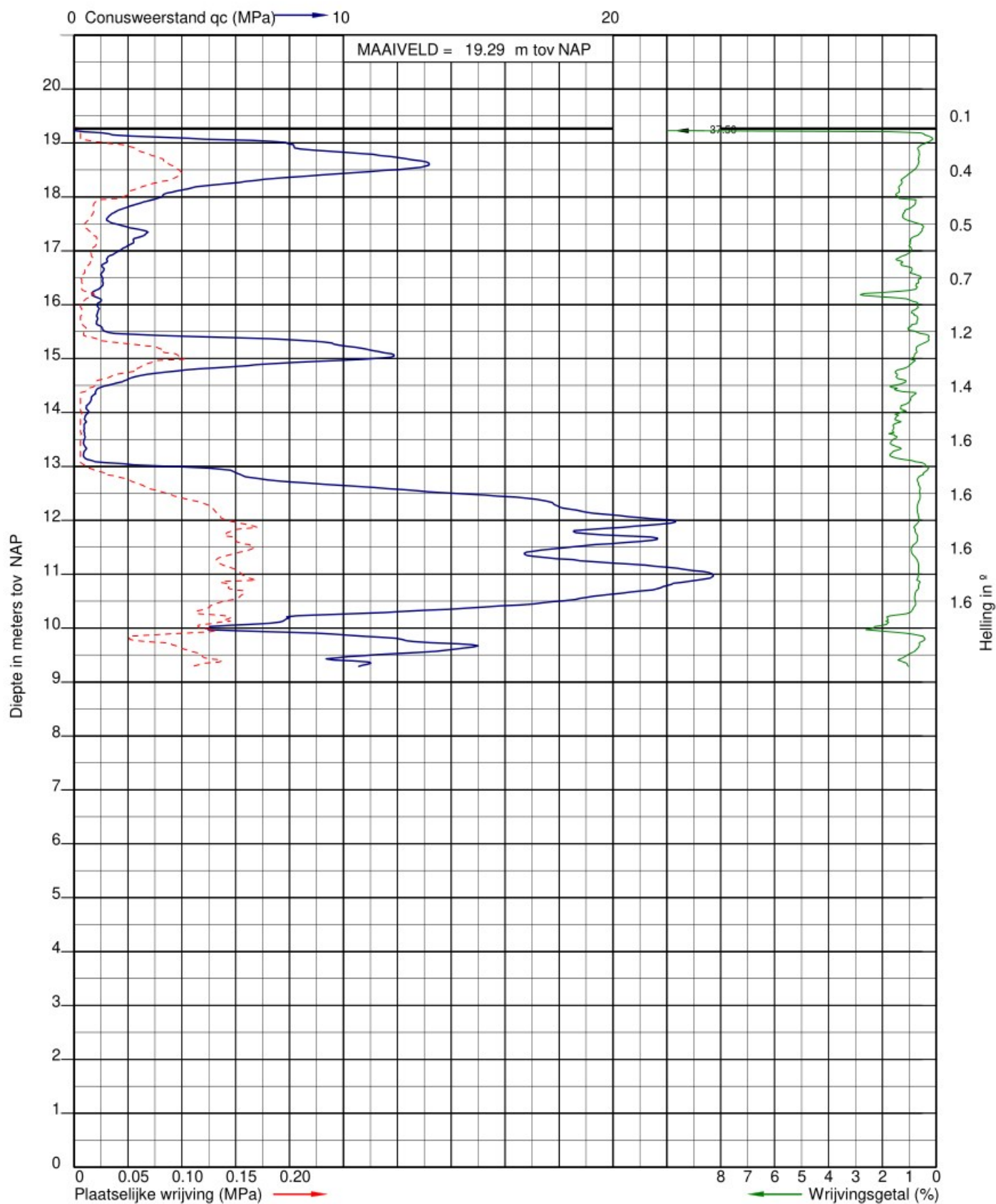
Uitvoerder:
Datum: 9-3-2018

X: 160361,916
Y: 379700,338

Sondering: 8



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

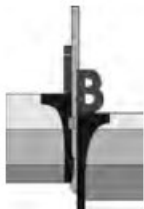


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

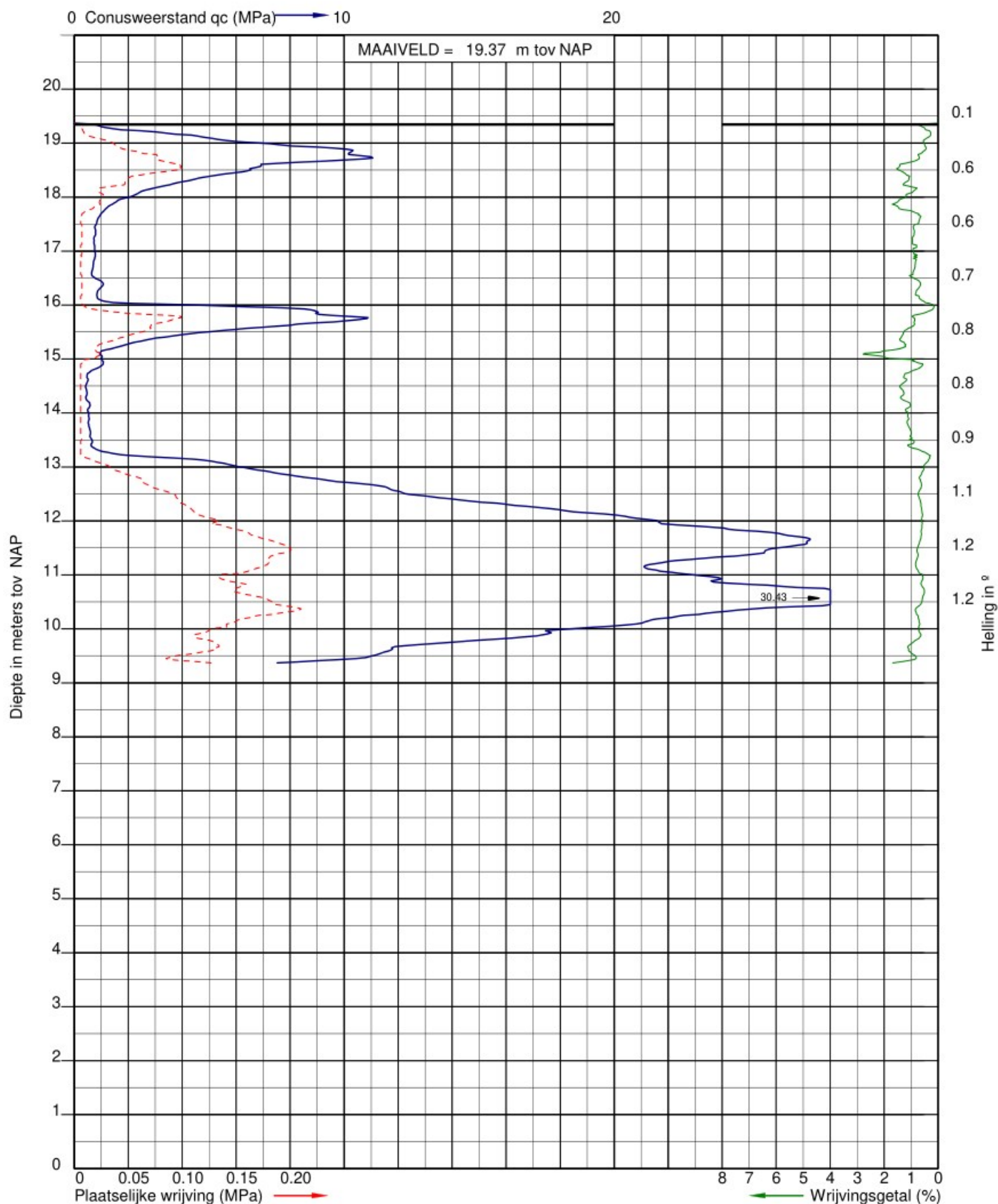
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160339,137
Y: 379695,348

Sondering: 9



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

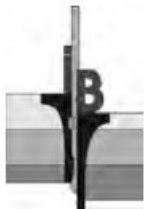


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

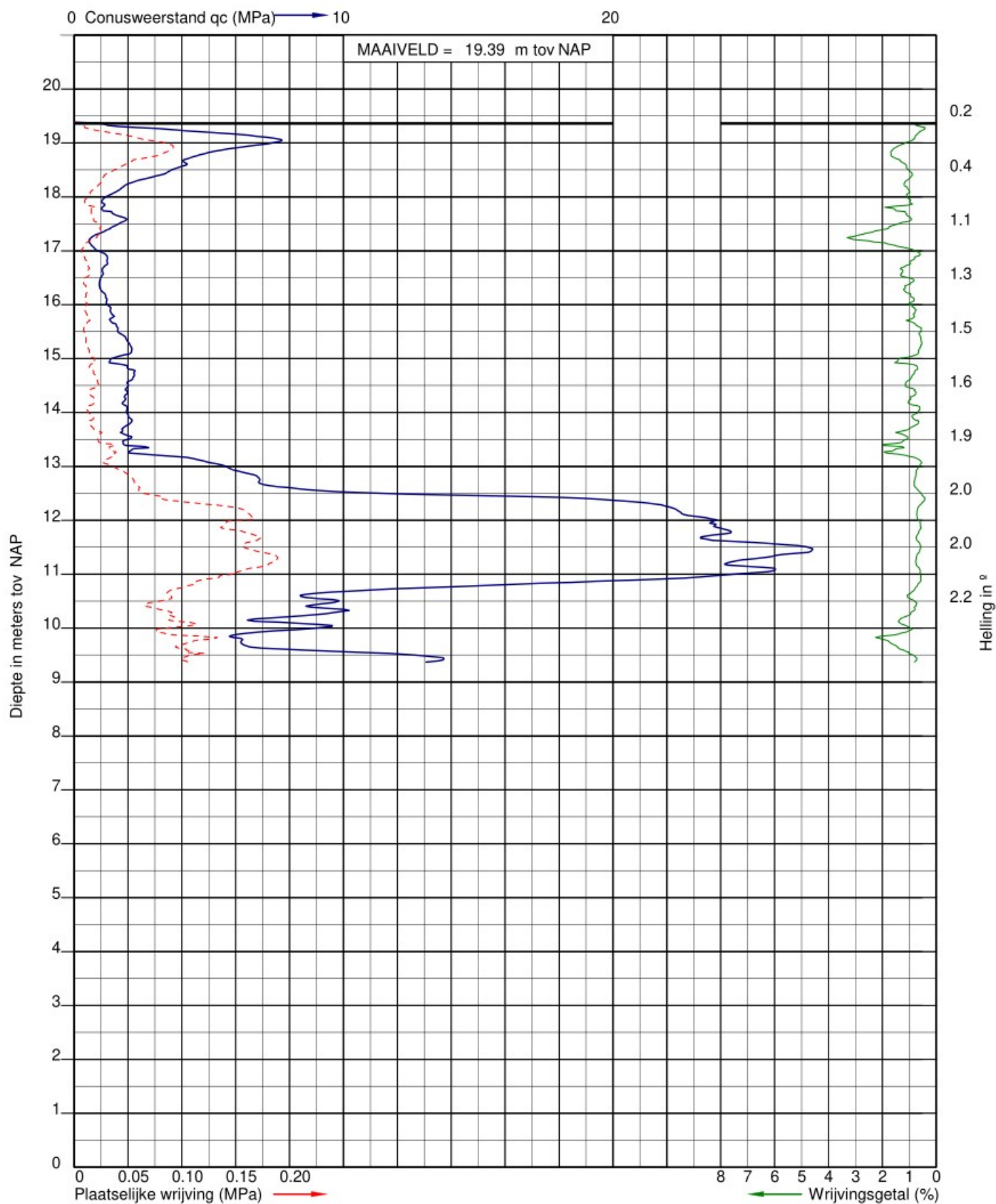
Uitvoerder:
Datum: 9-3-2018

X: 160315,906
Y: 379698,215

Sondering: 10



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

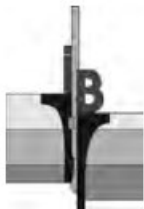


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

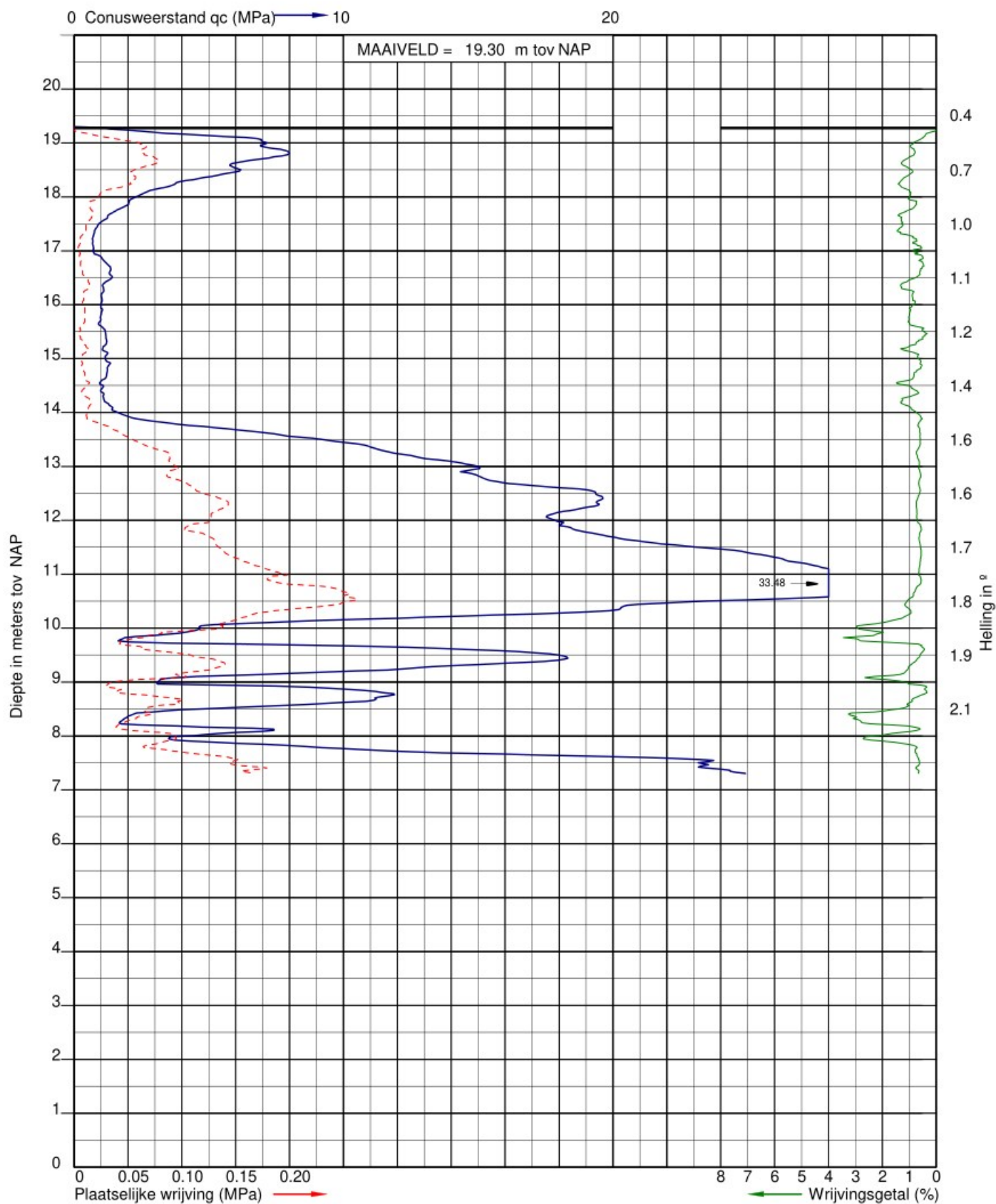
Uitvoerder
Datum: 9-3-2018

X: 160435,452
Y: 379701,770

Sondering: 11



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

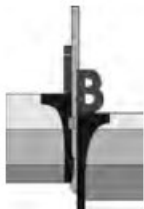


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

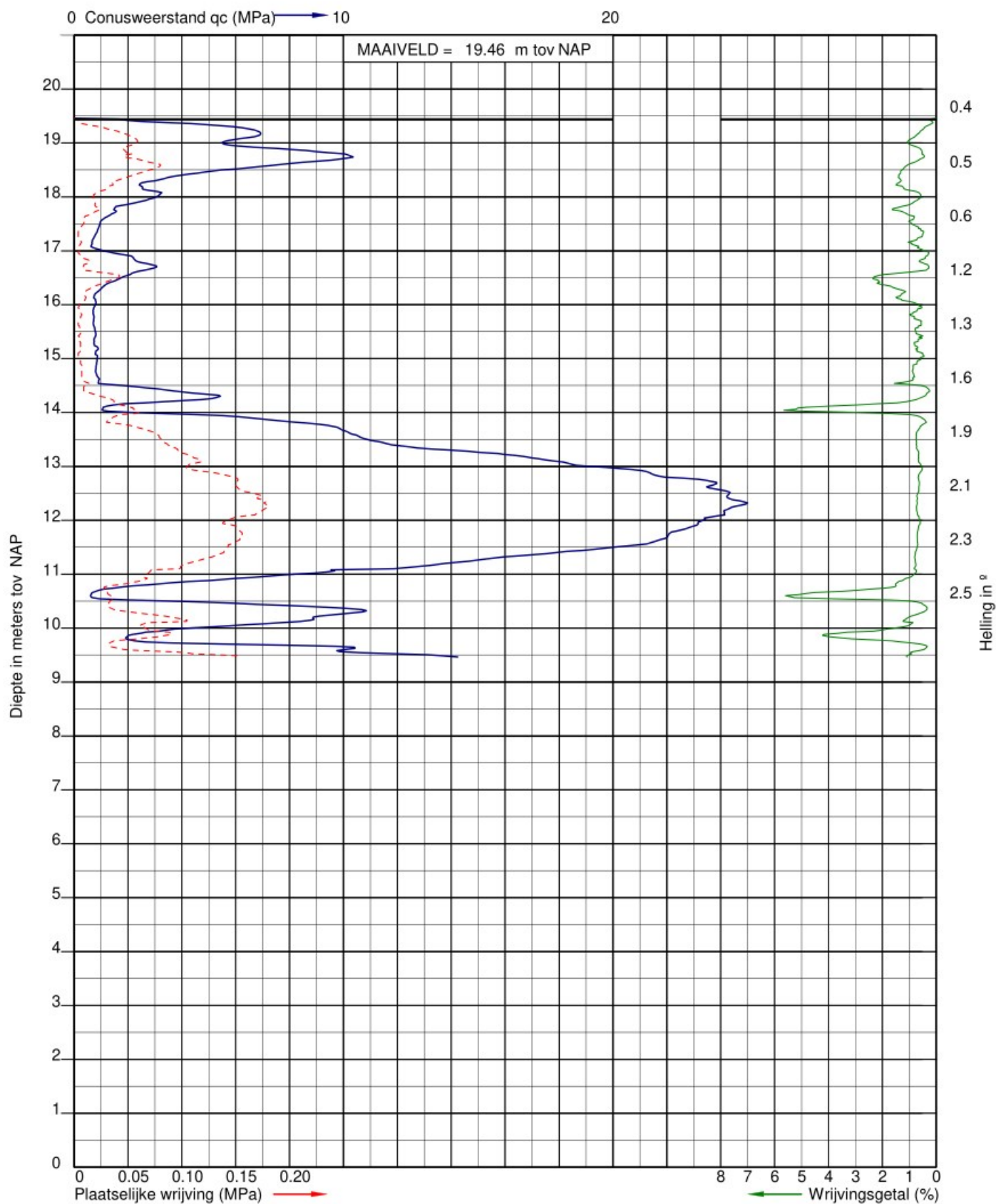
Uitvoerder: RHL-S22
Datum: 9-3-2018

X: 160429,628
Y: 379701,479

Sondering: 12



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

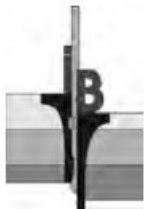


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

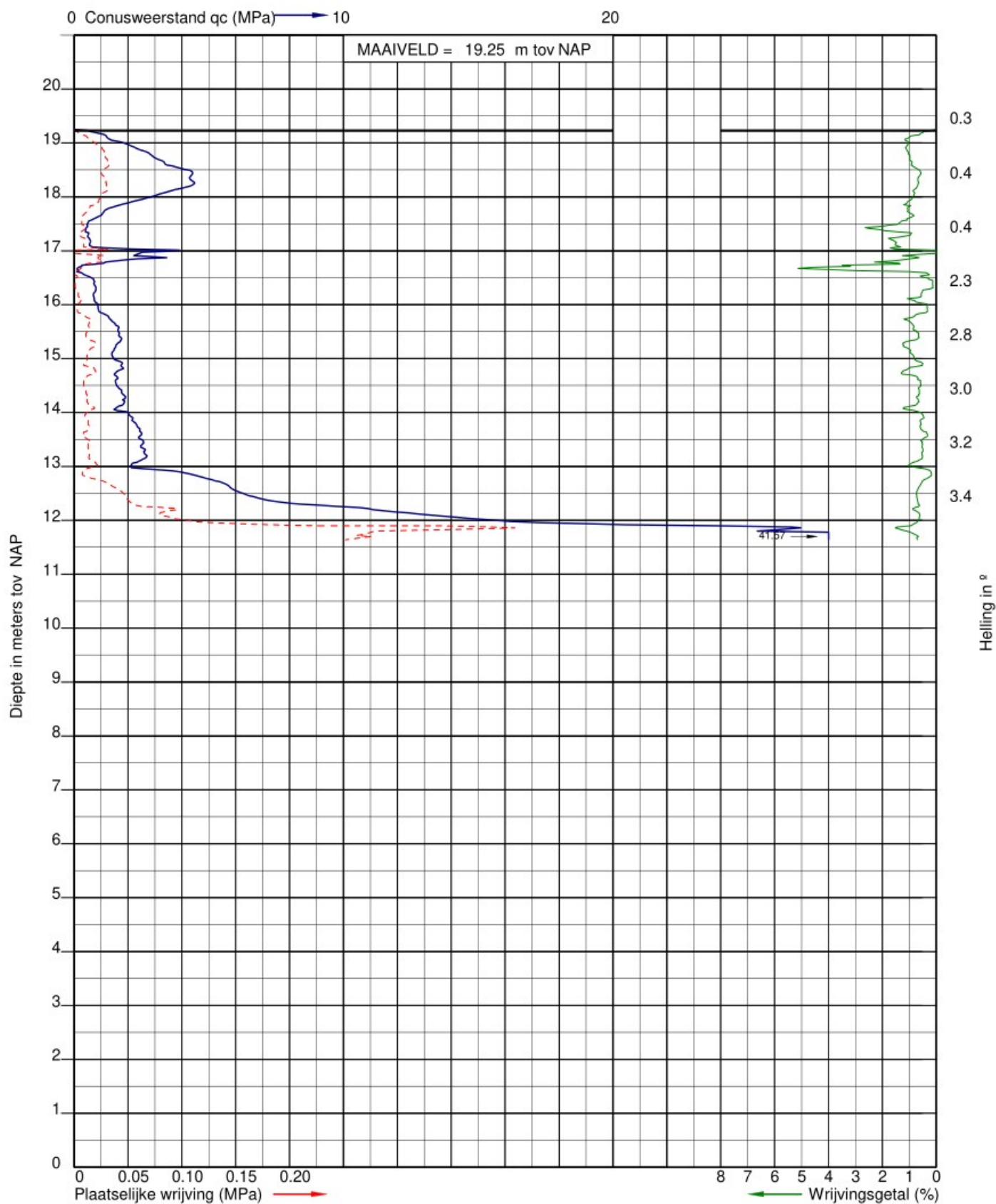
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160424,565
Y: 379701,180

Sondering: 13



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

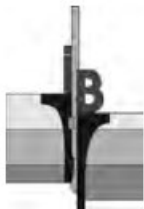


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

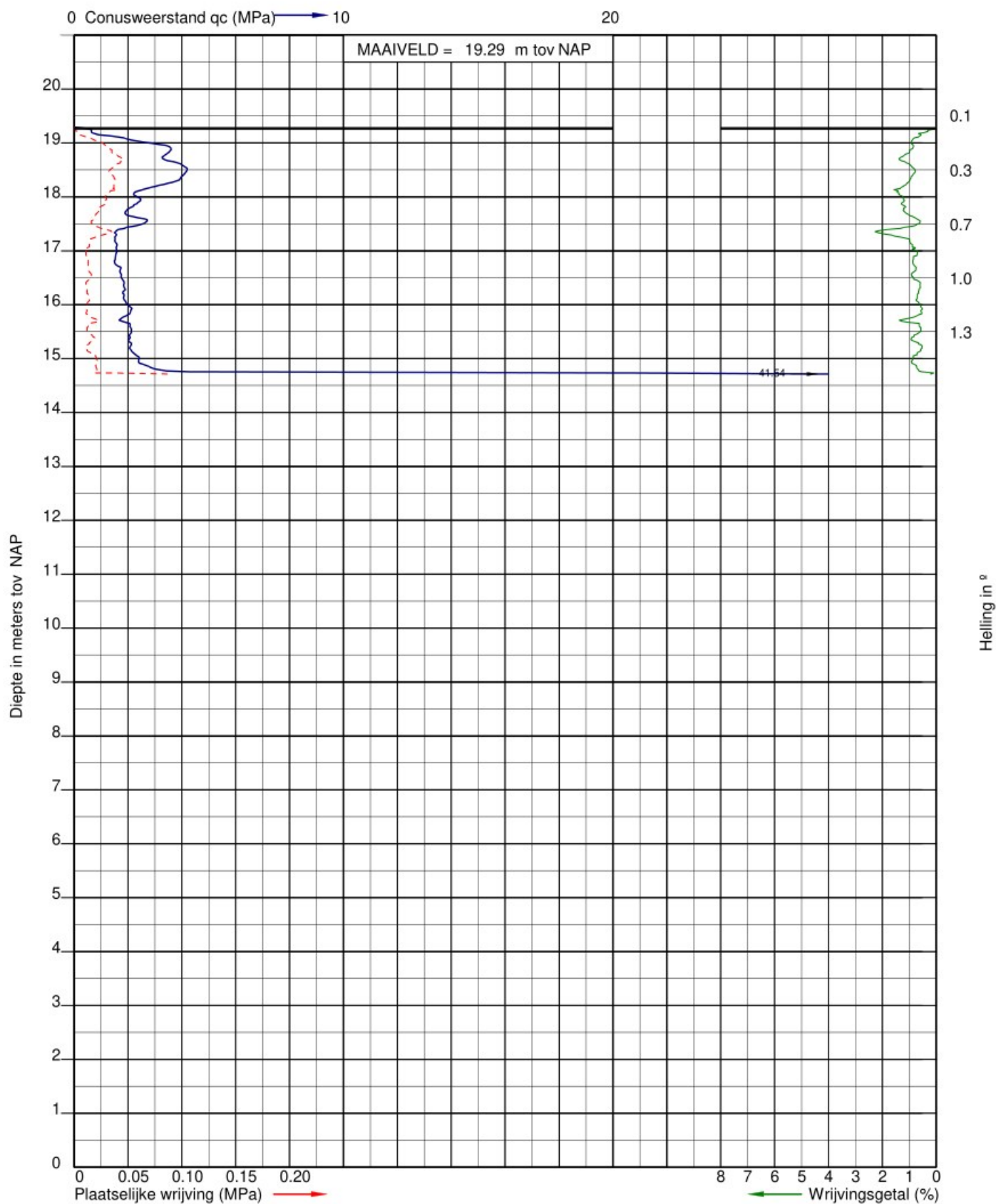
Uitvoerder:
Datum: 9-3-2018

X: 160440,537
Y: 379697,102

Sondering: 14



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven

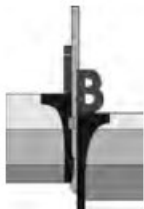


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

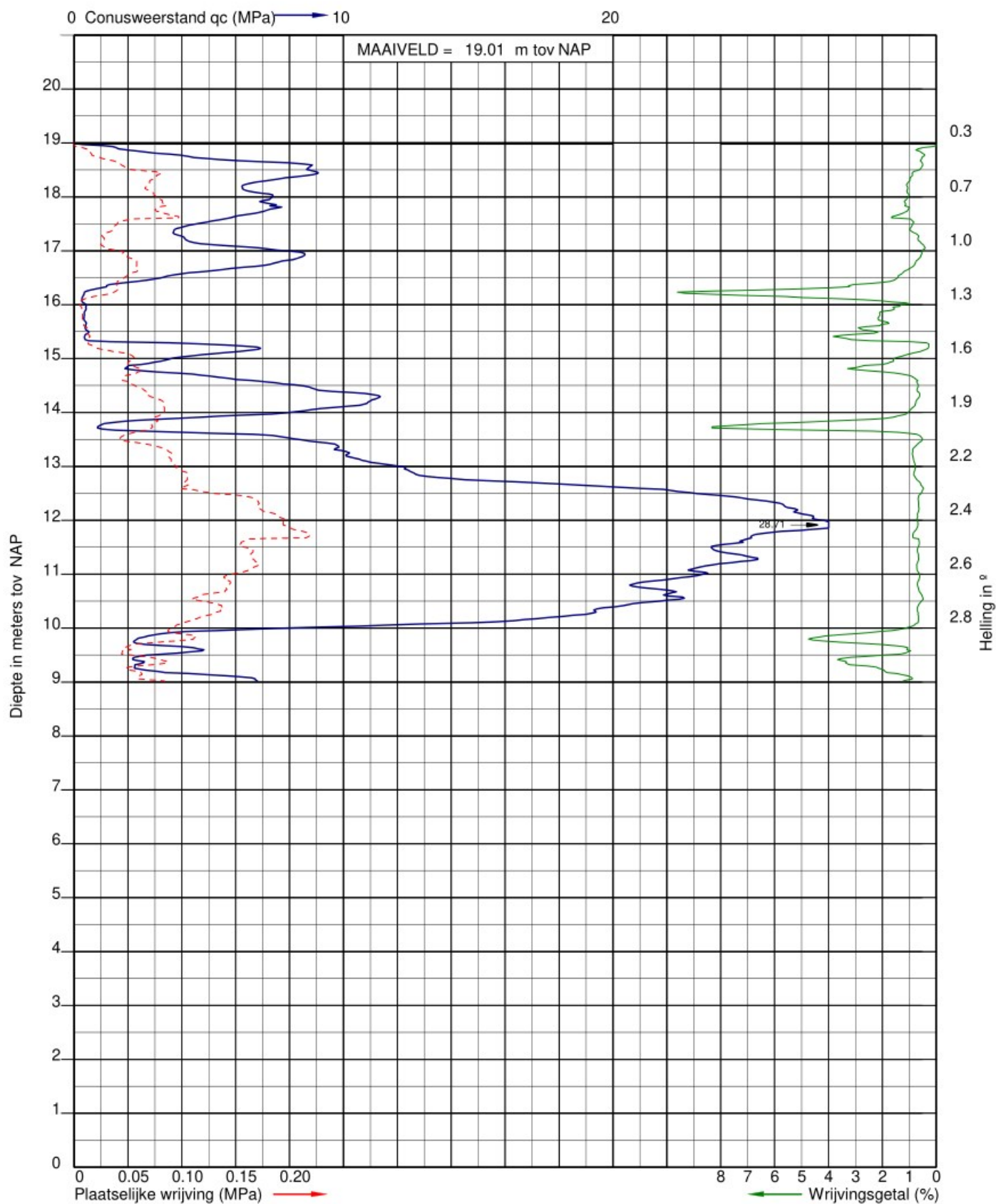
Uitvoerder: 
Datum: 9-3-2018

X: 160435,549
Y: 379697,539

Sondering: 15



Opdracht: 02P010862
Project: Riool Zuid De Meeren - Aalst, locatie golfbaan tussen put 51 en 50 te Eindhoven



Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse
Conusnummer 171101

Uitvoerder
Datum: 9-3-2018

X: 160515,575
Y: 379698,778

Sondering: 16