BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	Baalsestraat 3 a, Haalderen
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	14 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *15*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

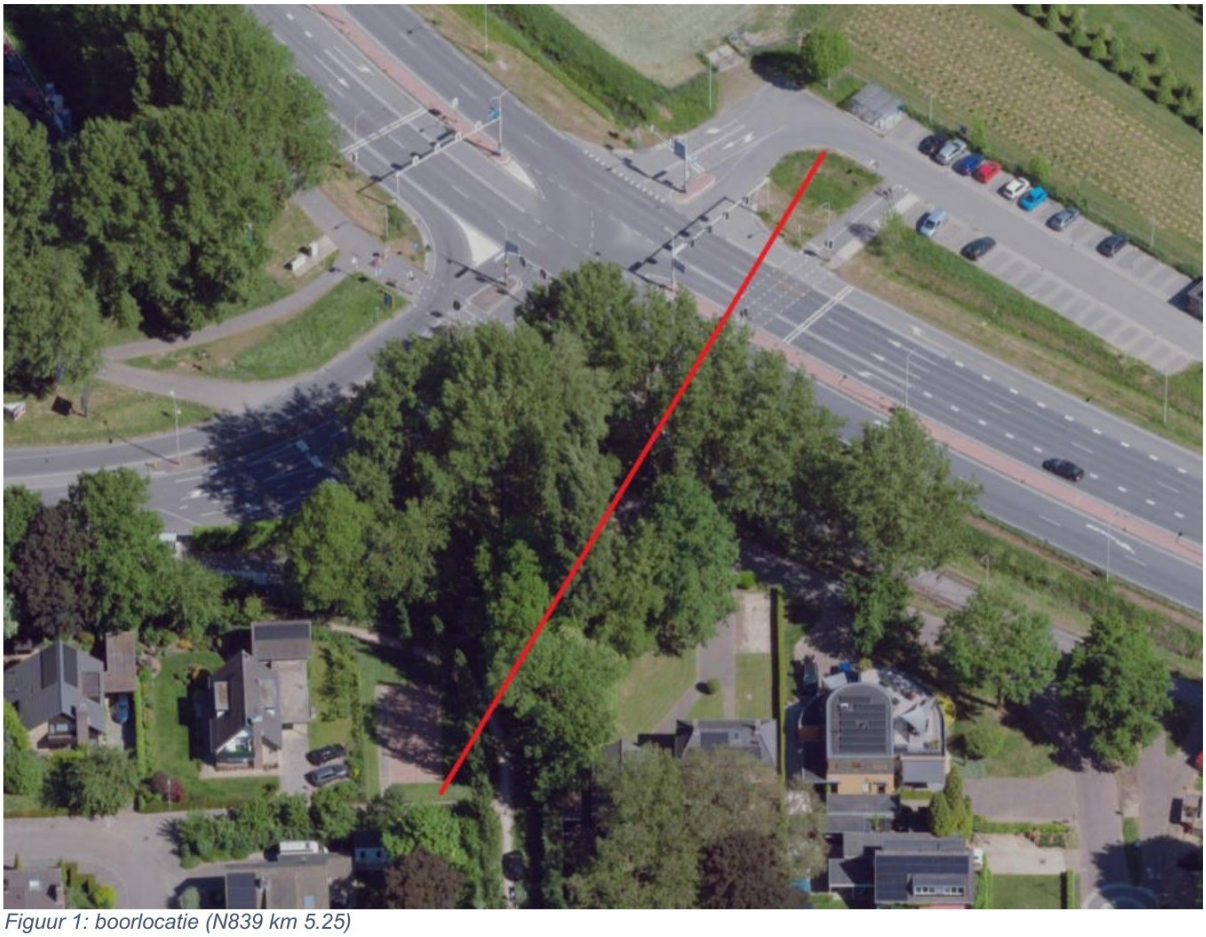
Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	14 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Bemmel bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zullen 3 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 5.25 t/m 9.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.



Figuur 1: boorlocatie (N839 km 5.25)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Haalderen
Exacte locatie	Baalsestraat 3 a
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01C-P-B4002
Boornummer	B4002
KLIC-nummer	25O0167126
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	120 meter
Maximale diepte buis	6.9 meter -MV / +3.29 m NAP
Diameter/materiaal buis	3 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 440 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø160 mm
Wanddikte	14.5mm
Aantal buizen	3 stuks
Max. toelaatbare treksterkte	66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	Ø345

Het intrekken van de buis geschiedt door het uitleggen van de buizen achter het uittredepunt.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (Baalsestraat 3 a, Haalderen)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 3: Situatie uittredepunt (Viermorgen 77, Bemmel)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt vanaf haspel ingetroken.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het intredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het opstellen van een zuigwagen en de werkruimte rondom de boorrig en uittrede dient de rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Verkeer worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de overgebleven beschikbare ruimte van de rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 15 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT15
Afmetingen (LxBxH)	5900x1950x2500 mm
Gewicht	11 ton
Boorstang	67 mm
Boorgat pilotfase	125 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6,5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

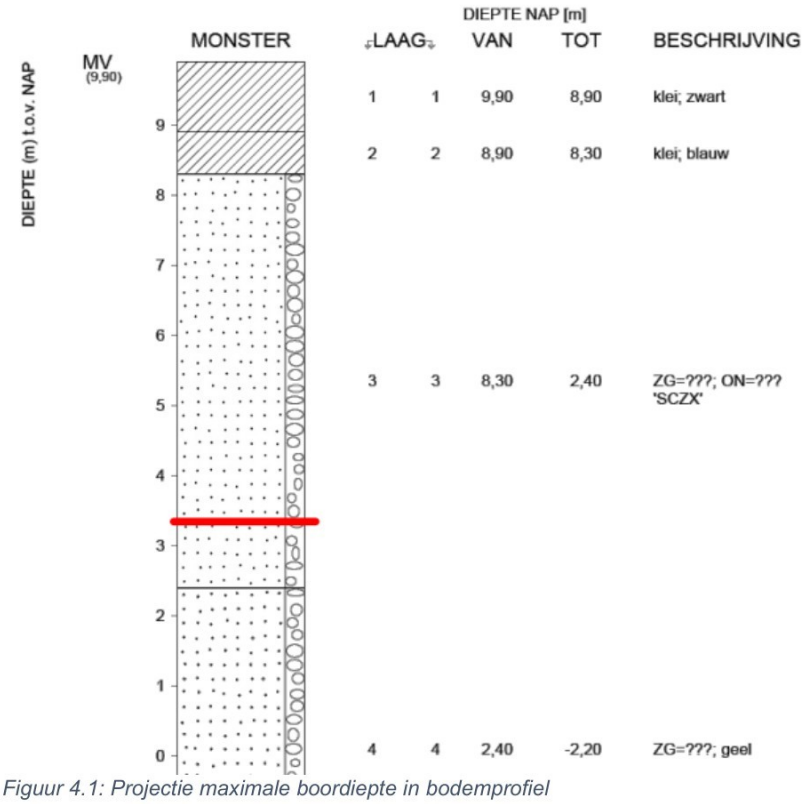
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

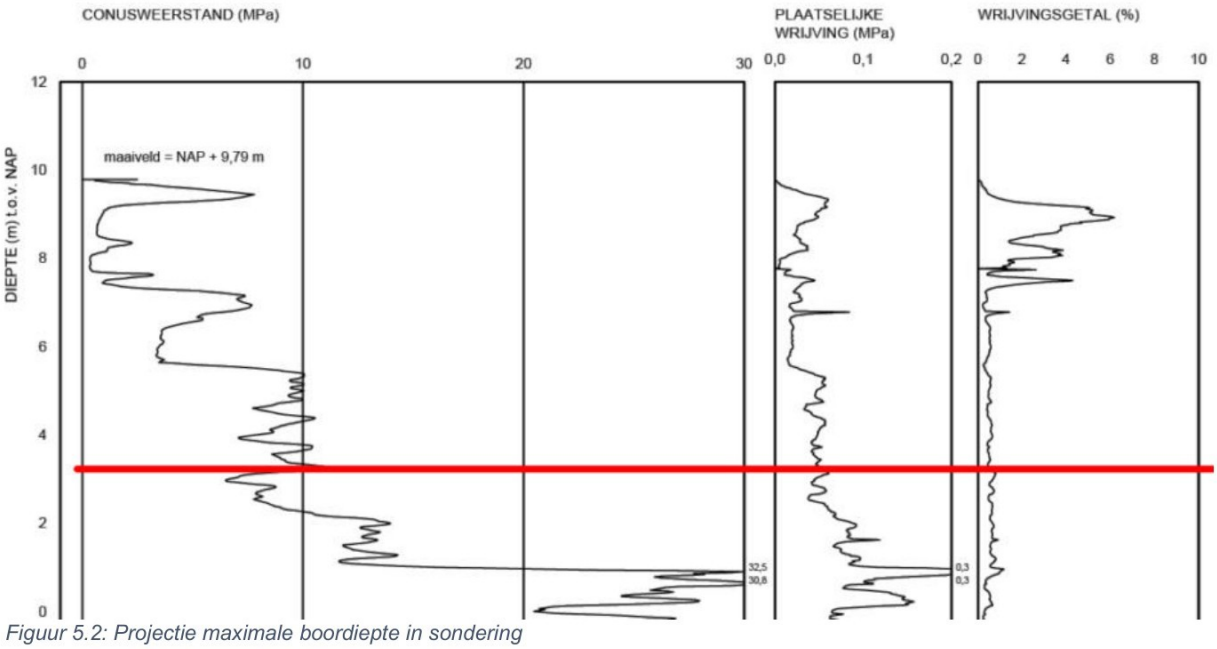
De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



Figuur 4.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 3.29m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 5.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,2m NAP, dus ca. 1,68m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

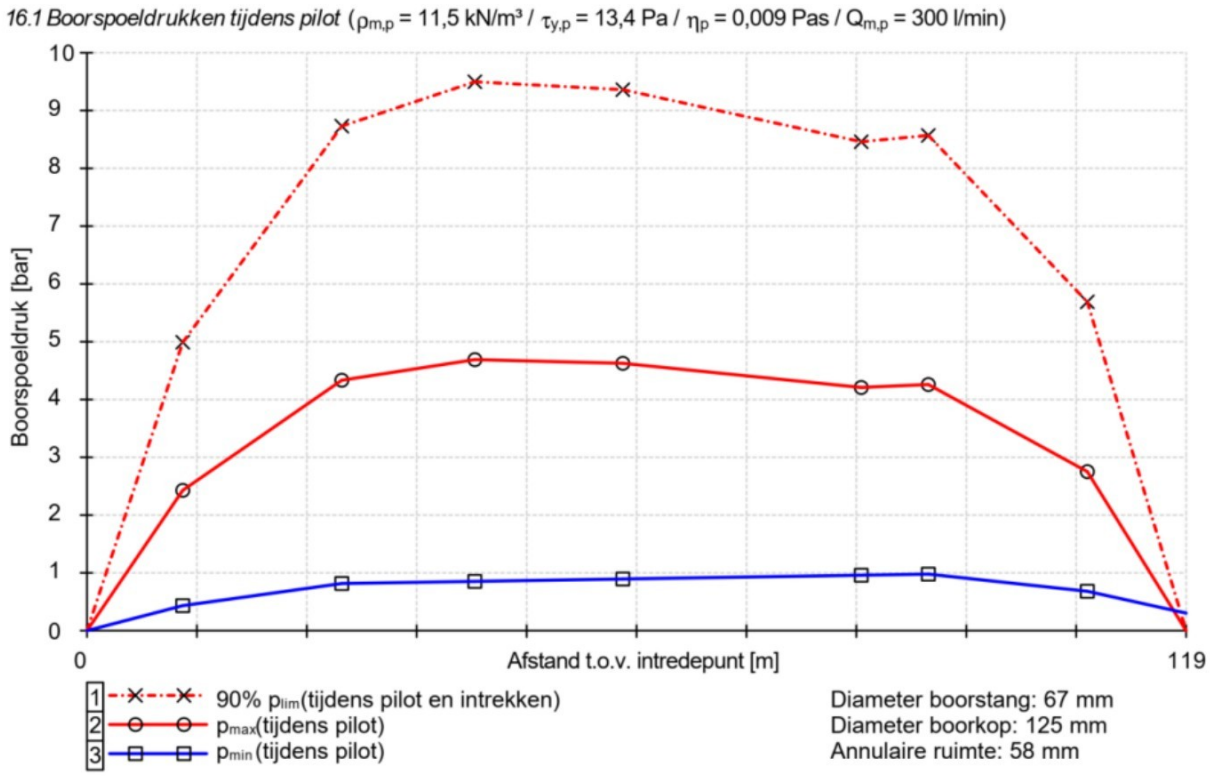
Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

Lengte leiding in boorgat (m)	Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm	Verwachte trekkracht (kN) 3*Ø160mm
11	2.2	6.7
28	5.9	17.7
92	11.1	33.3
109	15.3	46.0
119	16.2	48.5

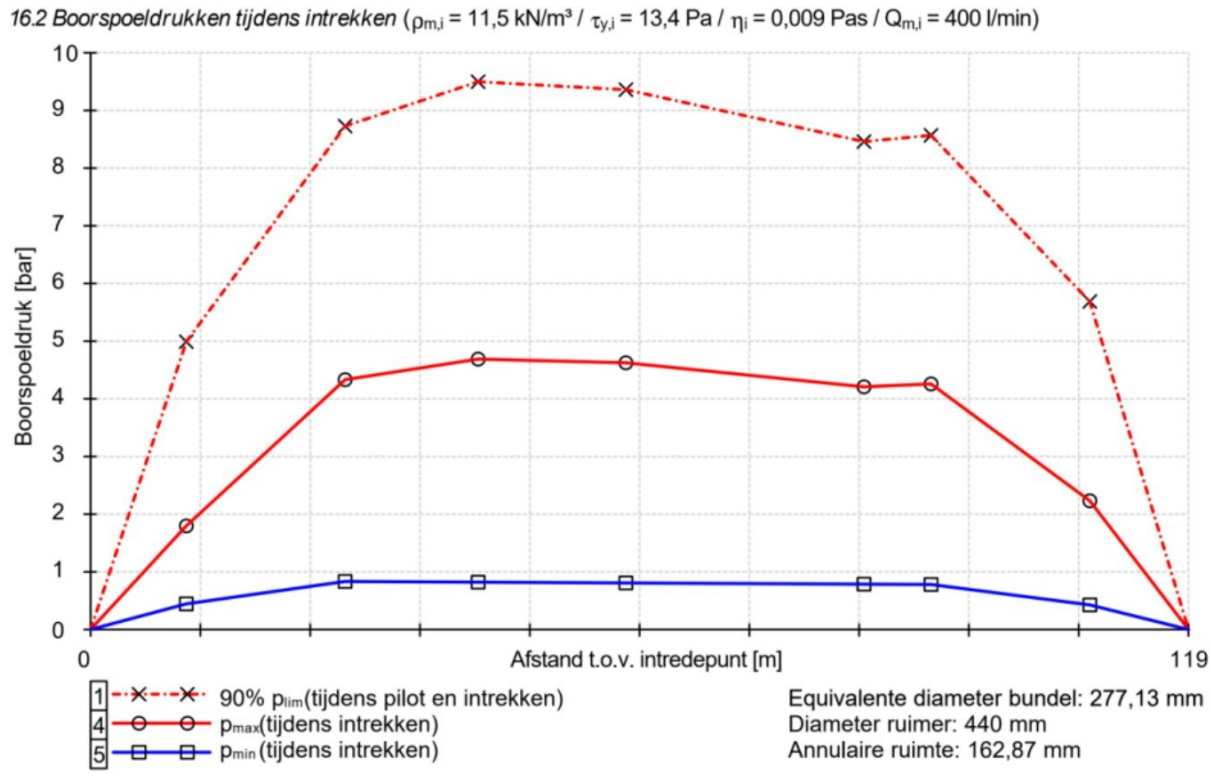
De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 48.5 kN (=4.9 ton)

7.4. Boorspoeldrukken

De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens pilot



Figuur 7: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4002	3	3	3	2	3

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 15 tonner	1	1	-	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca.1,5 dag.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

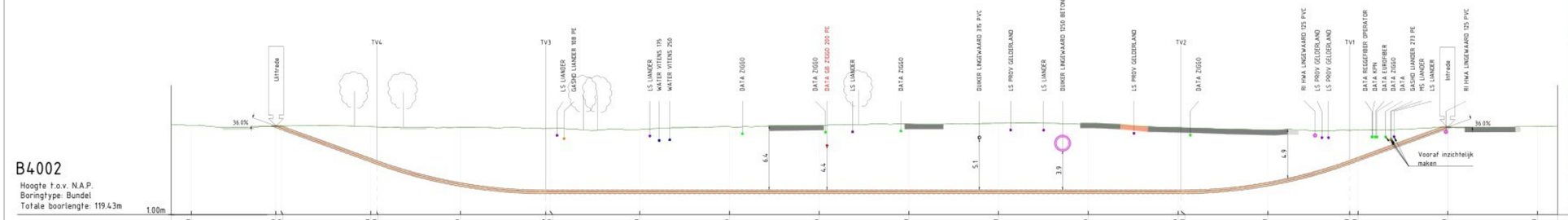
- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1: 250



B4002

Hoogte t.o.v. N.A.P.
Boringtype: Bundel
Totale boorlengte: 119.43m

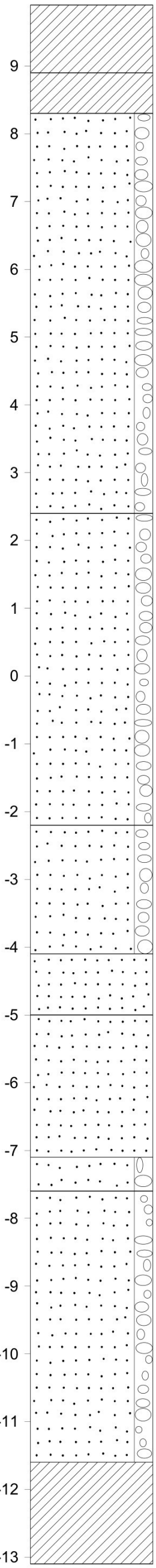
| | | |

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MV
(9,90)



MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	9,90	8,90	klei; zwart
2	2	8,90	8,30	klei; blauw
3	3	8,30	2,40	ZG=???; ON=??? 'SCZX'
4	4	2,40	-2,20	ZG=???; geel
5	5	-2,20	-4,10	ZG=???; grijs 'SCZX'
6	6	-4,10	-5,00	zand; grijs 'SCZX'
7	7	-5,00	-7,10	zand; grijs 'ZFC'
8	8	-7,10	-7,60	ZG=???; ON=??? 'ZGC'
9	9	-7,60	-11,60	ZG=???; ON=??? 'SCZX'
10	10	-11,60	-13,10	KZS=???; blauw
				Einde Boring B40D0079

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

datum

get. -

-

gez. DINO-BOR

ONBEKEND B40D0079 [Blad 1 / 2]

BIJL.

form. A3

DIEPTE NAP [m]

MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
Geboord tot NAP -13,10 m				

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

maaiveld: NAP 9,90 m
X = 191610 m Y = 434380 m (RD)

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

datum

get. -

-

DINO-BOR

gez.

ONBEKEND B40D0079 [Blad 2 / 2]

BIJL.

form. A3

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

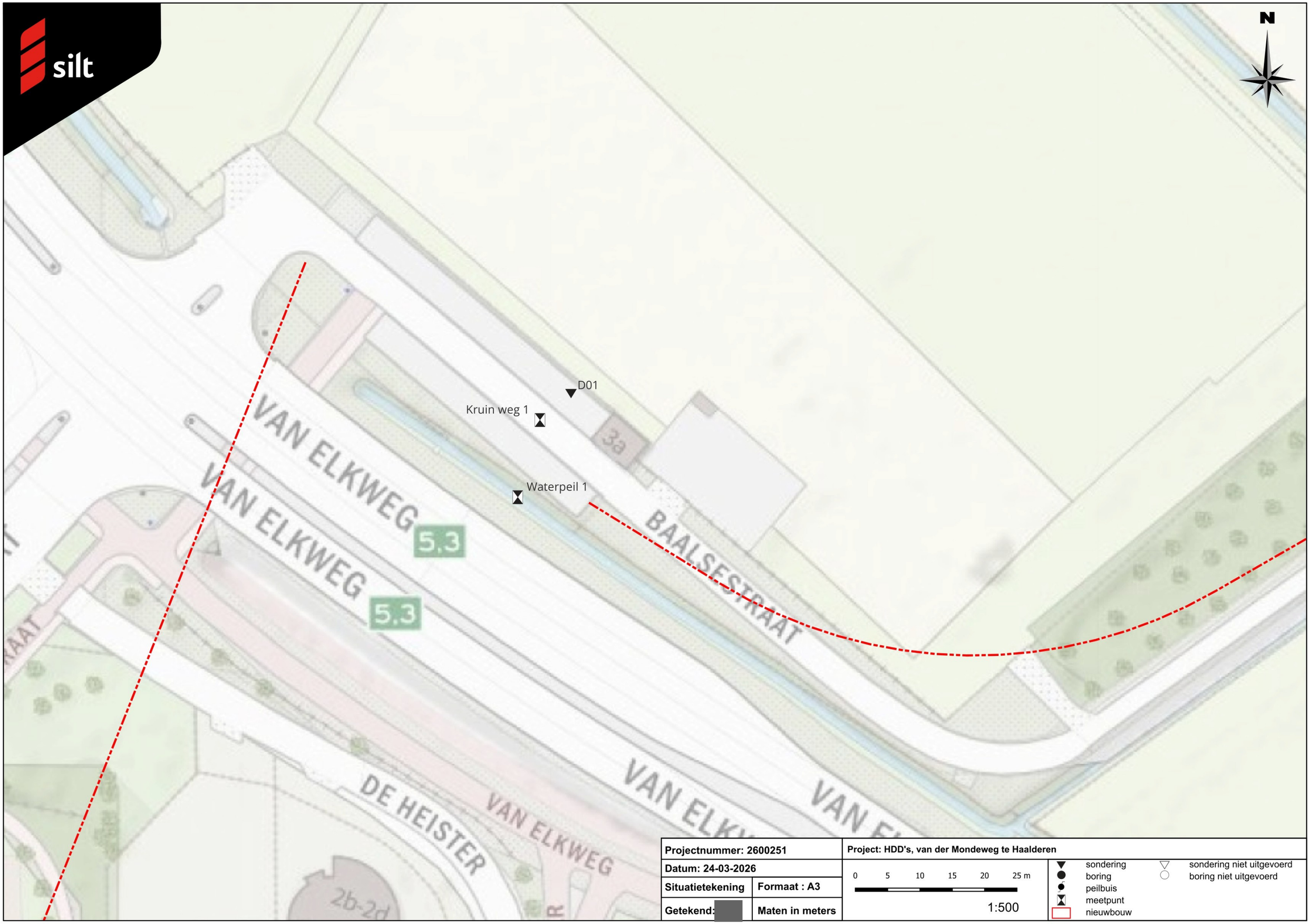
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

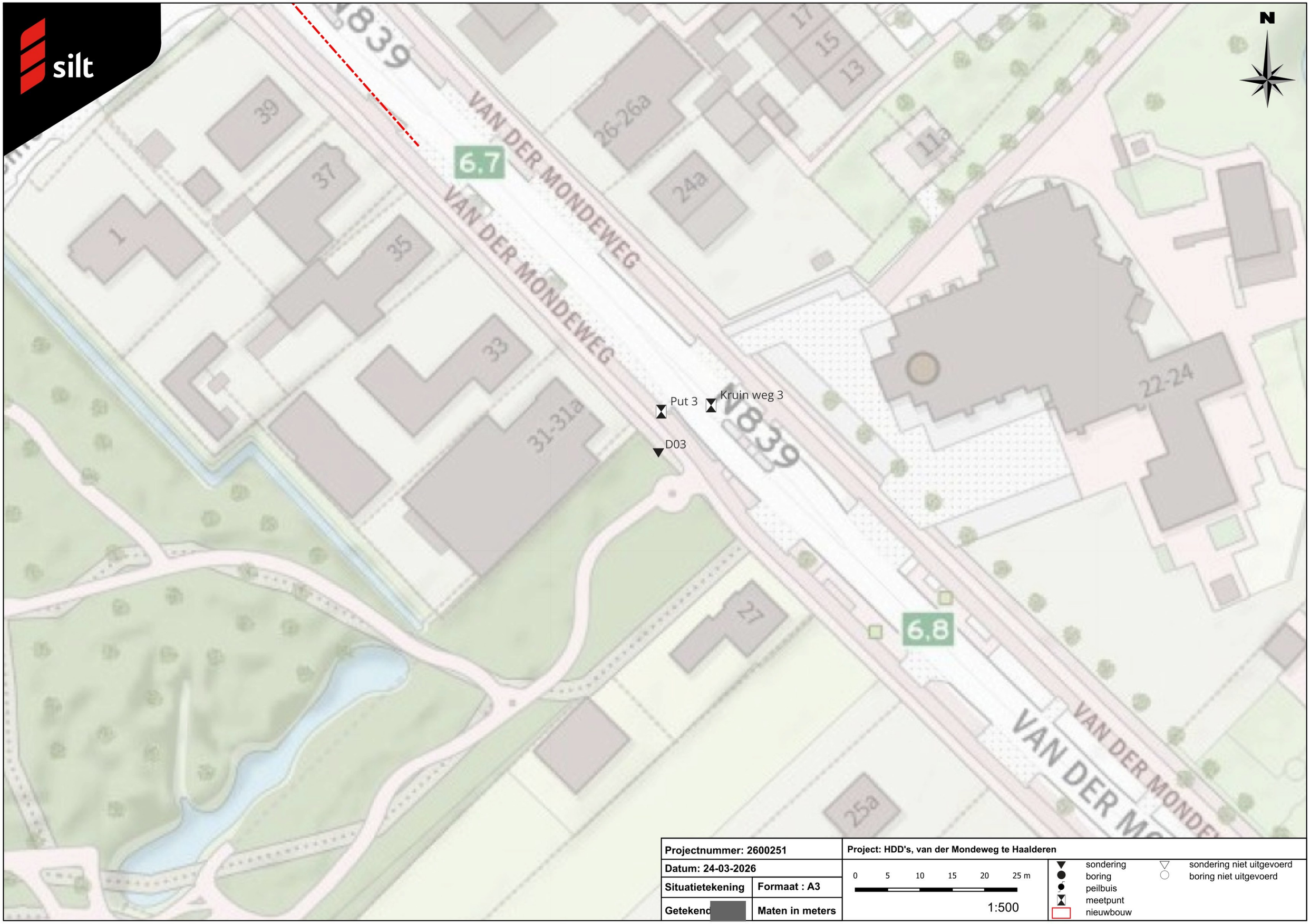
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



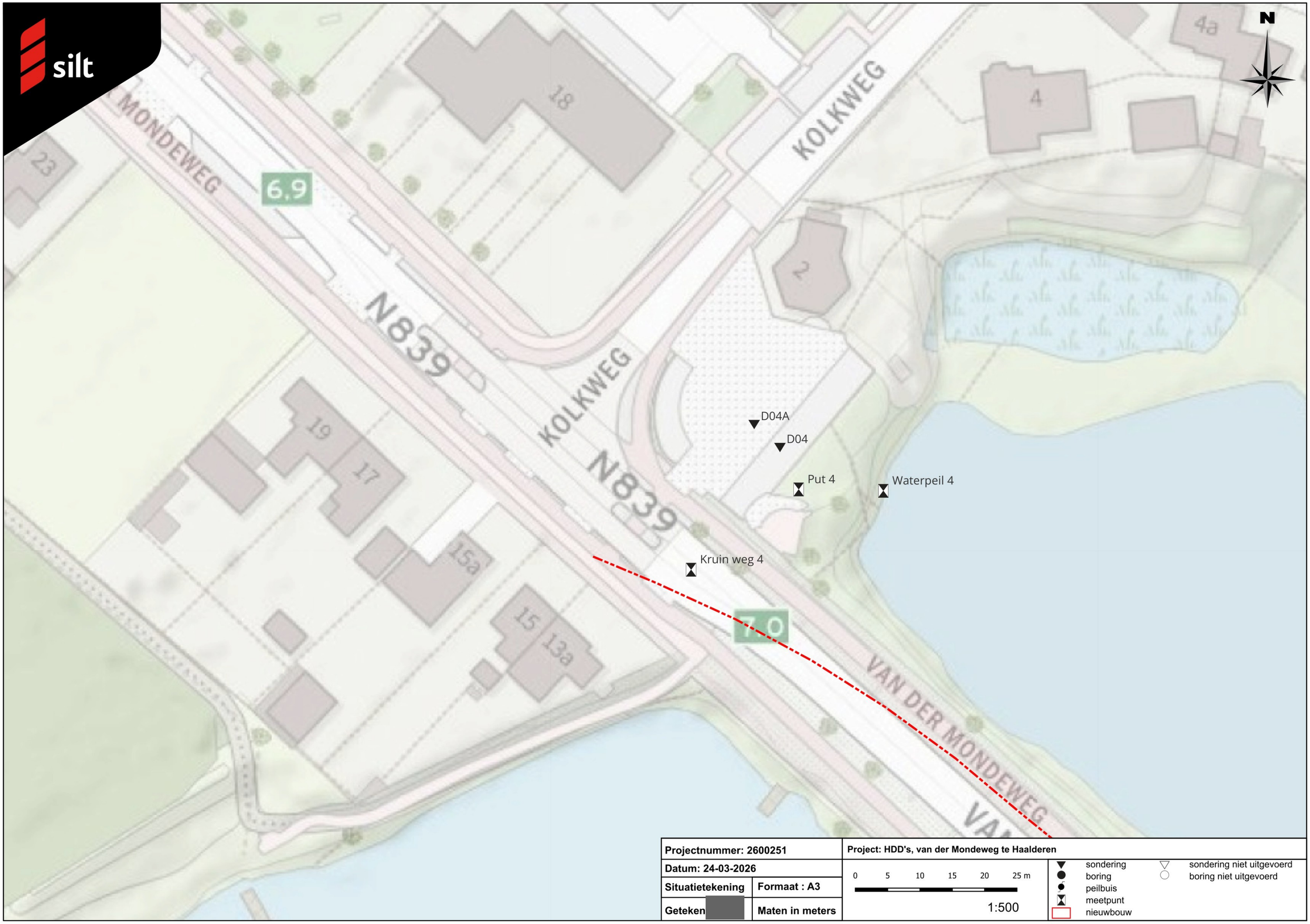
Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		
Getekend:	**Maten in meters**		



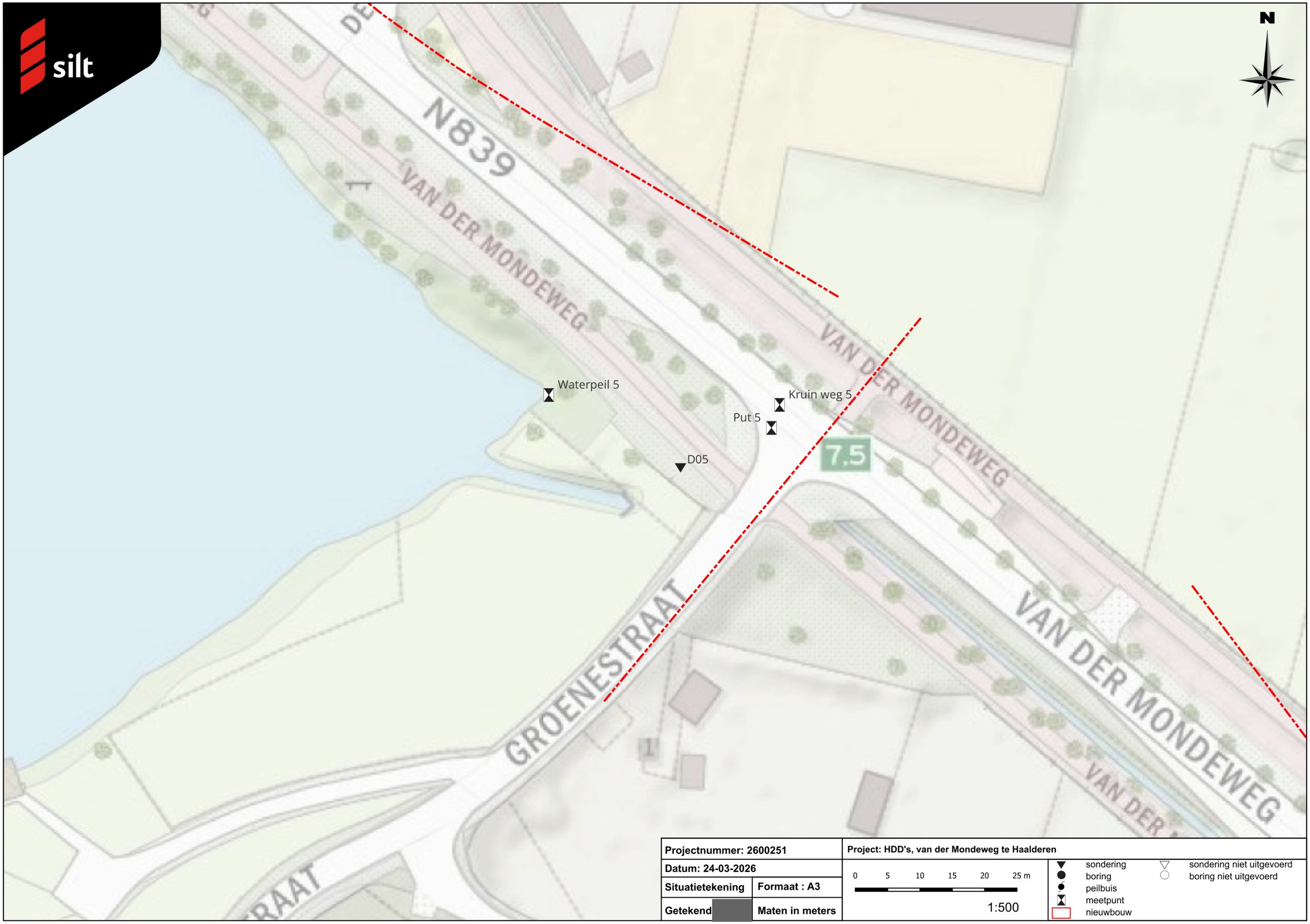
Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis meetpunt nieuwbouw



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

8.0

LANGSTRAAT

8.1

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

HUIGENSSTRAAT

LANGSTRAAT

2a

2

2b

287

285

283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / Formaat : A3	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend: / Maten in meters	

silt

N

4

4a

4b

4c

4d

10

3

4

6

HENRI DUNANTSTRAAT

Kruin weg 7

D07

BIEZENKAMP

BIEZENKAMP

Put 7

Waterpeil 7

21

21a

19

5-13

1

Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis
			meetpunt
			nieuwbouw

silt

N

25

25a

18a-18p

23

34

KRUISSTRAAT

KRUISSTRAAT

Waterpeil 8

D08

N839

Kruin weg 8

Put 8

LANGSTRAAT

LANGSTRAAT

21

19

227

225a

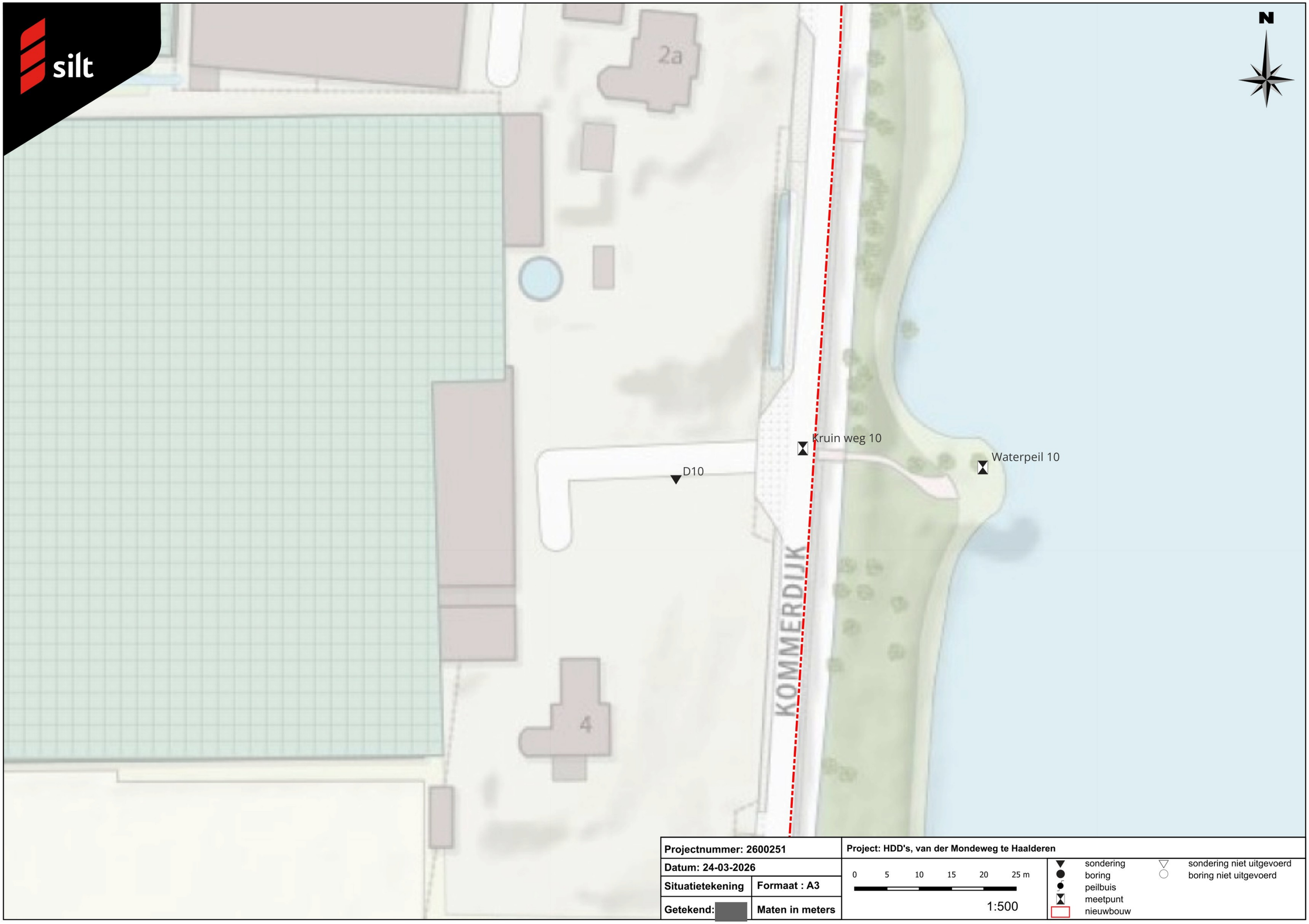
223

225

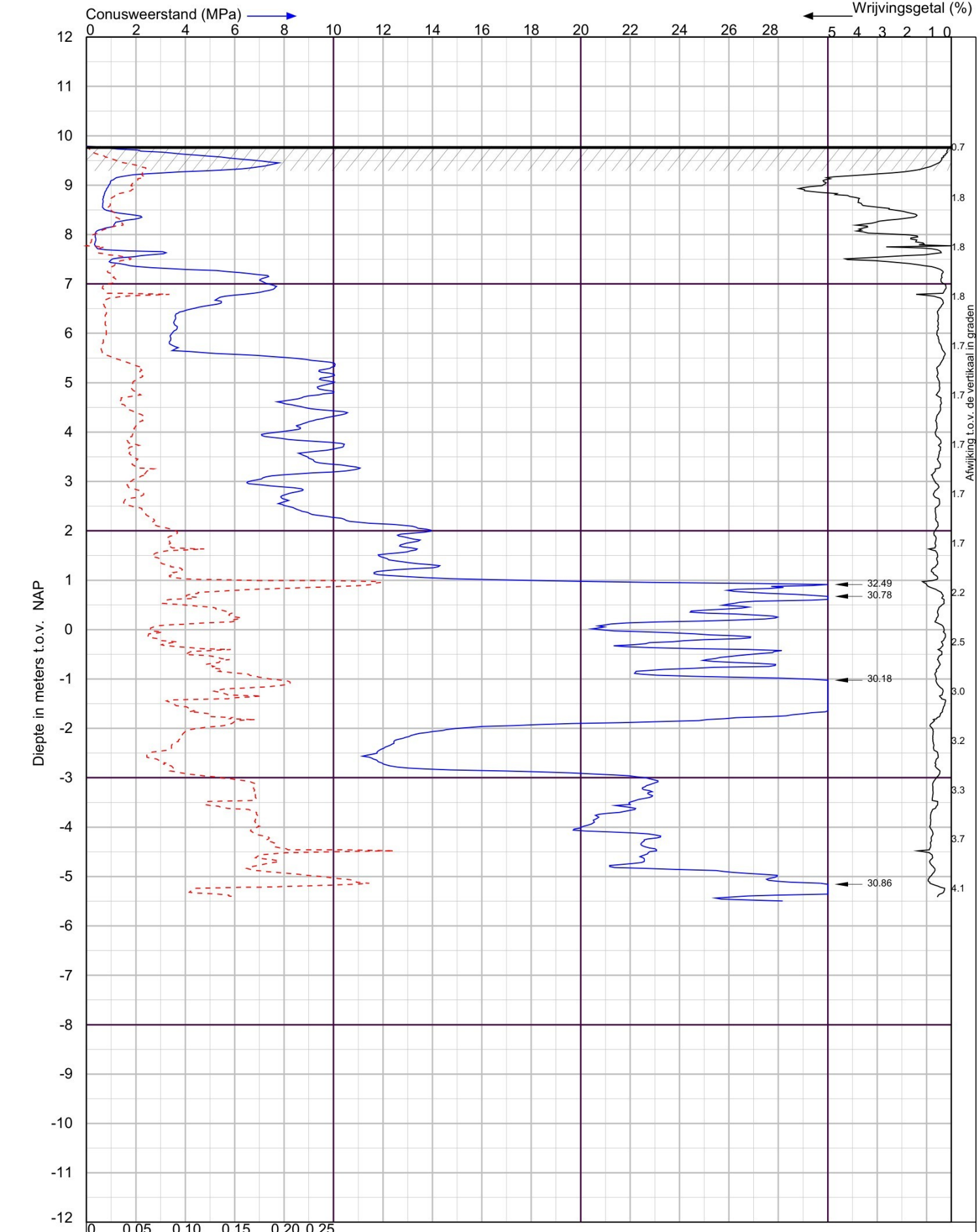
Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ● boring peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		▽ sondering niet uitgevoerd ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**		



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis, meetpunt, nieuwbouw



Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / **Formaat : A3**	sondering / sondering niet uitgevoerd boring / boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend: / **Maten in meters**	



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

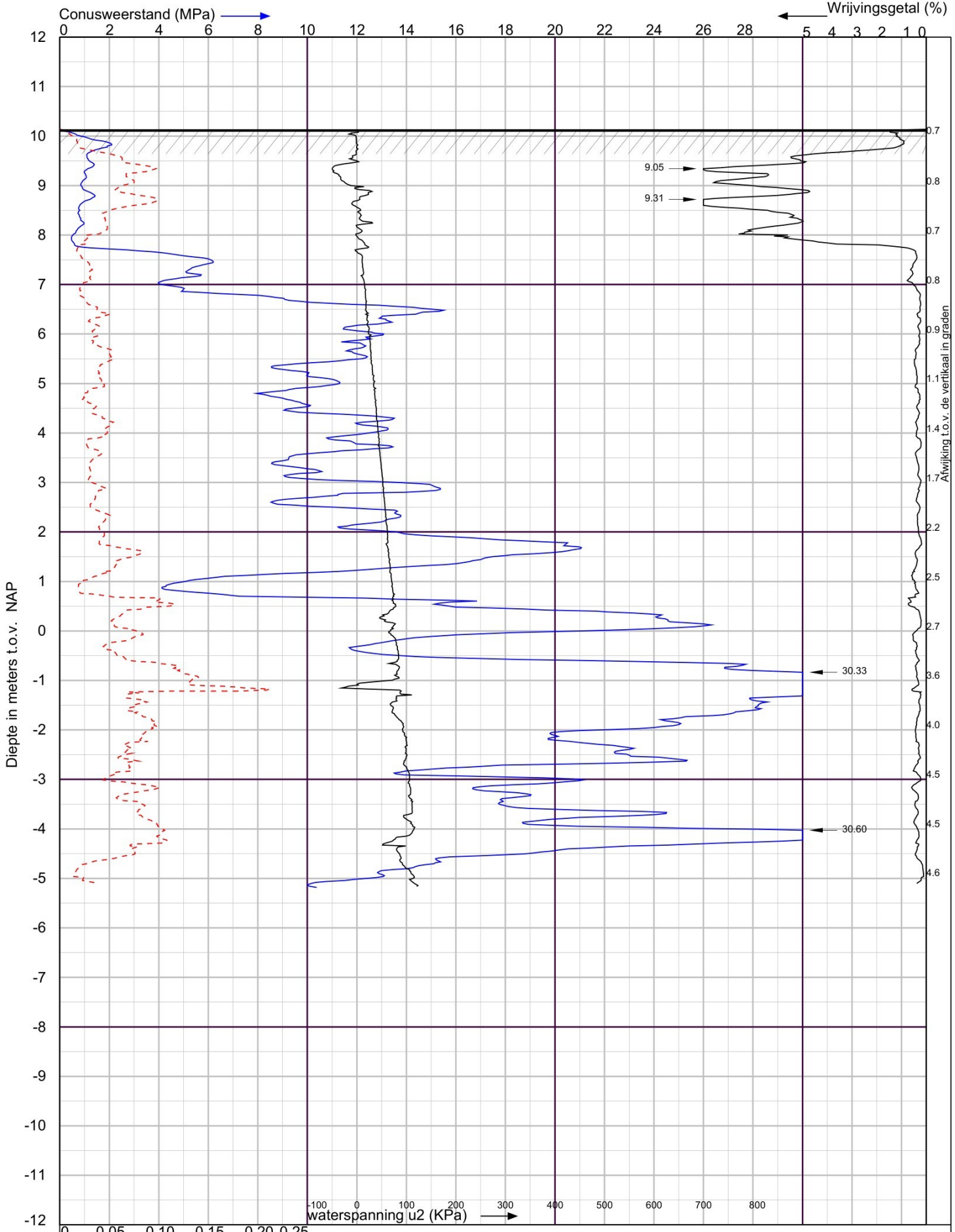
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

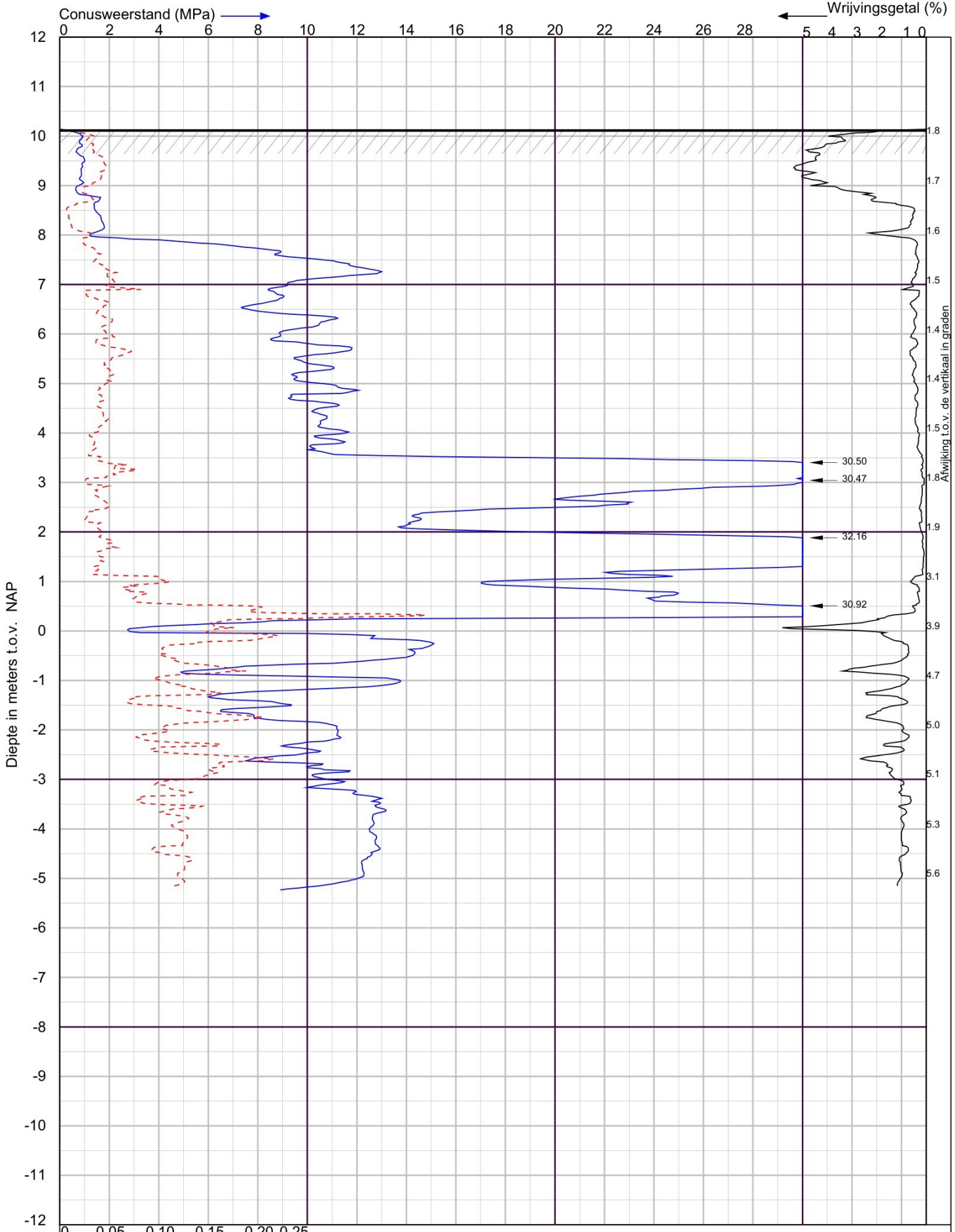
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

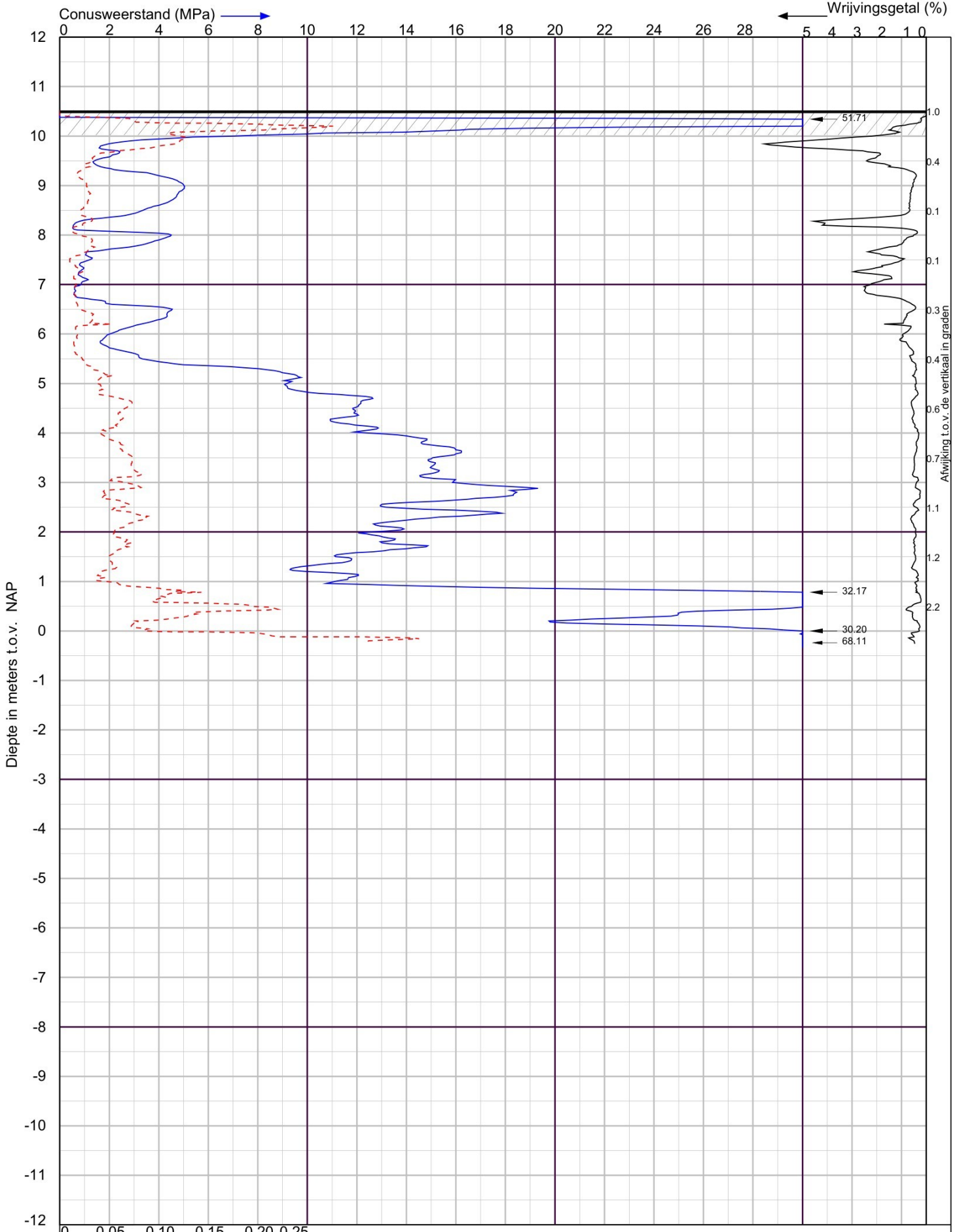
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

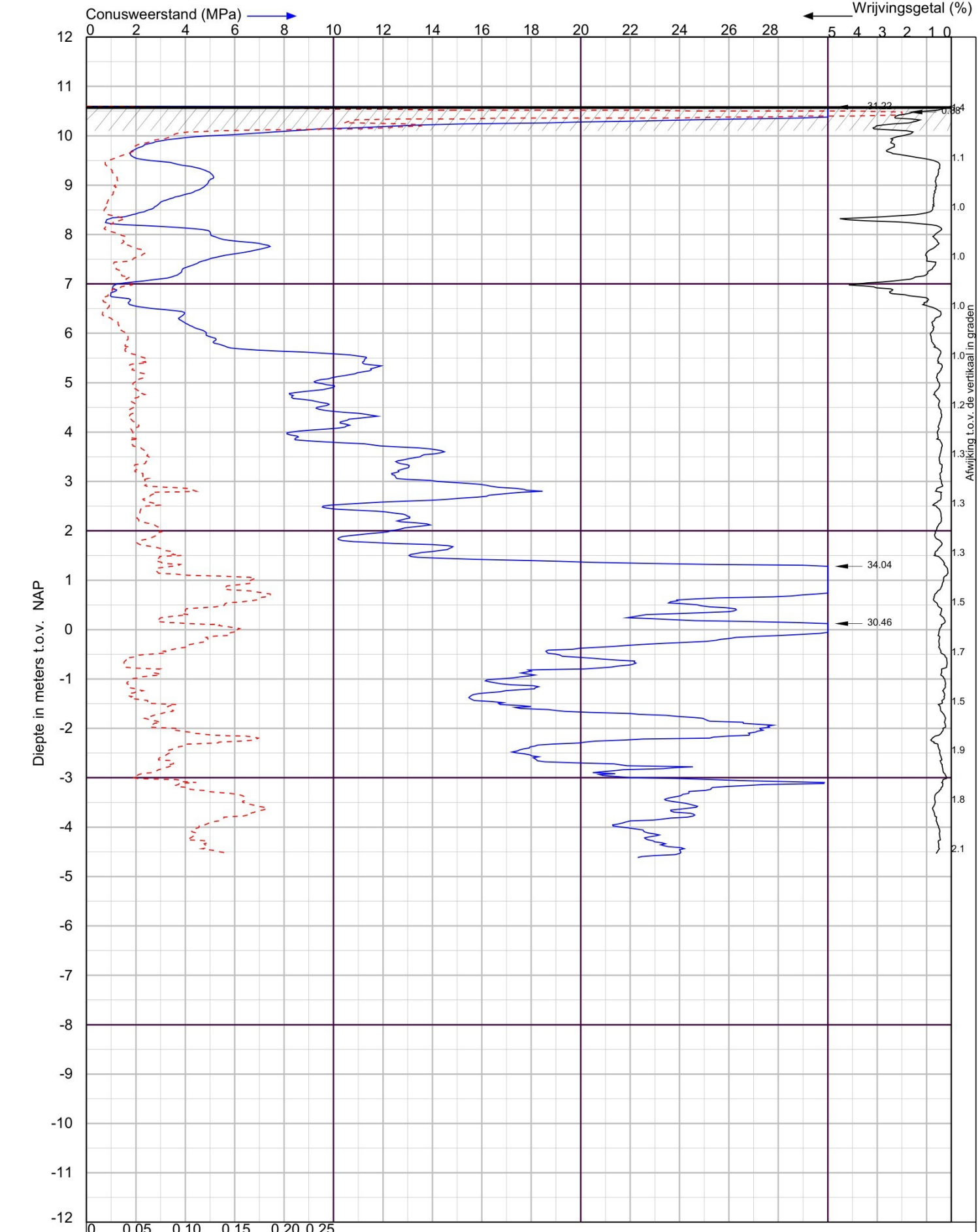
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

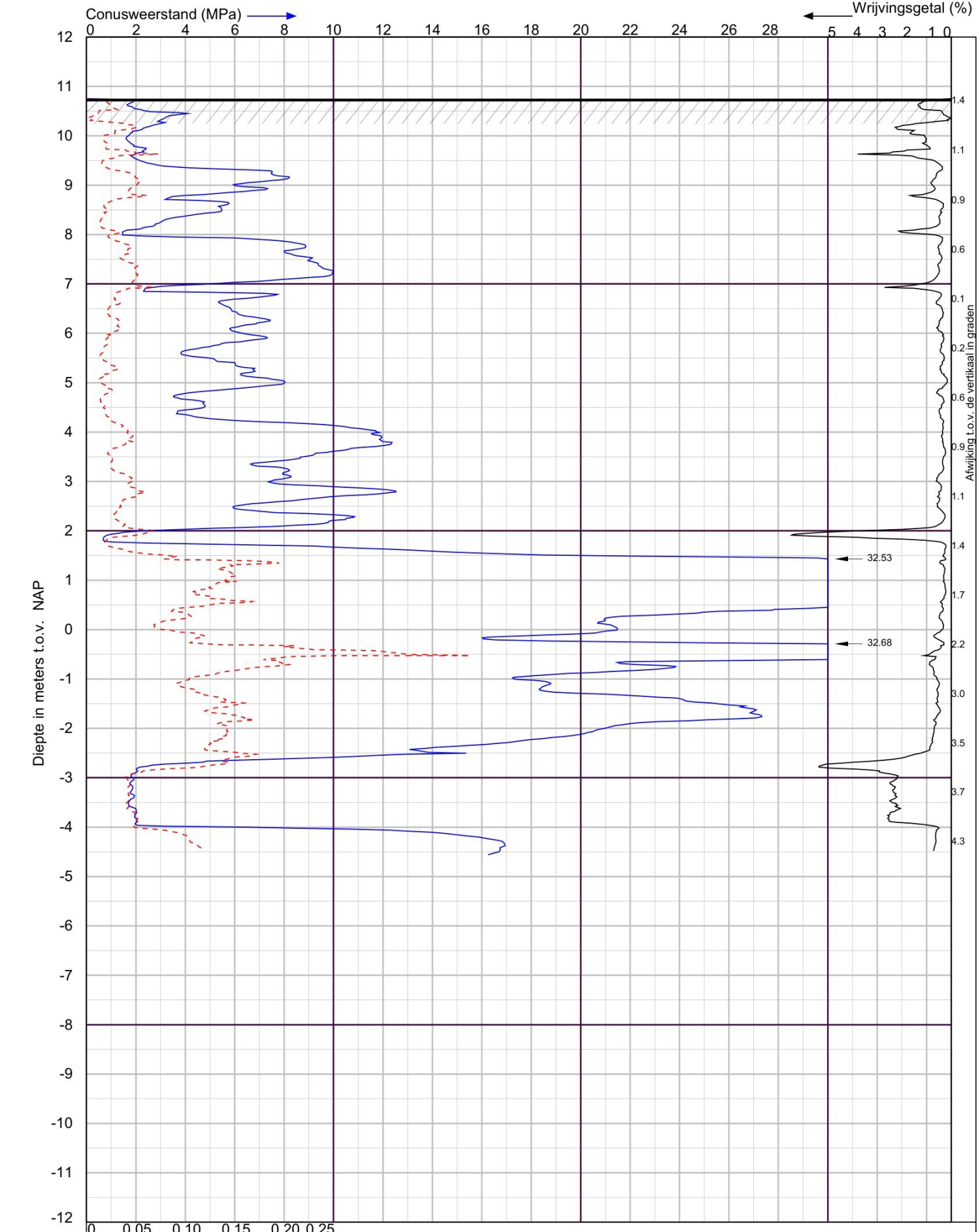
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

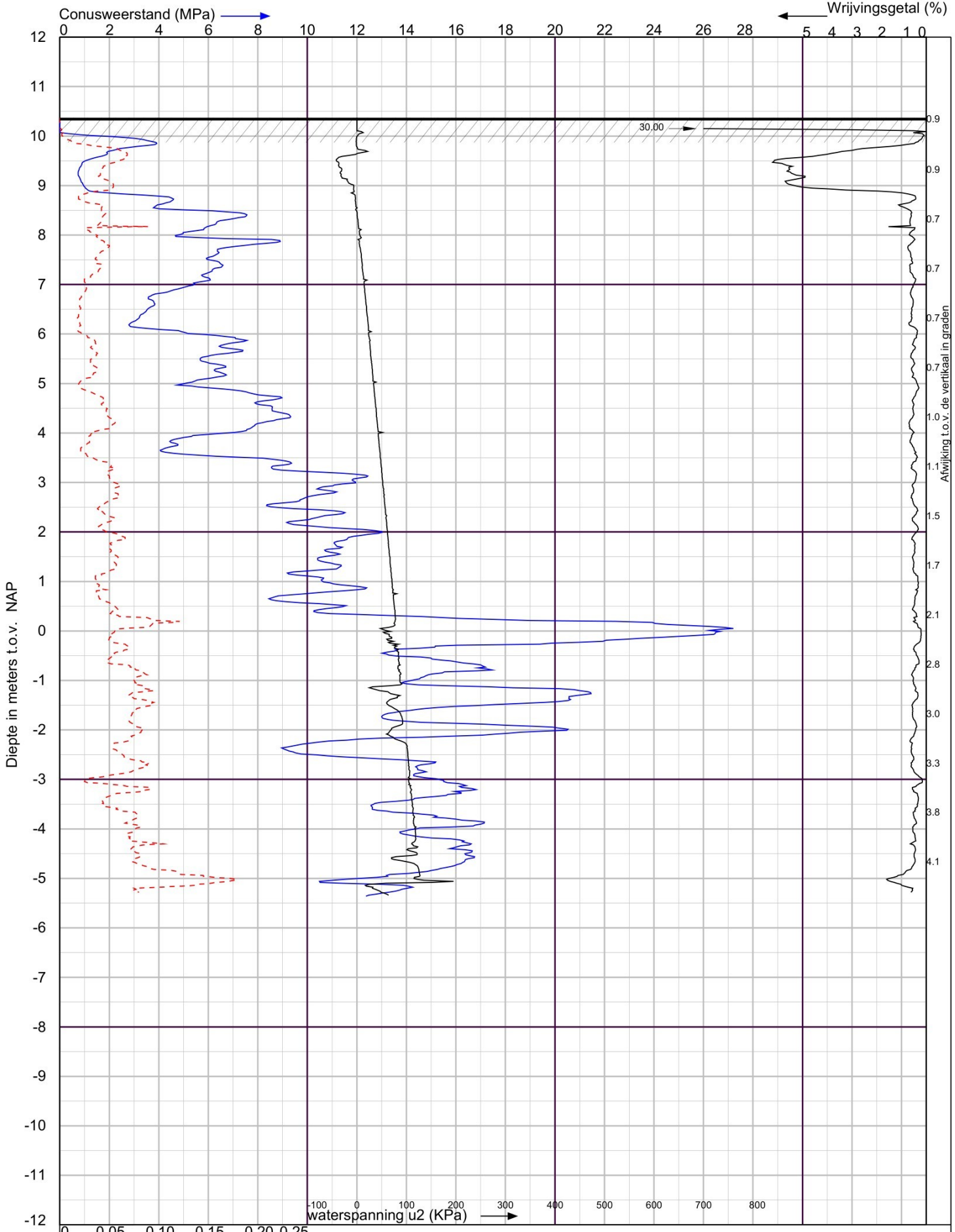
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

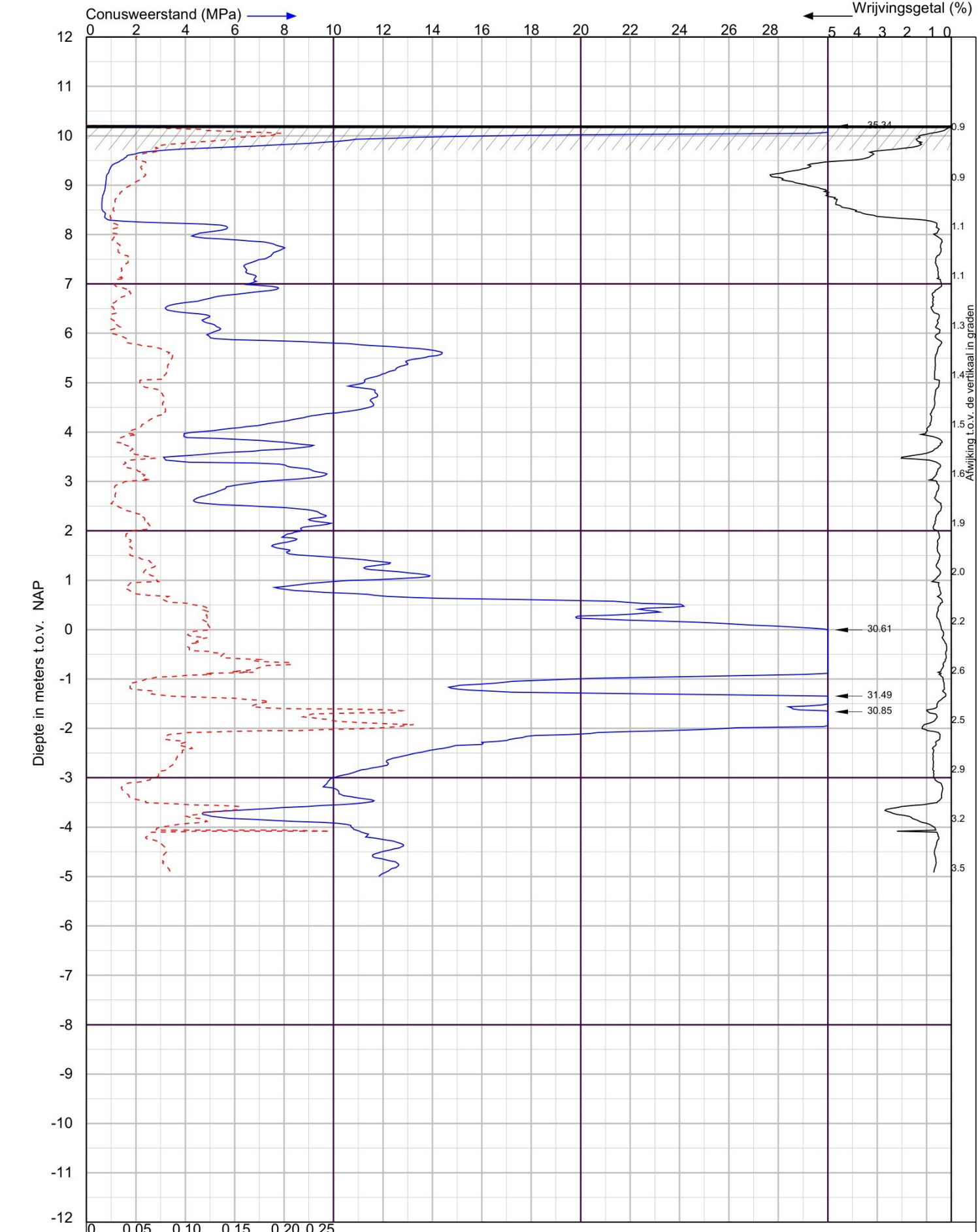
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

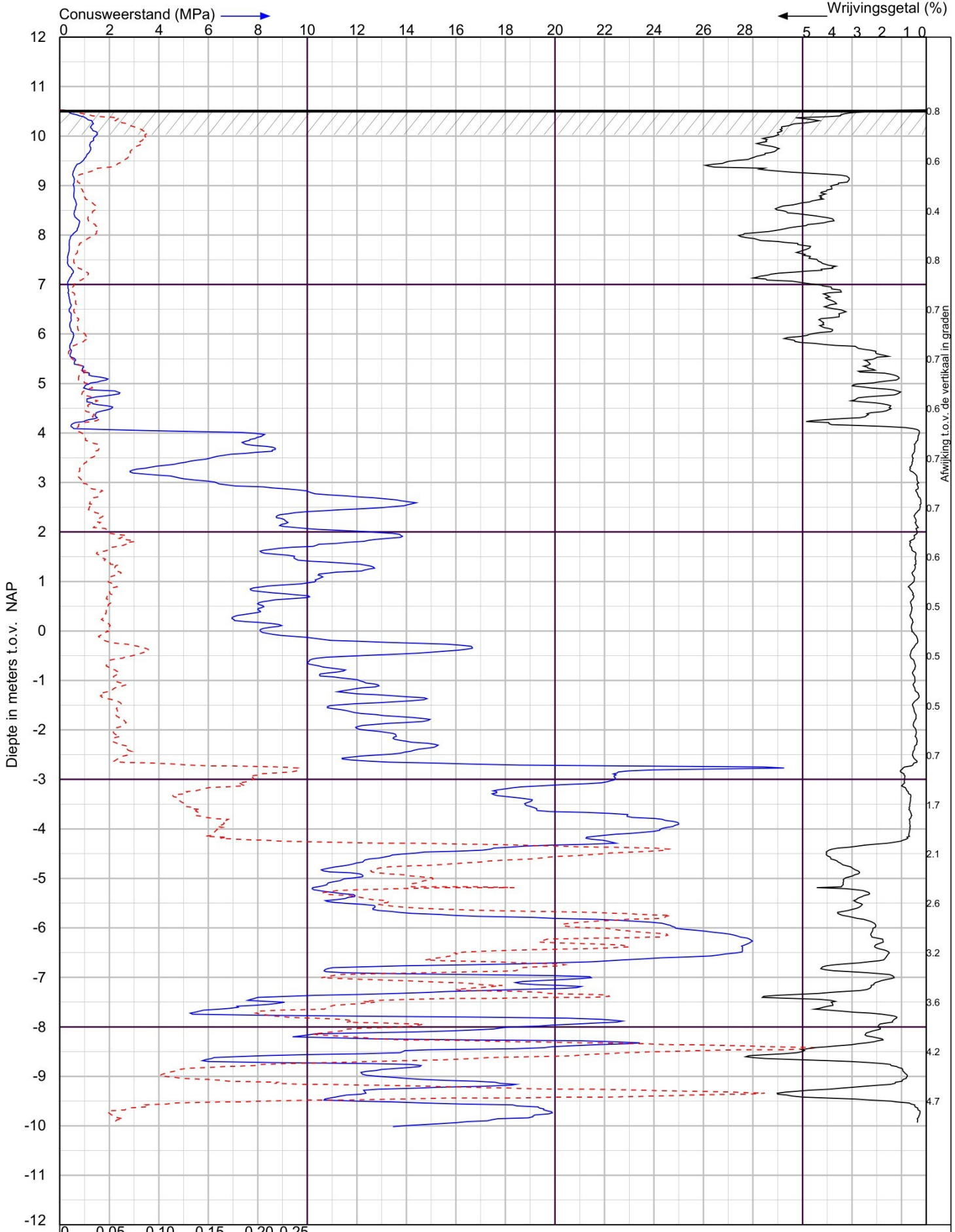
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

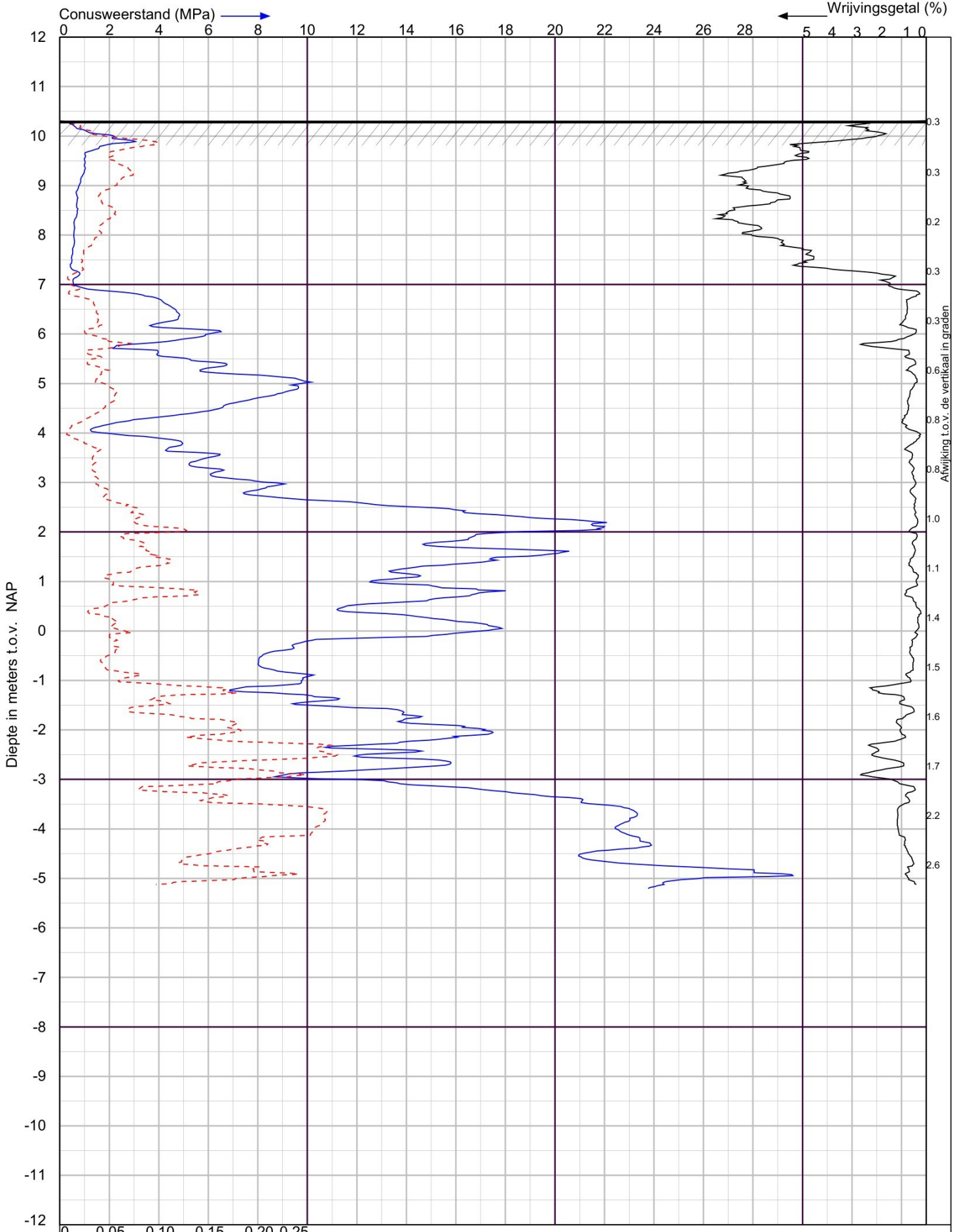
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

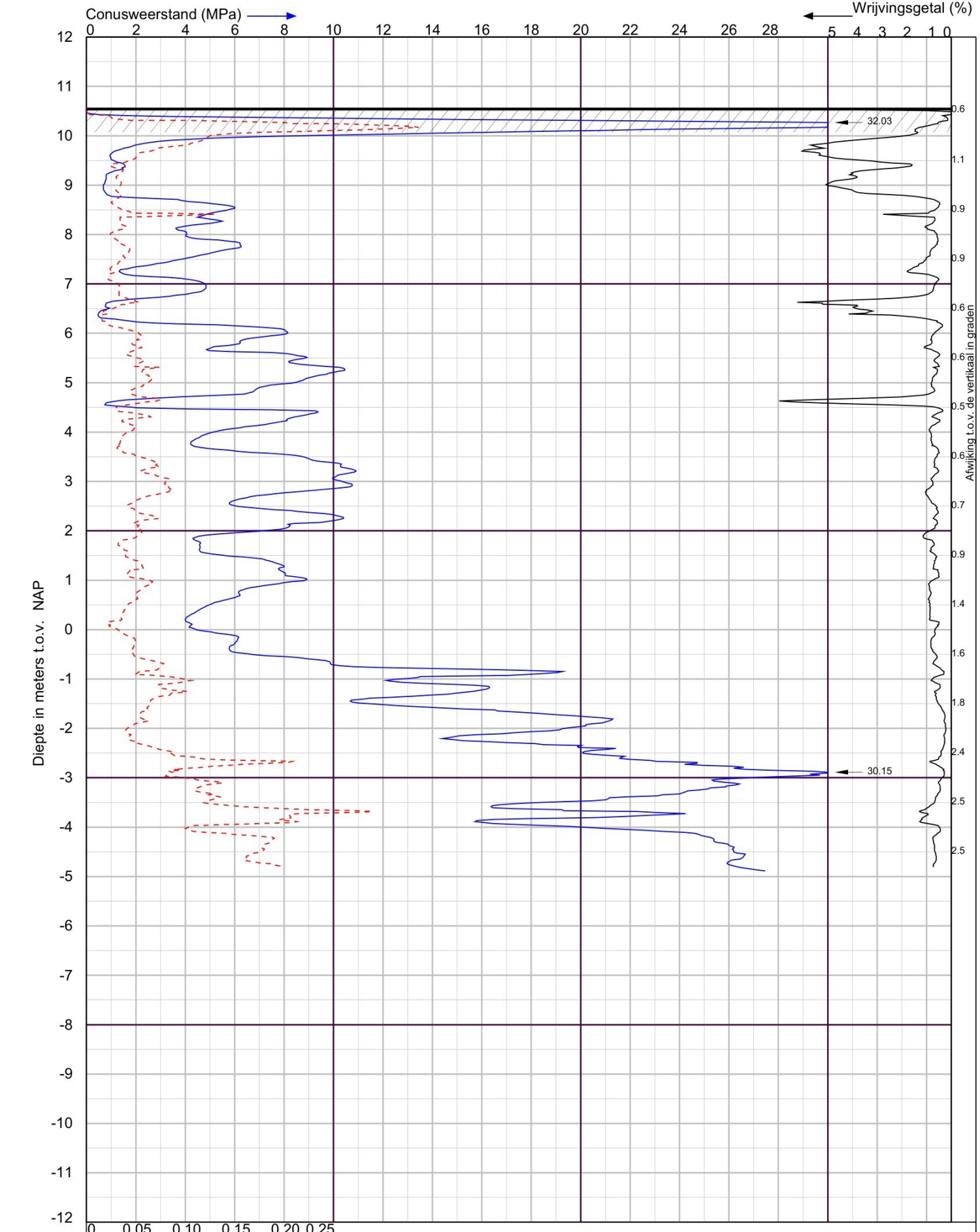
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 15 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT15
Gewicht:	11 ton
Afmeting (LxBxH):	5900x1.950x2500 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

Max. te boren lengte:	216 m
Max. te boren buisdiameter:	Ø 355 mm
Min. boorstraal:	R = 36 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 67 mm / 3005 mm
Trekkracht:	150 kN
Drukkracht:	150 kN
Torque:	5000 Nm
Pompcapaciteit:	400 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 110, 160, 225, 270, 340, 440, 500 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4002
Projectonderdeel : 15T - 3x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= $16,0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 119,43	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 117,50	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,80 / 36	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 19,80 / 36	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 9,78	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 9,88	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]
Intrede-TV1	10,41	9,80	10,41	9,80	-
TV1-TV2	17,28	16,94	27,69	26,73	50,00
TV2-TV3	63,73	63,73	91,42	90,46	-
TV3-TV4	17,28	16,94	108,70	107,40	50,00
TV4-Uittrede	10,73	10,10	119,43	117,50	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 440	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 277,13	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 3	
De bundelbuizen worden niet gekoppeld			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

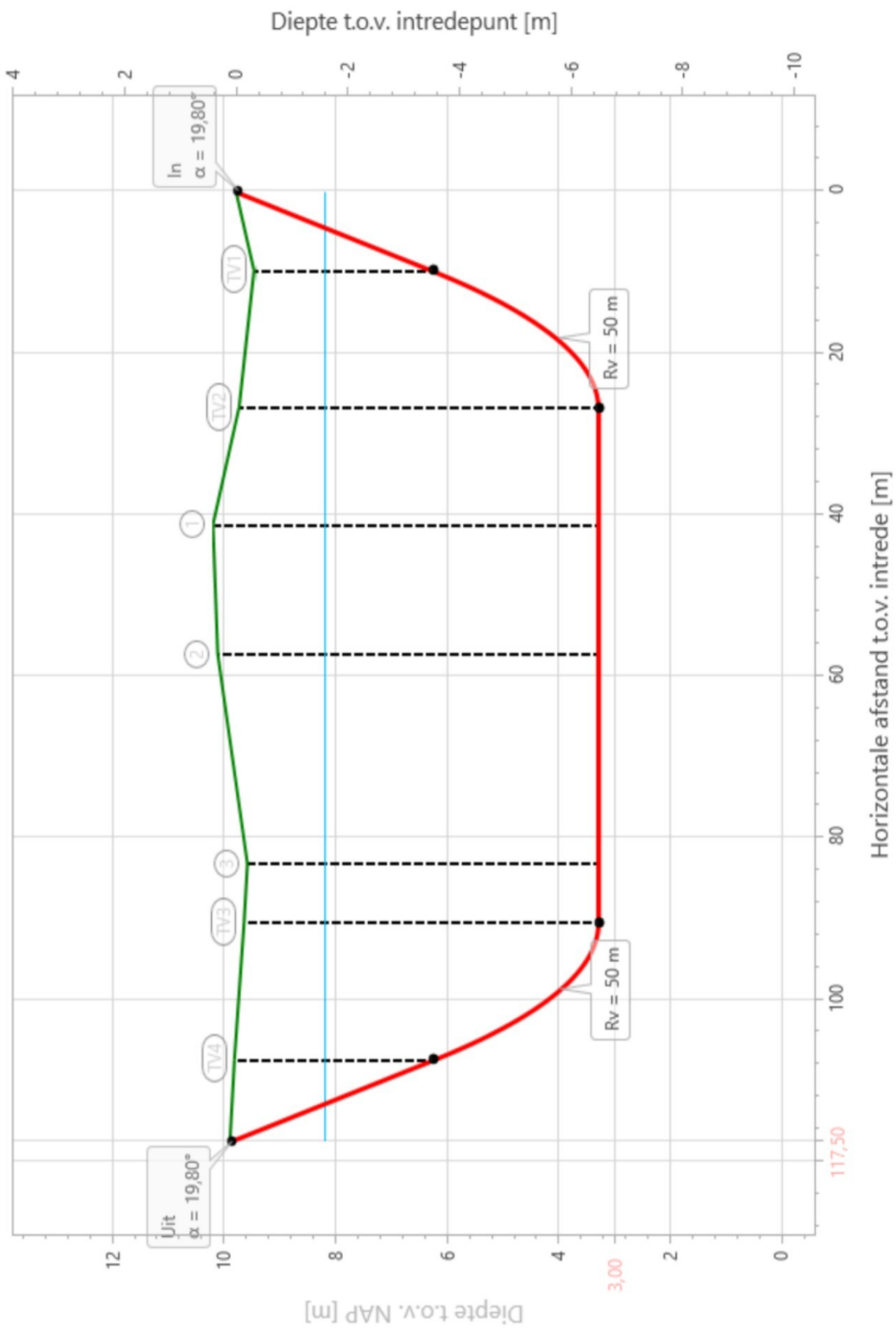
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	10,41	3,20	1,25	Zand	16,34	19,69	35,00
TV2	27,69	6,43	1,52	Zand	16,97	20,48	35,00
1	42,15	6,89	1,99	Zand	17,25	20,48	35,00
2	58,23	6,81	1,90	Zand	17,22	20,48	35,00
3	84,13	6,28	1,37	Zand	16,66	20,48	35,00
TV3	91,42	6,34	1,43	Zand	16,80	20,48	35,00
TV4	108,70	3,55	1,60	Zand	17,07	19,69	35,00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	01
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	01
1	✓	0,00	75,00	Grafiek I	01
2	✓	0,00	75,00	Grafiek II	01
3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	01
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	01
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	01

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	119,43	**1.369**	**761**
Na intrekken van TV4-Uittrede	108,70	**1.246**	**692**
Na intrekken van TV3-TV4	91,42	**1.048**	**582**
Na intrekken van TV2-TV3	27,69	**317**	**176**
Na intrekken van TV1-TV2	10,41	**119**	**66**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.369	**0,21**
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.246	**0,19**
Na intrekken van TV3-TV4	1.048	**0,16**
Na intrekken van TV2-TV3	317	**0,05**
Na intrekken van TV1-TV2	119	**0,02**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669{,}10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923{,}86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923{,}86}{222.522} = \mathbf{0{,}86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,21	**0,76**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,19	**0,74**
Na intrekken van TV3-TV4	0,16	**0,71**
Na intrekken van TV2-TV3	0,05	**0,61**
Na intrekken van TV1-TV2	0,02	**0,58**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}86 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}76 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 3

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,719$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

71,9% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 361,52$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0637$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,168$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	119,43	**996**	-	**554**	-
Na intrekken van TV3-TV4	108,70	-	**2.601**	-	**1.445**
Na intrekken van TV2-TV3	91,42	**8.518**	-	**4.732**	-
Na intrekken van TV1-TV2	27,69	-	**10.122**	-	**5.623**
Na intrekken van Intrede-TV1	10,41	**11.089**	-	**6.160**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (361,52 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (361,52 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	87,93	70,33	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV3-TV4 ..	75,00	52,86	54,53	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	45,28	50,47	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	89,85	71,09	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 80 = 41,89$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	50,00	0,034	5,51	**1.872**	**1.040**
TV3-TV4 (TV4)	50,00	0,034	5,51	**1.872**	**1.040**
TV1-TV2 (TV1)	50,00	0,034	5,51	**1.872**	**1.040**
TV1-TV2 (TV2)	50,00	0,034	5,51	**1.872**	**1.040**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758{,}07}{160 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	582	1.445	1.040	1.040	**3.067**
TV1-TV2	66	5.623	1.040	2.080	**7.770**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	9,90	3.067	**380**	**211**
TV1-TV2	9,90	7.770	**962**	**534**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.246	996	-	-	-	**2.243**	**0,22**
Na intrekken van TV3-TV4	1.048	-	2.601	1.872	380	**5.900**	**0,59**
Na intrekken van TV2-TV3	317	8.518	-	1.872	380	**11.087**	**1,11**
Na intrekken van TV1-TV2	119	-	10.122	3.744	1.341	**15.327**	**1,53**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	11.089	-	3.744	1.341	**16.174**	**1,62**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	692	554	-	-	-	**1.246**	**0,12**
Na intrekken van TV3-TV4	582	-	1.445	1.040	211	**3.278**	**0,33**
Na intrekken van TV2-TV3	176	4.732	-	1.040	211	**6.159**	**0,62**
Na intrekken van TV1-TV2	66	-	5.623	2.080	745	**8.515**	**0,85**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	6.160	-	2.080	745	**8.986**	**0,90**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **8.986 N (≈ 0,90 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.243	**0,34**
Na intrekken van TV3-TV4	5.900	**0,88**
Na intrekken van TV2-TV3	11.087	**1,66**
Na intrekken van TV1-TV2	15.327	**2,30**
Na intrekken van Intrede-TV1	16.174	**2,43**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm²]
TV3-TV4	50,00	539.986,66	**2,43**
TV1-TV2	50,00	539.986,66	**2,43**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521,98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.243	0,34	-	**0,34**
Na intrekken van TV3-TV4	5.900	0,88	2,43	**2,46**
Na intrekken van TV2-TV3	11.087	1,66	-	**1,66**
Na intrekken van TV1-TV2	15.327	2,30	2,43	**3,88**
Na intrekken van Intrede-TV1	16.174	2,43	-	**2,43**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,88 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	3,20	1,25	Zand	22,54	22,74	45,28	7,25
TV2	6,43	1,52	Zand	28,38	61,47	89,85	14,38
1	6,89	1,99	Zand	37,73	61,47	99,20	15,87
2	6,81	1,90	Zand	36,04	61,47	97,51	15,60
3	6,28	1,37	Zand	25,15	61,47	86,61	13,86
TV3	6,34	1,43	Zand	26,46	61,47	87,93	14,07
TV4	3,55	1,60	Zand	30,11	22,74	52,86	8,46

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	3,20	Grafiek ½ x II	3,49	0,56
TV2	6,43	Grafiek I	7,68	1,23
1	6,89	Grafiek I	7,05	1,13
2	6,81	Grafiek II	2,75	0,44
3	6,28	Grafiek ½ x II	1,52	0,24
TV3	6,34	Grafiek ½ x II	1,50	0,24
TV4	3,55	Grafiek ½ x II	3,06	0,49

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	7,25	0,56	7,80	115,84(1)	**3,26**
TV2	✓	14,38	1,23	15,60	231,65(1)	**6,52**
1	✓	15,87	1,13	17,00	252,34(1)	**7,10**
2	✓	15,60	0,44	16,04	238,14(1)	**6,70**
3	✓	13,86	0,24	14,10	209,34(1)	**5,89**
TV3	✓	14,07	0,24	14,31	212,41(1)	**5,98**
TV4	✓	8,46	0,49	8,95	132,82(1)	**3,74**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]
TV1	50,00	0,034	2,22
TV2	50,00	0,034	2,22
TV3	50,00	0,034	2,22
TV4	50,00	0,034	2,22

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm^2

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	3,20	1,25	**1,95**
TV2	6,43	1,52	**4,91**
1	6,89	1,99	**4,91**
2	6,81	1,90	**4,91**
3	6,28	1,37	**4,91**
TV3	6,34	1,43	**4,91**
TV4	3,55	1,60	**1,95**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 4{,}91 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm²]
TV1	3,26	2,22	0,65	**3,56**
TV2	6,52	2,22	0,65	**5,68**
1	7,10	-	0,65	**4,62**
2	6,70	-	0,65	**4,36**
3	5,89	-	0,65	**3,83**
TV3	5,98	2,22	0,65	**5,33**
TV4	3,74	2,22	0,65	**3,87**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm²

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 5{,}68 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm²]	σ_{ax} [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	α_σ [-]	σ_x [N/mm²]
TV1	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
TV2	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
1	0,00	0,00	-	-	**0,00**
2	0,00	0,00	-	-	**0,00**
3	0,00	0,00	-	-	**0,00**
TV3	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
TV4	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 1,58 \leq 8,00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	7,25	0,56	5,51	**1,55**	1,07
TV2	14,38	1,23	5,51	**3,08**	2,12
1	15,87	1,13	-	**3,37**	2,32
2	15,60	0,44	-	**3,25**	2,23
3	13,86	0,24	-	**2,87**	1,97
TV3	14,07	0,24	5,51	**2,92**	2,01
TV4	8,46	0,49	5,51	**1,79**	1,23

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n;h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 72,70^3}{350 \cdot 259,34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 145,40 = \mathbf{11,63}$ mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 3,37 \leq 11,63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	3,20	34,04	14,51	24,28	38,20	50,47
TV2	6,43	65,74	28,03	46,89	73,78	71,09
1	6,89	73,46	31,33	52,40	82,45	74,70
2	6,81	72,07	30,73	51,40	80,89	74,06
3	6,28	63,07	26,89	44,98	70,78	69,80
TV3	6,34	64,15	27,36	45,75	72,00	70,33
TV4	3,55	40,30	17,18	28,74	45,23	54,53

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	19,43	0,00072	0,0195	0,2989	0,55	**4,99**
TV2	27,37	0,00098	0,0491	0,2989	0,97	**8,73**
1	28,75	0,0010	0,0491	0,2989	1,06	**9,50**
2	28,51	0,0010	0,0491	0,2989	1,04	**9,36**
3	26,87	0,00096	0,0491	0,2989	0,94	**8,46**
TV3	27,07	0,00097	0,0491	0,2989	0,95	**8,57**
TV4	20,99	0,00079	0,0195	0,2989	0,63	**5,69**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,74	0,03	3,53	0,24	**2,43**	0,04	**0,43**
TV2	0,63	0,02	6,48	0,43	**4,33**	0,08	**0,82**
1	0,61	0,02	6,48	0,47	**4,69**	0,09	**0,85**
2	0,61	0,02	6,48	0,46	**4,63**	0,09	**0,89**
3	0,64	0,04	6,48	0,42	**4,21**	0,10	**0,96**
TV3	0,63	0,04	6,48	0,43	**4,26**	0,10	**0,98**
TV4	0,71	0,07	3,53	0,28	**2,75**	0,07	**0,68**

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	1,78	0,09	3,63	0,22	**2,23**	0,04(1)	**0,43**
TV3	2,23	0,06	6,59	0,43	**4,26**	0,08(1)	**0,78**
3	2,25	0,07	6,59	0,42	**4,21**	0,08(1)	**0,79**
2	2,16	0,06	6,59	0,46	**4,63**	0,08(1)	**0,81**
1	2,15	0,06	6,59	0,47	**4,69**	0,08(1)	**0,82**
TV2	2,22	0,08	6,59	0,43	**4,33**	0,08(1)	**0,83**
TV1	1,60	0,12	3,63	0,18	**1,80**	0,04(2)	**0,45**

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 277{,}13 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{440}{2} = 220 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (440^2 - 277^2)} = 0{,}073 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (440^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}073}{(440 - 277)^2} + \frac{13{,}4}{(440 - 277)} \right) \cdot (119{,}43 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,04	1,57
TV3	0,08	1,57
3	0,08	1,57
2	0,08	1,57
1	0,08	1,57
TV2	0,08	1,57
TV1	0,04	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

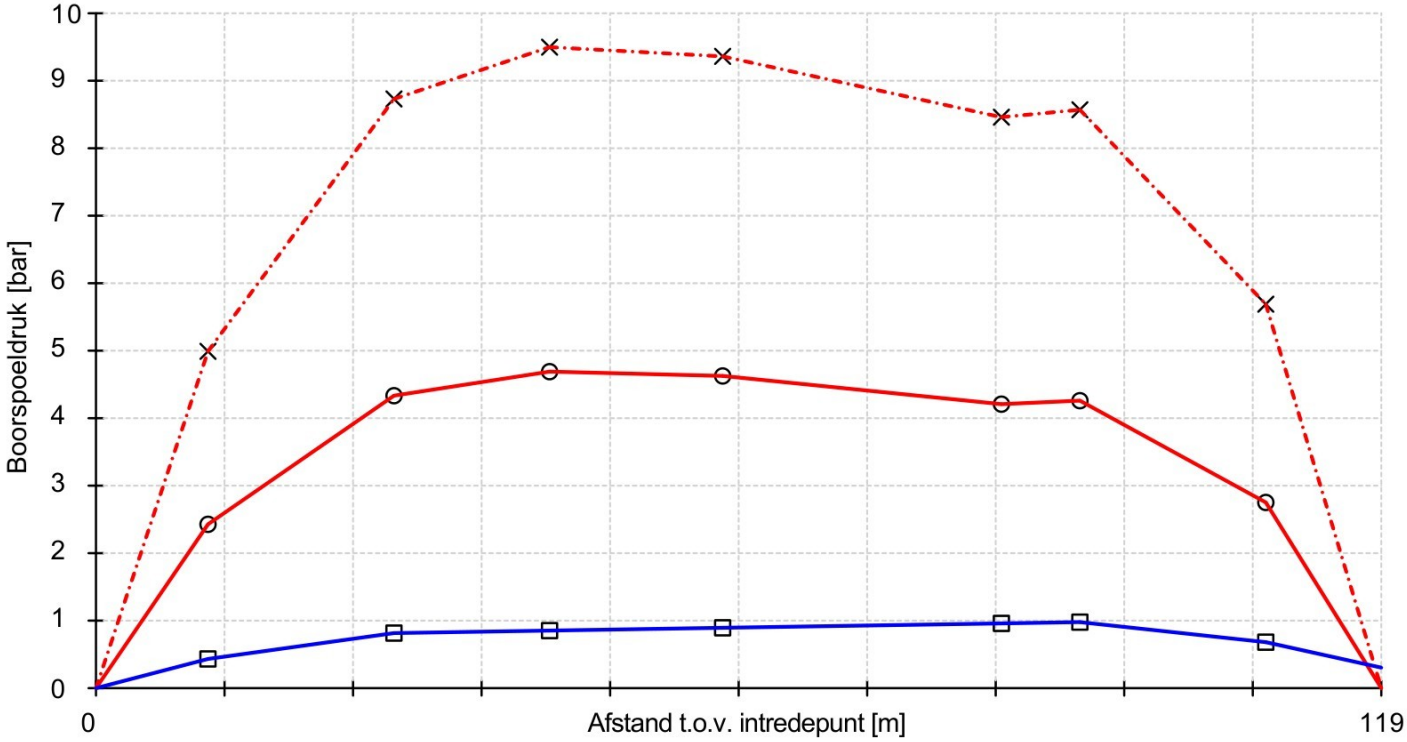
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,08 \leq 1,57 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

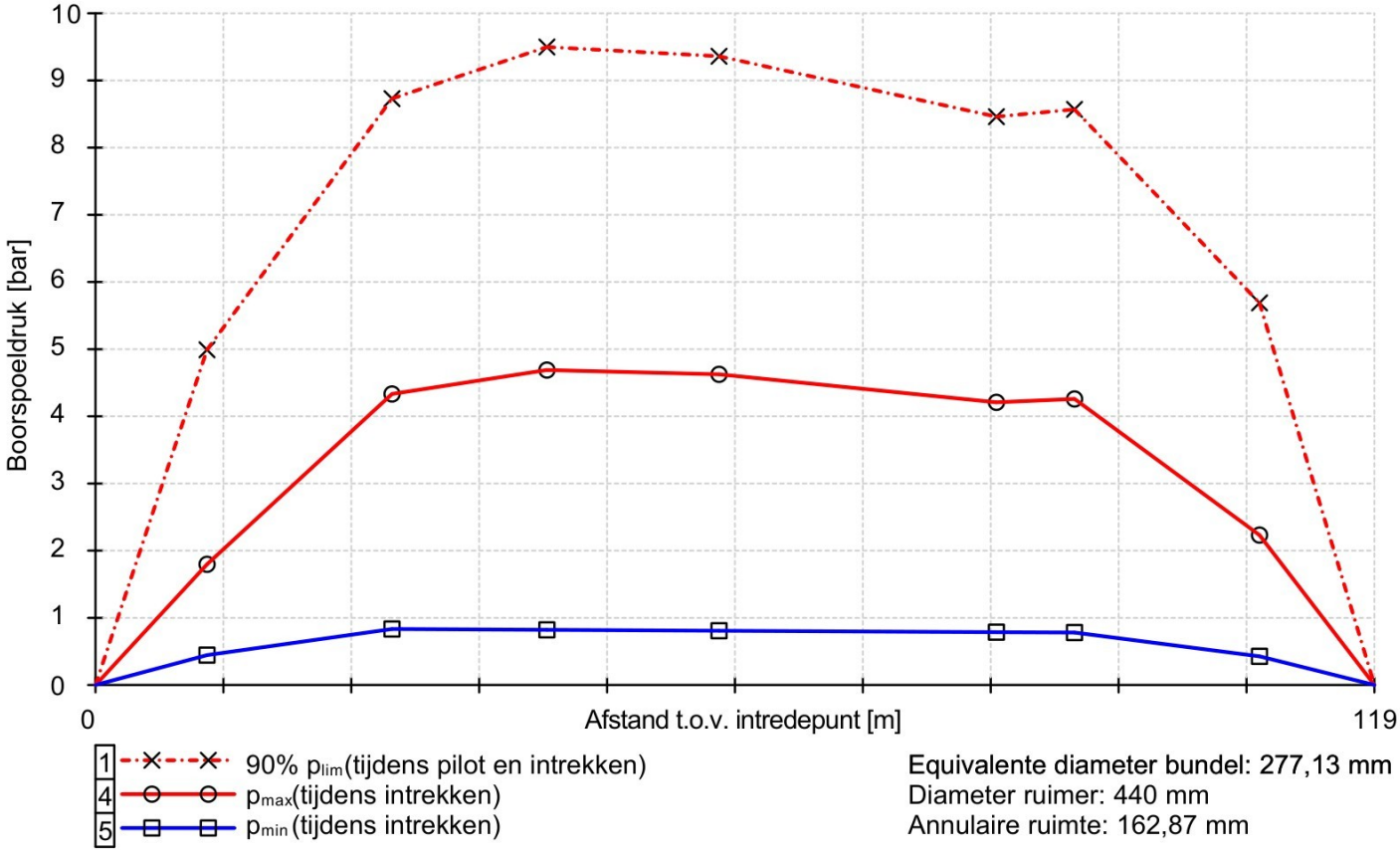
Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2025 1.4 ©

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



Equivalente diameter bundel: 277,13 mm
Diameter ruimer: 440 mm
Annulaire ruimte: 162,87 mm

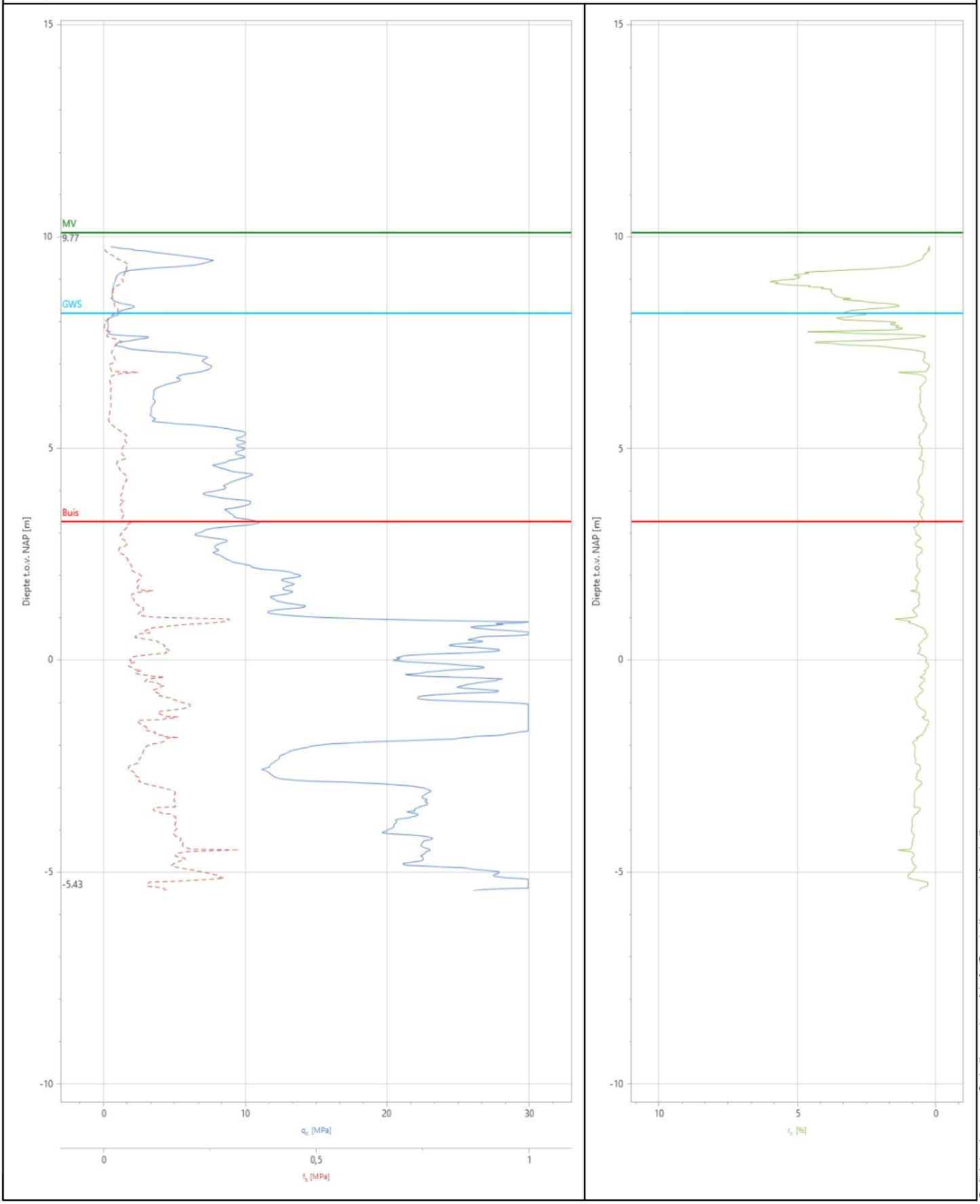
13-04-2026 15:20:29

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

01

Naam van het project : B4002
Projectonderdeel : 15T - 3x160



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

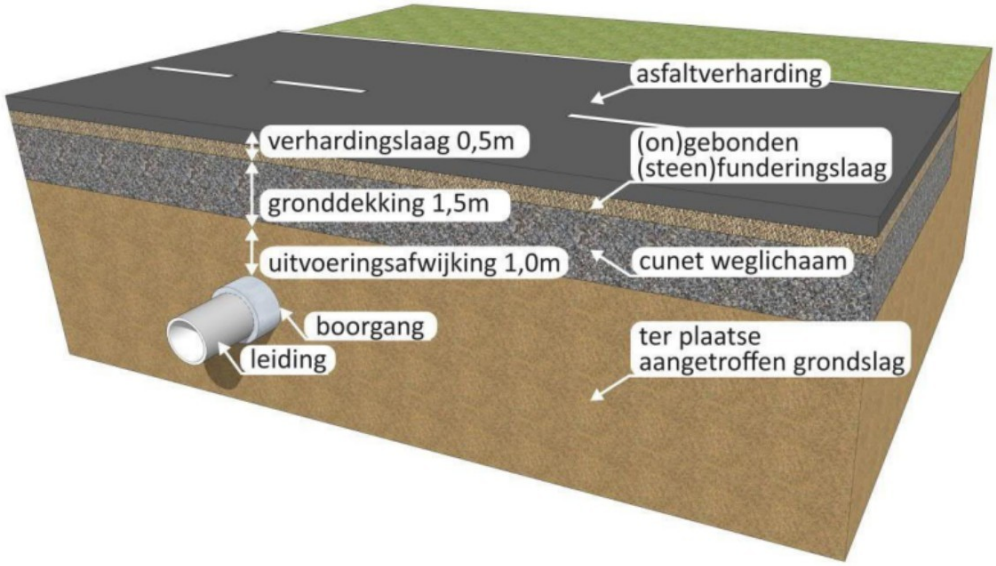
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 8: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 13-04-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.1.2503
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4002, langs tracé B4002

Boringtype: Bundel
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: 3x SDR 11 (160mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 50.00m
Controlepunten: 1
Ontwerpmethode: Parametrisch
Boorrichting is tegenovergesteld aan tracérichting.

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 128.01m
Locatie: 191204.47,434240.84,9.78

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 10.51m
Locatie: 191161.02,434131.67,9.88

Te boren lengte: 119.43m

Intredelengte: 10.41m
Intredehoek: -36.00%
Intredeboogradius: 50.00m
Lengte midden: 63.73m
Hoek midden: -0.00%
Uittredeboogradius: 50.00m
Uittredelengte: 10.73m
Uittredehoek: 36.00%

Ontwerpboring bevat geen horizontale bogen.

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 3.00m
Opgegeven intredehoek: -36.00%
Opgegeven radius intredeboog: 50.00m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 50.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 3.00m
Opgegeven uittredehoek: 36.00%

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	van der Mondeweg 6, Haalderen
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	14 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *16*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	14 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Bemmel bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zal er 1 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 5.25 t/m 9.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.

Figuur 1: boorlocatie (N839 km 7.5 Haalderen)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Haalderen
Exacte locatie	van der Mondeweg 6,
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01B-P-B4009
Boornummer	B4009
KLIC-nummer	25O0167169
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	83 meter
Maximale diepte buis	5.4 meter -MV / 5.68 m NAP
Diameter/materiaal buis	1 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 220 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø160 mm
Wanddikte	14.5 mm
Aantal buizen	1 stuk
Max. toelaatbare treksterkte	66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	nvt

Het intrekken van de buis geschiedt vanaf een haspel.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (van der Mondeweg 6 Haalderen)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 3: Situatie uittredepunt (van der Mondeweg 1 Haalderen)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt op rollenstellen vooraf uitgelegd.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het in- en uittredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het plaatsen van de rollenstellen en het uitleggen van de buizen dient een halve rijbaan te worden afgezet. Maar ook voor opstellen van een zuigwagen en werkruimte rondom de boorrig en intrede dient een halve rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Er is een halve rijbaan beschikbaar om het doorgaande verkeer te laten passeren.
- Fietsers worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de beschikbare rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 15 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT15
Afmetingen (LxBxH)	5900x1950x2500 mm
Gewicht	11 ton
Boorstang	67 mm
Boorgat pilotfase	125 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

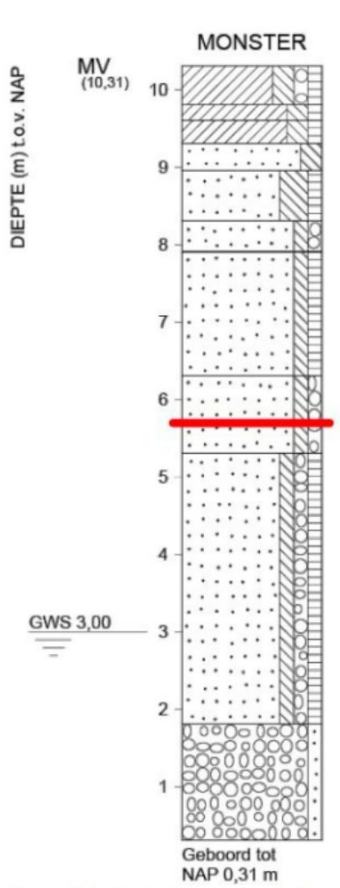
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

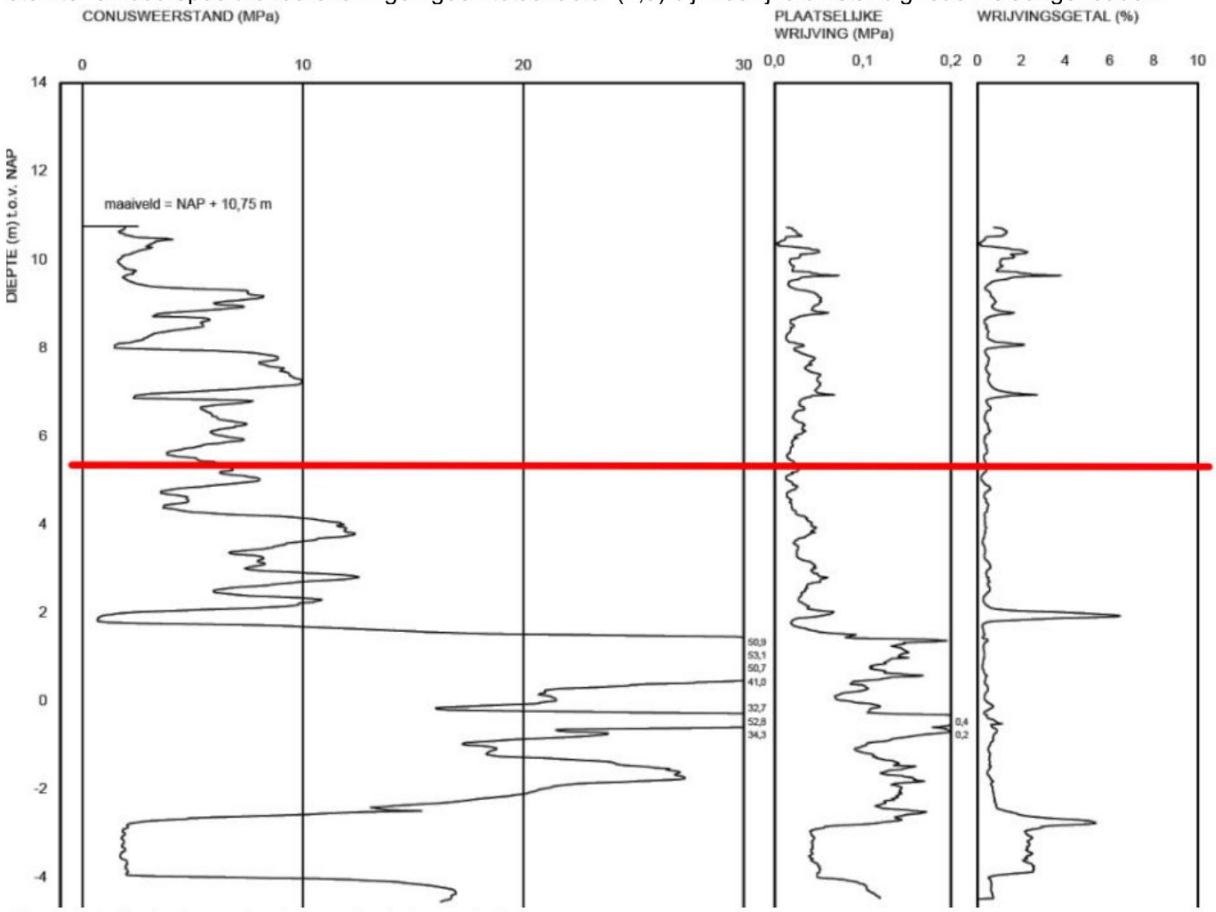
Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



MONSTER	LAAG	DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	10,31	9,81	klei, matig siltig, zwak grindig, zwak humeus; bruin 'KMST'
2				
3	2	9,81	9,61	klei, matig siltig, zwak humeus; bruin 'KSTV'
4				
5	3	9,61	9,31	klei, matig siltig, zwak humeus; bruin 'KSTV'
6				
	4	9,31	8,96	zand, matig siltig; licht-, bruin 'ZMF'
7				
	5	8,96	8,31	zand, sterk siltig, zwak humeus; licht-, rood-, bruin 'ZZF'
	6	8,31	7,91	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin 'ZMG'
8				
	7	7,91	6,31	zand, zwak siltig, zwak humeus; licht-, bruin 'ZMG'
	8	6,31	5,31	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin 'ZZG'
9	9	5,31	1,81	zand, zwak siltig, zwak grindig, zwak humeus; licht-, grijs-, bruin 'ZZG'
10	10	1,81	0,31	grind, zwak zandig; licht-, grijs 'GZG'
				Einde Boring B40D2742

Figuur 4.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 5.68m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 5.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,69m NAP, dus ca. 1,85m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

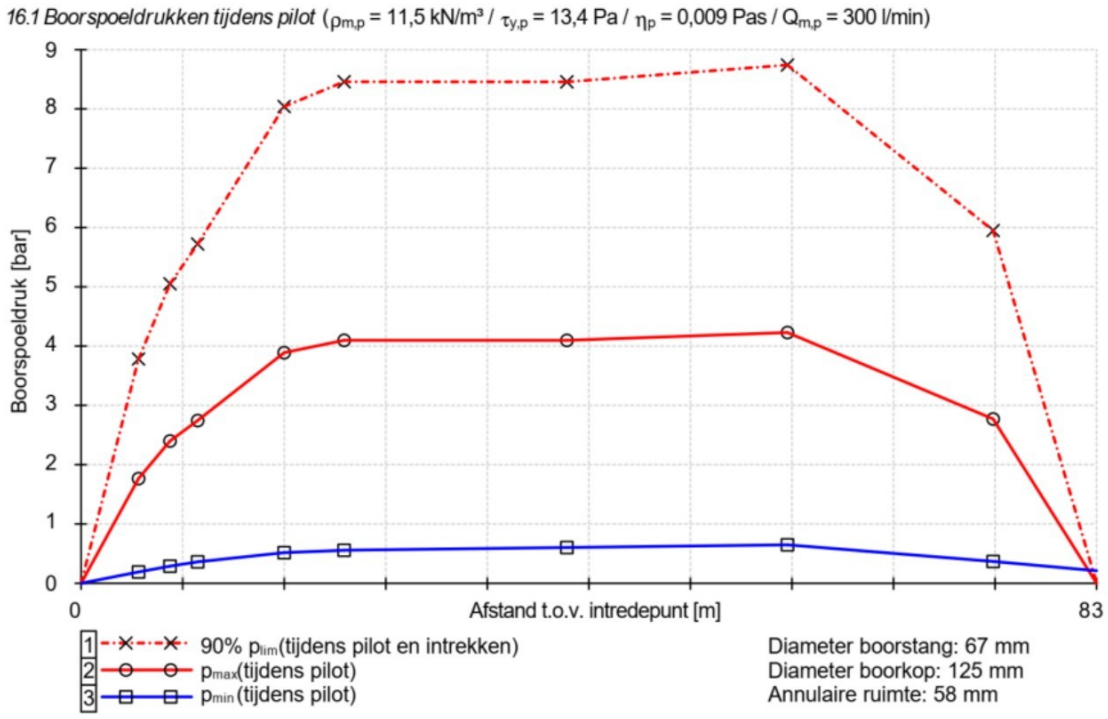
Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

Lengte leiding in boorgat (m)	Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm
8	1.4
25	4.0
62	6.6
78	9.6
83	9.9

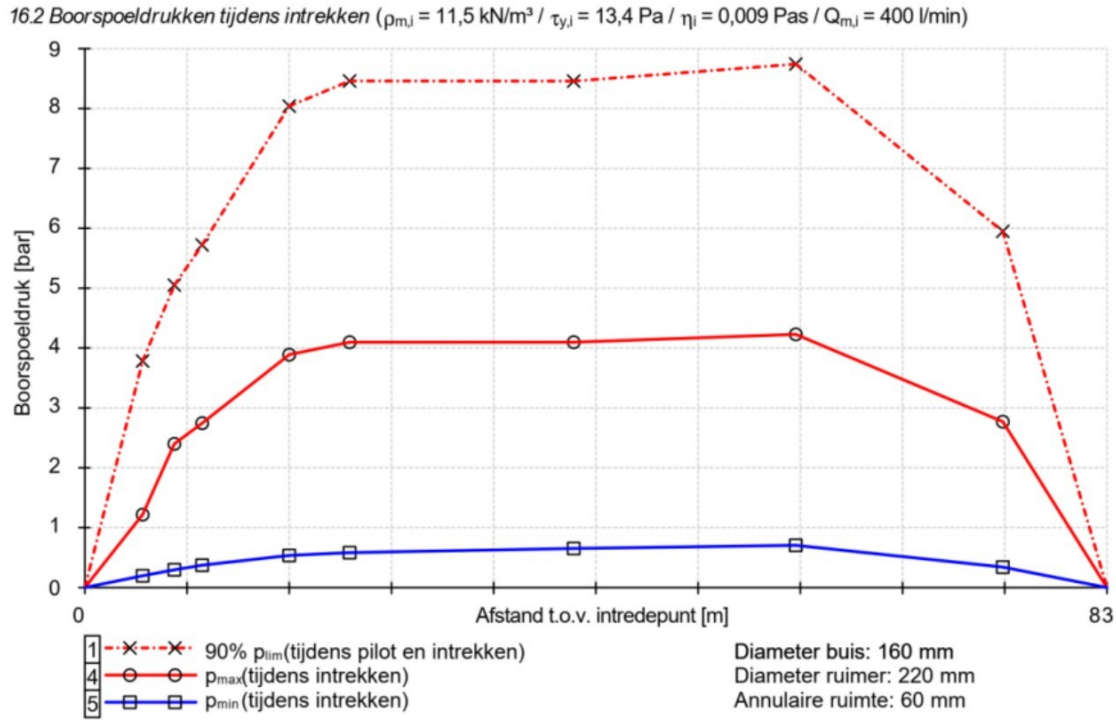
De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 9.9 kN (=1.0 ton)

7.4. Boorspoeldrukken

De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens pilot



Figuur 7: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4009	2	2	2	1	1

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 15 tonner	1	1	-	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca.1 dag.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

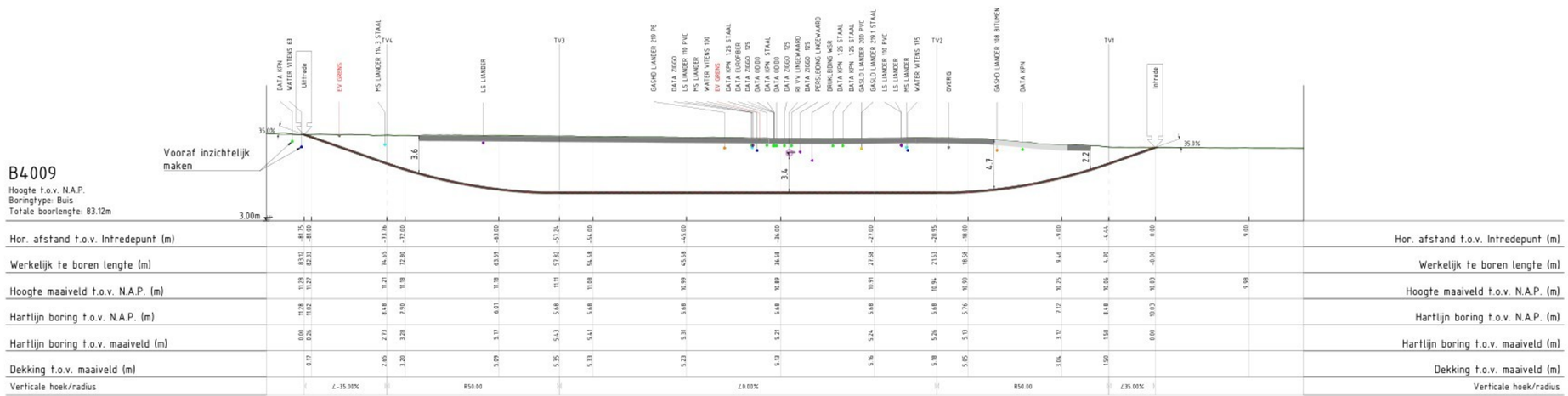
- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1: 250



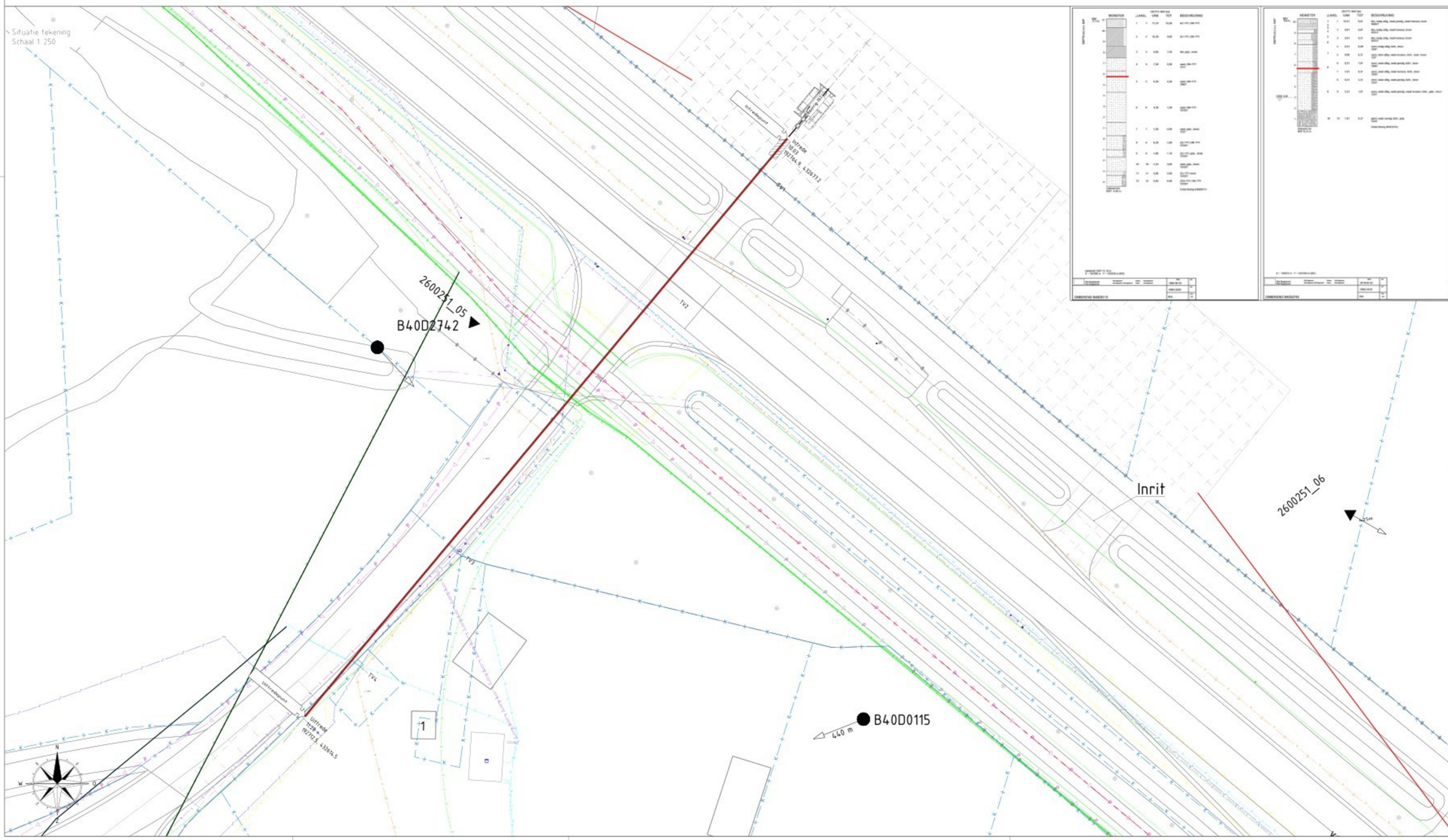
B4009
Hoogte t.o.v. N.A.P.
Boringtype: Buis
Totale boorlengte: 83.12m

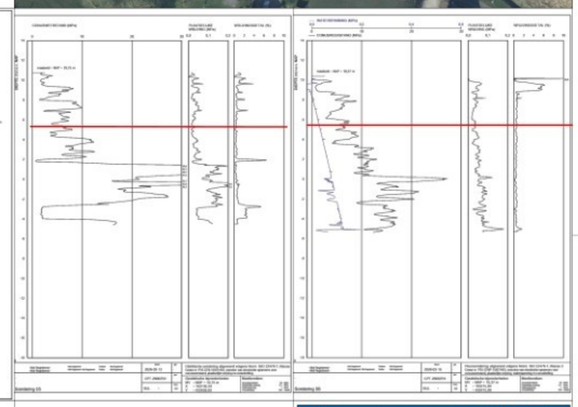
Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	-81.75	-81.65	-13.76	-12.60	-43.00	-57.24	-57.26	-45.00	-36.00	-27.00	-20.95	-20.85	-9.00	-4.44	0.00	9.00	Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)
Werkelijk te boren lengte (m)	83.12	82.33	14.65	12.80	63.59	57.82	54.58	45.58	36.58	27.58	21.53	18.58	9.46	4.70	-0.00	-0.00	Werkelijk te boren lengte (m)
Hoogte maaiveld t.o.v. N.A.P. (m)	11.28	11.27	11.21	11.18	11.18	11.11	11.08	10.99	10.89	10.91	10.94	10.90	10.25	10.06	10.03	9.98	Hoogte maaiveld t.o.v. N.A.P. (m)
Hartlijn boring t.o.v. N.A.P. (m)	11.28	11.02	8.48	7.90	6.01	5.68	5.68	5.68	5.68	5.68	5.68	5.76	7.12	8.48	10.03		Hartlijn boring t.o.v. N.A.P. (m)
Hartlijn boring t.o.v. maaiveld (m)	0.00	0.26	2.73	3.28	5.17	5.43	5.41	5.31	5.21	5.24	5.26	5.13	3.12	1.58	0.00		Hartlijn boring t.o.v. maaiveld (m)
Dekking t.o.v. maaiveld (m)	0.17		2.65	3.20	5.09	5.35	5.33	5.23	5.13	5.16	5.18	5.05	3.04	1.50			Dekking t.o.v. maaiveld (m)
Verticale hoek/radius		∠-35.00%		R50.00			∠0.00%					R50.00		∠35.00%			Verticale hoek/radius

Situatie tekening
Schaal 1: 1000



Situatie tekening
Schaal 1: 250





Detail tekening



Boorgatdiameter Ø220mm
HDPE buis 1x Ø160mm PE100 SDR11
mantelbuis t.b.v. middenspanning

Tangentpunten lijst 'B4009'

Naam	X	Y	Z
Intrede	192764.91	432677.25	10.03
TV1	192762.07	432673.84	8.48
TV2	192751.49	432661.16	5.68
TV3	192728.24	432633.30	5.68
TV4	192717.66	432620.61	8.48
Uittrede	192712.54	432614.48	11.28

OPMERKINGEN:
- K&L bij in- en uittrede vooraf inzichtelijk maken d.m.v. proefsleuven
- Verkeersmaatregelen treffen

D					
C	Sonderingen			31-03-26	
B	Intrede			25-02-26	
A	Werkterreinen			19-02-26	
Wijz.	Omschrijving	Getekend	Goedgekeurd	Datum	Vrijgave

Projectomschrijving:
WP 4 Wijchen

Locatie:
van der Mondeweg 8, Haalderen

Onderdeel:
HDPE 1x Ø160 PE100 SDR11

Tekeningnummer:
25-20843-01B-B4009

Projectnummer:
25-20843

Opdrachtgever:
Van Voskuilen Infratechniek

Projectnummer opdrachtgever:
297277-WP4

Getekend:

Formaat:
A1

Datum:
26-01-2026

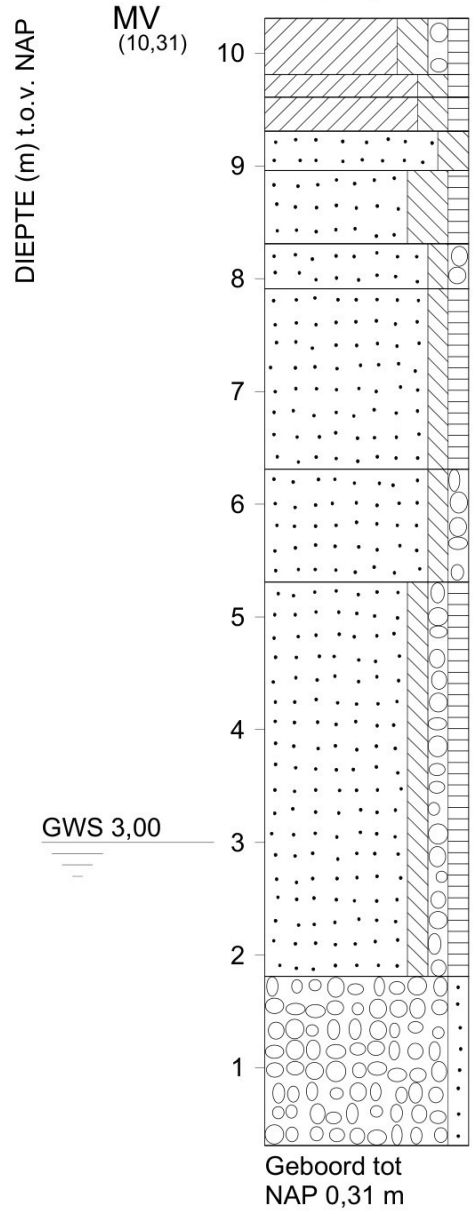
Status:
Vergunning

Vrijgave voor uitvoering:
APPROVED

holland drilling
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk
www.hollanddrilling.nl
info@hollanddrilling.nl
Tel: 0485 - 74 50 40

Dit document is eigendom van Holland Drilling BV of diens opdrachtgever. Alle rechten zijn voorbehouden. Zonder schriftelijke toestemming mag dit document niet worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt of anders worden gebruikt door derden.

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek



MONSTER	LAAG		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	1	10,31	9,81	klei, matig siltig, zwak grindig, zwak humeus; bruin 'KMST'
2 3	2	2	9,81	9,61	klei, matig siltig, zwak humeus; bruin 'KSTV'
4 5	3	3	9,61	9,31	klei, matig siltig, zwak humeus; bruin 'KSTV'
6	4	4	9,31	8,96	zand, matig siltig; licht-, bruin 'ZMF'
7	5	5	8,96	8,31	zand, sterk siltig, zwak humeus; licht-, rood-, bruin 'ZZF'
	6	6	8,31	7,91	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin 'ZMG'
8	7	7	7,91	6,31	zand, zwak siltig, zwak humeus; licht-, bruin 'ZMG'
	8	8	6,31	5,31	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin 'ZZG'
9	9	9	5,31	1,81	zand, zwak siltig, zwak grindig, zwak humeus; licht-, grijs-, bruin 'ZZG'
1	10	10	1,81	0,31	grind, zwak zandig; licht-, grijs 'GZG' Einde Boring B40D2742

X = 192972 m Y = 432339 m (RD)

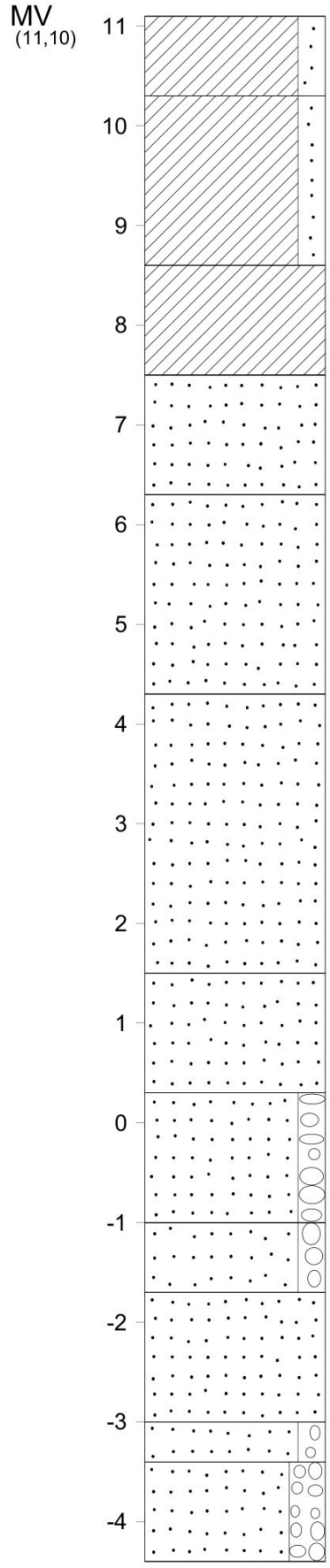
<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>
-			
ONBEKEND B40D2742			

datum 2019-02-05	get. -
DINO-BOR	gez.
BIJL.	form. A3

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP

MONSTER



LAAG		VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	11,10	10,30	KZ=???; ON=???
2	2	10,30	8,60	KZ=???; ON=???
3	3	8,60	7,50	klei; grijs-, bruin
4	4	7,50	6,30	zand; ON=??? 'ZFC'
5	5	6,30	4,30	zand; ON=??? 'ZMO'
6	6	4,30	1,50	zand; ON=??? 'ZZGO'
7	7	1,50	0,30	zand; grijs-, bruin 'ZGC'
8	8	0,30	-1,00	ZG=???; ON=??? 'ZZGO'
9	9	-1,00	-1,70	ZG=???; grijs-, bruin 'ZZGO'
10	10	-1,70	-3,00	zand; grijs-, bruin 'ZZGO'
11	11	-3,00	-3,40	ZG=???; bruin 'ZZGO'
12	12	-3,40	-4,40	ZG3=???; ON=??? 'ZZGO'
				Einde Boring B40D0115

maaiveld: NAP 11,10 m
X = 192390 m Y = 432430 m (RD)

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

	datum 1966-06-24	get. -
-	DINO-BOR	gez.
ONBEKEND B40D0115	BIJL.	form. A3

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted] [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted] [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

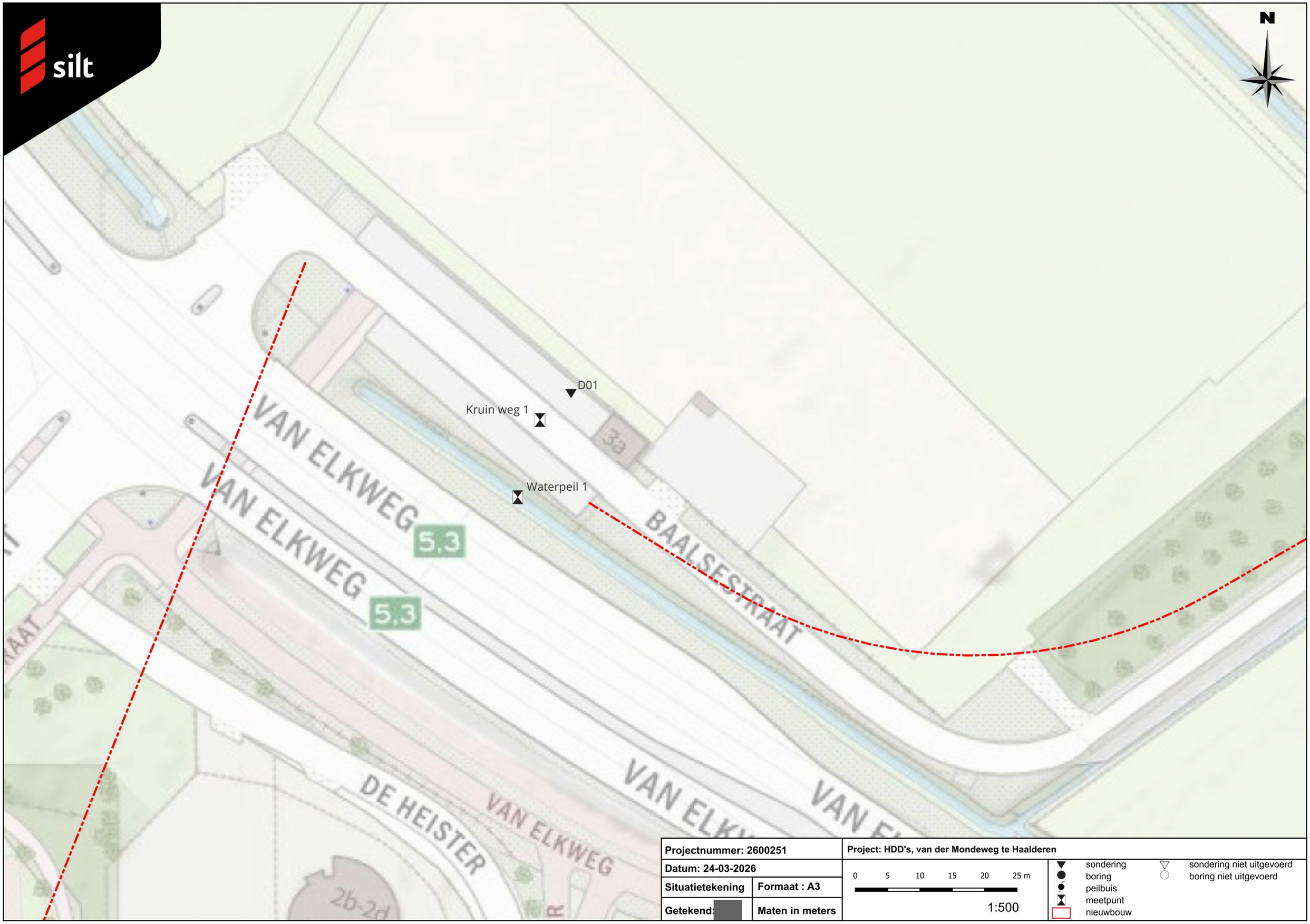
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

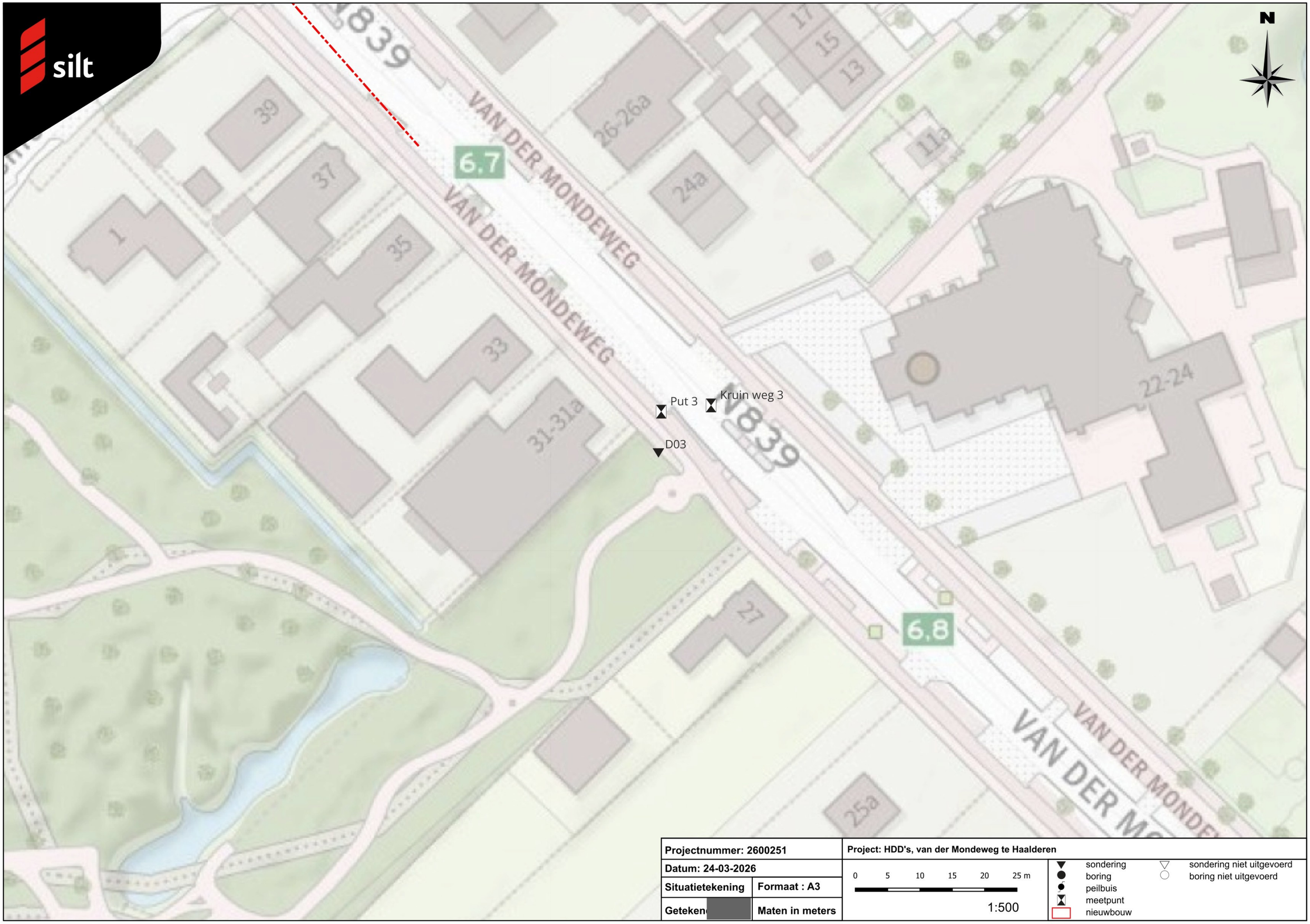
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



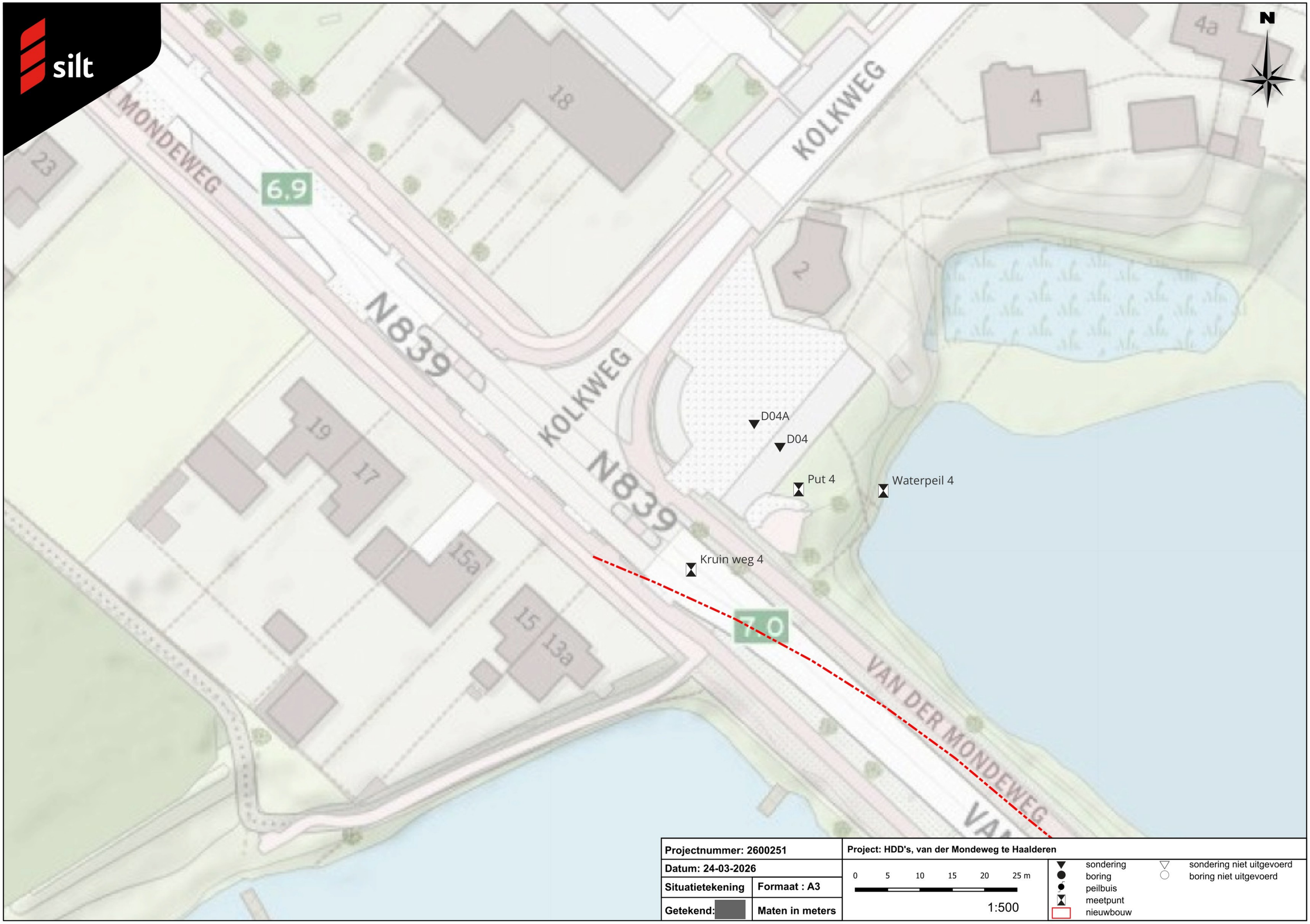
Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend [redacted] / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / **Formaat : A3**	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend: / **Maten in meters**	

silt

N

N839

VAN DER MONDEWEG

VAN DER MONDEWEG

Waterpeil 5

Kruin weg 5

Put 5

D05

7.5

GROENESTRAAT

VAN DER MONDEWEG

Projectnummer: 2600251		Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	sondering / sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	Formaat : A3	1:500	boring / boring niet uitgevoerd
Getekend:	Maten in meters		peilbuis
			meetpunt
			nieuwbouw

silt

N

8.0

LANGSTRAAT

8.1

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

HUIGENSSTRAAT

LANGSTRAAT

2a

2

2b

287

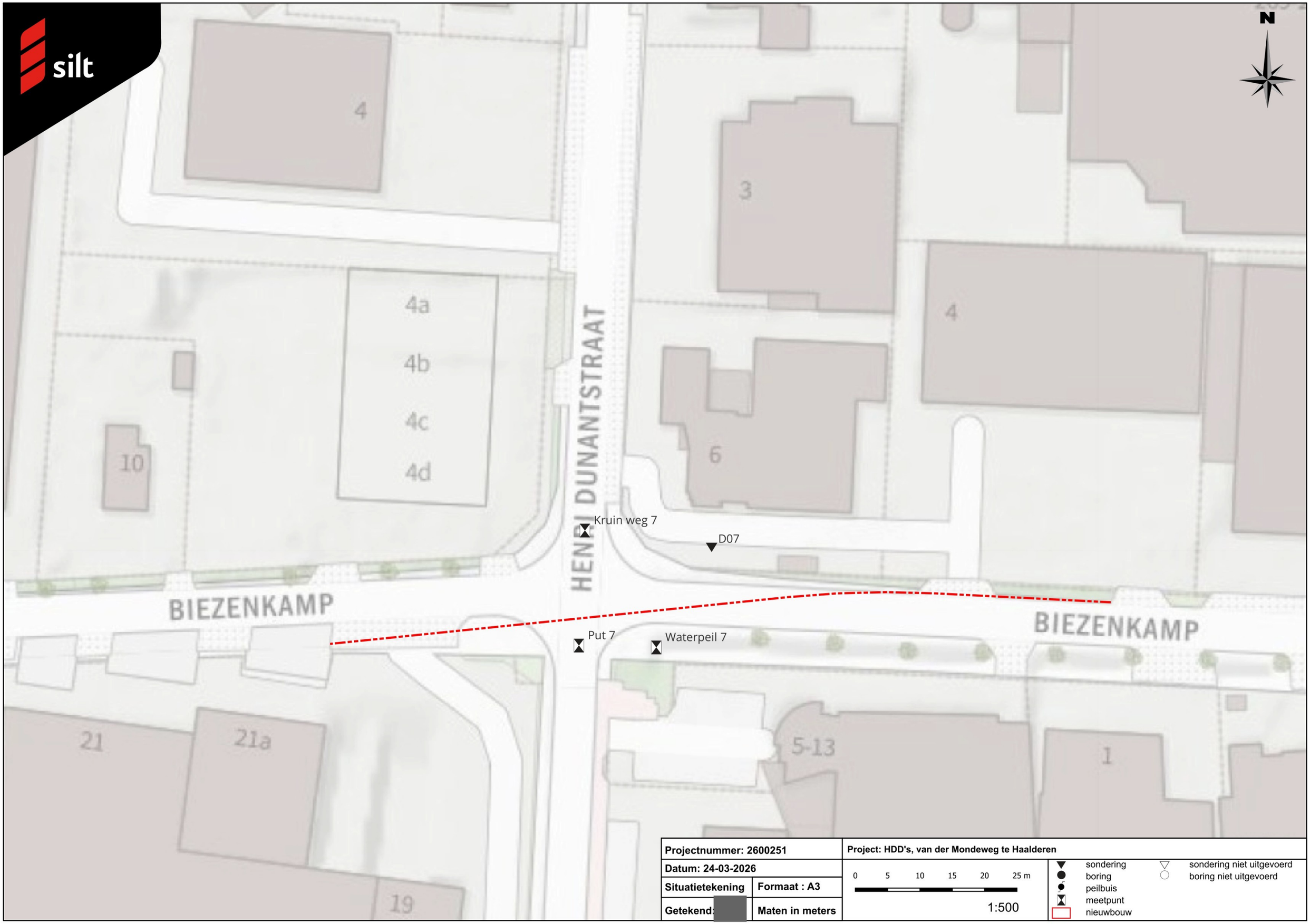
285

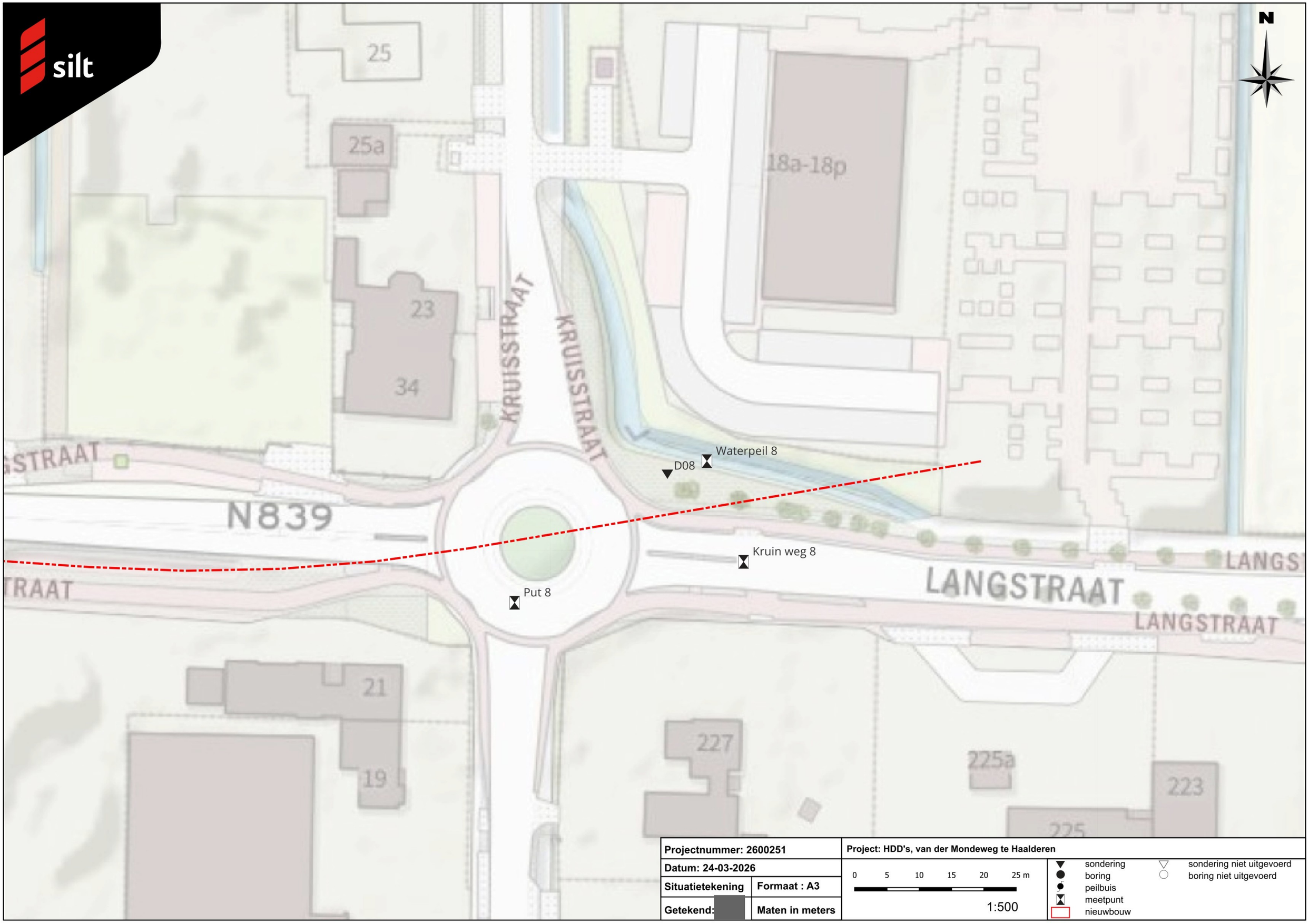
283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd


silt
N
4
3
4
4a
4b
4c
4d
10
6
HENRI DUNANTSTRAAT
Kruin weg 7
D07
BIEZENKAMP
BIEZENKAMP
Put 7
Waterpeil 7
21
21a
19
5-13
1
Projectnummer: 2600251
Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026
Situatietekening
Formaat : A3
Getekend:
Maten in meters
0 5 10 15 20 25 m
1:500
sondering
boring
peilbuis
meetpunt
nieuwbouw
sondering niet uitgevoerd
boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend:	**Maten in meters**	1:500	peilbuis meetpunt nieuwbouw



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd

silt

N

2a

4

KOMMERDIJK

Kruin weg 10

Waterpeil 10

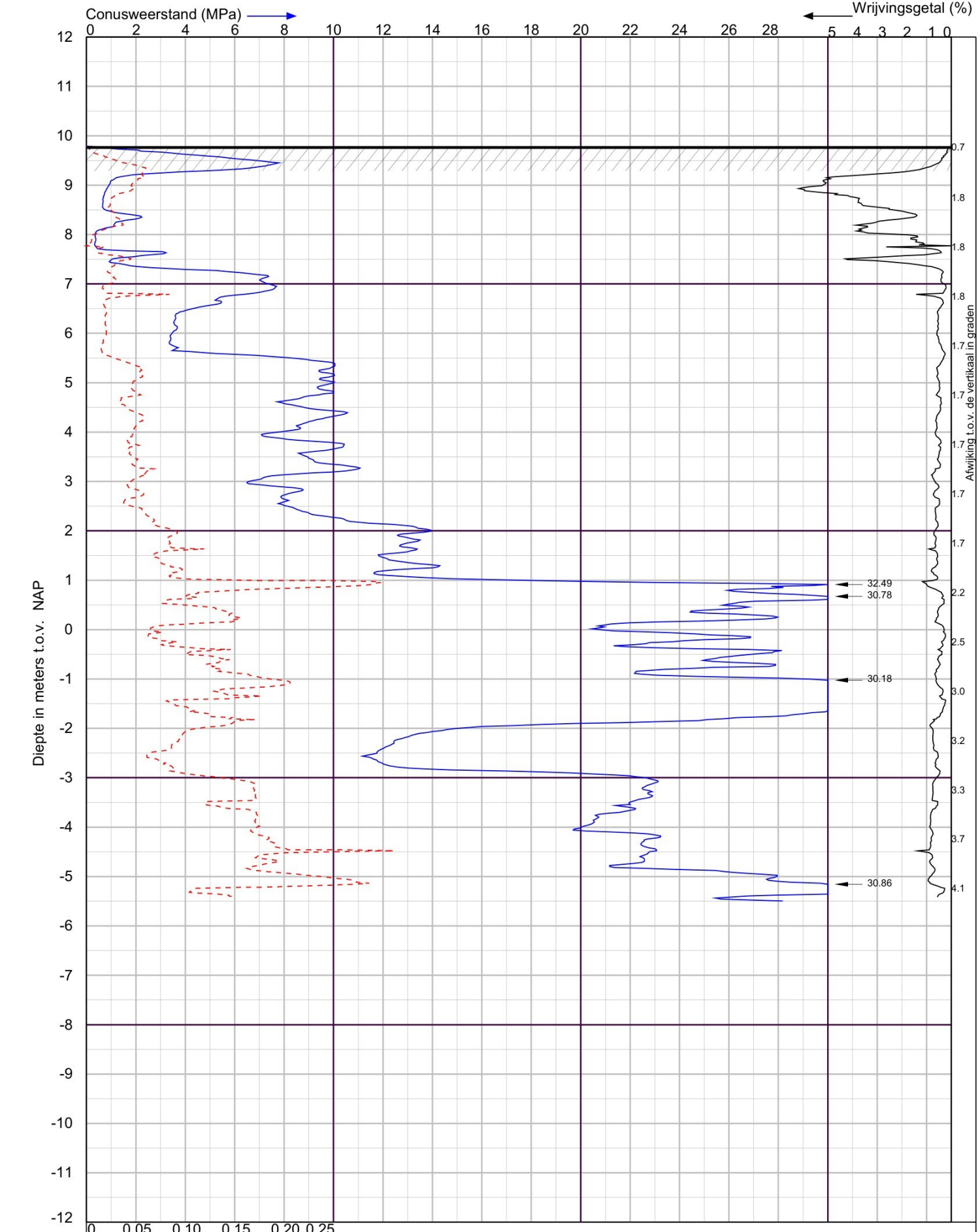
D10

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

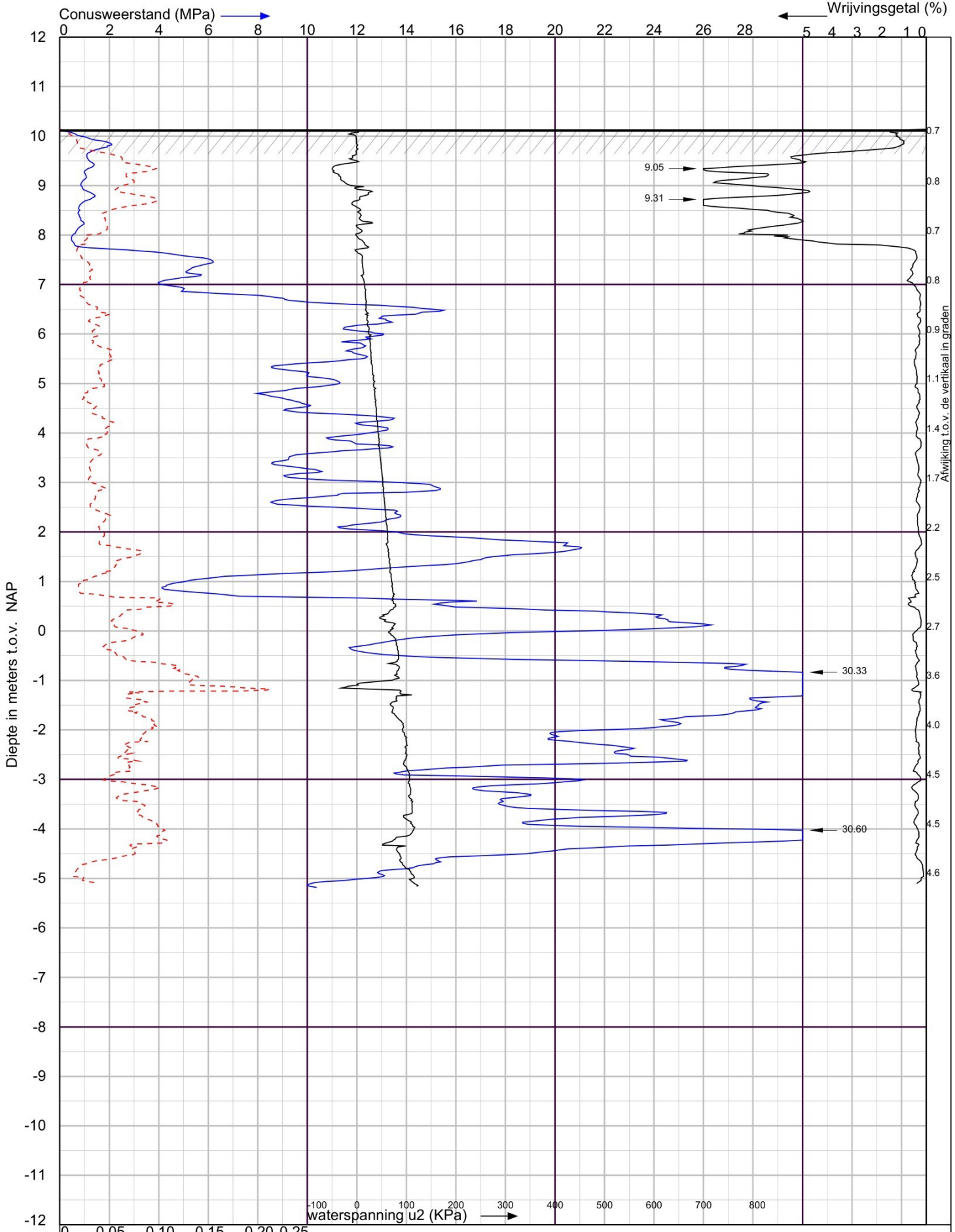
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

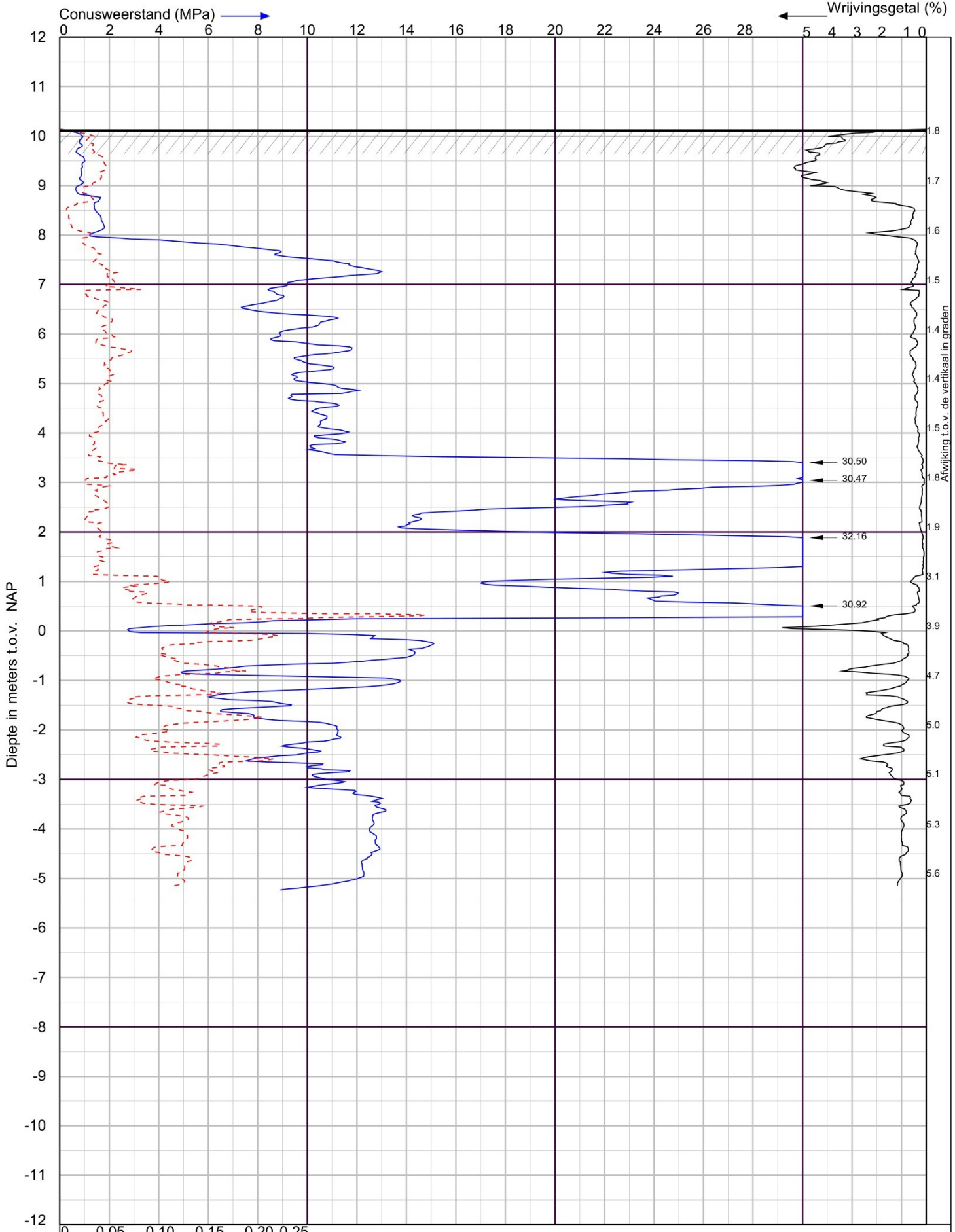
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

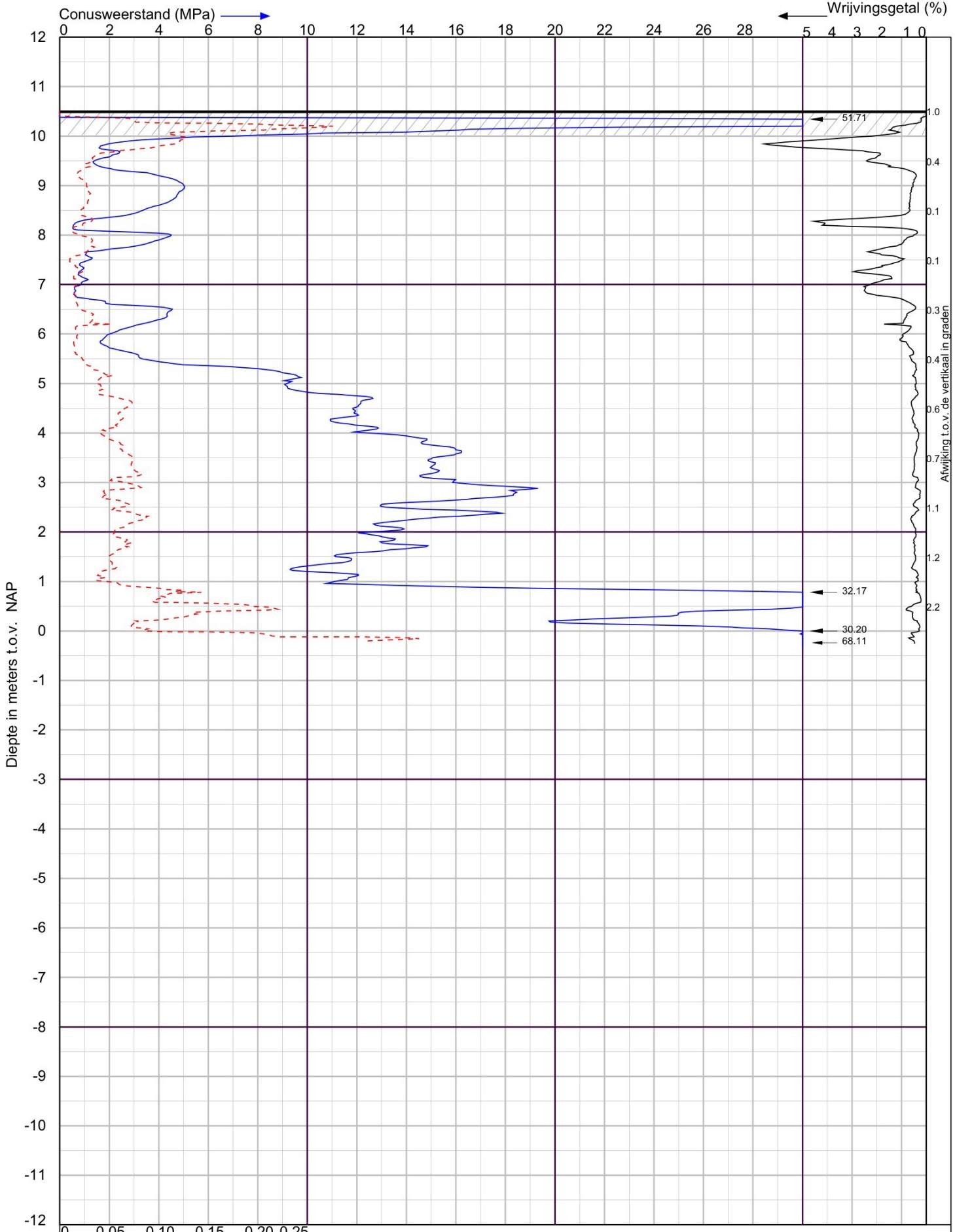
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

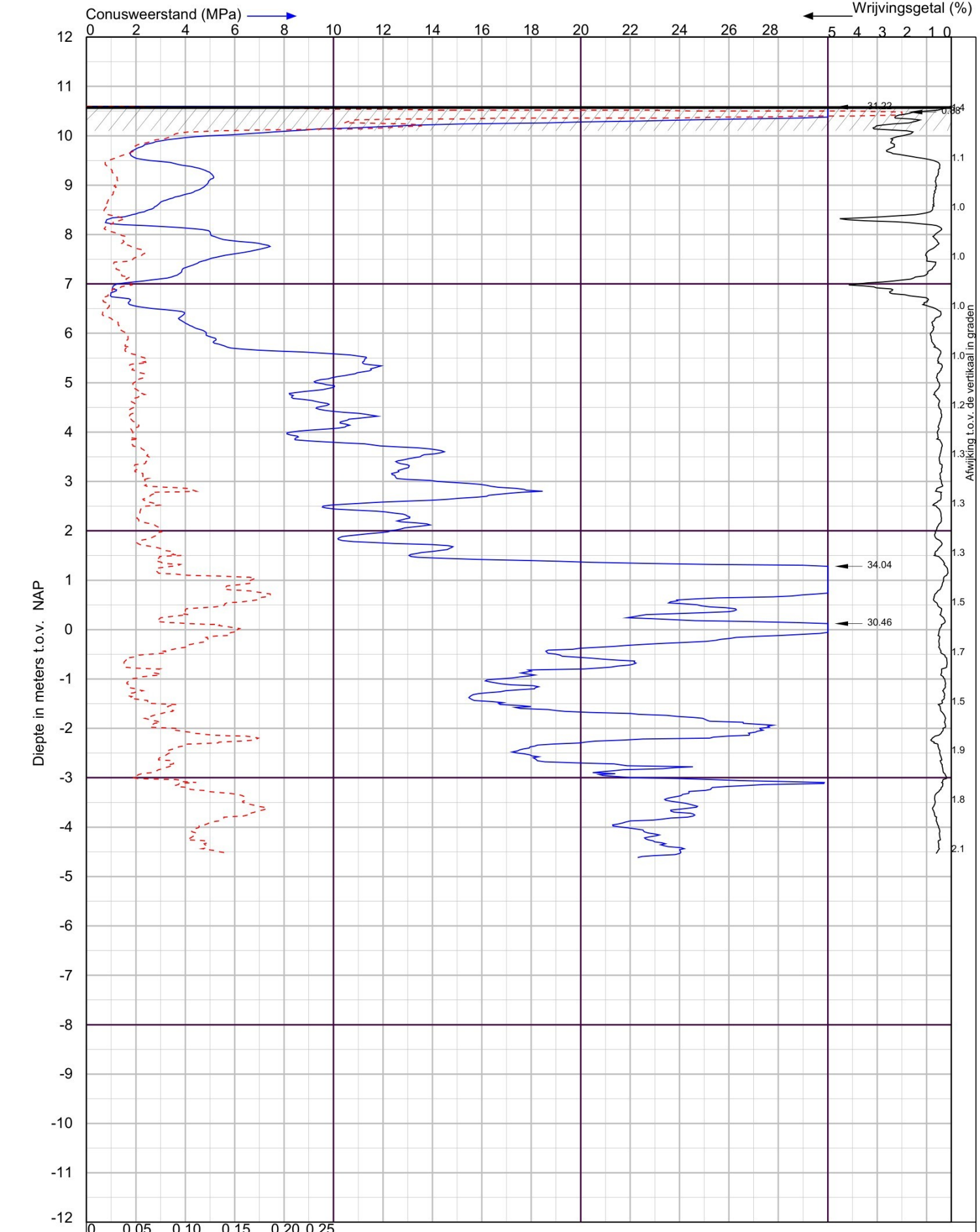
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

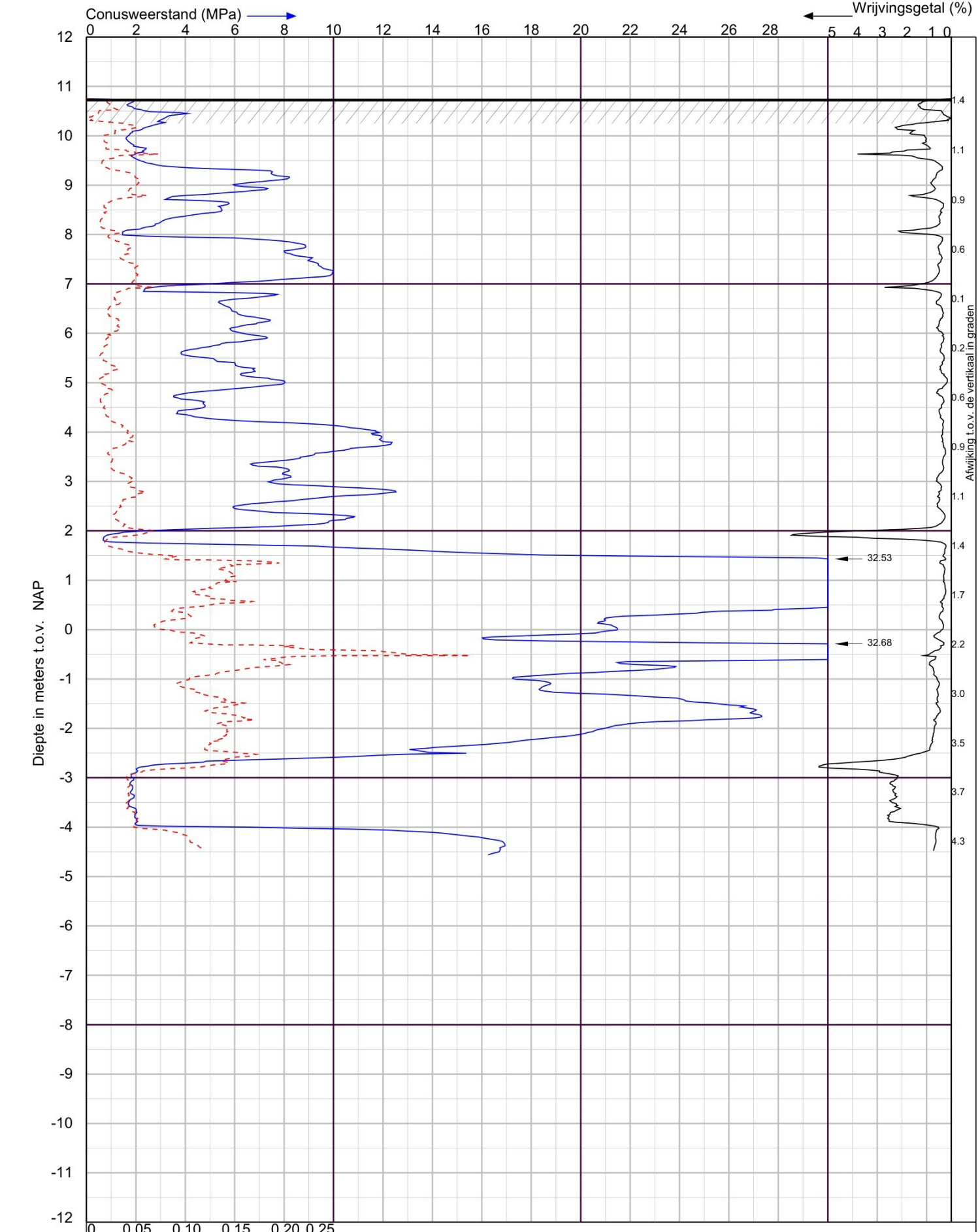
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

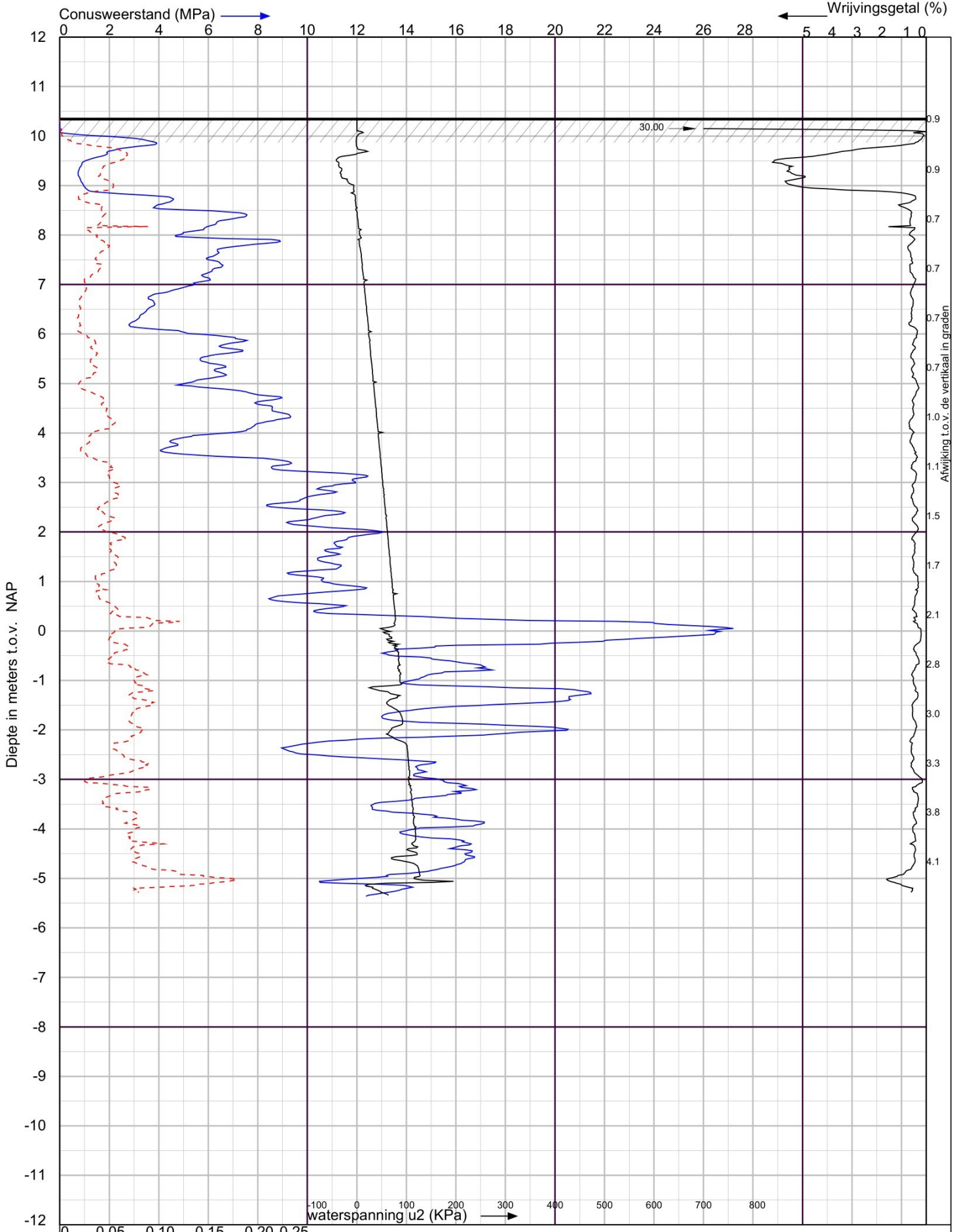
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

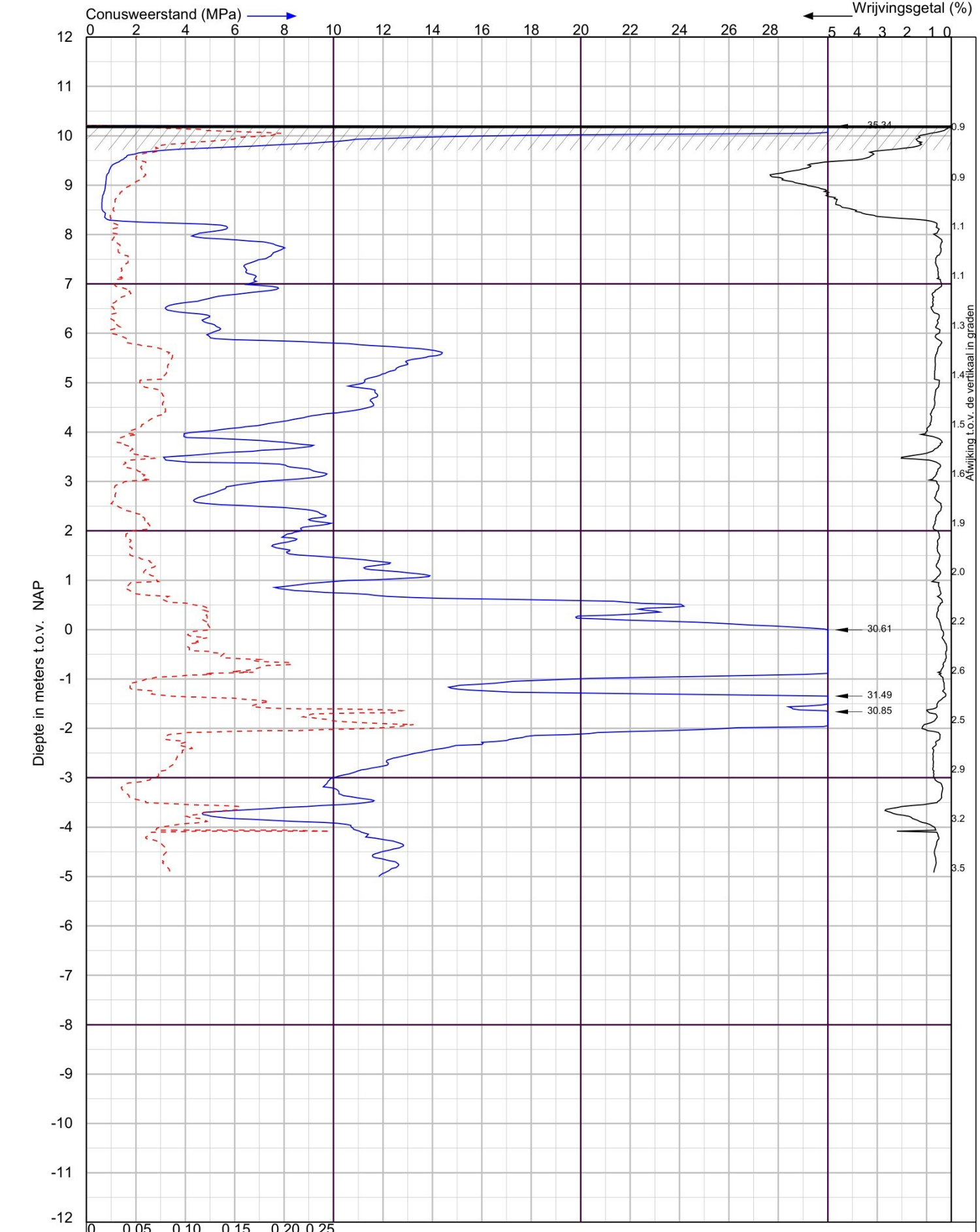
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

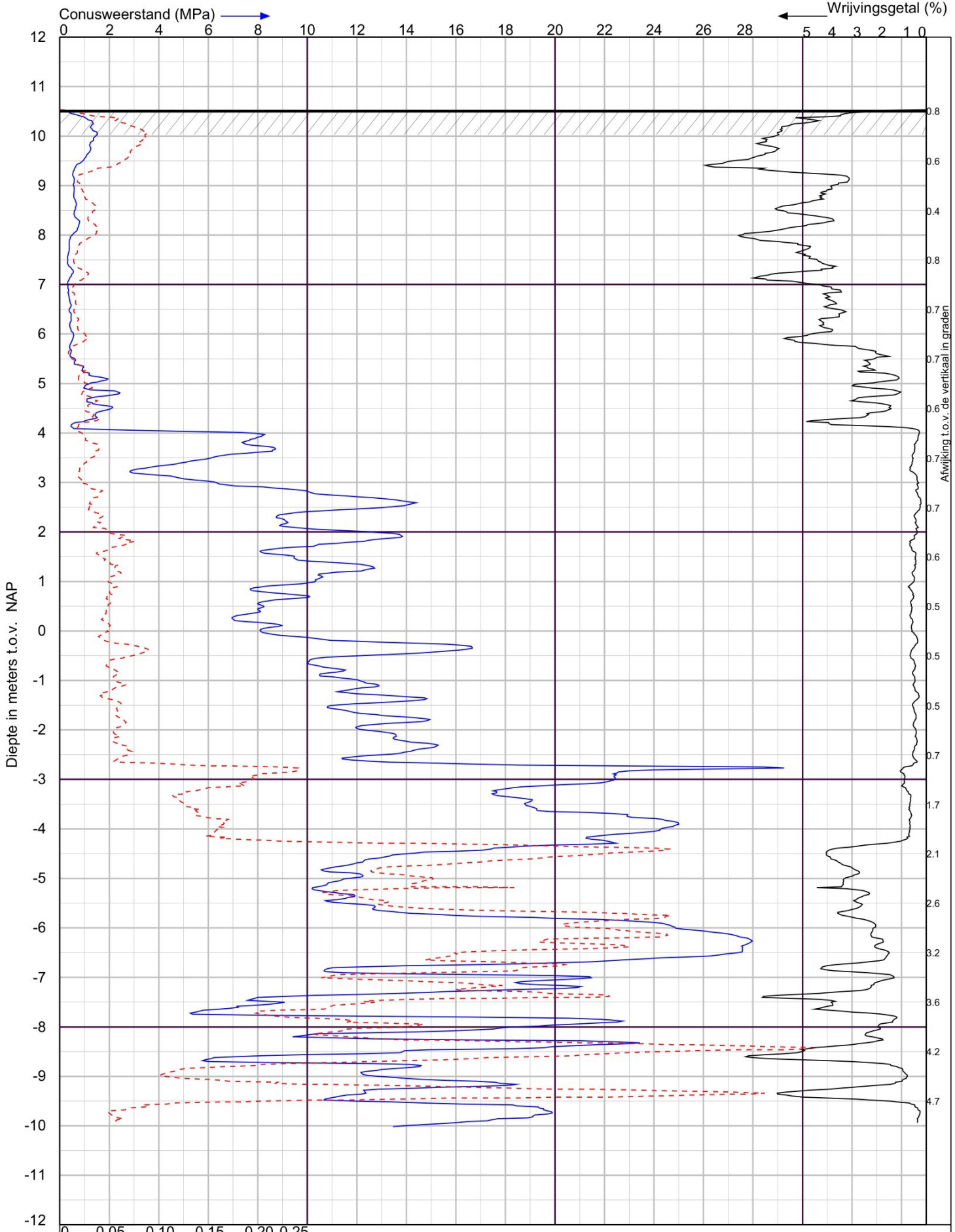
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

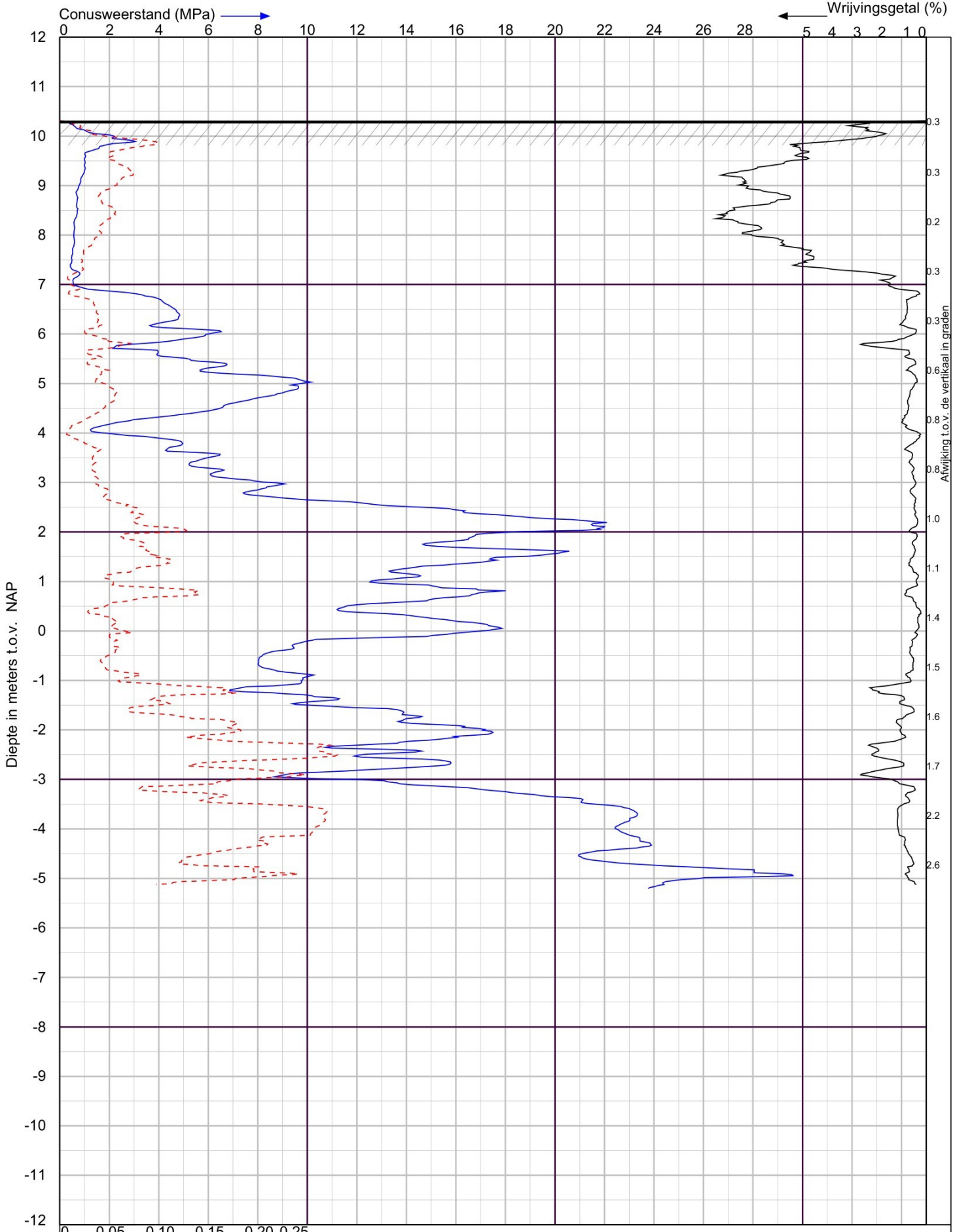
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

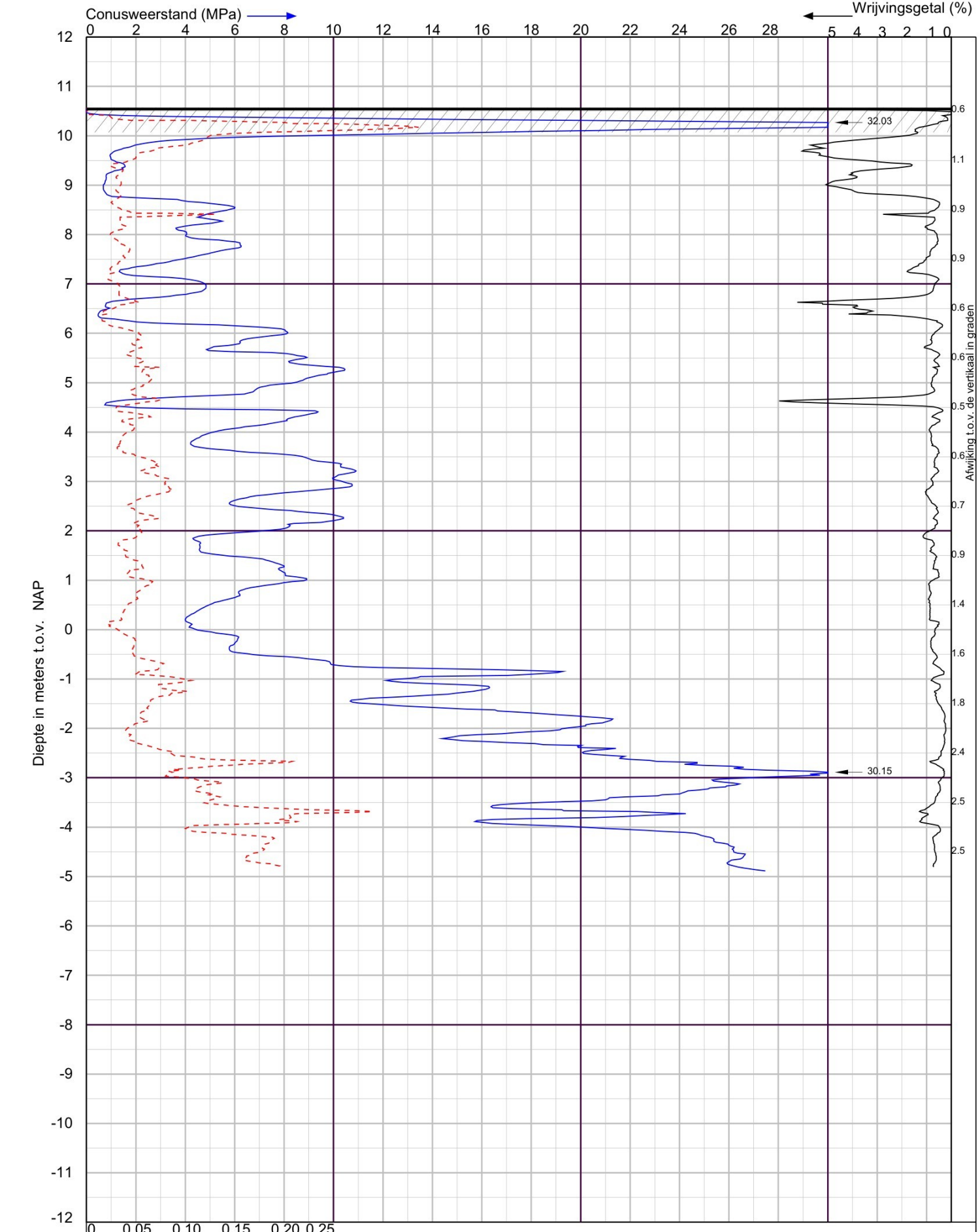
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 15 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT15
Gewicht:	11 ton
Afmeting (LxBxH):	5900x1.950x2500 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

Max. te boren lengte:	216 m
Max. te boren buisdiameter:	Ø 355 mm
Min. boorstraal:	R = 36 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 67 mm / 3005 mm
Trekkracht:	150 kN
Drukkracht:	150 kN
Torque:	5000 Nm
Pompcapaciteit:	400 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 110, 160, 225, 270, 340, 440, 500 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4009
Projectonderdeel : 15T - 1x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= $16,0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 83,12	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 81,75	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 19,29 / 35	° / %
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,03	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 11,28	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]
Intrede-TV1	4,70	4,44	4,70	4,44	-
TV1-TV2	16,83	16,52	21,53	20,95	50,00
TV2-TV3	36,29	36,29	57,82	57,24	-
TV3-TV4	16,83	16,52	74,65	73,76	50,00
TV4-Uittrede	8,46	7,99	83,12	81,75	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14-04-2026 11:28:58

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 220	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min

Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij normale boring	f	= 1,4	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

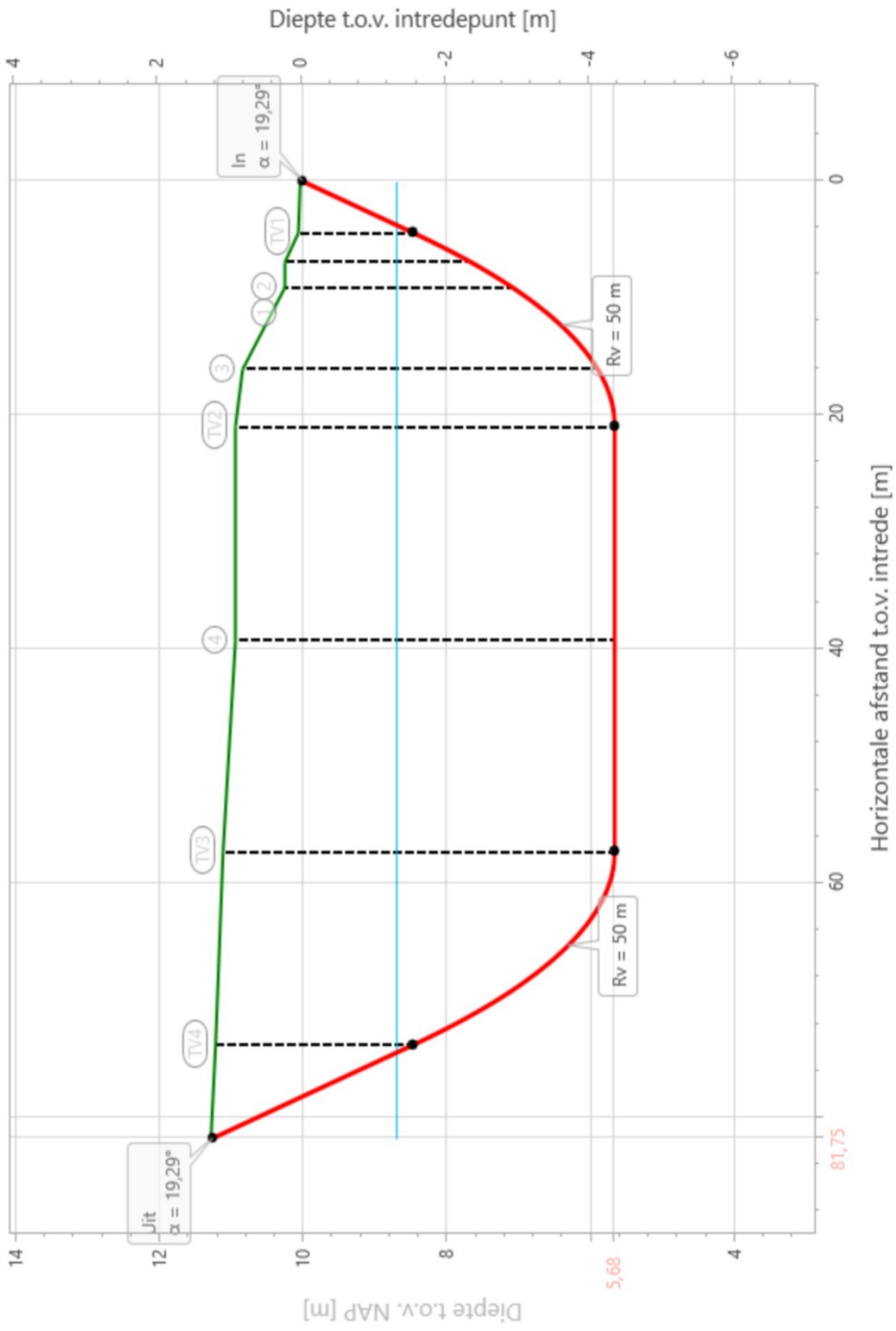
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	4,70	1,58	1,37	Zand	19,04	21,00	35,00
1	7,28	2,56	1,56	Zand	18,89	20,84	35,00
2	9,54	3,14	1,56	Zand	18,89	20,90	35,00
3	16,62	4,92	2,15	Zand	18,82	20,86	35,00
TV2	21,53	5,26	2,25	Zand	18,78	20,87	35,00
4	39,76	5,26	2,25	Zand	18,78	20,87	35,00
TV3	57,82	5,43	2,42	Zand	18,73	20,87	35,00
TV4	74,65	2,73	2,52	Zand	18,70	21,00	35,00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	05
4	✓	0,00	75,00	Grafiek I	05
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,4)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	83,12	**741**	**529**
Na intrekken van TV4-Uittrede	74,65	**666**	**475**
Na intrekken van TV3-TV4	57,82	**516**	**368**
Na intrekken van TV2-TV3	21,53	**192**	**137**
Na intrekken van TV1-TV2	4,70	**42**	**30**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,4)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	741	**0,11**
Na intrekken van TV4-Uittrede	666	**0,10**
Na intrekken van TV3-TV4	516	**0,08**
Na intrekken van TV2-TV3	192	**0,03**
Na intrekken van TV1-TV2	42	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669{,}10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923{,}86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923{,}86}{222.522} = \mathbf{0{,}86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,11	**0,67**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,10	**0,66**
Na intrekken van TV3-TV4	0,08	**0,64**
Na intrekken van TV2-TV3	0,03	**0,59**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,56**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}86 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}67 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.
100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.
Hieruit volgt: $D_{e,omtrek}$ = 502,65 mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat g_{gat} = 0,0637 N/mm[1]
Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4$ =0,231 N/mm[1]
Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} |$ = 0,168 N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,4)	T_{3a} [N] (f = 1,4)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	83,12	**695**	-	**496**	-
Na intrekken van TV3-TV4	74,65	-	**2.077**	-	**1.483**
Na intrekken van TV2-TV3	57,82	**5.056**	-	**3.611**	-
Na intrekken van TV1-TV2	21,53	-	**6.438**	-	**4.598**
Na intrekken van Intrede-TV1	4,70	**6.824**	-	**4.874**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (502,65 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$
Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (502,65 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	88,90	70,71	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV3-TV4 ..	75,00	54,62	55,43	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	31,47	42,07	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	45,27	50,46	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	52,97	54,58	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	80,34	67,23	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	85,49	69,35	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 120° \cdot 80 = 167,55$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,4)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**
TV3-TV4 (TV4)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**
TV1-TV2 (TV1)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**
TV1-TV2 (1)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**
TV1-TV2 (2)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**
TV1-TV2 (3)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**
TV1-TV2 (TV2)	50,00	0,020	3,26	**1.121**	**800**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758{,}07}{160 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	368	1.483	800	800	**2.652**
TV1-TV2	30	4.598	800	1.601	**6.229**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,4)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	9,65	2.652	**249**	**178**
TV1-TV2	9,65	6.229	**584**	**417**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,4 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	666	695	-	-	-	**1.360**	**0,14**
Na intrekken van TV3-TV4	516	-	2.077	1.121	249	**3.962**	**0,40**
Na intrekken van TV2-TV3	192	5.056	-	1.121	249	**6.617**	**0,66**
Na intrekken van TV1-TV2	42	-	6.438	2.241	833	**9.554**	**0,96**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	6.824	-	2.241	833	**9.898**	**0,99**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	475	496	-	-	-	**972**	**0,10**
Na intrekken van TV3-TV4	368	-	1.483	800	178	**2.830**	**0,28**
Na intrekken van TV2-TV3	137	3.611	-	800	178	**4.727**	**0,47**
Na intrekken van TV1-TV2	30	-	4.598	1.601	595	**6.824**	**0,68**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	4.874	-	1.601	595	**7.070**	**0,71**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **7.070 N (≈ 0,71 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.360	**0,20**
Na intrekken van TV3-TV4	3.962	**0,59**
Na intrekken van TV2-TV3	6.617	**0,99**
Na intrekken van TV1-TV2	9.554	**1,43**
Na intrekken van Intrede-TV1	9.898	**1,48**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm²]
TV3-TV4	50,00	539.986,66	**2,43**
TV1-TV2	50,00	539.986,66	**2,43**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521,98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.360	0,20	-	**0,20**
Na intrekken van TV3-TV4	3.962	0,59	2,43	**2,17**
Na intrekken van TV2-TV3	6.617	0,99	-	**0,99**
Na intrekken van TV1-TV2	9.554	1,43	2,43	**3,01**
Na intrekken van Intrede-TV1	9.898	1,48	-	**1,48**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,01 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,58	1,37	Zand	28,74	2,72	31,47	5,03
1	2,56	1,56	Zand	32,37	12,89	45,27	7,24
2	3,14	1,56	Zand	32,40	20,57	52,97	8,48
3	4,92	2,15	Zand	44,43	35,91	80,34	12,85
TV2	5,26	2,25	Zand	46,42	39,06	85,49	13,68
4	5,26	2,25	Zand	46,40	39,06	85,47	13,67
TV3	5,43	2,42	Zand	49,83	39,06	88,90	14,22
TV4	2,73	2,52	Zand	51,90	2,72	54,62	8,74

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,58	Grafiek ½ x II	9,32	1,49
1	2,56	Grafiek ½ x II	4,68	0,75
2	3,14	Grafiek ½ x II	3,58	0,57
3	4,92	Grafiek ½ x II	2,05	0,33
TV2	5,26	Grafiek I	9,65	1,54
4	5,26	Grafiek I	9,65	1,54
TV3	5,43	Grafiek ½ x II	1,82	0,29
TV4	2,73	Grafiek ½ x II	4,29	0,69

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	5,03	1,49	6,53	40,41(1)	**1,14**
1	✓	7,24	0,75	7,99	49,49(1)	**1,39**
2	✓	8,48	0,57	9,05	56,03(1)	**1,58**
3	✓	12,85	0,33	13,18	81,65(1)	**2,30**
TV2	✓	13,68	1,54	15,22	94,27(1)	**2,65**
4	✓	13,67	1,54	15,22	94,26(1)	**2,65**
TV3	✓	14,22	0,29	14,51	89,89(1)	**2,53**
TV4	✓	8,74	0,69	9,42	58,37(1)	**1,64**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]
TV1	50,00	0,020	0,61
1	50,00	0,020	0,61
2	50,00	0,020	0,61
3	50,00	0,020	0,61
TV2	50,00	0,020	0,61
TV3	50,00	0,020	0,61
TV4	50,00	0,020	0,61

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}083 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm^2

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,58	1,37	**0,21**
1	2,56	1,56	**1,00**
2	3,14	1,56	**1,58**
3	4,92	2,15	**2,77**
TV2	5,26	2,25	**3,01**
4	5,26	2,25	**3,01**
TV3	5,43	2,42	**3,01**
TV4	2,73	2,52	**0,21**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 3{,}01 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm²]
TV1	1,14	0,61	0,65	**1,14**
1	1,39	0,61	0,65	**1,30**
2	1,58	0,61	0,65	**1,42**
3	2,30	0,61	0,65	**1,89**
TV2	2,65	0,61	0,65	**2,12**
4	2,65	-	0,65	**1,72**
TV3	2,53	0,61	0,65	**2,04**
TV4	1,64	0,61	0,65	**1,46**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm²

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 2{,}12 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
1	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
2	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
3	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
TV2	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
4	0,00	0,00	-	-	**0,00**
TV3	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**
TV4	0,00	0,00	2,43	0,65	**1,58**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 1{,}58 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	5,03	1,49	3,26	**1,19**	0,82
1	7,24	0,75	3,26	**1,57**	1,08
2	8,48	0,57	3,26	**1,80**	1,24
3	12,85	0,33	3,26	**2,68**	1,84
TV2	13,68	1,54	3,26	**2,97**	2,04
4	13,67	1,54	-	**2,97**	2,04
TV3	14,22	0,29	3,26	**2,95**	2,03
TV4	8,74	0,69	3,26	**1,87**	1,28

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 72{,}70^3}{350 \cdot 259{,}34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 145{,}40 =$ **11,63** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 2{,}97 \leq 11{,}63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,58	25,64	10,94	18,29	28,78	42,07
1	2,56	35,68	15,21	25,45	40,04	50,46
2	3,14	41,03	17,50	29,26	46,05	54,58
3	4,92	61,58	26,26	43,92	69,12	67,23
TV2	5,26	65,42	27,90	46,66	73,42	69,35
4	5,26	65,40	27,89	46,65	73,40	69,34
TV3	5,43	68,24	29,10	48,67	76,58	70,71
TV4	2,73	44,78	19,09	31,94	50,25	55,43

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	16,19	0,00065	0,0021	0,2989	0,42	**3,78**
1	19,42	0,00075	0,0100	0,2989	0,56	**5,05**
2	21,01	0,00080	0,0158	0,2989	0,64	**5,72**
3	25,88	0,00097	0,0277	0,2989	0,89	**8,04**
TV2	26,69	0,0010	0,0301	0,2989	0,94	**8,46**
4	26,69	0,0010	0,0301	0,2989	0,94	**8,46**
TV3	27,22	0,0010	0,0301	0,2989	0,97	**8,74**
TV4	21,34	0,00086	0,0021	0,2989	0,66	**5,95**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,78	0,03	1,55	0,18	**1,77**	0,02	**0,19**
1	0,72	0,02	2,34	0,24	**2,40**	0,03	**0,29**
2	0,70	0,02	2,93	0,27	**2,74**	0,04	**0,36**
3	0,63	0,01	4,12	0,39	**3,89**	0,05	**0,52**
TV2	0,62	0,01	4,36	0,41	**4,10**	0,06	**0,56**
4	0,62	0,02	4,36	0,41	**4,10**	0,06	**0,60**
TV3	0,62	0,02	4,36	0,42	**4,23**	0,06	**0,65**
TV4	0,67	0,04	1,55	0,28	**2,77**	0,04	**0,37**

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q$$

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	1,19	0,06	2,80	0,28	**2,77**	0,03(1)	**0,34**
TV3	1,09	0,05	5,60	0,42	**4,23**	0,07(1)	**0,70**
4	1,10	0,04	5,60	0,41	**4,10**	0,07(2)	**0,65**
TV2	1,10	0,03	5,60	0,41	**4,10**	0,06(2)	**0,58**
3	1,11	0,03	5,36	0,39	**3,89**	0,05(2)	**0,54**
2	1,23	0,04	4,17	0,27	**2,74**	0,04(2)	**0,37**
1	1,27	0,04	3,59	0,24	**2,40**	0,03(2)	**0,30**
TV1	0,79	0,06	2,80	0,12	**1,22**	0,02(2)	**0,20**

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{220}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_o^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (220^2 - 160^2)} = 0{,}372 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (220^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_o)} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}372}{(220 - 160)^2} + \frac{13{,}4}{(220 - 160)} \right) \cdot (83{,}12 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,03	1,57
TV3	0,07	1,57
4	0,07	1,57
TV2	0,06	1,57
3	0,05	1,57
2	0,04	1,57
1	0,03	1,57
TV1	0,02	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

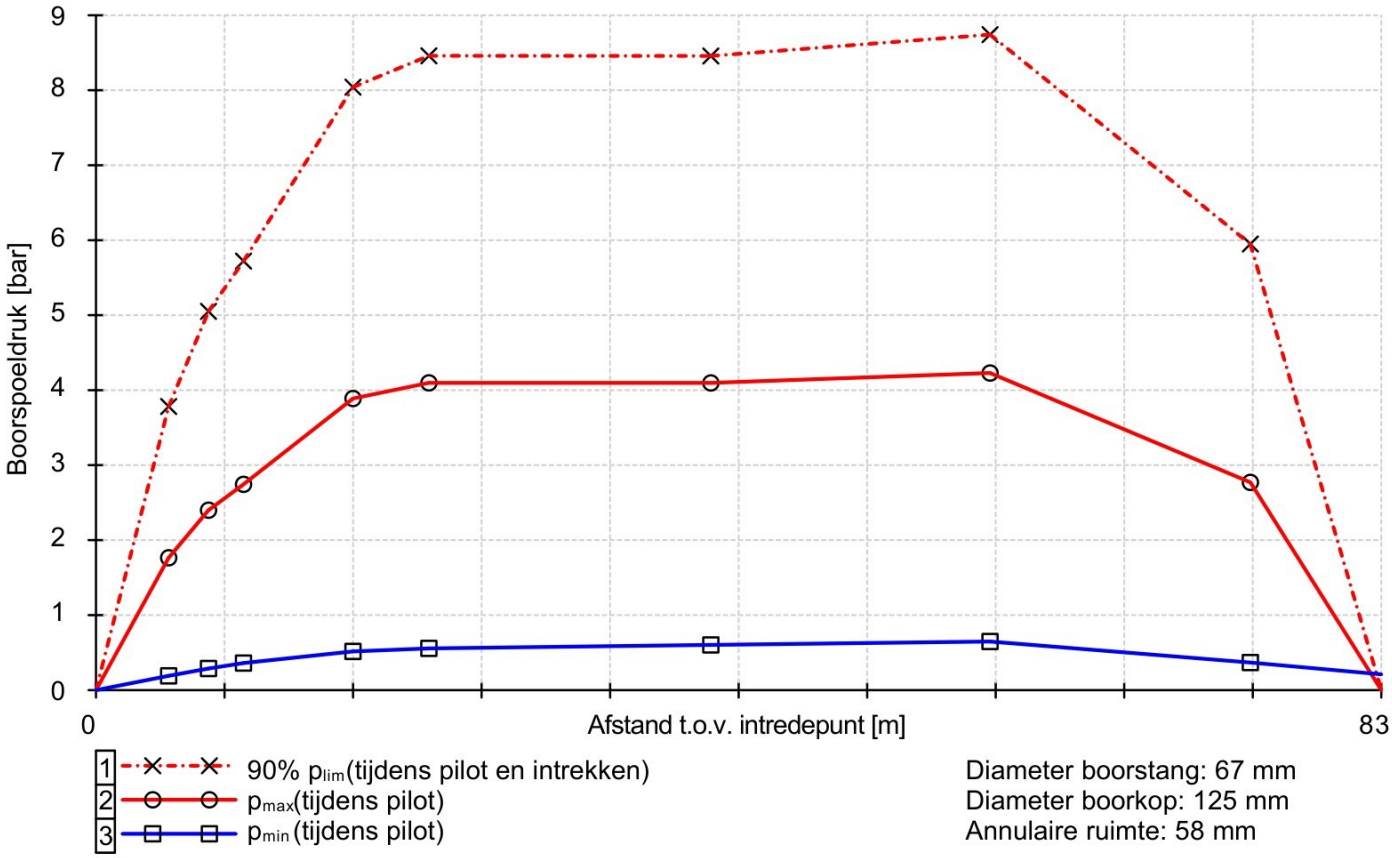
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,07 \leq 1,57 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

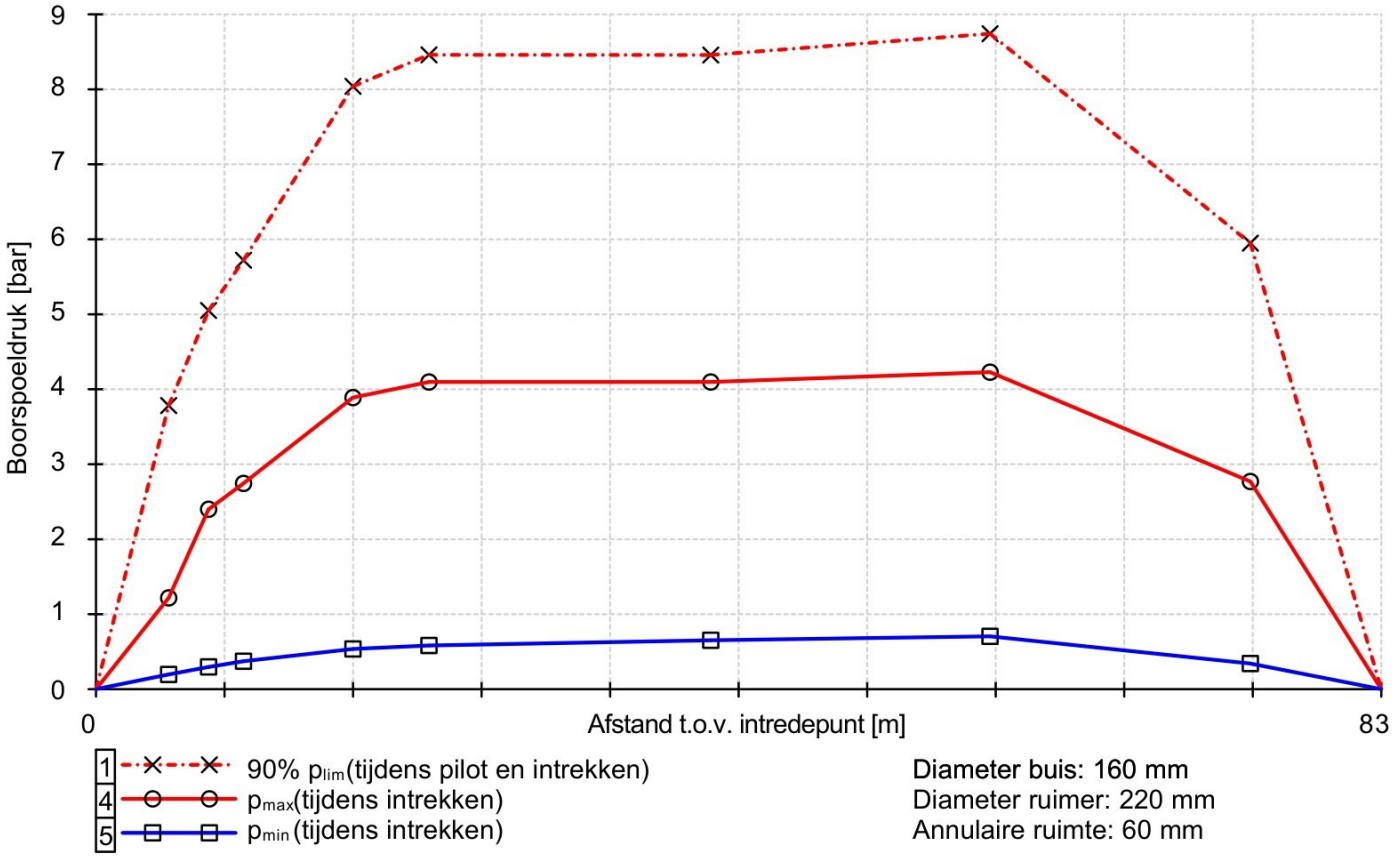
Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2025 1.4 ©

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



Diameter buis: 160 mm
Diameter ruimer: 220 mm
Annulaire ruimte: 60 mm

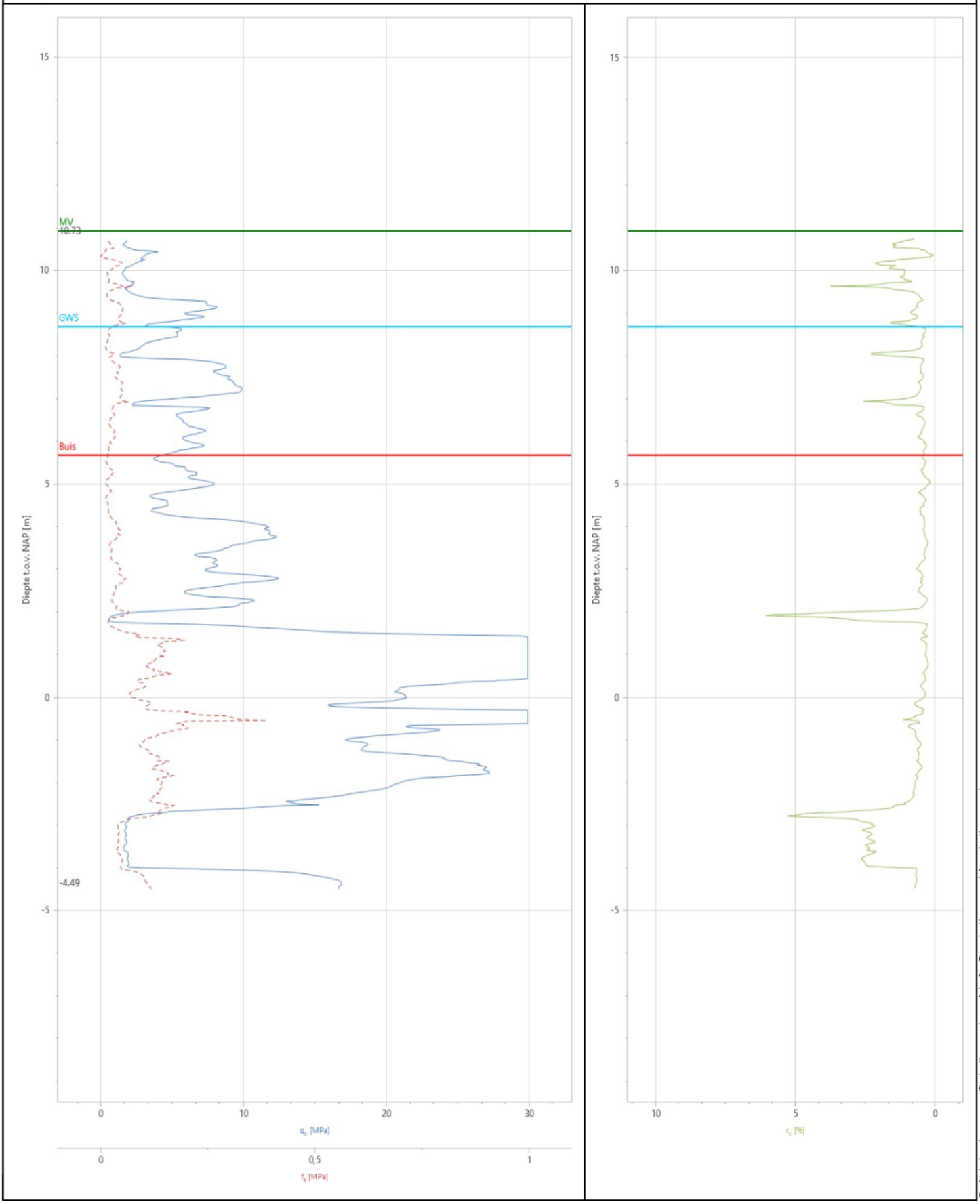
14-04-2026 11:29:06

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

05

Naam van het project : B4009
Projectonderdeel : 15T - 1x160



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

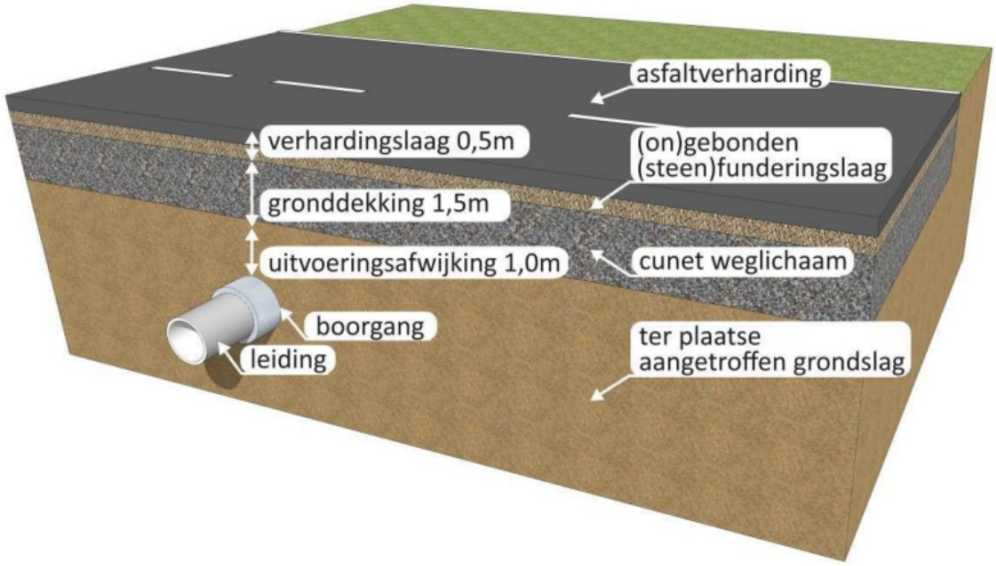
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 8: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 25-02-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.0.2508
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4009, langs tracé B4009

Boringtype: Buis
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: SDR 11 (160mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 40.00m
Controlepunten: 1
Ontwerpmethode: Parametrisch
Boorrichting is tegenovergesteld aan tracérichting.

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 85.38m
Locatie: 192764.91,432677.25,10.03

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 3.63m
Locatie: 192712.54,432614.48,11.28

Te boren lengte: 83.12m

Intredelengte: 4.70m
Intredehoek: -35.00%
Intredeboogradius: 50.00m
Lengte midden: 36.29m
Hoek midden: -0.00%
Uittredeboogradius: 50.00m
Uittredelengte: 8.46m
Uittredehoek: 35.00%

Ontwerpboring bevat geen horizontale bogen.

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 3.00m
Opgegeven intredehoek: -35.00%
Opgegeven radius intredeboog: 50.00m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 50.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 3.00m
Opgegeven uittredehoek: 35.00%

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	van der Mondeweg 2b, Haalderen
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	14 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *15*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

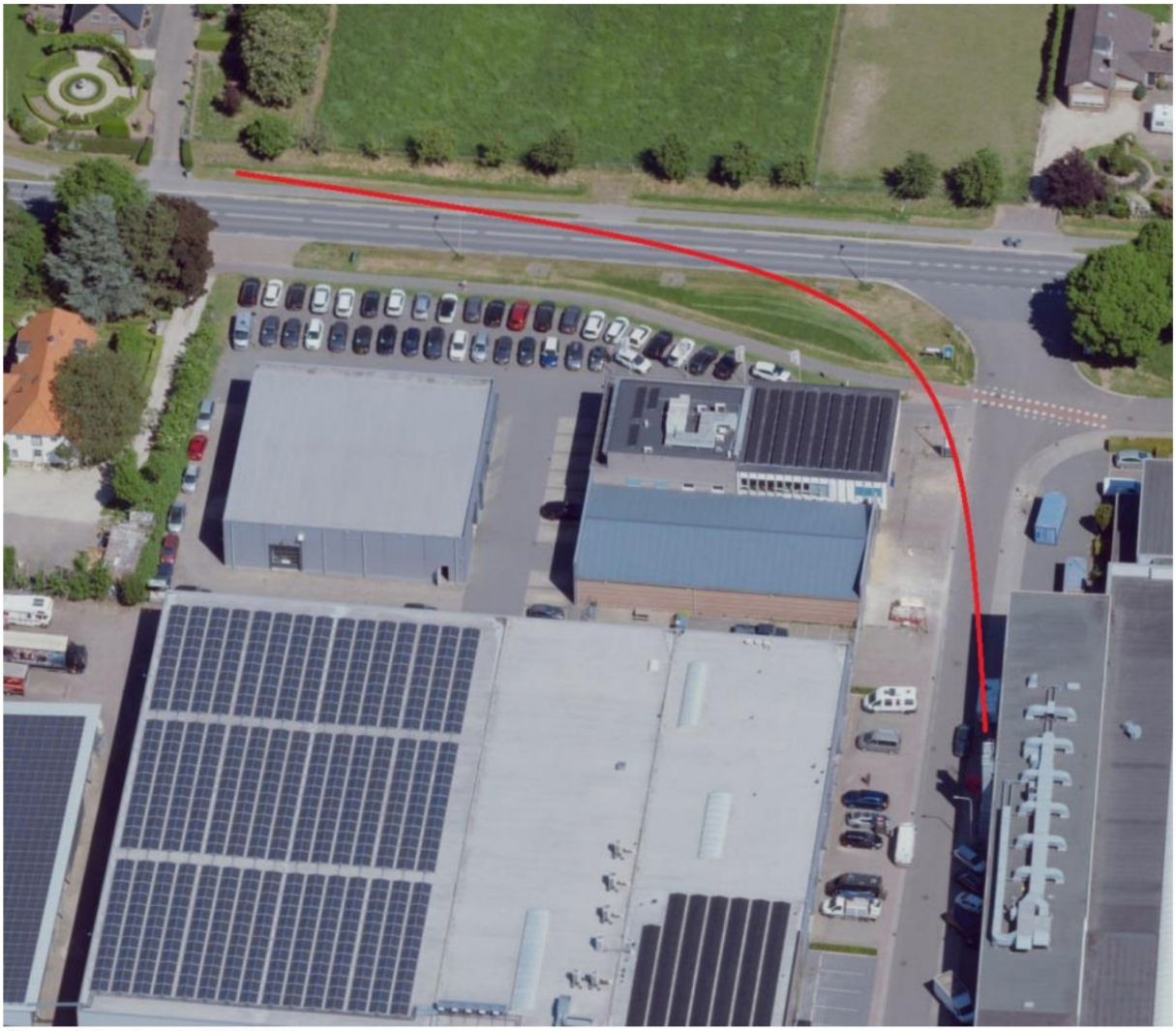
Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	14 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Bemmel bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zullen 3 Ø110 + 1 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 5.25 t/m 9.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.



Figuur 1: boorlocatie (N839 8.0)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Gendt
Exacte locatie	Huigensstraat 6,
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01B-P-B4011
Boornummer	B4011
KLIC-nummer	25O0167169
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	153 meter
Maximale diepte buis	7.9 meter -MV / +2.66 m NAP
Diameter/materiaal buis	3xØ110+1 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 400 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø 110mm + Ø160mm
Wanddikte	10 mm + 14.5 mm
Aantal buizen	4 stuks
Max. toelaatbare treksterkte	31.4 kN *(= 3.1 ton)* + 66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	Ø310

Het intrekken van de buis geschiedt door het uitleggen van de buizen achter het uittredepunt.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (Huigensstraat 6, Gendt)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 2: Situatie uittredepunt (Van der Mondeweg 2b, Haalderen)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt op rollenstellen vooraf uitgelegd.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het in- en uittredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het plaatsen van de rollenstellen en het uitleggen van de buizen dient een halve rijbaan te worden afgezet. Maar ook voor opstellen van een zuigwagen en werkruimte rondom de boorrig en uittrede dient een halve rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Er is een halve rijbaan beschikbaar om het doorgaande verkeer te laten passeren.
- Fietsers worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de beschikbare rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 15 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT15
Afmetingen (LxBxH)	5900x1950x2500 mm
Gewicht	11 ton
Boorstang	67 mm
Boorgat pilotfase	125 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6,5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

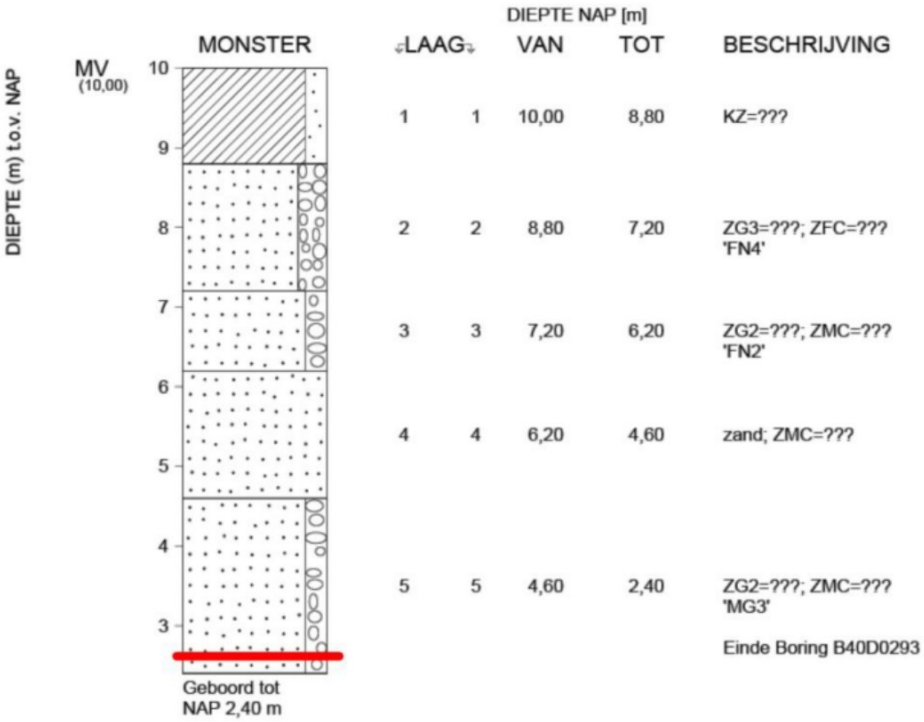
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

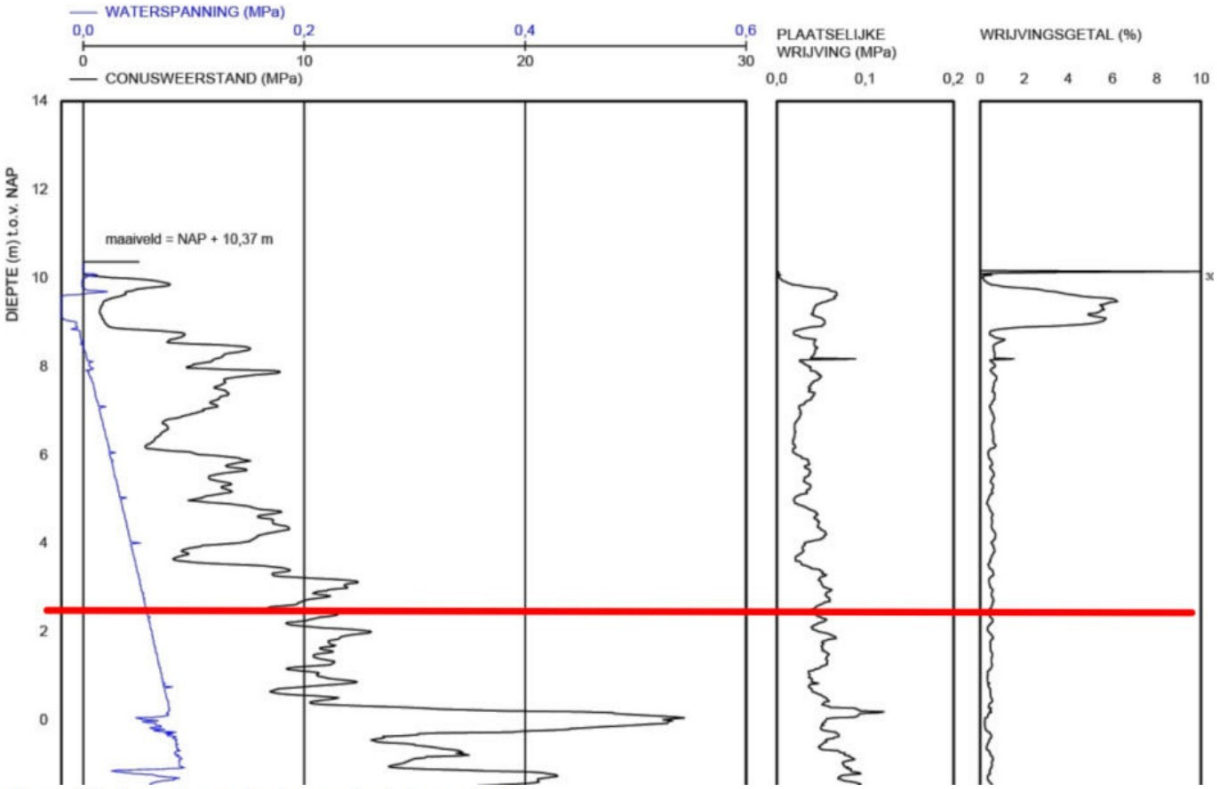
De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



Figuur 3.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 4.55m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 4.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,74m NAP, dus ca. 1,53m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

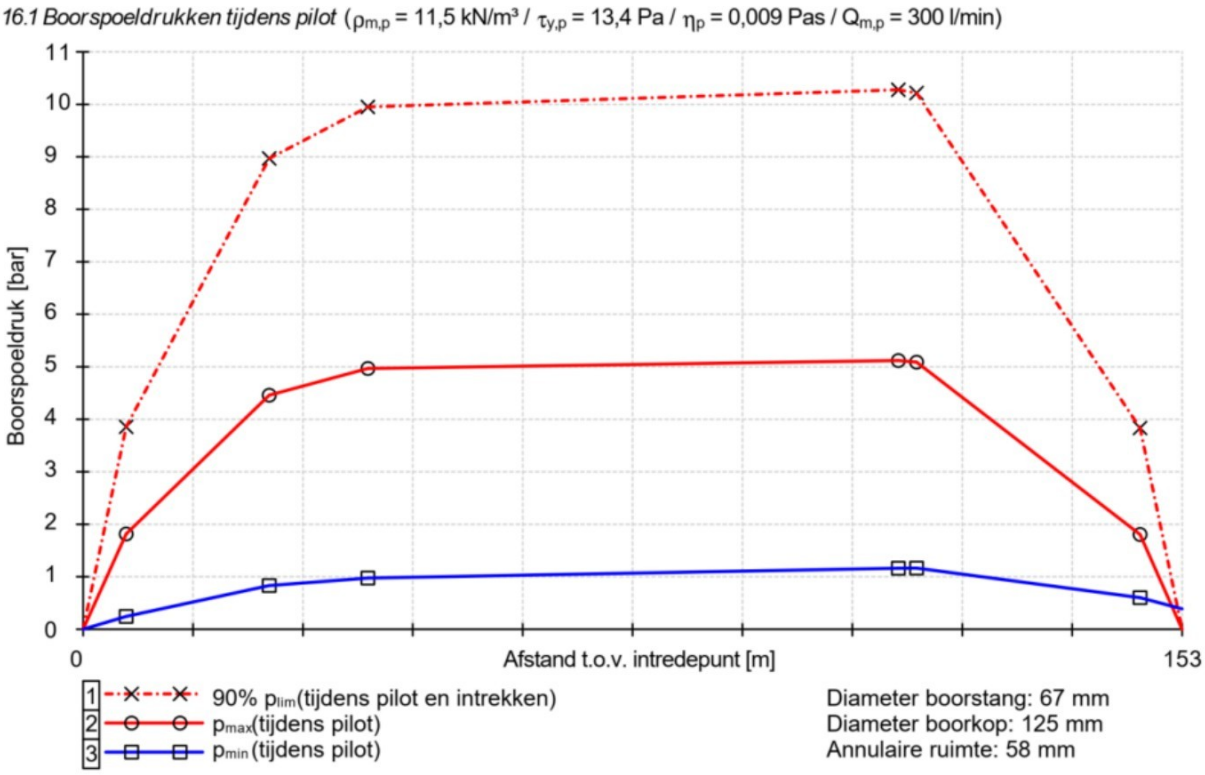
Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

Lengte leiding in boorgat (m)	Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø110	Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm	Verwachte trekkracht (kN) 3*Ø110 1*Ø160mm
6	1.1	2.2	5.5
40	2.9	5.9	14.7
113	9.0	18.8	45.9
147	10.4	22.2	53.6
153	12.3	26.0	62.8

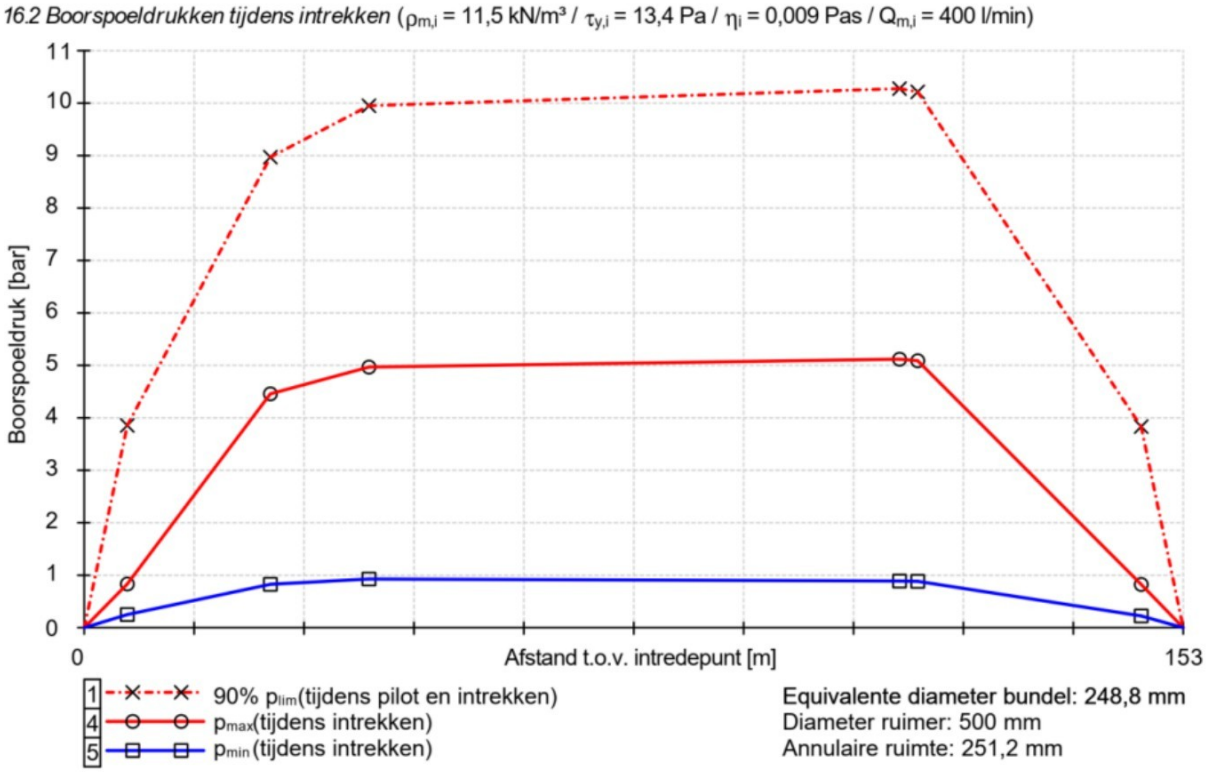
De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 62.8 kN (=6.4 ton)

7.4. Boorspoeldrukken

De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.



Figuur 5: Boorspoeldruk tijdens pilot



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Uitlegstrook (dag)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4011	3	2	3	3	2	2

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 15 tonner	1	1	-	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca.3 à 4 dagen.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

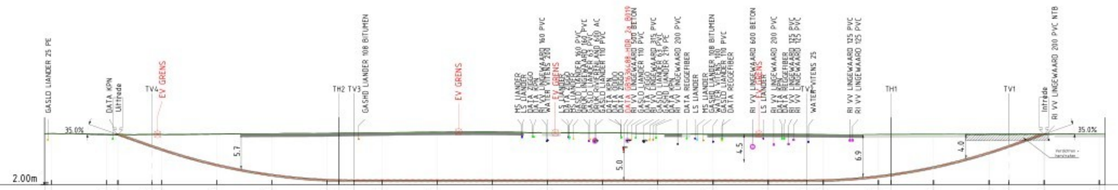
- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

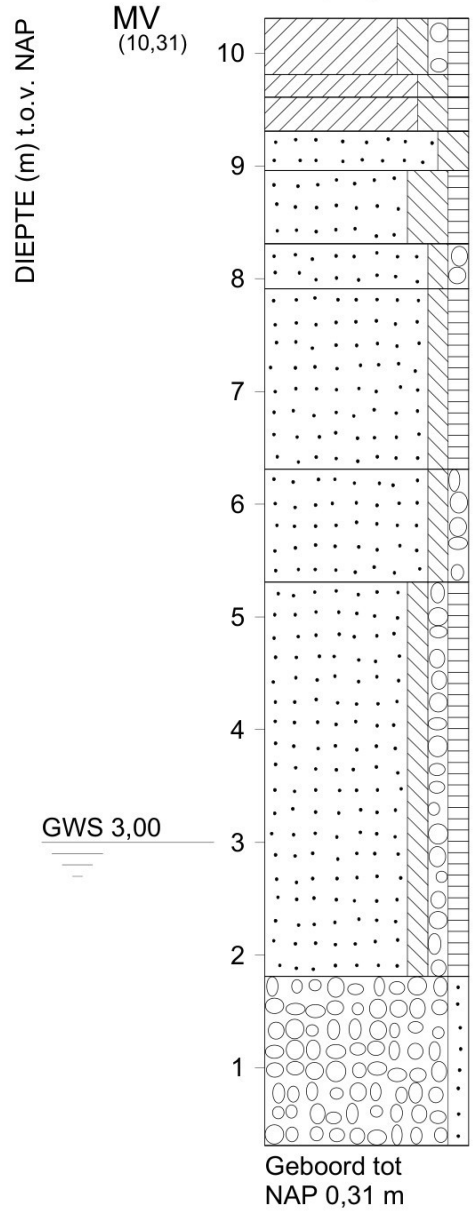
- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1: 500


GASLD LIANDER 25 PE
DATA KPN
Uittrede
TV4
EV GRENS
TH2 TV3
GASHD LIANDER 160 BITUMEN
EV GRENS
MS LIANDER
RIOOL PERSLEIDING 160 PVC
RIOOL PERSLEIDING 160 PVC
EV GRENS
LS LIANDER
RIOOL PERSLEIDING 160 PVC
RIOOL PERSLEIDING 160 PVC
RIOOL PERSLEIDING 160 PVC

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek

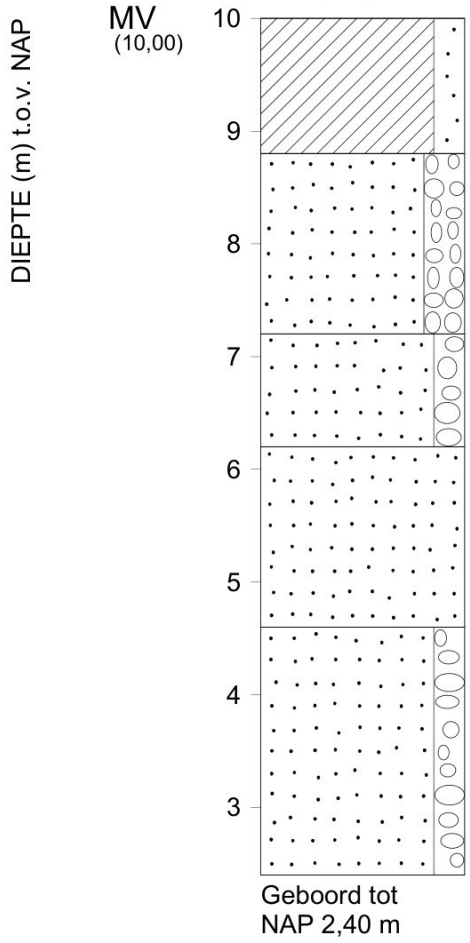


MONSTER	LAAG		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	1	10,31	9,81	klei, matig siltig, zwak grindig, zwak humeus; bruin 'KMST'
2 3	2	2	9,81	9,61	klei, matig siltig, zwak humeus; bruin 'KSTV'
4 5	3	3	9,61	9,31	klei, matig siltig, zwak humeus; bruin 'KSTV'
6	4	4	9,31	8,96	zand, matig siltig; licht-, bruin 'ZMF'
7	5	5	8,96	8,31	zand, sterk siltig, zwak humeus; licht-, rood-, bruin 'ZZF'
	6	6	8,31	7,91	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin 'ZMG'
8	7	7	7,91	6,31	zand, zwak siltig, zwak humeus; licht-, bruin 'ZMG'
	8	8	6,31	5,31	zand, zwak siltig, zwak grindig; licht-, bruin 'ZZG'
9	9	9	5,31	1,81	zand, zwak siltig, zwak grindig, zwak humeus; licht-, grijs-, bruin 'ZZG'
1	10	10	1,81	0,31	grind, zwak zandig; licht-, grijs 'GZG' Einde Boring B40D2742

X = 192972 m Y = 432339 m (RD)

<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>
-			
ONBEKEND B40D2742			

datum 2019-02-05	get. -
DINO-BOR	gez.
BIJL.	form. A3



		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	10,00	8,80	KZ=???
2	2	8,80	7,20	ZG3=???; ZFC=??? 'FN4'
3	3	7,20	6,20	ZG2=???; ZMC=??? 'FN2'
4	4	6,20	4,60	zand; ZMC=???
5	5	4,60	2,40	ZG2=???; ZMC=??? 'MG3'
				Einde Boring B40D0293

maaiveld: NAP 10,00 m
X = 193360 m Y = 432490 m (RD)

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

datum

get. -

-

DINO-BOR

gez.

ONBEKEND B40D0293

BIJL.

form. A3

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

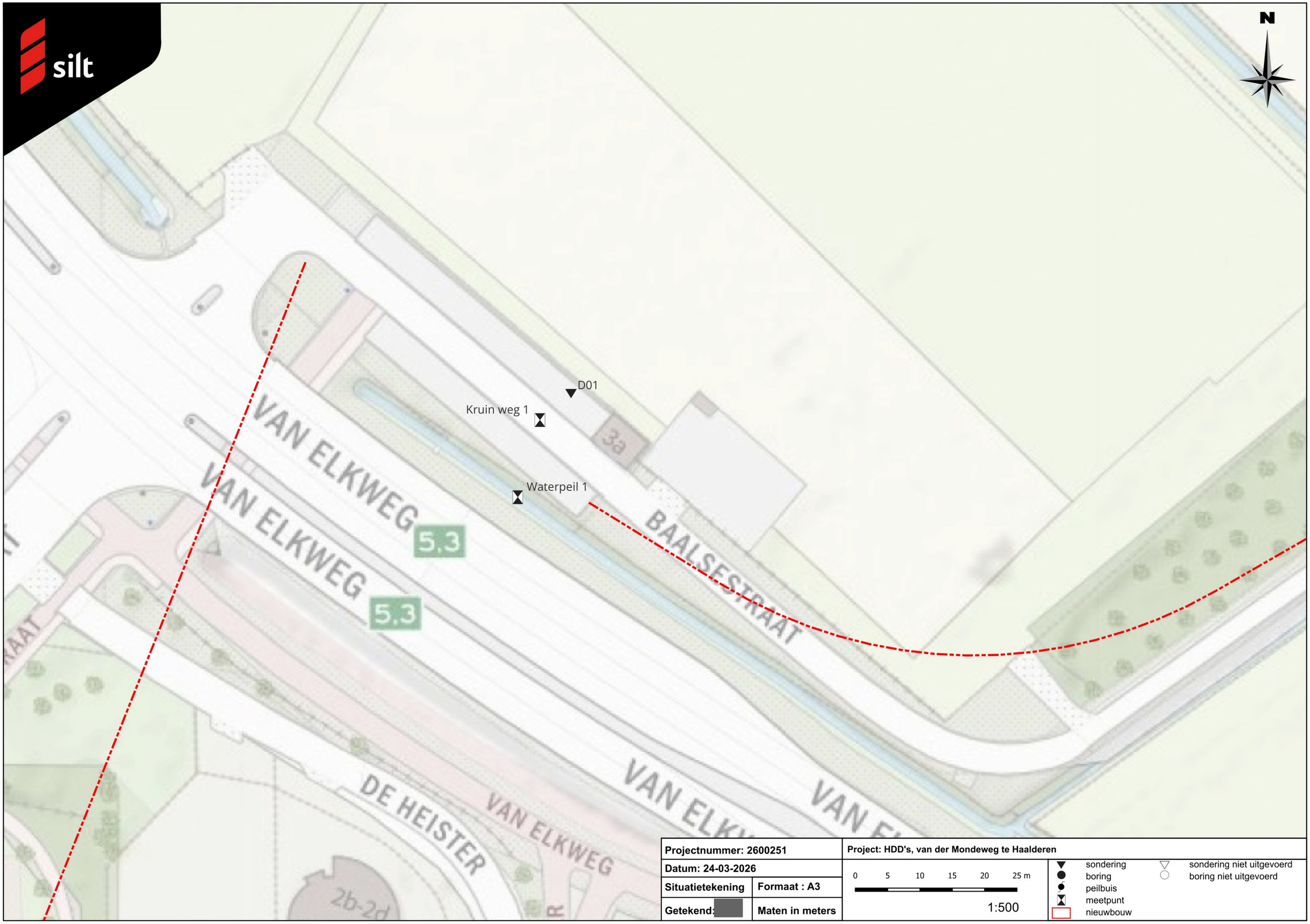
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

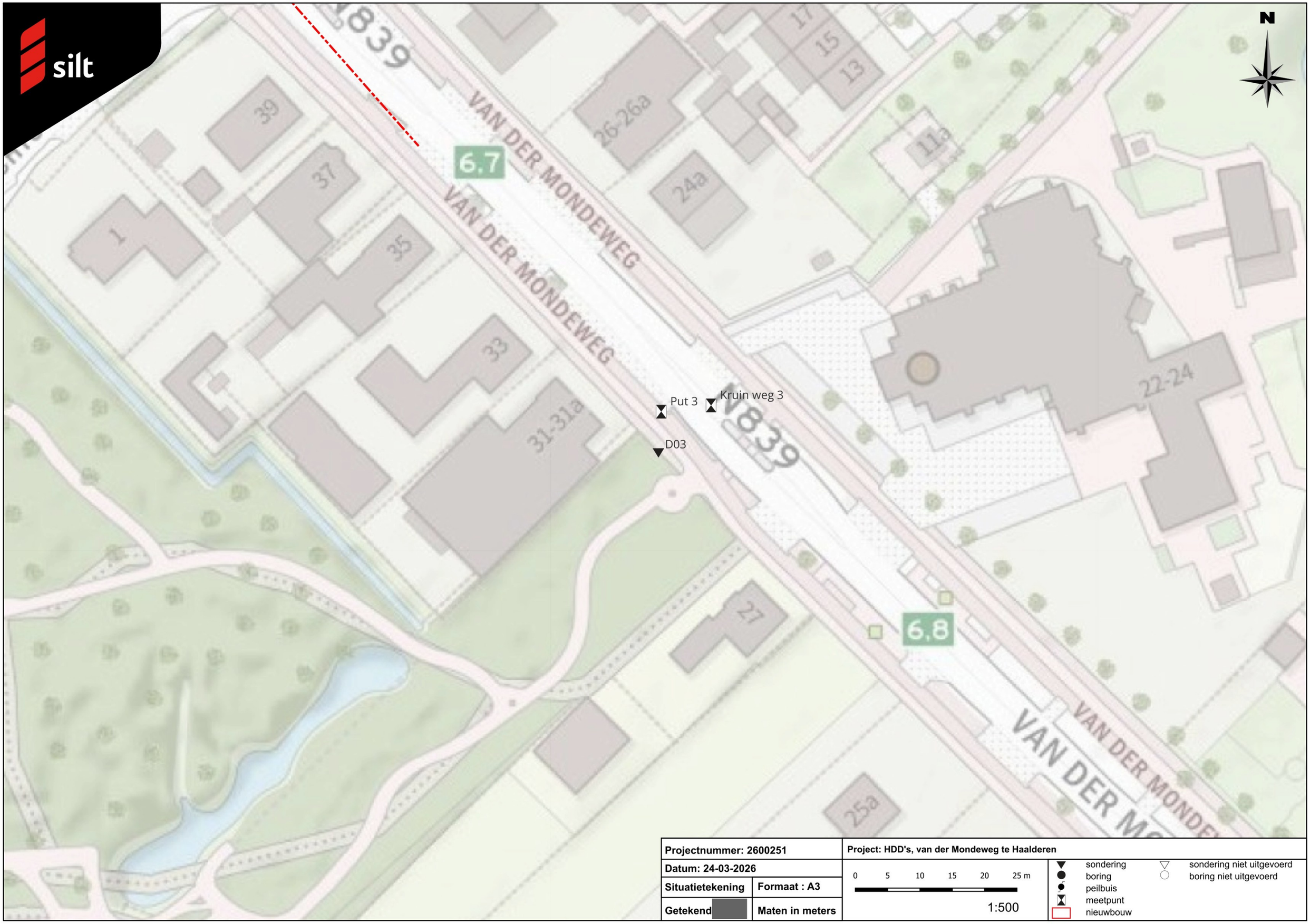
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



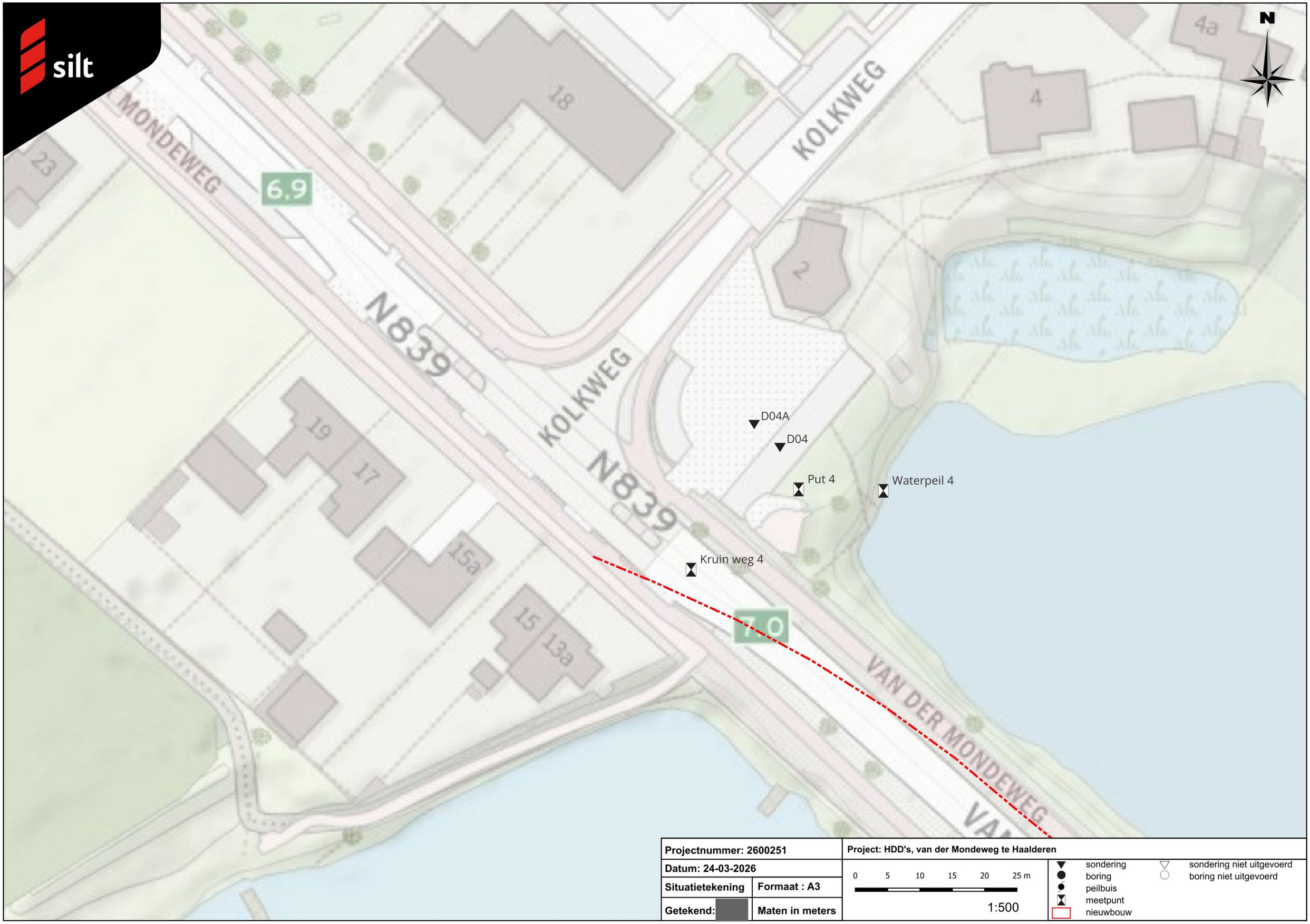
Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend: [redacted] / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ● boring peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		▽ sondering niet uitgevoerd ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**		



Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / **Formaat : A3**	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend: / **Maten in meters**	

silt

N

N839

VAN DER MONDEWEG

VAN DER MONDEWEG

Waterpeil 5

Kruin weg 5

Put 5

D05

7.5

GROENESTRAAT

VAN DER MONDEWEG

VAN DER

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen	
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening / Formaat : A3	1:500	● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend: / Maten in meters		peilbuis
		meetpunt
		nieuwbouw

silt

N

8.0

LANGSTRAAT

8.1

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

HUIGENSSTRAAT

LANGSTRAAT

2a

2

2b

287

285

283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

4

3

4

4a

4b

4c

4d

6

10

HENRI DUNANTSTRAAT

Kruin weg 7

D07

BIEZENKAMP

BIEZENKAMP

Put 7

Waterpeil 7

21

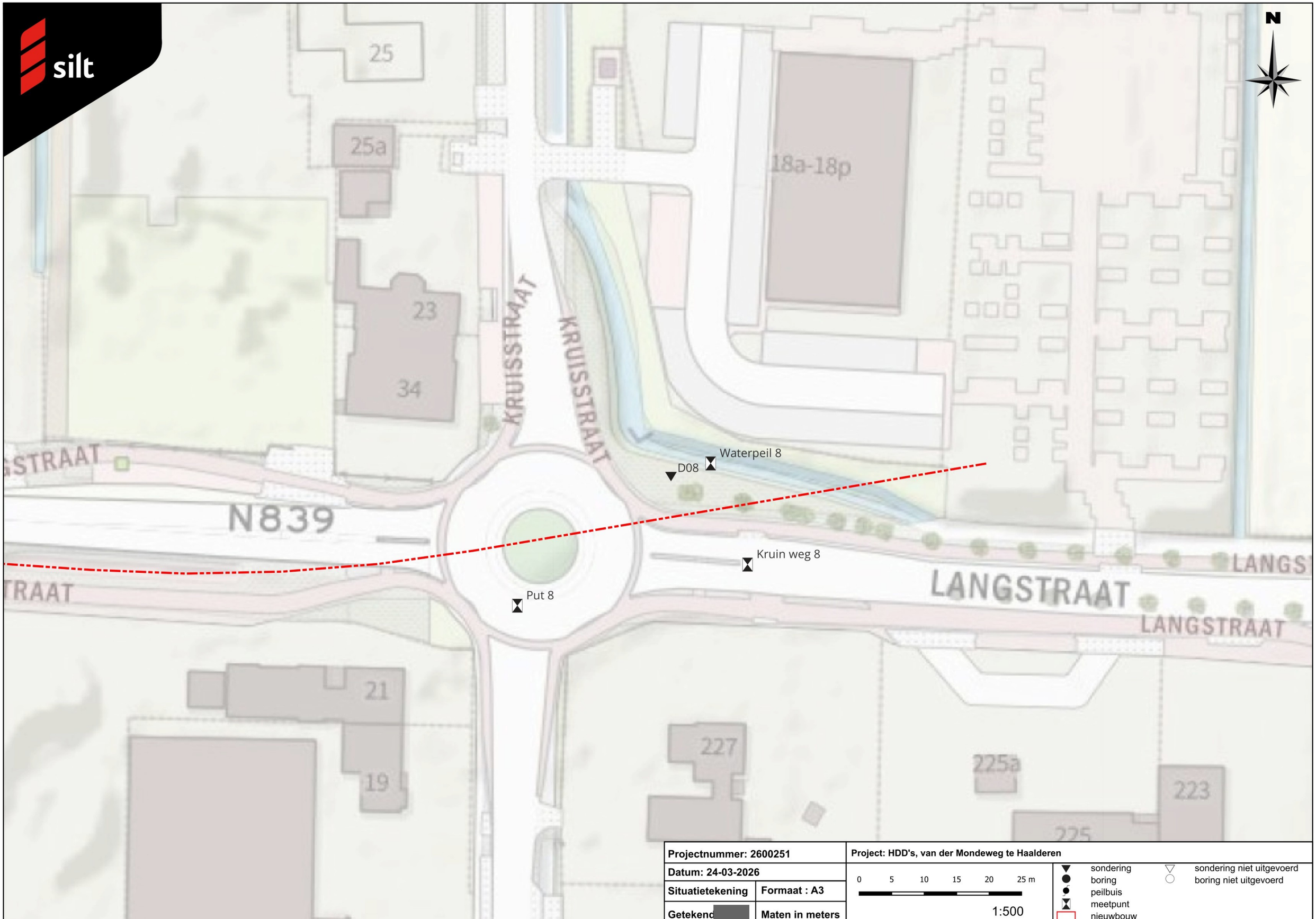
21a

19

5-13

1

Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	sondering / sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		boring / boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis, meetpunt, nieuwbouw



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		
Getekend	**Maten in meters**		

silt

N

16a
14a
16
23
18
16
14
18
25
21
GALGENDAAL
D09
Kruin weg 9

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend:	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd

silt

N

2a

4

KOMMERDIJK

Kruin weg 10

Waterpeil 10

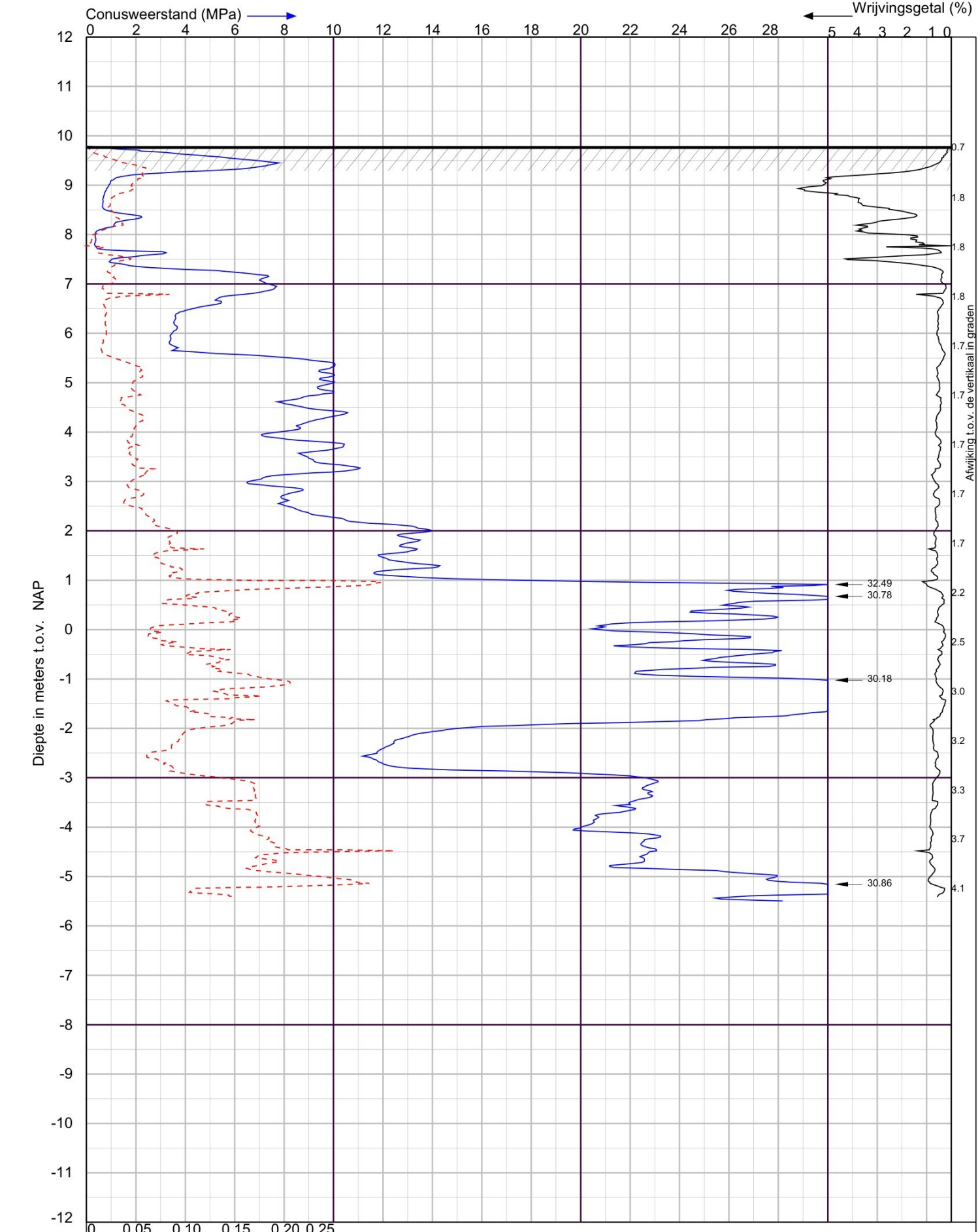
D10

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

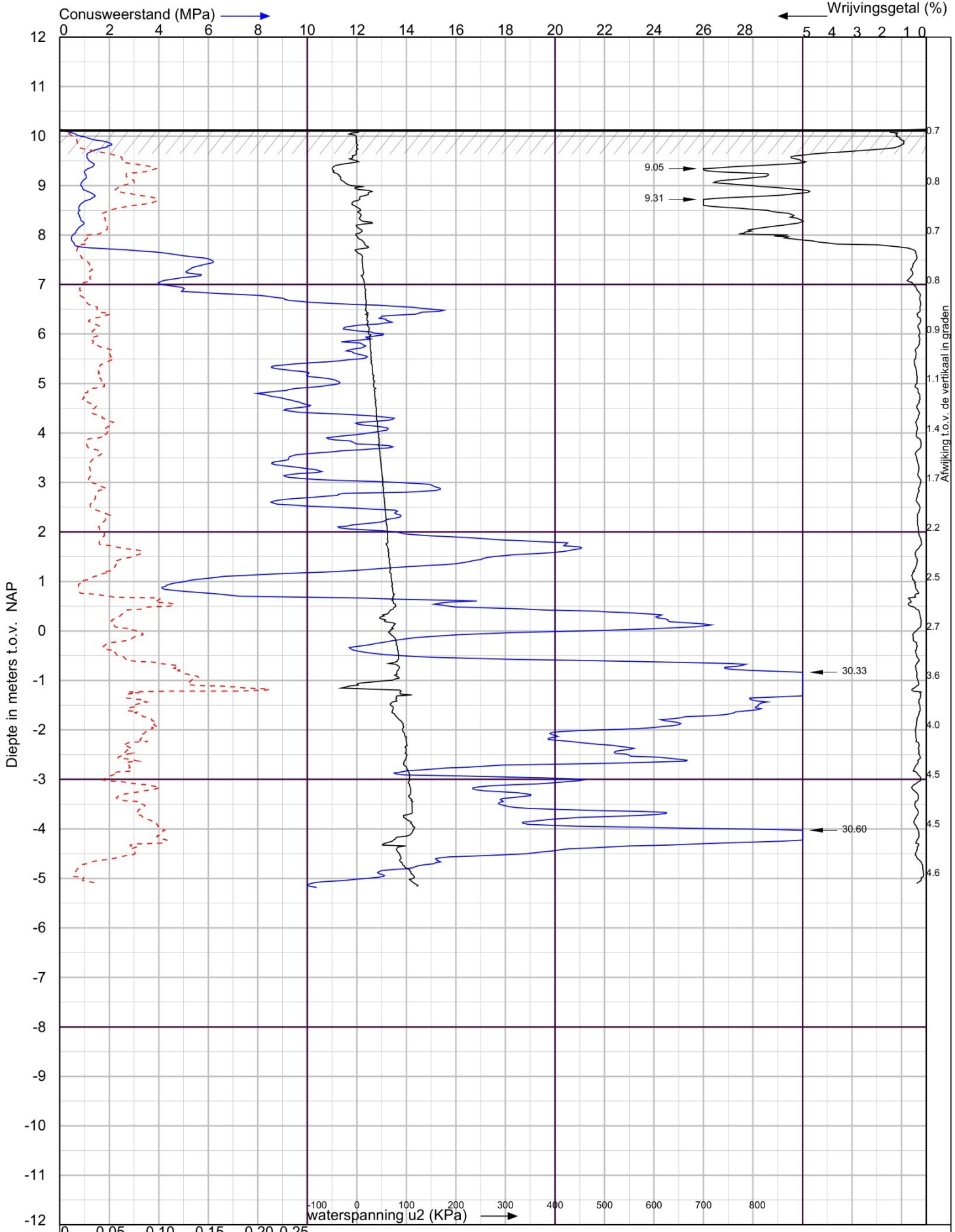
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

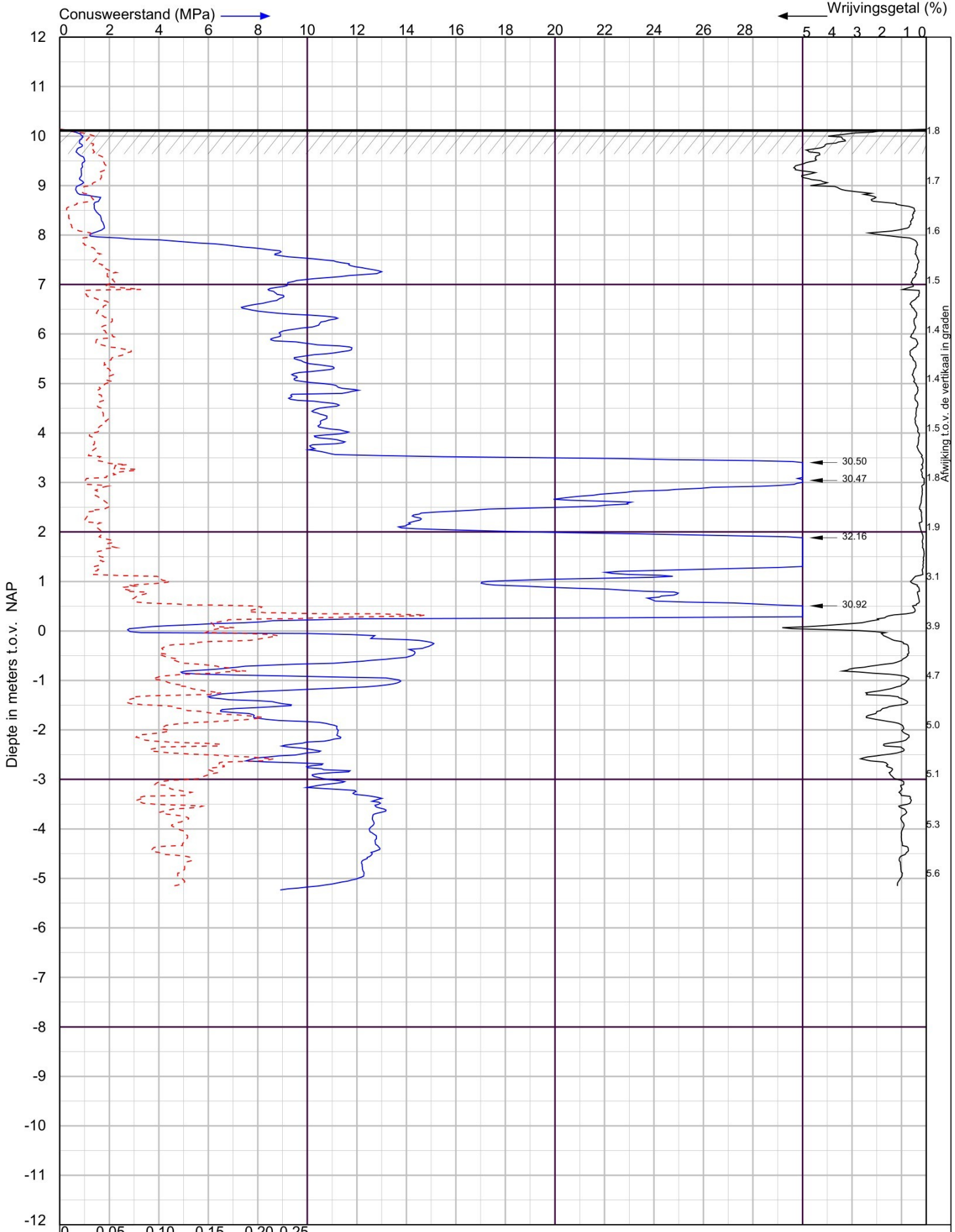
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

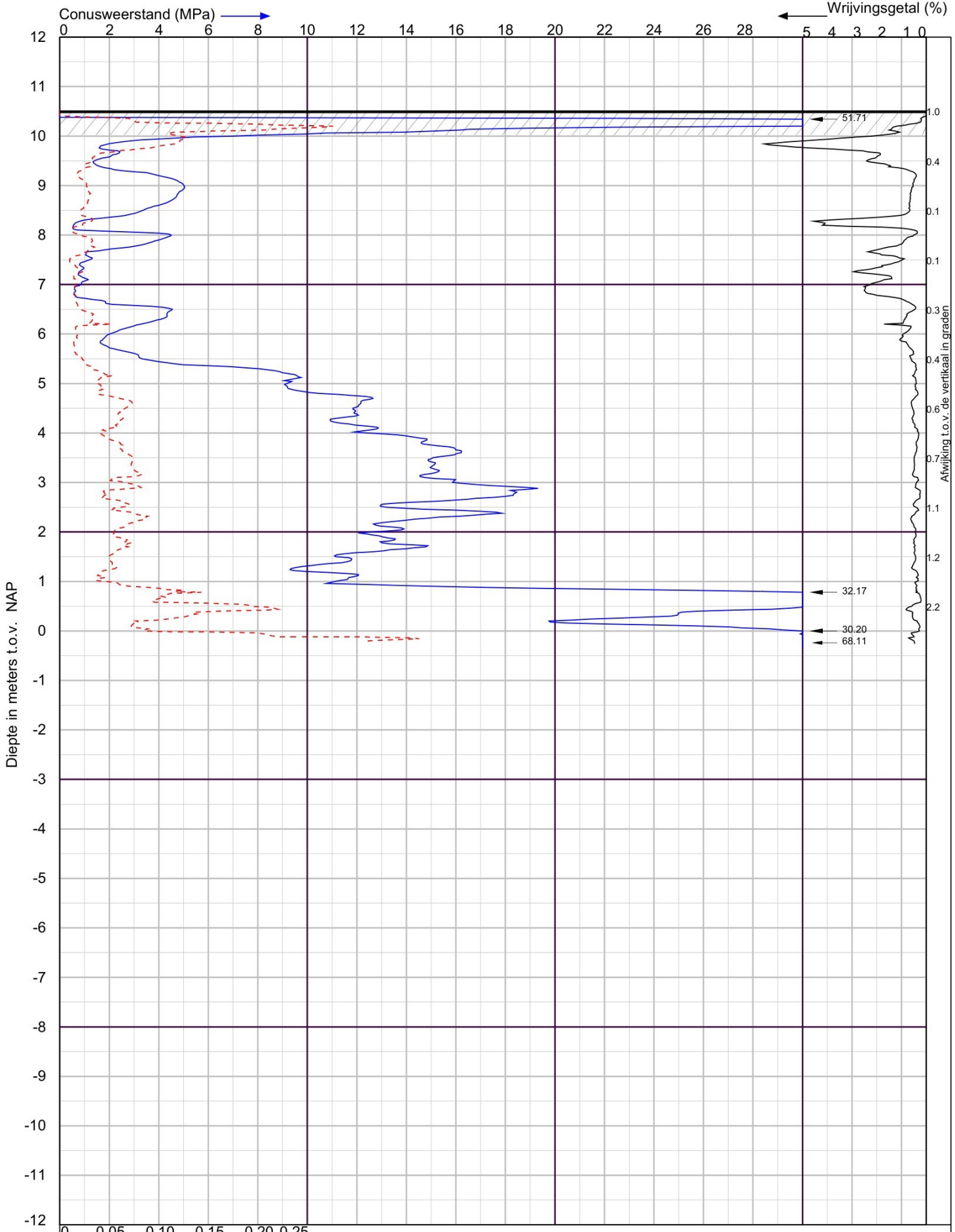
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

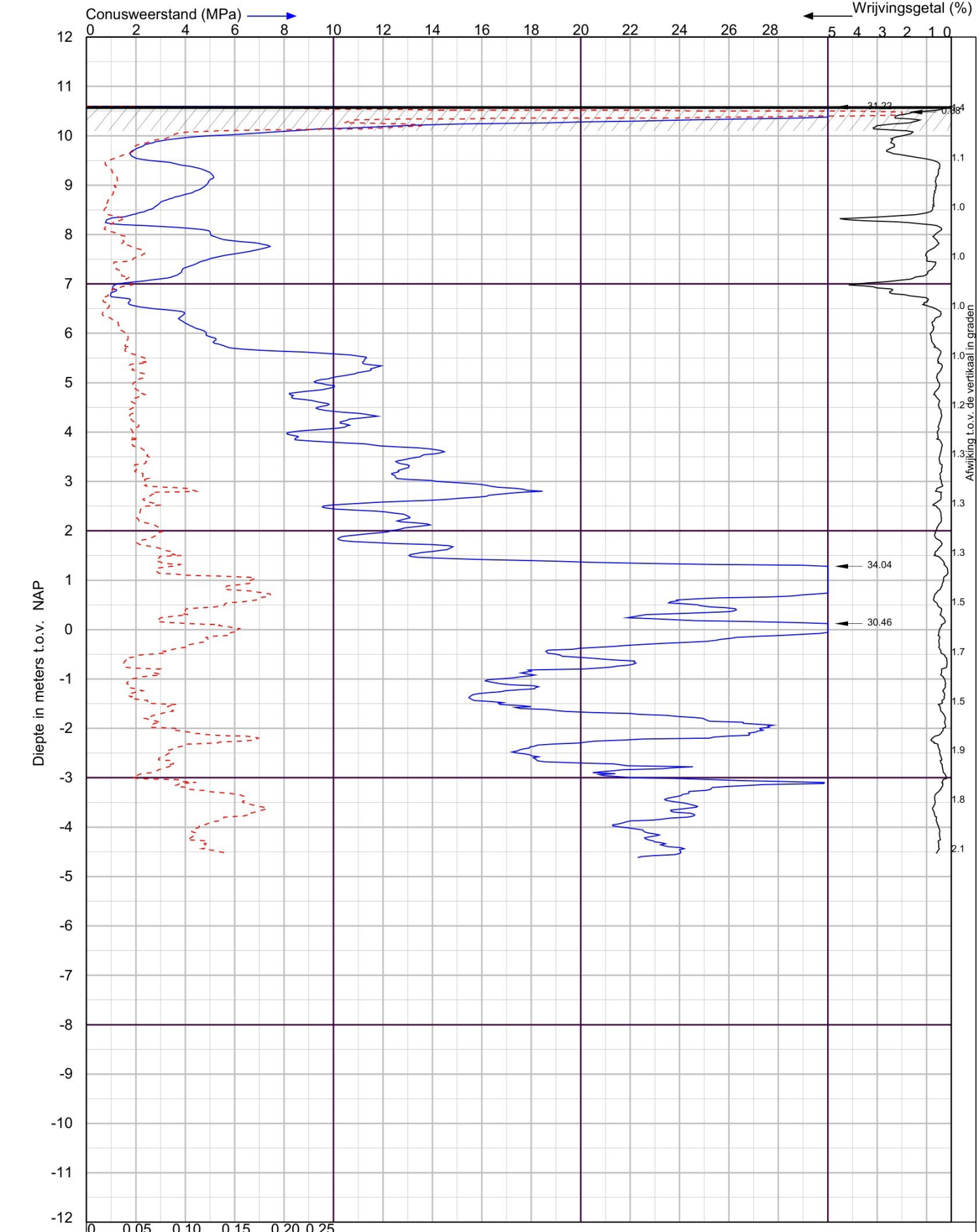
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

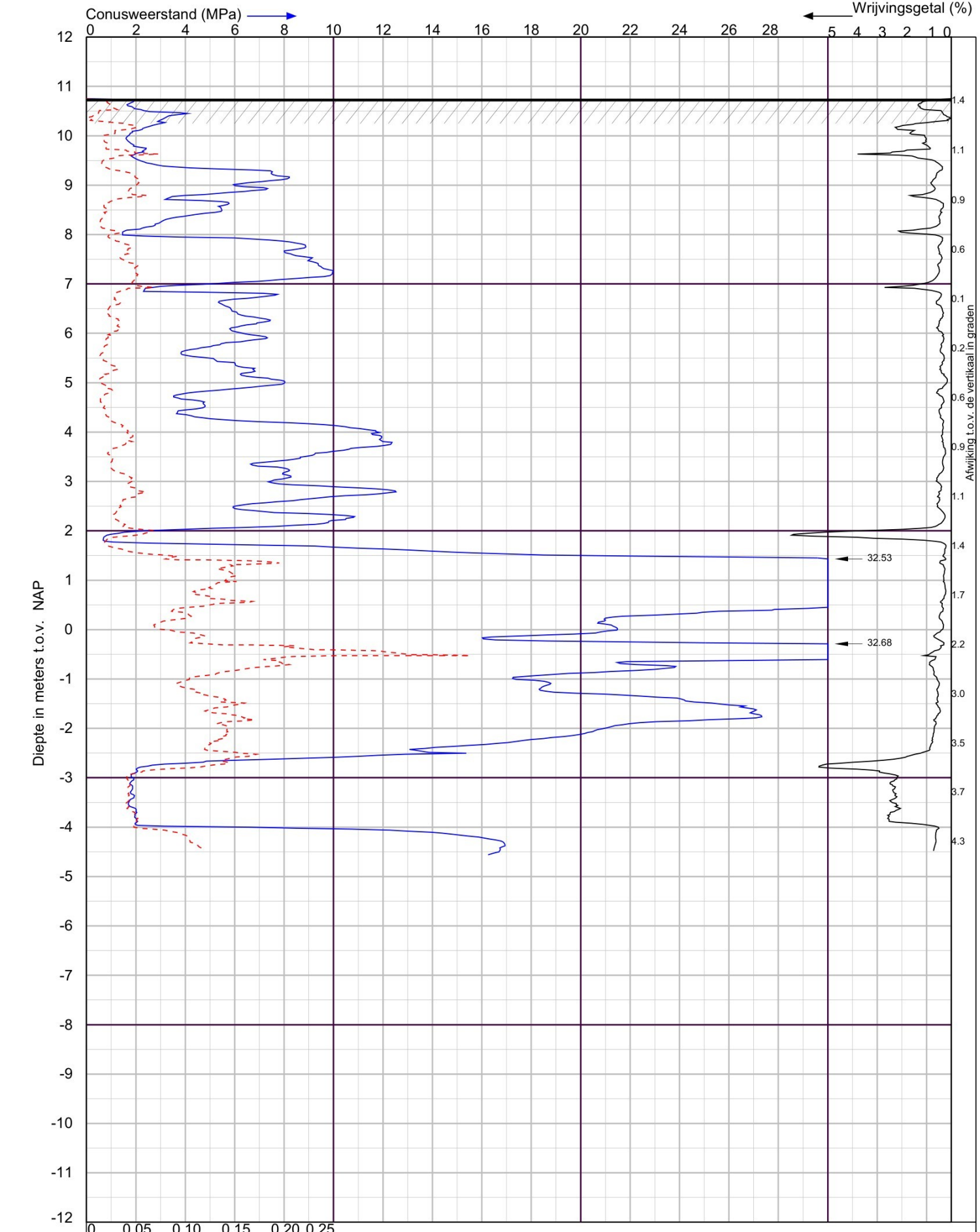
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

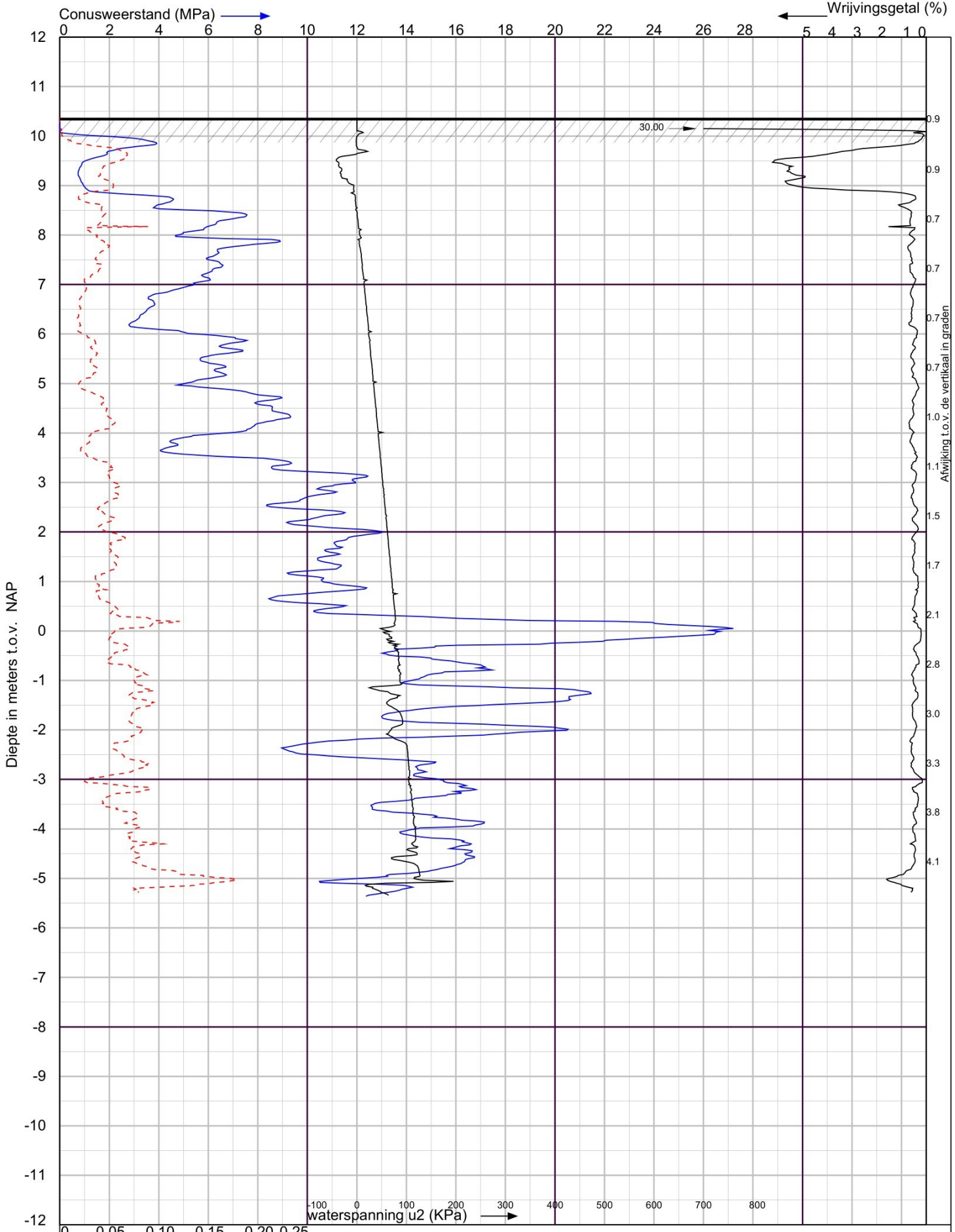
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

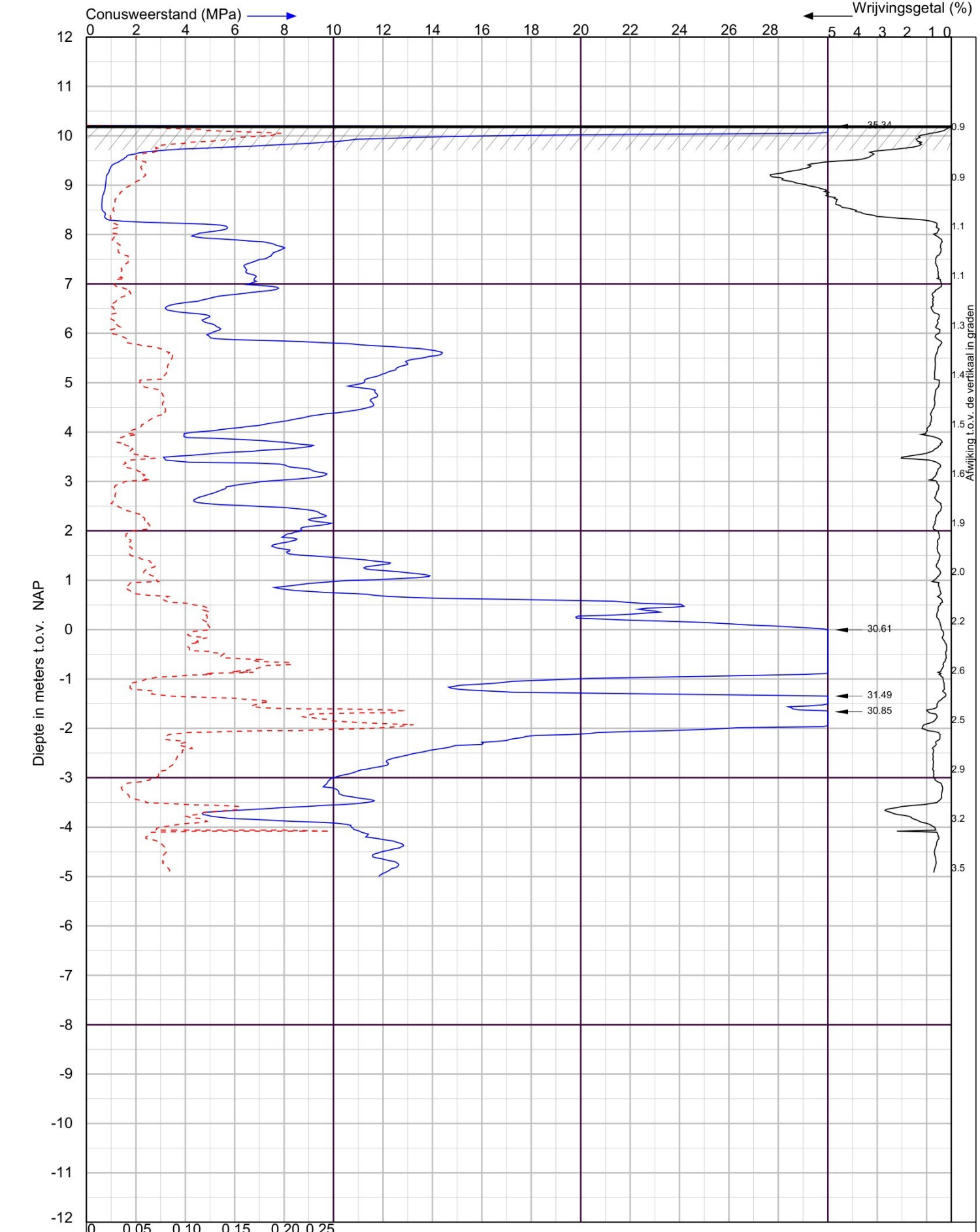
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

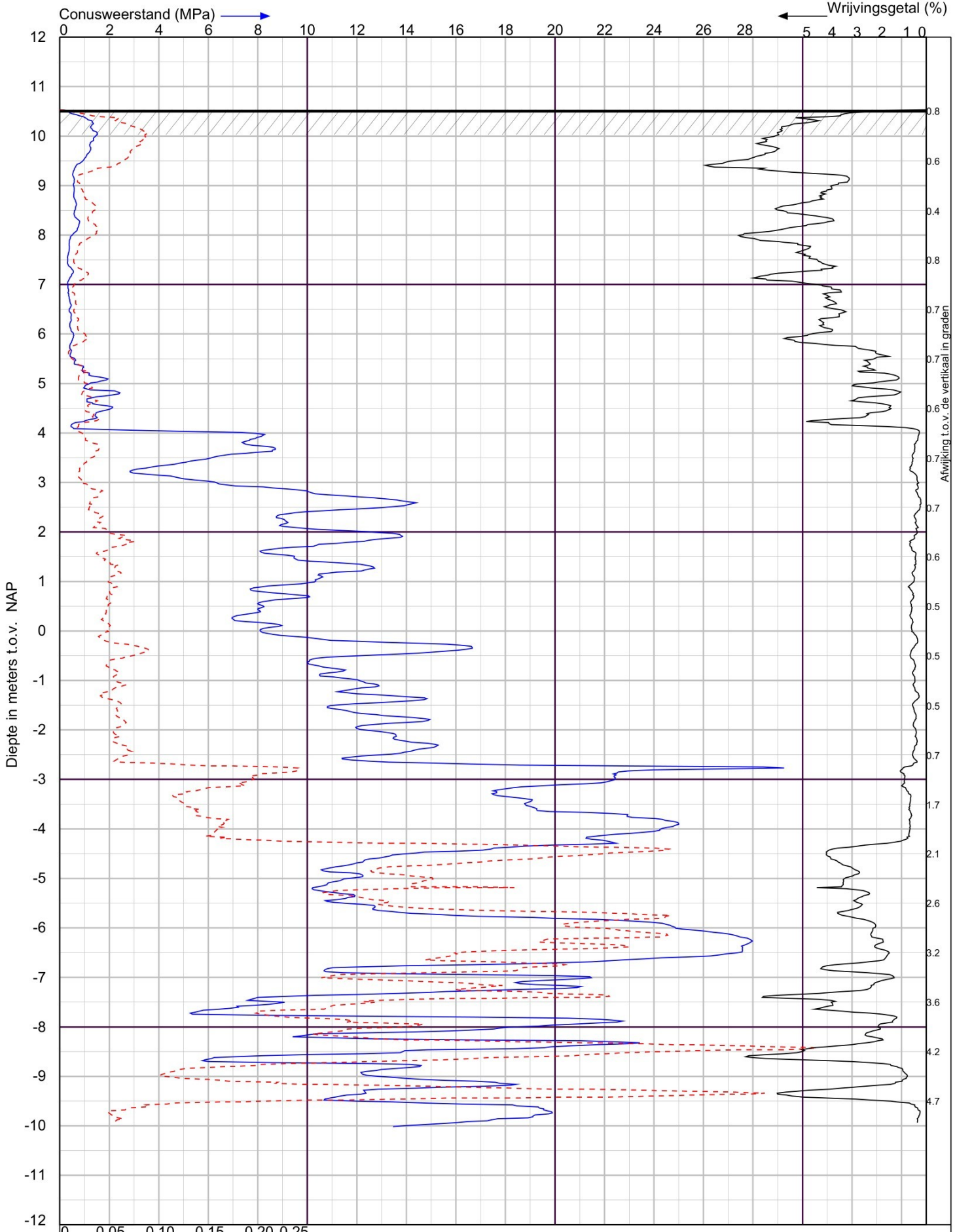
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

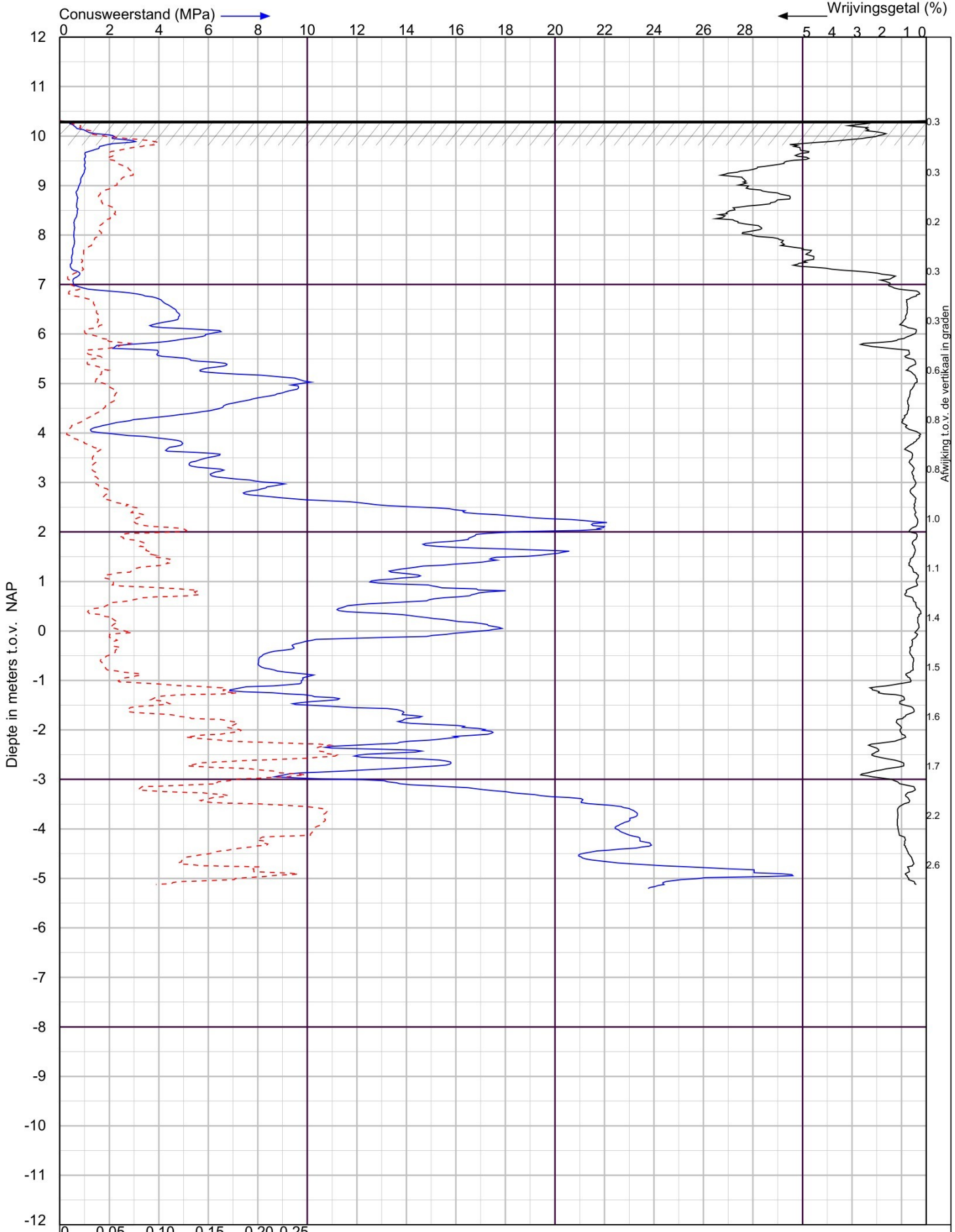
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

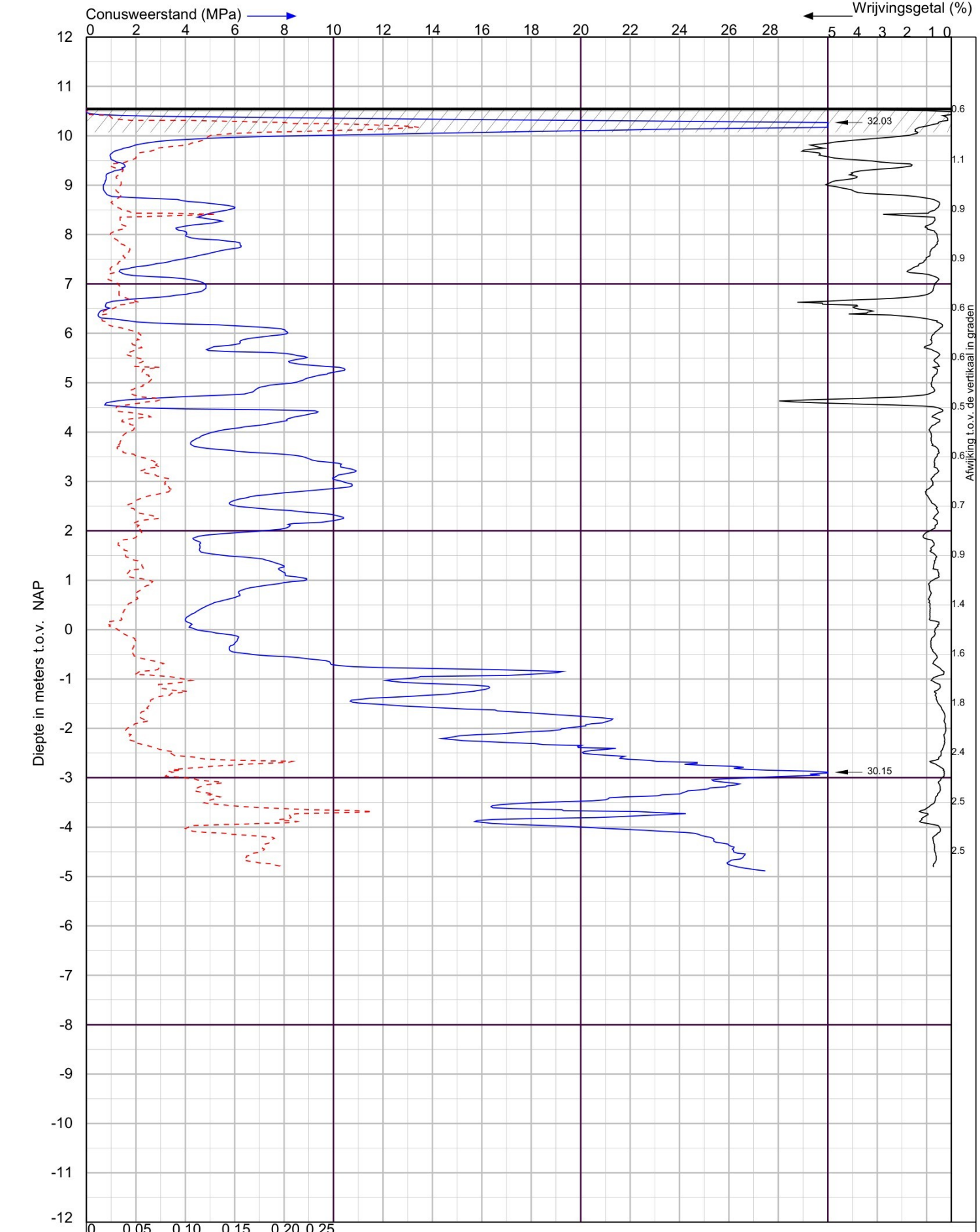
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 15 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT15
Gewicht:	11 ton
Afmeting (LxBxH):	5900x1.950x2500 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

Max. te boren lengte:	216 m (Gyro 216m)
Max. te boren buisdiameter:	Ø 355 mm
Min. boorstraal:	R = 36 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 67 mm / 3005 mm
Trekkracht:	150 kN
Drukkracht:	150 kN
Torque:	5000 Nm
Pompcapaciteit:	400 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 110, 160, 225, 270, 340, 440, 500 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4011
Projectonderdeel : 15T -1x160 + 3x110

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 153,09	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 151,16	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 19,29 / 35	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,25	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,20	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]	Gecombineerde straal [m]
Intrede-TV1	6,00	5,66	6,00	5,66	-	-	-
TV1-TH1	19,93	19,34	25,93	25,00	100,00	-	-
TH1-TV2	13,74	13,70	39,67	38,70	100,00	60,00	51,45
TV2-TV3	73,91	73,91	113,57	112,60	-	60,00	-
TV3-TH2	2,54	2,54	116,11	115,14	100,00	60,00	51,45
TH2-TV4	31,13	30,50	147,24	145,64	100,00	-	-
TV4-Uittrede	5,85	5,52	153,09	151,16	-	-	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 248,8	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 4	
De bundelbuizen worden niet gekoppeld			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

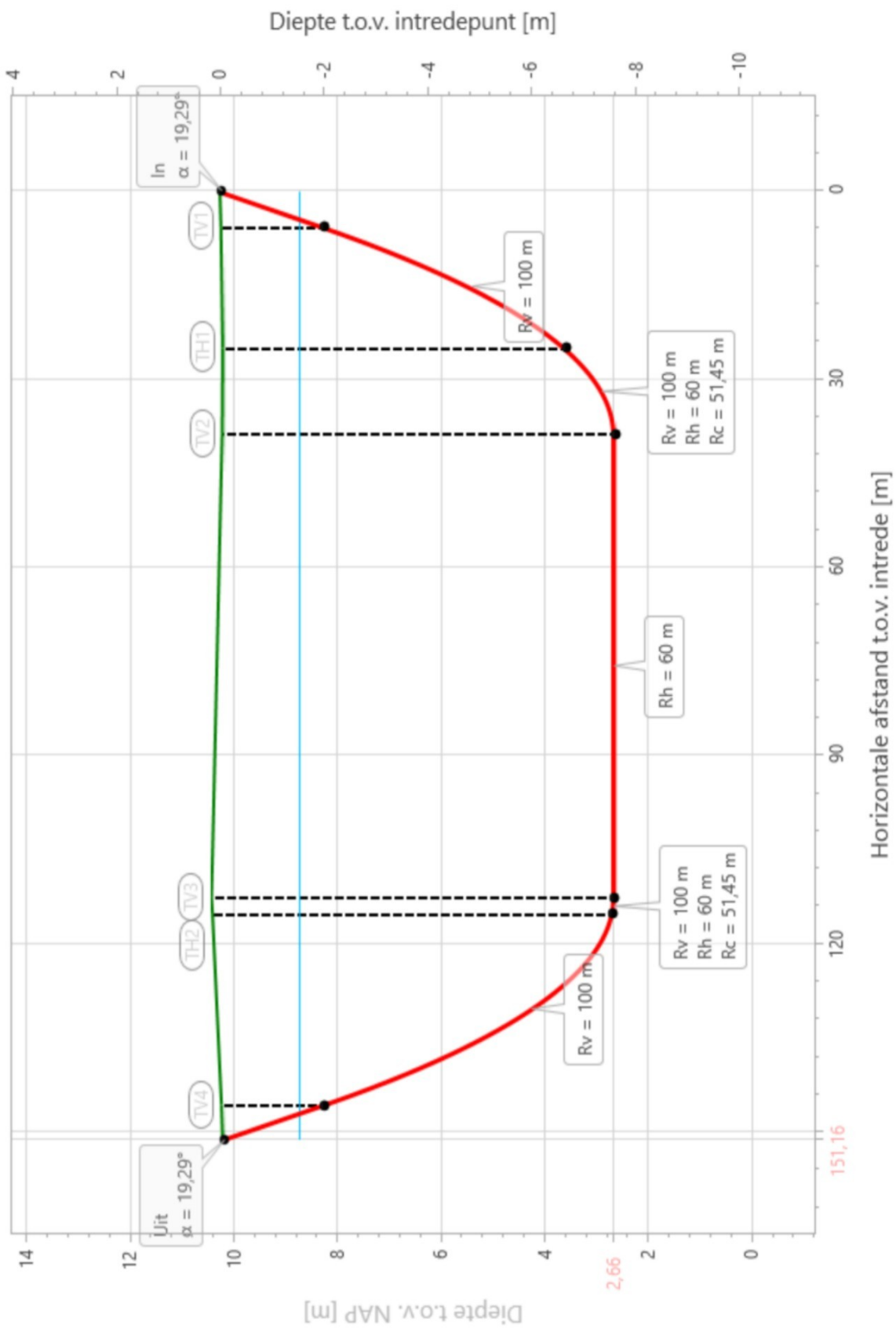
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	6,00	1,96	1,49	Zand	16,05	20,77	35,00
TH1	25,93	6,60	1,46	Zand	16,00	20,97	35,00
TV2	39,67	7,55	1,47	Zand	16,01	20,98	35,00
TV3	113,57	7,76	1,68	Zand	16,26	20,98	35,00
TH2	116,11	7,71	1,66	Zand	16,24	20,98	35,00
TV4	147,24	1,95	1,48	Zand	16,03	20,77	35,00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	75,00	Grafiek II	06
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek II	06
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	06
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	06
TH2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	06
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	06

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	153,09	**1.755**	**975**
Na intrekken van TV4-Uittrede	147,24	**1.688**	**938**
Na intrekken van TH2-TV4	116,11	**1.331**	**739**
Na intrekken van TV3-TH2	113,57	**1.302**	**723**
Na intrekken van TV2-TV3	39,67	**455**	**253**
Na intrekken van TH1-TV2	25,93	**297**	**165**
Na intrekken van TV1-TH1	6,00	**69**	**38**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.755	**0,26**
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.688	**0,25**
Na intrekken van TH2-TV4	1.331	**0,20**
Na intrekken van TV3-TH2	1.302	**0,20**
Na intrekken van TV2-TV3	455	**0,07**
Na intrekken van TH1-TV2	297	**0,04**
Na intrekken van TV1-TH1	69	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669{,}10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923{,}86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923{,}86}{222.522} = \mathbf{0{,}86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	σ_t [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	0,26	**0,82**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,25	**0,81**
Na intrekken van TH2-TV4	0,20	**0,76**
Na intrekken van TV3-TH2	0,20	**0,75**
Na intrekken van TV2-TV3	0,07	**0,63**
Na intrekken van TH1-TV2	0,04	**0,60**
Na intrekken van TV1-TH1	0,01	**0,57**

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}86 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}82 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 4

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 331,63$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0637$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,168$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	153,09	**527**	-	**293**	-
Na intrekken van TH2-TV4	147,24	-	**3.334**	-	**1.852**
Na intrekken van TV3-TH2	116,11	-	**3.563**	-	**1.979**
Na intrekken van TV2-TV3	113,57	-	**10.226**	-	**5.681**
Na intrekken van TH1-TV2	39,67	-	**11.465**	-	**6.369**
Na intrekken van TV1-TH1	25,93	-	**13.261**	-	**7.367**
Na intrekken van Intrede-TV1	6,00	**13.802**	-	**7.668**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (331,63 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (331,63 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TH2-TV4 ..	75,00	108,72	78,20	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH2-TV4 ..	75,00	32,18	42,54	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV3-TH2 ..	75,00	109,50	78,48	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV3-TH2 ..	75,00	108,72	78,20	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV2-TV3 ..	75,00	105,44	77,01	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV2-TV3 ..	75,00	109,50	78,48	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH1-TV2 ..	75,00	92,89	72,28	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH1-TV2 ..	75,00	105,44	77,01	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TH1 ..	75,00	32,39	42,69	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TH1 ..	75,00	92,89	72,28	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\upsilon = \frac{K}{1 + K}$

$\ell = \frac{\pi}{\lambda}$ $A = \ell \cdot b$ $b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 80 = 41,89$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	R_c [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TH2-TV4 (TH2)	100,00	-	-	0,017	2,75	**936**	**520**
TH2-TV4 (TV4)	100,00	-	-	0,017	2,75	**936**	**520**
TV3-TH2 (TV3)	100,00	60,00	51,45	0,033	5,35	**1.819**	**1.011**
TV3-TH2 (TH2)	100,00	60,00	51,45	0,033	5,35	**1.819**	**1.011**
TV2-TV3 (TV2)	-	60,00	-	0,029	4,59	**1.560**	**867**
TV2-TV3 (TV3)	-	60,00	-	0,029	4,59	**1.560**	**867**
TH1-TV2 (TH1)	100,00	60,00	51,45	0,033	5,35	**1.819**	**1.011**
TH1-TV2 (TV2)	100,00	60,00	51,45	0,033	5,35	**1.819**	**1.011**
TV1-TH1 (TV1)	100,00	-	-	0,017	2,75	**936**	**520**
TV1-TH1 (TH1)	100,00	-	-	0,017	2,75	**936**	**520**

$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758,07}{160 \cdot 0,9 \cdot R}$

$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$

$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TH2-TV4	739	1.852	520	520	**3.112**
TV3-TH2	723	1.979	1.011	1.531	**4.233**
TV2-TV3	253	5.681	867	2.397	**8.331**
TH1-TV2	165	6.369	1.011	3.408	**9.942**
TV1-TH1	38	7.367	520	3.928	**11.334**

$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TH2-TV4	8,92	3.112	**347**	**193**
TV3-TH2	0,73	4.233	**39**	**21**
TV2-TV3	35,29	8.331	**3.465**	**1.925**
TH1-TV2	3,94	9.942	**491**	**273**
TV1-TH1	5,71	11.334	**812**	**451**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.688	527	-	-	-	**2.215**	**0,22**
Na intrekken van TH2-TV4	1.331	-	3.334	936	347	**5.948**	**0,59**
Na intrekken van TV3-TH2	1.302	-	3.563	2.755	386	**8.006**	**0,80**
Na intrekken van TV2-TV3	455	-	10.226	4.315	3.851	**18.847**	**1,88**
Na intrekken van TH1-TV2	297	-	11.465	6.135	4.343	**22.239**	**2,22**
Na intrekken van TV1-TH1	69	-	13.261	7.071	5.154	**25.555**	**2,56**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	13.802	-	7.071	5.154	**26.027**	**2,60**

$$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	938	293	-	-	-	**1.231**	**0,12**
Na intrekken van TH2-TV4	739	-	1.852	520	193	**3.305**	**0,33**
Na intrekken van TV3-TH2	723	-	1.979	1.531	214	**4.448**	**0,44**
Na intrekken van TV2-TV3	253	-	5.681	2.397	2.139	**10.470**	**1,05**
Na intrekken van TH1-TV2	165	-	6.369	3.408	2.413	**12.355**	**1,24**
Na intrekken van TV1-TH1	38	-	7.367	3.928	2.863	**14.197**	**1,42**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	7.668	-	3.928	2.863	**14.459**	**1,45**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **14.459 N (≈ 1,45 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.215	**0,33**
Na intrekken van TH2-TV4	5.948	**0,89**
Na intrekken van TV3-TH2	8.006	**1,20**
Na intrekken van TV2-TV3	18.847	**2,83**
Na intrekken van TH1-TV2	22.239	**3,33**
Na intrekken van TV1-TH1	25.555	**3,83**
Na intrekken van Intrede-TV1	26.027	**3,90**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm^2]
TH2-TV4	100,00	269.993,33	**1,21**
TV3-TH2	51,45	524.772,71	**2,36**
TV2-TV3	60,00	449.988,88	**2,02**
TH1-TV2	51,45	524.772,71	**2,36**
TV1-TH1	100,00	269.993,33	**1,21**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1{,}4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758{,}07}{0{,}9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521{,}98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.215	0,33	-	**0,33**
Na intrekken van TH2-TV4	5.948	0,89	1,21	**1,68**
Na intrekken van TV3-TH2	8.006	1,20	2,36	**2,73**
Na intrekken van TV2-TV3	18.847	2,83	2,02	**4,14**
Na intrekken van TH1-TV2	22.239	3,33	2,36	**4,87**
Na intrekken van TV1-TH1	25.555	3,83	1,21	**4,62**
Na intrekken van Intrede-TV1	26.027	3,90	-	**3,90**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669{,}10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 4{,}87 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,96	1,49	Zand	26,39	6,00	32,39	5,18
TH1	6,60	1,46	Zand	25,74	67,15	92,89	14,86
TV2	7,55	1,47	Zand	25,91	79,53	105,44	16,87
TV3	7,76	1,68	Zand	29,97	79,53	109,50	17,52
TH2	7,71	1,66	Zand	29,60	79,11	108,72	17,39
TV4	1,95	1,48	Zand	26,17	6,00	32,18	5,15

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,96	Grafiek II	13,49	2,16
TH1	6,60	Grafiek II	2,86	0,46
TV2	7,55	Grafiek I	6,28	1,00
TV3	7,76	Grafiek ½ x II	1,17	0,19
TH2	7,71	Grafiek ½ x II	1,18	0,19
TV4	1,95	Grafiek ½ x II	6,80	1,09

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	5,18	2,16	7,34	108,97(1)	**3,07**
TH1	✓	14,86	0,46	15,32	227,42(1)	**6,40**
TV2	✓	16,87	1,00	17,88	265,35(1)	**7,47**
TV3	✓	17,52	0,19	17,71	262,86(1)	**7,40**
TH2	✓	17,39	0,19	17,58	261,01(1)	**7,35**
TV4	✓	5,15	1,09	6,24	92,56(1)	**2,61**

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]
TV1	100,00	0,017	1,11
TH1	51,45	0,033	2,16
TV2	51,45	0,033	2,16
TV3	51,45	0,033	2,16
TH2	51,45	0,033	2,16
TV4	100,00	0,017	1,11

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm²

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,96	1,49	**0,47**
TH1	6,60	1,46	**5,14**
TV2	7,55	1,47	**6,08**
TV3	7,76	1,68	**6,08**
TH2	7,71	1,66	**6,05**
TV4	1,95	1,48	**0,47**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 6{,}08 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	3,07	1,11	0,65	**2,72**
TH1	6,40	2,16	0,65	**5,56**
TV2	7,47	2,16	0,65	**6,26**
TV3	7,40	2,16	0,65	**6,21**
TH2	7,35	2,16	0,65	**6,18**
TV4	2,61	1,11	0,65	**2,42**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 6{,}26 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
TH1	0,00	0,00	2,36	0,65	**1,53**
TV2	0,00	0,00	2,36	0,65	**1,53**
TV3	0,00	0,00	2,36	0,65	**1,53**
TH2	0,00	0,00	2,36	0,65	**1,53**
TV4	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 1{,}53 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	5,18	2,16	2,75	**1,29**	0,89
TH1	14,86	0,46	5,35	**3,10**	2,14
TV2	16,87	1,00	5,35	**3,57**	2,46
TV3	17,52	0,19	5,35	**3,62**	2,49
TH2	17,39	0,19	5,35	**3,60**	2,47
TV4	5,15	1,09	2,75	**1,17**	0,81

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 72{,}70^3}{350 \cdot 259{,}34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 145{,}40 =$ **11,63** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 3{,}62 \leq 11{,}63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,96	25,96	11,07	18,51	29,13	42,69
TH1	6,60	67,85	28,93	48,39	76,15	72,28
TV2	7,55	76,59	32,66	54,62	85,96	77,01
TV3	7,76	79,94	34,09	57,02	89,72	78,48
TH2	7,71	79,35	33,84	56,59	89,05	78,20
TV4	1,95	25,78	10,99	18,39	28,93	42,54

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	16,43	0,00065	0,0047	0,2989	0,43	**3,85**
TH1	27,82	0,00100	0,0514	0,2989	1,00	**8,97**
TV2	29,64	0,0011	0,0608	0,2989	1,11	**9,95**
TV3	30,21	0,0011	0,0608	0,2989	1,14	**10,28**
TH2	30,10	0,0011	0,0605	0,2989	1,14	**10,22**
TV4	16,38	0,00064	0,0047	0,2989	0,43	**3,83**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,78	0,04	1,98	0,18	**1,81**	0,02	**0,24**
TH1	0,63	0,02	6,65	0,45	**4,46**	0,08	**0,83**
TV2	0,61	0,02	7,60	0,50	**4,97**	0,10	**0,97**
TV3	0,60	0,03	7,60	0,51	**5,12**	0,12	**1,16**
TH2	0,60	0,03	7,56	0,51	**5,09**	0,12	**1,16**
TV4	0,78	0,15	1,98	0,18	**1,80**	0,06	**0,60**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	0,98	0,13	1,93	0,08	**0,82**	0,02(1)	**0,22**
TH2	2,41	0,05	7,51	0,51	**5,09**	0,09(1)	**0,88**
TV3	2,40	0,05	7,54	0,51	**5,12**	0,09(1)	**0,89**
TV2	2,43	0,06	7,54	0,50	**4,97**	0,09(1)	**0,93**
TH1	2,50	0,07	6,60	0,45	**4,46**	0,08(1)	**0,83**
TV1	0,98	0,15	1,93	0,08	**0,83**	0,03(2)	**0,25**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 248{,}8 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 249^2)} = 0{,}045 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}045}{(500 - 249)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 249)} \right) \cdot (153{,}09 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,02	1,57
TH2	0,09	1,57
TV3	0,09	1,57
TV2	0,09	1,57
TH1	0,08	1,57
TV1	0,03	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

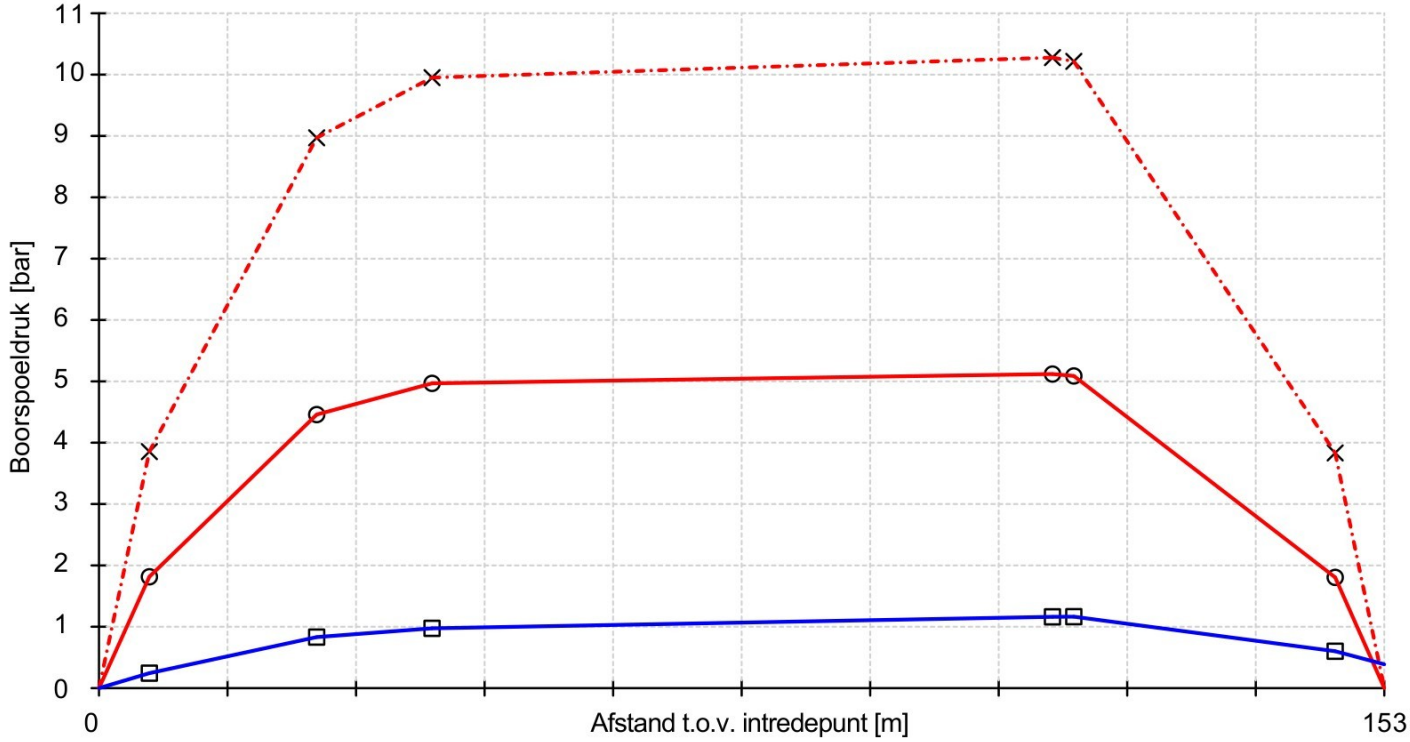
$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 1{,}57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0{,}09 \leq 1{,}57 \rightarrow$ Voldoet

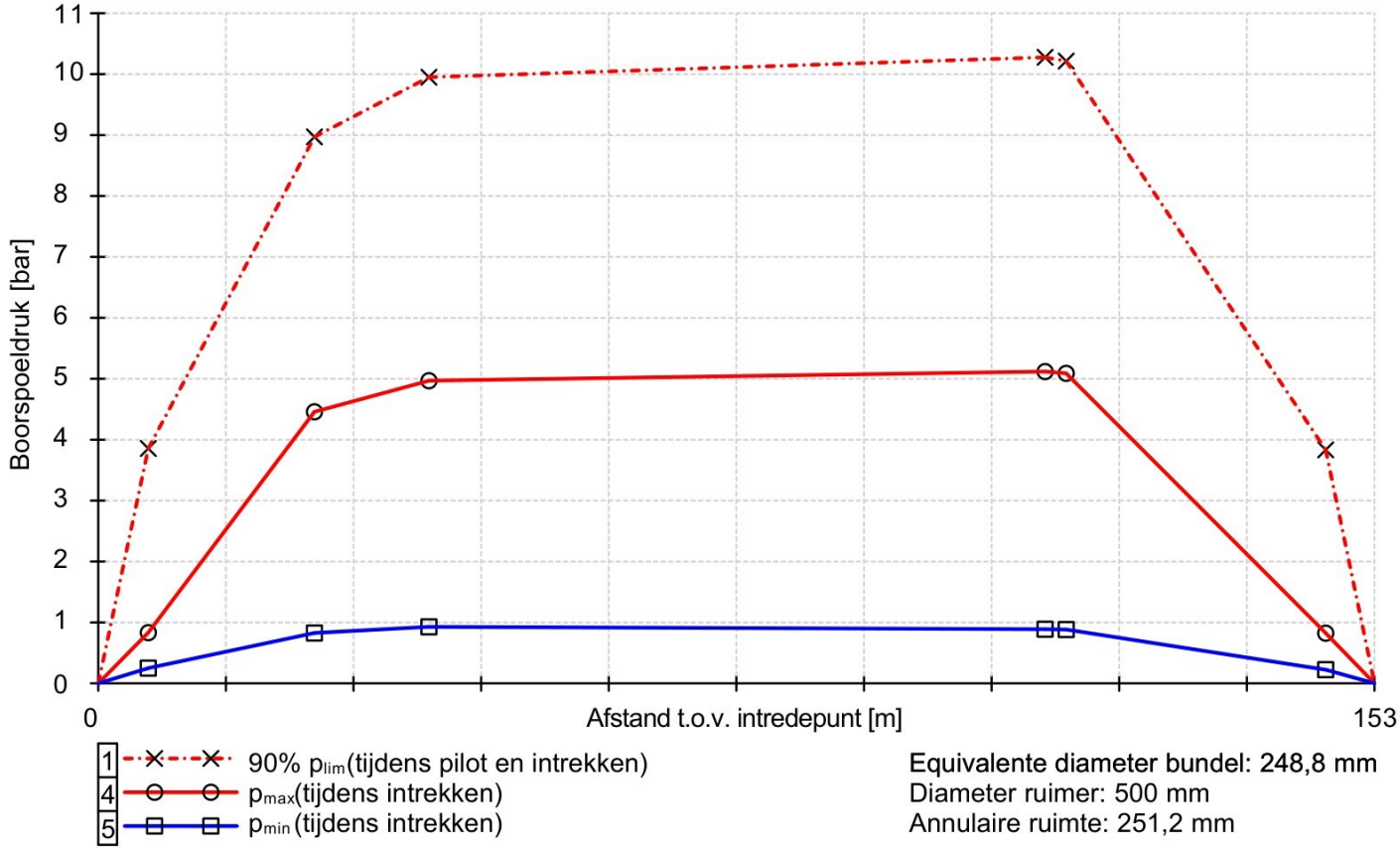
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



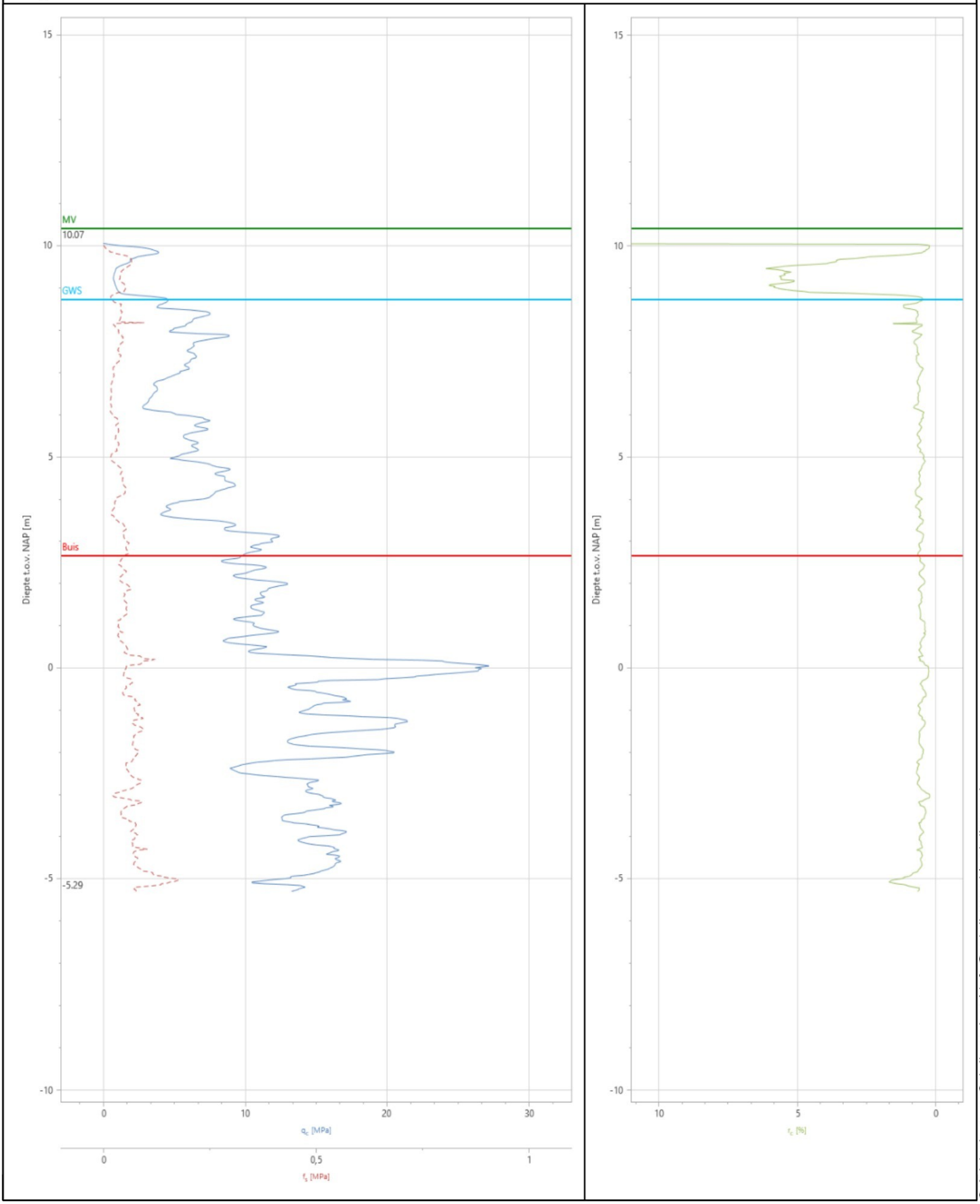
Equivalente diameter bundel: 248,8 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 251,2 mm

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

06

Naam van het project : B4011
Projectonderdeel : 15T -1x160 + 3x110



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4011
Projectonderdeel : 15T - 3x110+1x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= $16,0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 153,09	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 151,16	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 19,29 / 35	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,25	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,20	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]	Gecombineerde straal [m]
Intrede-TV1	6,00	5,66	6,00	5,66	-	-	-
TV1-TH1	19,93	19,34	25,93	25,00	100,00	-	-
TH1-TV2	13,74	13,70	39,67	38,70	100,00	60,00	51,45
TV2-TV3	73,91	73,91	113,57	112,60	-	60,00	-
TV3-TH2	2,54	2,54	116,11	115,14	100,00	60,00	51,45
TH2-TV4	31,13	30,50	147,24	145,64	100,00	-	-
TV4-Uittrede	5,85	5,52	153,09	151,16	-	-	-

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 248,8	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 4	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

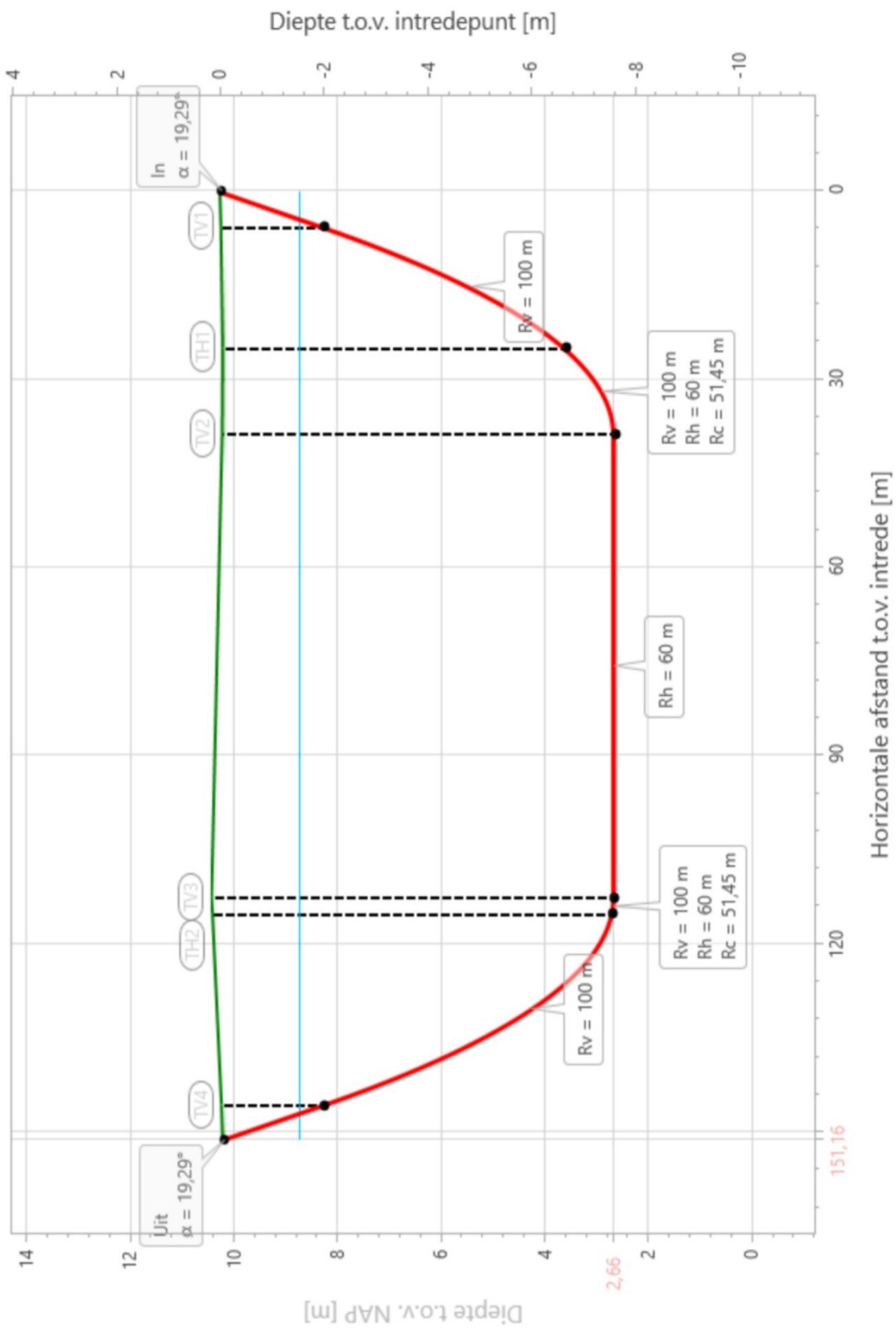
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	6,00	1,96	1,49	Zand	16,05	20,77	35,00
TH1	25,93	6,60	1,46	Zand	16,00	20,97	35,00
TV2	39,67	7,55	1,47	Zand	16,01	20,98	35,00
TV3	113,57	7,76	1,68	Zand	16,26	20,98	35,00
TH2	116,11	7,71	1,66	Zand	16,24	20,98	35,00
TV4	147,24	1,95	1,48	Zand	16,03	20,77	35,00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	75,00	Grafiek II	06
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek II	06
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	06
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	06
TH2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	06
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	06

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 3.966.260,73	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0300	N/mm^1	g	=	0,0300	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0300	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0300	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	153,09	**827**	**459**
Na intrekken van TV4-Uittrede	147,24	**795**	**442**
Na intrekken van TH2-TV4	116,11	**627**	**348**
Na intrekken van TV3-TH2	113,57	**613**	**341**
Na intrekken van TV2-TV3	39,67	**214**	**119**
Na intrekken van TH1-TV2	25,93	**140**	**78**
Na intrekken van TV1-TH1	6,00	**32**	**18**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0300 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	827	**0,26**
Na intrekken van TV4-Uittrede	795	**0,25**
Na intrekken van TH2-TV4	627	**0,20**
Na intrekken van TV3-TH2	613	**0,20**
Na intrekken van TV2-TV3	214	**0,07**
Na intrekken van TH1-TV2	140	**0,04**
Na intrekken van TV1-TH1	32	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538{,}15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{42.538{,}15}{72.114} = \mathbf{0{,}59} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,26	**0,65**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,25	**0,64**
Na intrekken van TH2-TV4	0,20	**0,58**
Na intrekken van TV3-TH2	0,20	**0,58**
Na intrekken van TV2-TV3	0,07	**0,45**
Na intrekken van TH1-TV2	0,04	**0,43**
Na intrekken van TV1-TH1	0,01	**0,39**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}59 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}65 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 4

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 227,99$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0300$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,0793$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	153,09	**287**	-	**159**	-
Na intrekken van TH2-TV4	147,24	-	**1.814**	-	**1.008**
Na intrekken van TV3-TH2	116,11	-	**1.939**	-	**1.077**
Na intrekken van TV2-TV3	113,57	-	**5.565**	-	**3.091**
Na intrekken van TH1-TV2	39,67	-	**6.239**	-	**3.466**
Na intrekken van TV1-TH1	25,93	-	**7.216**	-	**4.009**
Na intrekken van Intrede-TV1	6,00	**7.511**	-	**4.173**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (227,99 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (227,99 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TH2-TV4 ..	75,00	108,72	78,20	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH2-TV4 ..	75,00	32,18	42,54	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV3-TH2 ..	75,00	109,50	78,48	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV3-TH2 ..	75,00	108,72	78,20	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV2-TV3 ..	75,00	105,44	77,01	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV2-TV3 ..	75,00	109,50	78,48	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH1-TV2 ..	75,00	92,89	72,28	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH1-TV2 ..	75,00	105,44	77,01	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TH1 ..	75,00	32,39	42,69	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TH1 ..	75,00	92,89	72,28	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\upsilon = \frac{K}{1 + K}$

$\ell = \frac{\pi}{\lambda}$ $A = \ell \cdot b$ $b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 55 = 28{,}80$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	R_c [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TH2-TV4 (TH2)	100,00	-	-	0,012	1,30	**304**	**169**
TH2-TV4 (TV4)	100,00	-	-	0,012	1,30	**304**	**169**
TV3-TH2 (TV3)	100,00	60,00	51,45	0,023	2,53	**590**	**328**
TV3-TH2 (TH2)	100,00	60,00	51,45	0,023	2,53	**590**	**328**
TV2-TV3 (TV2)	-	60,00	-	0,020	2,17	**506**	**281**
TV2-TV3 (TV3)	-	60,00	-	0,020	2,17	**506**	**281**
TH1-TV2 (TH1)	100,00	60,00	51,45	0,023	2,53	**590**	**328**
TH1-TV2 (TV2)	100,00	60,00	51,45	0,023	2,53	**590**	**328**
TV1-TH1 (TV1)	100,00	-	-	0,012	1,30	**304**	**169**
TV1-TH1 (TH1)	100,00	-	-	0,012	1,30	**304**	**169**

$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110 \cdot 0{,}9 \cdot R}$

$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 110$

$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TH2-TV4	348	1.008	169	169	**1.525**
TV3-TH2	341	1.077	328	496	**1.914**
TV2-TV3	119	3.091	281	778	**3.988**
TH1-TV2	78	3.466	328	1.105	**4.649**
TV1-TH1	18	4.009	169	1.274	**5.301**

$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TH2-TV4	8,92	1.525	**170**	**95**
TV3-TH2	0,73	1.914	**17**	**10**
TV2-TV3	35,29	3.988	**1.659**	**922**
TH1-TV2	3,94	4.649	**230**	**128**
TV1-TH1	5,71	5.301	**380**	**211**

$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$

$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$

$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$

$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	795	287	-	-	-	**1.082**	**0,11**
Na intrekken van TH2-TV4	627	-	1.814	304	170	**2.915**	**0,29**
Na intrekken van TV3-TH2	613	-	1.939	894	188	**3.633**	**0,36**
Na intrekken van TV2-TV3	214	-	5.565	1.400	1.846	**9.025**	**0,90**
Na intrekken van TH1-TV2	140	-	6.239	1.990	2.076	**10.445**	**1,04**
Na intrekken van TV1-TH1	32	-	7.216	2.293	2.456	**11.998**	**1,20**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	7.511	-	2.293	2.456	**12.260**	**1,23**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	442	159	-	-	-	**601**	**0,06**
Na intrekken van TH2-TV4	348	-	1.008	169	95	**1.619**	**0,16**
Na intrekken van TV3-TH2	341	-	1.077	496	104	**2.018**	**0,20**
Na intrekken van TV2-TV3	119	-	3.091	778	1.026	**5.014**	**0,50**
Na intrekken van TH1-TV2	78	-	3.466	1.105	1.153	**5.803**	**0,58**
Na intrekken van TV1-TH1	18	-	4.009	1.274	1.364	**6.665**	**0,67**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	4.173	-	1.274	1.364	**6.811**	**0,68**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **6.811 N (≈ 0,68 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.082	**0,34**
Na intrekken van TH2-TV4	2.915	**0,93**
Na intrekken van TV3-TH2	3.633	**1,16**
Na intrekken van TV2-TV3	9.025	**2,87**
Na intrekken van TH1-TV2	10.445	**3,32**
Na intrekken van TV1-TH1	11.998	**3,82**
Na intrekken van Intrede-TV1	12.260	**3,90**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm^2]
TH2-TV4	100,00	60.154,95	**0,83**
TV3-TH2	51,45	116.920,21	**1,62**
TV2-TV3	60,00	100.258,26	**1,39**
TH1-TV2	51,45	116.920,21	**1,62**
TV1-TH1	100,00	60.154,95	**0,83**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1{,}4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260{,}73}{0{,}9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{72.113{,}83}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.082	0,34	-	**0,34**
Na intrekken van TH2-TV4	2.915	0,93	0,83	**1,47**
Na intrekken van TV3-TH2	3.633	1,16	1,62	**2,21**
Na intrekken van TV2-TV3	9.025	2,87	1,39	**3,78**
Na intrekken van TH1-TV2	10.445	3,32	1,62	**4,38**
Na intrekken van TV1-TH1	11.998	3,82	0,83	**4,36**
Na intrekken van Intrede-TV1	12.260	3,90	-	**3,90**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141{,}59} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 4{,}38 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,96	1,49	Zand	26,39	6,00	32,39	3,56
TH1	6,60	1,46	Zand	25,74	67,15	92,89	10,22
TV2	7,55	1,47	Zand	25,91	79,53	105,44	11,60
TV3	7,76	1,68	Zand	29,97	79,53	109,50	12,05
TH2	7,71	1,66	Zand	29,60	79,11	108,72	11,96
TV4	1,95	1,48	Zand	26,17	6,00	32,18	3,54

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,96	Grafiek II	13,49	1,48
TH1	6,60	Grafiek II	2,86	0,31
TV2	7,55	Grafiek I	6,28	0,69
TV3	7,76	Grafiek ½ x II	1,17	0,13
TH2	7,71	Grafiek ½ x II	1,18	0,13
TV4	1,95	Grafiek ½ x II	6,80	0,75

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	3,56	1,48	5,05	51,53(1)	**3,09**
TH1	✓	10,22	0,31	10,53	107,53(1)	**6,45**
TV2	✓	11,60	0,69	12,29	125,47(1)	**7,53**
TV3	✓	12,05	0,13	12,17	124,29(1)	**7,46**
TH2	✓	11,96	0,13	12,09	123,42(1)	**7,40**
TV4	✓	3,54	0,75	4,29	43,77(1)	**2,63**

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{16{,}67}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]
TV1	100,00	0,012	0,77
TH1	51,45	0,023	1,49
TV2	51,45	0,023	1,49
TV3	51,45	0,023	1,49
TH2	51,45	0,023	1,49
TV4	100,00	0,012	0,77

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 110 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm²

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83{,}33}{100^3} = 0{,}0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81{,}25} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,96	1,49	**0,47**
TH1	6,60	1,46	**5,14**
TV2	7,55	1,47	**6,08**
TV3	7,76	1,68	**6,08**
TH2	7,71	1,66	**6,05**
TV4	1,95	1,48	**0,47**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 6{,}08 < 27{,}78 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	3,09	0,77	0,65	**2,51**
TH1	6,45	1,49	0,65	**5,16**
TV2	7,53	1,49	0,65	**5,86**
TV3	7,46	1,49	0,65	**5,82**
TH2	7,40	1,49	0,65	**5,78**
TV4	2,63	0,77	0,65	**2,21**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 5{,}86 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	0,83	0,65	**0,54**
TH1	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TV2	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TV3	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TH2	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TV4	0,00	0,00	0,83	0,65	**0,54**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 1{,}05 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	3,56	1,48	1,30	**0,90**	0,90
TH1	10,22	0,31	2,53	**2,16**	2,16
TV2	11,60	0,69	2,53	**2,49**	2,49
TV3	12,05	0,13	2,53	**2,52**	2,52
TH2	11,96	0,13	2,53	**2,50**	2,50
TV4	3,54	0,75	1,30	**0,82**	0,82

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 100{,}00 =$ **8,00** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 2{,}52 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,96	25,96	11,07	18,51	29,13	42,69
TH1	6,60	67,85	28,93	48,39	76,15	72,28
TV2	7,55	76,59	32,66	54,62	85,96	77,01
TV3	7,76	79,94	34,09	57,02	89,72	78,48
TH2	7,71	79,35	33,84	56,59	89,05	78,20
TV4	1,95	25,78	10,99	18,39	28,93	42,54

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	16,43	0,00065	0,0047	0,2989	0,43	**3,85**
TH1	27,82	0,00100	0,0514	0,2989	1,00	**8,97**
TV2	29,64	0,0011	0,0608	0,2989	1,11	**9,95**
TV3	30,21	0,0011	0,0608	0,2989	1,14	**10,28**
TH2	30,10	0,0011	0,0605	0,2989	1,14	**10,22**
TV4	16,38	0,00064	0,0047	0,2989	0,43	**3,83**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,78	0,04	1,98	0,18	**1,81**	0,02	**0,24**
TH1	0,63	0,02	6,65	0,45	**4,46**	0,08	**0,83**
TV2	0,61	0,02	7,60	0,50	**4,97**	0,10	**0,97**
TV3	0,60	0,03	7,60	0,51	**5,12**	0,12	**1,16**
TH2	0,60	0,03	7,56	0,51	**5,09**	0,12	**1,16**
TV4	0,78	0,15	1,98	0,18	**1,80**	0,06	**0,60**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	0,98	0,13	1,93	0,08	**0,82**	0,02(1)	**0,22**
TH2	2,41	0,05	7,51	0,51	**5,09**	0,09(1)	**0,88**
TV3	2,40	0,05	7,54	0,51	**5,12**	0,09(1)	**0,89**
TV2	2,43	0,06	7,54	0,50	**4,97**	0,09(1)	**0,93**
TH1	2,50	0,07	6,60	0,45	**4,46**	0,08(1)	**0,83**
TV1	0,98	0,15	1,93	0,08	**0,83**	0,03(2)	**0,25**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 248{,}8 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 249^2)} = 0{,}045 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}045}{(500 - 249)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 249)} \right) \cdot (153{,}09 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,02	1,55
TH2	0,09	1,55
TV3	0,09	1,55
TV2	0,09	1,55
TH1	0,08	1,55
TV1	0,03	1,55

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

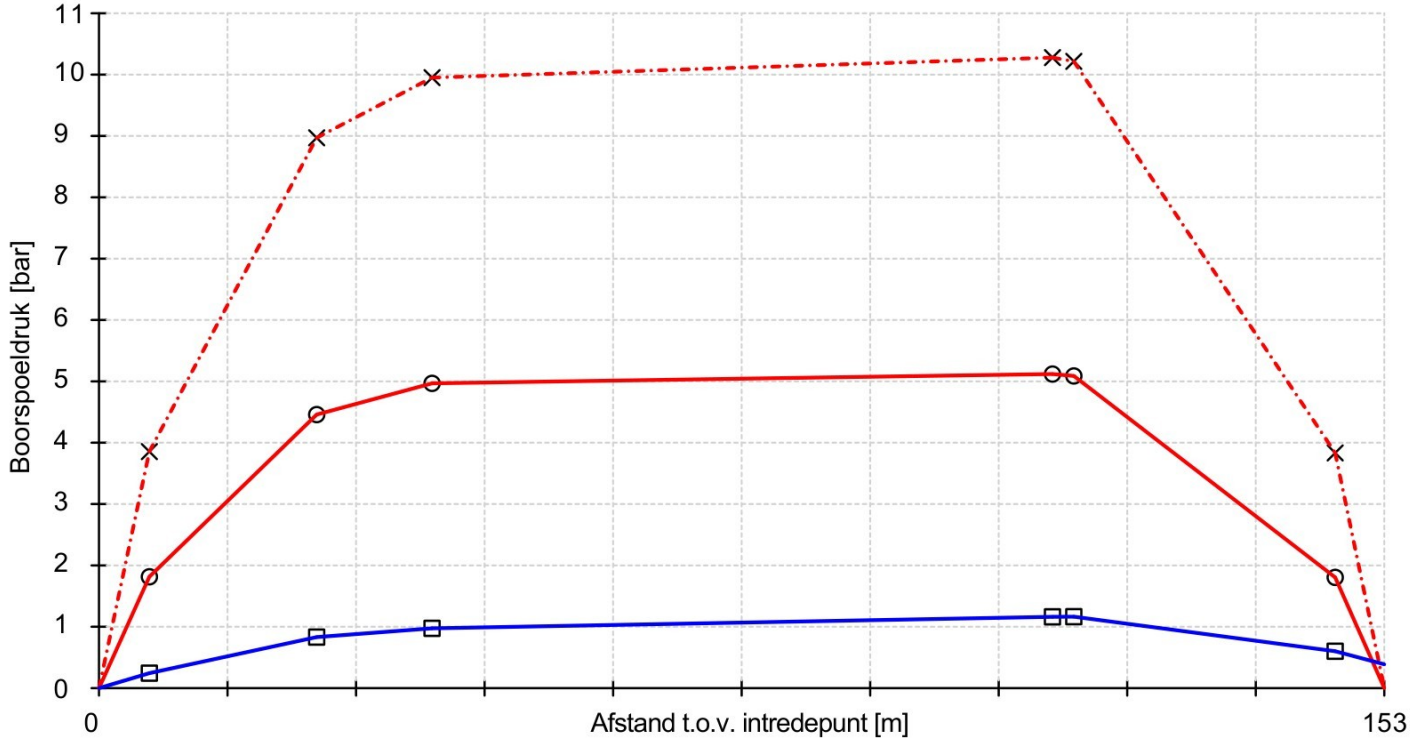
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 1{,}55 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0{,}09 \leq 1{,}55 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

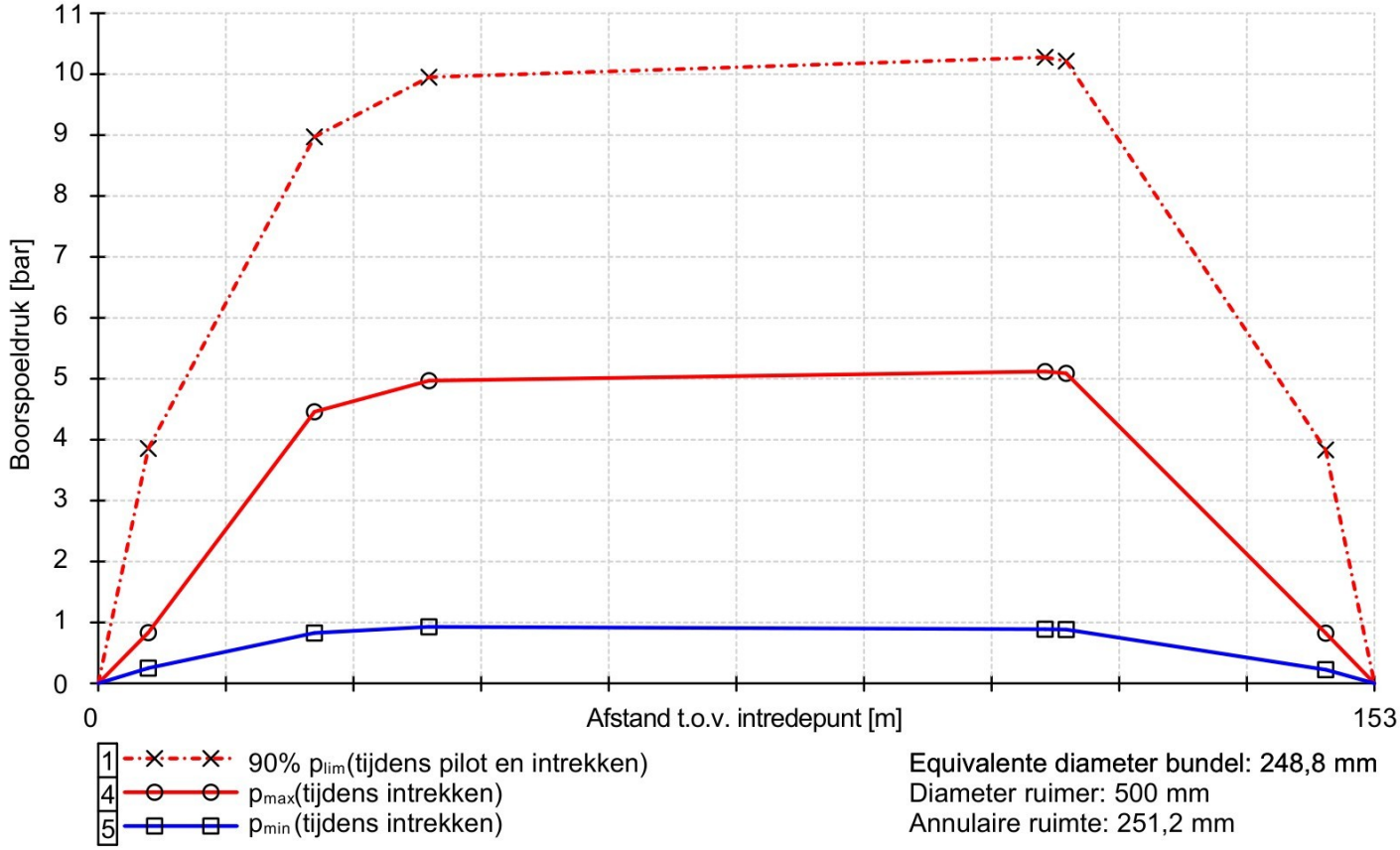
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



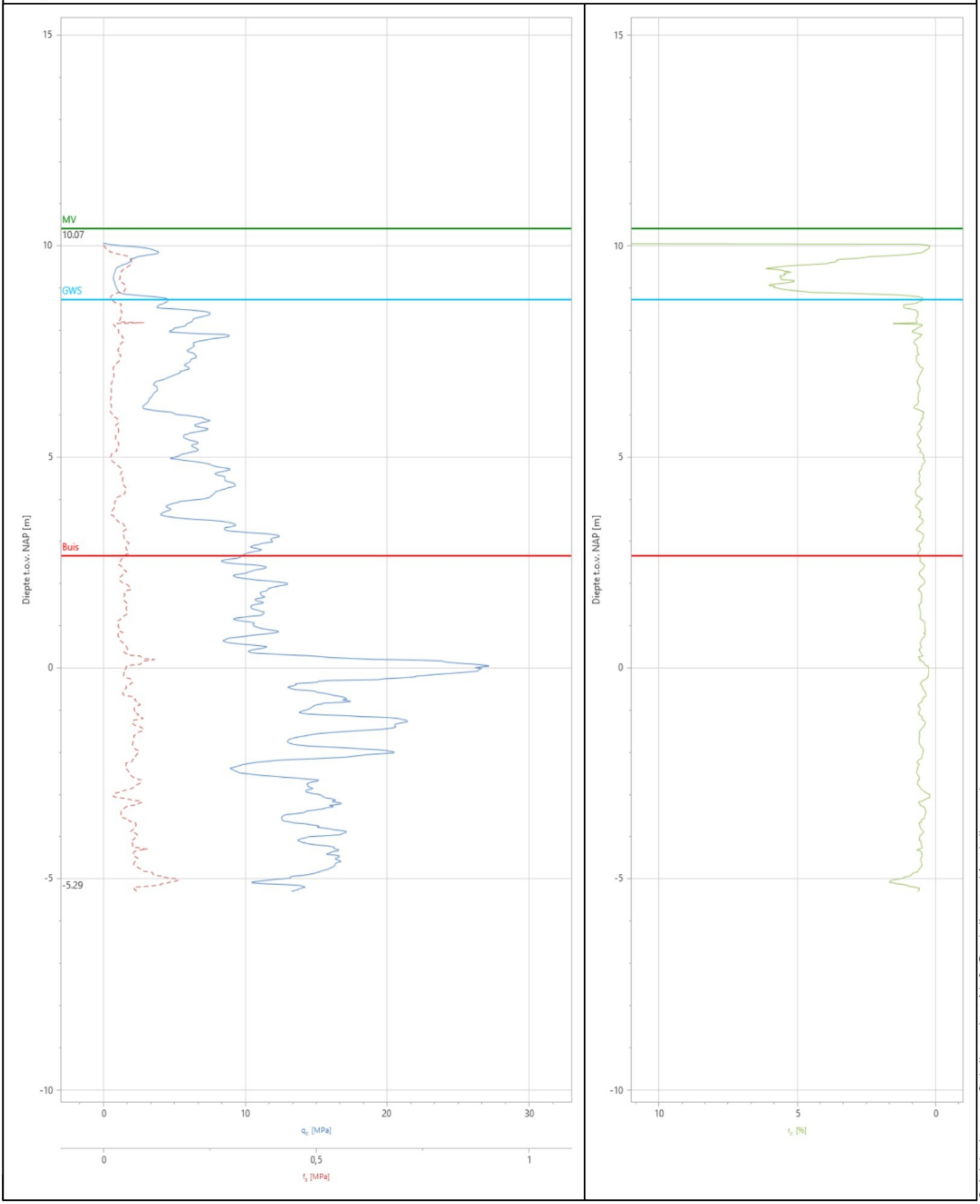
Equivalente diameter bundel: 248,8 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 251,2 mm

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

06

Naam van het project : B4011
Projectonderdeel : 15T - 3x110+1x160



1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

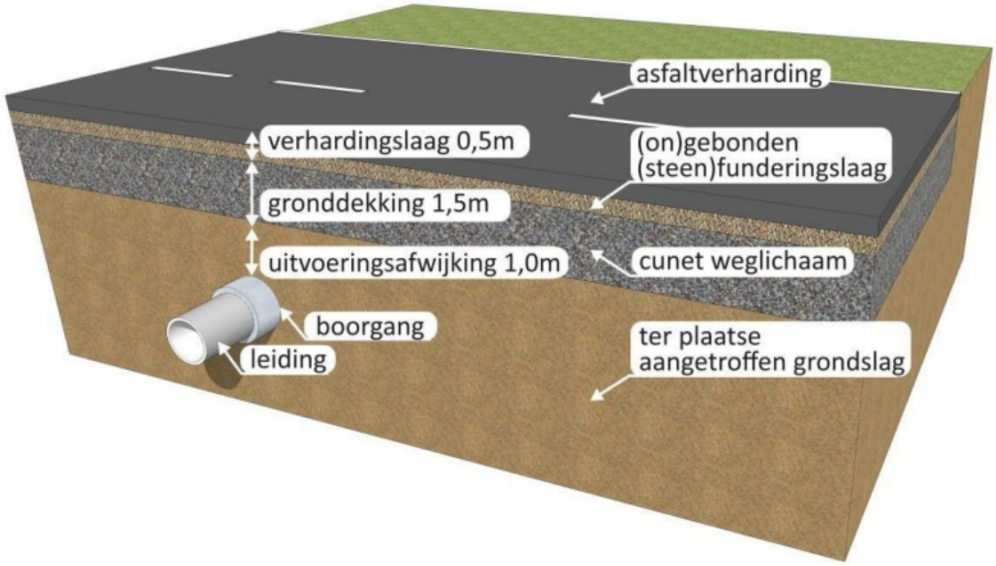
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 7: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 30-03-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.1.2503
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4011, langs tracé B4011

Boringtype: Bundel
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: 1x SDR 11 (160mm); 3x SDR 11 (110mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 50.00m
Controlepunten: 1
Ontwerpmethode: Parametrisch
Boorrichting is tegenovergesteld aan tracérichting.

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 163.14m
Locatie: 193187.33,432368.27,10.25

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 11.98m
Locatie: 193104.24,432463.94,10.20

Te boren lengte: 153.09m

Intredelengte: 6.00m
Intredehoek: -35.00%
Intredeboogradius: 100.00m
Lengte midden: 73.91m
Hoek midden: -0.00%
Uittredeboogradius: 100.00m
Uittredelengte: 5.85m
Uittredehoek: 35.00%

Ontwerpboring bevat gecombineerde bogen.
Gecombineerde boogradius: 51.45m
Gecombineerde boogradius: 51.45m

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 6.00m
Opgegeven intredehoek: -35.00%
Opgegeven radius intredeboog: 100.00m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 100.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 3.00m
Opgegeven uittredehoek: 35.00%

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	van der Mondeweg 91, Haalderen
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	10 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *15*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

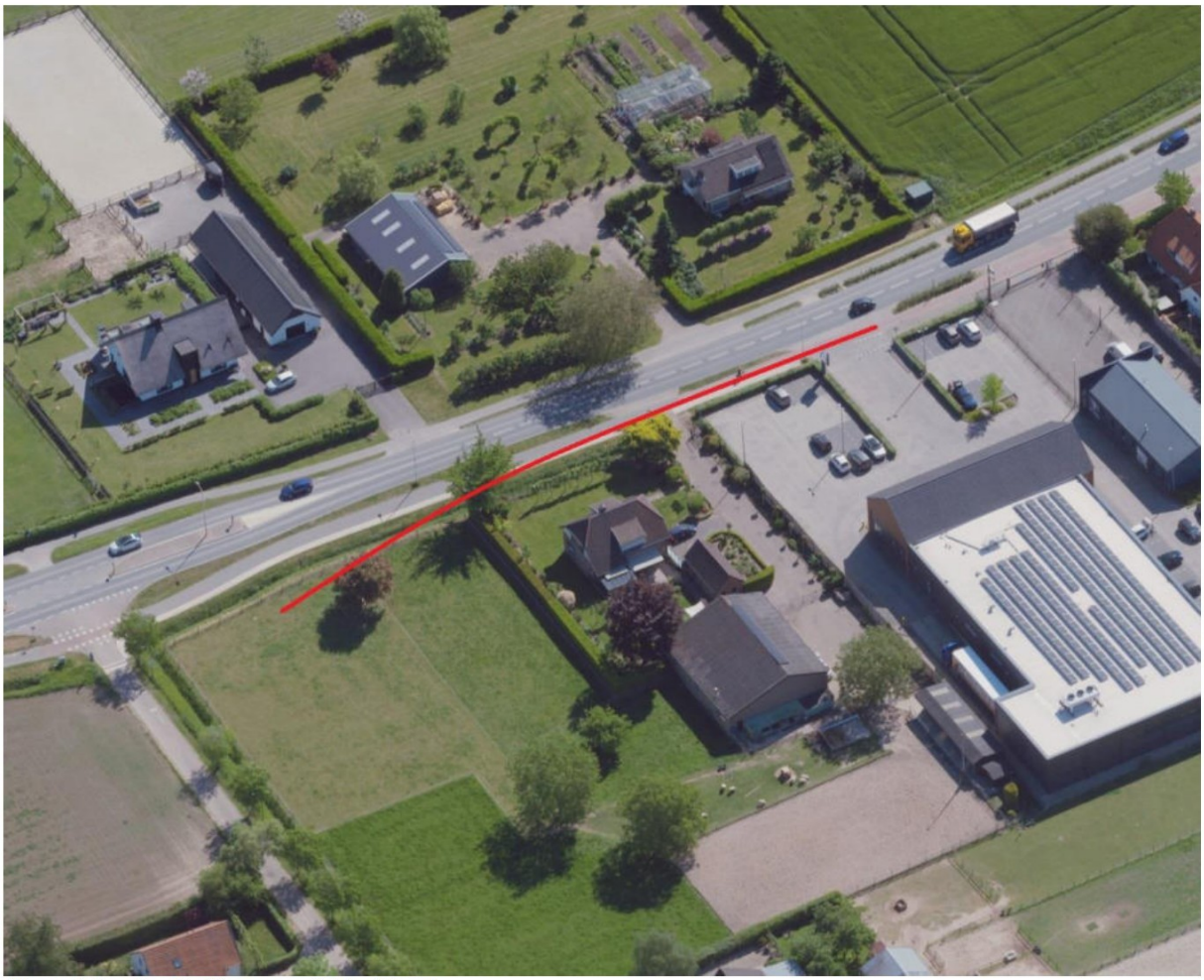
Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	10 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Kruiningen en Yerseke bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zullen 6 Ø110 + 1 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 6.1 t/m 8.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.



Figuur 1: boorlocatie (Essenpas 1, Haalderen)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Haalderen
Exacte locatie	Van der Mondeweg 91
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01B-P-B4005
Boornummer	B4005
KLIC-nummer	25O0167163
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	90 meter
Maximale diepte buis	6.5 meter -MV / +3.44 m NAP
Diameter/materiaal buis	6xØ110+1 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 500 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø 110 mm + Ø160 mm
Wanddikte	10 mm + 14.5
Aantal buizen	1 stuks
Max. toelaatbare treksterkte	31.4 kN *(= 3.1 ton)* + 66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	Ø380

Het intrekken van de buis geschiedt door het uitleggen van de buizen achter het uittredepunt.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (Essenpas 1, Haalderen)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 3: Situatie uittredepunt (Van der Mondeweg 89, Haalderen)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt op rollenstellen vooraf uitgelegd.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het uittredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het plaatsen van de rollenstellen en het uitleggen van de buizen dient een halve rijbaan te worden afgezet. Maar ook voor opstellen van een zuigwagen en werkruimte rondom uittrede dient een halve rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Er is een halve rijbaan beschikbaar om het doorgaande verkeer te laten passeren.
- Fietsers worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de beschikbare rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 22 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT22
Afmetingen (LxBxH)	8000x2350x2650 mm
Gewicht	16,5 ton
Boorstang	89 mm
Boorgat pilotfase	150 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6,5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

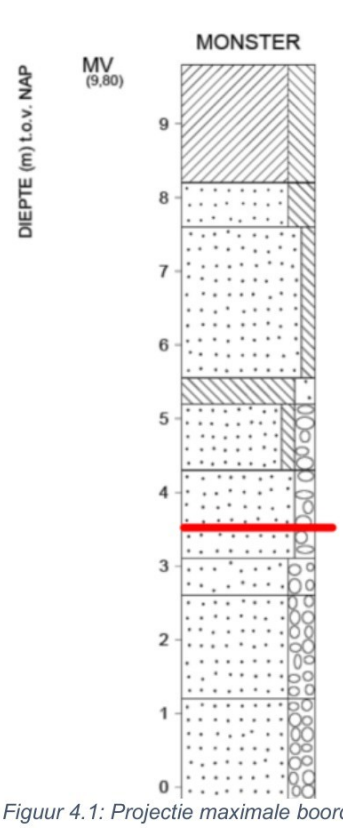
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

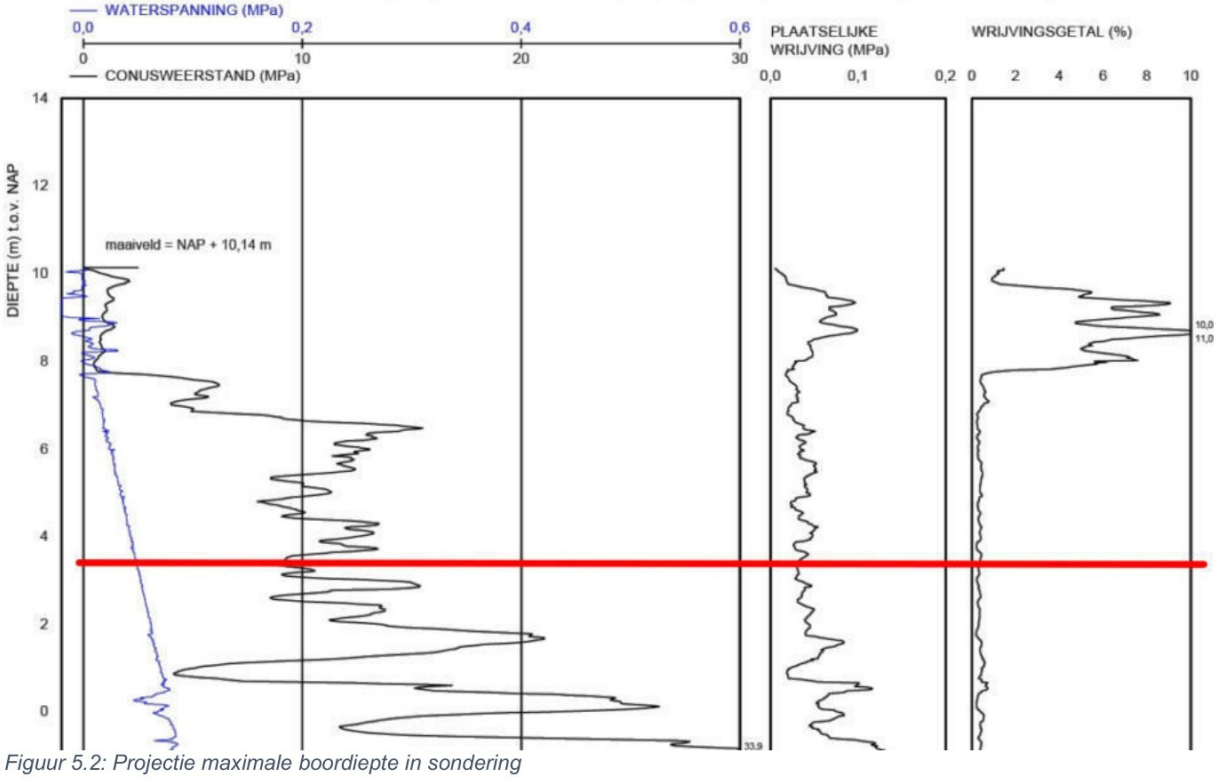
Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



MONSTER	LAAG		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
	1	1	9,80	8,20	klei, sterk siltig; bruin-, grijs 'KSTV'
	2	2	8,20	7,60	zand, sterk siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZZFO'
	3	3	7,60	5,55	zand, zwak siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZMGO'
	4	4	5,55	5,20	LZ=???; grijs 'CA2'
	5	5	5,20	4,30	zand, zwak siltig, matig grindig; grijs 'ZMGO'
	6	6	4,30	3,10	ZG2=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	7	7	3,10	2,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	8	8	2,60	1,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'

Figuur 4.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 3.44m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 5.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,4m NAP, dus ca. 1,5m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

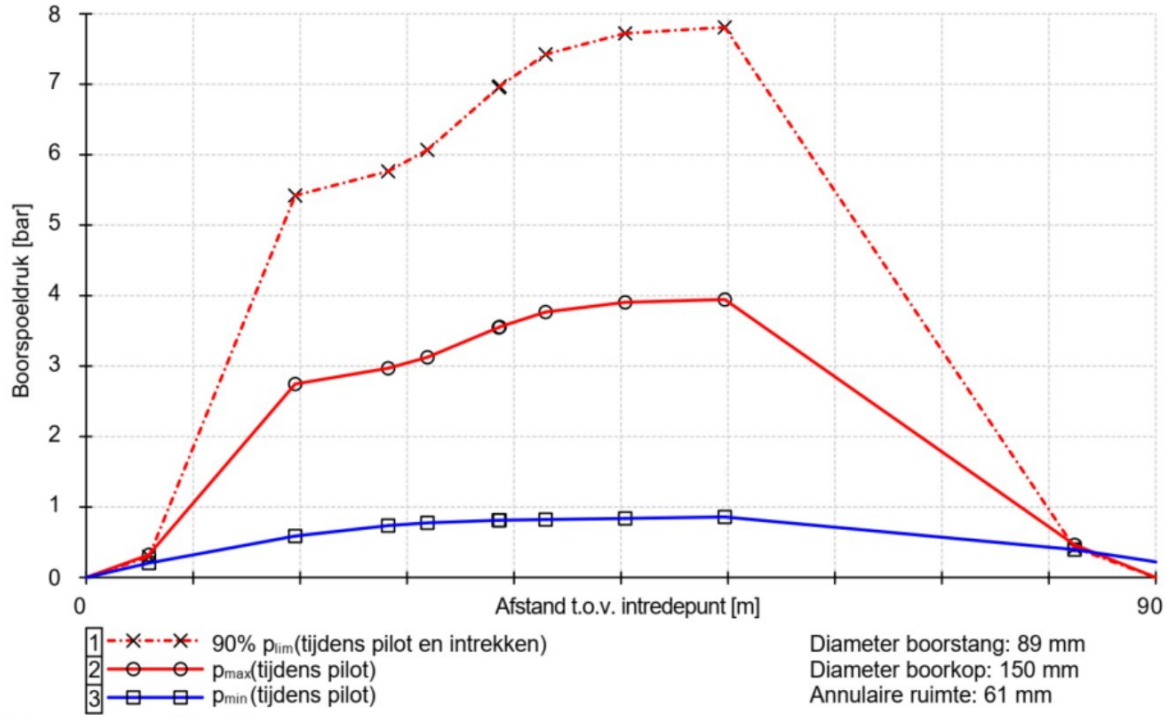
Lengte leiding in boorgat (m)	Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø110	Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm	Verwachte trekkracht (kN) 6*Ø110 1*Ø160mm
7	0.8	1.5	6.1
36	2.4	5.0	19.6
55	3.5	7.2	27.9
85	5.3	11.0	42.7
90	5.5	11.4	44.3

De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 44 kN (=4.4 ton)

7.4. Boorspoeldrukken

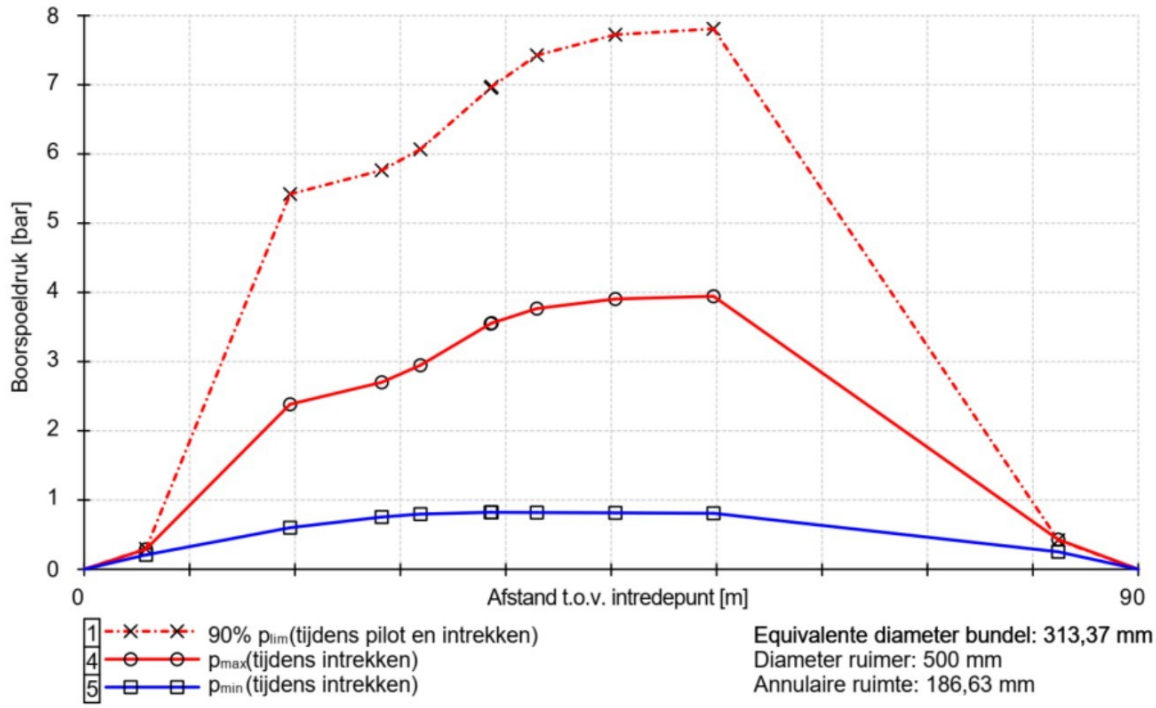
De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 500 l/min)



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens pilot

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 750 l/min)



Figuur 7: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Uitlegstrook (dag)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4005	3	3	3	3	2	3

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 22 tonner	1	1	1	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca. 5 dagen.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

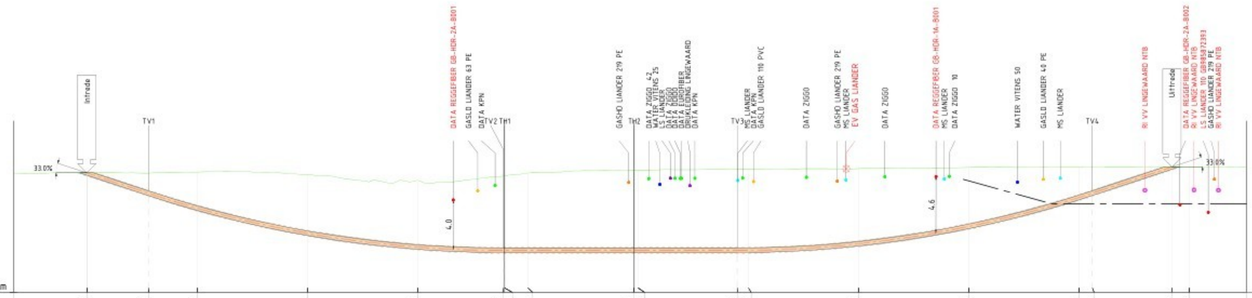
- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1: 250



B4005

Hoogte t.o.v. N.A.P.
Boringtype: Bundel
Totale boorlengte: 90.17m

0.00m

| | | |

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

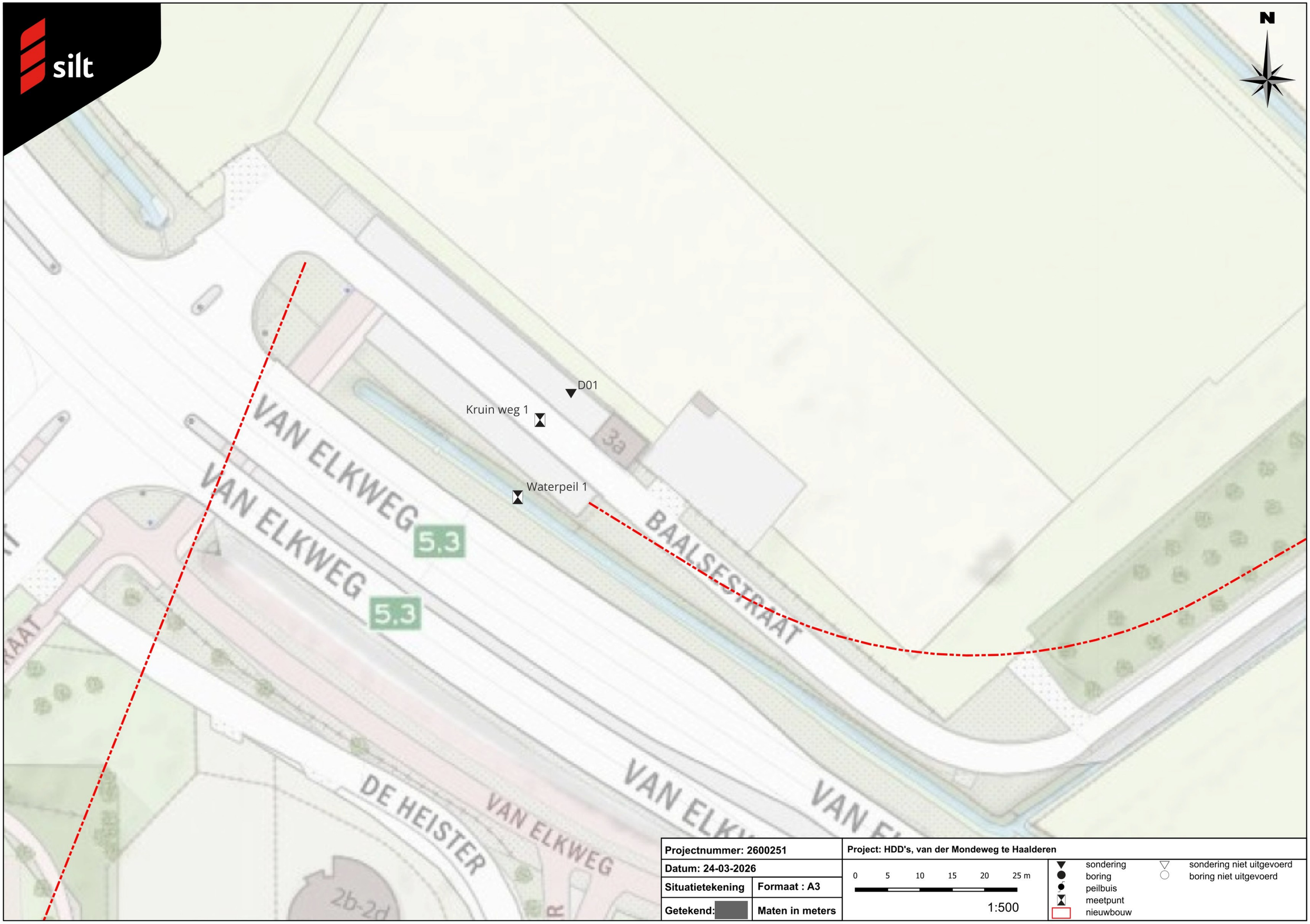
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

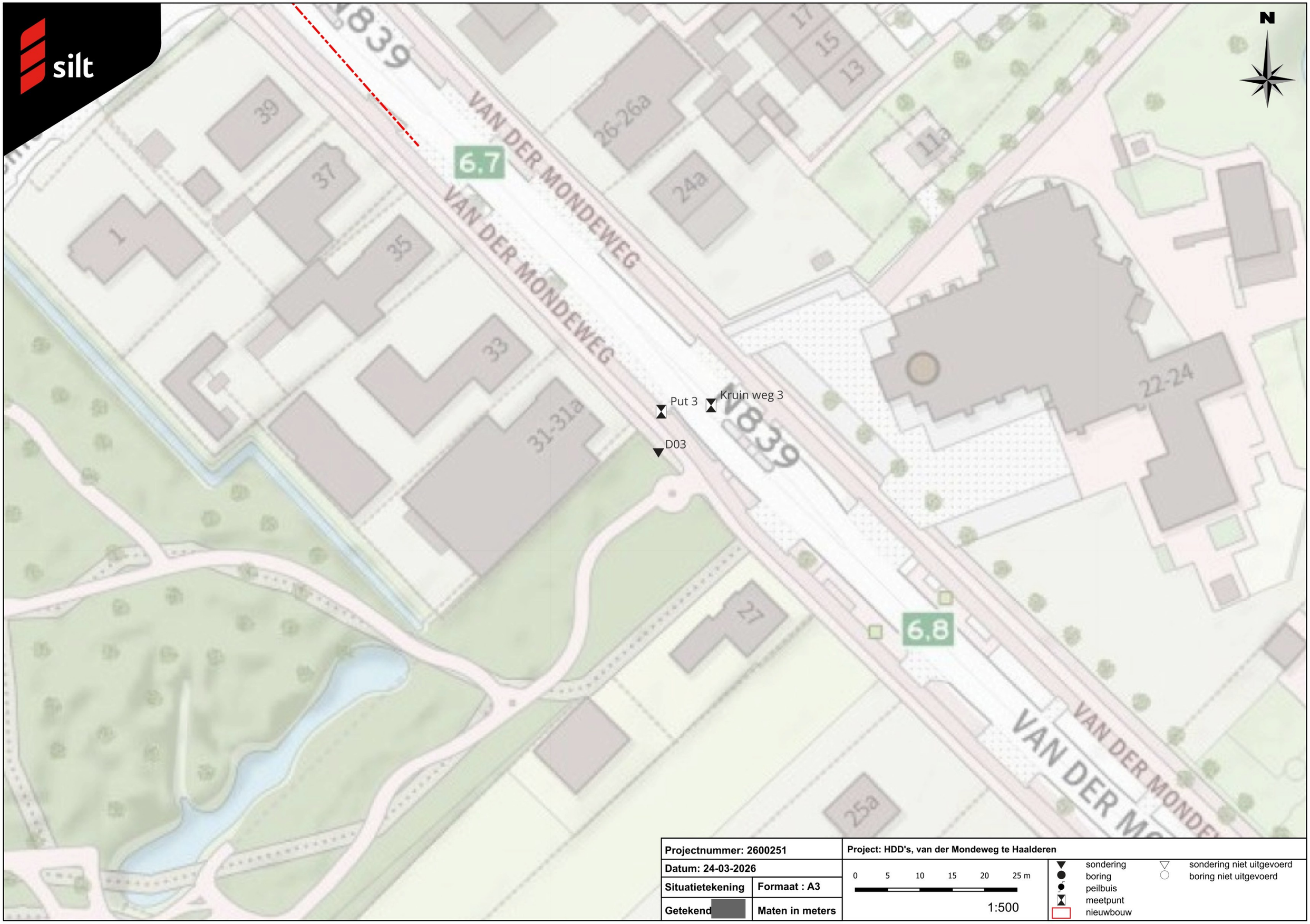
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

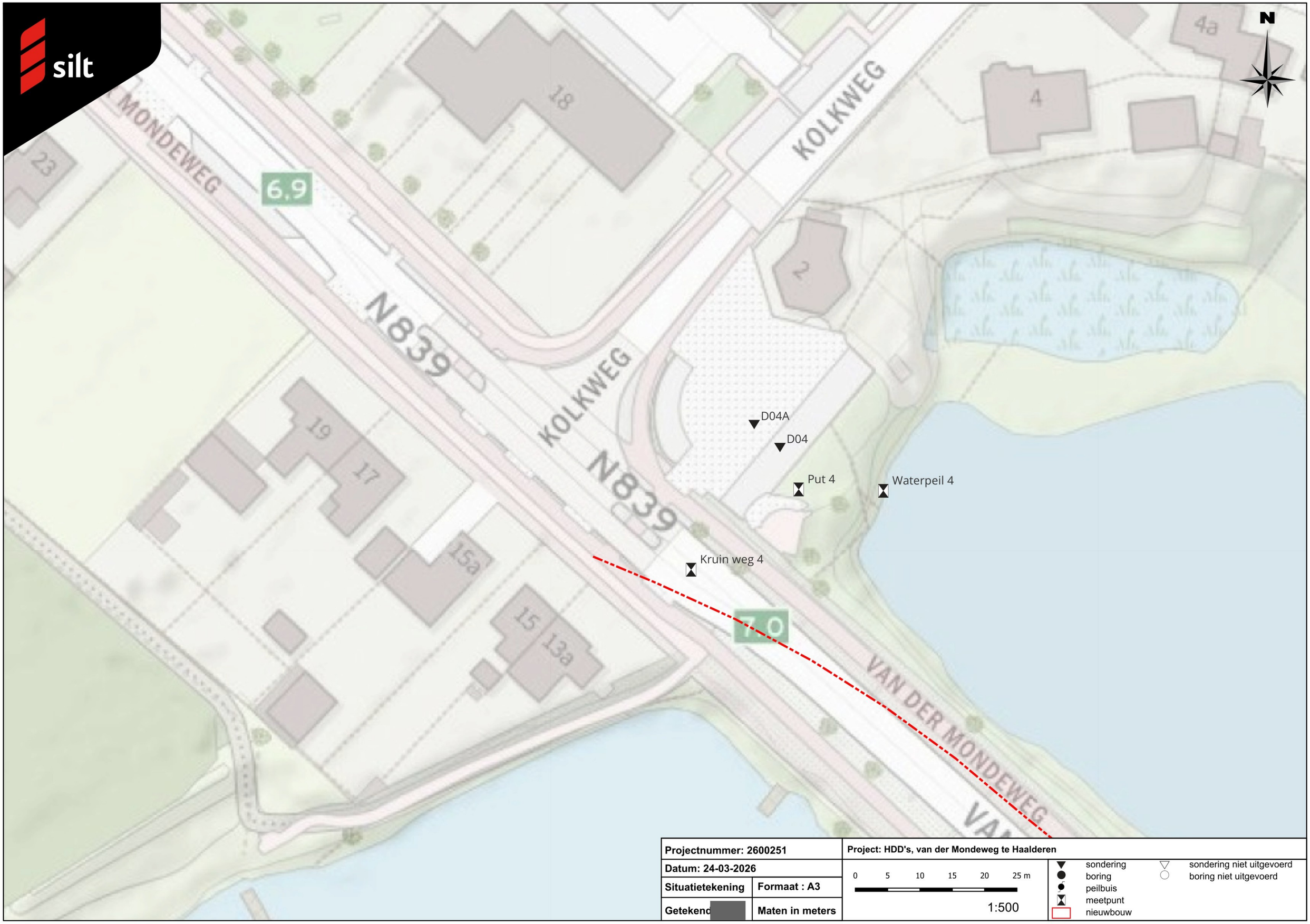


Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / **Formaat : A3**	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend [redacted] / **Maten in meters**	

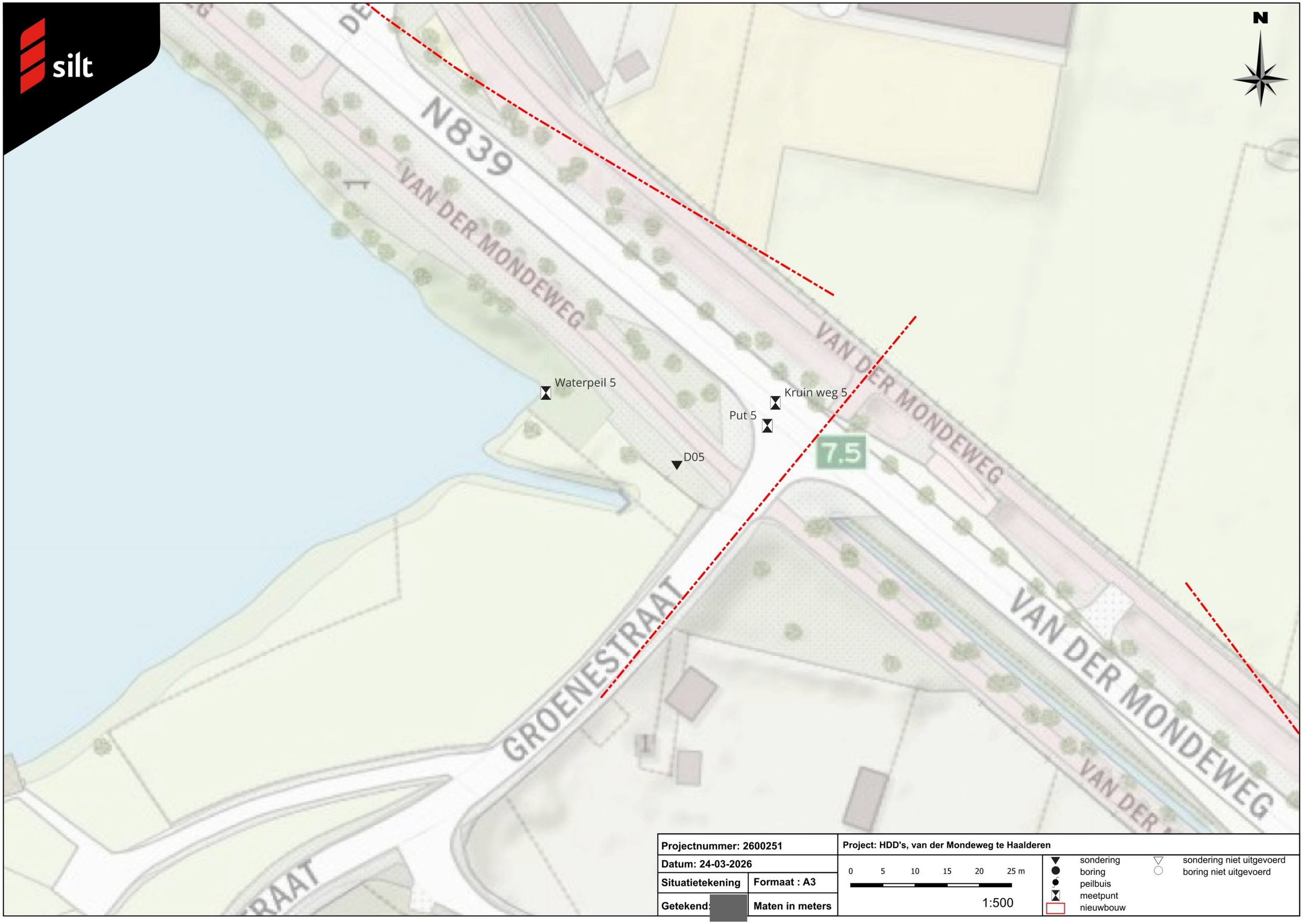


Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening	**Formaat : A3**	
Getekend	**Maten in meters**	

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		
Getekend	**Maten in meters**		



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

8.0

8.1

LANGSTRAAT

HUIGENSSTRAAT

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

2a

2

2b

287

285

283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

4

4a

4b

4c

4d

10

3

4

6

HENRI DUNANTSTRAAT

Kruin weg 7

D07

BIEZENKAMP

BIEZENKAMP

Put 7

Waterpeil 7

21

21a

19

5-13

1

Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	sondering / sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		boring / boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis, meetpunt, nieuwbouw

silt

N

25

25a

18a-18p

23

34

KRUISSTRAAT

KRUISSTRAAT

Waterpeil 8

D08

N839

Kruin weg 8

Put 8

LANGSTRAAT

LANGSTRAAT

21

19

227

225a

223

225

Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ● boring peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		▽ sondering niet uitgevoerd ○ boring niet uitgevoerd
Getekend:	**Maten in meters**		

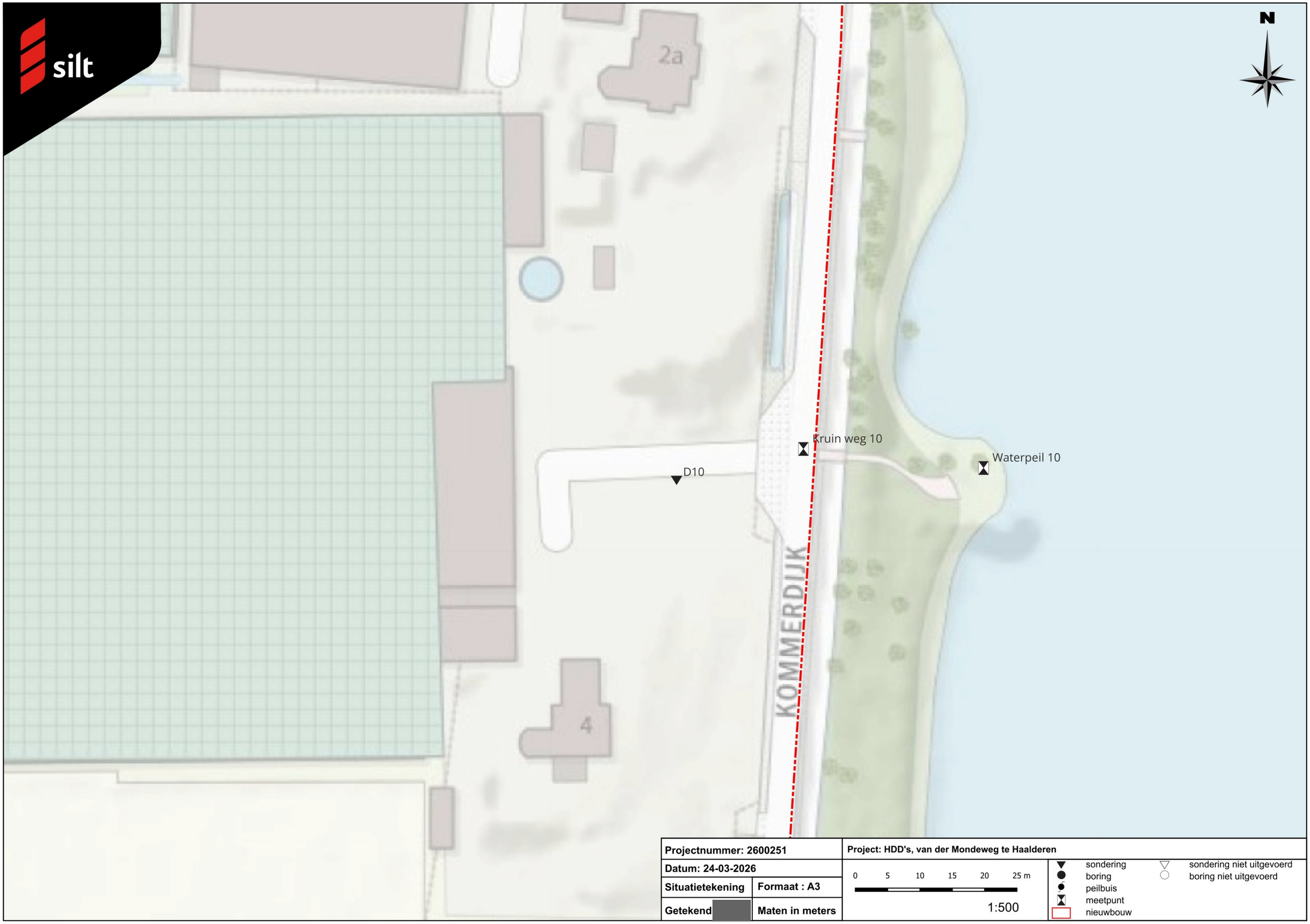


Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd

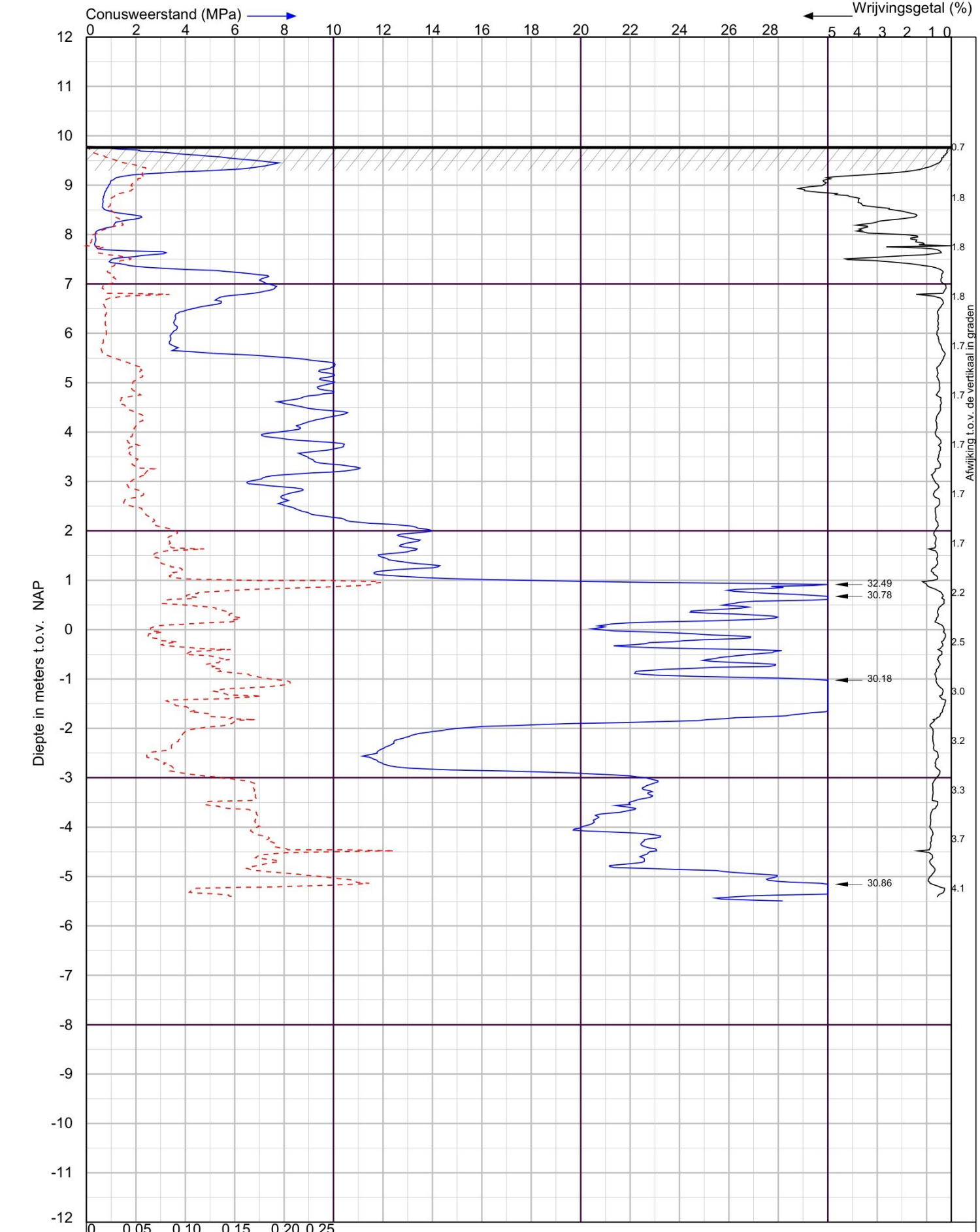


Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

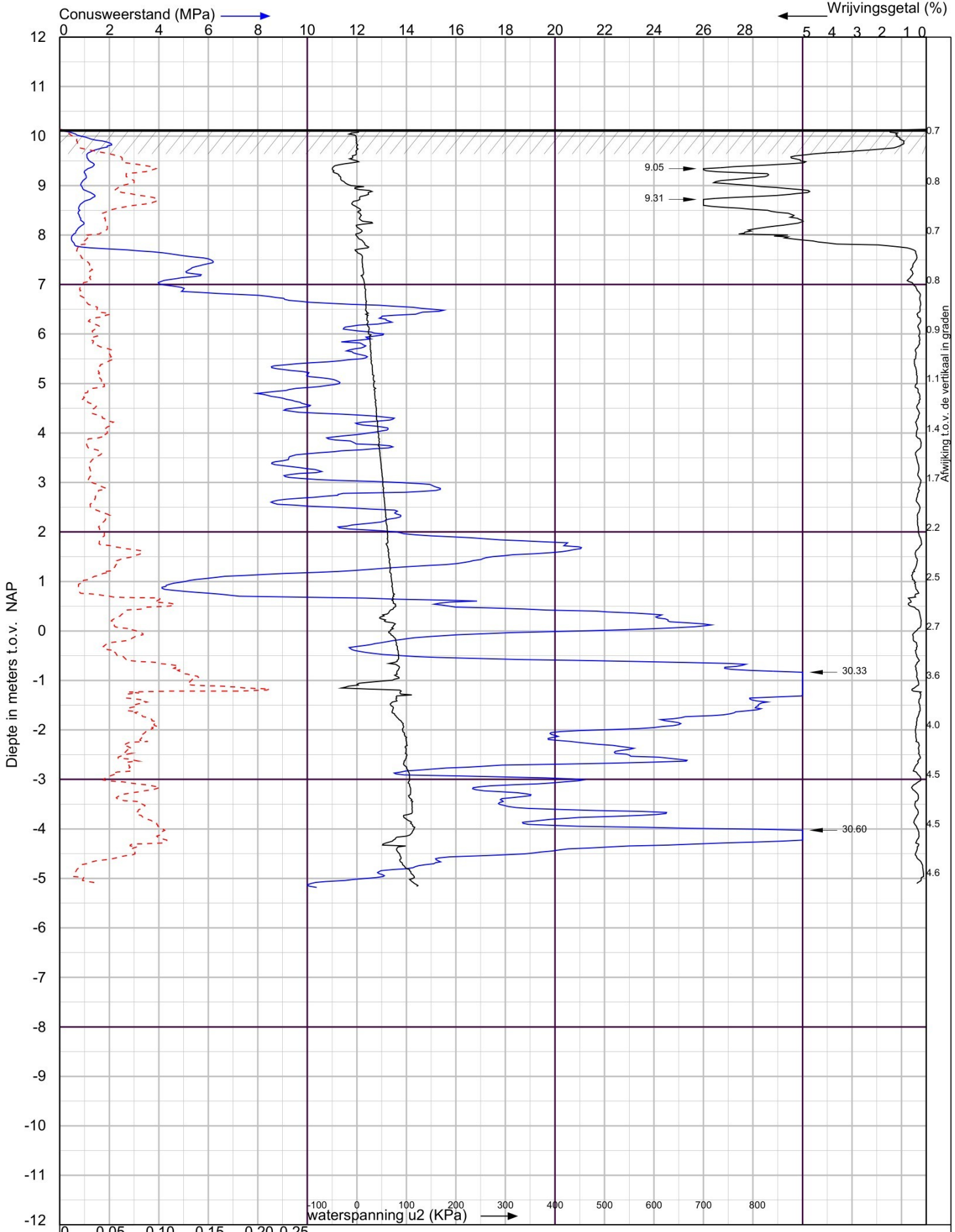
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

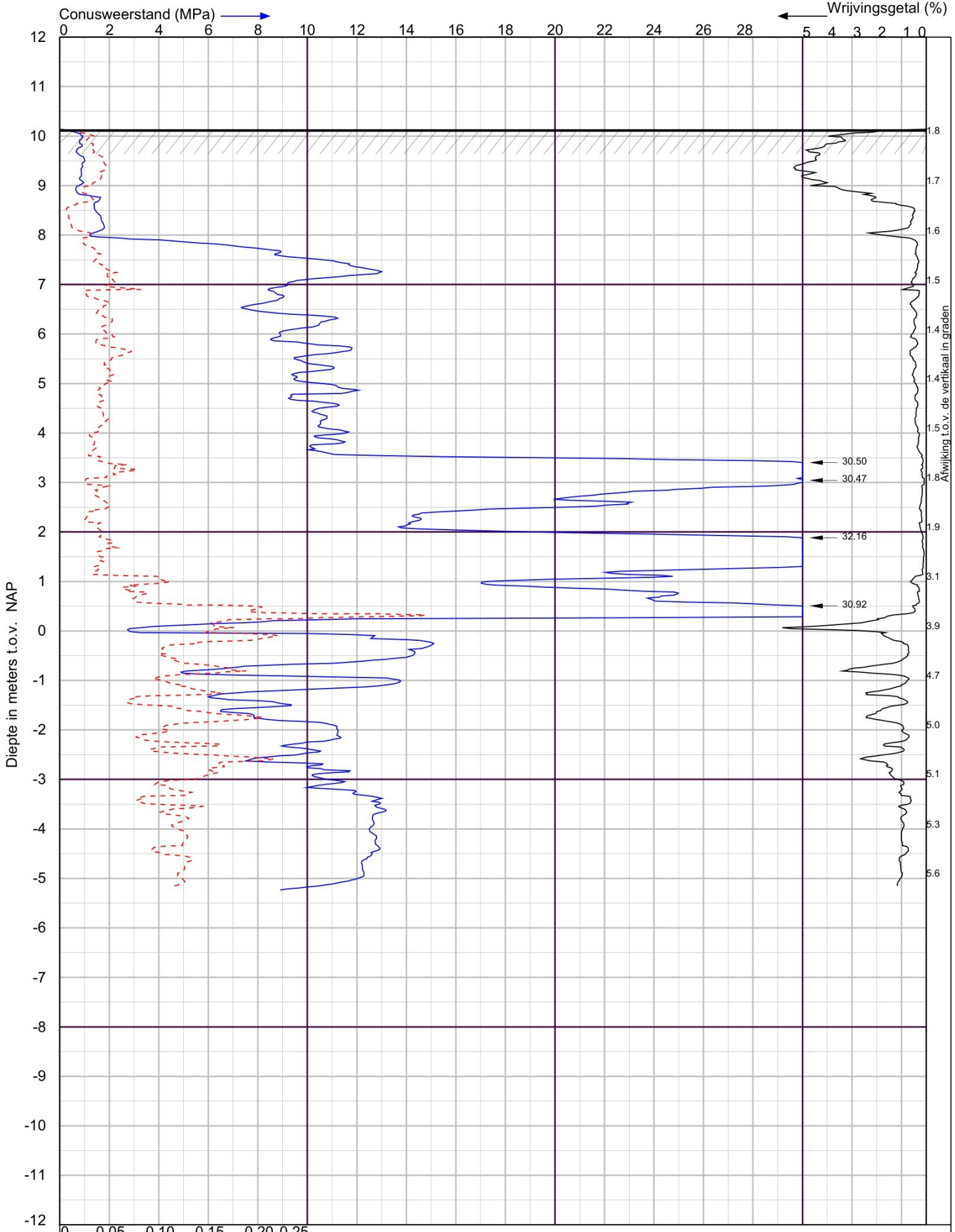
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

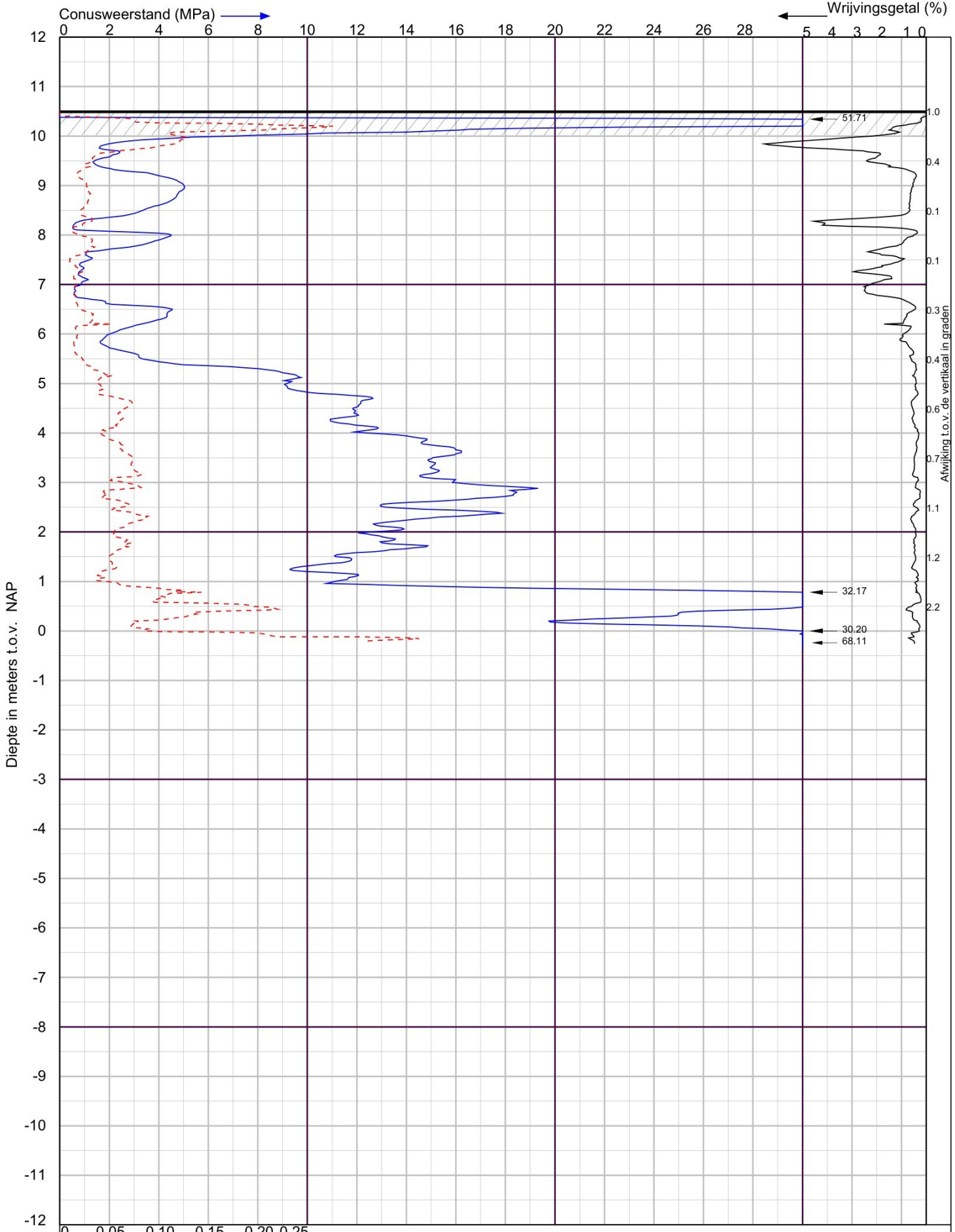
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

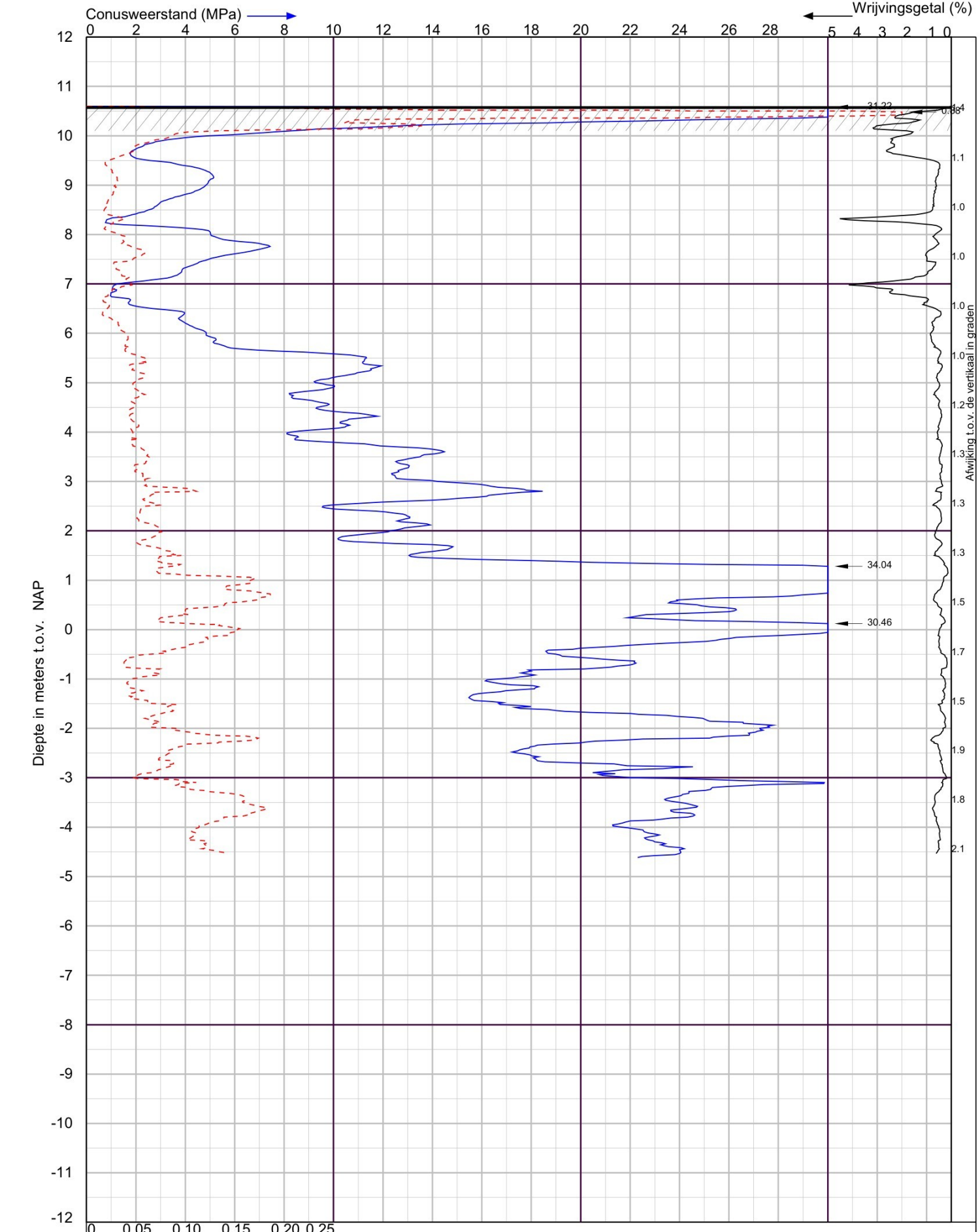
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

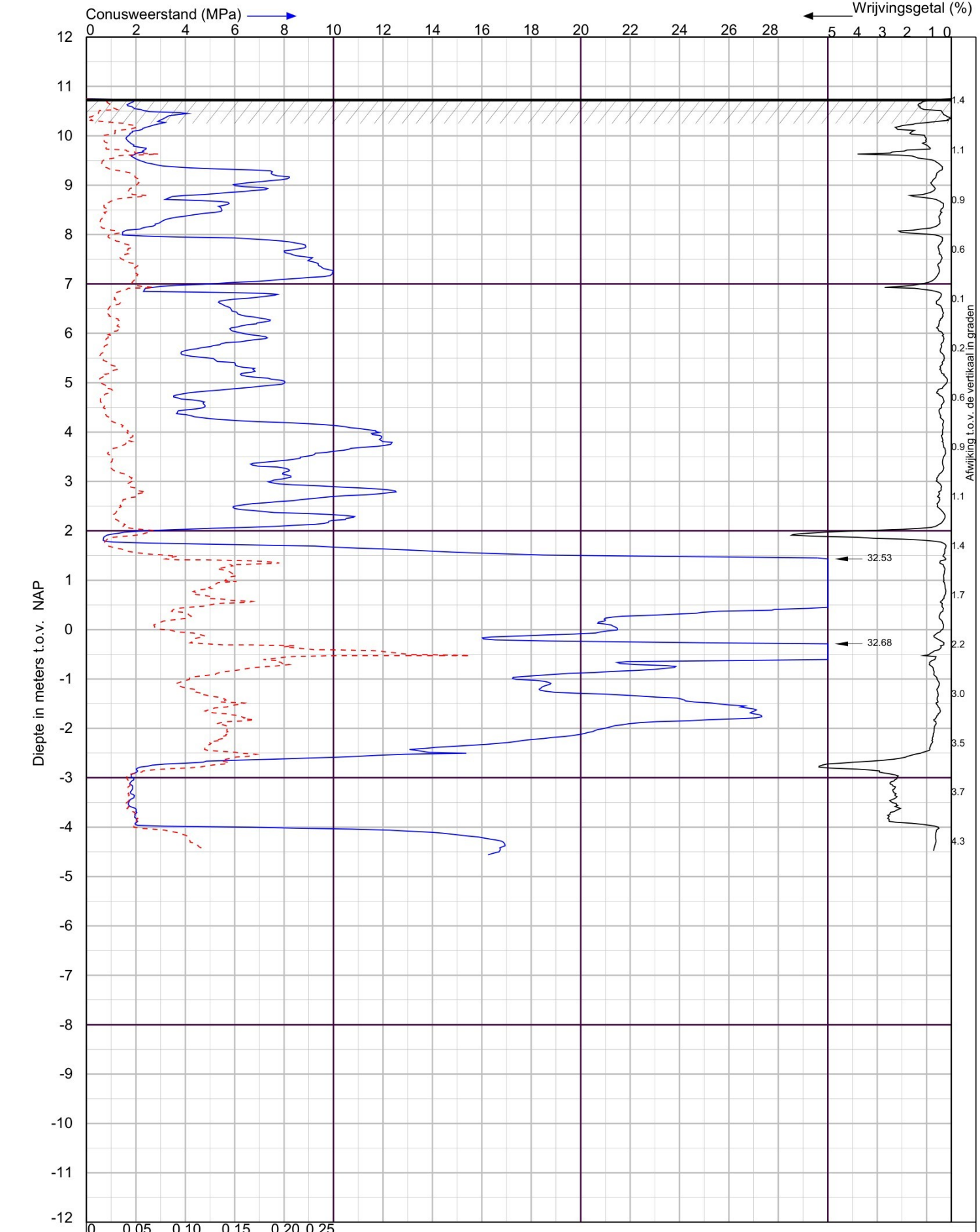
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

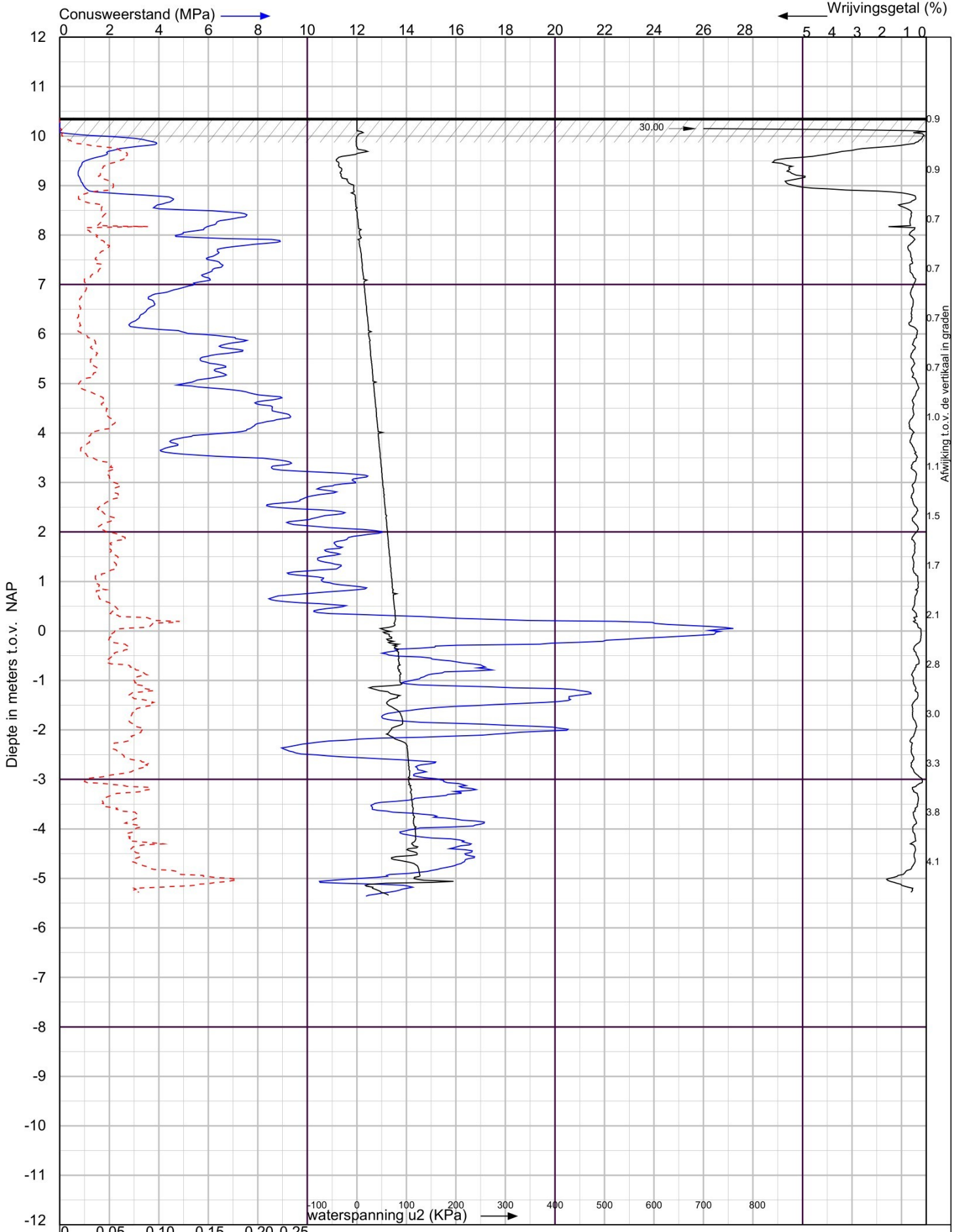
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

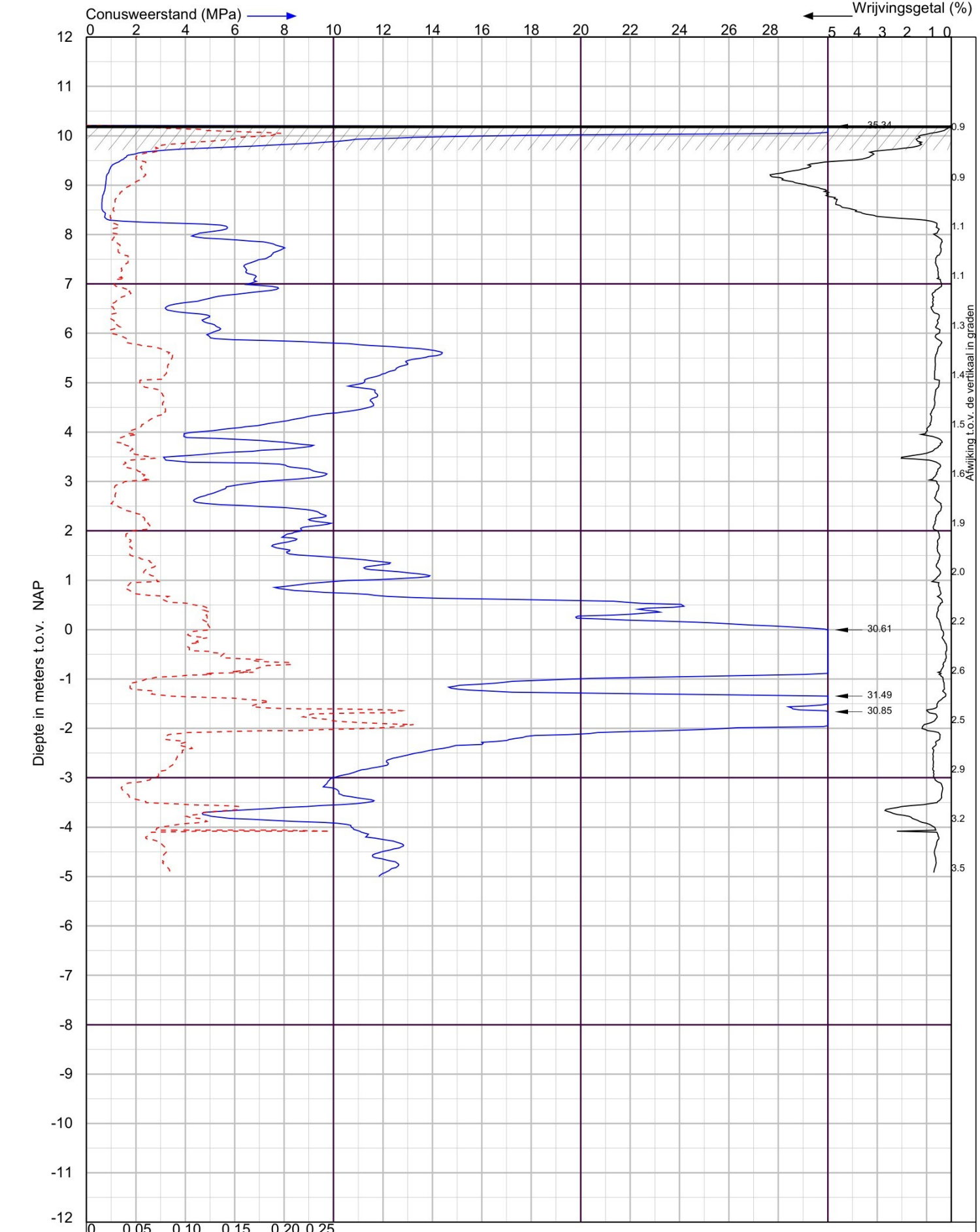
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

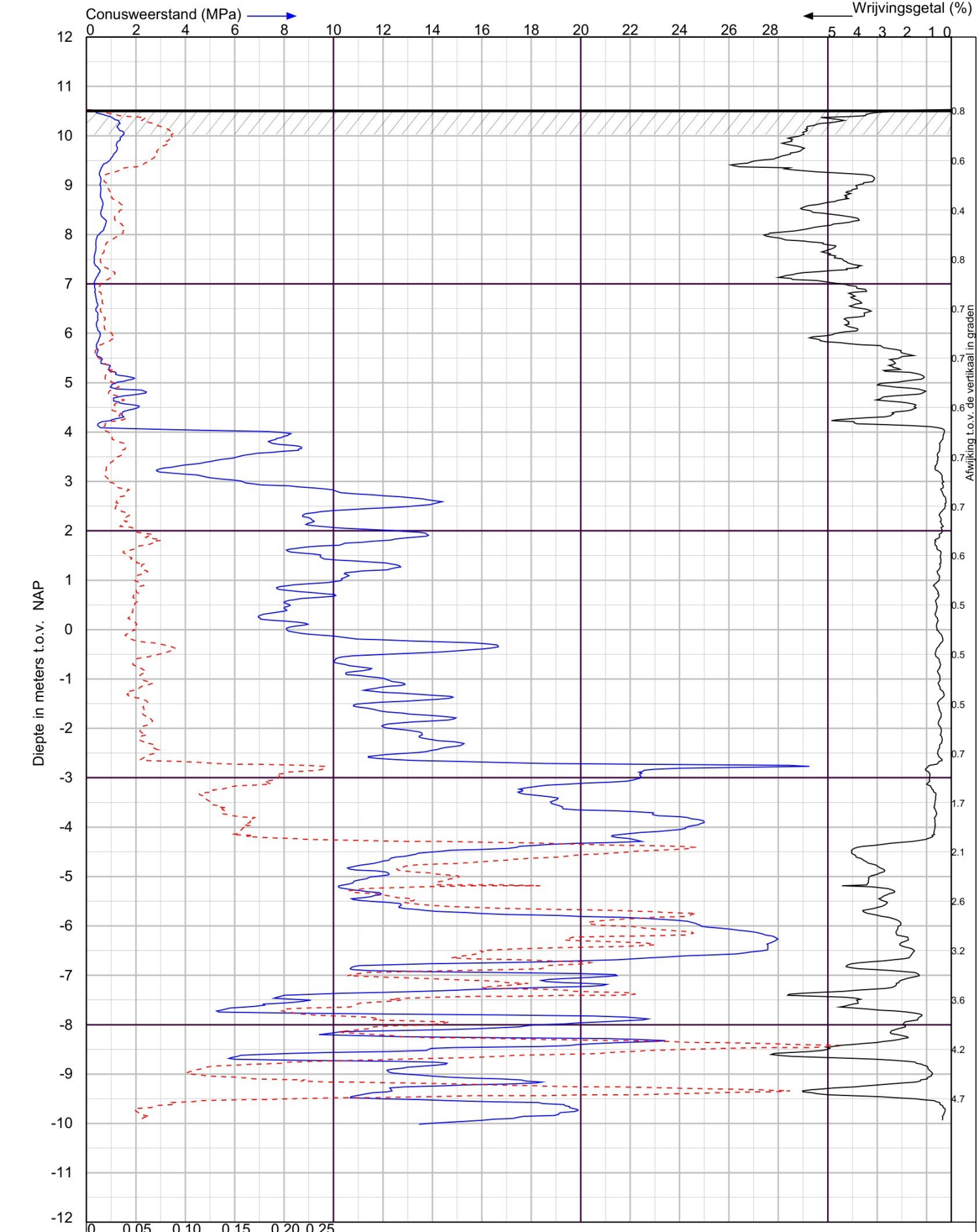
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

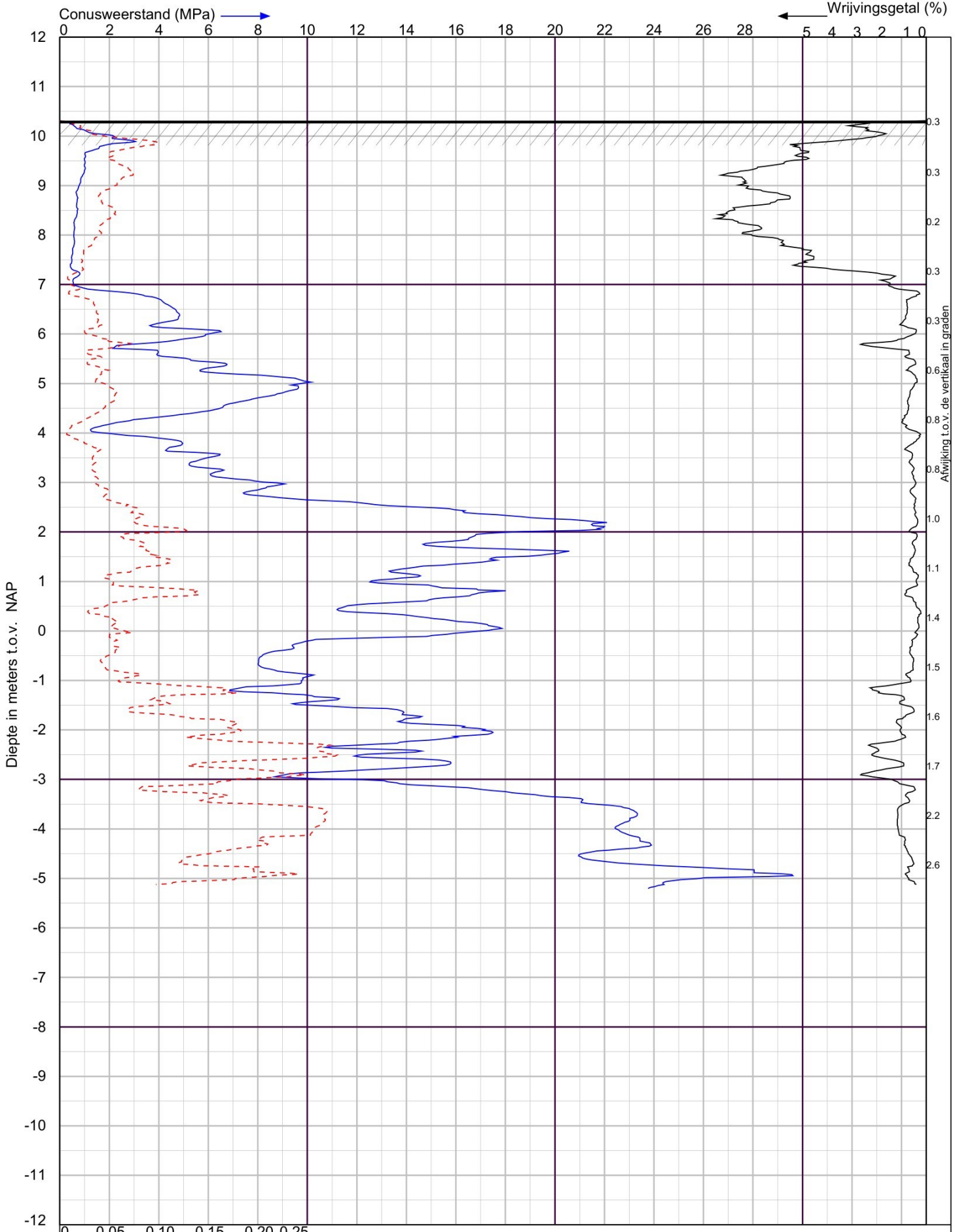
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

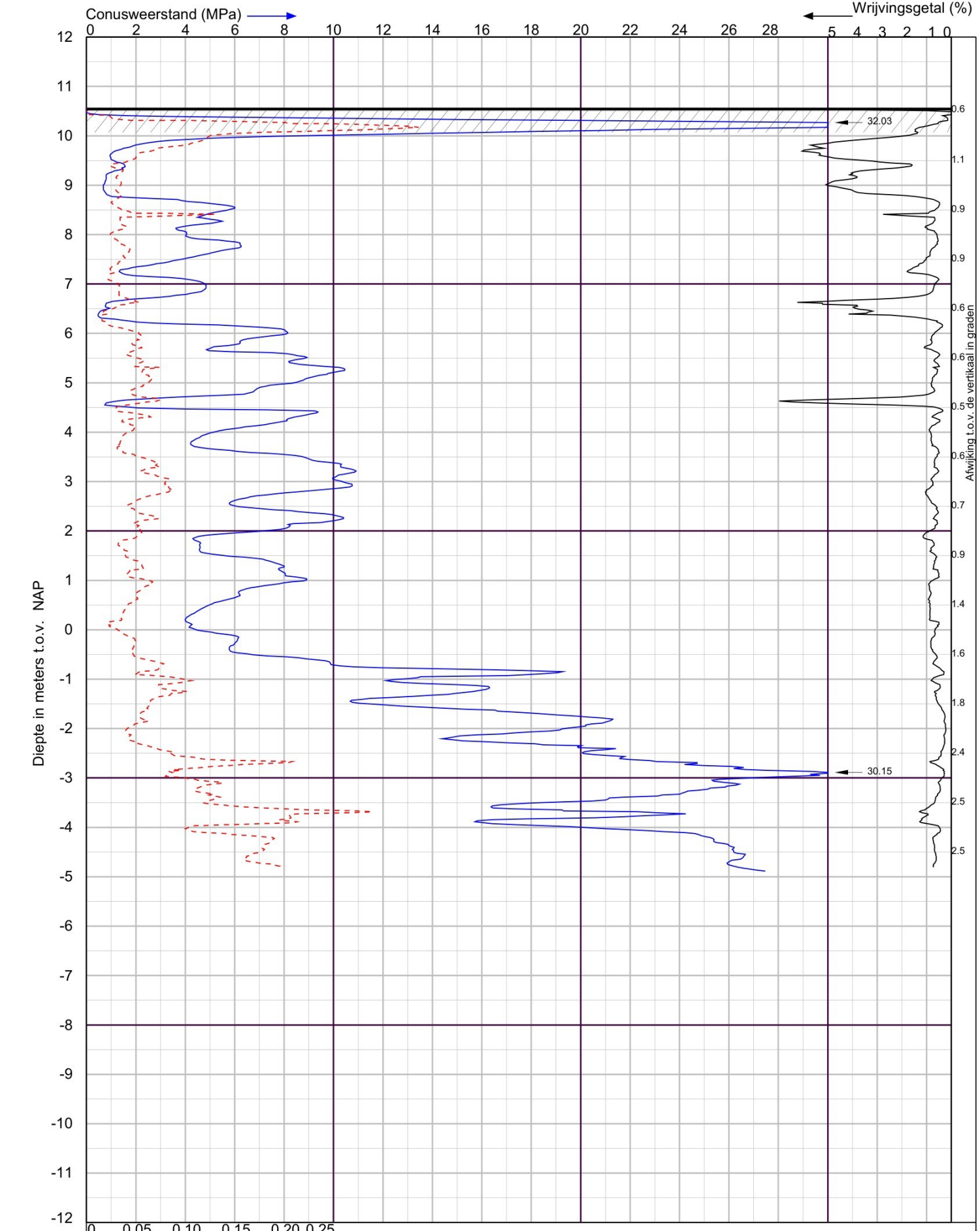
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

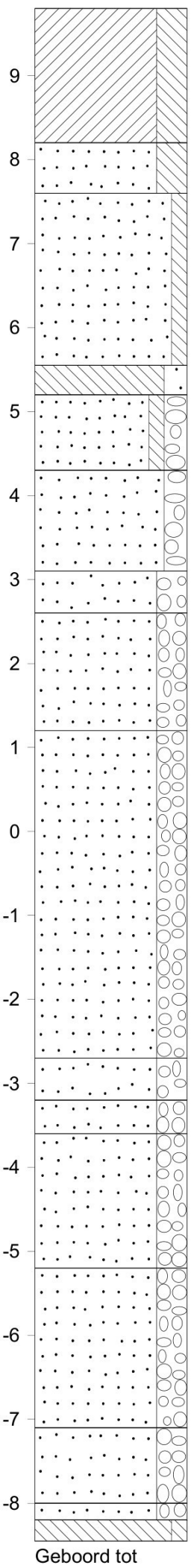
overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



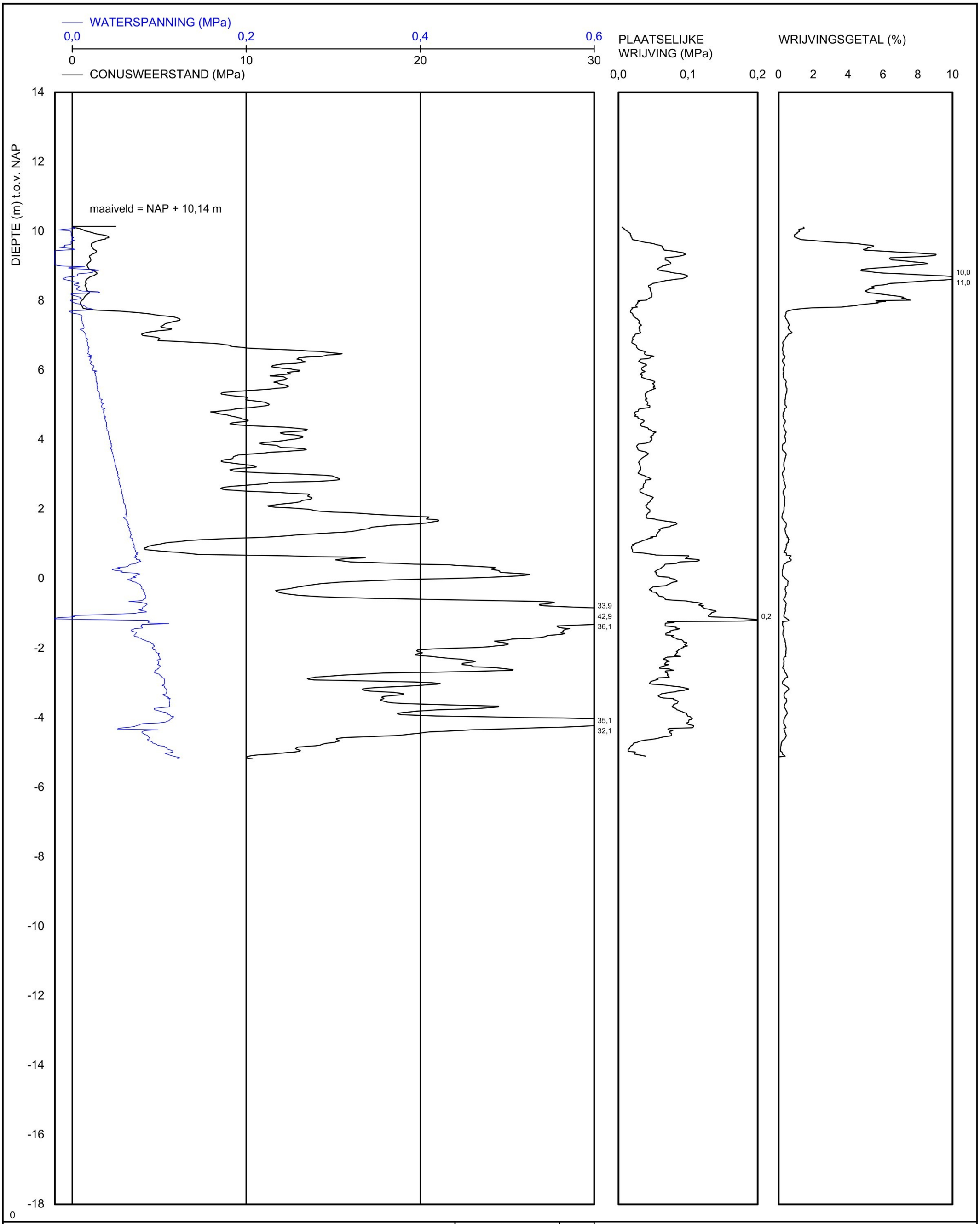
MONSTER	LAAG		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
	1	1	9,80	8,20	klei, sterk siltig; bruin-, grijs 'KSTV'
	2	2	8,20	7,60	zand, sterk siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZZFO'
	3	3	7,60	5,55	zand, zwak siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZMGO'
	4	4	5,55	5,20	LZ=???; grijs 'CA2'
	5	5	5,20	4,30	zand, zwak siltig, matig grindig; grijs 'ZMGO'
	6	6	4,30	3,10	ZG2=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	7	7	3,10	2,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	8	8	2,60	1,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	9	9	1,20	-2,70	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	10	10	-2,70	-3,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	11	11	-3,20	-3,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	12	12	-3,60	-5,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	13	13	-5,20	-7,10	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	14	14	-7,10	-8,00	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	15	15	-8,00	-8,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	16				
		16	-8,20	-8,45	LS1=???; donker-, grijs 'CA2'

Einde Boring B40D0026

maaiveld: NAP 9,80 m
X = 192050 m Y = 433800 m (RD)

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

	datum 1946-01-01	get. -
-	DINO-BOR	gez.
ONBEKEND B40D0026	BIJL.	form. A3



<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum: 2026-03-18	get.: -
-				CPT-2600251/	gez.
-				BIJL. -	form.: A3
Sondering 02					

Piezosondering uitgevoerd volgens Norm: ISO 22476-1; Klasse 2
Conus nr. P15-CFIIP-15/071453, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand, plaatselijke wrijving, waterspanning en conushelling.

Geodetische bijzonderheden:
MV = NAP + 10,14 m
X = 191759,31
Y = 433674,79

Meetbereiken:

Conusweerstand:	50	MPa
Plaatselijke wrijving:	0,7	MPa
Waterspanning:	1	MPa
Conushelling:	350	mRad

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 22 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT22
Gewicht:	16.5 ton
Afmeting (LxBxH):	8000x2350x2650 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

Max. te boren lengte:	450 m (Gyro 250m)
Max. te boren buisdiameter:	Ø 450 mm
Min. boorstraal:	R = 75 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 88.9 mm / 4500 mm
Trekkracht:	225 kN
Drukkracht:	225 kN
Torque:	1000 Nm
Pompcapaciteit:	750 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 160, 225, 450, 525 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4005
Projectonderdeel : 22T - 1x160 + 6x110

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 90,17	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 88,57	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 18,26 / 33	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 18,26 / 32,99	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 9,75	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,24	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]
Intrede-TV1	5,29	5,03	5,29	5,03	-	-
TV1-TV2	29,48	28,99	34,78	34,01	92,50	-
TV2-TH1	0,08	0,08	34,86	34,10	-	-
TH1-TH2	10,58	10,58	45,44	44,68	-	150,00
TH2-TV3	8,40	8,40	53,84	53,08	-	-
TV3-TV4	29,48	28,99	83,33	82,07	92,50	-
TV4-Uittrede	6,85	6,50	90,17	88,57	-	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 89	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 150	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 500	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 313,37	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 750	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 7	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

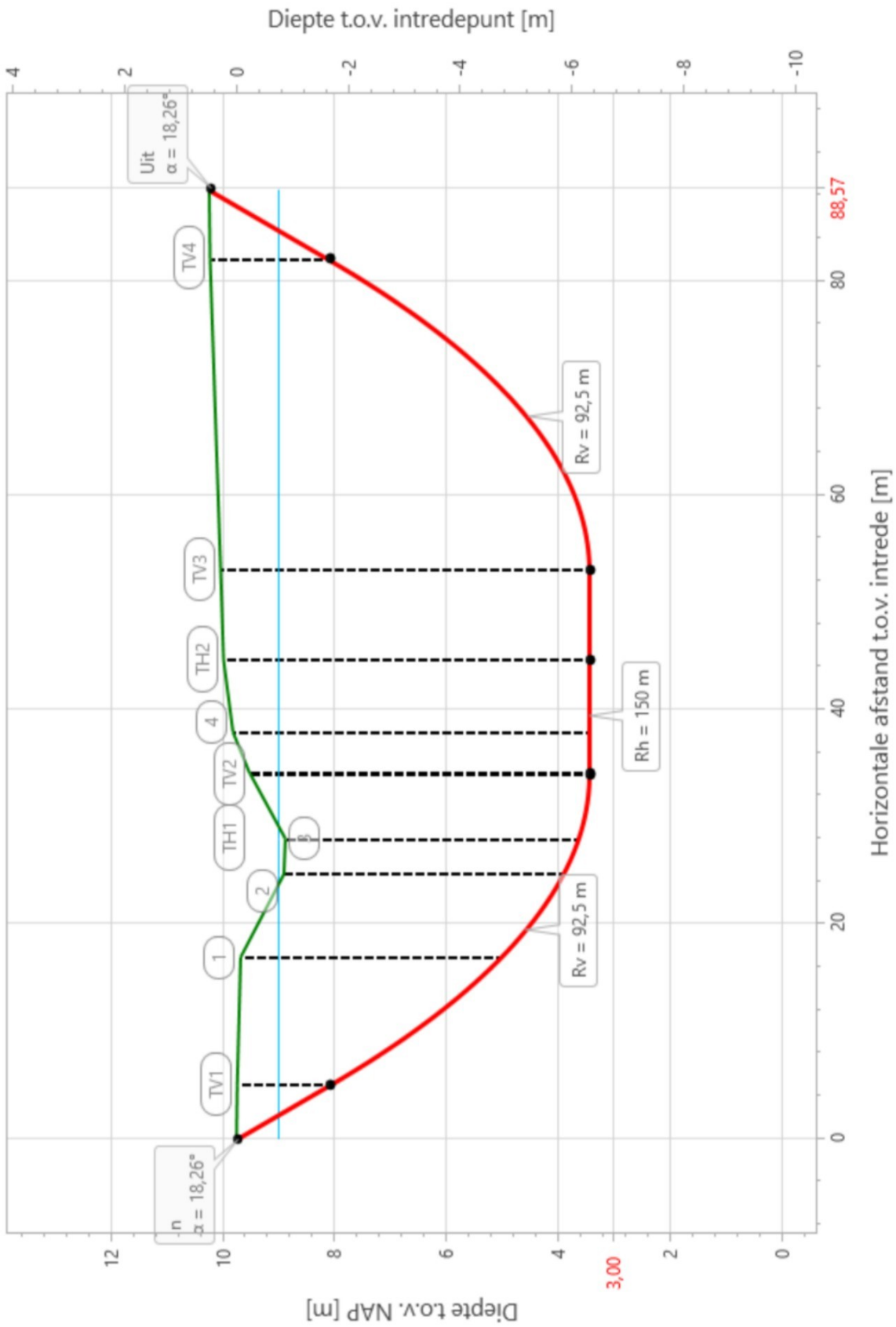
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	5,29	1,65	0,74	Klei	13,61	13,09	15,00
1	17,62	4,66	0,68	Zand	13,21	18,57	35,00
2	25,46	5,00	-0,09	Zand	0,00	19,22	35,00
3	28,77	5,25	-0,12	Zand	0,00	19,34	35,00
TV2	34,78	6,07	0,51	Zand	12,87	19,27	35,00
TH1	34,86	6,08	0,52	Zand	12,87	19,27	35,00
4	38,73	6,38	0,82	Zand	13,95	19,27	35,00
TH2	45,44	6,55	0,99	Zand	14,77	19,27	35,00
TV3	53,84	6,60	1,04	Zand	14,90	19,27	35,00
TV4	83,33	2,13	1,23	Klei	15,33	13,09	15,00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	1,00	0,50	Grafiek ½ x II	02
1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TH2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TV4	✓	1,00	0,50	Grafiek ½ x II	02

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	90,17	**1.034**	**574**
Na intrekken van TV4-Uittrede	83,33	**955**	**531**
Na intrekken van TV3-TV4	53,84	**617**	**343**
Na intrekken van TH2-TV3	45,44	**521**	**289**
Na intrekken van TH1-TH2	34,86	**400**	**222**
Na intrekken van TV2-TH1	34,78	**399**	**221**
Na intrekken van TV1-TV2	5,29	**61**	**34**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.034	**0,16**
Na intrekken van TV4-Uittrede	955	**0,14**
Na intrekken van TV3-TV4	617	**0,09**
Na intrekken van TH2-TV3	521	**0,08**
Na intrekken van TH1-TH2	400	**0,06**
Na intrekken van TV2-TH1	399	**0,06**
Na intrekken van TV1-TV2	61	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669{,}10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923{,}86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923{,}86}{222.522} = \mathbf{0{,}86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	σ_t [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Starten met trekken	0,16	**0,71**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,14	**0,70**
Na intrekken van TV3-TV4	0,09	**0,65**
Na intrekken van TH2-TV3	0,08	**0,64**
Na intrekken van TH1-TH2	0,06	**0,62**
Na intrekken van TV2-TH1	0,06	**0,62**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,57**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}86 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}71 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 7

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,558$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

55,8% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 280,38$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0637$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,168$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	90,17	**586**	-	**325**	-
Na intrekken van TV3-TV4	83,33	-	**3.108**	-	**1.727**
Na intrekken van TH2-TV3	53,84	**3.827**	-	**2.126**	-
Na intrekken van TH1-TH2	45,44	-	**4.732**	-	**2.629**
Na intrekken van TV2-TH1	34,86	**4.739**	-	**2.633**	-
Na intrekken van TV1-TV2	34,78	-	**7.261**	-	**4.034**
Na intrekken van Intrede-TV1	5,29	**7.714**	-	**4.286**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (280,38 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (280,38 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	79,31	66,79	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV3-TV4 ..	0,50	24,66	0,16	0,4257	1.717,0	0,47	**0,00183**	**0,00486**
TH1-TH2 ..	75,00	69,64	62,59	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH1-TH2 ..	75,00	74,86	64,89	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH1-TH2 ..	75,00	78,31	66,37	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	0,50	15,07	0,11	0,4257	1.717,0	0,47	**0,00183**	**0,00486**
TV1-TV2 ..	75,00	51,35	53,74	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	55,71	55,98	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	59,18	57,70	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	69,46	62,51	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\upsilon = \frac{K}{1 + K}$

$\ell = \frac{\pi}{\lambda}$ $A = \ell \cdot b$ $b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 80 = 41,89$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	92,50	-	0,019	2,98	**1.012**	**562**
TV3-TV4 (TV4)	92,50	-	0,0014	0,23	278	155
TH1-TH2 (TH1)	-	150,00	0,011	1,84	**624**	**347**
TH1-TH2 (4)	-	150,00	0,011	1,84	**624**	**347**
TH1-TH2 (TH2)	-	150,00	0,011	1,84	**624**	**347**
TV1-TV2 (TV1)	92,50	-	0,0014	0,23	278	155
TV1-TV2 (1)	92,50	-	0,019	2,98	**1.012**	**562**
TV1-TV2 (2)	92,50	-	0,019	2,98	**1.012**	**562**
TV1-TV2 (3)	92,50	-	0,019	2,98	**1.012**	**562**
TV1-TV2 (TV2)	92,50	-	0,019	2,98	**1.012**	**562**

$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758,07}{160 \cdot 0,9 \cdot R}$

$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$

$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	343	1.727	562	562	**2.632**
TH1-TH2	222	2.629	347	909	**3.760**
TV1-TV2	34	4.034	562	1.471	**5.539**

$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	9,13	2.632	**301**	**167**
TH1-TH2	2,02	3.760	**95**	**53**
TV1-TV2	9,13	5.539	**633**	**352**

$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$

$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$

$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$

$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	955	586	-	-	-	**1.541**	**0,15**
Na intrekken van TV3-TV4	617	-	3.108	1.012	301	**5.038**	**0,50**
Na intrekken van TH2-TV3	521	3.827	-	1.012	301	**5.660**	**0,57**
Na intrekken van TH1-TH2	400	-	4.732	1.636	396	**7.164**	**0,72**
Na intrekken van TV2-TH1	399	4.739	-	1.636	396	**7.170**	**0,72**
Na intrekken van TV1-TV2	61	-	7.261	2.648	1.029	**10.999**	**1,10**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	7.714	-	2.648	1.029	**11.391**	**1,14**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	531	325	-	-	-	**856**	**0,09**
Na intrekken van TV3-TV4	343	-	1.727	562	167	**2.799**	**0,28**
Na intrekken van TH2-TV3	289	2.126	-	562	167	**3.145**	**0,31**
Na intrekken van TH1-TH2	222	-	2.629	909	220	**3.980**	**0,40**
Na intrekken van TV2-TH1	221	2.633	-	909	220	**3.983**	**0,40**
Na intrekken van TV1-TV2	34	-	4.034	1.471	572	**6.110**	**0,61**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	4.286	-	1.471	572	**6.328**	**0,63**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **6.328 N (≈ 0,63 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.541	**0,23**
Na intrekken van TV3-TV4	5.038	**0,76**
Na intrekken van TH2-TV3	5.660	**0,85**
Na intrekken van TH1-TH2	7.164	**1,07**
Na intrekken van TV2-TH1	7.170	**1,08**
Na intrekken van TV1-TV2	10.999	**1,65**
Na intrekken van Intrede-TV1	11.391	**1,71**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm^2]
TV3-TV4	92,50	291.884,68	**1,31**
TH1-TH2	150,00	179.995,55	**0,81**
TV1-TV2	92,50	291.884,68	**1,31**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1{,}4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758{,}07}{0{,}9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521{,}98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.541	0,23	-	**0,23**
Na intrekken van TV3-TV4	5.038	0,76	1,31	**1,61**
Na intrekken van TH2-TV3	5.660	0,85	-	**0,85**
Na intrekken van TH1-TH2	7.164	1,07	0,81	**1,60**
Na intrekken van TV2-TH1	7.170	1,08	-	**1,08**
Na intrekken van TV1-TV2	10.999	1,65	1,31	**2,50**
Na intrekken van Intrede-TV1	11.391	1,71	-	**1,71**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669{,}10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2{,}50 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,65	0,74	Klei	11,09	3,98	15,07	2,41
1	4,66	0,68	Zand	9,89	41,47	51,35	8,22
2	5,00	-0,09	Zand	0,00	105,72	55,71	8,91
3	5,25	-0,12	Zand	0,00	111,68	59,18	9,47
TV2	6,07	0,51	Zand	7,16	62,30	69,46	11,11
TH1	6,08	0,52	Zand	7,34	62,30	69,64	11,14
4	6,38	0,82	Zand	12,56	62,30	74,86	11,98
TH2	6,55	0,99	Zand	16,01	62,30	78,31	12,53
TV3	6,60	1,04	Zand	17,01	62,30	79,31	12,69
TV4	2,13	1,23	Klei	20,68	3,98	24,66	3,95

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,65	Grafiek ½ x II	8,76	1,40
1	4,66	Grafiek ½ x II	2,19	0,35
2	5,00	Grafiek ½ x II	2,01	0,32
3	5,25	Grafiek ½ x II	1,89	0,30
TV2	6,07	Grafiek ½ x II	1,59	0,25
TH1	6,08	Grafiek ½ x II	1,58	0,25
4	6,38	Grafiek ½ x II	1,49	0,24
TH2	6,55	Grafiek ½ x II	1,44	0,23
TV3	6,60	Grafiek ½ x II	1,43	0,23
TV4	2,13	Grafiek ½ x II	5,99	0,96

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm¹]	Q_v [N/mm¹]	Q_{boven} [N/mm¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm²]
TV1	✓	2,41	1,40	3,81	45,78(1)	**1,29**
1	✓	8,22	0,35	8,57	127,18(1)	**3,58**
2	✓	8,91	0,32	9,24	137,10(1)	**3,86**
3	✓	9,47	0,30	9,77	145,07(1)	**4,08**
TV2	✓	11,11	0,25	11,37	168,74(1)	**4,75**
TH1	✓	11,14	0,25	11,40	169,17(1)	**4,76**
4	✓	11,98	0,24	12,22	181,33(1)	**5,10**
TH2	✓	12,53	0,23	12,76	189,44(1)	**5,33**
TV3	✓	12,69	0,23	12,92	191,76(1)	**5,40**
TV4	✓	3,95	0,96	4,91	58,92(1)	**1,66**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]
TV1	92,50	0,0014	0,091
1	92,50	0,019	1,20
2	92,50	0,019	1,20
3	92,50	0,019	1,20
TV2	92,50	0,019	1,20
TH1	150,00	0,011	0,74
4	150,00	0,011	0,74
TH2	150,00	0,011	0,74
TV3	92,50	0,019	1,20
TV4	92,50	0,0014	0,091

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm²

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,65	0,74	**0,90**
1	4,66	0,68	**3,98**
2	5,00	-0,09	**5,10**
3	5,25	-0,12	**5,37**
TV2	6,07	0,51	**5,56**
TH1	6,08	0,52	**5,56**
4	6,38	0,82	**5,56**
TH2	6,55	0,99	**5,56**
TV3	6,60	1,04	**5,56**
TV4	2,13	1,23	**0,90**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 5{,}56 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm²]
TV1	1,29	0,091	0,65	**0,90**
1	3,58	1,20	0,65	**3,11**
2	3,86	1,20	0,65	**3,29**
3	4,08	1,20	0,65	**3,43**
TV2	4,75	1,20	0,65	**3,87**
TH1	4,76	0,74	0,65	**3,58**
4	5,10	0,74	0,65	**3,80**
TH2	5,33	0,74	0,65	**3,95**
TV3	5,40	1,20	0,65	**4,29**
TV4	1,66	0,091	0,65	**1,14**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm²

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 4{,}29 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**
1	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**
2	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**
3	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**
TV2	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**
TH1	0,00	0,00	0,81	0,65	**0,53**
4	0,00	0,00	0,81	0,65	**0,53**
TH2	0,00	0,00	0,81	0,65	**0,53**
TV3	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**
TV4	0,00	0,00	1,31	0,65	**0,85**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0{,}85 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	2,41	1,40	0,23	**0,25**	0,17
1	8,22	0,35	2,98	**1,73**	1,19
2	8,91	0,32	2,98	**1,87**	1,28
3	9,47	0,30	2,98	**1,98**	1,36
TV2	11,11	0,25	2,98	**2,31**	1,59
TH1	11,14	0,25	1,84	**2,32**	1,59
4	11,98	0,24	1,84	**2,49**	1,71
TH2	12,53	0,23	1,84	**2,60**	1,79
TV3	12,69	0,23	2,98	**2,63**	1,81
TV4	3,95	0,96	0,23	**0,35**	0,24

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 72{,}70^3}{350 \cdot 259{,}34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 145{,}40 =$ **11,63** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 2{,}63 \leq 11{,}63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,65	10,88	8,07	9,47	12,89	0,11
1	4,66	35,54	15,15	25,35	39,88	53,74
2	5,00	37,37	15,93	26,65	41,94	55,98
3	5,25	39,80	16,97	28,39	44,67	57,70
TV2	6,07	47,75	20,36	34,05	53,59	62,51
TH1	6,08	47,90	20,43	34,16	53,76	62,59
4	6,38	52,21	22,26	37,23	58,59	64,89
TH2	6,55	55,07	23,48	39,27	61,80	66,37
TV3	6,60	55,89	23,83	39,86	62,72	66,79
TV4	2,13	18,81	13,94	16,38	21,58	0,16

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	0,039	0,089	0,0090	0,4257	0,03	**0,29**
1	20,69	0,00070	0,0398	0,2989	0,60	**5,42**
2	21,55	0,00071	0,0510	0,2989	0,64	**5,76**
3	22,21	0,00073	0,0537	0,2989	0,67	**6,07**
TV2	24,06	0,00081	0,0556	0,2989	0,77	**6,95**
TH1	24,09	0,00081	0,0556	0,2989	0,77	**6,97**
4	24,98	0,00086	0,0556	0,2989	0,83	**7,43**
TH2	25,55	0,00088	0,0556	0,2989	0,86	**7,72**
TV3	25,71	0,00089	0,0556	0,2989	0,87	**7,81**
TV4	0,057	0,091	0,0090	0,4257	0,05	**0,42**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,82	0,08	1,66	0,03	**0,32**	0,02	**0,20**
1	0,89	0,03	4,73	0,27	**2,74**	0,06	**0,59**
2	0,89	0,03	5,85	0,30	**2,97**	0,07	**0,74**
3	0,88	0,03	6,12	0,31	**3,13**	0,08	**0,77**
TV2	0,83	0,03	6,32	0,35	**3,55**	0,08	**0,81**
TH1	0,83	0,03	6,32	0,36	**3,56**	0,08	**0,81**
4	0,81	0,03	6,32	0,38	**3,77**	0,08	**0,82**
TH2	0,80	0,03	6,32	0,39	**3,90**	0,08	**0,84**
TV3	0,80	0,03	6,32	0,39	**3,94**	0,09	**0,86**
TV4	1,07	0,08	1,66	0,05	**0,46**	0,04	**0,40**

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{150}{2} = 75\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 89^2)} = 0{,}728\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}728}{(150 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(150 - 89)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	1,07	0,14	2,14	0,04	**0,43**	0,03(1)	**0,25**
TV3	2,65	0,07	6,80	0,39	**3,94**	0,08(1)	**0,81**
TH2	2,66	0,08	6,80	0,39	**3,90**	0,08(1)	**0,81**
4	2,70	0,08	6,80	0,38	**3,77**	0,08(1)	**0,82**
TH1	2,77	0,10	6,80	0,36	**3,56**	0,08(1)	**0,82**
TV2	2,77	0,10	6,80	0,35	**3,55**	0,08(1)	**0,82**
3	2,62	0,12	6,61	0,29	**2,95**	0,08(2)	**0,80**
2	2,50	0,12	6,34	0,27	**2,70**	0,08(2)	**0,75**
1	2,33	0,10	5,22	0,24	**2,38**	0,06(2)	**0,60**
TV1	0,82	0,22	2,14	0,03	**0,29**	0,02(2)	**0,21**

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 313{,}37 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 313^2)} = 0{,}105 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 89^2)} = 1{,}092 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}105}{(500 - 313)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 313)} \right) \cdot (90{,}17 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 1{,}092}{(406{,}4 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 89)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,03	1,57
TV3	0,08	1,57
TH2	0,08	1,57
4	0,08	1,57
TH1	0,08	1,57
TV2	0,08	1,57
3	0,08	1,57
2	0,08	1,57
1	0,06	1,57
TV1	0,02	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

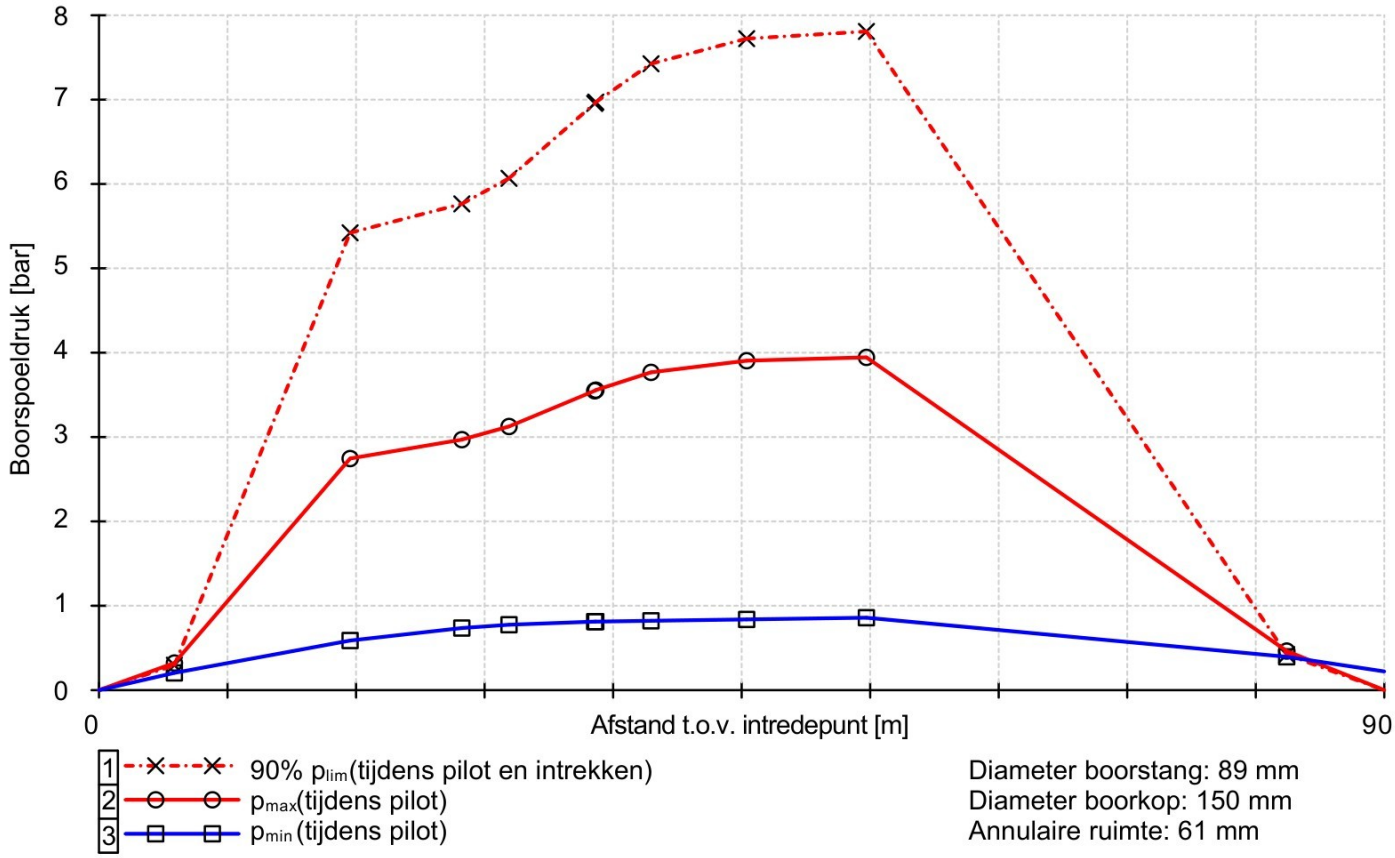
$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,08 \leq 1,57 \rightarrow$ Voldoet

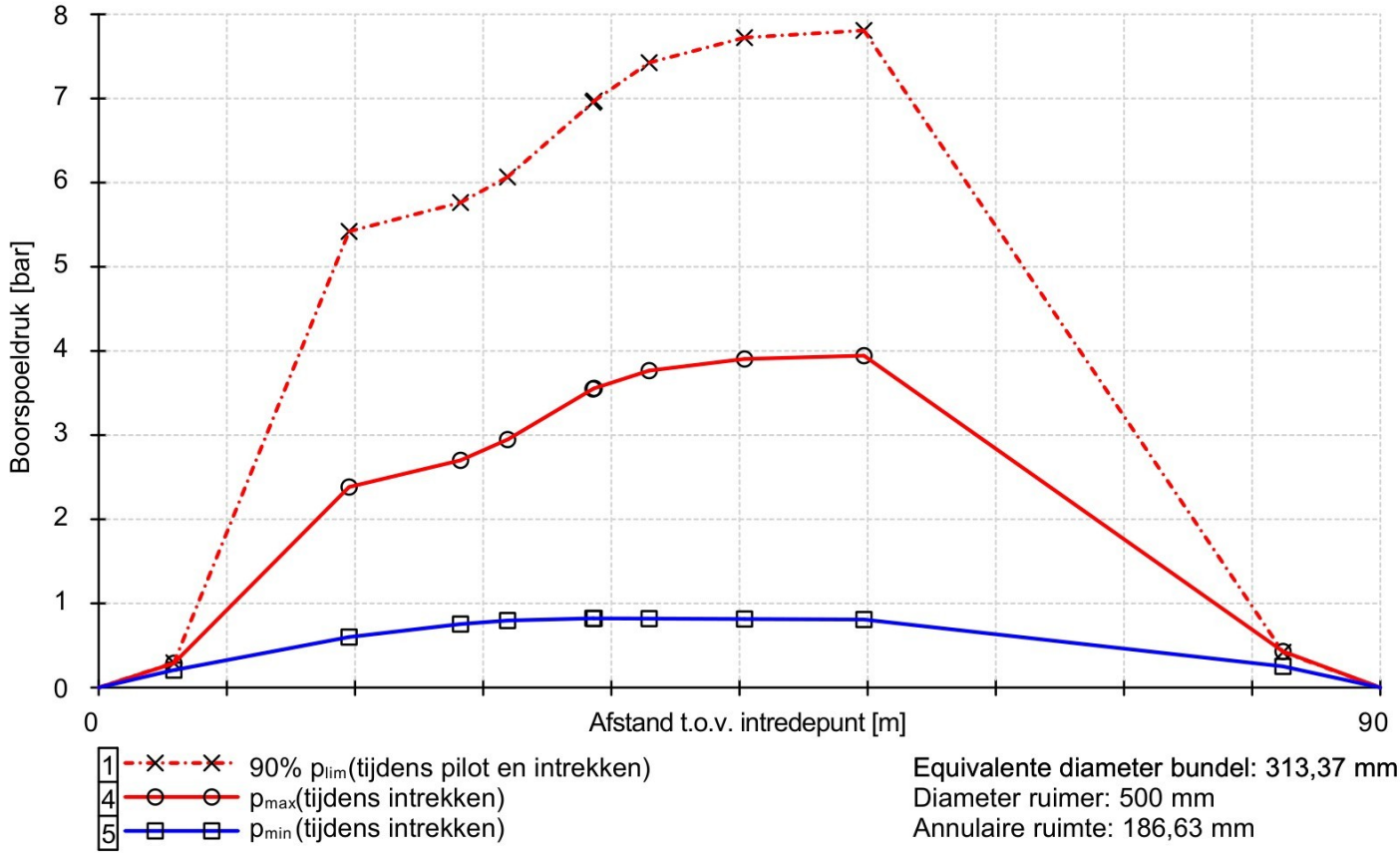
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 500 l/min)



Diameter boorstang: 89 mm
Diameter boorkop: 150 mm
Annulaire ruimte: 61 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 750 l/min)



Equivalente diameter bundel: 313,37 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 186,63 mm

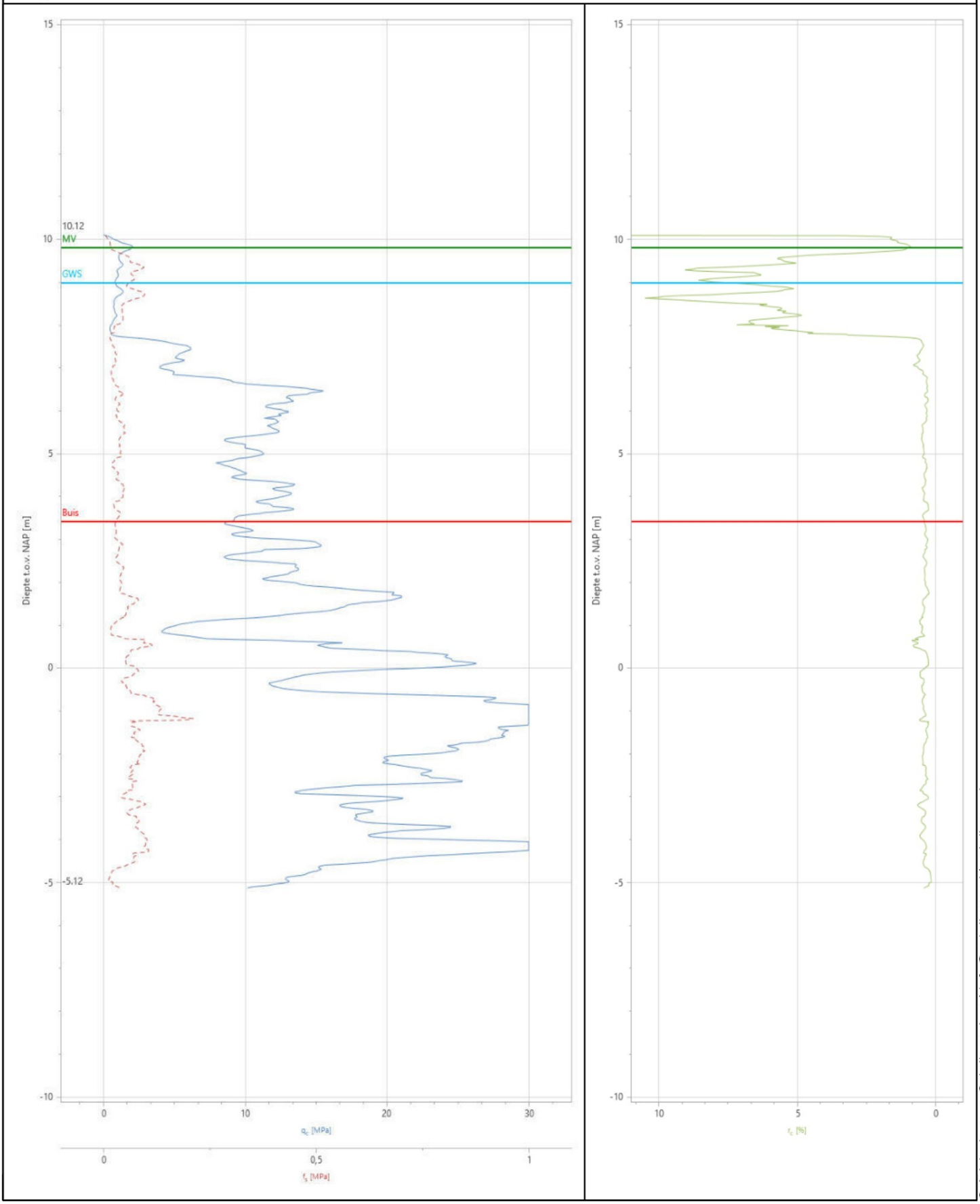
1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

02

Naam van het project : B4005
Projectonderdeel : 22T - 1x160 + 6x110



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4005
Projectonderdeel : 22T - 6x110 + 1x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 90,17	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 88,57	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 18,26 / 33	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 18,26 / 32,99	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 9,75	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,24	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]
Intrede-TV1	5,29	5,03	5,29	5,03	-	-
TV1-TV2	29,48	28,99	34,78	34,01	92,50	-
TV2-TH1	0,08	0,08	34,86	34,10	-	-
TH1-TH2	10,58	10,58	45,44	44,68	-	150,00
TH2-TV3	8,40	8,40	53,84	53,08	-	-
TV3-TV4	29,48	28,99	83,33	82,07	92,50	-
TV4-Uittrede	6,85	6,50	90,17	88,57	-	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 89	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 150	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 500	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 313,37	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 750	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 7	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	5,29	1,65	0,74	Klei	13,61	13,09	15,00
1	17,62	4,66	0,68	Zand	13,21	18,57	35,00
2	25,46	5,00	-0,09	Zand	0,00	19,22	35,00
3	28,77	5,25	-0,12	Zand	0,00	19,34	35,00
TV2	34,78	6,07	0,51	Zand	12,87	19,27	35,00
TH1	34,86	6,08	0,52	Zand	12,87	19,27	35,00
4	38,73	6,38	0,82	Zand	13,95	19,27	35,00
TH2	45,44	6,55	0,99	Zand	14,77	19,27	35,00
TV3	53,84	6,60	1,04	Zand	14,90	19,27	35,00
TV4	83,33	2,13	1,23	Klei	15,33	13,09	15,00

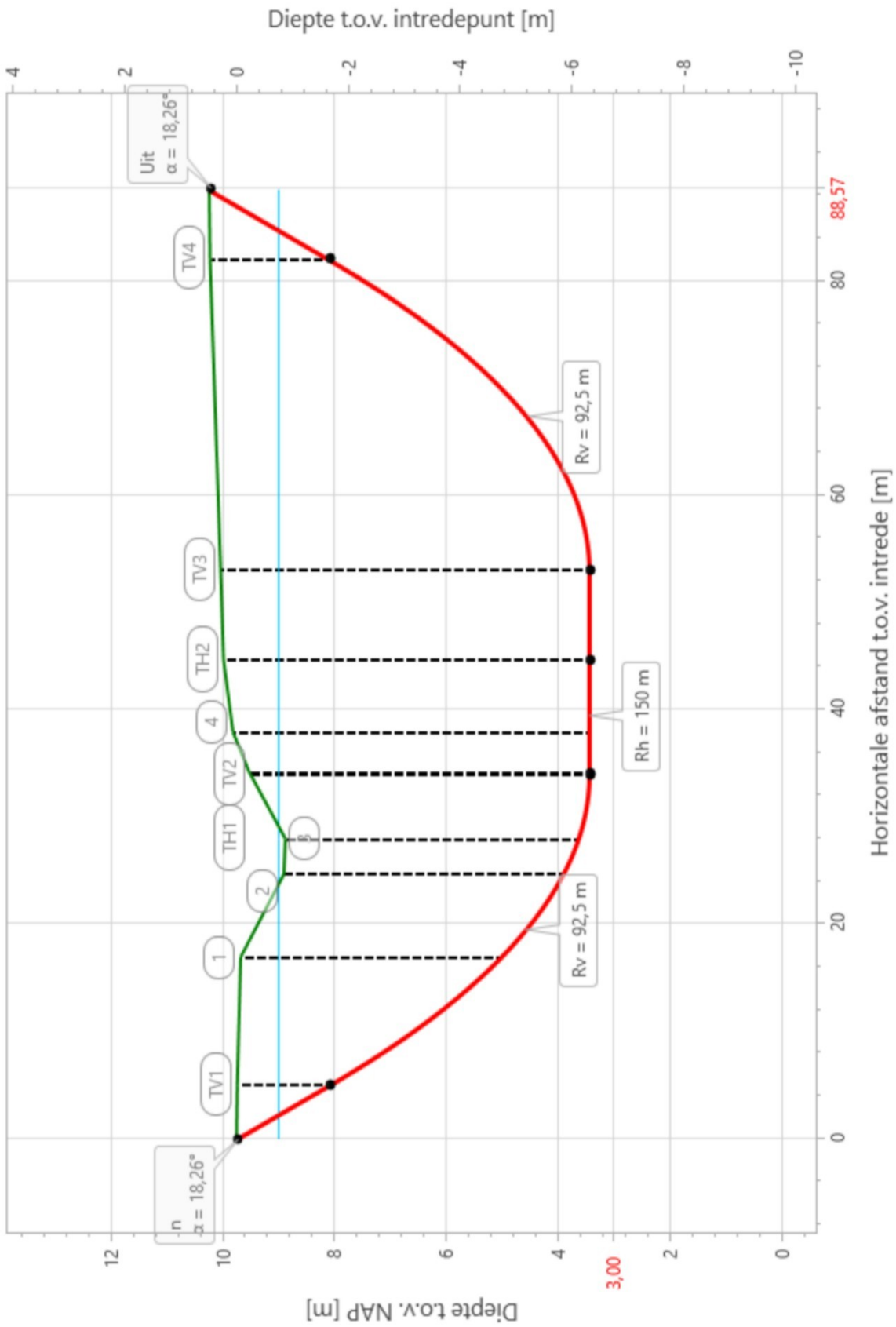
1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	1,00	0,50	Grafiek ½ x II	02
1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TH2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	02
TV4	✓	1,00	0,50	Grafiek ½ x II	02

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 3.966.260,73	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0300	N/mm^1	g	=	0,0300	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0300	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0300	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	90,17	**487**	**271**
Na intrekken van TV4-Uittrede	83,33	**450**	**250**
Na intrekken van TV3-TV4	53,84	**291**	**162**
Na intrekken van TH2-TV3	45,44	**245**	**136**
Na intrekken van TH1-TH2	34,86	**188**	**105**
Na intrekken van TV2-TH1	34,78	**188**	**104**
Na intrekken van TV1-TV2	5,29	**29**	**16**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0300 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	487	**0,16**
Na intrekken van TV4-Uittrede	450	**0,14**
Na intrekken van TV3-TV4	291	**0,09**
Na intrekken van TH2-TV3	245	**0,08**
Na intrekken van TH1-TH2	188	**0,06**
Na intrekken van TV2-TH1	188	**0,06**
Na intrekken van TV1-TV2	29	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538{,}15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{42.538{,}15}{72.114} = \mathbf{0{,}59} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,16	**0,54**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,14	**0,53**
Na intrekken van TV3-TV4	0,09	**0,48**
Na intrekken van TH2-TV3	0,08	**0,46**
Na intrekken van TH1-TH2	0,06	**0,44**
Na intrekken van TV2-TH1	0,06	**0,44**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,39**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}59 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}54 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 7

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,558$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

55,8% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 192,76$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0300$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,0793$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	90,17	**314**	-	**175**	-
Na intrekken van TV3-TV4	83,33	-	**1.667**	-	**926**
Na intrekken van TH2-TV3	53,84	**2.053**	-	**1.141**	-
Na intrekken van TH1-TH2	45,44	-	**2.538**	-	**1.410**
Na intrekken van TV2-TH1	34,86	**2.542**	-	**1.412**	-
Na intrekken van TV1-TV2	34,78	-	**3.895**	-	**2.164**
Na intrekken van Intrede-TV1	5,29	**4.138**	-	**2.299**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (192,76 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (192,76 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	79,31	66,79	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV3-TV4 ..	0,50	24,66	0,16	0,4257	1.179,6	0,47	**0,00266**	**0,00708**
TH1-TH2 ..	75,00	69,64	62,59	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH1-TH2 ..	75,00	74,86	64,89	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH1-TH2 ..	75,00	78,31	66,37	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TV2 ..	0,50	15,07	0,11	0,4257	1.179,6	0,47	**0,00266**	**0,00708**
TV1-TV2 ..	75,00	51,35	53,74	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TV2 ..	75,00	55,71	55,98	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TV2 ..	75,00	59,18	57,70	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TV2 ..	75,00	69,46	62,51	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\upsilon = \frac{K}{1 + K}$

$\ell = \frac{\pi}{\lambda}$ $A = \ell \cdot b$ $b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 55 = 28{,}80$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	92,50	-	0,013	1,41	**328**	**182**
TV3-TV4 (TV4)	92,50	-	0,00097	0,11	90	50
TH1-TH2 (TH1)	-	150,00	0,0079	0,87	**202**	**112**
TH1-TH2 (4)	-	150,00	0,0079	0,87	**202**	**112**
TH1-TH2 (TH2)	-	150,00	0,0079	0,87	**202**	**112**
TV1-TV2 (TV1)	92,50	-	0,00097	0,11	90	50
TV1-TV2 (1)	92,50	-	0,013	1,41	**328**	**182**
TV1-TV2 (2)	92,50	-	0,013	1,41	**328**	**182**
TV1-TV2 (3)	92,50	-	0,013	1,41	**328**	**182**
TV1-TV2 (TV2)	92,50	-	0,013	1,41	**328**	**182**

$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110 \cdot 0{,}9 \cdot R}$

$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 110$

$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	162	926	182	182	**1.270**
TH1-TH2	105	1.410	112	295	**1.810**
TV1-TV2	16	2.164	182	477	**2.657**

$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	9,13	1.270	**145**	**81**
TH1-TH2	2,02	1.810	**46**	**26**
TV1-TV2	9,13	2.657	**304**	**169**

$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$

$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$

$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$

$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	450	314	-	-	-	**764**	**0,08**
Na intrekken van TV3-TV4	291	-	1.667	328	145	**2.431**	**0,24**
Na intrekken van TH2-TV3	245	2.053	-	328	145	**2.772**	**0,28**
Na intrekken van TH1-TH2	188	-	2.538	531	191	**3.448**	**0,34**
Na intrekken van TV2-TH1	188	2.542	-	531	191	**3.452**	**0,35**
Na intrekken van TV1-TV2	29	-	3.895	859	495	**5.277**	**0,53**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	4.138	-	859	495	**5.492**	**0,55**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	250	175	-	-	-	**425**	**0,04**
Na intrekken van TV3-TV4	162	-	926	182	81	**1.351**	**0,14**
Na intrekken van TH2-TV3	136	1.141	-	182	81	**1.540**	**0,15**
Na intrekken van TH1-TH2	105	-	1.410	295	106	**1.916**	**0,19**
Na intrekken van TV2-TH1	104	1.412	-	295	106	**1.918**	**0,19**
Na intrekken van TV1-TV2	16	-	2.164	477	275	**2.932**	**0,29**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	2.299	-	477	275	**3.051**	**0,31**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **3.051 N (≈ 0,31 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	764	**0,24**
Na intrekken van TV3-TV4	2.431	**0,77**
Na intrekken van TH2-TV3	2.772	**0,88**
Na intrekken van TH1-TH2	3.448	**1,10**
Na intrekken van TV2-TH1	3.452	**1,10**
Na intrekken van TV1-TV2	5.277	**1,68**
Na intrekken van Intrede-TV1	5.492	**1,75**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm^2]
TV3-TV4	92,50	65.032,38	**0,90**
TH1-TH2	150,00	40.103,30	**0,56**
TV1-TV2	92,50	65.032,38	**0,90**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1{,}4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260{,}73}{0{,}9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{72.113{,}83}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Na intrekken van TV4-Uittrede	764	0,24	-	**0,24**
Na intrekken van TV3-TV4	2.431	0,77	0,90	**1,36**
Na intrekken van TH2-TV3	2.772	0,88	-	**0,88**
Na intrekken van TH1-TH2	3.448	1,10	0,56	**1,46**
Na intrekken van TV2-TH1	3.452	1,10	-	**1,10**
Na intrekken van TV1-TV2	5.277	1,68	0,90	**2,27**
Na intrekken van Intrede-TV1	5.492	1,75	-	**1,75**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141{,}59} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2{,}27 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,65	0,74	Klei	11,09	3,98	15,07	1,66
1	4,66	0,68	Zand	9,89	41,47	51,35	5,65
2	5,00	-0,09	Zand	0,00	105,72	55,71	6,13
3	5,25	-0,12	Zand	0,00	111,68	59,18	6,51
TV2	6,07	0,51	Zand	7,16	62,30	69,46	7,64
TH1	6,08	0,52	Zand	7,34	62,30	69,64	7,66
4	6,38	0,82	Zand	12,56	62,30	74,86	8,23
TH2	6,55	0,99	Zand	16,01	62,30	78,31	8,61
TV3	6,60	1,04	Zand	17,01	62,30	79,31	8,72
TV4	2,13	1,23	Klei	20,68	3,98	24,66	2,71

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,65	Grafiek ½ x II	8,77	0,96
1	4,66	Grafiek ½ x II	2,19	0,24
2	5,00	Grafiek ½ x II	2,01	0,22
3	5,25	Grafiek ½ x II	1,89	0,21
TV2	6,07	Grafiek ½ x II	1,59	0,17
TH1	6,08	Grafiek ½ x II	1,58	0,17
4	6,38	Grafiek ½ x II	1,49	0,16
TH2	6,55	Grafiek ½ x II	1,44	0,16
TV3	6,60	Grafiek ½ x II	1,43	0,16
TV4	2,13	Grafiek ½ x II	6,00	0,66

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm¹]	Q_v [N/mm¹]	Q_{boven} [N/mm¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm²]
TV1	✓	1,66	0,96	2,62	21,66(1)	**1,30**
1	✓	5,65	0,24	5,89	60,13(1)	**3,61**
2	✓	6,13	0,22	6,35	64,83(1)	**3,89**
3	✓	6,51	0,21	6,72	68,59(1)	**4,12**
TV2	✓	7,64	0,17	7,82	79,79(1)	**4,79**
TH1	✓	7,66	0,17	7,83	79,99(1)	**4,80**
4	✓	8,23	0,16	8,40	85,74(1)	**5,14**
TH2	✓	8,61	0,16	8,77	89,57(1)	**5,37**
TV3	✓	8,72	0,16	8,88	90,67(1)	**5,44**
TV4	✓	2,71	0,66	3,37	27,86(1)	**1,67**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{16{,}67}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]
TV1	92,50	0,00097	0,063
1	92,50	0,013	0,83
2	92,50	0,013	0,83
3	92,50	0,013	0,83
TV2	92,50	0,013	0,83
TH1	150,00	0,0079	0,51
4	150,00	0,0079	0,51
TH2	150,00	0,0079	0,51
TV3	92,50	0,013	0,83
TV4	92,50	0,00097	0,063

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 110 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm²

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83{,}33}{100^3} = 0{,}0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81{,}25} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,65	0,74	**0,90**
1	4,66	0,68	**3,98**
2	5,00	-0,09	**5,10**
3	5,25	-0,12	**5,37**
TV2	6,07	0,51	**5,56**
TH1	6,08	0,52	**5,56**
4	6,38	0,82	**5,56**
TH2	6,55	0,99	**5,56**
TV3	6,60	1,04	**5,56**
TV4	2,13	1,23	**0,90**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 5{,}56 < 27{,}78 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm²]
TV1	1,30	0,063	0,65	**0,89**
1	3,61	0,83	0,65	**2,88**
2	3,89	0,83	0,65	**3,07**
3	4,12	0,83	0,65	**3,21**
TV2	4,79	0,83	0,65	**3,65**
TH1	4,80	0,51	0,65	**3,45**
4	5,14	0,51	0,65	**3,68**
TH2	5,37	0,51	0,65	**3,83**
TV3	5,44	0,83	0,65	**4,08**
TV4	1,67	0,063	0,65	**1,13**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm²

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 4{,}08 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**
1	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**
2	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**
3	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**
TV2	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**
TH1	0,00	0,00	0,56	0,65	**0,36**
4	0,00	0,00	0,56	0,65	**0,36**
TH2	0,00	0,00	0,56	0,65	**0,36**
TV3	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**
TV4	0,00	0,00	0,90	0,65	**0,59**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0{,}59 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	1,66	0,96	0,11	**0,17**	0,17
1	5,65	0,24	1,41	**1,20**	1,20
2	6,13	0,22	1,41	**1,30**	1,30
3	6,51	0,21	1,41	**1,38**	1,38
TV2	7,64	0,17	1,41	**1,61**	1,61
TH1	7,66	0,17	0,87	**1,61**	1,61
4	8,23	0,16	0,87	**1,73**	1,73
TH2	8,61	0,16	0,87	**1,81**	1,81
TV3	8,72	0,16	1,41	**1,83**	1,83
TV4	2,71	0,66	0,11	**0,24**	0,24

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 100{,}00 =$ **8,00** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 1{,}83 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,65	10,88	8,07	9,47	12,89	0,11
1	4,66	35,54	15,15	25,35	39,88	53,74
2	5,00	37,37	15,93	26,65	41,94	55,98
3	5,25	39,80	16,97	28,39	44,67	57,70
TV2	6,07	47,75	20,36	34,05	53,59	62,51
TH1	6,08	47,90	20,43	34,16	53,76	62,59
4	6,38	52,21	22,26	37,23	58,59	64,89
TH2	6,55	55,07	23,48	39,27	61,80	66,37
TV3	6,60	55,89	23,83	39,86	62,72	66,79
TV4	2,13	18,81	13,94	16,38	21,58	0,16

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	0,039	0,089	0,0090	0,4257	0,03	**0,29**
1	20,69	0,00070	0,0398	0,2989	0,60	**5,42**
2	21,55	0,00071	0,0510	0,2989	0,64	**5,76**
3	22,21	0,00073	0,0537	0,2989	0,67	**6,07**
TV2	24,06	0,00081	0,0556	0,2989	0,77	**6,95**
TH1	24,09	0,00081	0,0556	0,2989	0,77	**6,97**
4	24,98	0,00086	0,0556	0,2989	0,83	**7,43**
TH2	25,55	0,00088	0,0556	0,2989	0,86	**7,72**
TV3	25,71	0,00089	0,0556	0,2989	0,87	**7,81**
TV4	0,057	0,091	0,0090	0,4257	0,05	**0,42**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,82	0,08	1,66	0,03	**0,32**	0,02	**0,20**
1	0,89	0,03	4,73	0,27	**2,74**	0,06	**0,59**
2	0,89	0,03	5,85	0,30	**2,97**	0,07	**0,74**
3	0,88	0,03	6,12	0,31	**3,13**	0,08	**0,77**
TV2	0,83	0,03	6,32	0,35	**3,55**	0,08	**0,81**
TH1	0,83	0,03	6,32	0,36	**3,56**	0,08	**0,81**
4	0,81	0,03	6,32	0,38	**3,77**	0,08	**0,82**
TH2	0,80	0,03	6,32	0,39	**3,90**	0,08	**0,84**
TV3	0,80	0,03	6,32	0,39	**3,94**	0,09	**0,86**
TV4	1,07	0,08	1,66	0,05	**0,46**	0,04	**0,40**

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{150}{2} = 75\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 89^2)} = 0{,}728\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}728}{(150 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(150 - 89)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	1,07	0,14	2,14	0,04	**0,43**	0,03(1)	**0,25**
TV3	2,65	0,07	6,80	0,39	**3,94**	0,08(1)	**0,81**
TH2	2,66	0,08	6,80	0,39	**3,90**	0,08(1)	**0,81**
4	2,70	0,08	6,80	0,38	**3,77**	0,08(1)	**0,82**
TH1	2,77	0,10	6,80	0,36	**3,56**	0,08(1)	**0,82**
TV2	2,77	0,10	6,80	0,35	**3,55**	0,08(1)	**0,82**
3	2,62	0,12	6,61	0,29	**2,95**	0,08(2)	**0,80**
2	2,50	0,12	6,34	0,27	**2,70**	0,08(2)	**0,75**
1	2,33	0,10	5,22	0,24	**2,38**	0,06(2)	**0,60**
TV1	0,82	0,22	2,14	0,03	**0,29**	0,02(2)	**0,21**

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 313{,}37 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 313^2)} = 0{,}105 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 89^2)} = 1{,}092 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}105}{(500 - 313)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 313)} \right) \cdot (90{,}17 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 1{,}092}{(406{,}4 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 89)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,03	1,55
TV3	0,08	1,55
TH2	0,08	1,55
4	0,08	1,55
TH1	0,08	1,55
TV2	0,08	1,55
3	0,08	1,55
2	0,08	1,55
1	0,06	1,55
TV1	0,02	1,55

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

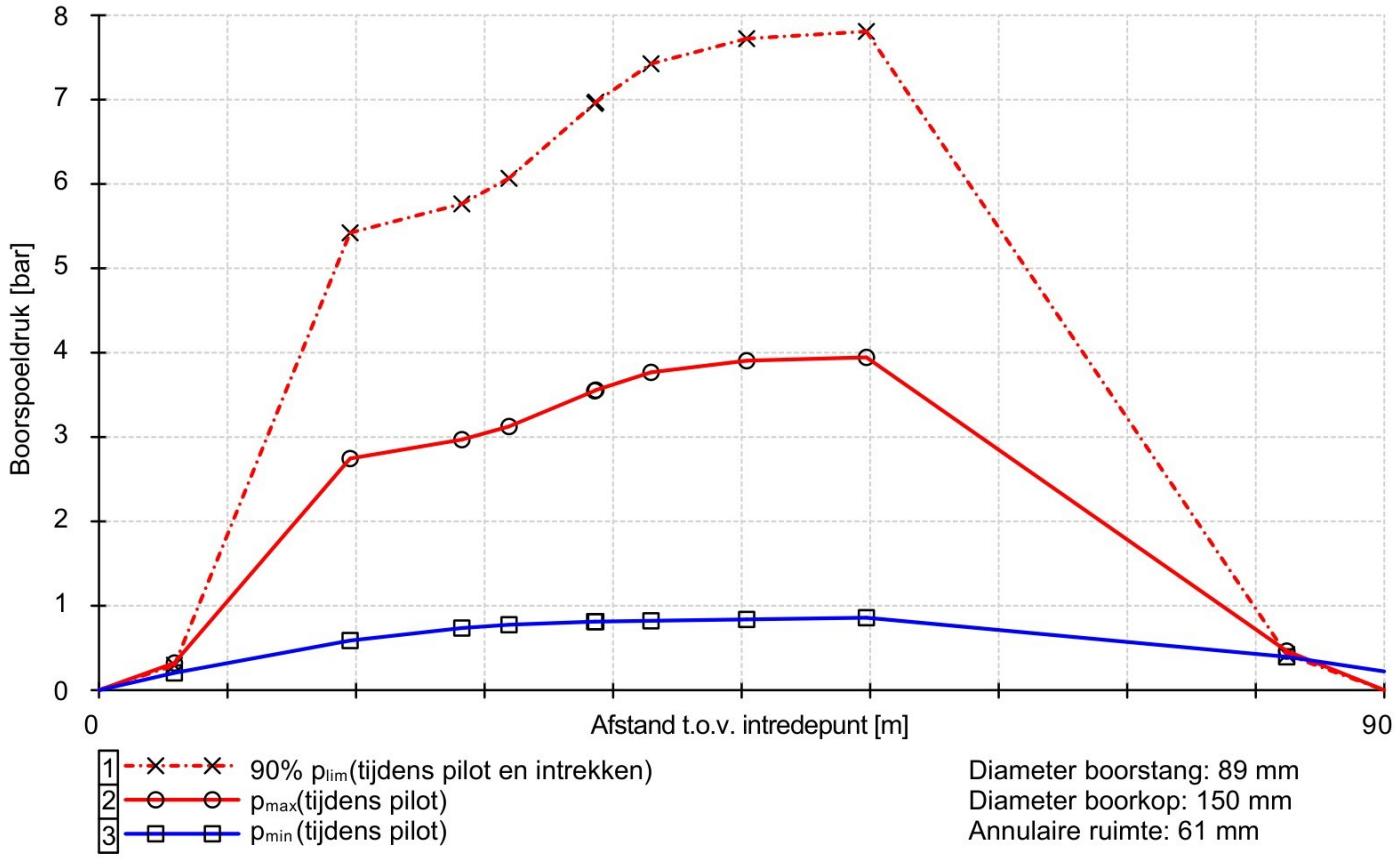
$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,08 \leq 1,55 \rightarrow$ Voldoet

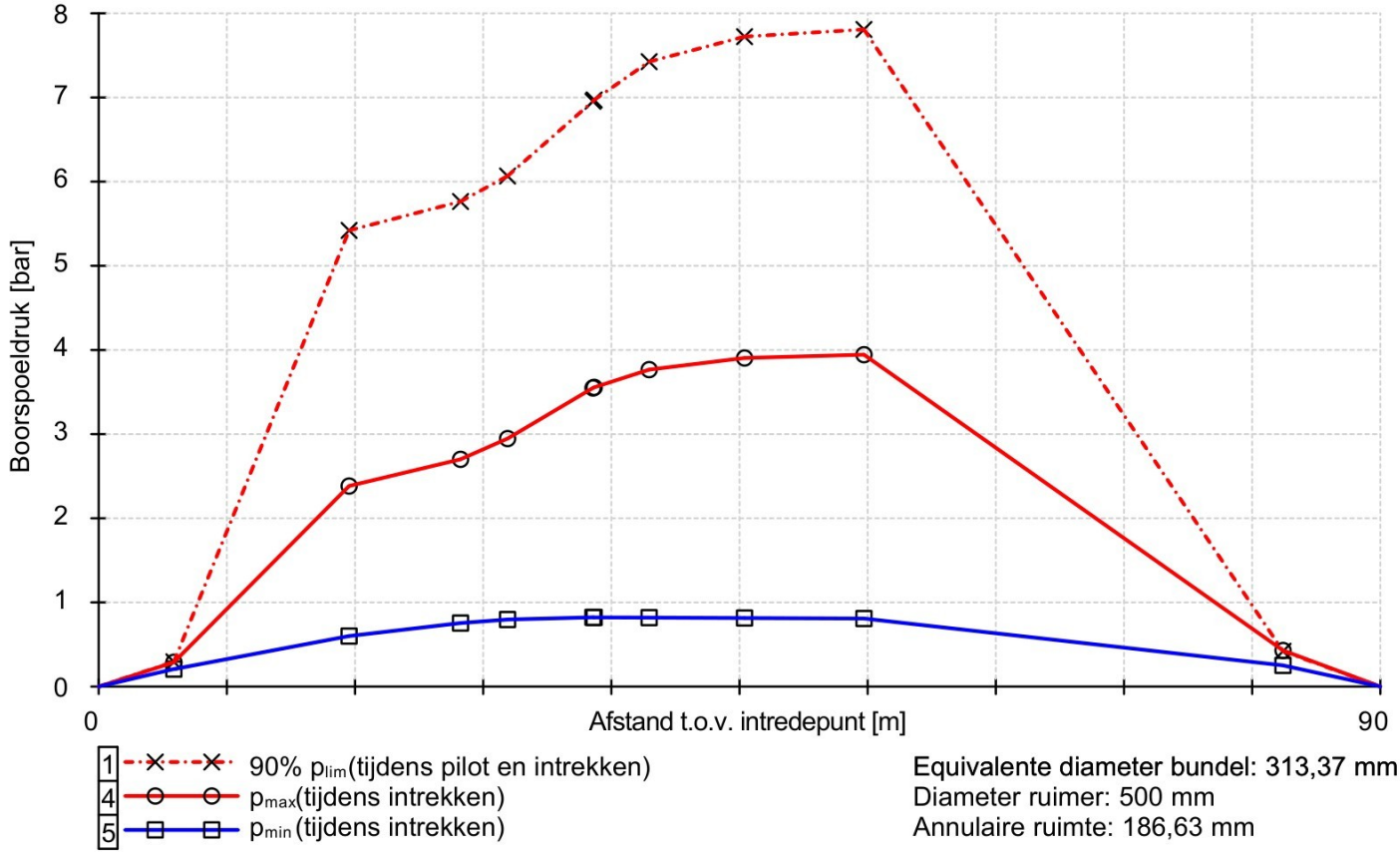
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 500 l/min)



Diameter boorstang: 89 mm
Diameter boorkop: 150 mm
Annulaire ruimte: 61 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 750 l/min)



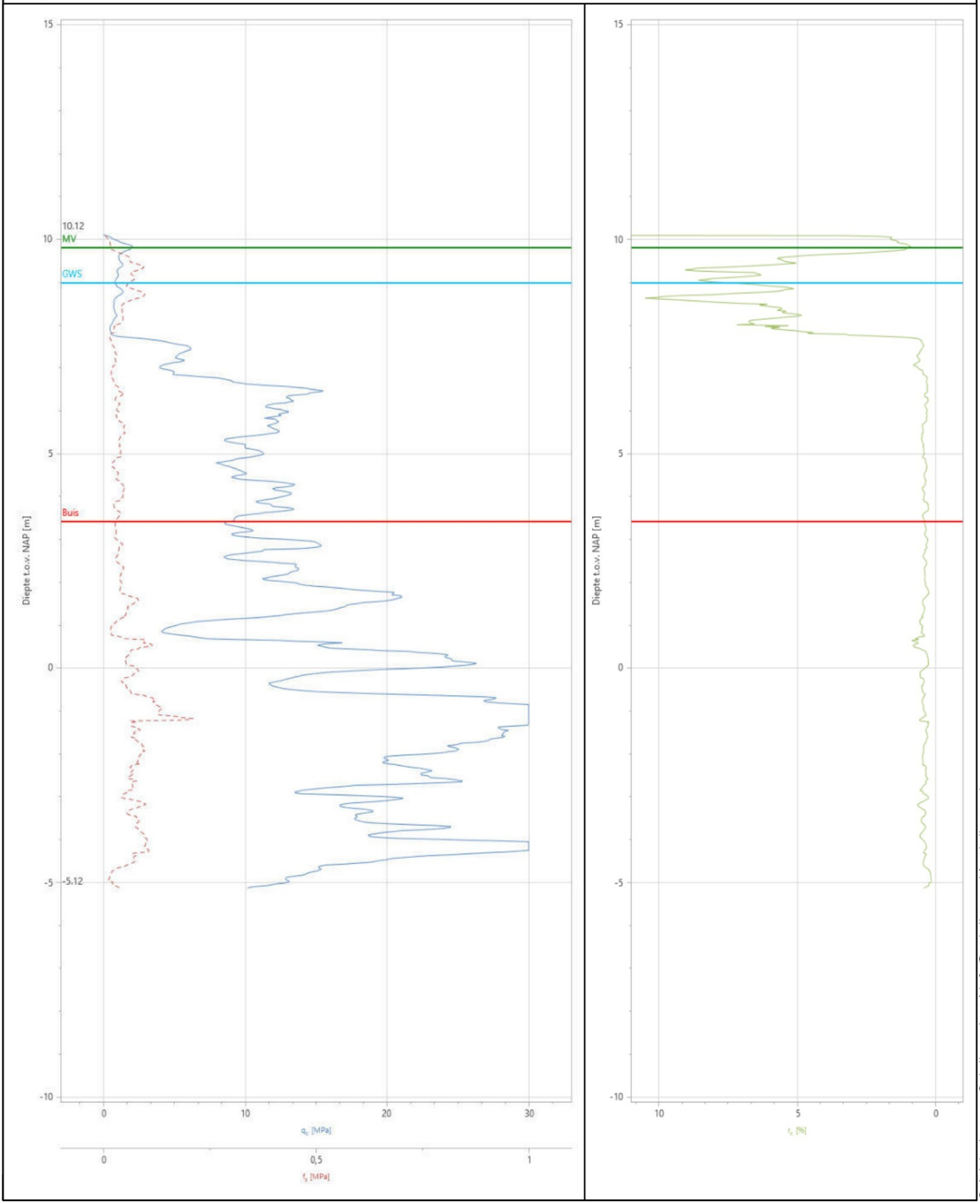
Equivalente diameter bundel: 313,37 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 186,63 mm

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

02

Naam van het project : B4005
Projectonderdeel : 22T - 6x110 + 1x160



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

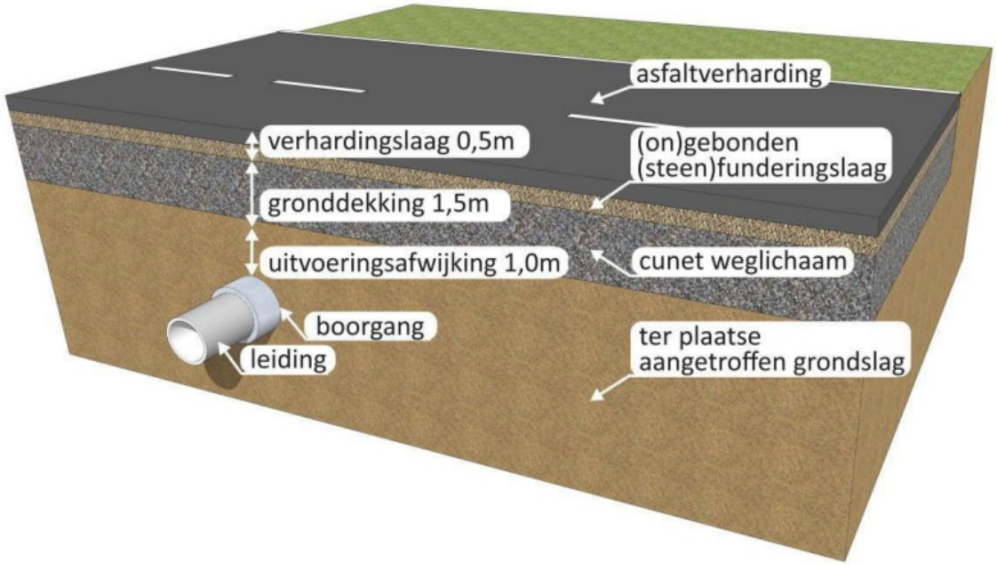
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 8: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 20-02-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.0.2508
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4005, langs tracé B4005

Boringtype: Bundel
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: 6x SDR 11 (110mm); 1x SDR 11 (160mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 75.00m
Controlepunten: 1
Ontwerpmethode: Parametrisch

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 5.98m
Locatie: 191758.11,433657.13,9.75

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 94.55m
Locatie: 191809.05,433584.73,10.24

Te boren lengte: 90.17m

Intredelengte: 5.29m
Intredehoek: -33.00%
Intredeboogradius: 92.50m
Lengte midden: 19.07m
Hoek midden: -0.00%
Uittredeboogradius: 92.50m
Uittredelengte: 6.85m
Uittredehoek: 33.00%

Ontwerpboring bevat geen gecombineerde bogen.

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 4.50m
Opgegeven intredehoek: -33.00%
Opgegeven radius intredeboog: 92.50m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 92.50m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 4.50m
Opgegeven uittredehoek: 33.00%

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	van der Mondeweg 43, Haalderen
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	10 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *15*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	10 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Kruiningen en Yerseke bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zullen 6 Ø110 + 1 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 6.1 t/m 8.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.



Figuur 1: boorlocatie (Essenpas 1, Haalderen)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Haalderen
Exacte locatie	Van der Mondeweg 43
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01B-P-B4006
Boornummer	B4006
KLIC-nummer	25O0167163
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	79 meter
Maximale diepte buis	5.6 meter -MV / +4.55 m NAP
Diameter/materiaal buis	6xØ110+1 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 500 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø 110 mm + Ø160 mm
Wanddikte	10 mm + 14.5
Aantal buizen	7 stuks
Max. toelaatbare treksterkte	31.4 kN *(= 3.1 ton)* + 66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	Ø380

Het intrekken van de buis geschiedt door het uitleggen van de buizen achter het uittredepunt.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (Essenpas 1, Haalderen)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 3: Situatie uittredepunt (Van der Mondeweg 89, Haalderen)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt op rollenstellen vooraf uitgelegd.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het in- en uittredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het plaatsen van de rollenstellen en het uitleggen van de buizen dient een halve rijbaan te worden afgezet. Maar ook voor opstellen van een zuigwagen en werkruimte rondom de boorrig en uittrede dient een halve rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Er is een halve rijbaan beschikbaar om het doorgaande verkeer te laten passeren.
- Fietsers worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de beschikbare rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 15 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT15
Afmetingen (LxBxH)	5900x1950x2500 mm
Gewicht	11 ton
Boorstang	67 mm
Boorgat pilotfase	125 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6,5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

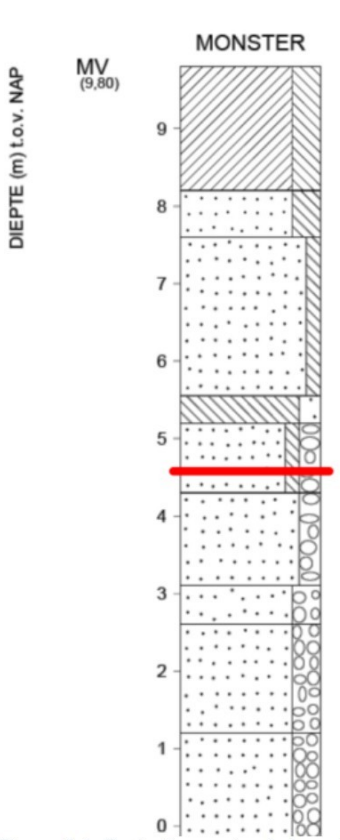
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

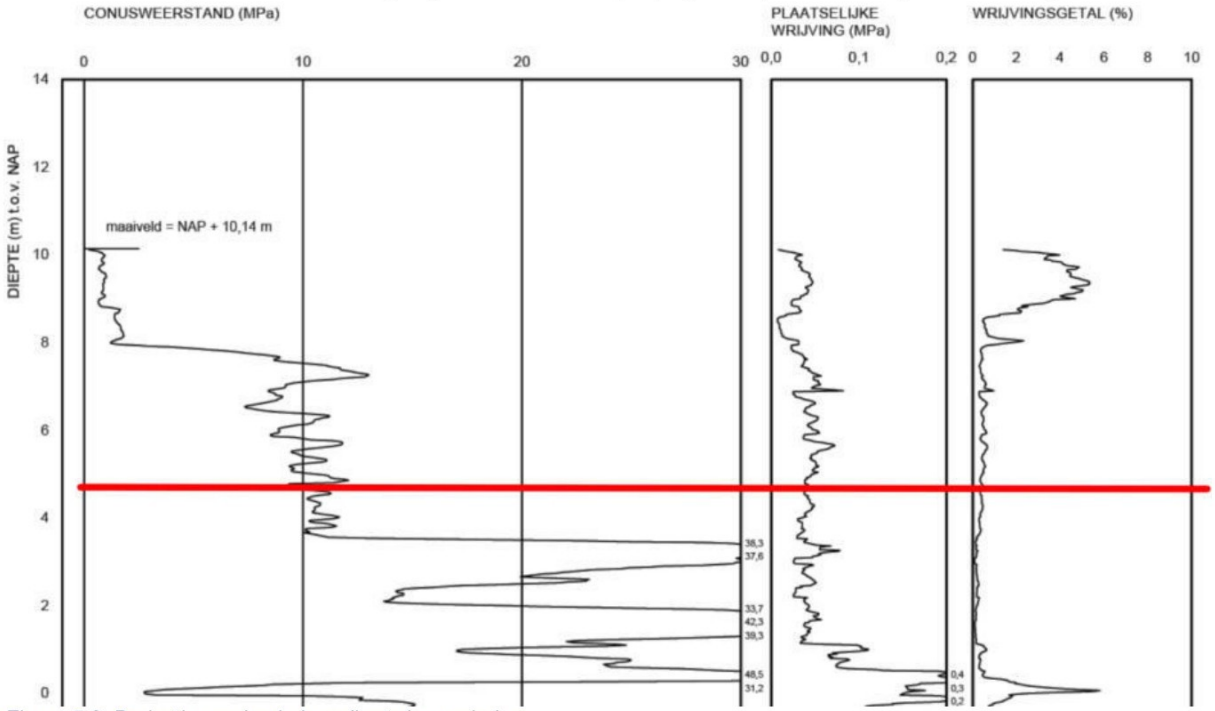
Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



MONSTER	LAAG		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
	1	1	9,80	8,20	klei, sterk siltig; bruin-, grijs 'KSTV'
	2	2	8,20	7,60	zand, sterk siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZZFO'
	3	3	7,60	5,55	zand, zwak siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZMGO'
	4	4	5,55	5,20	LZ=???; grijs 'CA2'
	5	5	5,20	4,30	zand, zwak siltig, matig grindig; grijs 'ZMGO'
	6	6	4,30	3,10	ZG2=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	7	7	3,10	2,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	8	8	2,60	1,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'

Figuur 4.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 4.55m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 5.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,44m NAP, dus ca. 1,85m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

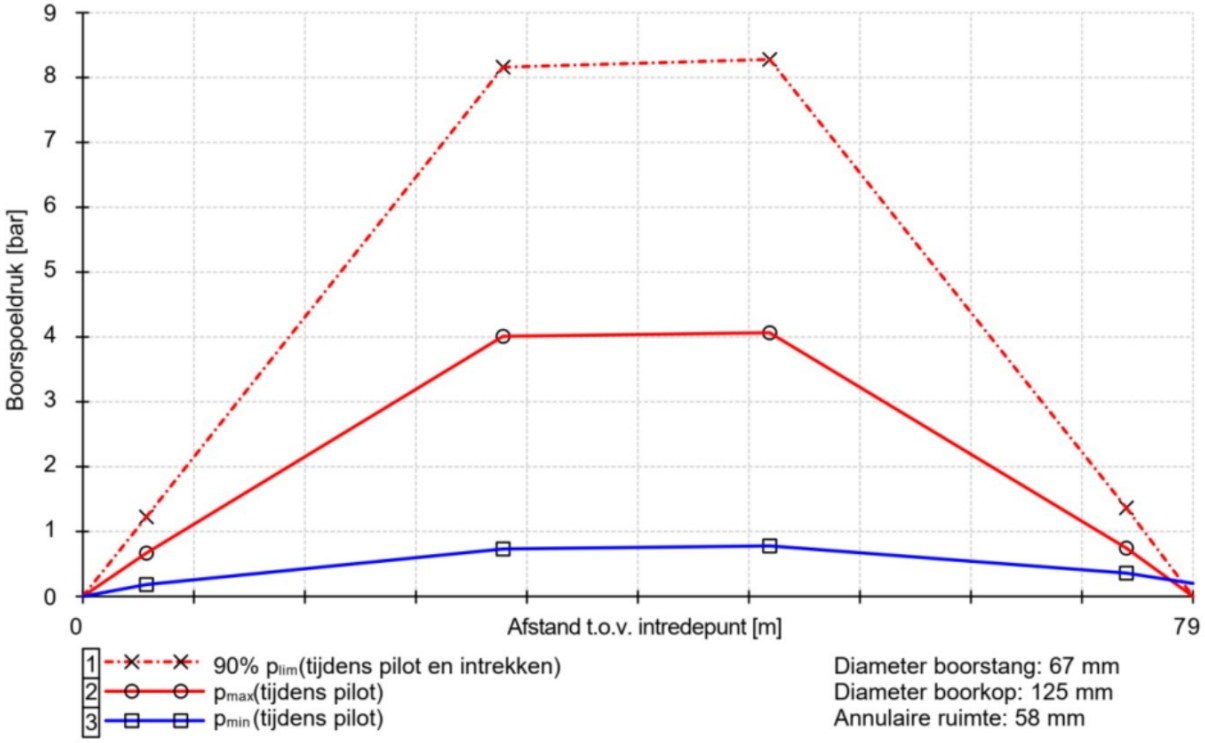
Lengte leiding in boorgat (m)	**Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø110**	**Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm**	**Verwachte trekkracht (kN) 6*Ø110 1*Ø160mm**
5	0.6	1.3	4.9
30	2.2	4.7	17.4
49	2.9	6.1	23.7
74	4.7	9.8	37.7
79	4.8	10.1	39.1

De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 39 kN (=4.0 ton)

7.4. Boorspoeldrukken

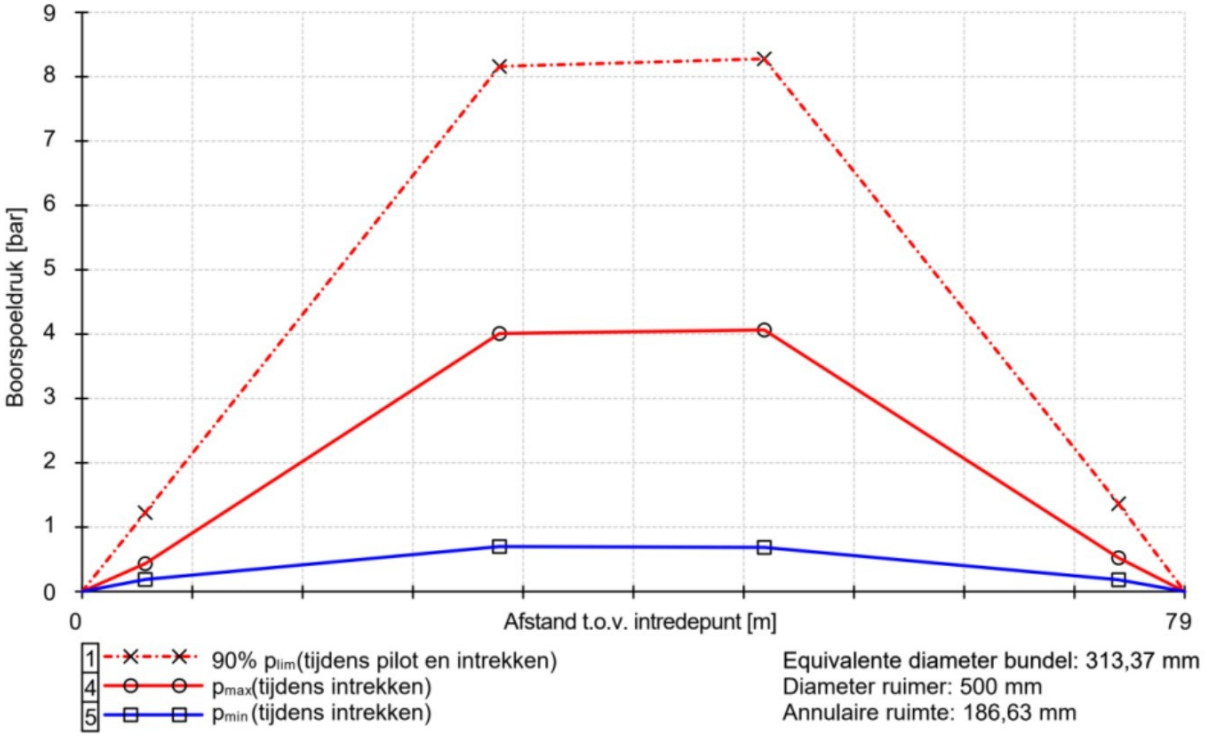
De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens pilot

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



Figuur 7: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Uitlegstrook (dag)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4005	3	3	3	3	2	3

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 15 tonner	1	1	-	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca.5 dagen.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

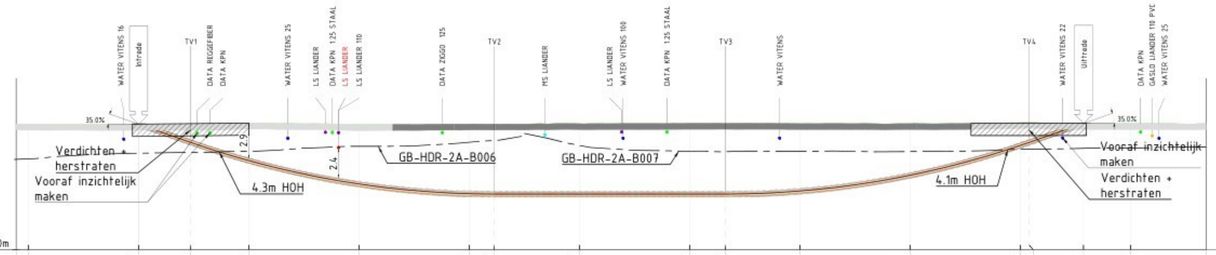
- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1: 250



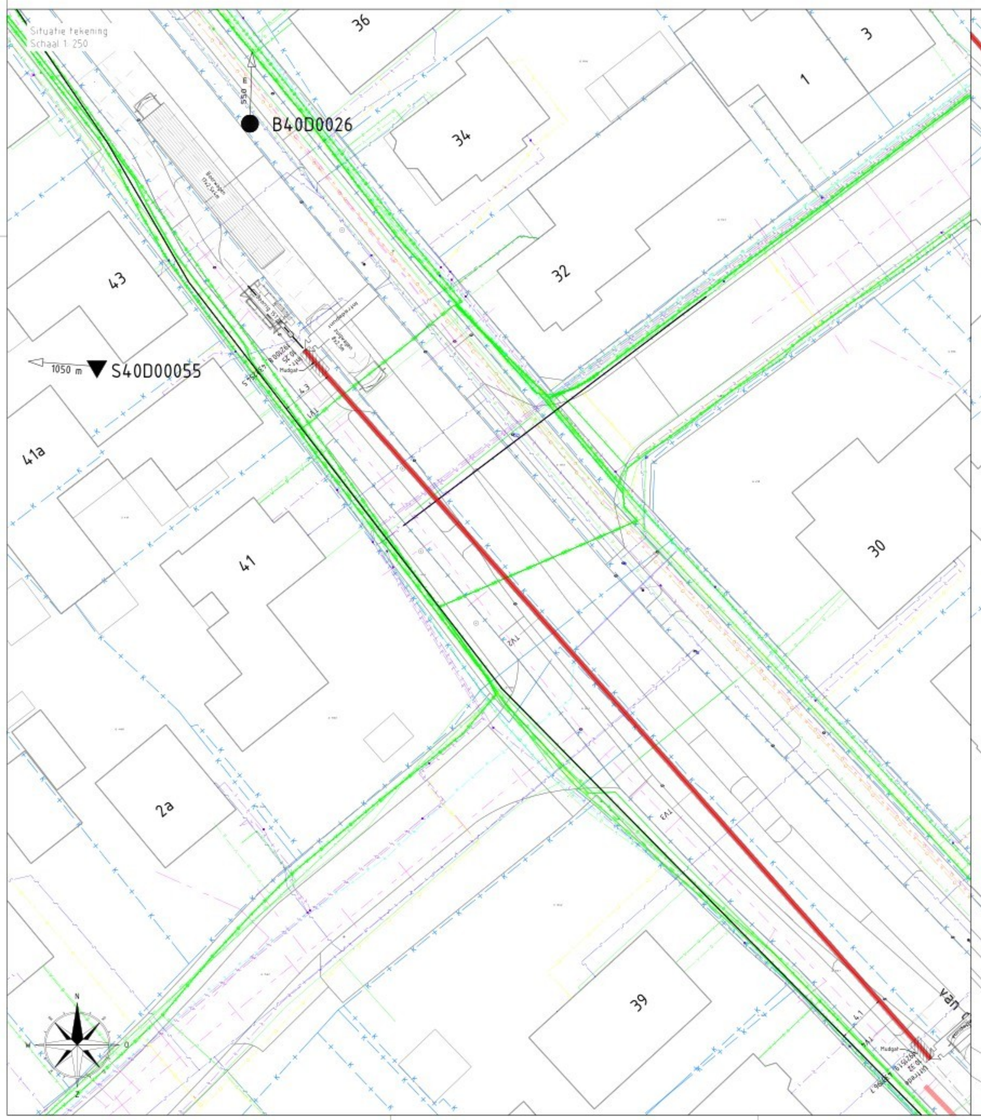
B4006

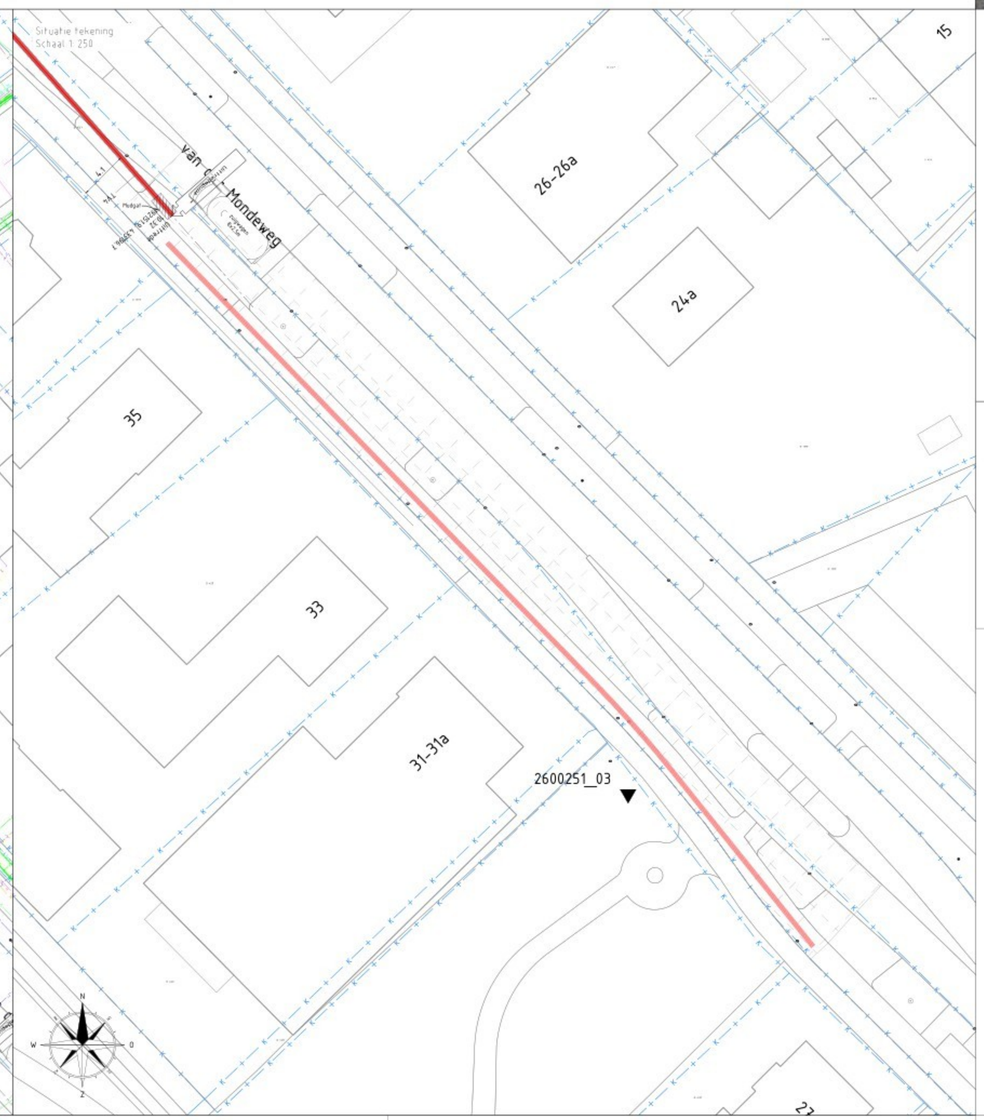
Hoogte t.o.v. N.A.P.
Boringtype: Bundel
Totale boorlengte: 78.59m

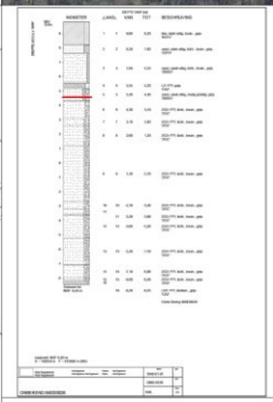
0.00m

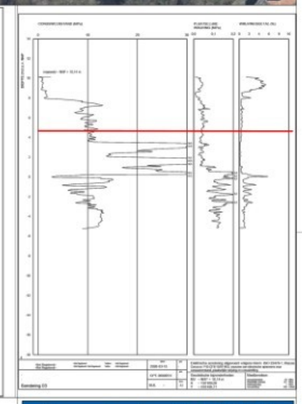
Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)	-9.00	0.00	4.25	9.00	18.69	23.00	29.02	34.00	45.00	47.90	54.00	63.00	72.00	72.68	77.13	81.00	Hor. afstand t.o.v. Intredepunt (m)
Werkelijk te boren lengte (m)		0.00	4.50	9.68	18.69	27.73	29.95	36.73	45.73	48.63	54.73	63.83	73.76	73.98	78.59		Werkelijk te boren lengte (m)
Hoogte maaiveld t.o.v. N.A.P. (m)	10.25	10.25	10.23	10.34	10.21	10.21	10.26	10.29	10.33	10.33	10.30	10.30	10.38	10.43	10.32	10.29	Hoogte maaiveld t.o.v. N.A.P. (m)
Hartlijn boring t.o.v. N.A.P. (m)		10.25	8.76	7.72	5.36	6.98	6.55	6.55	6.55	6.55	6.80	6.98	8.53	8.76	10.32		Hartlijn boring t.o.v. N.A.P. (m)
Hartlijn boring t.o.v. maaiveld (m)		-0.00	1.47	3.07	4.85	5.70	5.71	5.74	5.78	5.78	5.50	4.22	1.86	1.64	-0.00		Hartlijn boring t.o.v. maaiveld (m)
Dekking t.o.v. maaiveld (m)			1.23	2.87	4.65	5.51	5.52	5.55	5.59	5.59	5.31	4.02	1.66	1.44			Dekking t.o.v. maaiveld (m)
Verticale hoek/radius			∠-35.00%		R35.00			∠0.00%			R35.00				∠35.00%		Verticale hoek/radius











Detail tekening



Bundeldiameter Ø380 mm
Boorgatdiameter Ø500 mm
HDPE 6xØ110+1xØ160mm PE100 SDR11
mantelbuis t.b.v. Middenspanning

Tangentpunten lijst 'B4006'			
Naam	X	Y	Z
Intrede	192100.84	433254.52	10.25
TV1	192103.65	433251.34	8.76
TV2	192120.05	433232.76	4.55
TV3	192132.54	433218.61	4.55
TV4	192148.94	433200.04	8.76
Uittrede	192151.88	433196.70	10.32

OPMERKINGEN:
- K&L bij in- en uittrede vooraf inzichtelijk maken d.m.v. proefsleuven!!!
- Verkeersmaatregelen treffen

Wijz.	Omschrijving	Getekend	Goedgekeurd	Datum	Vrijgave
D					
C					
B	Sondering			26-03-26	
A	Werkterreinen + afzetting			24-02-26	

Projectomschrijving:
WP 4 Wijchen

Locatie:
van der Mondeweg 41A, Haalderen

Onderdeel:
HDPE 1x Ø160 + 6x Ø110 PE100 SDR11

Tekeningnummer:
25-20843-018-B4006

Projectnummer:
25-20843

Opdrachtgever:
Van Voskuilen Infratechniek

Projectnummer opdrachtgever:
297277-WP4

Getekend:

Datum:
08-01-2026

Formaat:
A1

Status:
Vergunning

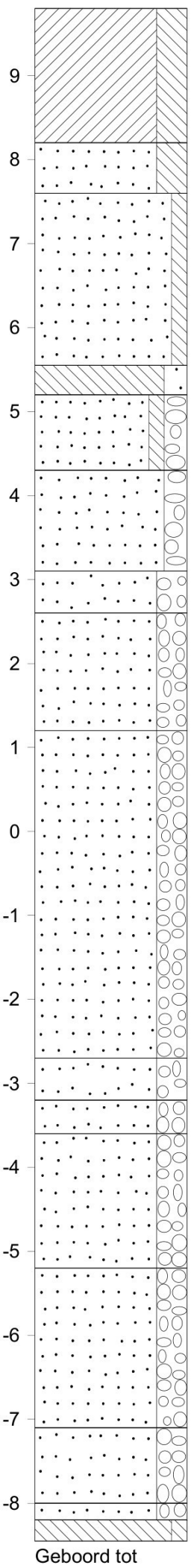
Vrijgave voor uitvoering:
APPROVED

holland drilling
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk
www.hollanddrilling.nl
info@hollanddrilling.nl
Tel: 0485 - 74 50 40

Dit document is eigendom van Holland Drilling BV of diens opdrachtgever. Alle rechten zijn voorbehouden. Zonder schriftelijke toestemming mag dit document niet worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt of anders worden gebruikt door derden.

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



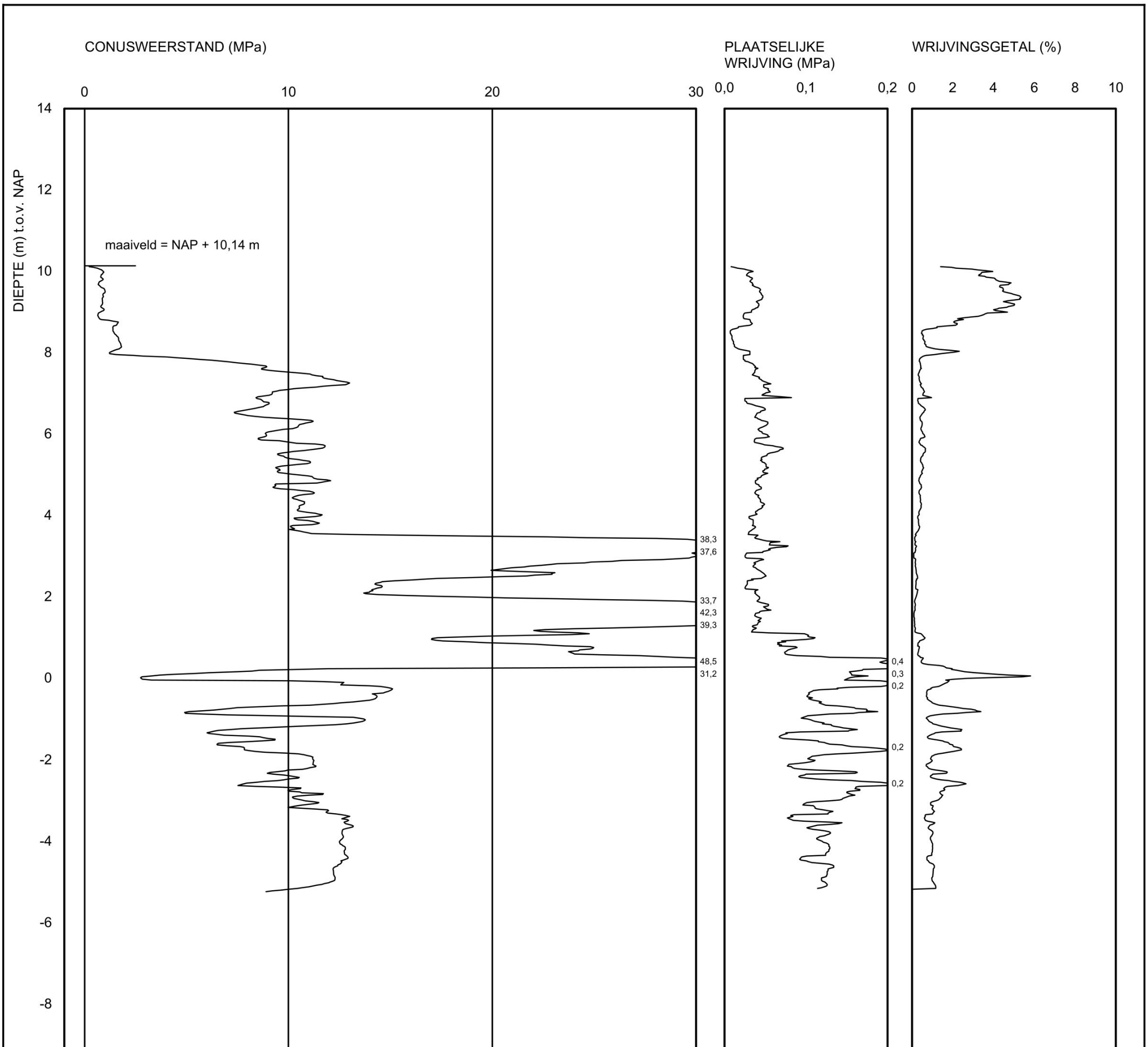
MONSTER	LAAG		DIEPTE NAP [m] VAN	TOT	BESCHRIJVING
	1	1	9,80	8,20	klei, sterk siltig; bruin-, grijs 'KSTV'
	2	2	8,20	7,60	zand, sterk siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZZFO'
	3	3	7,60	5,55	zand, zwak siltig; licht-, bruin-, grijs 'ZMGO'
	4	4	5,55	5,20	LZ=???; grijs 'CA2'
	5	5	5,20	4,30	zand, zwak siltig, matig grindig; grijs 'ZMGO'
	6	6	4,30	3,10	ZG2=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	7	7	3,10	2,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	8	8	2,60	1,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	9	9	1,20	-2,70	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	10	10	-2,70	-3,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	11	11	-3,20	-3,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	12	12	-3,60	-5,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	13	13	-5,20	-7,10	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	14	14	-7,10	-8,00	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	15	15	-8,00	-8,20	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	16				
		16	-8,20	-8,45	LS1=???; donker-, grijs 'CA2'

Einde Boring B40D0026

maaiveld: NAP 9,80 m
X = 192050 m Y = 433800 m (RD)

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

	datum 1946-01-01	get. -
-	DINO-BOR	gez.
ONBEKEND B40D0026	BIJL.	form. A3



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

datum 2026-03-13	get. -	Elektrische sondering uitgevoerd volgens Norm: ISO 22476-1; Klasse	
CPT-2600251/	gez.	Conus nr. P15-CFII-15/071453, voorzien van electrische opnemers voor conusweerstand, plaatselijke wrijving en conushelling.	
BIJL. -	form. A3	Geodetische bijzonderheden: MV = NAP + 10,14 m X = 192189,09 Y = 433148,71	Meetbereiken: Conusweerstand: 50 MPa Plaatselijke wrijving: 0,7 MPa Waterspanning: 1 MPa Conushelling: 350 mRad

-
-

Sondering 03

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

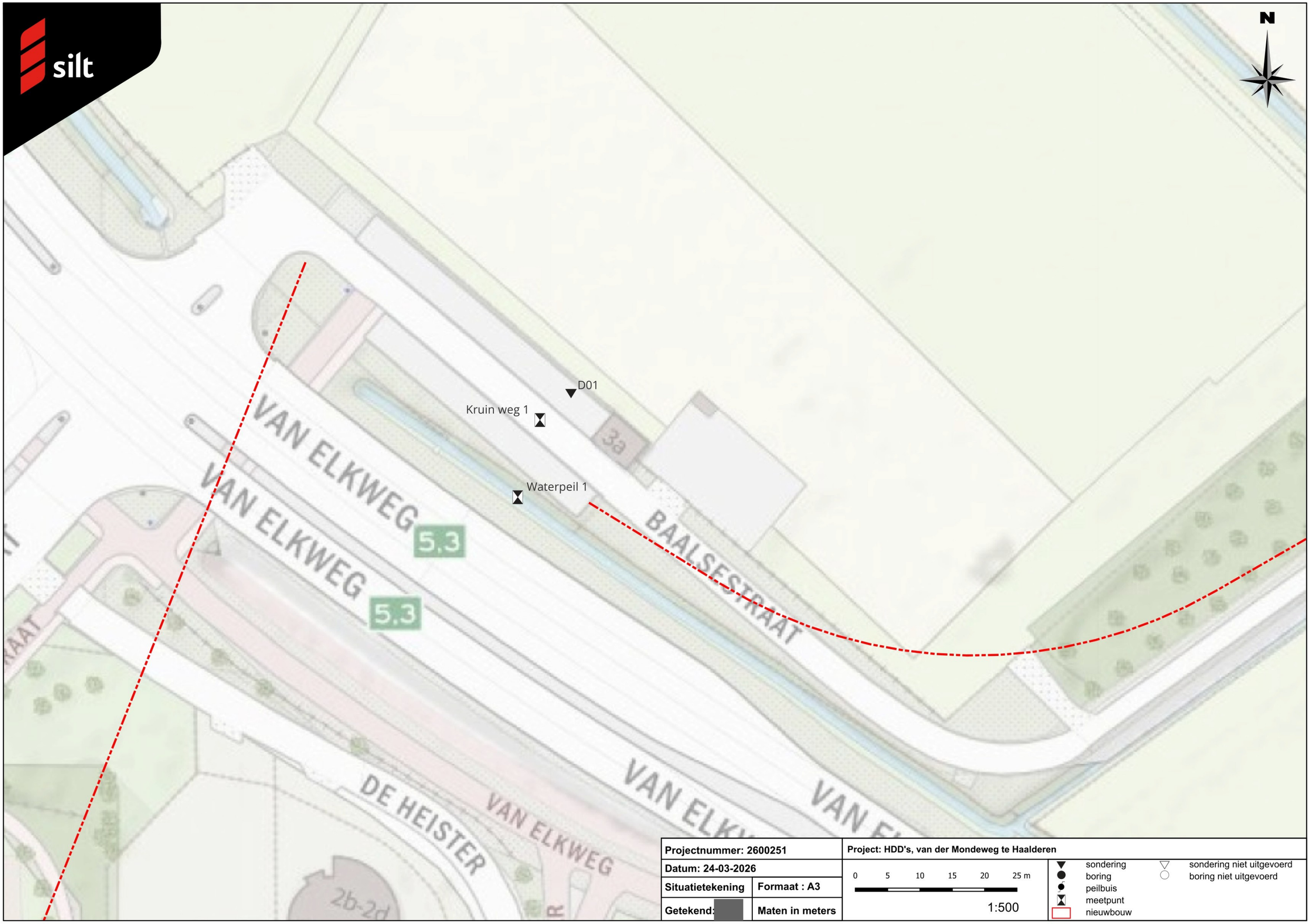
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		
Getekend:	**Maten in meters**		



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Situatietekening / Formaat : A3	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd
Getekend / Maten in meters	

silt

N

VAN DER MONDEWEG

VAN DER MONDEWEG

N839

6.7

6.8

Put 3

Kruin weg 3

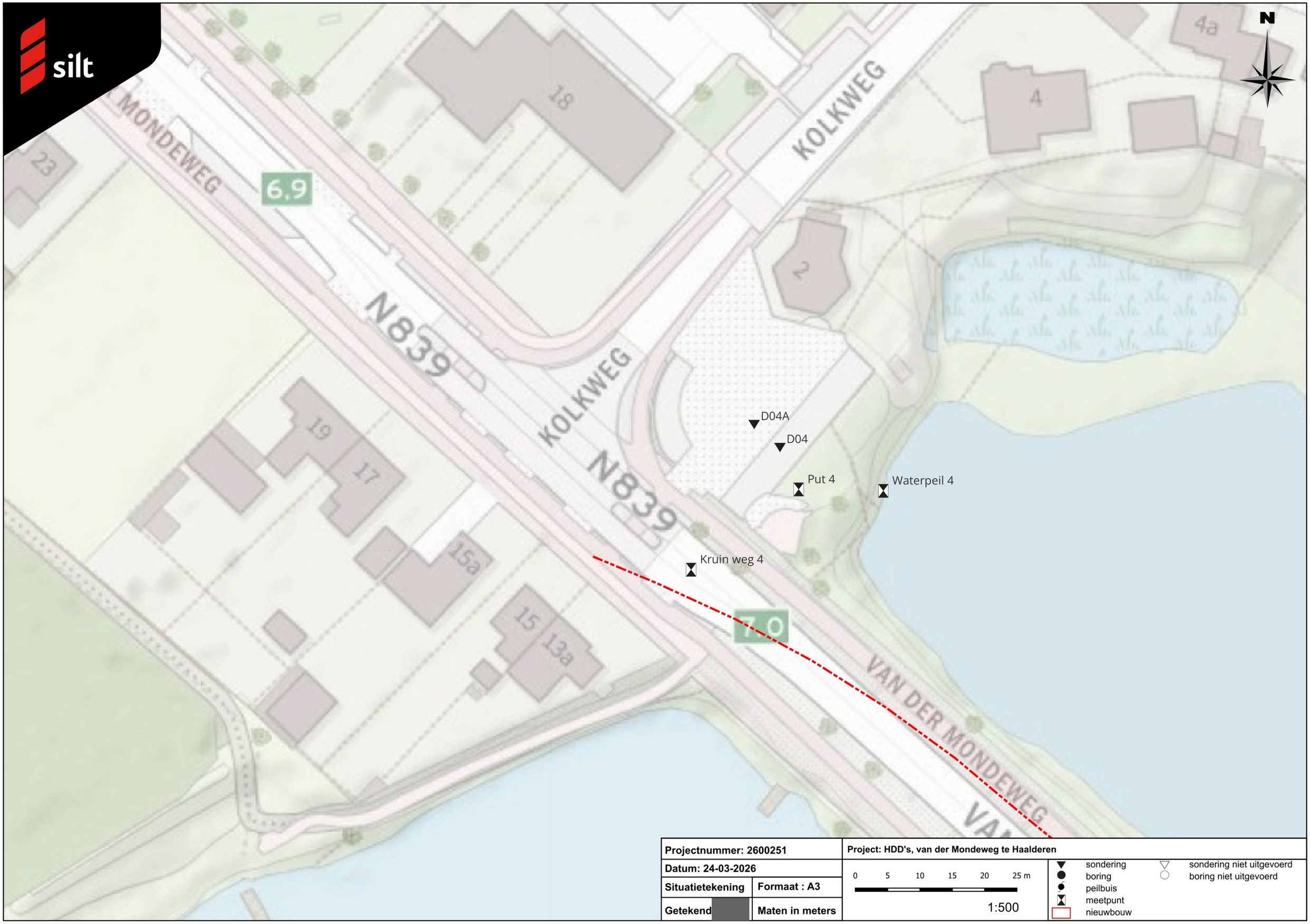
D03

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend:	Maten in meters

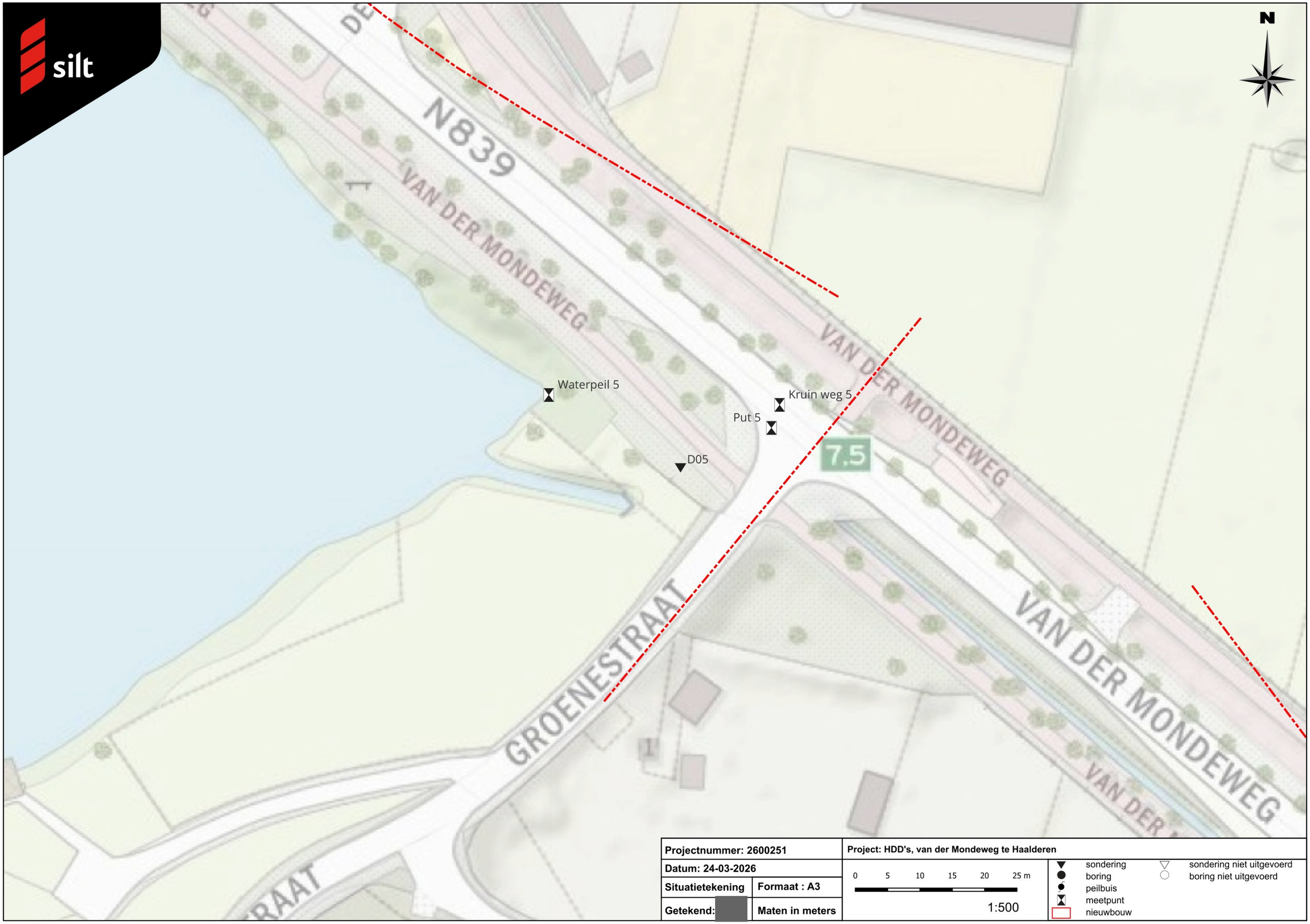
0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend:	**Maten in meters**	1:500	peilbuis, meetpunt, nieuwbouw

silt

N

8.0

LANGSTRAAT

8.1

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

HUIGENSSTRAAT

LANGSTRAAT

2a

2

2b

287

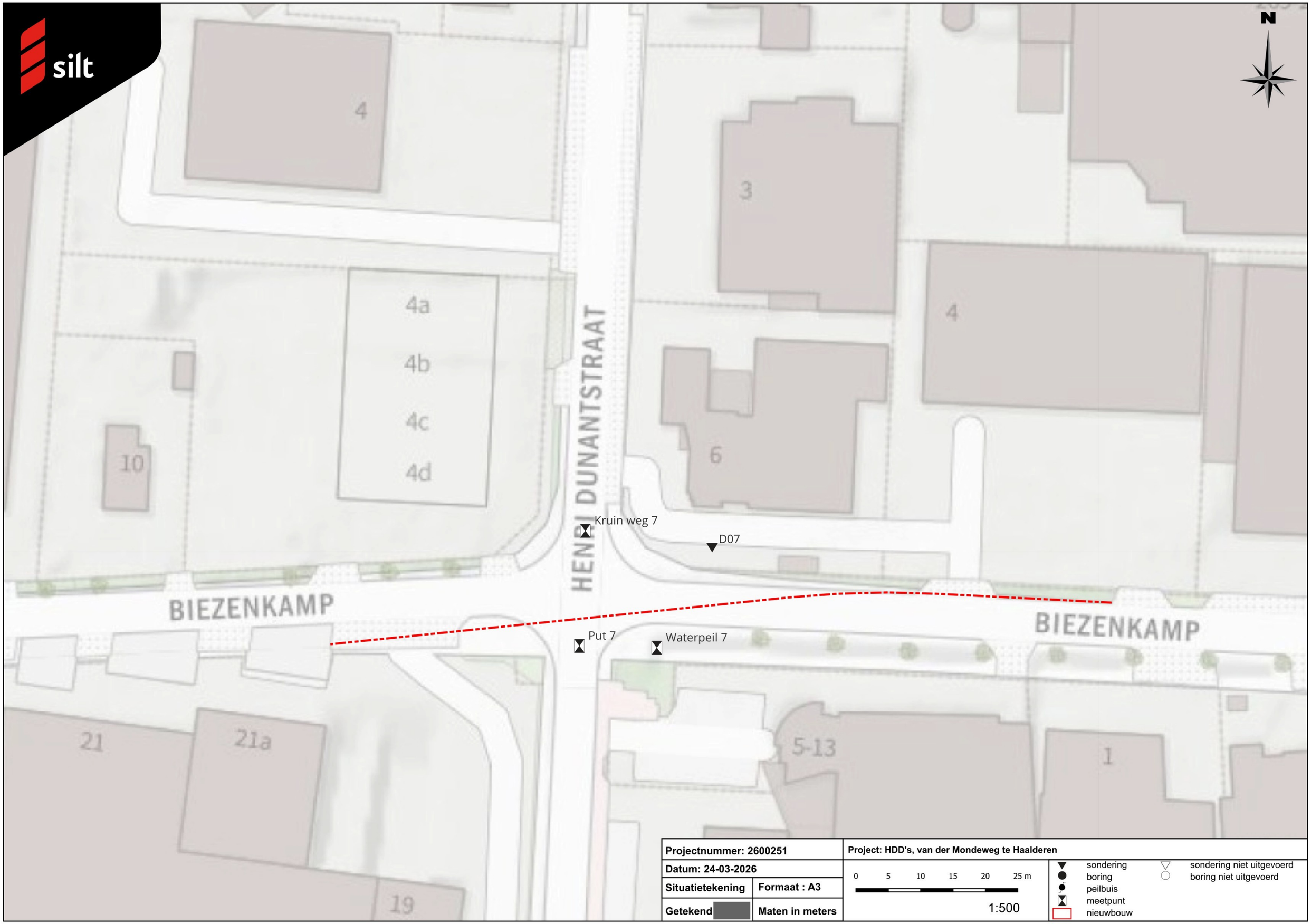
285

283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd


silt
N
4
3
4
4a
4b
4c
4d
10
6
HENRI DUNANTSTRAAT
Kruin weg 7
D07
BIEZENKAMP
BIEZENKAMP
Put 7
Waterpeil 7
21
21a
19
5-13
1
Projectnummer: 2600251
Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026
Situatietekening
Formaat : A3
Getekend
Maten in meters
0 5 10 15 20 25 m
1:500
sondering
boring
peilbuis
meetpunt
nieuwbouw
sondering niet uitgevoerd
boring niet uitgevoerd

silt

N

25

25a

18a-18p

23

34

KRUISSTRAAT

KRUISSTRAAT

Waterpeil 8

D08

N839

Kruin weg 8

Put 8

LANGSTRAAT

LANGSTRAAT

21

19

227

225a

223

225

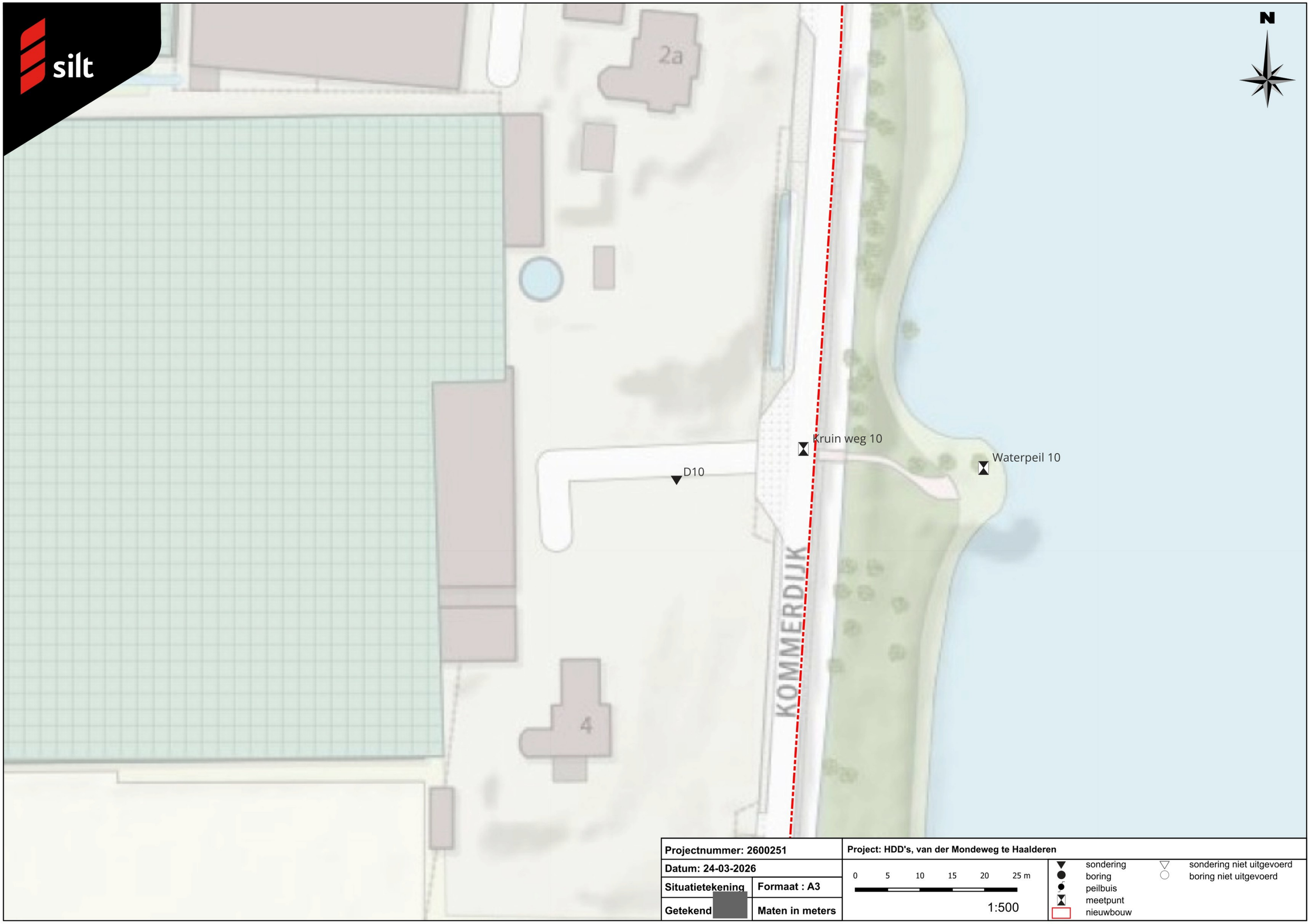
Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Getekend: / Maten in meters	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw

silt

N

16a
14a
16
23
18
16
14
18
25
D09
GALGENDAAL
Kruin weg 9
21

Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening	**Formaat : A3**	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend:	**Maten in meters**	

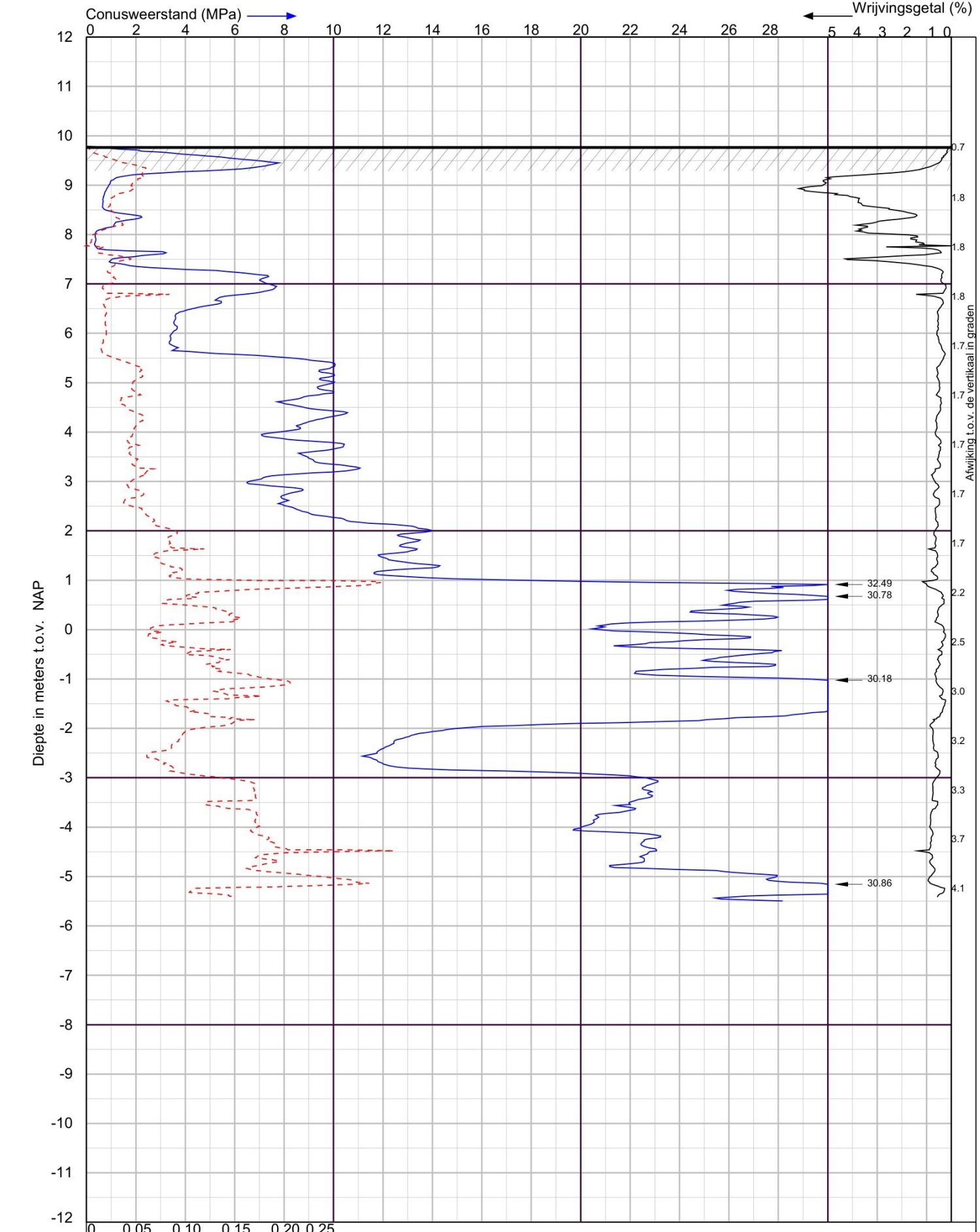


Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	
Getekend / Maten in meters	

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

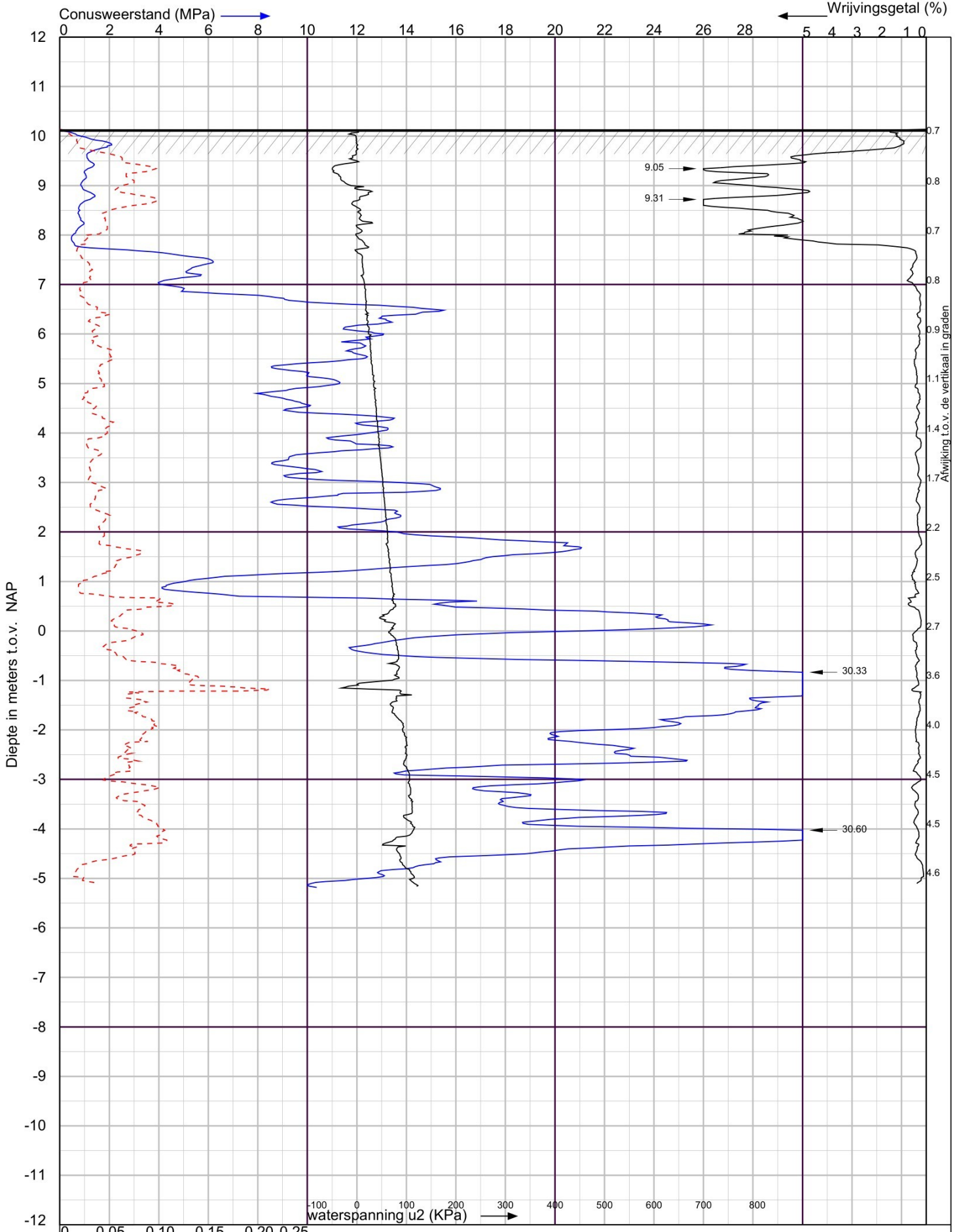
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

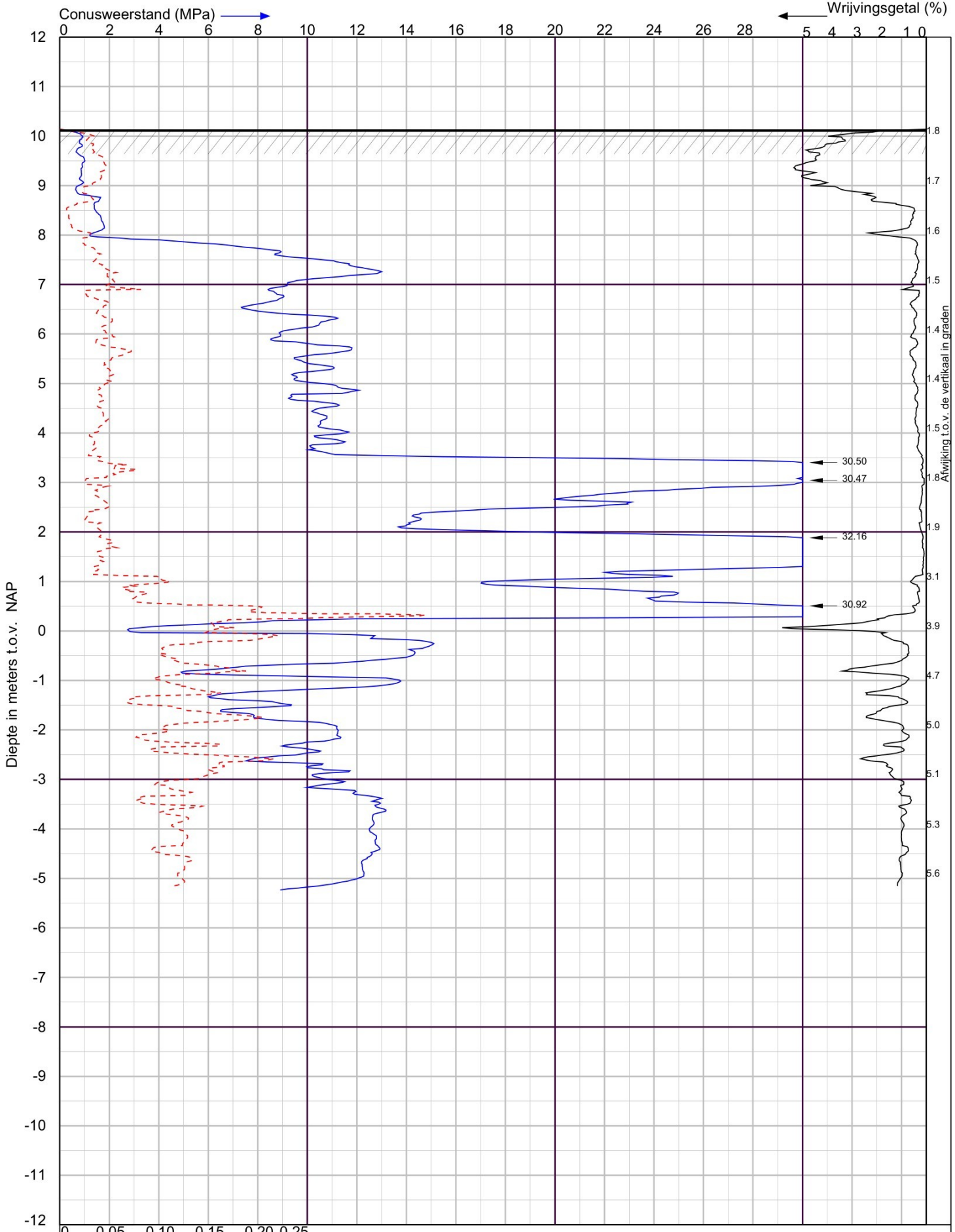
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

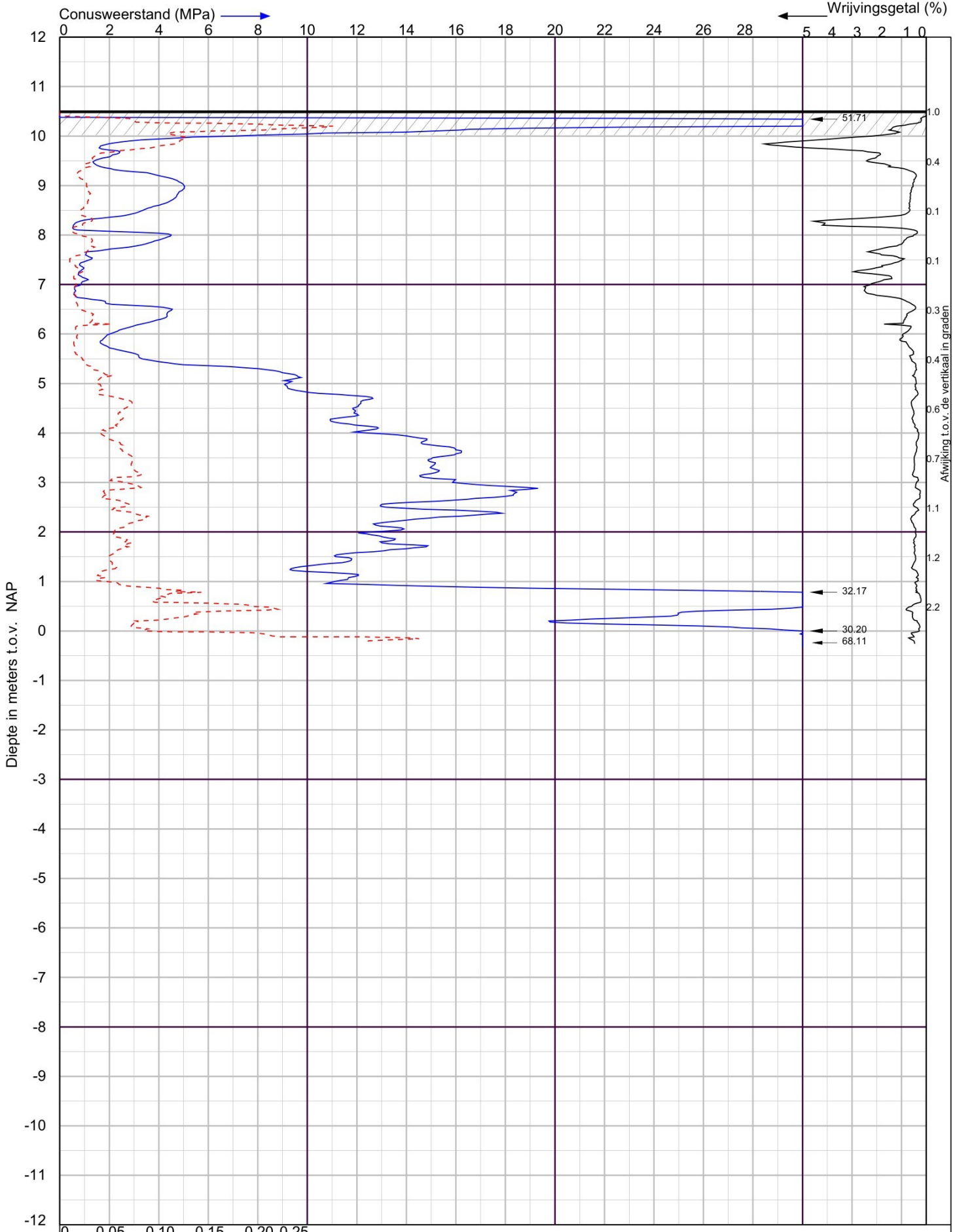
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

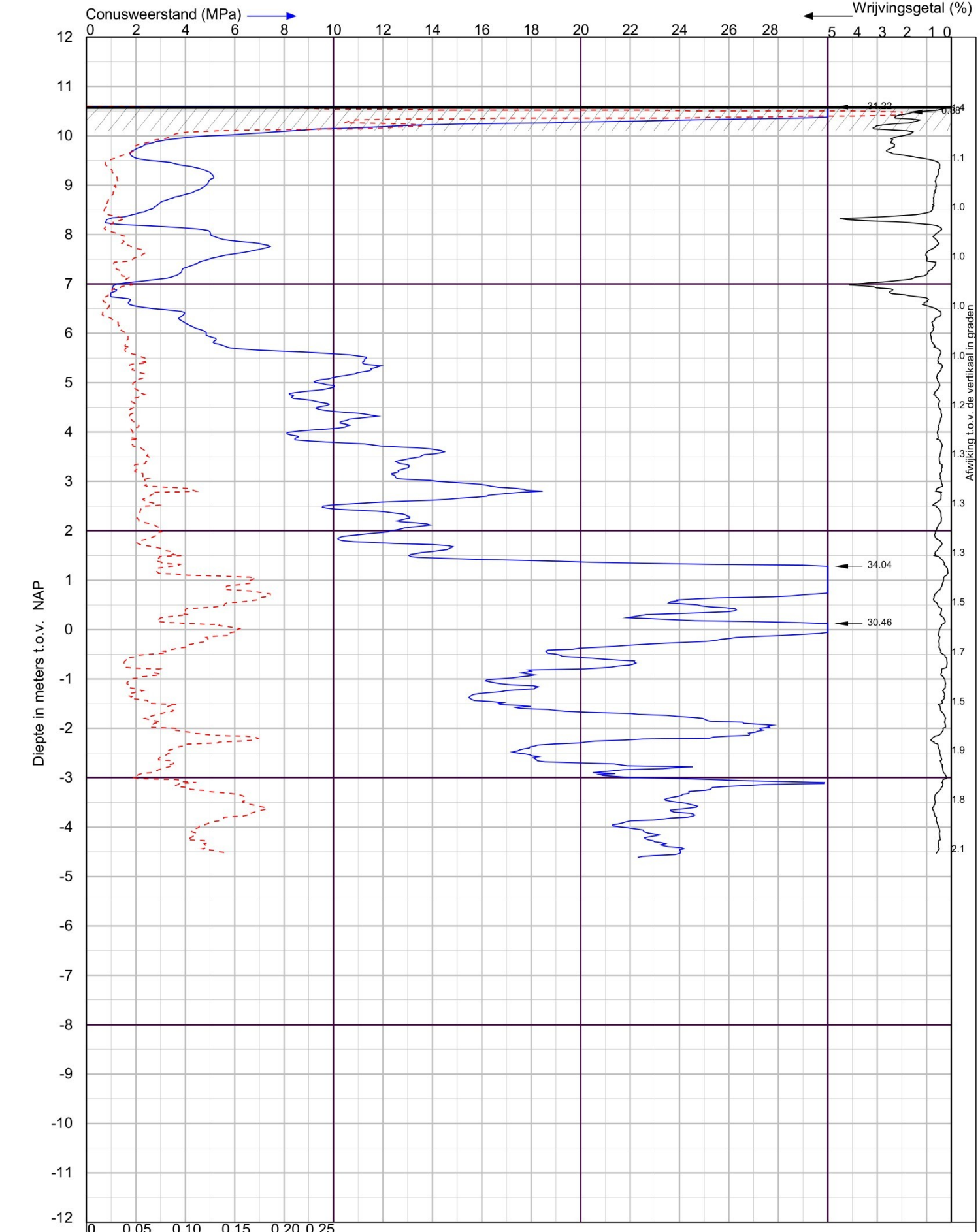
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

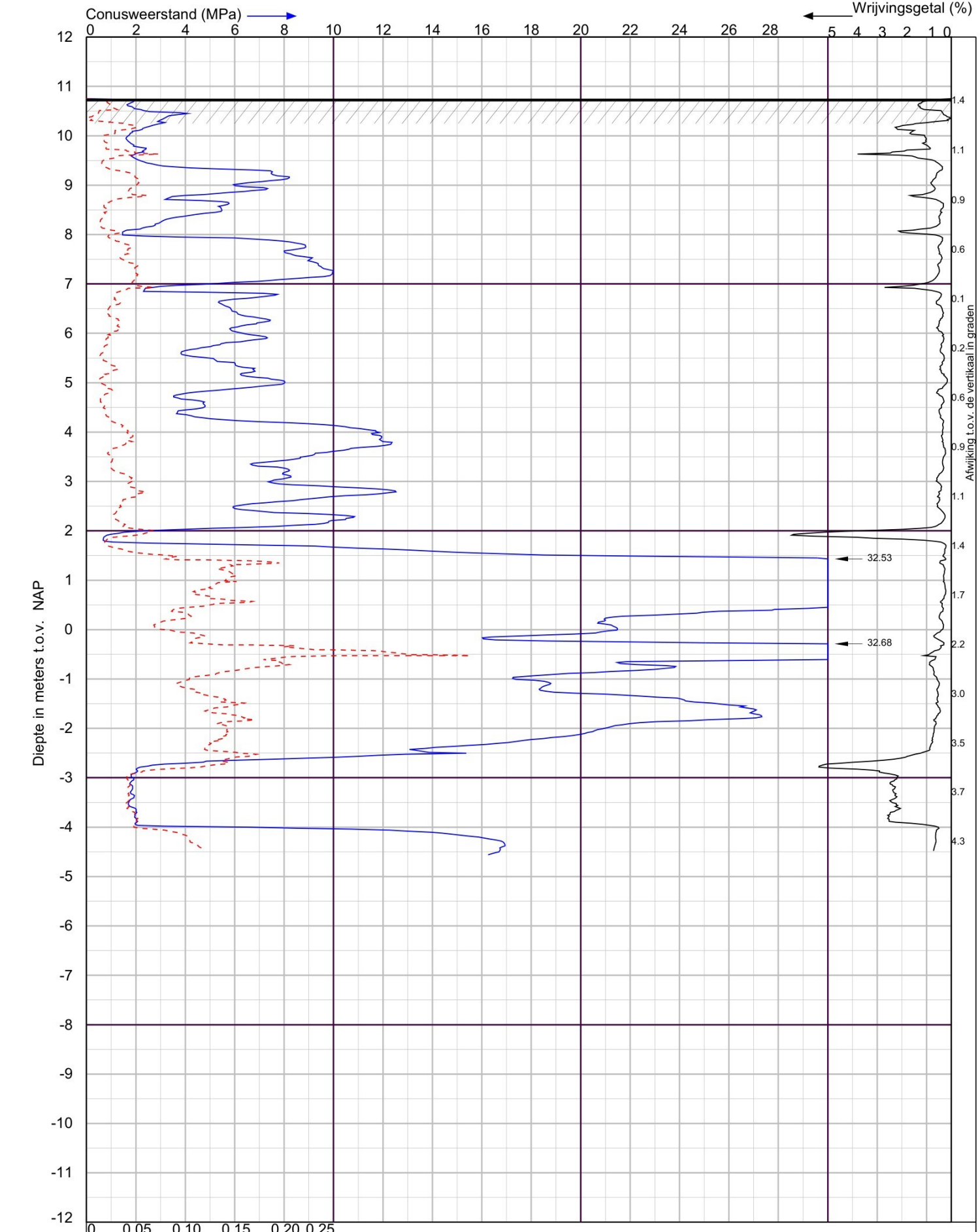
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

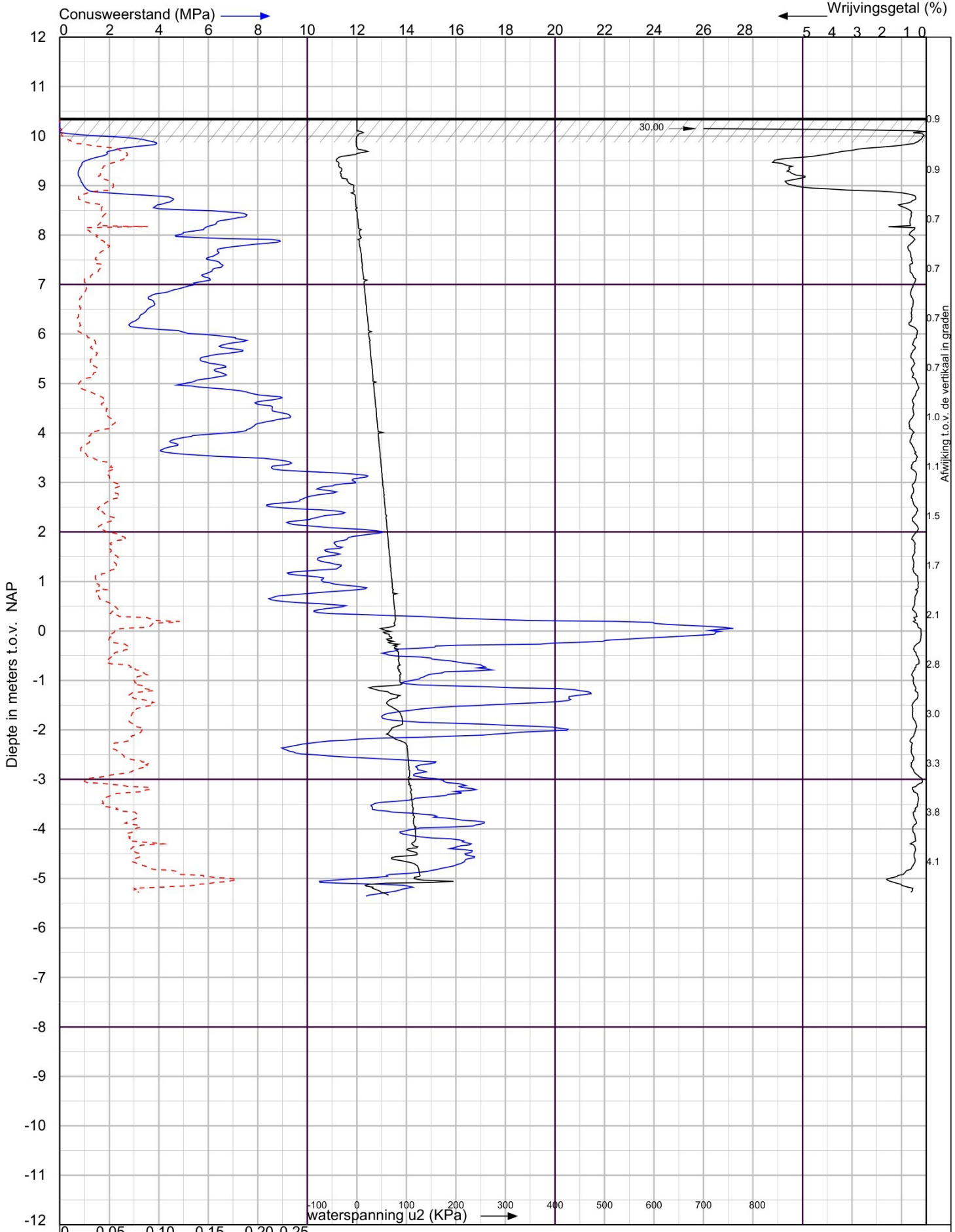
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

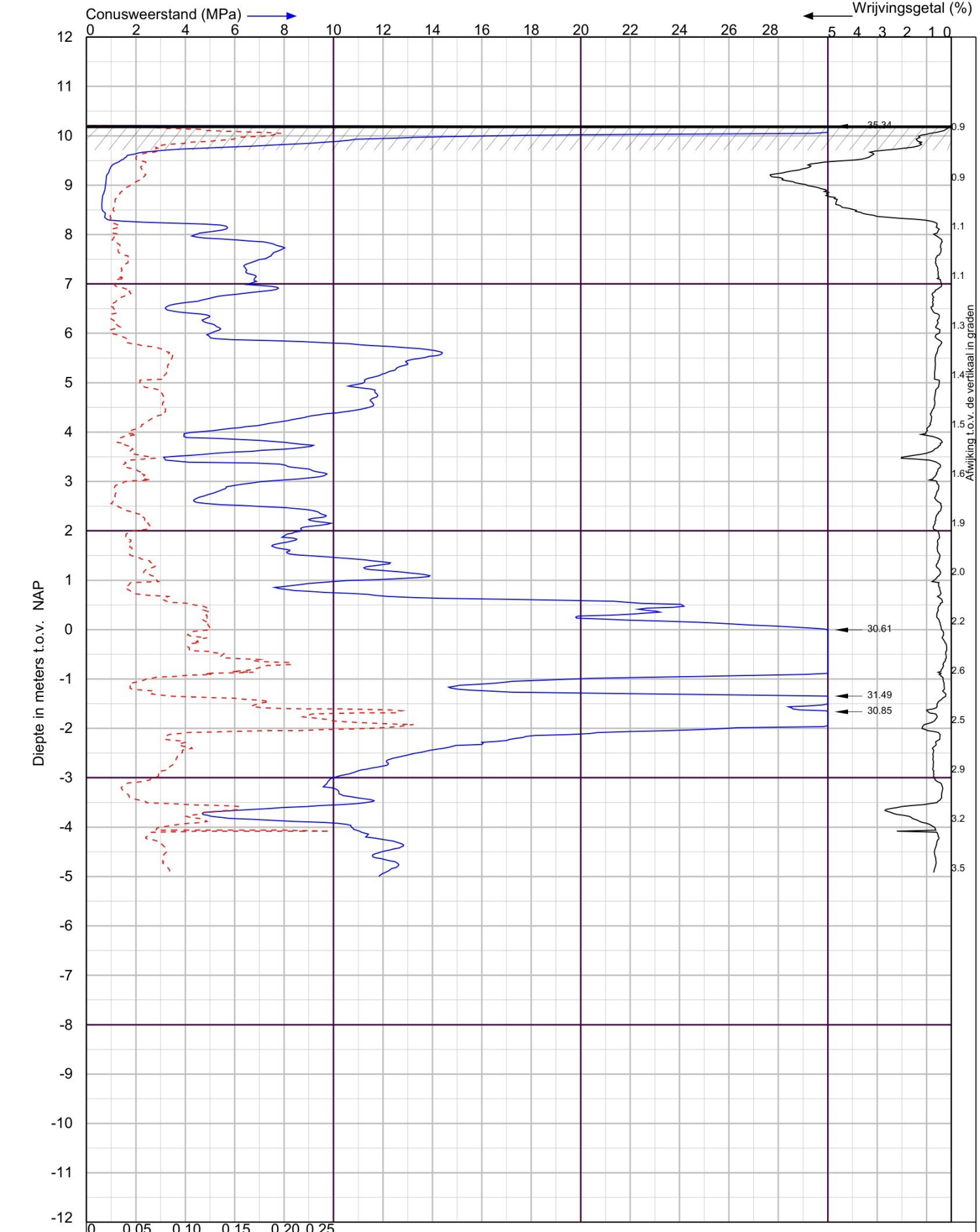
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

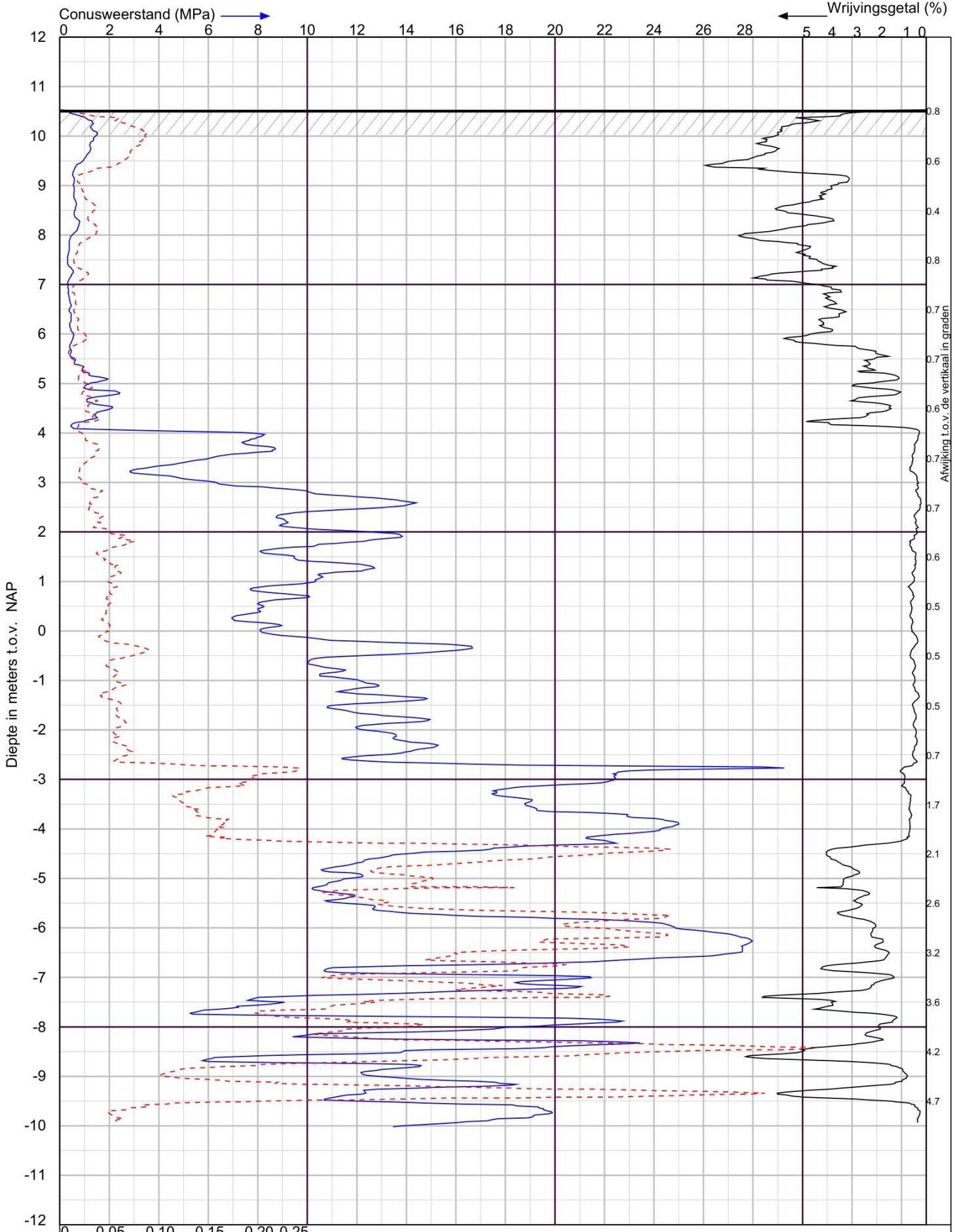
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

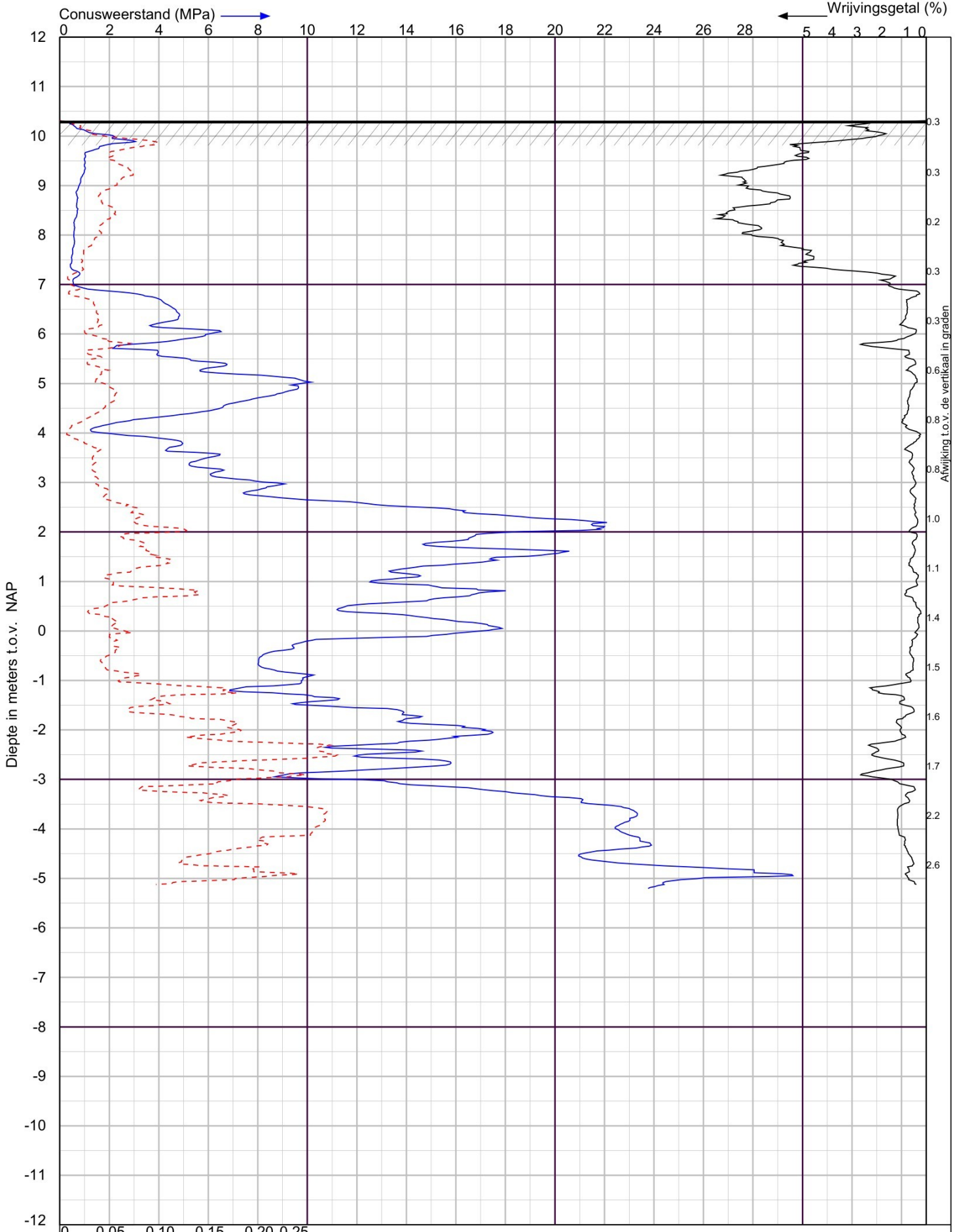
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

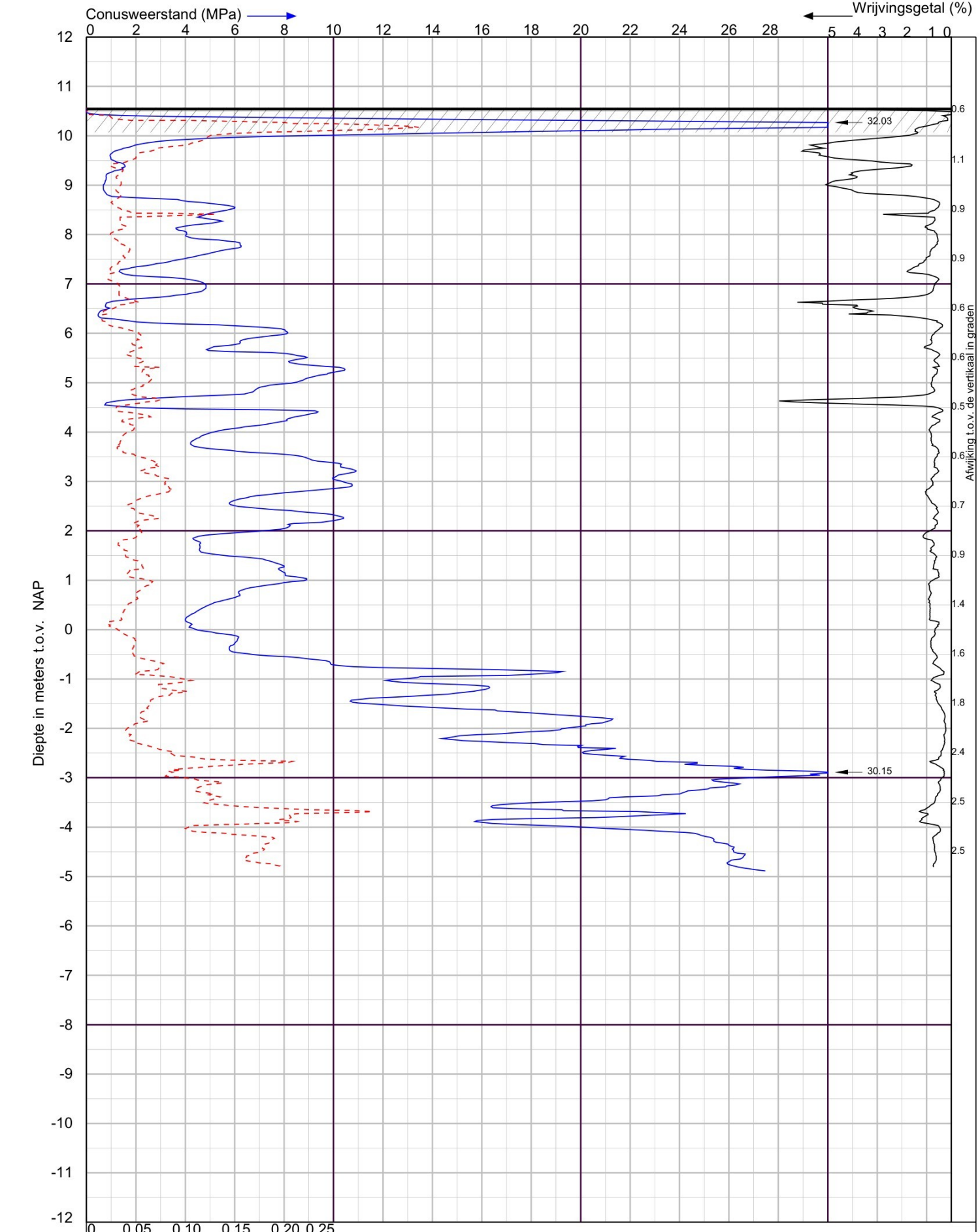
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 15 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT15
Gewicht:	11 ton
Afmeting (LxBxH):	5900x1.950x2500 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

Max. te boren lengte:	216 m (Gyro 216m)
Max. te boren buisdiameter:	Ø 355 mm
Min. boorstraal:	R = 36 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 67 mm / 3005 mm
Trekkracht:	150 kN
Drukkracht:	150 kN
Torque:	5000 Nm
Pompcapaciteit:	400 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 110, 160, 225, 270, 340, 440, 500 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4006
Projectonderdeel : 15T - 1x160 + 6x110

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 78,59	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 77,13	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 19,29 / 35	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,25	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,32	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]
Intrede-TV1	4,50	4,25	4,50	4,25	-
TV1-TV2	25,25	24,78	29,75	29,02	75,00
TV2-TV3	18,88	18,88	48,63	47,90	-
TV3-TV4	25,25	24,78	73,88	72,68	75,00
TV4-Uittrede	4,71	4,45	78,59	77,13	-

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 313,37	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 7	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

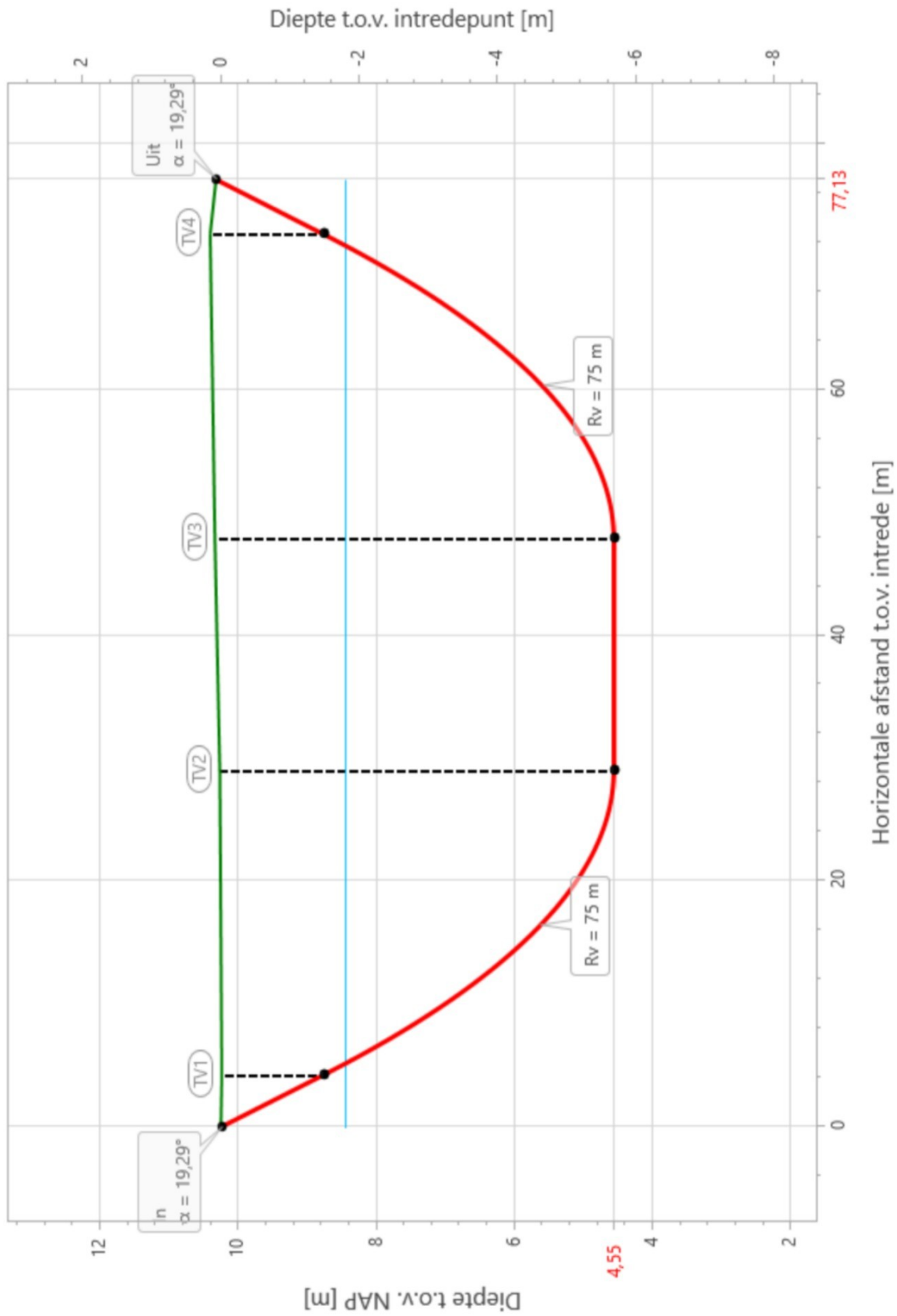
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	4,50	1,47	-	Zand	15,26	-	25,00
TV2	29,75	5,71	1,82	Zand	15,88	20,91	35,00
TV3	48,63	5,79	1,89	Zand	15,96	20,91	35,00
TV4	73,88	1,64	-	Zand	15,54	-	25,00

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	15,00	Grafiek ½ x II	03
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV4	✓	0,00	15,00	Grafiek ½ x II	03

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	78,59	**901**	**501**
Na intrekken van TV4-Uittrede	73,88	**847**	**471**
Na intrekken van TV3-TV4	48,63	**557**	**310**
Na intrekken van TV2-TV3	29,75	**341**	**189**
Na intrekken van TV1-TV2	4,50	**52**	**29**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	901	**0,14**
Na intrekken van TV4-Uittrede	847	**0,13**
Na intrekken van TV3-TV4	557	**0,08**
Na intrekken van TV2-TV3	341	**0,05**
Na intrekken van TV1-TV2	52	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669{,}10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923{,}86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923{,}86}{222.522} = \mathbf{0{,}86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,14	**0,69**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,13	**0,68**
Na intrekken van TV3-TV4	0,08	**0,64**
Na intrekken van TV2-TV3	0,05	**0,61**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,57**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}86 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}69 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 7

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,558$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

55,8% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 280,38$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0637$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,168$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	78,59	**403**	-	**224**	-
Na intrekken van TV3-TV4	73,88	-	**2.563**	-	**1.424**
Na intrekken van TV2-TV3	48,63	**4.178**	-	**2.321**	-
Na intrekken van TV1-TV2	29,75	-	**6.338**	-	**3.521**
Na intrekken van Intrede-TV1	4,50	**6.723**	-	**3.735**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (280,38 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (280,38 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm^2]	q_n [kN/m^2]	$E_{100,norm}$ [N/mm^2]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm^3]
TV3-TV4 ..	75,00	83,84	68,67	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV3-TV4 ..	15,00	28,07	7,95	0,3660	713,0	0,61	**0,00441**	**0,16351**
TV1-TV2 ..	15,00	24,74	7,46	0,3660	713,0	0,61	**0,00441**	**0,16351**
TV1-TV2 ..	75,00	82,42	68,09	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 80 = 41,89$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	75,00	0,023	3,67	**1.248**	**693**
TV3-TV4 (TV4)	75,00	0,010	1,61	826	459
TV1-TV2 (TV1)	75,00	0,010	1,61	826	459
TV1-TV2 (TV2)	75,00	0,023	3,67	**1.248**	**693**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758{,}07}{160 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	310	1.424	693	693	**2.427**
TV1-TV2	29	3.521	693	1.387	**4.937**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	9,65	2.427	**293**	**163**
TV1-TV2	9,64	4.937	**596**	**331**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	847	403	-	-	-	**1.250**	**0,13**
Na intrekken van TV3-TV4	557	-	2.563	1.248	293	**4.662**	**0,47**
Na intrekken van TV2-TV3	341	4.178	-	1.248	293	**6.060**	**0,61**
Na intrekken van TV1-TV2	52	-	6.338	2.496	888	**9.774**	**0,98**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	6.723	-	2.496	888	**10.108**	**1,01**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	471	224	-	-	-	**695**	**0,07**
Na intrekken van TV3-TV4	310	-	1.424	693	163	**2.590**	**0,26**
Na intrekken van TV2-TV3	189	2.321	-	693	163	**3.367**	**0,34**
Na intrekken van TV1-TV2	29	-	3.521	1.387	494	**5.430**	**0,54**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	3.735	-	1.387	494	**5.615**	**0,56**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **5.615 N (≈ 0,56 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.250	**0,19**
Na intrekken van TV3-TV4	4.662	**0,70**
Na intrekken van TV2-TV3	6.060	**0,91**
Na intrekken van TV1-TV2	9.774	**1,47**
Na intrekken van Intrede-TV1	10.108	**1,52**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm²]
TV3-TV4	75,00	359.991,11	**1,62**
TV1-TV2	75,00	359.991,11	**1,62**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521,98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.250	0,19	-	**0,19**
Na intrekken van TV3-TV4	4.662	0,70	1,62	**1,75**
Na intrekken van TV2-TV3	6.060	0,91	-	**0,91**
Na intrekken van TV1-TV2	9.774	1,47	1,62	**2,52**
Na intrekken van Intrede-TV1	10.108	1,52	-	**1,52**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2,52 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,47	-	Zand	-	-	24,74	3,96
TV2	5,71	1,82	Zand	31,84	50,59	82,42	13,19
TV3	5,79	1,89	Zand	33,25	50,59	83,84	13,41
TV4	1,64	-	Zand	-	-	28,07	4,49

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,47	Grafiek ½ x II	10,38	1,66
TV2	5,71	Grafiek I	8,81	1,41
TV3	5,79	Grafiek I	8,68	1,39
TV4	1,64	Grafiek ½ x II	8,78	1,41

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	3,96	1,66	5,62	75,78(1)	**2,13**
TV2	✓	13,19	1,41	14,60	216,69(1)	**6,10**
TV3	✓	13,41	1,39	14,80	219,75(1)	**6,19**
TV4	✓	4,49	1,41	5,90	79,51(1)	**2,24**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]
TV1	75,00	0,010	0,65
TV2	75,00	0,023	1,48
TV3	75,00	0,023	1,48
TV4	75,00	0,010	0,65

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm^2

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,47	1,79	**0,00**
TV2	5,71	1,82	**3,89**
TV3	5,79	1,89	**3,89**
TV4	1,64	1,96	**0,00**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 3{,}89 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	2,13	0,65	0,65	**1,81**
TV2	6,10	1,48	0,65	**4,93**
TV3	6,19	1,48	0,65	**4,98**
TV4	2,24	0,65	0,65	**1,88**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 4{,}98 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TV2	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TV3	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**
TV4	0,00	0,00	1,62	0,65	**1,05**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 1{,}05 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	3,96	1,66	1,61	**0,69**	0,48
TV2	13,19	1,41	3,67	**2,86**	1,96
TV3	13,41	1,39	3,67	**2,90**	1,99
TV4	4,49	1,41	1,61	**0,75**	0,52

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 72{,}70^3}{350 \cdot 259{,}34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 145{,}40 =$ **11,63** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 2{,}90 \leq 11{,}63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,47	20,44	11,80	16,12	22,94	7,46
TV2	5,71	61,37	26,17	43,77	68,87	68,09
TV3	5,79	62,53	26,67	44,60	70,18	68,67
TV4	1,64	23,20	13,39	18,30	26,03	7,95

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	2,73	0,0025	0,0000	0,3660	0,14	**1,22**
TV2	26,21	0,00096	0,0389	0,2989	0,91	**8,16**
TV3	26,43	0,00097	0,0389	0,2989	0,92	**8,28**
TV4	2,91	0,0027	0,0000	0,3660	0,15	**1,36**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,40	0,04	1,49	0,07	**0,67**	0,02	**0,18**
TV2	0,64	0,02	5,70	0,40	**4,01**	0,07	**0,73**
TV3	0,64	0,03	5,70	0,41	**4,06**	0,08	**0,78**
TV4	0,38	0,11	1,49	0,07	**0,74**	0,04	**0,36**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,max}}^2 + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	0,82	0,14	1,56	0,05	**0,52**	0,02(1)	**0,18**
TV3	2,54	0,08	5,77	0,41	**4,06**	0,07(1)	**0,69**
TV2	2,55	0,08	5,77	0,40	**4,01**	0,07(1)	**0,70**
TV1	0,74	0,18	1,56	0,04	**0,43**	0,02(2)	**0,19**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 313{,}37 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 313^2)} = 0{,}056 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}056}{(500 - 313)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 313)} \right) \cdot (78{,}59 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,02	1,57
TV3	0,07	1,57
TV2	0,07	1,57
TV1	0,02	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

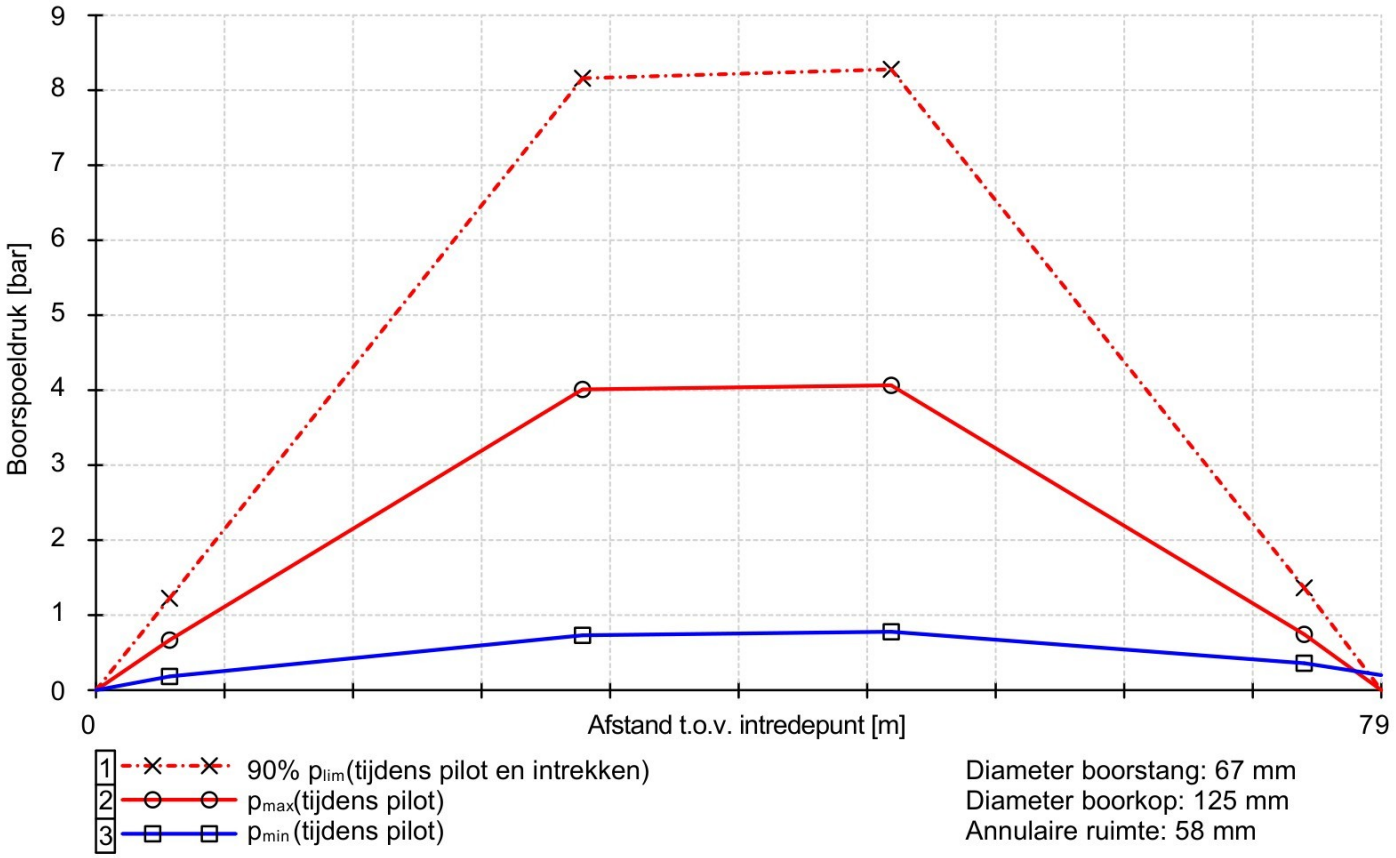
$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 1{,}57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0{,}07 \leq 1{,}57 \rightarrow$ Voldoet

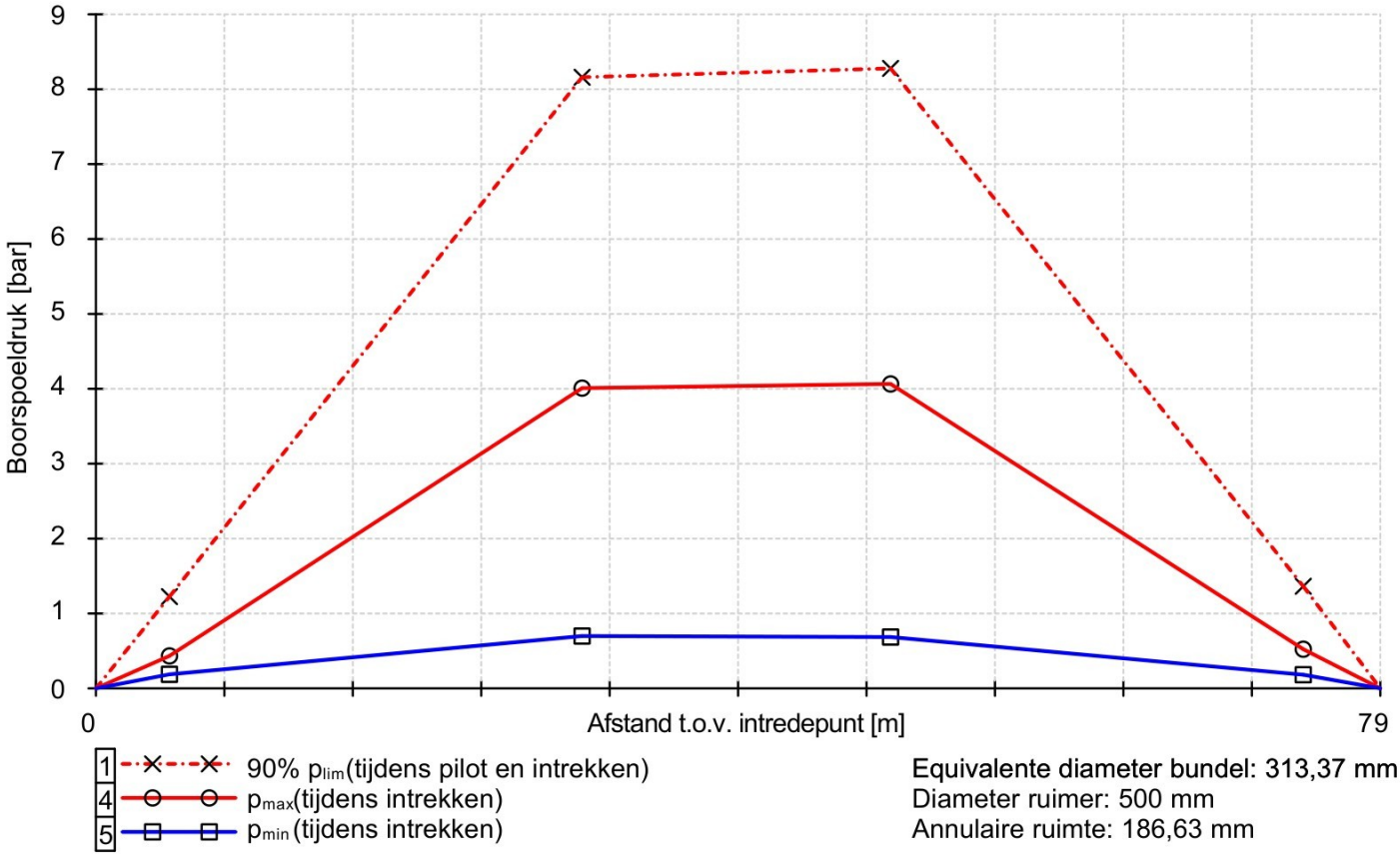
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



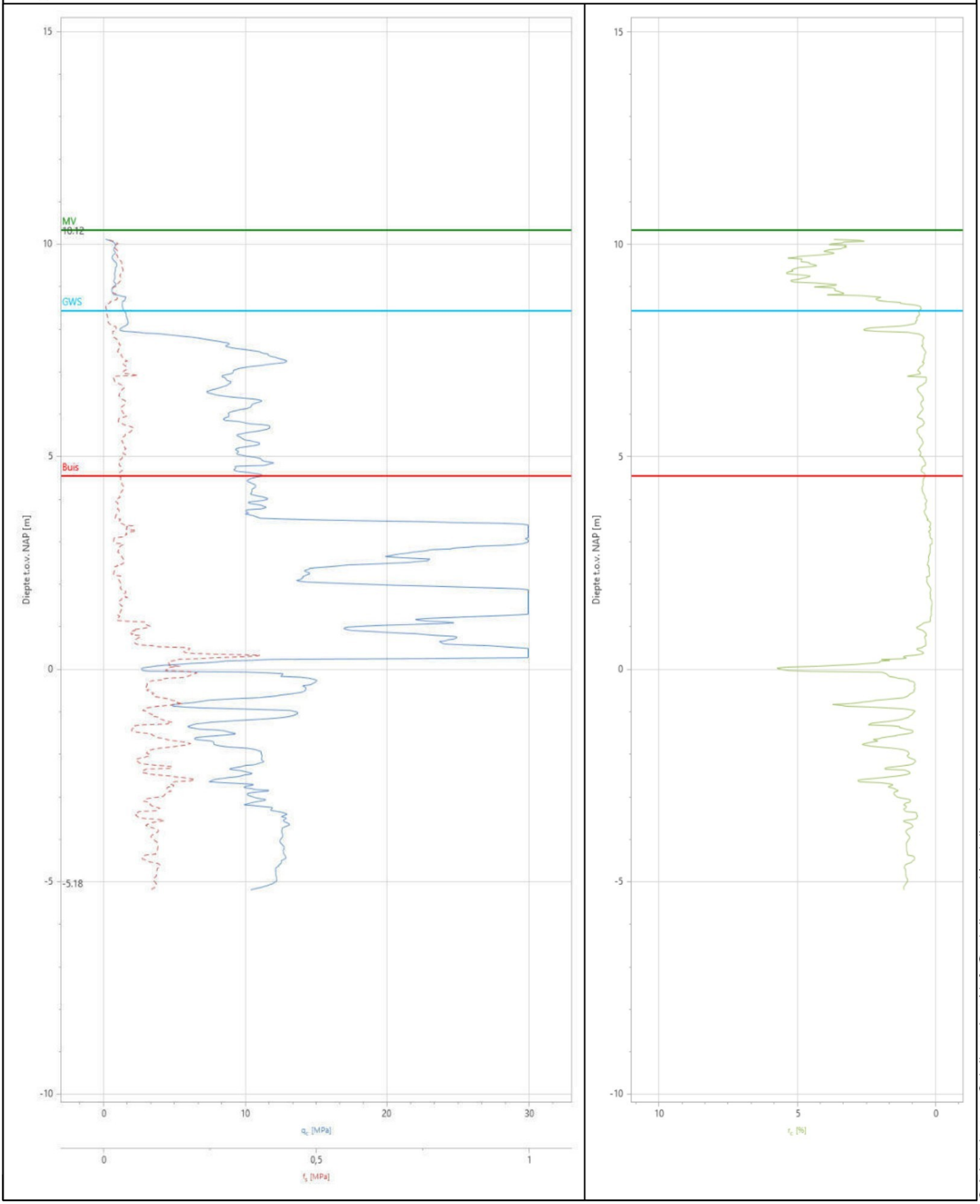
Equivalente diameter bundel: 313,37 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 186,63 mm

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

03

Naam van het project : B4006
Projectonderdeel : 15T - 1x160 + 6x110



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4006
Projectonderdeel : 15T - 6x110+1x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 78,59	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 77,13	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 19,29 / 35	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,25	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,32	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]
Intrede-TV1	4,50	4,25	4,50	4,25	-
TV1-TV2	25,25	24,78	29,75	29,02	75,00
TV2-TV3	18,88	18,88	48,63	47,90	-
TV3-TV4	25,25	24,78	73,88	72,68	75,00
TV4-Uittrede	4,71	4,45	78,59	77,13	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 313,37	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 7	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

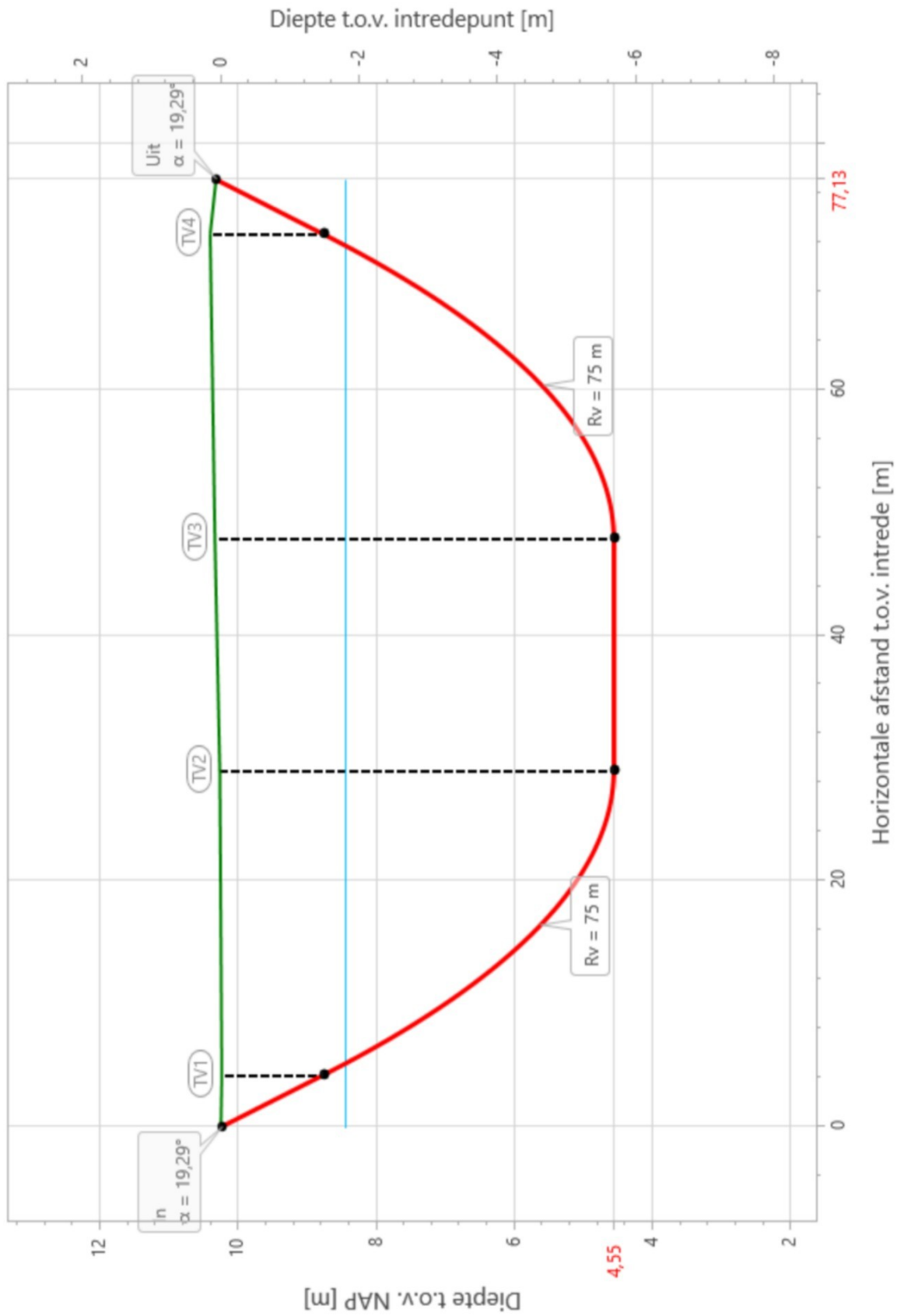
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	4,50	1,47	-	Zand	15,26	-	25,00
TV2	29,75	5,71	1,82	Zand	15,88	20,91	35,00
TV3	48,63	5,79	1,89	Zand	15,96	20,91	35,00
TV4	73,88	1,64	-	Zand	15,54	-	25,00

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	15,00	Grafiek ½ x II	03
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV4	✓	0,00	15,00	Grafiek ½ x II	03

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©



* Niet op schaal

	09-04-2026 16:05:00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 3.966.260,73	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0300	N/mm^1	g	=	0,0300	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0300	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0300	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	78,59	**424**	**236**
Na intrekken van TV4-Uittrede	73,88	**399**	**222**
Na intrekken van TV3-TV4	48,63	**263**	**146**
Na intrekken van TV2-TV3	29,75	**161**	**89**
Na intrekken van TV1-TV2	4,50	**24**	**14**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0300 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	424	**0,14**
Na intrekken van TV4-Uittrede	399	**0,13**
Na intrekken van TV3-TV4	263	**0,08**
Na intrekken van TV2-TV3	161	**0,05**
Na intrekken van TV1-TV2	24	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538{,}15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{42.538{,}15}{72.114} = \mathbf{0{,}59} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,14	**0,52**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,13	**0,51**
Na intrekken van TV3-TV4	0,08	**0,47**
Na intrekken van TV2-TV3	0,05	**0,43**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,39**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}59 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}52 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 7

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,558$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

55,8% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 192,76$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0300$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,0793$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	78,59	**216**	-	**120**	-
Na intrekken van TV3-TV4	73,88	-	**1.375**	-	**764**
Na intrekken van TV2-TV3	48,63	**2.241**	-	**1.245**	-
Na intrekken van TV1-TV2	29,75	-	**3.400**	-	**1.889**
Na intrekken van Intrede-TV1	4,50	**3.607**	-	**2.004**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (192,76 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (192,76 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	83,84	68,67	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV3-TV4 ..	15,00	28,07	7,95	0,3660	489,9	0,61	**0,00641**	**0,23786**
TV1-TV2 ..	15,00	24,74	7,46	0,3660	489,9	0,61	**0,00641**	**0,23786**
TV1-TV2 ..	75,00	82,42	68,09	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 30° \cdot 55 = 28,80$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	75,00	0,016	1,73	**405**	**225**
TV3-TV4 (TV4)	75,00	0,0069	0,76	268	149
TV1-TV2 (TV1)	75,00	0,0069	0,76	268	149
TV1-TV2 (TV2)	75,00	0,016	1,73	**405**	**225**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 110$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	146	764	225	225	**1.135**
TV1-TV2	14	1.889	225	450	**2.352**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	9,65	1.135	**137**	**76**
TV1-TV2	9,64	2.352	**284**	**158**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	399	216	-	-	-	**615**	**0,06**
Na intrekken van TV3-TV4	263	-	1.375	405	137	**2.179**	**0,22**
Na intrekken van TV2-TV3	161	2.241	-	405	137	**2.944**	**0,29**
Na intrekken van TV1-TV2	24	-	3.400	809	421	**4.655**	**0,47**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	3.607	-	809	421	**4.837**	**0,48**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	222	120	-	-	-	**342**	**0,03**
Na intrekken van TV3-TV4	146	-	764	225	76	**1.211**	**0,12**
Na intrekken van TV2-TV3	89	1.245	-	225	76	**1.635**	**0,16**
Na intrekken van TV1-TV2	14	-	1.889	450	234	**2.586**	**0,26**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	2.004	-	450	234	**2.687**	**0,27**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **2.687 N (≈ 0,27 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	615	**0,20**
Na intrekken van TV3-TV4	2.179	**0,69**
Na intrekken van TV2-TV3	2.944	**0,94**
Na intrekken van TV1-TV2	4.655	**1,48**
Na intrekken van Intrede-TV1	4.837	**1,54**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm²]
TV3-TV4	75,00	80.206,61	**1,11**
TV1-TV2	75,00	80.206,61	**1,11**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{72.113,83}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	615	0,20	-	**0,20**
Na intrekken van TV3-TV4	2.179	0,69	1,11	**1,42**
Na intrekken van TV2-TV3	2.944	0,94	-	**0,94**
Na intrekken van TV1-TV2	4.655	1,48	1,11	**2,20**
Na intrekken van Intrede-TV1	4.837	1,54	-	**1,54**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2,20 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	1,47	-	Zand	-	-	24,74	2,72
TV2	5,71	1,82	Zand	31,84	50,59	82,42	9,07
TV3	5,79	1,89	Zand	33,25	50,59	83,84	9,22
TV4	1,64	-	Zand	-	-	28,07	3,09

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	1,47	Grafiek ½ x II	10,39	1,14
TV2	5,71	Grafiek I	8,81	0,97
TV3	5,79	Grafiek I	8,68	0,96
TV4	1,64	Grafiek ½ x II	8,79	0,97

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	2,72	1,14	3,86	35,84(1)	**2,15**
TV2	✓	9,07	0,97	10,04	102,46(1)	**6,15**
TV3	✓	9,22	0,96	10,18	103,90(1)	**6,23**
TV4	✓	3,09	0,97	4,05	37,61(1)	**2,26**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{16{,}67}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]
TV1	75,00	0,0069	0,45
TV2	75,00	0,016	1,02
TV3	75,00	0,016	1,02
TV4	75,00	0,0069	0,45

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 110 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm^2

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83{,}33}{100^3} = 0{,}0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81{,}25} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	1,47	1,79	**0,00**
TV2	5,71	1,82	**3,89**
TV3	5,79	1,89	**3,89**
TV4	1,64	1,96	**0,00**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 3{,}89 < 27{,}78 \rightarrow$ Voldoet

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	2,15	0,45	0,65	**1,69**
TV2	6,15	1,02	0,65	**4,66**
TV3	6,23	1,02	0,65	**4,72**
TV4	2,26	0,45	0,65	**1,76**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 4{,}72 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	1,11	0,65	**0,72**
TV2	0,00	0,00	1,11	0,65	**0,72**
TV3	0,00	0,00	1,11	0,65	**0,72**
TV4	0,00	0,00	1,11	0,65	**0,72**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0{,}72 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	2,72	1,14	0,76	**0,48**	0,48
TV2	9,07	0,97	1,73	**1,99**	1,99
TV3	9,22	0,96	1,73	**2,02**	2,02
TV4	3,09	0,97	0,76	**0,52**	0,52

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 100{,}00 =$ **8,00** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 2{,}02 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	1,47	20,44	11,80	16,12	22,94	7,46
TV2	5,71	61,37	26,17	43,77	68,87	68,09
TV3	5,79	62,53	26,67	44,60	70,18	68,67
TV4	1,64	23,20	13,39	18,30	26,03	7,95

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	2,73	0,0025	0,0000	0,3660	0,14	**1,22**
TV2	26,21	0,00096	0,0389	0,2989	0,91	**8,16**
TV3	26,43	0,00097	0,0389	0,2989	0,92	**8,28**
TV4	2,91	0,0027	0,0000	0,3660	0,15	**1,36**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,40	0,04	1,49	0,07	**0,67**	0,02	**0,18**
TV2	0,64	0,02	5,70	0,40	**4,01**	0,07	**0,73**
TV3	0,64	0,03	5,70	0,41	**4,06**	0,08	**0,78**
TV4	0,38	0,11	1,49	0,07	**0,74**	0,04	**0,36**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	0,82	0,14	1,56	0,05	**0,52**	0,02(1)	**0,18**
TV3	2,54	0,08	5,77	0,41	**4,06**	0,07(1)	**0,69**
TV2	2,55	0,08	5,77	0,40	**4,01**	0,07(1)	**0,70**
TV1	0,74	0,18	1,56	0,04	**0,43**	0,02(2)	**0,19**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 313{,}37 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 313^2)} = 0{,}056 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}056}{(500 - 313)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 313)} \right) \cdot (78{,}59 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,02	1,55
TV3	0,07	1,55
TV2	0,07	1,55
TV1	0,02	1,55

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 1{,}55 \text{ N/mm}^2$$

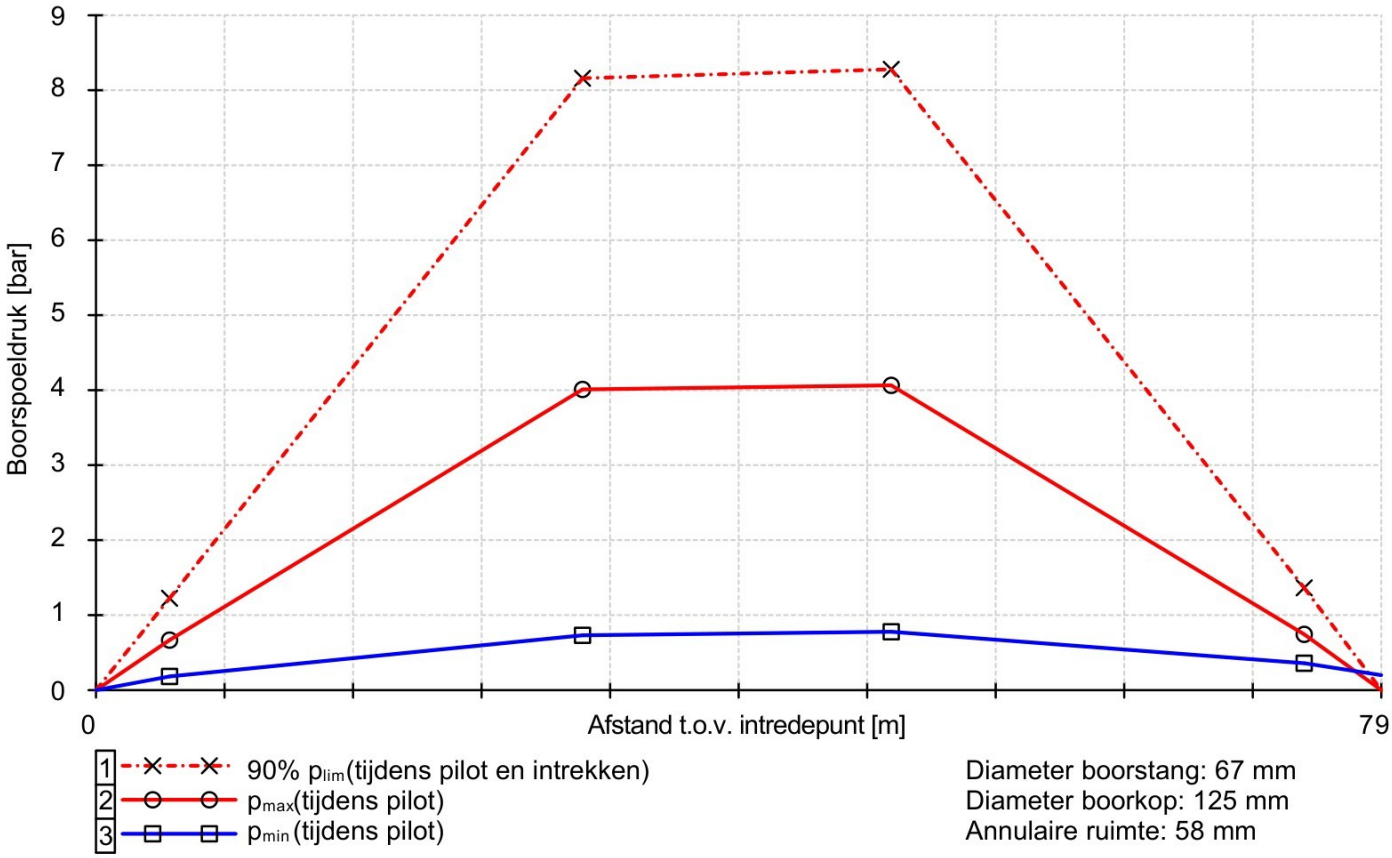
$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0{,}07 \leq 1{,}55 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

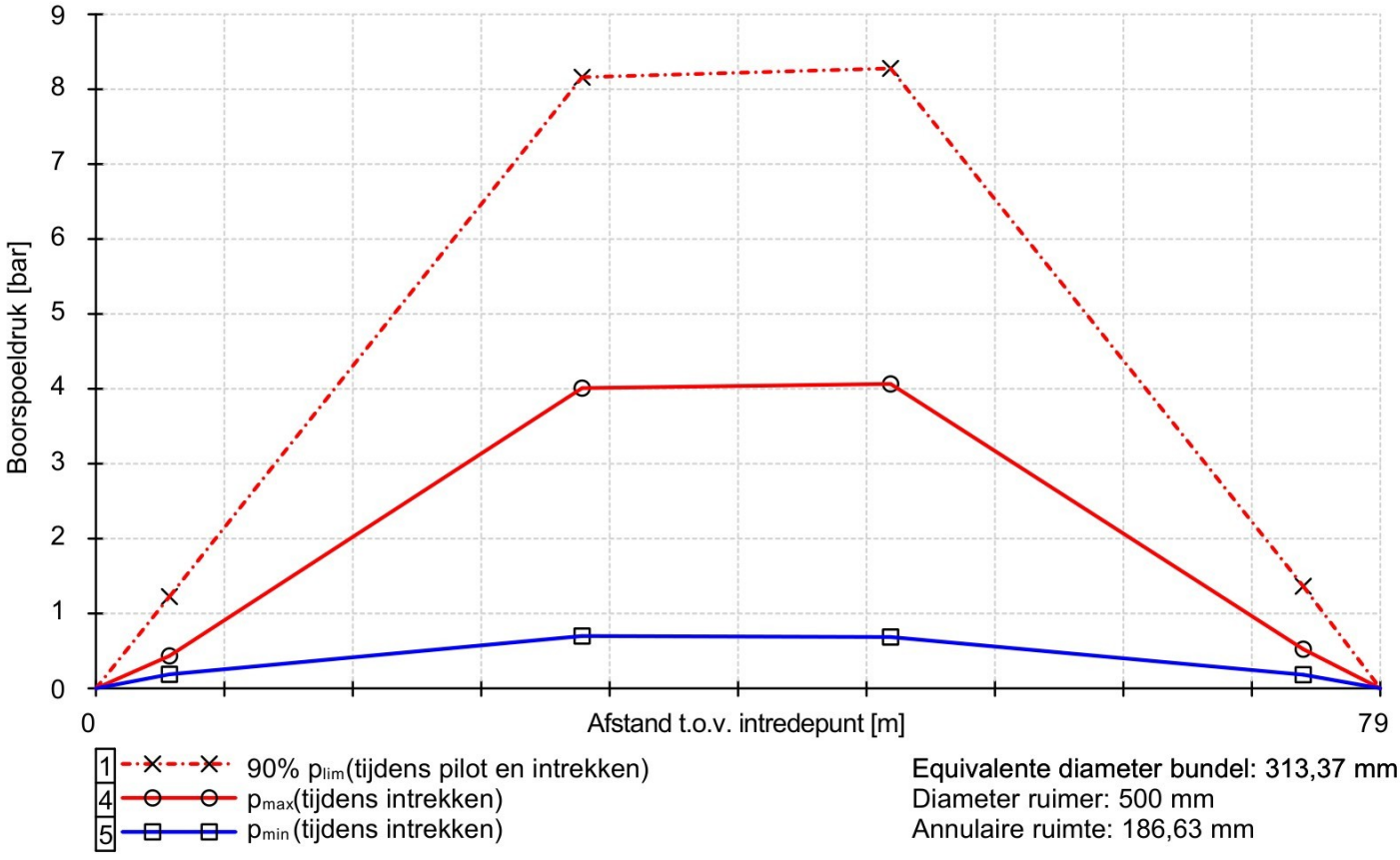
Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 | Sigma 2025 1.4 ©

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



Equivalente diameter bundel: 313,37 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 186,63 mm

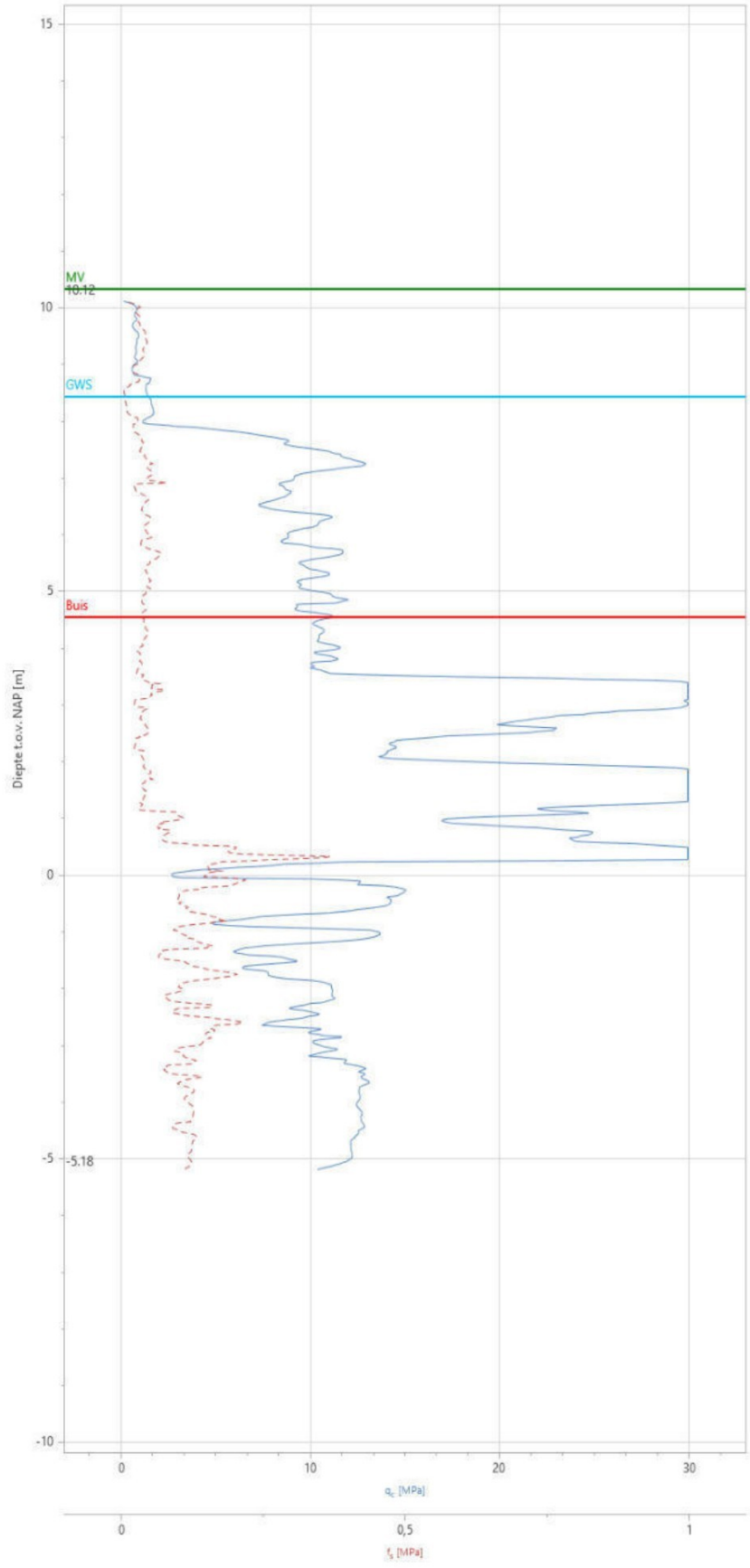
09-04-2026 16:05:05

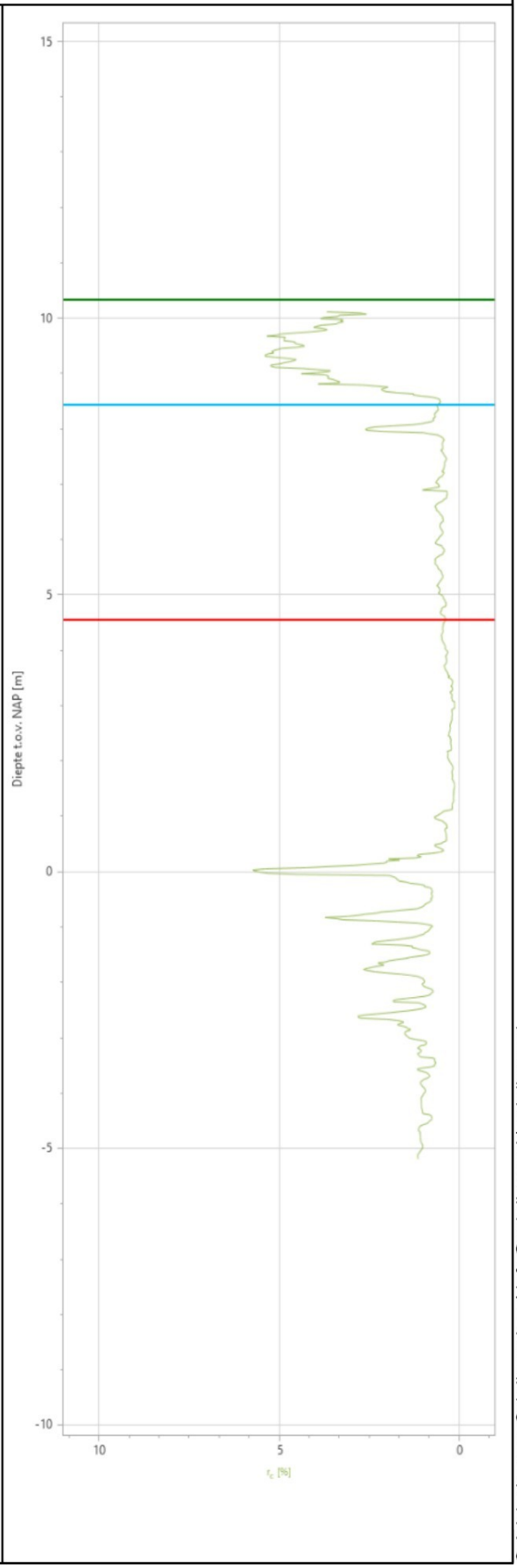
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

03

Naam van het project : B4006
Projectonderdeel : 15T - 6x110+1x160





© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

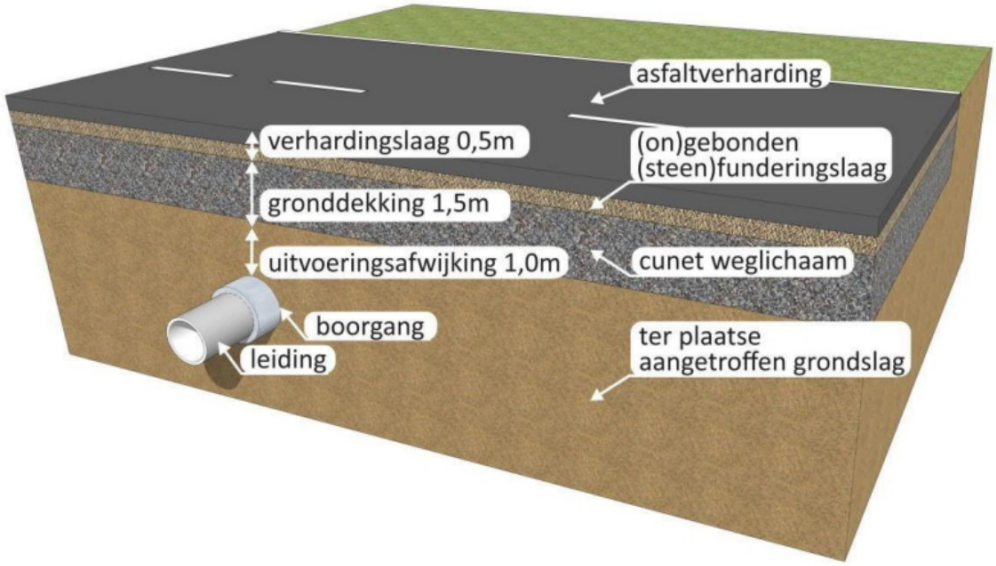
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 8: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 08-01-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.0.2508
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4006, langs tracé B4006

Boringtype: Bundel
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: 1x SDR 11 (160mm); 6x SDR 11 (110mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 50.00m
Controlepunten: 0
Ontwerpmethode: Parametrisch

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 10.00m
Locatie: 192100.84,433254.52,10.25

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 87.13m
Locatie: 192151.88,433196.70,10.32

Te boren lengte: 78.59m

Intredelengte: 4.50m
Intredehoek: -35.00%
Intredeboogradius: 75.00m
Lengte midden: 18.88m
Hoek midden: 0.00%
Uittredeboogradius: 75.00m
Uittredelengte: 4.71m
Uittredehoek: 35.00%

Ontwerpboring bevat geen horizontale bogen.

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 4.50m
Opgegeven intredehoek: -35.00%
Opgegeven radius intredeboog: 75.00m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 75.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 4.50m
Opgegeven uittredehoek: 35.00%

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	van der Mondeweg 11, Haalderen
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	10 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *15*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	10 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Kruiningen en Yerseke bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zullen 6 Ø110 + 1 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 6.1 t/m 8.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.



Figuur 1: boorlocatie (Essenpas 1, Haalderen)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Haalderen
Exacte locatie	Van der Mondeweg 11
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01B-P-B4007
Boornummer	B4007
KLIC-nummer	25O0167163
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	148 meter
Maximale diepte buis	8meter -MV / +2.64 m NAP
Diameter/materiaal buis	6xØ110+1 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 500 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø 110 mm + Ø160 mm
Wanddikte	10 mm + 14.5
Aantal buizen	1 stuks
Max. toelaatbare treksterkte	31.4 kN *(= 3.1 ton)* + 66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	Ø380

Het intrekken van de buis geschiedt door het uitleggen van de buizen achter het uittredepunt.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (Essenpas 1, Haalderen)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 3: Situatie uittredepunt (Van der Mondeweg 89, Haalderen)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt op rollenstellen vooraf uitgelegd.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het in- en uittredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het plaatsen van de rollenstellen en het uitleggen van de buizen dient een halve rijbaan te worden afgezet. Maar ook voor opstellen van een zuigwagen en werkruimte rondom de boorrig en uittrede dient een halve rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Er is een halve rijbaan beschikbaar om het doorgaande verkeer te laten passeren.
- Fietsers worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de beschikbare rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 22 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT22
Afmetingen (LxBxH)	8000x2350x2650 mm
Gewicht	16,5 ton
Boorstang	89 mm
Boorgat pilotfase	150 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6,5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

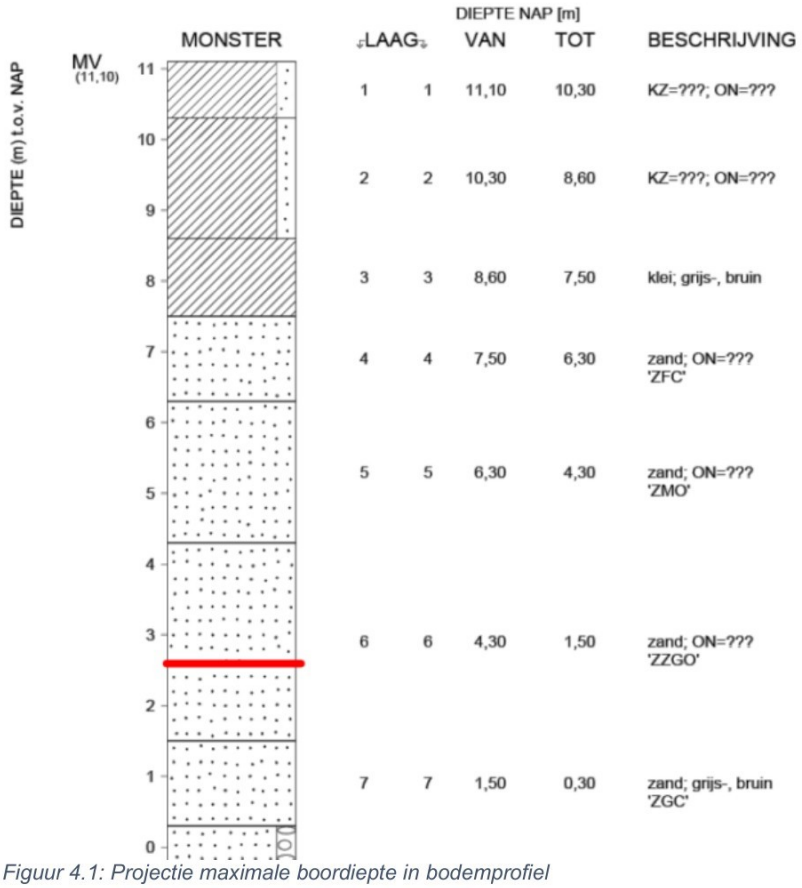
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

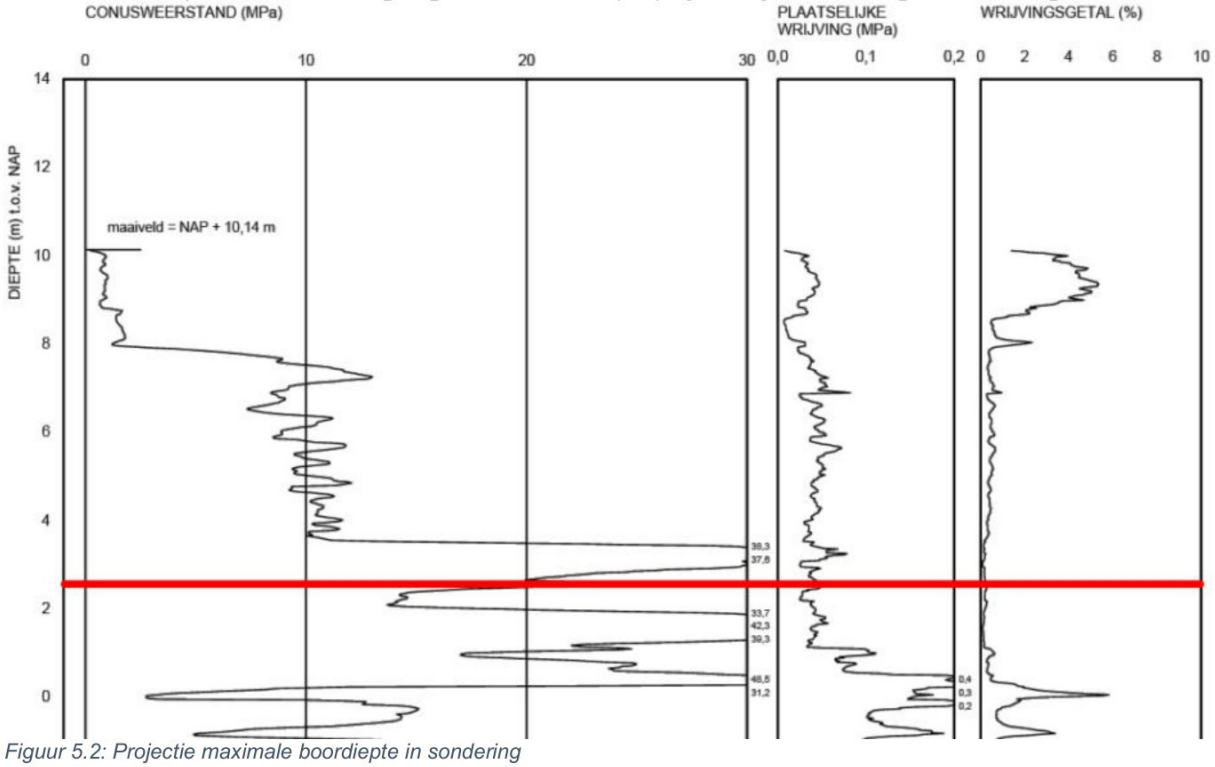
De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



Figuur 4.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 3.44m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 5.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,4m NAP, dus ca. 1,5m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

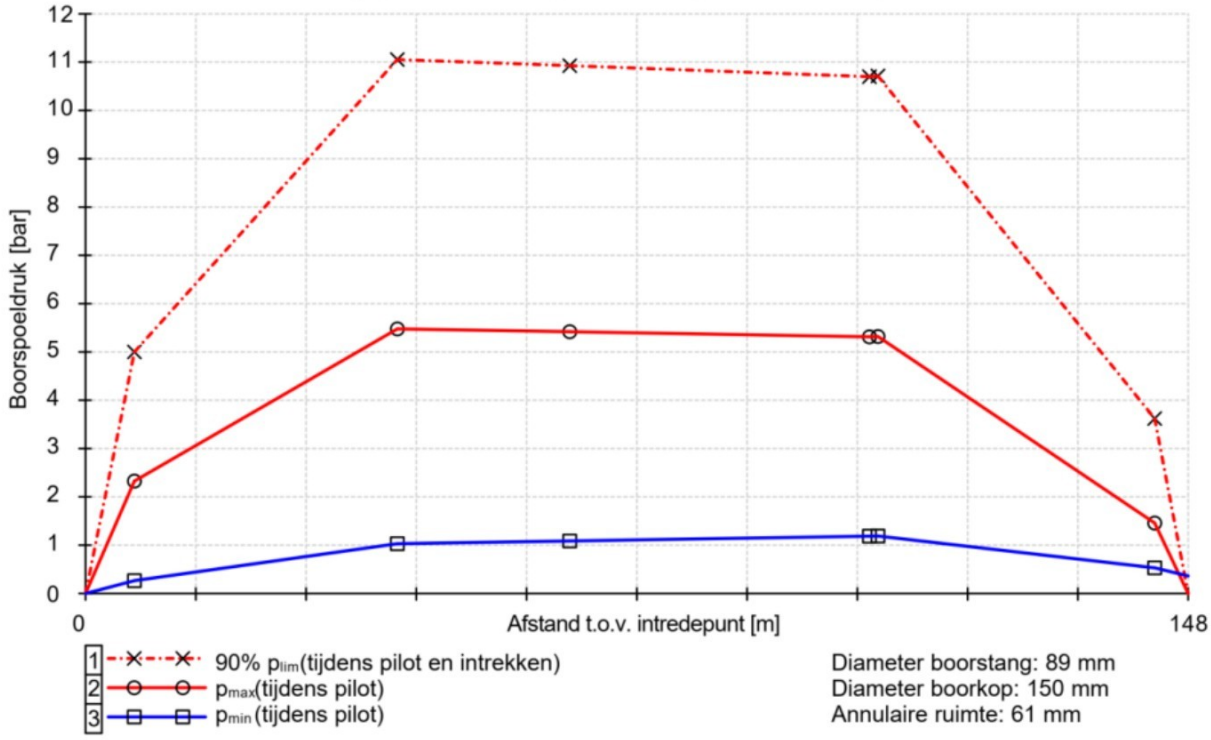
Lengte leiding in boorgat (m)	**Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø110**	**Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm**	**Verwachte trekkracht (kN) 6*Ø110 1*Ø160mm**
5	1.0	2.0	7.9
42	3.0	6.1	23.9
106	5.9	11.7	47.3
142	8.1	16.2	65.0
148	8.4	16.7	67.1

De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 67 kN (=6.7ton)

7.4. Boorspoeldrukken

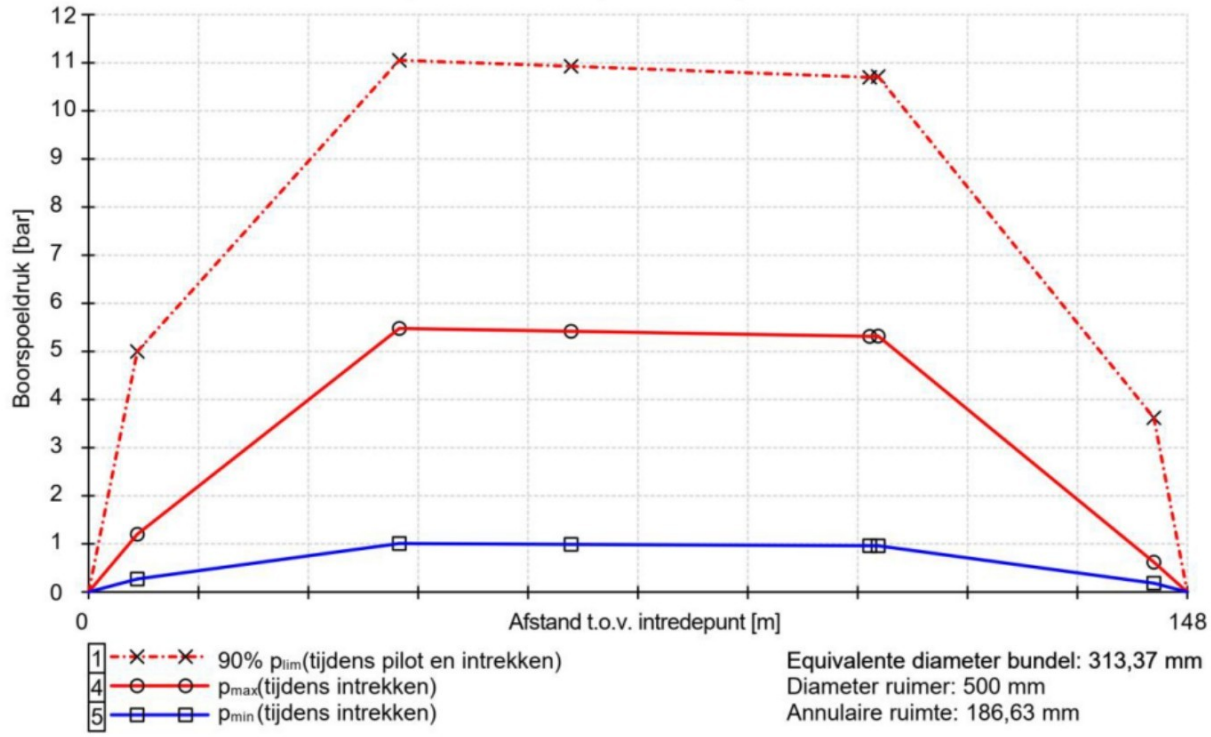
De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 500 l/min)



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens pilot

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 750 l/min)



Figuur 7: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Uitlegstrook (dag)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4007	3	3	4	4	2	3

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 22 tonner	1	1	1	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca. 5 dagen.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

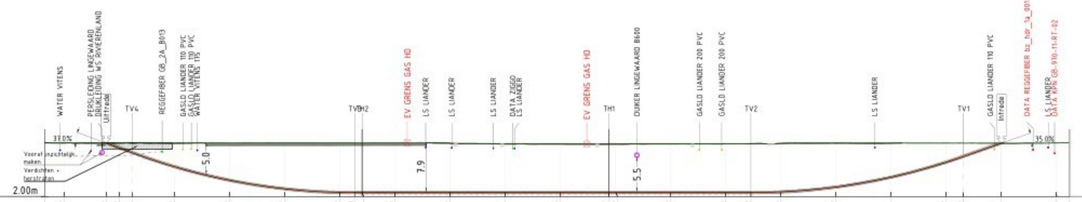
- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1: 500

B4007

Hoogte t.o.v. N.A.P.
Boringtype: Bundel
Totale boorlengte: 148.25m

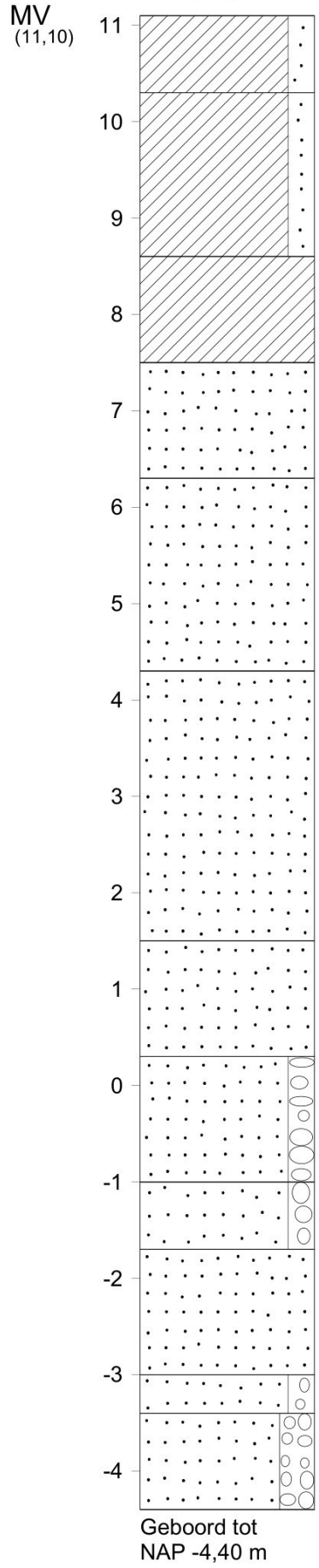


| | | |

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



MONSTER	LAAG		VAN	TOT	BESCHRIJVING
	1	1	11,10	10,30	KZ=???; ON=???
	2	2	10,30	8,60	KZ=???; ON=???
	3	3	8,60	7,50	klei; grijs-, bruin
	4	4	7,50	6,30	zand; ON=??? 'ZFC'
	5	5	6,30	4,30	zand; ON=??? 'ZMO'
	6	6	4,30	1,50	zand; ON=??? 'ZZGO'
	7	7	1,50	0,30	zand; grijs-, bruin 'ZGC'
	8	8	0,30	-1,00	ZG=???; ON=??? 'ZZGO'
	9	9	-1,00	-1,70	ZG=???; grijs-, bruin 'ZZGO'
	10	10	-1,70	-3,00	zand; grijs-, bruin 'ZZGO'
	11	11	-3,00	-3,40	ZG=???; bruin 'ZZGO'
	12	12	-3,40	-4,40	ZG3=???; ON=??? 'ZZGO'
					Einde Boring B40D0115

maaiveld: NAP 11,10 m
X = 192390 m Y = 432430 m (RD)

<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum: 1966-06-24 / get.: -
-				DINO-BOR / gez.
ONBEKEND B40D0115				BIJL. / form.: A3

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

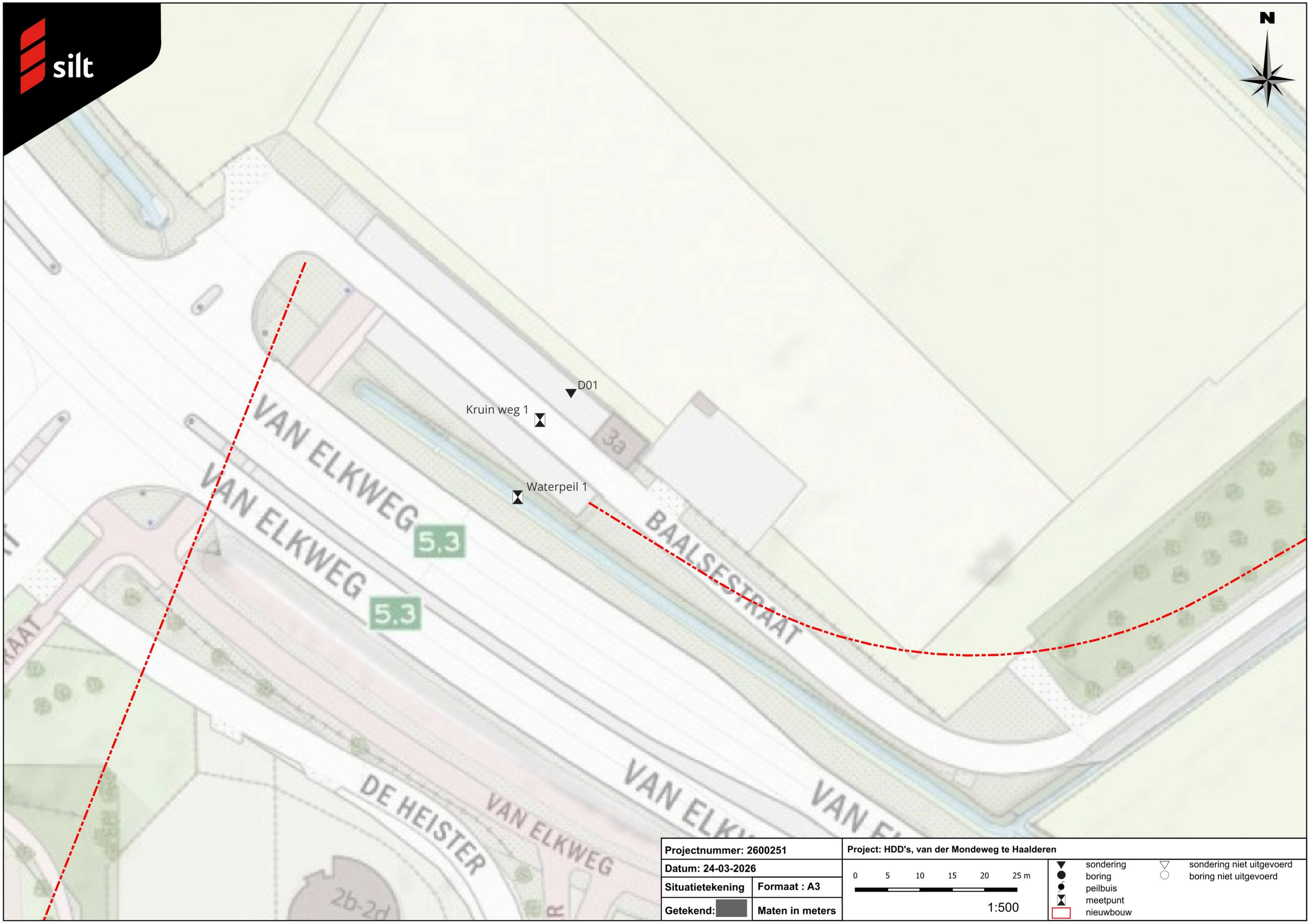
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

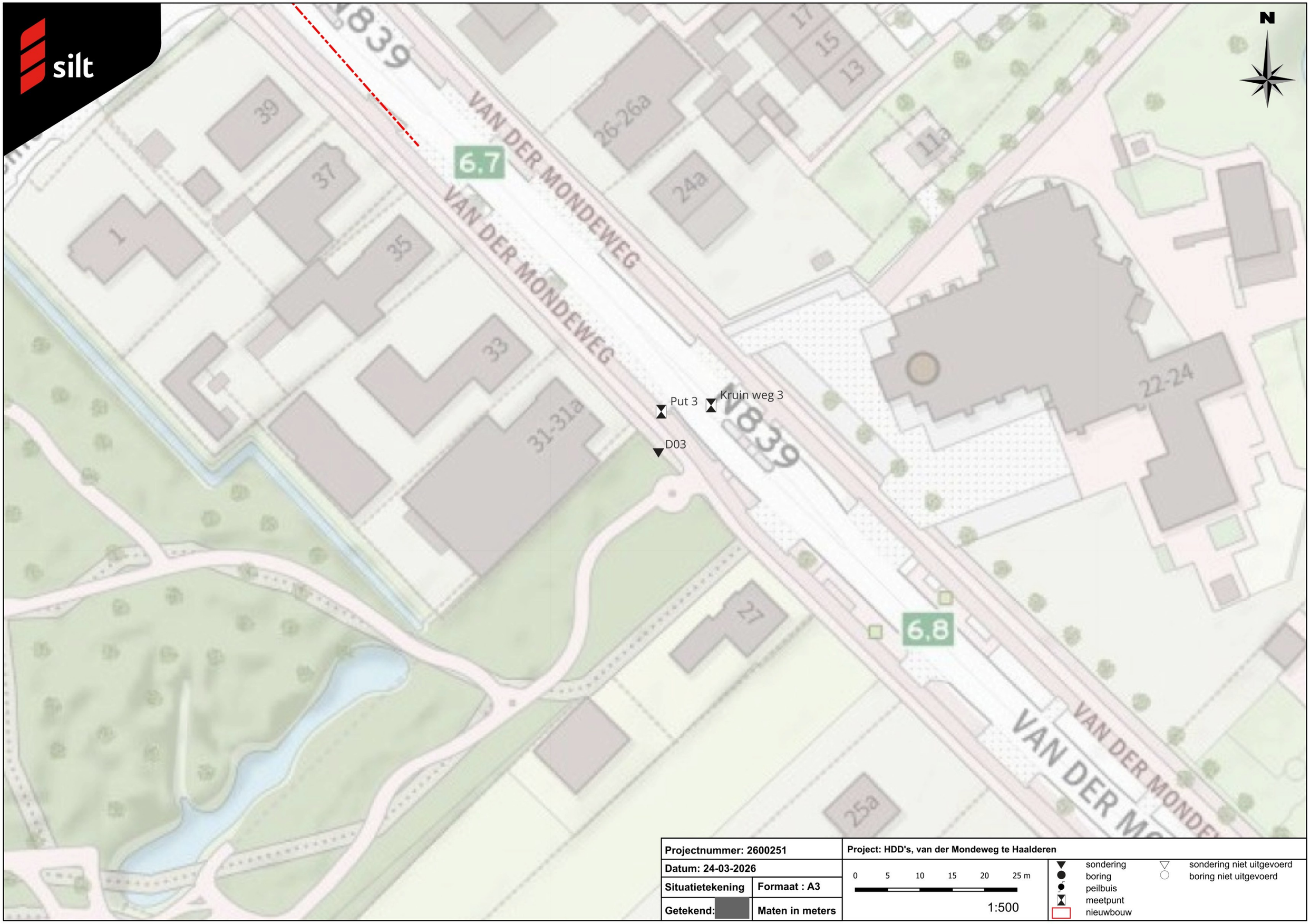
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		
Getekend:	**Maten in meters**		



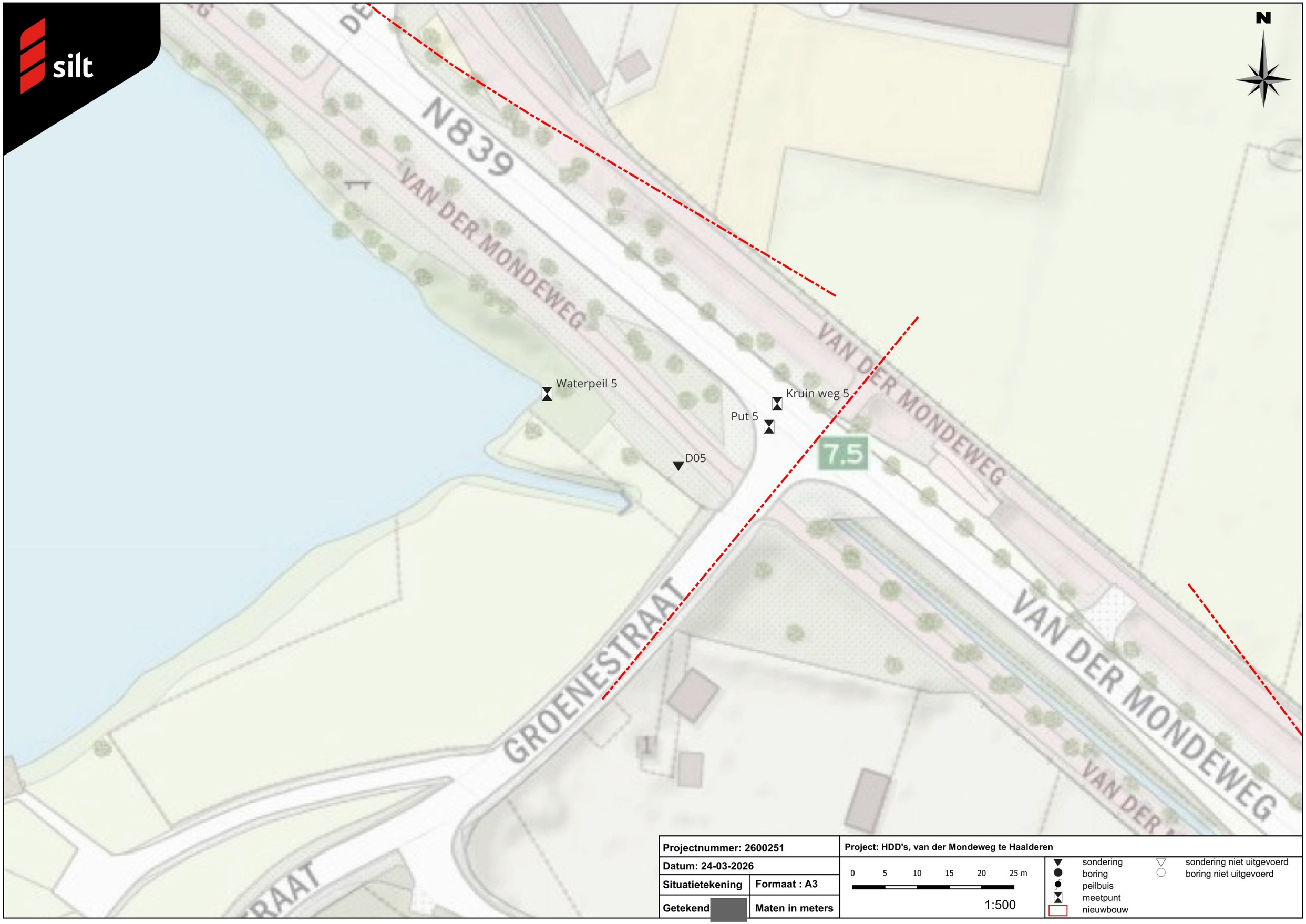
Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / **Formaat : A3**	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend: / **Maten in meters**	



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / **Formaat : A3**	
Getekend: [redacted] / **Maten in meters**	



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

8.0

LANGSTRAAT

8.1

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

HUIGENSSTRAAT

LANGSTRAAT

2a

2

2b

287

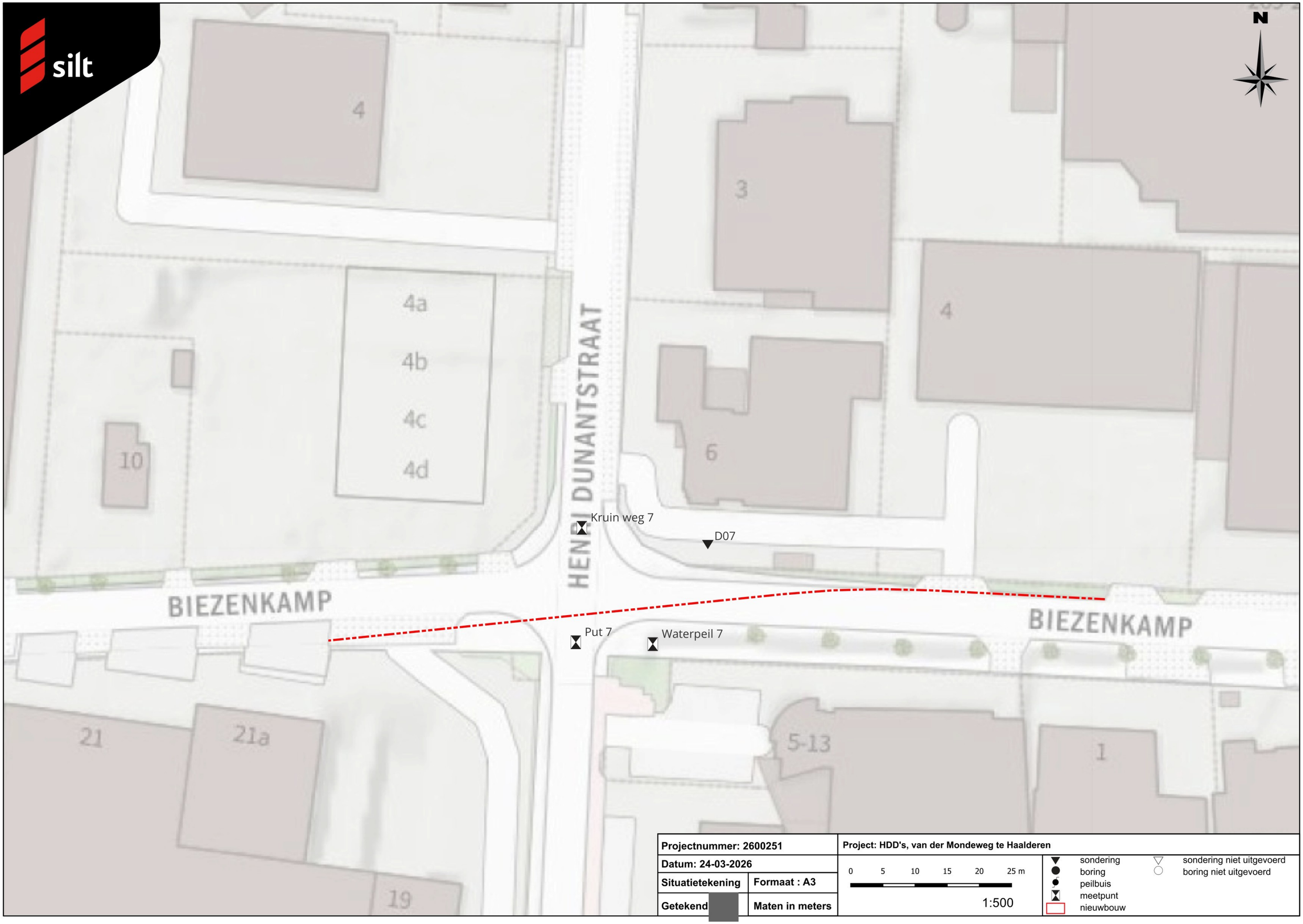
285

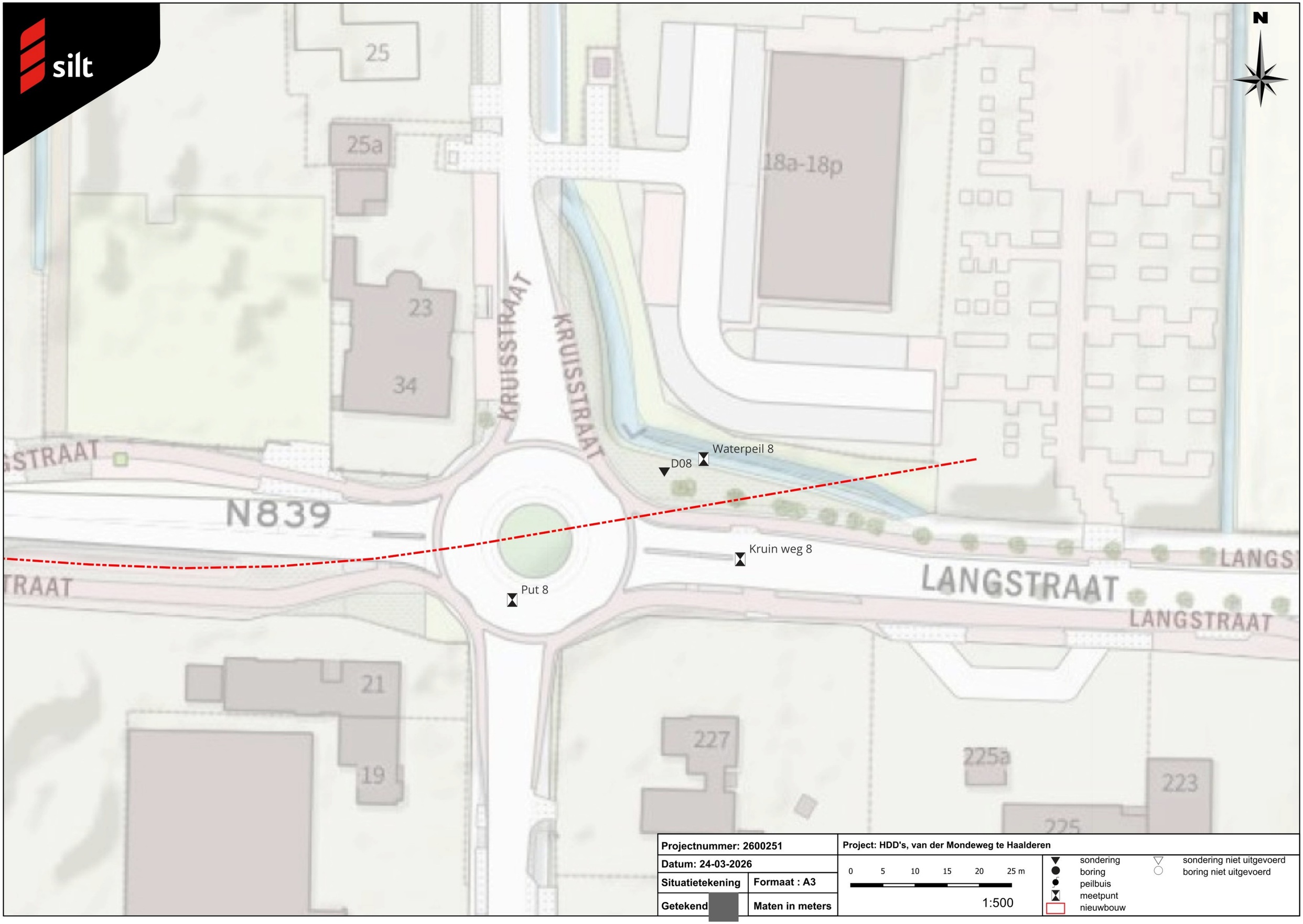
283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd


silt
N
4
3
4
4a
4b
4c
4d
10
6
HENRI DUNANTSTRAAT
Kruin weg 7
D07
BIEZENKAMP
BIEZENKAMP
Put 7
Waterpeil 7
21
21a
19
5-13
1
Projectnummer: 2600251
Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026
Situatietekening
Formaat : A3
Getekend
Maten in meters
0 5 10 15 20 25 m
1:500
sondering
boring
peilbuis
meetpunt
nieuwbouw
sondering niet uitgevoerd
boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis meetpunt nieuwbouw

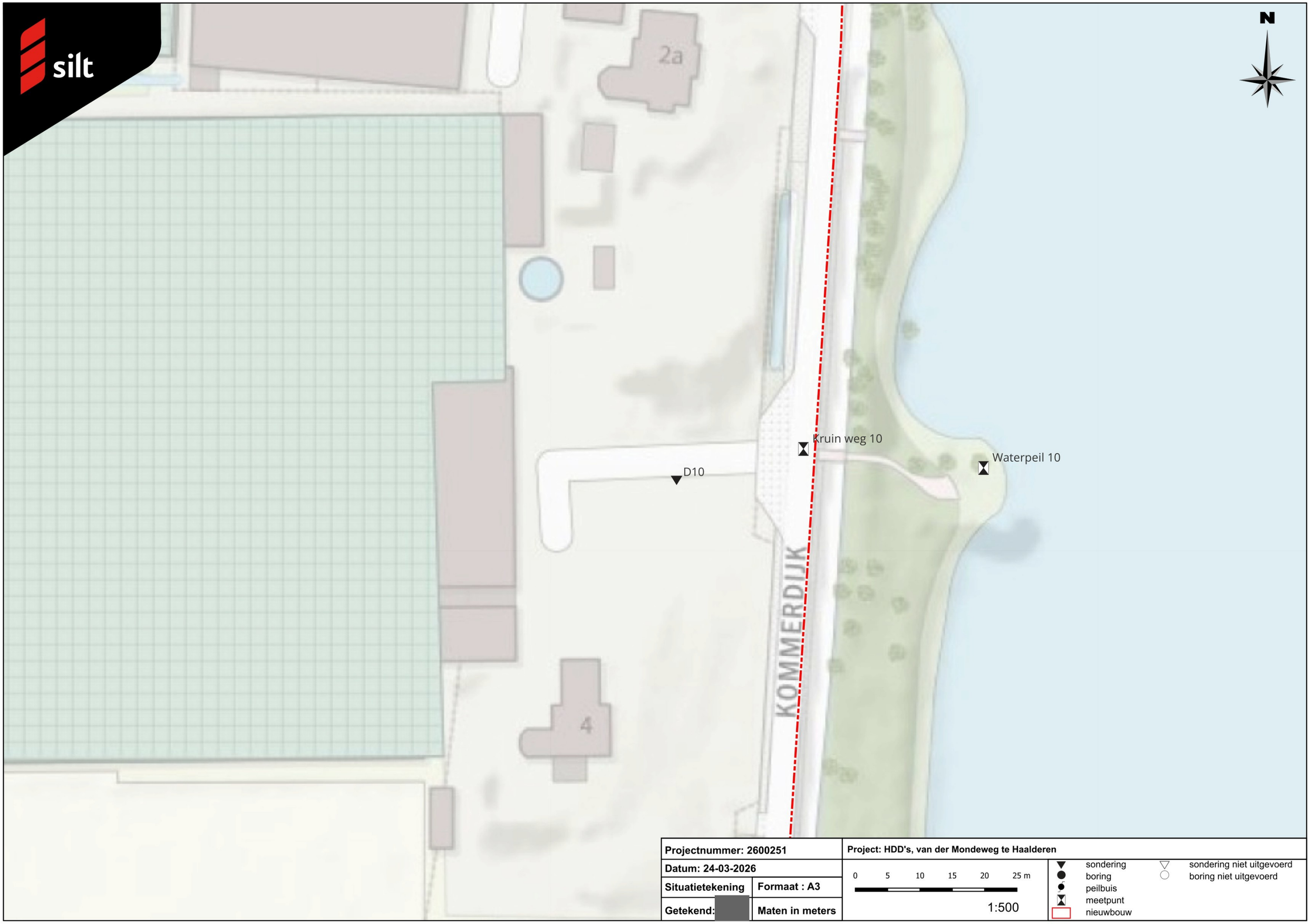


Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening	Formaat : A3
Getekend	Maten in meters

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd

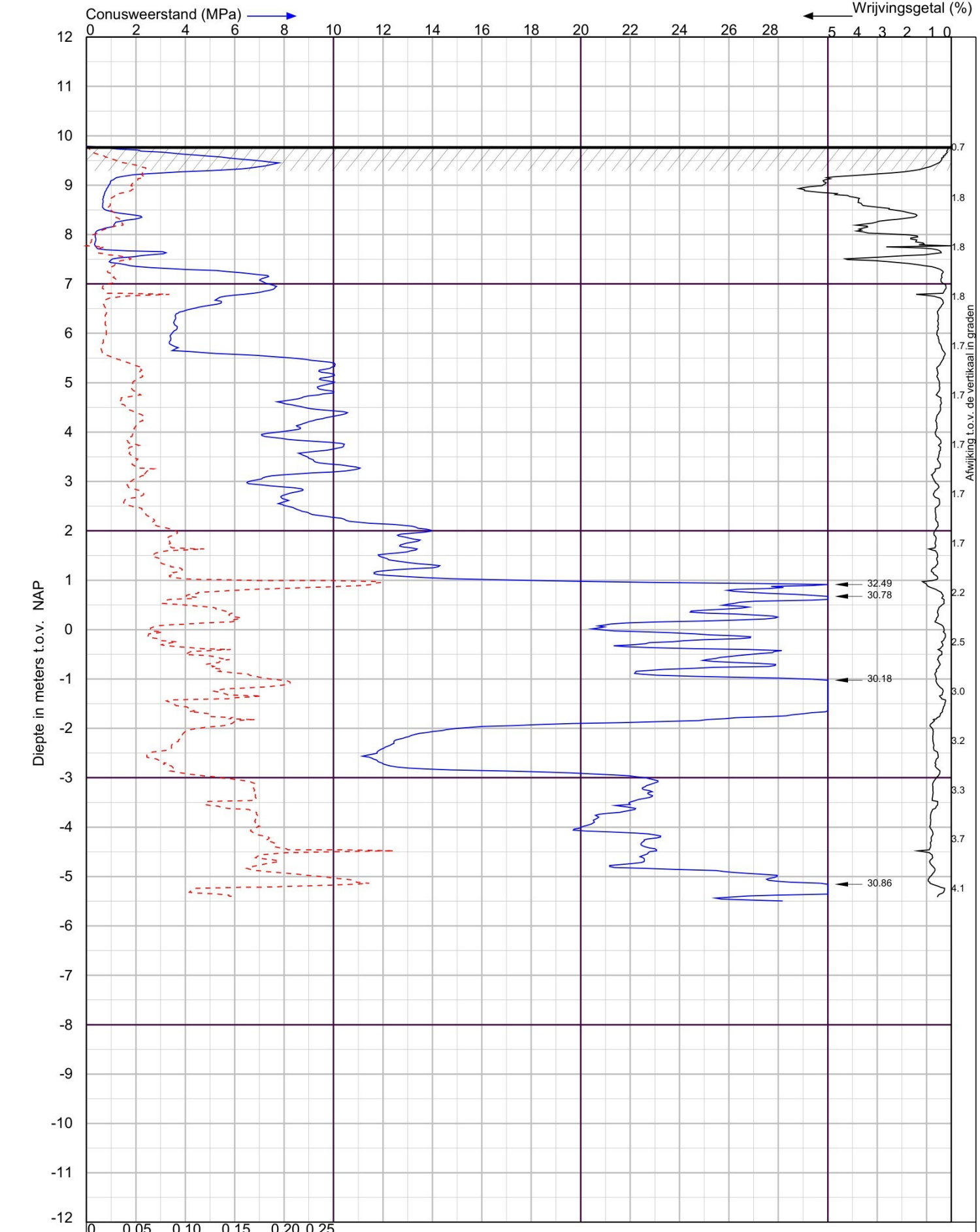


Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	
Getekend: / Maten in meters	

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

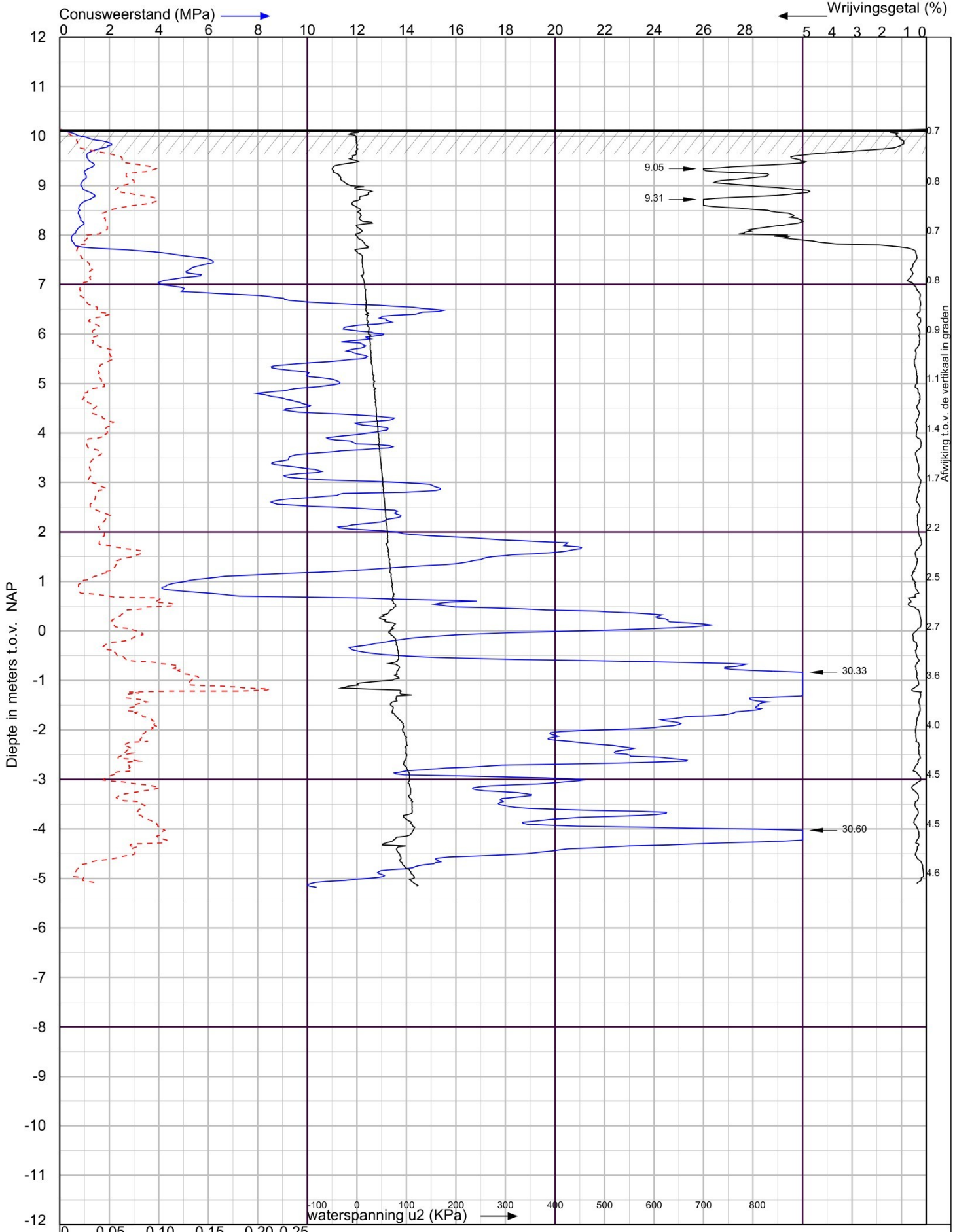
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

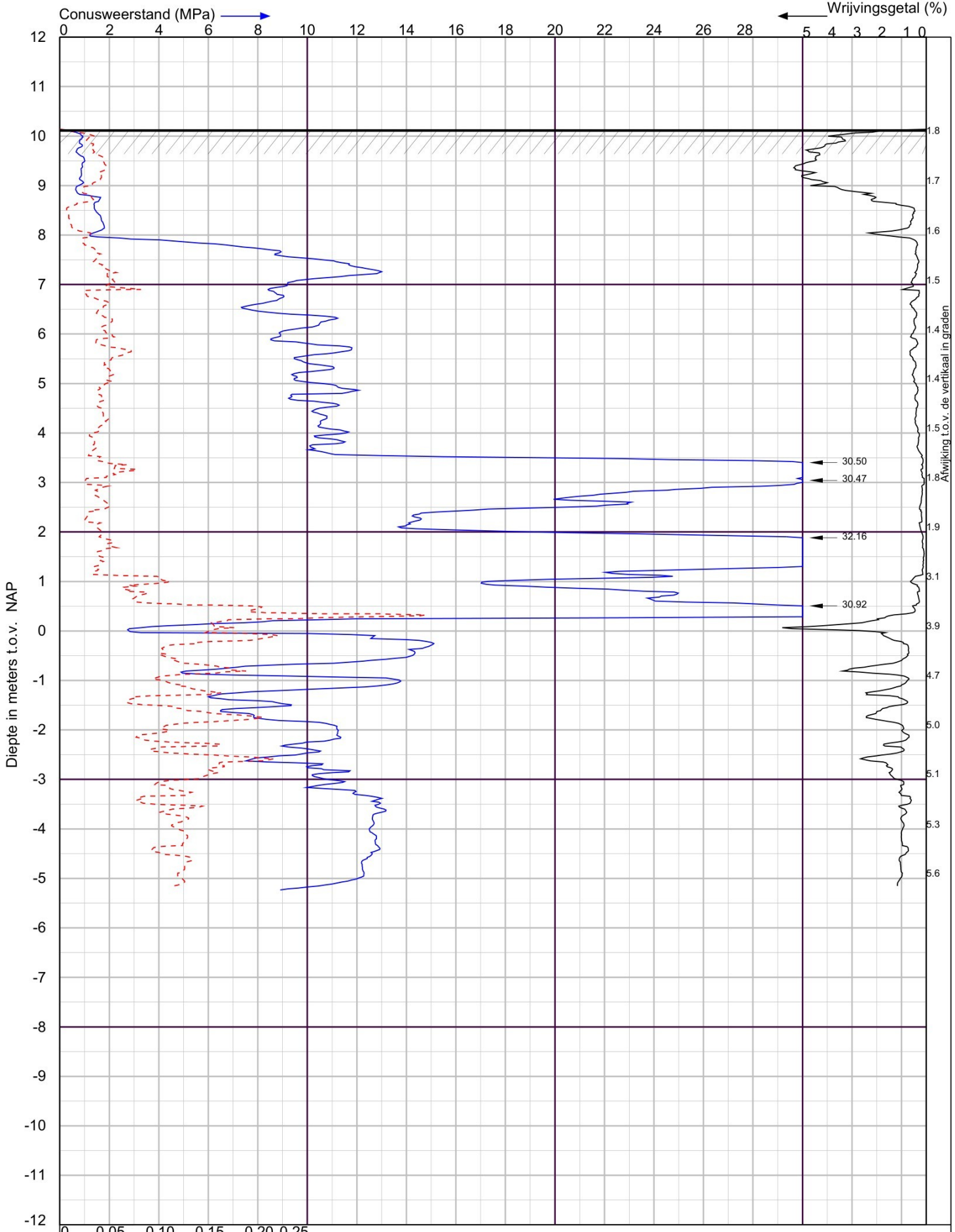
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

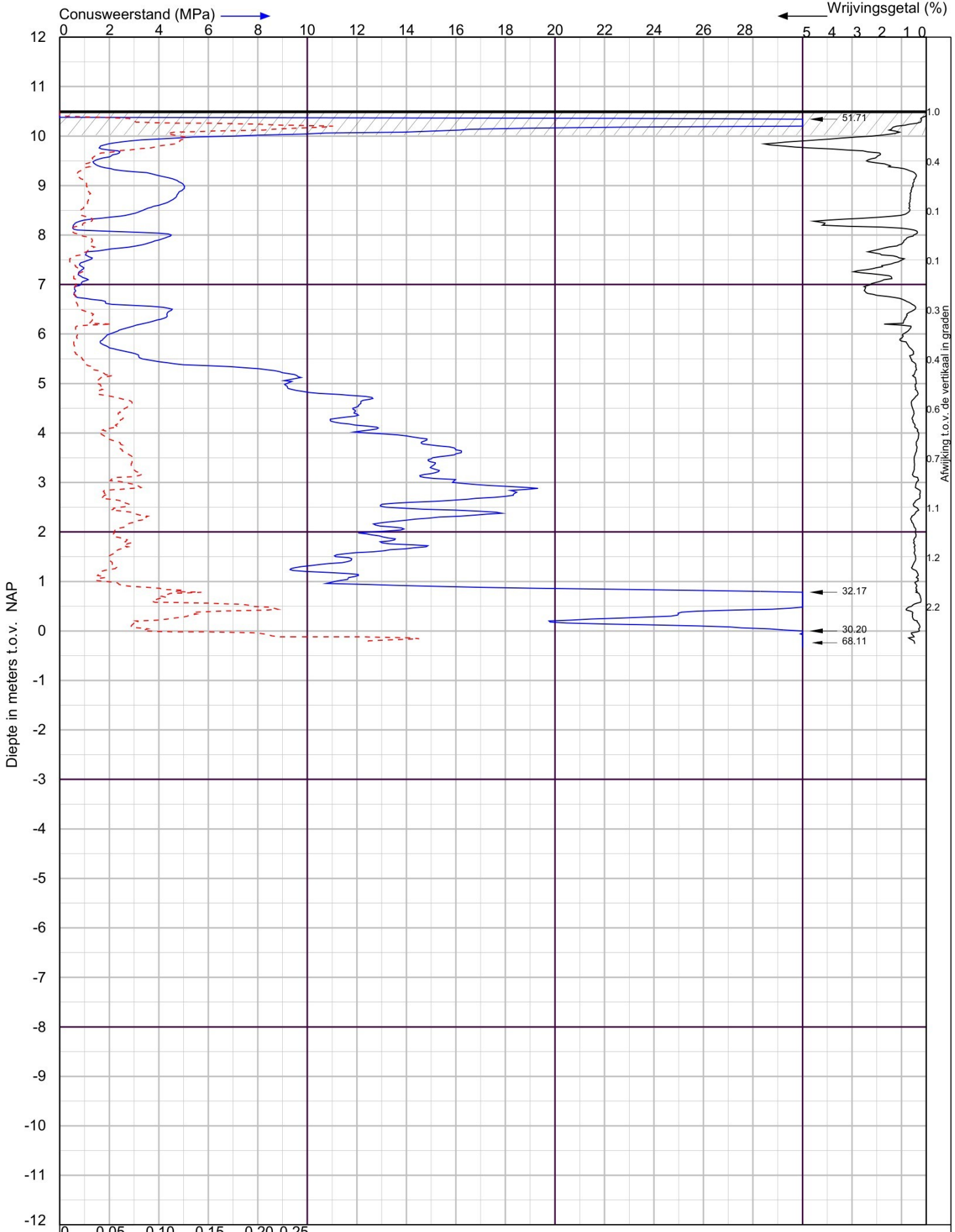
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

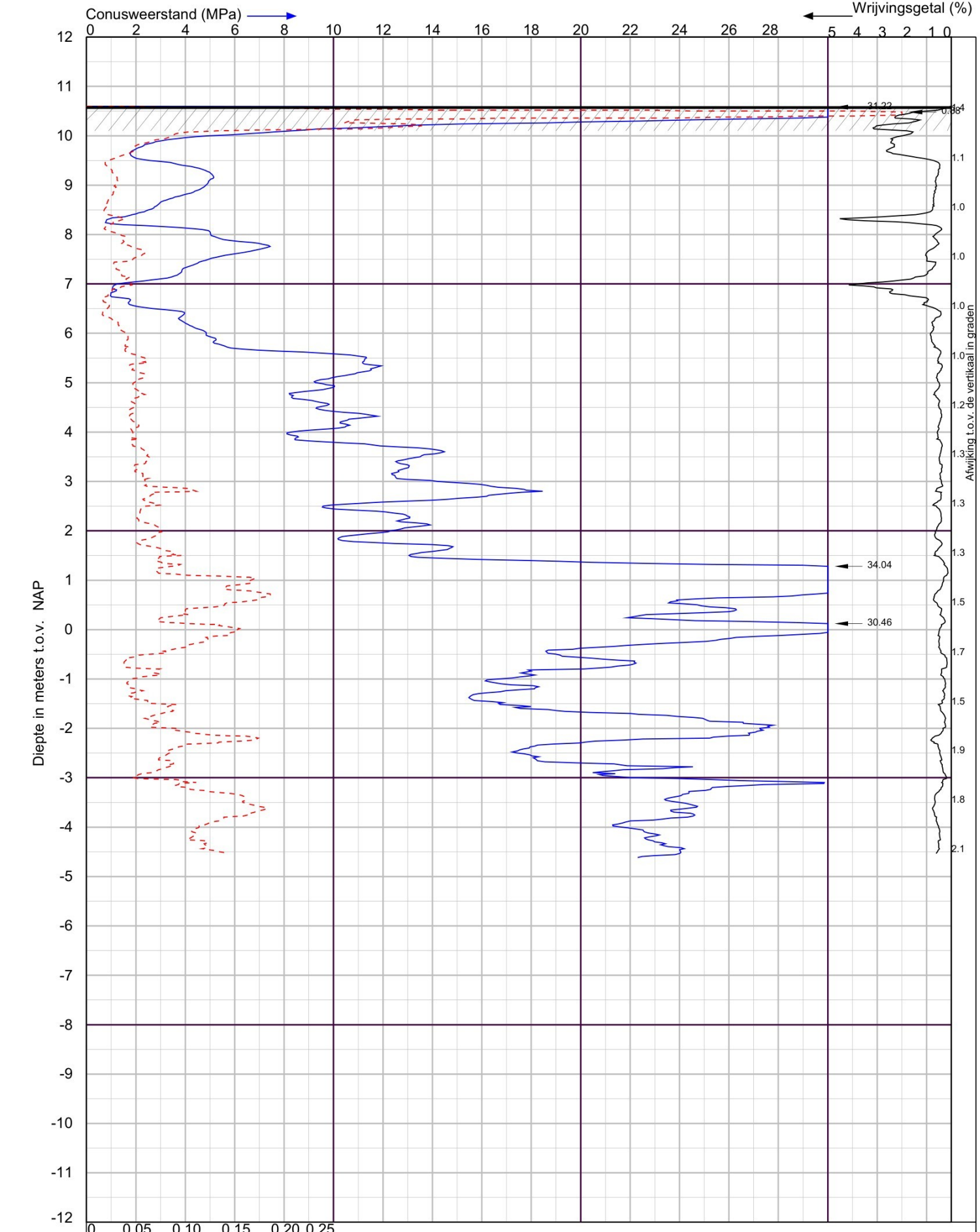
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

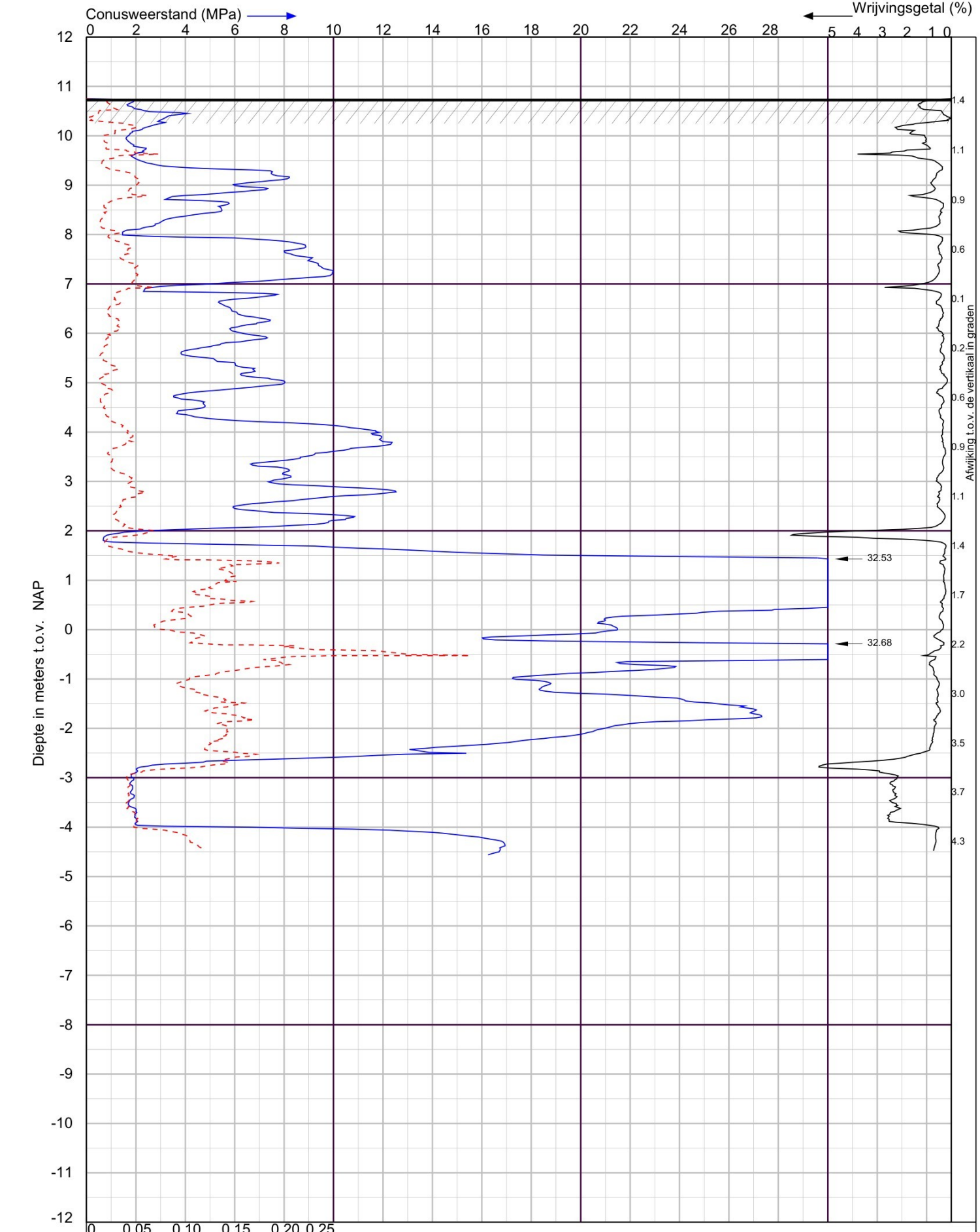
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

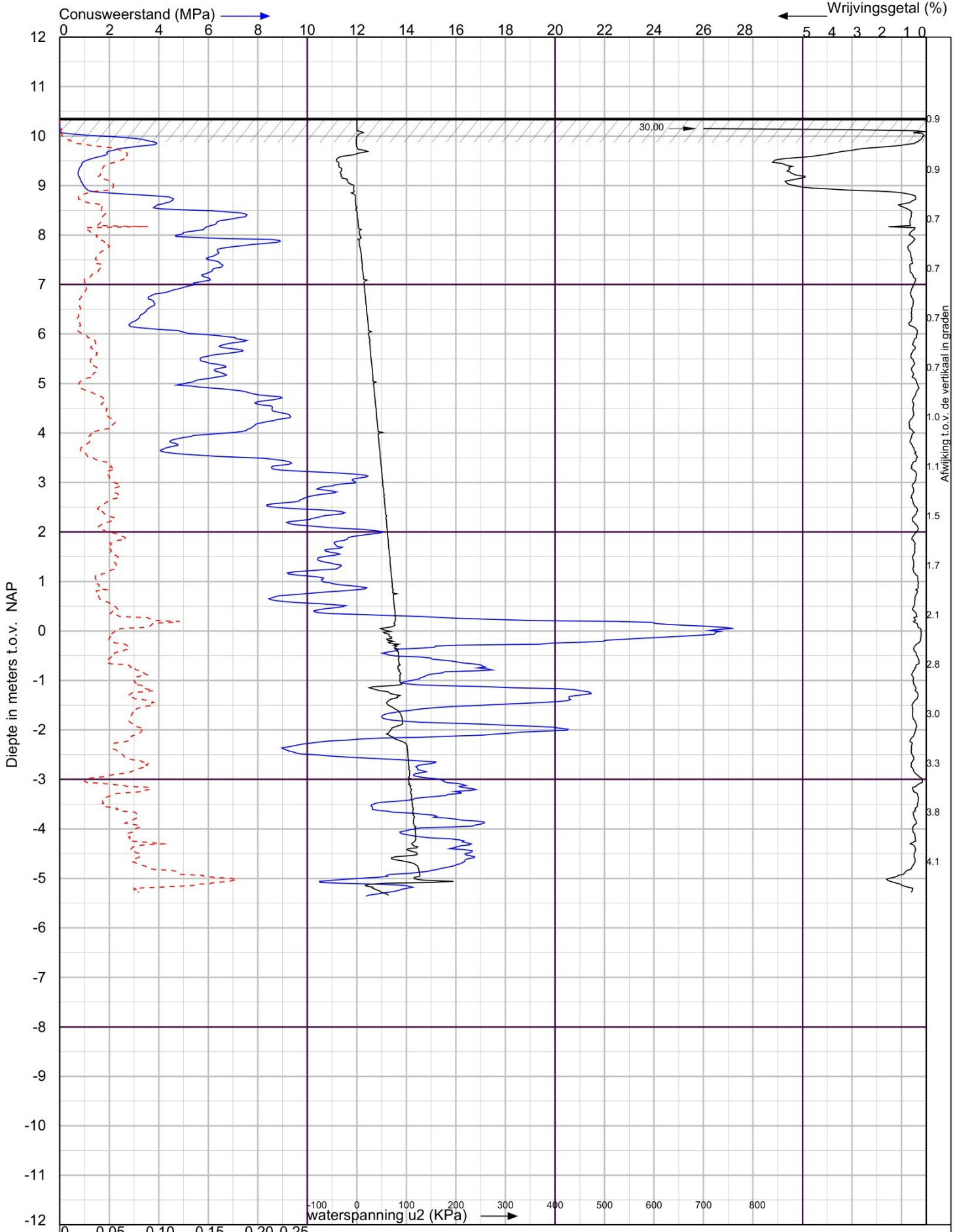
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

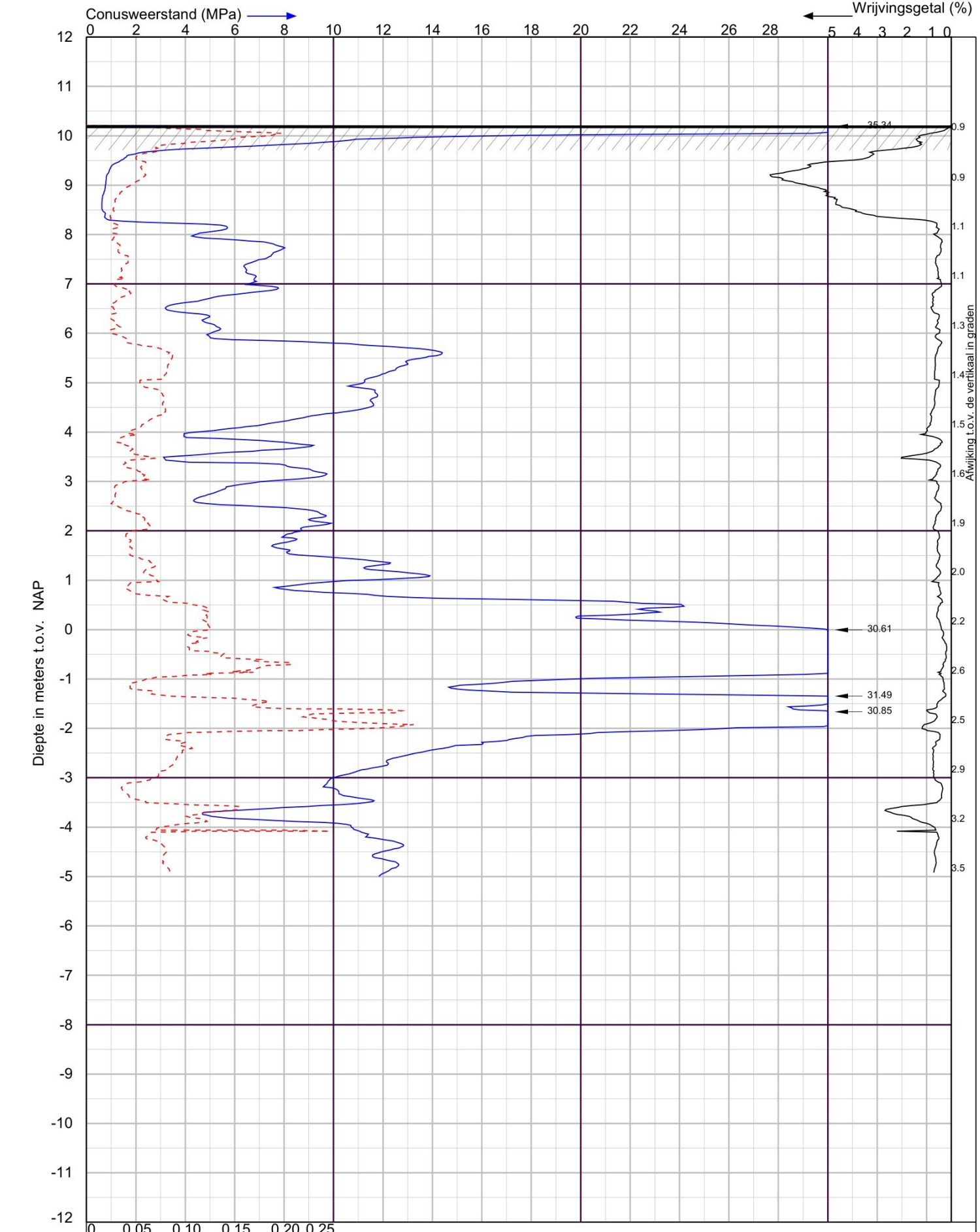
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

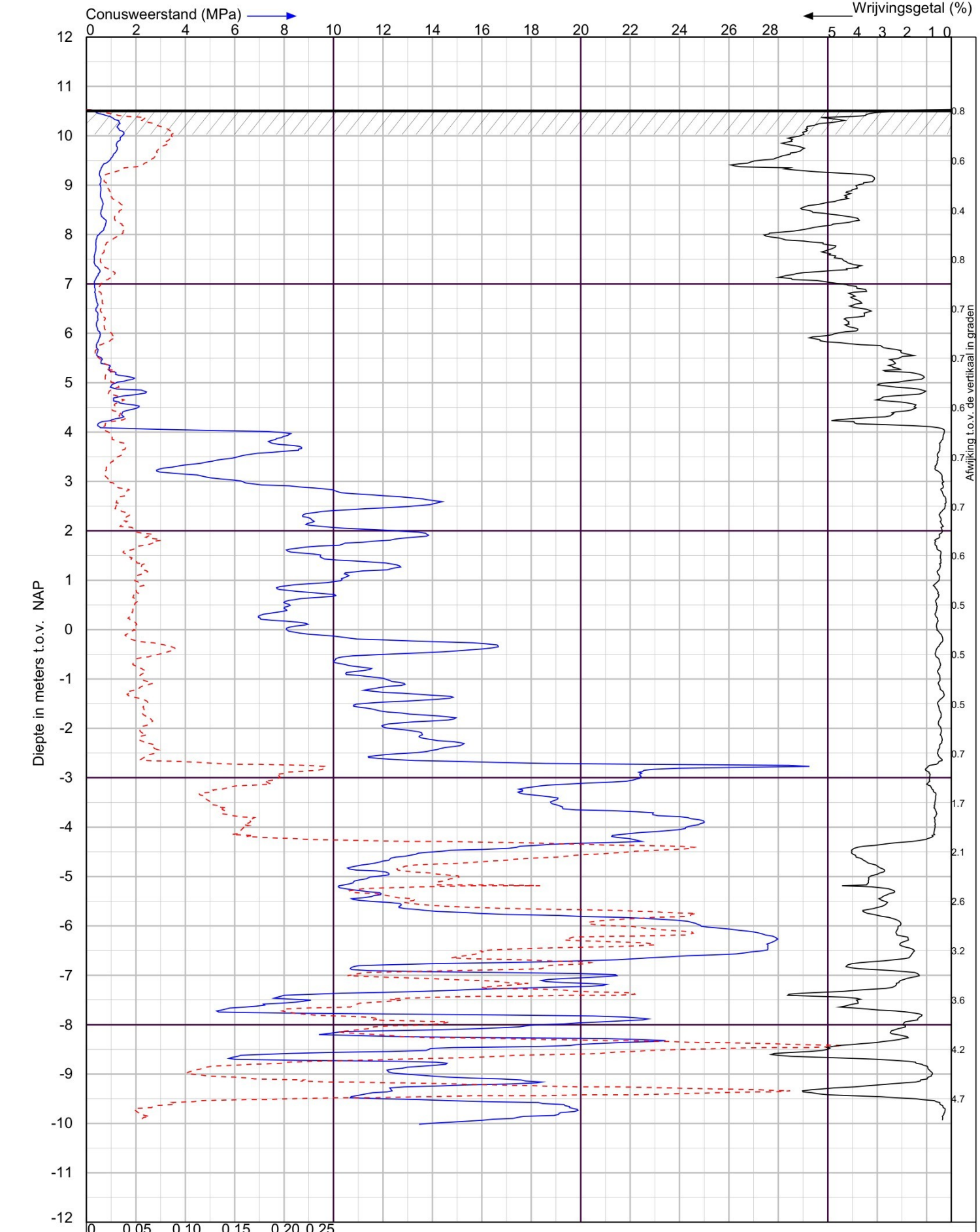
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

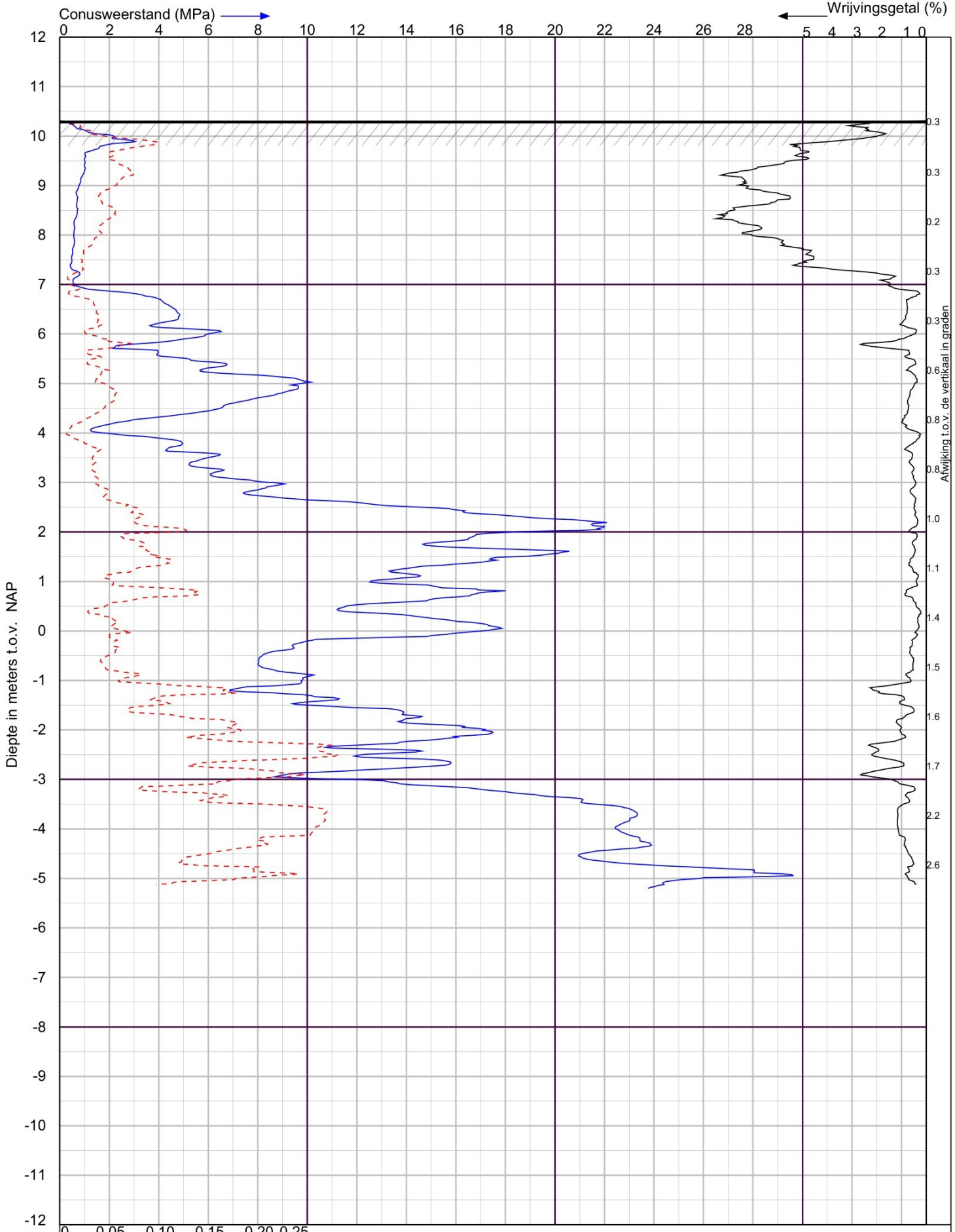
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

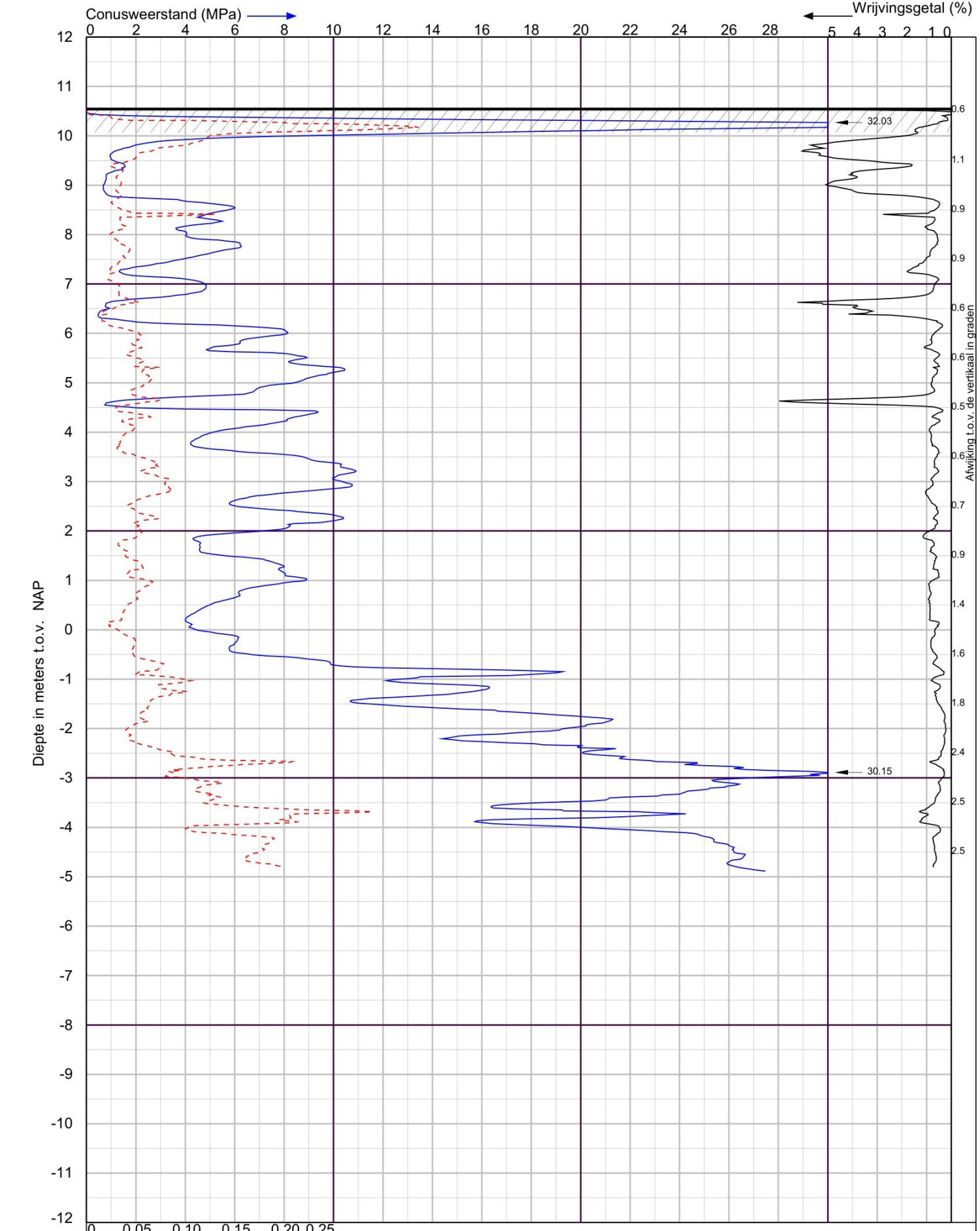
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 22 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT22
Gewicht:	16.5 ton
Afmeting (LxBxH):	8000x2350x2650 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

Max. te boren lengte:	450 m (Gyro 250m)
Max. te boren buisdiameter:	Ø 450 mm
Min. boorstraal:	R = 75 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 88.9 mm / 4500 mm
Trekkracht:	225 kN
Drukkracht:	225 kN
Torque:	1000 Nm
Pompcapaciteit:	750 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 160, 225, 450, 525 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 6x110 + 1x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **110,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **10**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 148,25	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 146,16	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 20,30 / 36,99	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,70	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,72	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]
Intrede-TV1	6,57	6,20	6,57	6,20	-	-
TV1-TV2	35,35	34,69	41,92	40,89	105,00	-
TV2-TH1	23,18	23,18	65,10	64,07	-	-
TH1-TH2	40,30	40,30	105,40	104,37	-	200,00
TH2-TV3	1,13	1,13	106,54	105,51	-	-
TV3-TV4	37,21	36,44	143,75	141,94	105,00	-
TV4-Uittrede	4,50	4,22	148,25	146,16	-	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 89	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 150	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 500	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 313,37	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 750	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 7	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

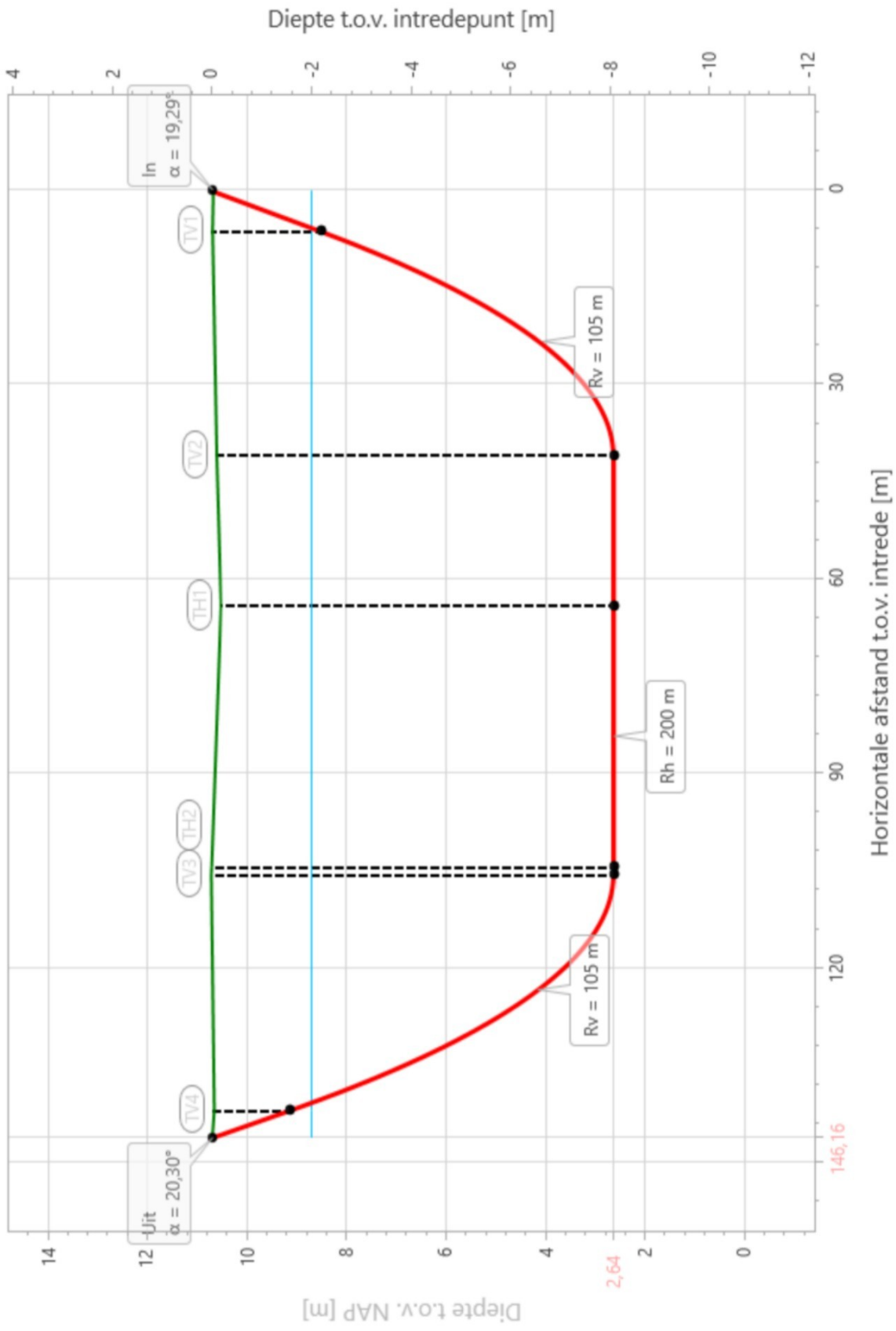
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	6,57	2,19	2,03	Zand	18,87	21,00	35,00
TV2	41,92	8,00	1,94	Zand	18,91	20,93	35,00
TH1	65,10	7,91	1,86	Zand	19,01	20,93	35,00
TH2	105,40	8,10	2,04	Zand	16,01	20,92	35,00
TV3	106,54	8,11	2,05	Zand	16,02	20,92	35,00
TV4	143,75	1,52	-	Zand	17,72	-	35,00

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TH2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	04

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 90,00	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 100,00	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 110,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 55,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 45,00	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 50,00	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 3.966.260,73	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0300	N/mm^1	g	=	0,0300	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0300	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0300	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	148,25	**801**	**445**
Na intrekken van TV4-Uittrede	143,75	**776**	**431**
Na intrekken van TV3-TV4	106,54	**575**	**320**
Na intrekken van TH2-TV3	105,40	**569**	**316**
Na intrekken van TH1-TH2	65,10	**352**	**195**
Na intrekken van TV2-TH1	41,92	**226**	**126**
Na intrekken van TV1-TV2	6,57	**35**	**20**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0300 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	801	**0,25**
Na intrekken van TV4-Uittrede	776	**0,25**
Na intrekken van TV3-TV4	575	**0,18**
Na intrekken van TH2-TV3	569	**0,18**
Na intrekken van TH1-TH2	352	**0,11**
Na intrekken van TV2-TH1	226	**0,07**
Na intrekken van TV1-TV2	35	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141{,}59}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538{,}15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{42.538{,}15}{72.114} = \mathbf{0{,}59} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,25	**0,64**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,25	**0,63**
Na intrekken van TV3-TV4	0,18	**0,57**
Na intrekken van TH2-TV3	0,18	**0,56**
Na intrekken van TH1-TH2	0,11	**0,50**
Na intrekken van TV2-TH1	0,07	**0,46**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,39**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}59 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}64 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 7

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,558$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

55,8% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 192,76$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0300$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,0793$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	148,25	**207**	-	**115**	-
Na intrekken van TV3-TV4	143,75	-	**1.914**	-	**1.063**
Na intrekken van TH2-TV3	106,54	**1.966**	-	**1.092**	-
Na intrekken van TH1-TH2	105,40	-	**3.816**	-	**2.120**
Na intrekken van TV2-TH1	65,10	**4.879**	-	**2.711**	-
Na intrekken van TV1-TV2	41,92	-	**6.502**	-	**3.612**
Na intrekken van Intrede-TV1	6,57	**6.803**	-	**3.780**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (192,76 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (192,76 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	114,96	80,41	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV3-TV4 ..	75,00	29,70	40,87	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH1-TH2 ..	75,00	117,66	81,35	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TH1-TH2 ..	75,00	114,76	80,35	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TV2 ..	75,00	44,16	49,84	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**
TV1-TV2 ..	75,00	119,25	81,90	0,2989	324,3	0,69	**0,00969**	**1,23868**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 30^o \cdot 55 = 28,80$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	105,00	-	0,011	1,24	**289**	**161**
TV3-TV4 (TV4)	105,00	-	0,011	1,24	**289**	**161**
TH1-TH2 (TH1)	-	200,00	0,0059	0,65	**152**	**84**
TH1-TH2 (TH2)	-	200,00	0,0059	0,65	**152**	**84**
TV1-TV2 (TV1)	105,00	-	0,011	1,24	**289**	**161**
TV1-TV2 (TV2)	105,00	-	0,011	1,24	**289**	**161**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260{,}73}{110 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 110$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	320	1.063	161	161	**1.544**
TH1-TH2	195	2.120	84	245	**2.560**
TV1-TV2	20	3.612	161	406	**4.037**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	10,15	1.544	**196**	**109**
TH1-TH2	5,77	2.560	**185**	**103**
TV1-TV2	9,65	4.037	**487**	**271**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	776	207	-	-	-	**983**	**0,10**
Na intrekken van TV3-TV4	575	-	1.914	289	196	**2.974**	**0,30**
Na intrekken van TH2-TV3	569	1.966	-	289	196	**3.020**	**0,30**
Na intrekken van TH1-TH2	352	-	3.816	441	381	**4.989**	**0,50**
Na intrekken van TV2-TH1	226	4.879	-	441	381	**5.928**	**0,59**
Na intrekken van TV1-TV2	35	-	6.502	730	868	**8.136**	**0,81**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	6.803	-	730	868	**8.402**	**0,84**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	431	115	-	-	-	**546**	**0,05**
Na intrekken van TV3-TV4	320	-	1.063	161	109	**1.652**	**0,17**
Na intrekken van TH2-TV3	316	1.092	-	161	109	**1.678**	**0,17**
Na intrekken van TH1-TH2	195	-	2.120	245	212	**2.772**	**0,28**
Na intrekken van TV2-TH1	126	2.711	-	245	212	**3.293**	**0,33**
Na intrekken van TV1-TV2	20	-	3.612	406	482	**4.520**	**0,45**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	3.780	-	406	482	**4.668**	**0,47**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **4.668 N (≈ 0,47 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	983	**0,31**
Na intrekken van TV3-TV4	2.974	**0,95**
Na intrekken van TH2-TV3	3.020	**0,96**
Na intrekken van TH1-TH2	4.989	**1,59**
Na intrekken van TV2-TH1	5.928	**1,89**
Na intrekken van TV1-TV2	8.136	**2,59**
Na intrekken van Intrede-TV1	8.402	**2,67**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm²]
TV3-TV4	105,00	57.290,43	**0,79**
TH1-TH2	200,00	30.077,48	**0,42**
TV1-TV2	105,00	57.290,43	**0,79**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{72.113,83}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	983	0,31	-	**0,31**
Na intrekken van TV3-TV4	2.974	0,95	0,79	**1,46**
Na intrekken van TH2-TV3	3.020	0,96	-	**0,96**
Na intrekken van TH1-TH2	4.989	1,59	0,42	**1,86**
Na intrekken van TV2-TH1	5.928	1,89	-	**1,89**
Na intrekken van TV1-TV2	8.136	2,59	0,79	**3,11**
Na intrekken van Intrede-TV1	8.402	2,67	-	**2,67**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,11 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	2,19	2,03	Zand	42,06	2,10	44,16	4,86
TV2	8,00	1,94	Zand	40,40	78,85	119,25	13,12
TH1	7,91	1,86	Zand	38,81	78,85	117,66	12,94
TH2	8,10	2,04	Zand	35,98	78,79	114,76	12,62
TV3	8,11	2,05	Zand	36,17	78,79	114,96	12,65
TV4	1,52	-	Zand	-	-	29,70	3,27

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	2,19	Grafiek ½ x II	5,79	0,64
TV2	8,00	Grafiek ½ x II	1,12	0,12
TH1	7,91	Grafiek ½ x II	1,14	0,13
TH2	8,10	Grafiek I	5,72	0,63
TV3	8,11	Grafiek I	5,71	0,63
TV4	1,52	Grafiek ½ x II	9,87	1,09

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	4,86	0,64	5,49	56,09(1)	**3,37**
TV2	✓	13,12	0,12	13,24	135,19(1)	**8,11**
TH1	✓	12,94	0,13	13,07	133,42(1)	**8,01**
TH2	✓	12,62	0,63	13,25	135,31(1)	**8,12**
TV3	✓	12,65	0,63	13,27	135,52(1)	**8,13**
TV4	✓	3,27	1,09	4,35	44,43(1)	**2,67**

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50{,}00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{16{,}67}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]
TV1	105,00	0,011	0,73
TV2	105,00	0,011	0,73
TH1	200,00	0,0059	0,38
TH2	200,00	0,0059	0,38
TV3	105,00	0,011	0,73
TV4	105,00	0,011	0,73

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 110 \cdot \frac{55{,}00}{16{,}67}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm²

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83{,}33}{100^3} = 0{,}0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81{,}25} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	2,19	2,03	**0,16**
TV2	8,00	1,94	**6,05**
TH1	7,91	1,86	**6,05**
TH2	8,10	2,04	**6,05**
TV3	8,11	2,05	**6,05**
TV4	1,52	1,99	**0,00**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 6{,}05 < 27{,}78 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	3,37	0,73	0,65	**2,66**
TV2	8,11	0,73	0,65	**5,75**
TH1	8,01	0,38	0,65	**5,45**
TH2	8,12	0,38	0,65	**5,53**
TV3	8,13	0,73	0,65	**5,76**
TV4	2,67	0,73	0,65	**2,21**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 5{,}76 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	0,79	0,65	**0,52**
TV2	0,00	0,00	0,79	0,65	**0,52**
TH1	0,00	0,00	0,42	0,65	**0,27**
TH2	0,00	0,00	0,42	0,65	**0,27**
TV3	0,00	0,00	0,79	0,65	**0,52**
TV4	0,00	0,00	0,79	0,65	**0,52**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0{,}52 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	4,86	0,64	1,24	**1,08**	1,08
TV2	13,12	0,12	1,24	**2,74**	2,74
TH1	12,94	0,13	0,65	**2,70**	2,70
TH2	12,62	0,63	0,65	**2,69**	2,69
TV3	12,65	0,63	1,24	**2,70**	2,70
TV4	3,27	1,09	1,24	**0,79**	0,79

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 50{,}00^3}{350 \cdot 83{,}33}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 100{,}00$ = **8,00** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 2{,}74 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	2,19	36,22	15,44	25,83	40,65	49,84
TV2	8,00	88,05	37,55	62,80	98,82	81,90
TH1	7,91	86,73	36,98	61,86	97,34	81,35
TH2	8,10	84,34	35,96	60,15	94,65	80,35
TV3	8,11	84,50	36,03	60,27	94,83	80,41
TV4	1,52	24,54	10,47	17,50	27,54	40,87

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	19,18	0,00077	0,0016	0,2989	0,56	**5,00**
TV2	31,53	0,0011	0,0605	0,2989	1,23	**11,05**
TH1	31,32	0,0011	0,0605	0,2989	1,21	**10,93**
TH2	30,93	0,0011	0,0605	0,2989	1,19	**10,70**
TV3	30,95	0,0011	0,0605	0,2989	1,19	**10,71**
TV4	15,73	0,00064	0,0000	0,2989	0,40	**3,62**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,85	0,04	2,17	0,23	**2,33**	0,03	**0,27**
TV2	0,70	0,02	8,07	0,55	**5,48**	0,10	**1,03**
TH1	0,70	0,03	8,07	0,54	**5,42**	0,11	**1,09**
TH2	0,71	0,04	8,07	0,53	**5,31**	0,12	**1,19**
TV3	0,71	0,04	8,07	0,53	**5,32**	0,12	**1,19**
TV4	0,76	0,18	1,54	0,15	**1,46**	0,05	**0,53**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{150}{2} = 75\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 89^2)} = 0{,}728\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}728}{(150 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(150 - 89)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	0,76	0,14	1,56	0,06	**0,62**	0,02(1)	**0,18**
TV3	2,37	0,06	8,08	0,53	**5,32**	0,10(1)	**0,96**
TH2	2,37	0,07	8,08	0,53	**5,31**	0,10(1)	**0,96**
TH1	2,35	0,07	8,08	0,54	**5,42**	0,10(1)	**0,99**
TV2	2,34	0,07	8,08	0,55	**5,48**	0,10(1)	**1,01**
TV1	1,09	0,13	2,19	0,12	**1,20**	0,03(2)	**0,27**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 313{,}37 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 313^2)} = 0{,}105 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 89^2)} = 1{,}092 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}105}{(500 - 313)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 313)} \right) \cdot (148{,}25 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 1{,}092}{(406{,}4 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 89)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,02	1,55
TV3	0,10	1,55
TH2	0,10	1,55
TH1	0,10	1,55
TV2	0,10	1,55
TV1	0,03	1,55

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

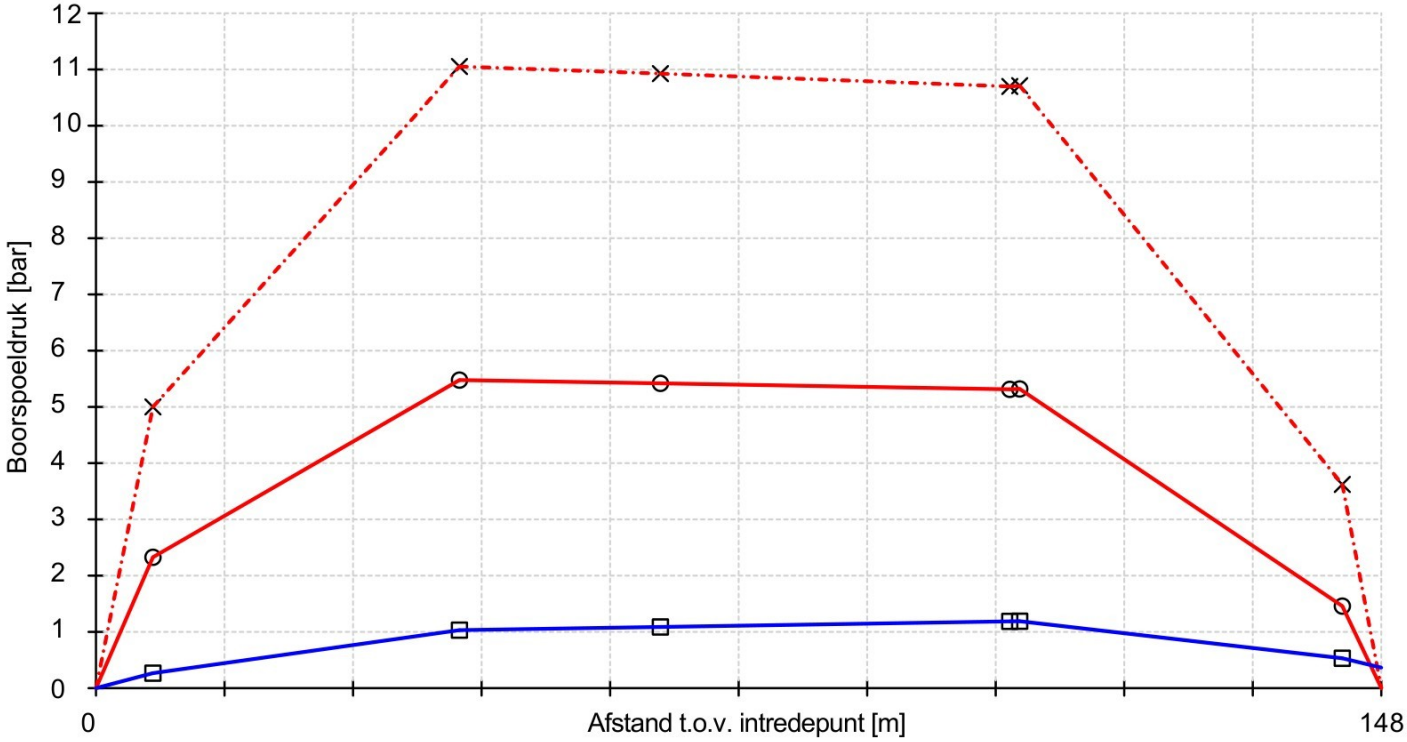
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 83{,}33}{100{,}00^3} = 1{,}55 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0{,}10 \leq 1{,}55 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

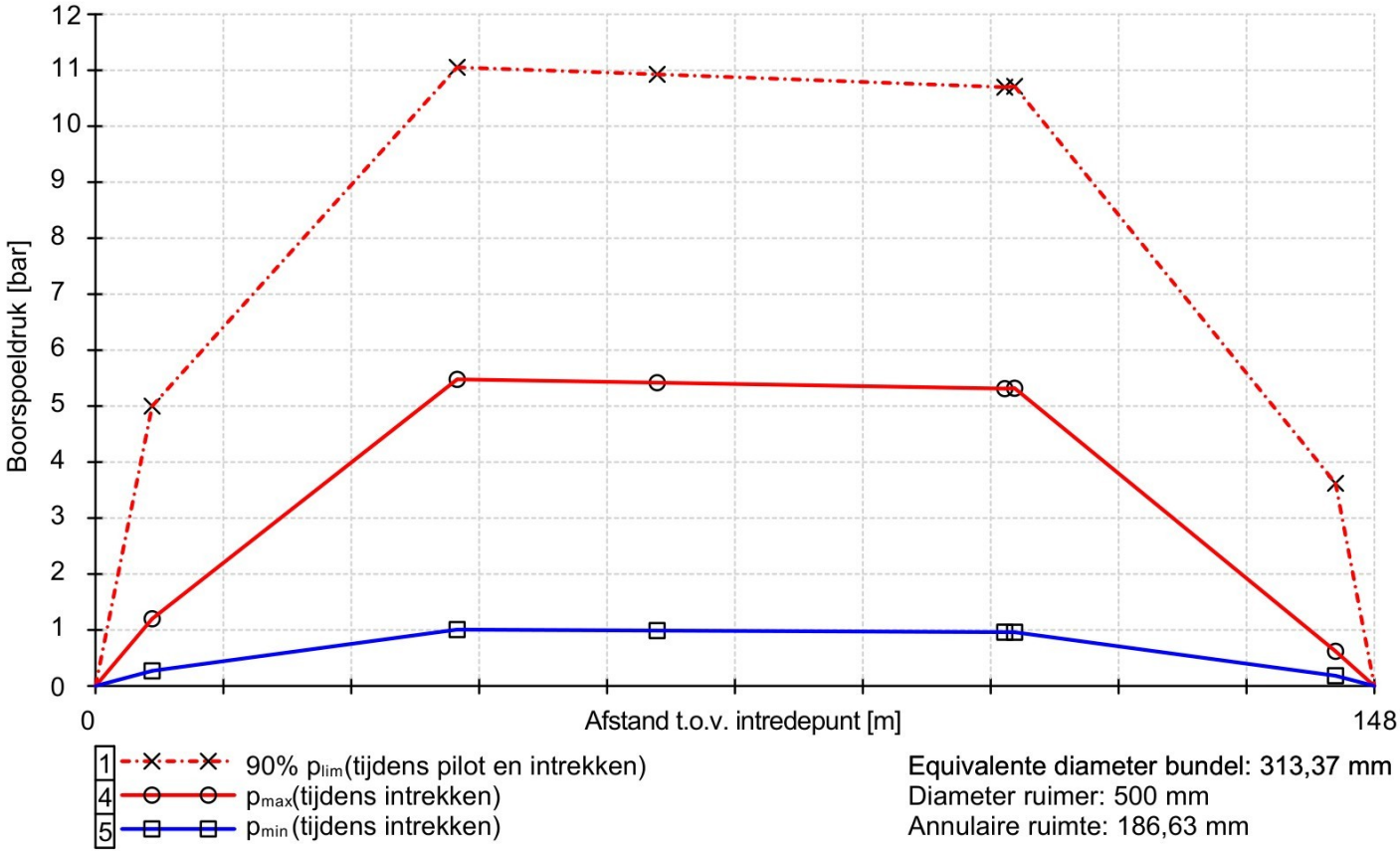
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 500 l/min)



Diameter boorstang: 89 mm
Diameter boorkop: 150 mm
Annulaire ruimte: 61 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 750 l/min)



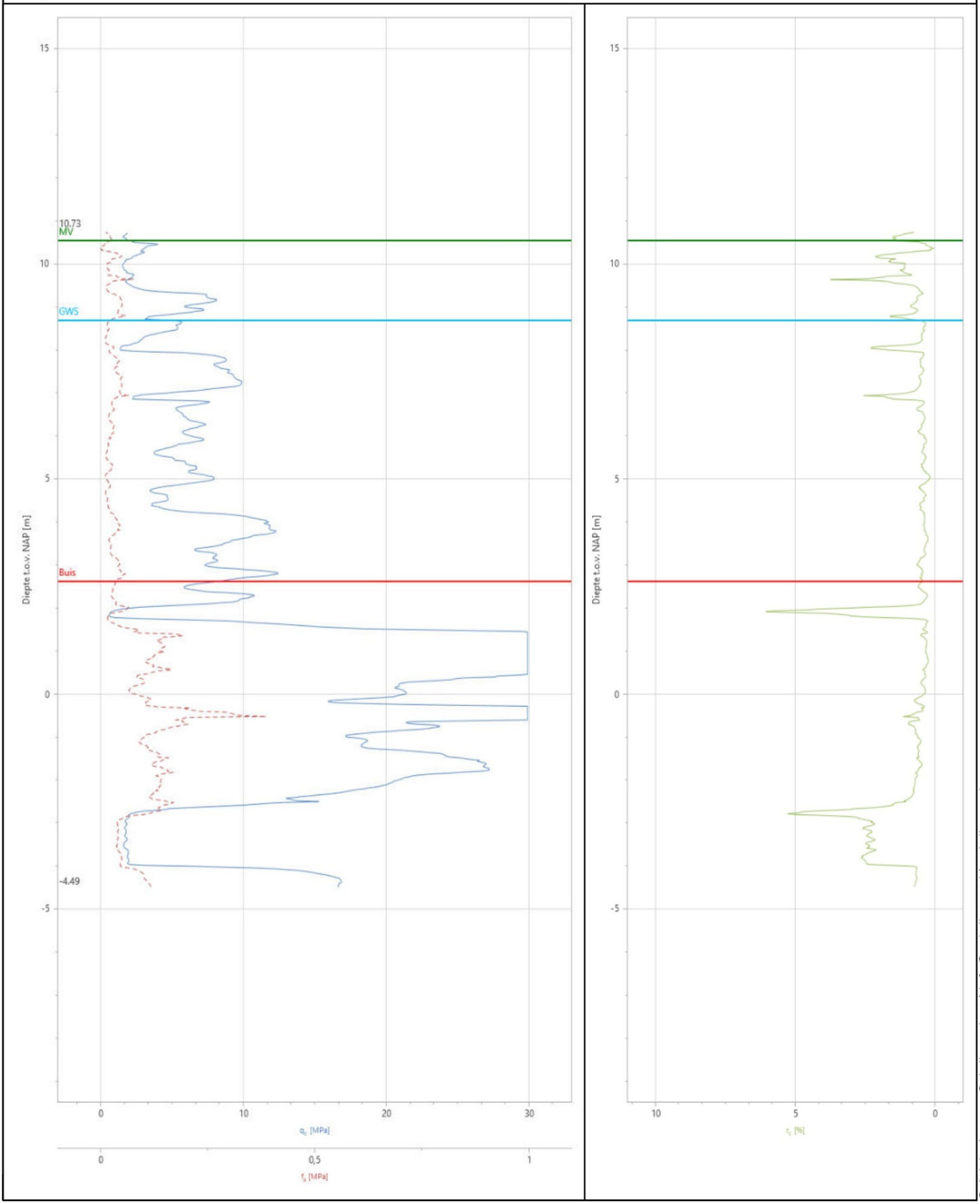
Equivalente diameter bundel: 313,37 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 186,63 mm

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

05

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 6x110 + 1x160

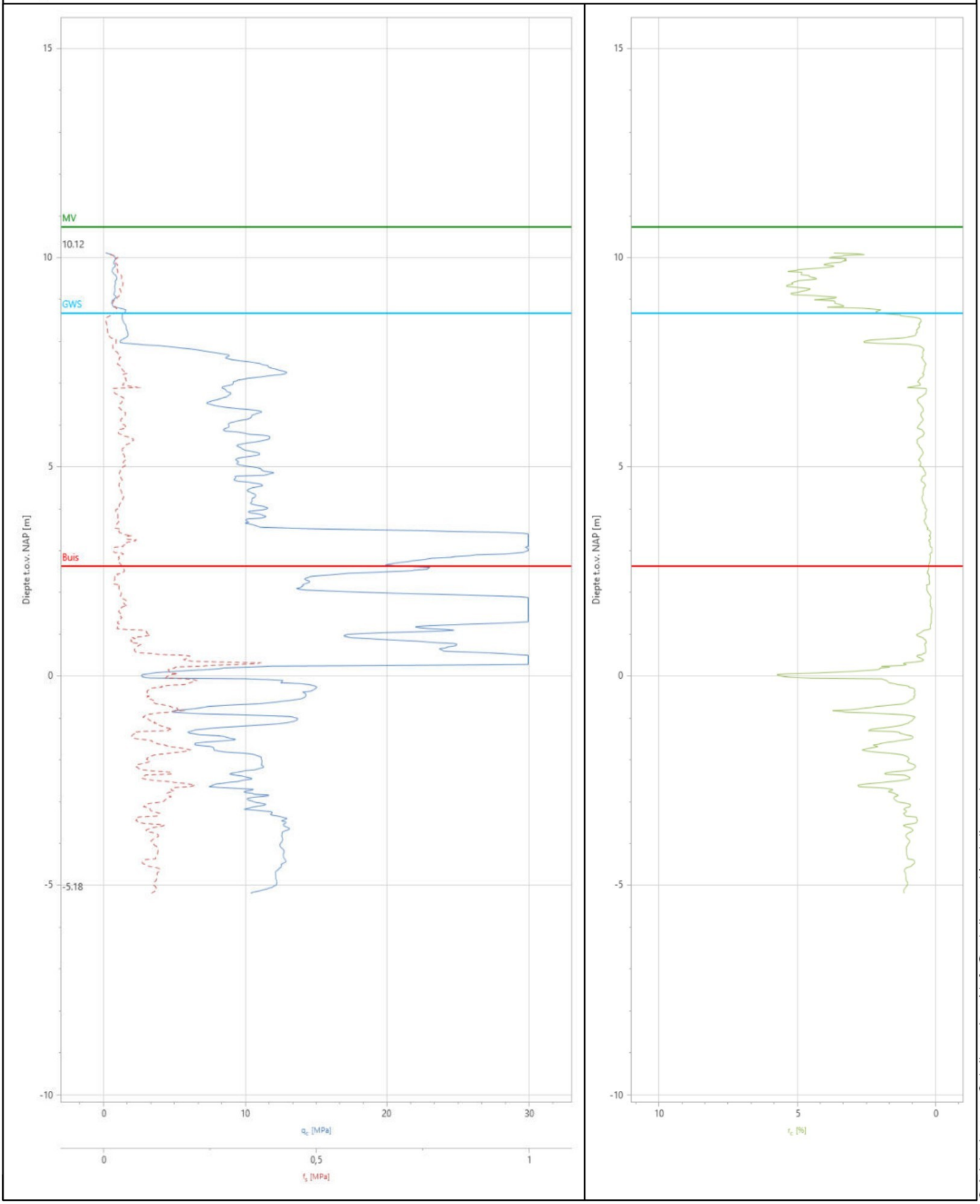


© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

03

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 6x110 + 1x160

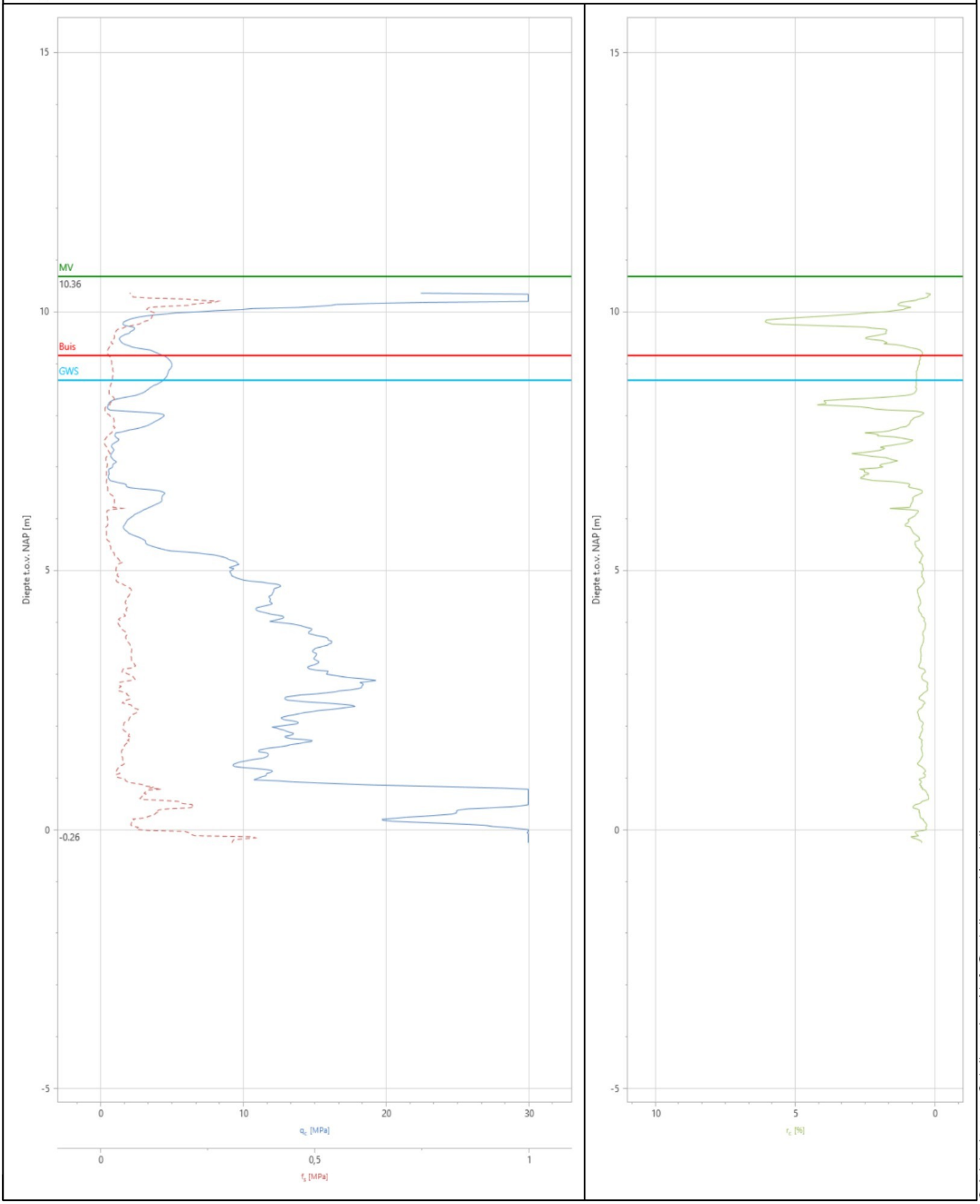


© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

04

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 6x110 + 1x160



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 1x160 + 6x110

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= 16,0·10^{-5}	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 148,25	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 146,16	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 19,29 / 35	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 20,30 / 36,99	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,70	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,72	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]
Intrede-TV1	6,57	6,20	6,57	6,20	-	-
TV1-TV2	35,35	34,69	41,92	40,89	105,00	-
TV2-TH1	23,18	23,18	65,10	64,07	-	-
TH1-TH2	40,30	40,30	105,40	104,37	-	200,00
TH2-TV3	1,13	1,13	106,54	105,51	-	-
TV3-TV4	37,21	36,44	143,75	141,94	105,00	-
TV4-Uittrede	4,50	4,22	148,25	146,16	-	-

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 89	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 150	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 500	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 500	mm
Equivalente diameter bundel	D_{eq}	= 313,37	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 750	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 7	

De bundelbuizen worden niet gekoppeld
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	6,57	2,19	2,03	Zand	18,87	21,00	35,00
TV2	41,92	8,00	1,94	Zand	18,91	20,93	35,00
TH1	65,10	7,91	1,86	Zand	19,01	20,93	35,00
TH2	105,40	8,10	2,04	Zand	16,01	20,92	35,00
TV3	106,54	8,11	2,05	Zand	16,02	20,92	35,00
TV4	143,75	1,52	-	Zand	17,72	-	35,00

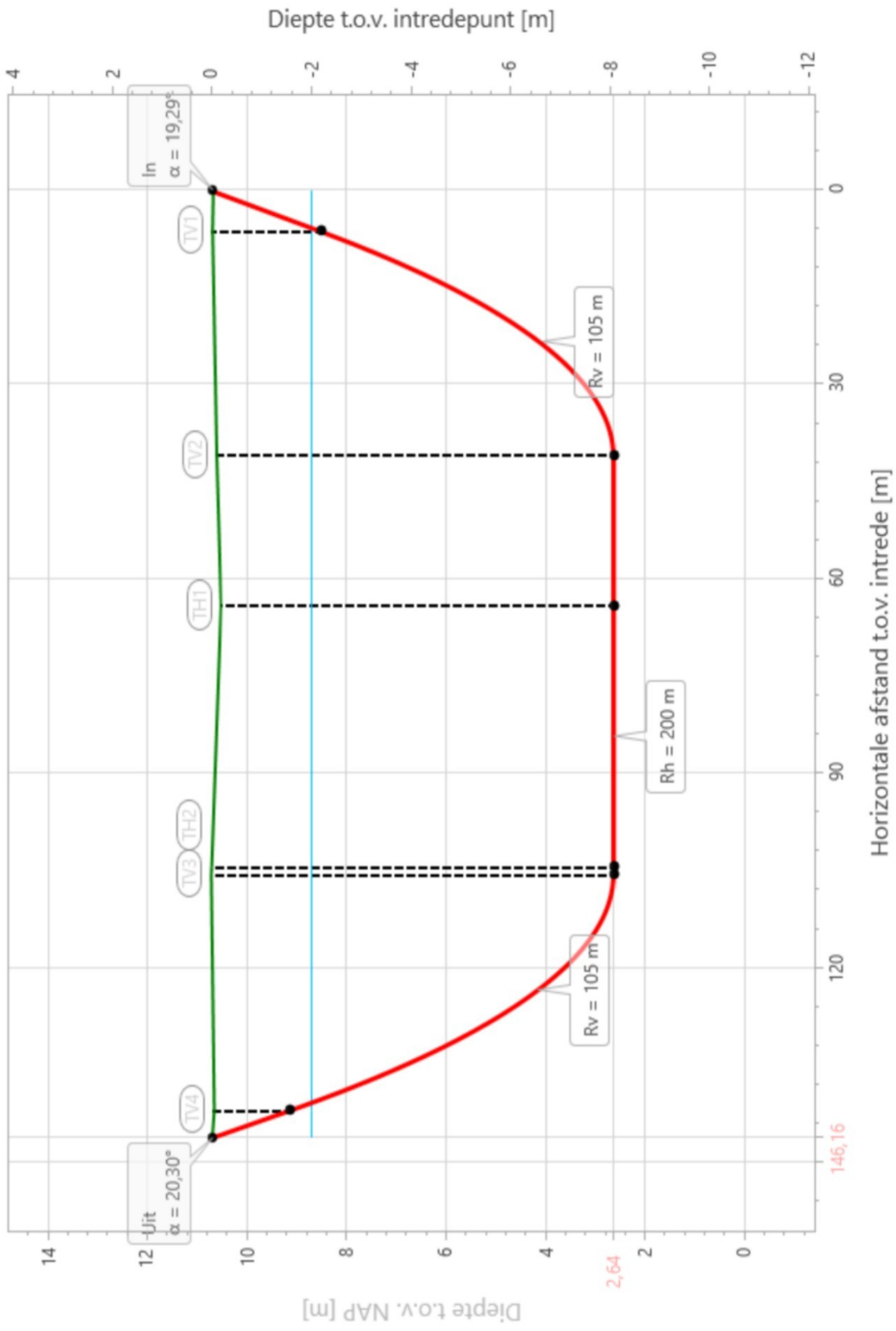
1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	05
TH2	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek I	03
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	04

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,8)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	148,25	**1.700**	**944**
Na intrekken van TV4-Uittrede	143,75	**1.648**	**916**
Na intrekken van TV3-TV4	106,54	**1.221**	**679**
Na intrekken van TH2-TV3	105,40	**1.208**	**671**
Na intrekken van TH1-TH2	65,10	**746**	**415**
Na intrekken van TV2-TH1	41,92	**481**	**267**
Na intrekken van TV1-TV2	6,57	**75**	**42**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,8)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.700	**0,25**
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.648	**0,25**
Na intrekken van TV3-TV4	1.221	**0,18**
Na intrekken van TH2-TV3	1.208	**0,18**
Na intrekken van TH1-TH2	746	**0,11**
Na intrekken van TV2-TH1	481	**0,07**
Na intrekken van TV1-TV2	75	**0,01**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669{,}10}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1{,}1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923{,}86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923{,}86}{222.522} = \mathbf{0{,}86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,25	**0,81**
Na intrekken van TV4-Uittrede	0,25	**0,80**
Na intrekken van TV3-TV4	0,18	**0,74**
Na intrekken van TH2-TV3	0,18	**0,74**
Na intrekken van TH1-TH2	0,11	**0,67**
Na intrekken van TV2-TH1	0,07	**0,63**
Na intrekken van TV1-TV2	0,01	**0,57**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot 0{,}86 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0{,}81 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Aantal buizen in de bundel n = 7

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,558$

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

55,8% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 280,38$ mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,0637$ N/mm[1]

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231$ N/mm[1]

Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,168$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,8)	T_{3a} [N] (f = 1,8)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV4-Uittrede	148,25	**385**	-	**214**	-
Na intrekken van TV3-TV4	143,75	-	**3.568**	-	**1.982**
Na intrekken van TH2-TV3	106,54	**3.665**	-	**2.036**	-
Na intrekken van TH1-TH2	105,40	-	**7.113**	-	**3.951**
Na intrekken van TV2-TH1	65,10	**9.096**	-	**5.053**	-
Na intrekken van TV1-TV2	41,92	-	**12.120**	-	**6.733**
Na intrekken van Intrede-TV1	6,57	**12.682**	-	**7.046**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (280,38 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (280,38 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV3-TV4 ..	75,00	114,96	80,41	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV3-TV4 ..	75,00	29,70	40,87	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH1-TH2 ..	75,00	117,66	81,35	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TH1-TH2 ..	75,00	114,76	80,35	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	44,16	49,84	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**
TV1-TV2 ..	75,00	119,25	81,90	0,2989	472,0	0,69	**0,00666**	**0,85145**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 30^o \cdot 80 = 41,89$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,8)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV3-TV4 (TV3)	105,00	-	0,016	2,62	**891**	**495**
TV3-TV4 (TV4)	105,00	-	0,016	2,62	**891**	**495**
TH1-TH2 (TH1)	-	200,00	0,0086	1,38	**468**	**260**
TH1-TH2 (TH2)	-	200,00	0,0086	1,38	**468**	**260**
TV1-TV2 (TV1)	105,00	-	0,016	2,62	**891**	**495**
TV1-TV2 (TV2)	105,00	-	0,016	2,62	**891**	**495**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758{,}07}{160 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV3-TV4	679	1.982	495	495	**3.156**
TH1-TH2	415	3.951	260	755	**5.121**
TV1-TV2	42	6.733	495	1.251	**8.026**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,8)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV3-TV4	10,15	3.156	**401**	**223**
TH1-TH2	5,77	5.121	**371**	**206**
TV1-TV2	9,65	8.026	**968**	**538**

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,8 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	1.648	385	-	-	-	**2.033**	**0,20**
Na intrekken van TV3-TV4	1.221	-	3.568	891	401	**6.081**	**0,61**
Na intrekken van TH2-TV3	1.208	3.665	-	891	401	**6.166**	**0,62**
Na intrekken van TH1-TH2	746	-	7.113	1.359	771	**9.990**	**1,00**
Na intrekken van TV2-TH1	481	9.096	-	1.359	771	**11.707**	**1,17**
Na intrekken van TV1-TV2	75	-	12.120	2.251	1.740	**16.186**	**1,62**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	12.682	-	2.251	1.740	**16.672**	**1,67**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV4-Uittrede	916	214	-	-	-	**1.129**	**0,11**
Na intrekken van TV3-TV4	679	-	1.982	495	223	**3.379**	**0,34**
Na intrekken van TH2-TV3	671	2.036	-	495	223	**3.425**	**0,34**
Na intrekken van TH1-TH2	415	-	3.951	755	429	**5.550**	**0,55**
Na intrekken van TV2-TH1	267	5.053	-	755	429	**6.504**	**0,65**
Na intrekken van TV1-TV2	42	-	6.733	1.251	966	**8.992**	**0,90**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	7.046	-	1.251	966	**9.262**	**0,93**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **9.262 N (≈ 0,93 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.033	**0,30**
Na intrekken van TV3-TV4	6.081	**0,91**
Na intrekken van TH2-TV3	6.166	**0,92**
Na intrekken van TH1-TH2	9.990	**1,50**
Na intrekken van TV2-TH1	11.707	**1,76**
Na intrekken van TV1-TV2	16.186	**2,43**
Na intrekken van Intrede-TV1	16.672	**2,50**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm²]
TV3-TV4	105,00	257.136,51	**1,16**
TH1-TH2	200,00	134.996,67	**0,61**
TV1-TV2	105,00	257.136,51	**1,16**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521,98}$$

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm²]	σ_b [N/mm²]	σ_a [N/mm²]
Na intrekken van TV4-Uittrede	2.033	0,30	-	**0,30**
Na intrekken van TV3-TV4	6.081	0,91	1,16	**1,66**
Na intrekken van TH2-TV3	6.166	0,92	-	**0,92**
Na intrekken van TH1-TH2	9.990	1,50	0,61	**1,89**
Na intrekken van TV2-TH1	11.707	1,76	-	**1,76**
Na intrekken van TV1-TV2	16.186	2,43	1,16	**3,18**
Na intrekken van Intrede-TV1	16.672	2,50	-	**2,50**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm²

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,18 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	2,19	2,03	Zand	42,06	2,10	44,16	7,07
TV2	8,00	1,94	Zand	40,40	78,85	119,25	19,08
TH1	7,91	1,86	Zand	38,81	78,85	117,66	18,83
TH2	8,10	2,04	Zand	35,98	78,79	114,76	18,36
TV3	8,11	2,05	Zand	36,17	78,79	114,96	18,39
TV4	1,52	-	Zand	-	-	29,70	4,75

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	2,19	Grafiek ½ x II	5,78	0,93
TV2	8,00	Grafiek ½ x II	1,12	0,18
TH1	7,91	Grafiek ½ x II	1,14	0,18
TH2	8,10	Grafiek I	5,72	0,92
TV3	8,11	Grafiek I	5,71	0,91
TV4	1,52	Grafiek ½ x II	9,86	1,58

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	7,07	0,93	7,99	118,62(1)	**3,34**
TV2	✓	19,08	0,18	19,26	285,92(1)	**8,05**
TH1	✓	18,83	0,18	19,01	282,17(1)	**7,94**
TH2	✓	18,36	0,92	19,28	286,17(1)	**8,05**
TV3	✓	18,39	0,91	19,31	286,61(1)	**8,07**
TV4	✓	4,75	1,58	6,33	93,95(1)	**2,64**

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm²]	σ_{qr} [N/mm²]
TV1	105,00	0,016	1,06
TV2	105,00	0,016	1,06
TH1	200,00	0,0086	0,56
TH2	200,00	0,0086	0,56
TV3	105,00	0,016	1,06
TV4	105,00	0,016	1,06

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}179 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm²

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m²

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	2,19	2,03	**0,16**
TV2	8,00	1,94	**6,05**
TH1	7,91	1,86	**6,05**
TH2	8,10	2,04	**6,05**
TV3	8,11	2,05	**6,05**
TV4	1,52	1,99	**0,00**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 6{,}05 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	3,34	1,06	0,65	**2,86**
TV2	8,05	1,06	0,65	**5,92**
TH1	7,94	0,56	0,65	**5,52**
TH2	8,05	0,56	0,65	**5,60**
TV3	8,07	1,06	0,65	**5,93**
TV4	2,64	1,06	0,65	**2,41**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 5{,}93 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	1,16	0,65	**0,75**
TV2	0,00	0,00	1,16	0,65	**0,75**
TH1	0,00	0,00	0,61	0,65	**0,39**
TH2	0,00	0,00	0,61	0,65	**0,39**
TV3	0,00	0,00	1,16	0,65	**0,75**
TV4	0,00	0,00	1,16	0,65	**0,75**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t$ = **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0{,}75 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	7,07	0,93	2,62	**1,55**	1,07
TV2	19,08	0,18	2,62	**3,94**	2,71
TH1	18,83	0,18	1,38	**3,88**	2,67
TH2	18,36	0,92	1,38	**3,86**	2,66
TV3	18,39	0,91	2,62	**3,87**	2,66
TV4	4,75	1,58	2,62	**1,14**	0,78

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + \tfrac{1}{2} \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 72{,}70^3}{350 \cdot 259{,}34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 145{,}40$ = **11,63** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 3{,}94 \leq 11{,}63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m²]	σ_{hor} [kN/m²]	σ_o' [kN/m²]	p'_f [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [MN/m²]
TV1	2,19	36,22	15,44	25,83	40,65	49,84
TV2	8,00	88,05	37,55	62,80	98,82	81,90
TH1	7,91	86,73	36,98	61,86	97,34	81,35
TH2	8,10	84,34	35,96	60,15	94,65	80,35
TV3	8,11	84,50	36,03	60,27	94,83	80,41
TV4	1,52	24,54	10,47	17,50	27,54	40,87

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	19,18	0,00077	0,0016	0,2989	0,56	**5,00**
TV2	31,53	0,0011	0,0605	0,2989	1,23	**11,05**
TH1	31,32	0,0011	0,0605	0,2989	1,21	**10,93**
TH2	30,93	0,0011	0,0605	0,2989	1,19	**10,70**
TV3	30,95	0,0011	0,0605	0,2989	1,19	**10,71**
TV4	15,73	0,00064	0,0000	0,2989	0,40	**3,62**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	0,85	0,04	2,17	0,23	**2,33**	0,03	**0,27**
TV2	0,70	0,02	8,07	0,55	**5,48**	0,10	**1,03**
TH1	0,70	0,03	8,07	0,54	**5,42**	0,11	**1,09**
TH2	0,71	0,04	8,07	0,53	**5,31**	0,12	**1,19**
TV3	0,71	0,04	8,07	0,53	**5,32**	0,12	**1,19**
TV4	0,76	0,18	1,54	0,15	**1,46**	0,05	**0,53**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{150}{2} = 75\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^{\,2}}{R_{p,max}} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 89^2)} = 0{,}728\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}728}{(150 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(150 - 89)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
TV4	0,76	0,14	1,56	0,06	**0,62**	0,02(1)	**0,18**
TV3	2,37	0,06	8,08	0,53	**5,32**	0,10(1)	**0,96**
TH2	2,37	0,07	8,08	0,53	**5,31**	0,10(1)	**0,96**
TH1	2,35	0,07	8,08	0,54	**5,42**	0,10(1)	**0,99**
TV2	2,34	0,07	8,08	0,55	**5,48**	0,10(1)	**1,01**
TV1	1,09	0,13	2,19	0,12	**1,20**	0,03(2)	**0,27**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_{o;i}^2} = 313{,}37 \text{ mm}$$

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 313^2)} = 0{,}105 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{750}{1/4 \cdot \pi \cdot (500^2 - 89^2)} = 1{,}092 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_{eq})} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}105}{(500 - 313)^2} + \frac{13{,}4}{(500 - 313)} \right) \cdot (148{,}25 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 1{,}092}{(406{,}4 - 89)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 89)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
TV4	0,02	1,57
TV3	0,10	1,57
TH2	0,10	1,57
TH1	0,10	1,57
TV2	0,10	1,57
TV1	0,03	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1{,}5$

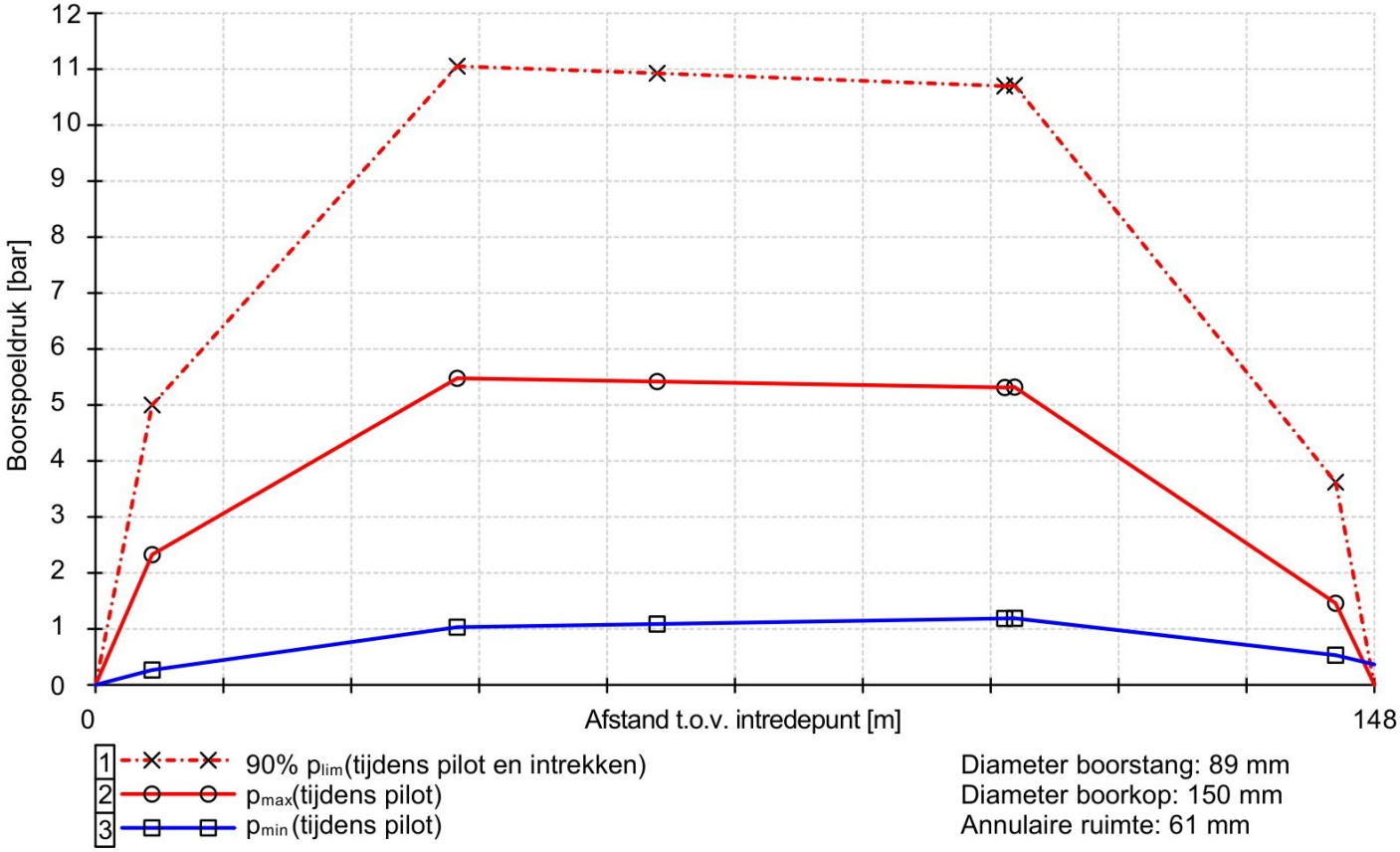
$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1{,}5 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 1{,}57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0{,}10 \leq 1{,}57 \rightarrow$ Voldoet

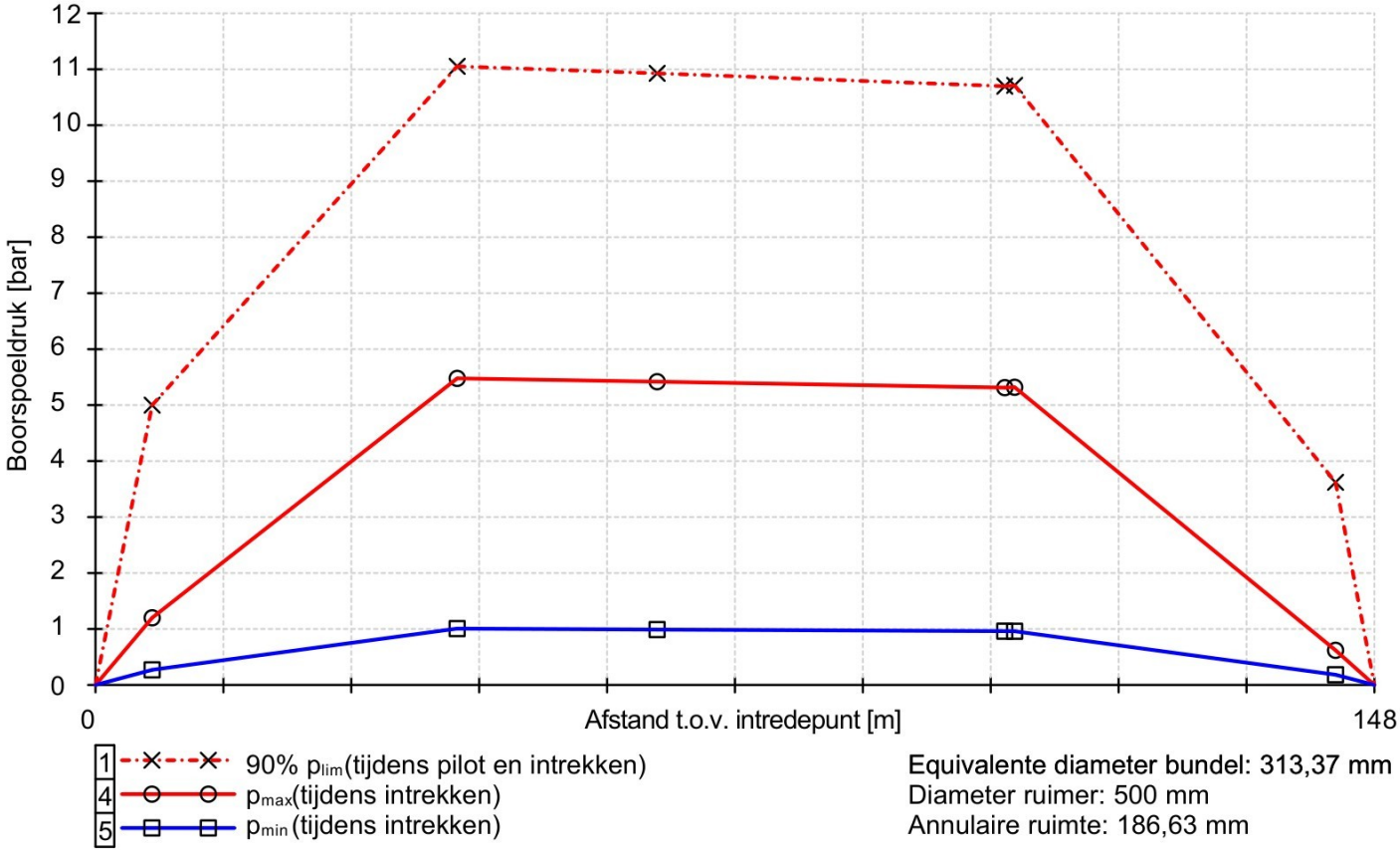
© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 500 l/min)



Diameter boorstang: 89 mm
Diameter boorkop: 150 mm
Annulaire ruimte: 61 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 750 l/min)



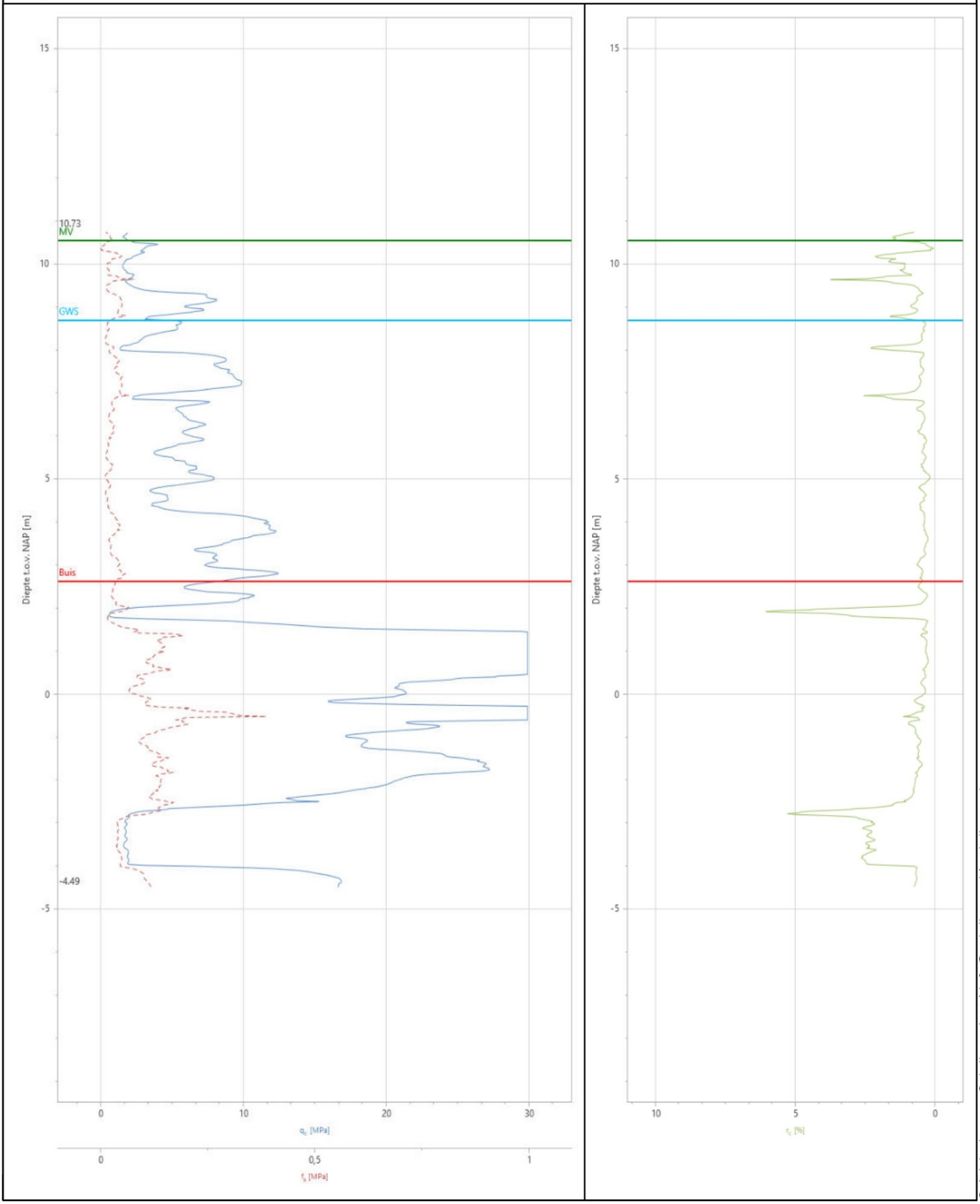
Equivalente diameter bundel: 313,37 mm
Diameter ruimer: 500 mm
Annulaire ruimte: 186,63 mm

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

05

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 1x160 + 6x110

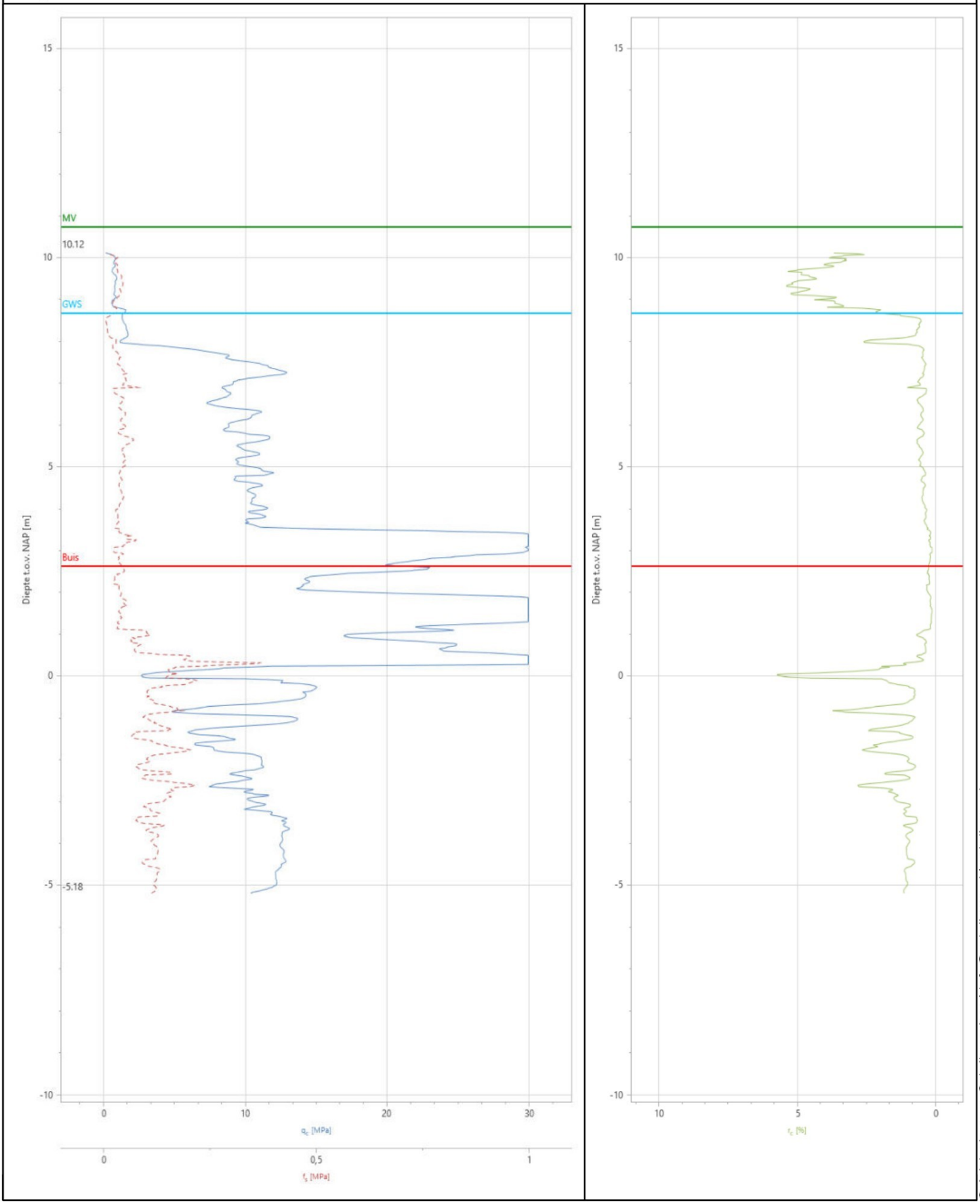


© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

03

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 1x160 + 6x110

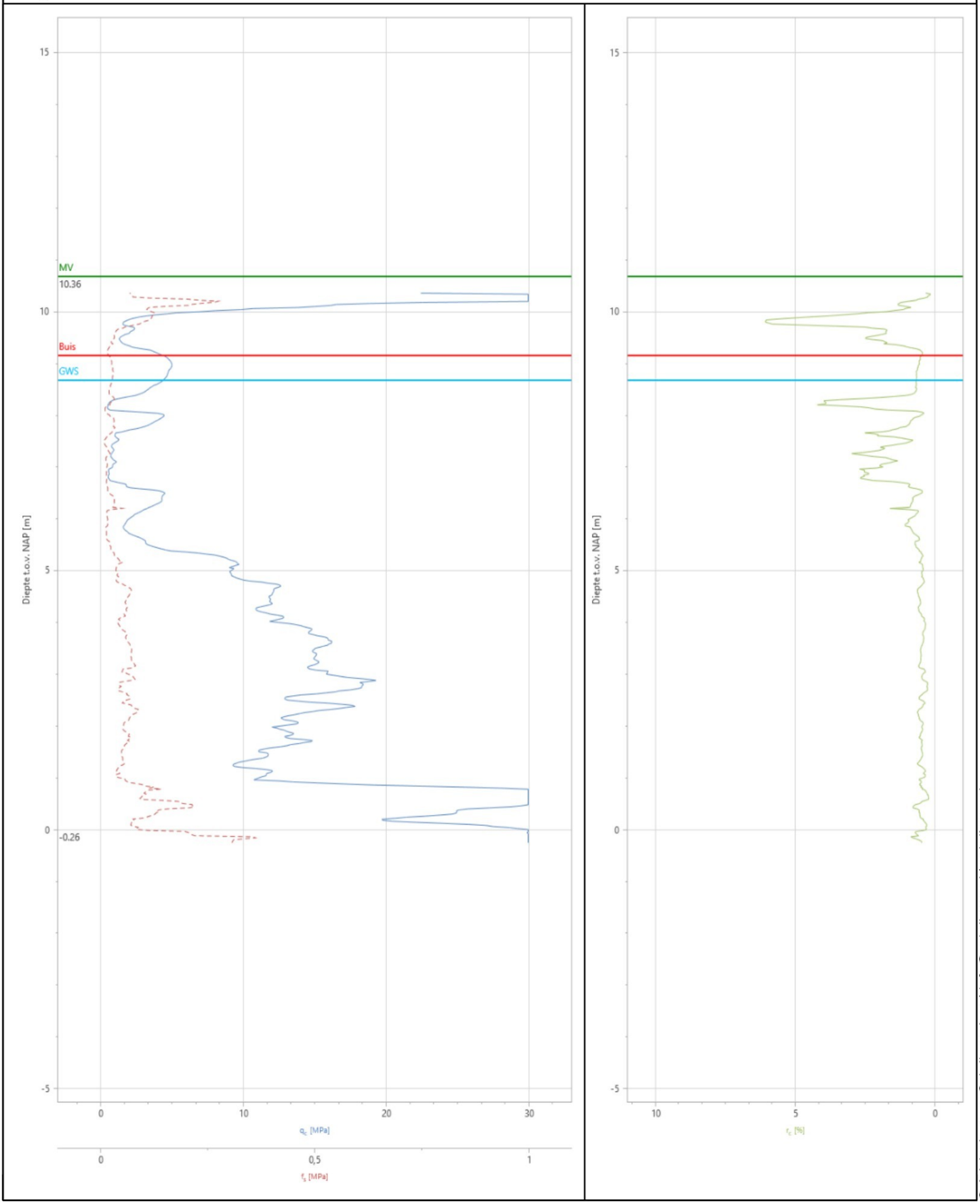


© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

04

Naam van het project : B4007
Projectonderdeel : 22T - 1x160 + 6x110



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

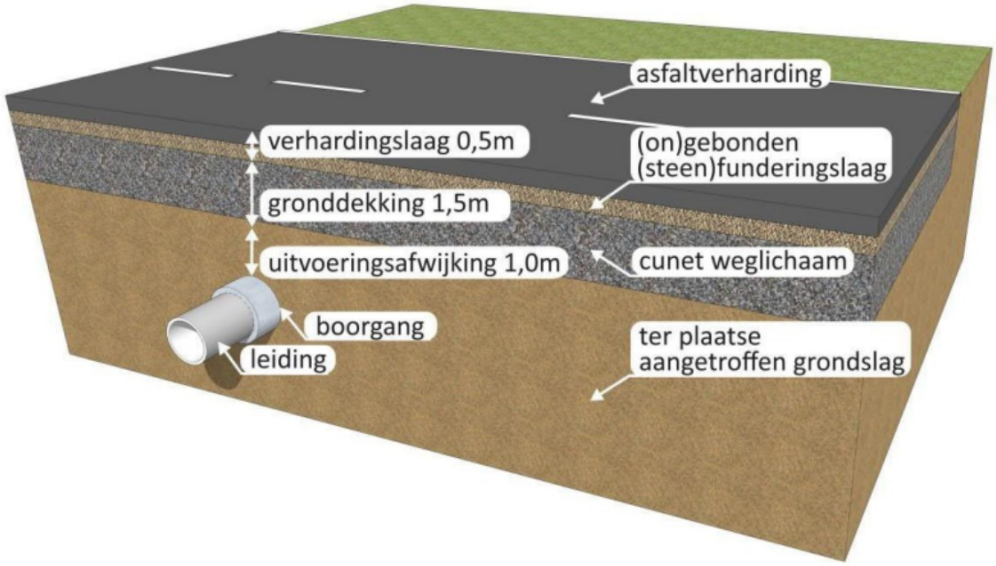
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 8: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 30-03-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.1.2503
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4007, langs tracé B4007

Boringtype: Bundel
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: 1x SDR 11 (160mm); 6x SDR 11 (110mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 75.00m
Controlepunten: 1
Ontwerpmethode: Parametrisch
Boorrichting is tegenovergesteld aan tracérichting.

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 156.16m
Locatie: 192479.30,432901.14,10.70

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 10.00m
Locatie: 192363.30,432989.10,10.72

Te boren lengte: 148.25m

Intredelengte: 6.57m
Intredehoek: -35.00%
Intredeboogradius: 105.00m
Lengte midden: 64.62m
Hoek midden: -0.00%
Uittredeboogradius: 105.00m
Uittredelengte: 4.50m
Uittredehoek: 37.00%

Ontwerpboring bevat geen gecombineerde bogen.

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 6.00m
Opgegeven intredehoek: -35.00%
Opgegeven radius intredeboog: 105.00m
Opgegeven minimum lengte midden: 0.00m
Opgegeven middenhoek: 0.00%
Opgegeven radius uittredeboog: 105.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 4.50m
Opgegeven uittredehoek: 37.00%

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten.

BOORPLAN HORIZONTAAL GESTUURDE BORING

WP 4 Wijchen

Project:	WP 4 Wijchen
Locatie:	Langstraat 229, Gendt
Opdrachtgever:	Van Voskuilen Infratechniek BV
Vergunninghouder:	Liander
Projectnummer:	25/20843
Kenmerk opdrachtgever:	297277-WP4
Documentnummer:	25/10052
Versie:	1.0
Status:	Definitief

Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Paraaf
[redacted]	[redacted]	10 april 2026	APPROVED

Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17, 5431 NN Cuijk
Postbus 176, 5430 AD Cuijk

T 0485 745 040
E info@hollanddrilling.nl
W www.hollanddrilling.nl

KvK: 67002706
BTW: NL856789409B01
IBAN: NL30 INGB 0007 3611 51

INHOUDSOPGAVE

Versiebeheer **4**

1. Inleiding **5**

2. Projectspecificaties **6**

2.1. Samenvatting boring *6*

2.2. Specificaties buismateriaal *6*

3. Situatiebeschrijving **7**

3.1. Locatie intredepunt *7*

3.2. Locatie uittredepunt *7*

3.3. Omvang en indeling werkterrein *8*

3.4. Uitleg- en laslocatie *8*

3.5. Verkeersmaatregelen *8*

3.6. Bereikbaarheid verkeer *8*

3.7. Hulpdiensten *8*

4. Werkmethode **9**

4.1. Algemene werkomschrijving *9*

4.2. Voorbereidende werkzaamheden *9*

4.3. Stappen tijdens uitvoering *9*

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase *9*

4.5. Stappen na uitvoering *9*

4.6. Registratie boorgegevens *10*

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring *10*

5. Materieel **11**

5.1. Boorrig *11*

5.2. Overig materieel *11*

5.3. Boorspoeling *12*

5.4. Meetsysteem *12*

6. Boorontwerp **13**

6.1. Bestaande kabels en leidingen *13*

7. Berekeningen **14**

7.1. Geotechnisch grondonderzoek *14*

7.2. Grondwaterstand *15*

7.3. Theoretische trekkracht *15*

7.4. Boorspoeldrukken *16*

8. Planning en personeel **17**

9. Risicobeheersing **18**

9.1. Inzicht in bestaande K&L *18*

9.2. Uitvoeringstechnische risico's *18*

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding *18*

9.4. Blow-out *18*

Bijlage 1: Ontwerptekening(en) **19**

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek **20**

Bijlage 3: Specificaties boorrig **21**

Bijlage 3: Specificaties boorrig Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening **22**

Bijlage 5: Certificaat bentoniet **23**

Bijlage 6: Boorstaat **24**

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken **25**

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring **27**

Versiebeheer

Versie:	Auteur:	Gecontroleerd door:	Datum:	Wijziging(en):
1.0	[redacted]	[redacted]	14 april 2026	n.v.t.

1. Inleiding

Van Voskuilen Infratechniek B.V. heeft Holland Drilling B.V. opdracht gegeven voor de engineering en uitvoering van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit project is onderdeel van de aanleg van een middenspanning tracé in Bemmel bestemd voor netbeheerder Liander. Op verzoek van Van Voskuilen zal er 1 Ø160 mm HDPE mantelbuizen worden ingetrokken ten behoeve van de doorvoer van middenspanningskabels.

Om dit te kunnen realiseren zal Holland Drilling B.V. diverse gestuurde boringen uitvoeren langs en onder de provinciale weg N839, km 5.25 t/m 9.0.

Holland Drilling B.V. heeft vooraf een boorplan opgesteld, waarmee de benodigde vergunning(en) aangevraagd kunnen worden bij de betrokken vergunningverlenende instanties. Het boorplan bevat toelichting over onder andere het boorontwerp, werkmethode en de te bereiken kwaliteit.



Figuur 1: boorlocatie (N839 km 9.0 Gendt)

2. Projectspecificaties

2.1. Samenvatting boring

Opdrachtgever	Van Voskuilen Infratechniek B.V.
Vergunninghouder	Liander
Gemeente	Gendt
Exacte locatie	Langstraat 229
Planning uitvoering	2026
Tekeningnummer	25-20843-01B-P-B4013
Boornummer	B4013
KLIC-nummer	25O0167171
Aantal boringen	1 stuks
Boorlengte	207 meter
Maximale diepte buis	16.7 meter -MV / -5.41 m NAP
Diameter/materiaal buis	1 xØ160 mm HDPE SDR11 (mantelbuizen)
Ruimer	Conisch/flycutter Ø 220 mm
Meetsysteem	Walk-over

2.2. Specificaties buismateriaal

Onderstaande gegevens hebben betrekking op de in te voeren buis/buizen. Het in te voeren product of medium is hierin buiten beschouwing gelaten.

Materiaal	HDPE (PE100)
Klasse	SDR11
Diameter	Ø160 mm
Wanddikte	14.5 mm
Aantal buizen	1 stuk
Max. toelaatbare treksterkte	66.7 kN (=6.7 ton)
Diameter bundel	nvt

Het intrekken van de buis geschiedt vanaf een haspel.

Keurmerk
De toegepaste PE-leiding wordt door Holland Drilling B.V. geleverd en is voorzien van een keurmerk. Het keurmerk wordt door de leverancier van de PE-leiding gegarandeerd en kan indien gewenst geleverd worden.

3. Situatiebeschrijving

3.1. Locatie intredepunt



Figuur 2: Situatie intredepunt (Langstraat 229 Gendt)

3.2. Locatie uittredepunt



Figuur 3: Situatie uittredepunt (Langstraat 223 Gendt)

3.3. Omvang en indeling werkterrein

Voor het realiseren van de boring(en) wordt van een midi-rig opstelling gebruik gemaakt. Ervaringsgewijs kan met een opstellocatie van 400 m² worden volstaan. De benodigde ruimte voor een midi-rig bedraagt bij het intrede punt circa 250 m² (inclusief bijhorende werkplaats en mudset). Plaatsing van apparatuur aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. Bij het uittredepunt kan worden volstaan met een ruimte van circa 100 m^2 excl. benodigde ruimte voor het uitleggen van de in te brengen leidingen. Zowel in- als uittredepunt dienen goed bereikbaar zijn (zwaar verkeer). Hierbij worden rijplaten toegepast.

3.4. Uitlegstrook

De buizen worden achter het uittredepunt op rollenstellen vooraf uitgelegd.

3.5. Verkeersmaatregelen

Het in- en uittredepunt bevindt zich dichtbij de wegverharding. Ten behoeve van het plaatsen van de rollenstellen en het uitleggen van de buizen dient een halve rijbaan te worden afgezet. Maar ook voor opstellen van een zuigwagen en werkruimte rondom de boorrig en intrede dient een halve rijbaan te worden afgezet. Tevens dient de berm te worden voorzien van rijplaten. Vanuit veiligheidsoogpunt kan een verkeersregelaar worden ingezet. De opdrachtgever stelt een verkeersplan op.

3.6. Bereikbaarheid verkeer

- Er is een halve rijbaan beschikbaar om het doorgaande verkeer te laten passeren.
- Fietsers worden omgeleid i.v.m. het opstellen van de boorrig en de werkzaamheden rondom.

3.7. Hulpdiensten

- Hulpdiensten kunnen gebruikmaken van de beschikbare rijbaan.

4. Werkmethode

4.1. Algemene werkomschrijving

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit drie delen, een pilotboring, één of meerdere ruimgangen en het intrekken van de leidingen. Bij de pilotboring wordt vanaf het intredepunt naar het uittredepunt geboord. In het uittredepunt wordt de ruimer bevestigt en kan het ruimen starten. Indien de in te voeren leiding klein genoeg is dan kan deze meteen worden meegetrokken. De leidingen worden bevestigd aan een swivel zodat voorkomen wordt dat de leidingen gaan draaien. Indien er meerdere ruimgangen nodig zijn worden bij de laatste ruimgang de leidingen meegetrokken.

4.2. Voorbereidende werkzaamheden

Voordat men kan starten met de uitvoering dienen eerst de volgende punten te zijn doorlopen.

- Er dient een bezoek gebracht te worden aan de locatie. Zo kan men de toegankelijkheid bepalen, welke machine er ingezet kan worden, hoe groot het werkterrein moet worden en wat de standplaats wordt van de machine. De standplaats van de machine bepaalt het boorgat voor het intredepunt.
- De bestaande kabels en leidingen dienen opgezocht te worden door middel van een KLIC melding en/ of door het graven van proefsleuven.
- Indien mogelijk dienen de boorgaten klaar te liggen voordat er met boren wordt begonnen.
- De boorploeg is op de hoogte van de gegevens in dit rapport en de situatie ter plaatse door middel van tekeningen en/of eventuele foto's.

4.3. Stappen tijdens uitvoering

- De werkzaamheden beginnen met het aanvoeren van de boormachine op de boorlocatie.
- Er dient een kick-off meeting plaats te vinden waarin de laatste zaken worden besproken omtrent de horizontaal gestuurde boring.
- Waar nodig verkeersmaatregelen treffen volgens de C.R.O.W. richtlijnen.
- Ligging van de kabels en leidingen opzoeken.
- Indien dit nog nodig is het ontgraven van het in- en uittredepunt.
- Het uitvoeren van de pilotboring.
- Tijdens de uitvoering van de pilotboring de boorkop volgen met een walk-over meetsysteem en de wijzigingen noteren op een boorstaat.
- Hoeveelheid te gebruiken bentoniet is afhankelijk van de voortgang van de boring. De boormeester voert hiervoor tijdens het boren metingen uit.
- De druk en hoeveelheid boorspoeling wordt door de boormeester/machinist afgelezen van de meters op de machine. Deze waarden worden genoteerd in een logboek.
- Na de pilotboring het boorgat ruimen met één ruimgang.
- Na de laatste ruimgang de betreffende buis intrekken.
- Machine en materiaal opruimen en afvoeren.
- Bentoniet boorspoeling afvoeren.

Indien er zich wijzigingen voordoen waardoor de horizontaal gestuurde boring veranderd ten opzichte van het rapport, wordt dit schriftelijk vastgelegd door de boorploeg.

4.4. Buizen vullen tijdens intrekfase

Volgens de sterkteberekening, uitgevoerd door Sigma, voldoet de boring aan de eisen op spanning. De booraannemer kan ervoor kiezen om de buizen te vullen met water, zodat de benodigde trekkracht en de optredende spanningen in de buizen worden gereduceerd.

4.5. Stappen na uitvoering

- De ontwerpafdeling krijgt van de boorploeg de boorgegevens en eventuele wijzigingen retour en verwerkt dit in een revisietekening.
- De opgestelde revisietekening wordt aan de opdrachtgever verstrekt.

4.6. Registratie boorgegevens

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding zal een aantal gegevens, zoals de positie van de boorkop, op vastgestelde afstanden opgemeten en geregistreerd worden in een logboek. Dit logboek is toegevoegd in dit rapport *(zie bijlage 6)*.

Tevens registreert de boormeester de intrede- en uittredehoek in procenten en de volgende gegevens tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding:

- Duwkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Trekkracht aan de boorinstallatie (kN)
- Rotatie aan de boorinstallatie (rpm)
- Pomp opbrengst aan de boorinstallatie (l/min)
- Pompdruk aan de boorinstallatie (bar)

De geregistreerde gegevens van de boorploeg worden door de ontwerpafdeling verwerkt in de revisie. Alle gegevens worden bij Holland Drilling B.V. gearchiveerd. Bovendien zal er een kopie van de revisie naar de opdrachtgever verstuurd worden.

4.7. Toelaatbare afwijkingen boring

De toelaatbare afwijking van de boring is conform afwijkingen richtlijn Boortechnieken (juni 2019-v1.0), welke als **bijlage 7** is opgenomen in dit rapport.

Tijdens het boren kunnen heel gemakkelijk kleine afwijkingen in de boorlijn optreden, bijvoorbeeld na 25 m1 ca. 0,25 m rechts van de boorlijn. De surveyor zal deze afwijking voorzichtig corrigeren door naar links te sturen. Bij een dergelijke boring kan het zo zijn dat de afwijking eerst nog iets groter wordt bijvoorbeeld 0,75 meter voordat de boring terug op de geprojecteerde lijn komt. Deze geringe afwijking wordt uiteraard in de revisie meegenomen. Als een afwijking te groot wordt zal contact worden opgenomen met de opdrachtgever.
Als er sterk gestuurd wordt om de afwijkingen minimaal te houden, geeft dit een kwalitatief mindere boring dan dat er iets grotere afwijkingen geaccepteerd worden (extra spanningen in de leiding). Dit geldt ook in verticale zin.

Bij de toepassing van een gyroscoop meetsysteem (alleen mogelijk bij een boorrig vanaf 22T en als de benodigde radiussen in de ontwerp boorlijnen zijn toegepast) zal de afwijking minder zijn dan 0,25 meter.

Het belangrijkste is dat de boorlijn die gevolgd is geen extra spanningen in de leiding geeft en goed gereviseerd wordt.

Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijn Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	**Maximale afwijking**
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

5. Materieel

Tijdens de boorwerkzaamheden worden er diverse installaties en producten ingezet waarmee de boring tot stand komt. Denk hierbij aan de in te zetten boorinstallatie, boorspoeling en meetapparatuur.

5.1. Boorrig

Middels sterkte- en boorspoeldrukberekeningen wordt de te verwachte trekkracht berekend. Dit is mede bepalend voor de in te zetten boormachine. Naast de benodigde trekkracht kan ook de lengte van de boring of het in te zetten meetsysteem bepalend zijn voor de grootte van de machine. Een minirig is bijvoorbeeld niet geschikt om een boring van enkele honderden meters uit te voeren.

Op basis van de uitgevoerde engineering wordt onderstaande boorrig met de bijbehorende specificaties ingezet voor deze boring. De uitgebreide specificaties zijn toegevoegd in **bijlage 3** van dit rapport.

Boorrig	**Midi-Rig 15 Tonner**
Leverancier/type	AT-Boretech MT15
Afmetingen (LxBxH)	5900x1950x2500 mm
Gewicht	11 ton
Boorstang	67 mm
Boorgat pilotfase	125 mm

5.2. Overig materieel

Naast de boorrig bestaat het in te zetten materieel uit:

- Mobiele kraan
- Zuigwagen
- Boorwagen met aanhanger
- Vrachtwagen met mixsysteem
- Haspelwagen

5.3. Boorspoeling

De te gebruiken boorvloeistof bestaat uit met water vermengde bentoniet. De hiervoor te gebruiken bentoniet-HV van De Bentoniet Fabriek B.V., zal zijn voorzien van een certificaat. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient/kan worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 50/70 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijk gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.150/1.200 kg/m^3 afhankelijk van de omstandigheden. Aan de hand van de bevindingen tijdens het boorproces kunnen er toeslagstoffen (polymeren) aan de boorspoeling worden toegevoegd om een stabiel boorgat te creëren.

Transport van de boorspoeling tijdens het boorproces vindt plaats met vloeistofdichte zuigwagens. In sommige gevallen wordt een retourleiding toegepast. De overtollige boorspoeling zal na afloop van het boorproces worden afgevoerd met vloeistofdichte tankwagens. De uitkomende en evt. gerecyclede grond wordt afhankelijk van de samenstelling zoveel mogelijk in het terrein verwerkt.

De specificatie/certificaten van de toe te passen bentoniet zijn in **bijlage 5** opgenomen.

5.4. Meetsysteem

Er zijn diverse meetsystemen beschikbaar waarmee horizontaal gestuurde boringen kunnen worden uitgevoerd, ieder systeem heeft voor- en nadelen. In navolgende alinea's worden de systemen per stuk omschreven.

Voor deze boring adviseren wij het gebruik van een **Walk-over** meetsysteem. De boordiepte bedraagt maximaal 6,5 meter minus maaiveld, waardoor een walk-over meetsysteem nog voldoende bereik heeft om de boring te volgen.

Walk-over meetsysteem
Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik een sonde die vanuit de boorkop een signaal uitzendt. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is gelimiteerd aan bepaalde boordieptes. Het voordeel van een walk-over meetsysteem is dat deze goedkoop en snel is, maar ook flexibel. Bij een onverwachte situatie kan de boring zonder veel moeite gewoon uitgevoerd worden. Daarnaast is dit meetsysteem bij beperkte invloed van buitenaf ook nauwkeurig te noemen.

Steeringtool
De Steeringtool is een nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool
De gyroscoop is een computergestuurde meettechniek waarmee lange, diepe en nauwkeurige boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. Een draad zit gekoppeld van de boorkop tot in de meetwagen. De gyroscoop is een accuraat optisch meetsysteem waarbij de invloeden van buitenaf beheersbaar zijn. Een boring volgt een vooropgestelde boorlijn welke digitaal is ontworpen middels CAD-software.

6. Boorontwerp

Het boorontwerp is tot stand gekomen door rekening te houden met de omgeving, bovengrondse obstakels, bestaande kabels en leidingen, benodigde boorrig en welke meetapparatuur toegepast wordt.

6.1. Bestaande kabels en leidingen

Er is voor aanvang van de engineering door Holland Drilling B.V. informatie verkregen over de ligging van bestaande infrastructuren door middel van een KLIC-melding. Bij ontbrekende of onduidelijke informatie op de KLIC zijn aanvullende gegevens opgevraagd bij de betreffende netbeheerder(s). Eventuele obstakels, zoals bestaande gestuurde boringen, kunstwerken of funderingen, staan hieronder vermeld.

7. Berekeningen

Voor de gestuurde boring zijn berekeningen uitgevoerd met betrekking tot de sterkte van de buis en toelaatbare boorspoeldrukken. De parameters voor deze berekeningen zijn onder andere:

- Het boorontwerp
- De toe te passen boorrig
- De in te voeren leidingen
- De grondgesteldheid
- De toe te passen boorspoeling

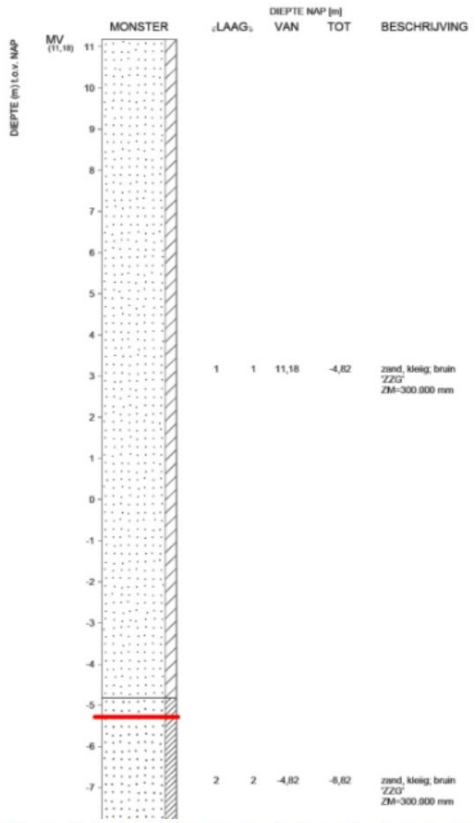
De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma Sigma 2025, conform NEN 3650 en 3651. NEN 3650 en 3651. Het complete berekeningsrapport is toegevoegd in **bijlage 4**.

7.1. Geotechnisch grondonderzoek

Om tot zorgvuldige berekeningen te komen is geotechnisch grondonderzoek geraadpleegd. Daarnaast geeft het inzicht van het verloop van de grondlagen en de geohydrologische omstandigheden ook de gelegenheid om tot een goed eindresultaat te komen zonder al te veel complicaties.

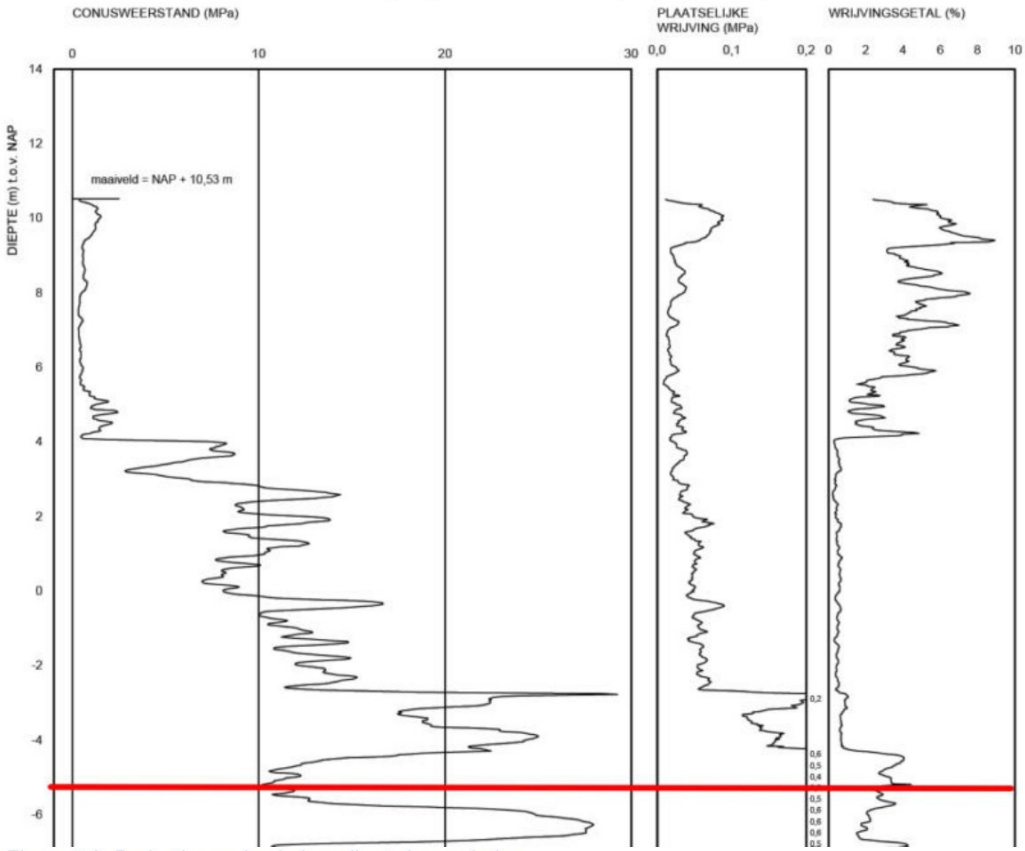
De samenstelling en eigenschappen van een grondpakket kunnen over zeer korte afstanden variëren, daarom wordt geadviseerd om op een tracé meerdere sonderingen en boringen te verrichten.
Aan de hand van de grondgegevens wordt de toe te passen boorspoeldrukken en de plastische zone bepaald. De parameters die benodigd zijn voor de berekeningen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig uit het geotechnisch grondonderzoek uitgevoerd door Silt op 13 maart 2026 en van DINOloket, welke in **bijlage 2** zijn toegevoegd.

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit licht grindig zand.



Figuur 4.1: Projectie maximale boordiepte in bodemprofiel

De te doorboren diepte bedraagt 4.55m NAP, waardoor de maximale boordiepte zich in de grindige zandlaag bevindt. De gemeten conusweerstanden zijn op deze diepte beduidend lager dan 30 MPa, waardoor bij de sterkte- en boorspoeldrukberekeningen geen totaalfactor (2,0) bij moeilijke omstandigheden is aangehouden.



Figuur 5.2: Projectie maximale boordiepte in sondering

7.2. Grondwaterstand

Uit metingen die tijdens het geotechnisch grondonderzoek zijn uitgevoerd op op 13 maart 2026 blijkt dat de grondwaterstand 8,44m NAP, dus ca. 1,85m minus maaiveld bedraagt.

7.3. Theoretische trekkracht

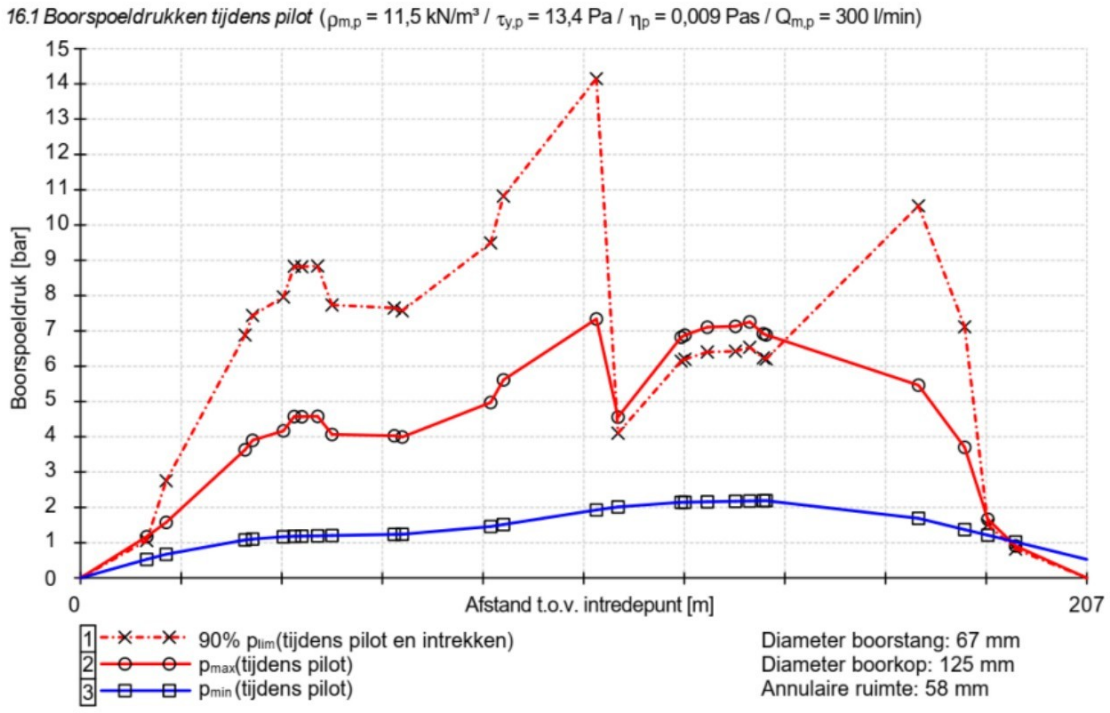
Voor het bepalen van de theoretische trekkracht tijdens de boorfase zijn er berekeningen uitgevoerd met het programma Sigma 2025 conform NEN 3650 en 3651.

Lengte leiding in boorgat (m)	**Verwachte trekkracht (kN) 1*Ø160mm**
35	4.4
66	7.7
82	8.9
101	10.4
122	13.4
141	15.8
161	16.1
193	21.6
207	22.6

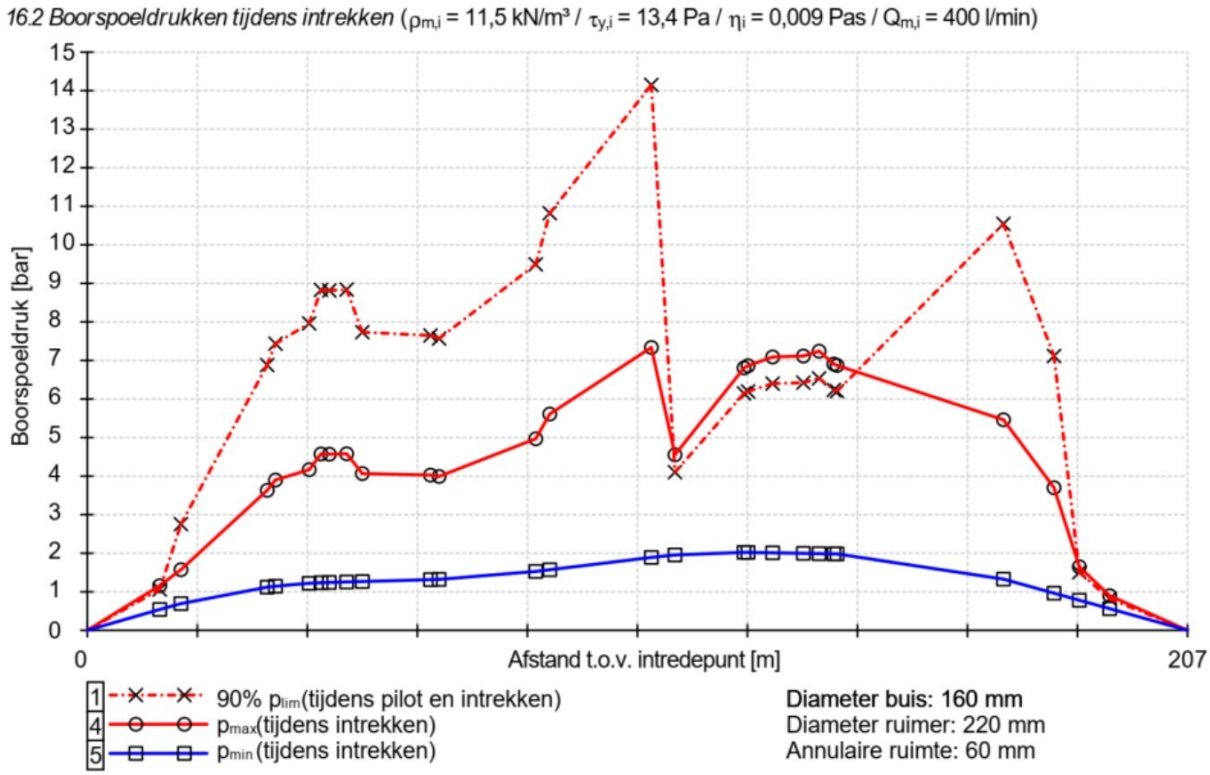
De maximale waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt 23 kN (=2.3 ton)

7.4. Boorspoeldrukken

De Sigma berekening is uitgevoerd om de boorspoeldruk op verschillende kritieke punten te bepalen. Onderstaande figuren laten de resultaten zien. De maximale toelaatbare boorspoeldruk wordt afgezet tegen de verwachte boorspoeldruk. De verwachte boorspoeldruk dient kleiner te zijn dan de toelaatbare boorspoeldruk. Het risico op een blow-out wordt hierdoor op voorhand geminimaliseerd.



Figuur 6: Boorspoeldruk tijdens pilot



Figuur 7: Boorspoeldruk tijdens ruim- en intrekfase

8. Planning en personeel

De planning die hier wordt aangegeven is een voorlopige planning. De werkelijke tijdsduur kan hiervan afwijken.

Boring	Mobiliseren (uur)	Pilotboring (uur)	Ruimen boortunnel (uur)	Intrekken PE-leiding(en) (uur)	Demobilisatie (uur)
B4013	1	2	2	2	1

Boorploeg HDD	**Boormeester**	**Surveyor**	**Boorhulp(en)**	**Overige**
Rig 15 tonner	1	1	-	-

De verwachte tijdsduur van de boring bedraagt ca.1 dag.

De start van de werkzaamheden is in overleg met de opdrachtgever en wanneer de benodigde vergunningen afgegeven zijn door de betrokken instanties.

Werktijden kunnen aangepast worden aan de werkzaamheden welke moeten worden uitgevoerd en de voortgang van het boorproces goed te laten verlopen. Werkdagen van 07.00 tot 20.00 uur komen hierbij regelmatig voor. Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase plaatsvinden.

Wanneer het onderbreken van de werkzaamheden een onaanvaardbaar verhoogd risico voor de uitvoering van de boring veroorzaakt kan er door Holland Drilling B.V. besloten worden om ’s nachts en in het weekend door te werken. Dit zal altijd in goed overleg met de opdrachtgever en de gemeente (omwonenden) plaatsvinden.

9. Risicobeheersing

9.1. Inzicht in bestaande K&L

Voor uitvoering wordt door Holland Drilling B.V. een KLIC melding gedaan om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boringen worden er door Holland Drilling B.V. proefsleuven gemaakt nabij de begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven worden vervolgens de in- en uittredeputten gegraven. De KLIC-melding zal tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Indien blijkt dat er een obstakel aanwezig is wat niet te doorboren is, kan het boortracé in verticale en/of horizontale richting worden aangepast. In eerste instantie binnen de grenzen van het reeds afgesloten zakelijk recht. Indien dit niet mogelijk is zal in overleg met de opdrachtgever een alternatief tracé worden gekozen, waarbij de opdrachtgever het zakelijk recht afsluit met de betrokken eigenaren.

9.2. Uitvoeringstechnische risico's

Uit het grondonderzoek blijkt dat de te doorboren grondlaag hoofdzakelijk bestaat uit zand.
Door de keuze van de te gebruiken bentoniet is het risico van instorten van het boorgat nihil. Mocht echter tijdens het boorproces blijken dat de boorspoeling onvoldoende steun aan het boorgat geeft, dan kan de samenstelling van de boorspoeling worden aangepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis en ervaring binnen Holland Drilling B.V.

9.3. Afwijkingen van de KLIC-melding

Uit ervaring blijkt dat een KLIC-melding niet altijd de complete informatie bevat om een passend boorontwerp te kunnen maken. Bij onduidelijkheden of incomplete informatie in de KLIC-melding is navraag gedaan bij de betreffende eigenaren. Voorbeelden hiervan zijn:

- Een bestaande HDPE leiding dient te worden gekruist. Op de KLIC-melding staat niet aangegeven of deze leiding middels een gestuurde boring is aangebracht of dat deze leiding in open sleuf is aangelegd.
- Een bijlagen van een gestuurde boring is niet (juist) meegeleverd met de KLIC.
- De diameters en diepteligging van het riool vrijverval is niet meegeleverd met de KLIC.

9.4. Blow-out

Voor alle betrokkenen is een blow-out op het maaiveldniveau onwenselijk. Tijdens de engineeringsfase zijn de risico's geminimaliseerd door de volgende factoren in acht te nemen:

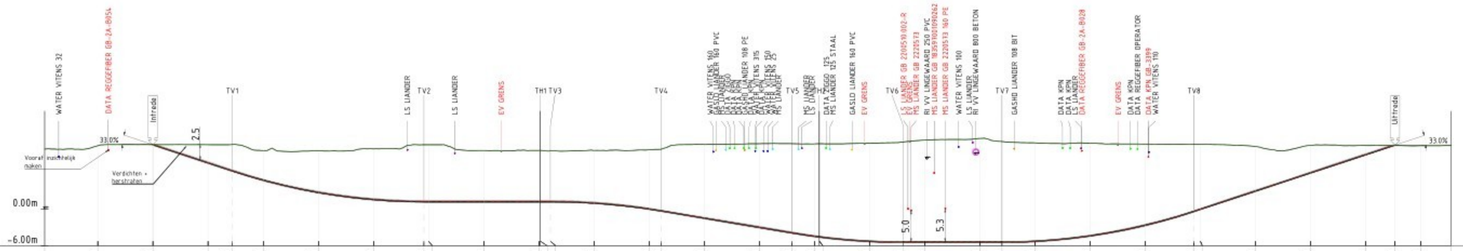
- Het in kaart brengen van de lokale grondgesteldheid
- Het uitvoeren van boorspoeldrukberekeningen
- Het boorontwerp afstemmen op een veilige diepte

Tevens worden tijdens de uitvoeringsfase de risico's op een blow-out geminimaliseerd door de volgende factoren te monitoren:

- Het afstemmen van de boorspoeldruk op de boorspoeldrukberekening
- Het monitoren van een constante retourstroom
- Het visueel inspecteren en monitoren van het maaiveld op een blow-out, zodat de mudpomp direct kan worden uitgezet

Bijlage 1: Ontwerptekening(en)

Doorsnede tekening
Schaal 1:500



B4013

Hoogte t.o.v. N.A.P.
Boringtype: Buis
Totale boorlengte: 206.75m

| | | |

Bijlage 2: Geotechnisch grondonderzoek

Bijlage 3: Specificaties boorrig

Midi-Rig 15 Tonner



Algemeen

Leverancier:	AT-Boretech MT15
Gewicht:	11 ton
Afmeting (LxBxH):	5900x1.950x2500 mm
Rijwerk:	Rubberen rupsbanden

Capaciteiten

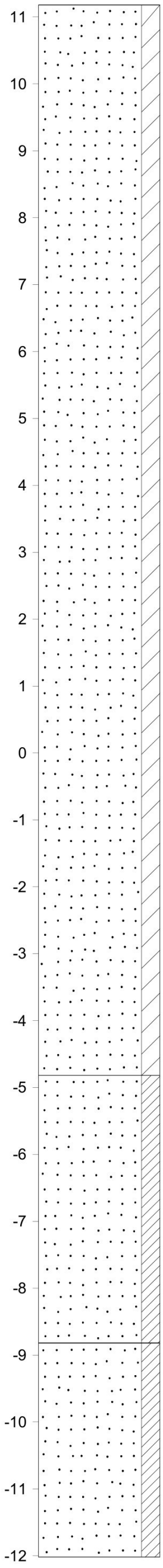
Max. te boren lengte:	216 m (Gyro 216m)
Max. te boren buisdiameter:	Ø 355 mm
Min. boorstraal:	R = 36 m; gyro R = 100 m;
Materiaal/diameter/lengte boorstang:	staal / Ø 67 mm / 3005 mm
Trekkracht:	150 kN
Drukkracht:	150 kN
Torque:	5000 Nm
Pompcapaciteit:	400 liter/minuut

Overige gegevens

Intrede hoek:	11.3º - 19.3º
Uittredehoek:	11.3º - 25º
Boorkop:	Jet bit with nozzle
Plaatsbepalingssysteem:	Walk Over meetsysteem Sub Site / Radio Detection Gyroscoop meetsysteem
Barrel/conische ruimer	Ø 110, 160, 225, 270, 340, 440, 500 mm
Transport methode:	vrachtwagen met aanhanger
Mudpomp/Mengunit:	in vrachtwagen
Overig transport:	evt. bus met haspelwagen en zuigwagen voor afvoer bentonietspoeling Wagen voor afvoer bentonietspoeling

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	11,18	-4,82	zand, kleiig; bruin 'ZZG' ZM=300.000 mm
2	2	-4,82	-8,82	zand, kleiig; bruin 'ZZG' ZM=300.000 mm
3	3	-8,82	-15,82	zand, kleiig; bruin 'ZZG' ZM=300.000 mm

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

datum 2010-12-14

get. -

gez. DINO-BOR

form. A3

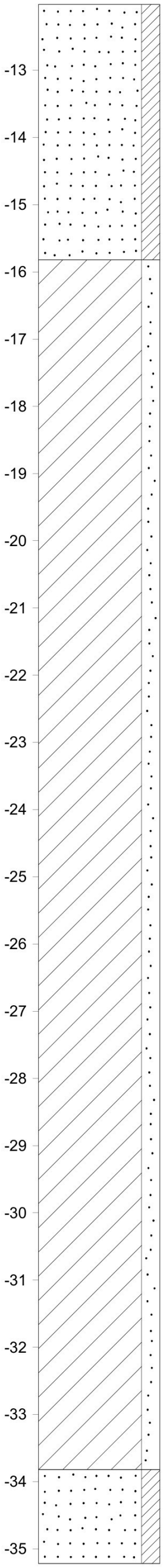
-

ONBEKEND B40D2166 [Blad 1 / 5]

BIJL.

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
3	3	-8,82	-15,82	zand, kleiig; bruin 'ZZG' ZM=300.000 mm
4	4	-15,82	-33,82	klei, matig zandig; ON=???
5				

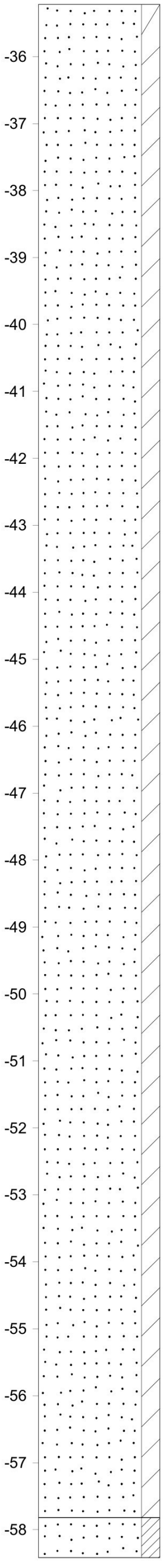
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered>
<Not Registered> <Not Registered>
Telefoon <Not Registered>
Telefax <Not Registered>

datum 2010-12-14	get. -
DINO-BOR	gez.
BIJL.	form. A3

-

ONBEKEND B40D2166 [Blad 2 / 5]

DIEPTE NAP [m]



MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
5	5	-33,82	-57,82	zand, kleiig; bruin 'ZZG' ZM=300.000 mm
6				

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

datum 2010-12-14

get. -

gez. DINO-BOR

form. A3

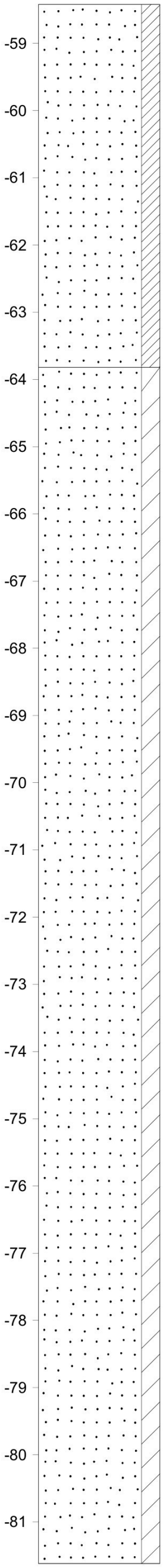
-

ONBEKEND B40D2166 [Blad 3 / 5]

BIJL.

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
6	6	-57,82	-63,82	zand, kleiig; grijs 'ZMG' ZM=210.000 mm
7	7	-63,82	-81,82	zand, kleiig; grijs 'ZMG' ZM=210.000 mm

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

datum 2010-12-14

get. -

gez. DINO-BOR

form. A3

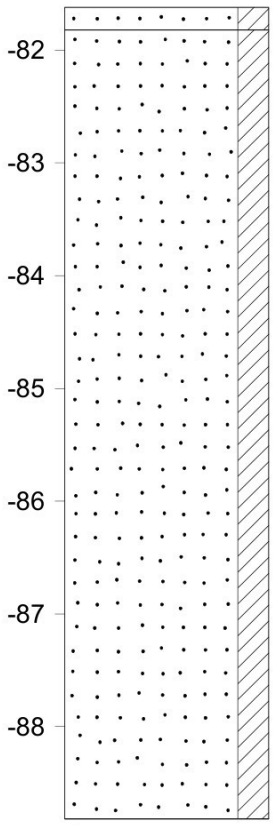
-

ONBEKEND B40D2166 [Blad 4 / 5]

BIJL.

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



Geboord tot
NAP -88,82 m

MONSTER	LAAG		VAN	TOT	BESCHRIJVING
	7	7	-63,82	-81,82	zand, kleiig; grijs 'ZMG' ZM=210.000 mm
	8	8	-81,82	-88,82	zand, kleiig; grijs 'ZMG' ZM=210.000 mm Einde Boring B40D2166

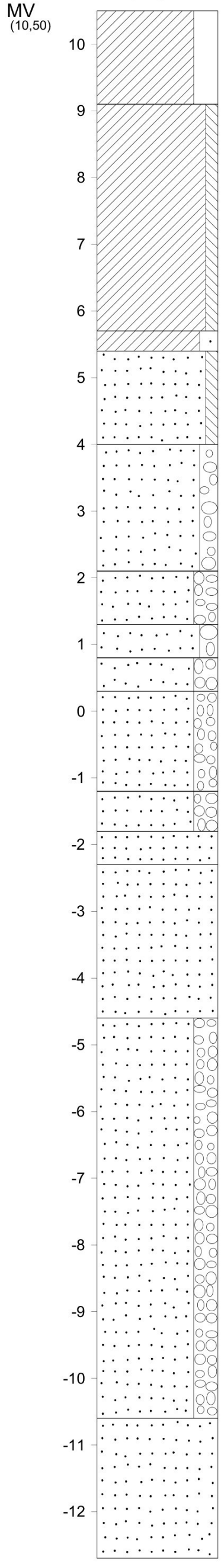
X = 195522 m Y = 432708 m (RD)

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

	datum 2010-12-14	get. -
-	DINO-BOR	gez.
ONBEKEND B40D2166 [Blad 5 / 5]	BIJL.	form. A3

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



MONSTER	LAAG	VAN	TOT	BESCHRIJVING
1	1	10,50	9,10	klei, ZS=???, 3=???; licht-, bruin-, grijs
2	2	9,10	5,70	klei, zwak siltig; donker-, grijs 'KSTV'
3	3	5,70	5,40	KZ=???; licht-, grijs
4	4	5,40	4,00	zand, zwak siltig; grijs 'ZMFO'
5	5	4,00	2,10	ZG2=???; licht-, grijs 'ZMGO'
6	6	2,10	1,30	ZG3=???; licht-, grijs 'ZMGO'
7	7	1,30	0,80	ZG2=???; licht-, grijs 'ZGC'
8	8	0,80	0,30	ZG3=???; licht-, grijs 'ZGC'
9	9	0,30	-1,20	ZG3=???; licht-, grijs 'ZGC'
10	10	-1,20	-1,80	ZG3=???; licht-, grijs 'ZMGO'
11	11	-1,80	-2,30	zand; licht-, bruin-, grijs 'ZMFO'
12	12	-2,30	-4,60	zand; licht-, bruin-, grijs 'ZMFO'
13	13	-4,60	-10,60	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZMGO'
14	14	-10,60	-13,70	zand; licht-, bruin-, grijs 'ZMFO'

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

datum 1948-01-01

get. -

gez. DINO-BOR

form. A3

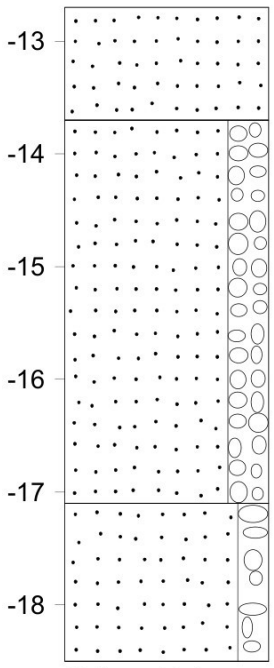
-

ONBEKEND B40D0064 [Blad 1 / 2]

BIJL.

DIEPTE NAP [m]

DIEPTE (m) t.o.v. NAP



Geboord tot
NAP -18,50 m

MONSTER	LAAG		VAN	TOT	BESCHRIJVING
	14	14	-10,60	-13,70	zand; licht-, bruin-, grijs 'ZMFO'
	15	15	-13,70	-17,10	ZG3=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
	16	16	-17,10	-18,50	ZG2=???; licht-, bruin-, grijs 'ZGC'
					Einde Boring B40D0064

maaiveld: NAP 10,50 m
X = 195450 m Y = 432330 m (RD)

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

	datum	get.
	1948-01-01	-
-	DINO-BOR	gez.
ONBEKEND B40D0064 [Blad 2 / 2]	BIJL.	form. A3

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK

HDD's Haalderen, van der Mondeweg

Haalderen

Opdrachtgever: Holland Drilling B.V.
Simon Homburgstraat 17
5431 NN Cuijk

Projectnummer: 2600251 Versie: 1

Rapportdatum: 26 maart 2026

Contactpersoon: [redacted]

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: [redacted]

Vestiging Middelbeers:
Putstraat 9a
5091 TH Middelbeers
Tel.: 0499 578 520

Vestiging Gouda:
Marconistraat 72
2809 PE Gouda
Tel.: 0182 585 503

Algemeen:
Postbus 38, 5688 ZG Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

K.v.K. 17131641
IBAN: NL11 RABO 0370 7180 46
BTW: NL8105.11.654.B01
BIC: RABONL2U

Inhoud

1 Projectbeschrijving 3
2 Veldonderzoek 4
2.1 Onderzoeksopzet 4
2.2 Sonderingen 4
2.3 Hoogtemeting 4

Bijlagen
Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van Holland Drilling B.V. is door Silt Geo B.V. een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “HDD's Haalderen, van der Mondeweg te Haalderen”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 13 en 18 maart 2026. De onderzoeksopzet is bepaald door ons bedrijf aan de hand van de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

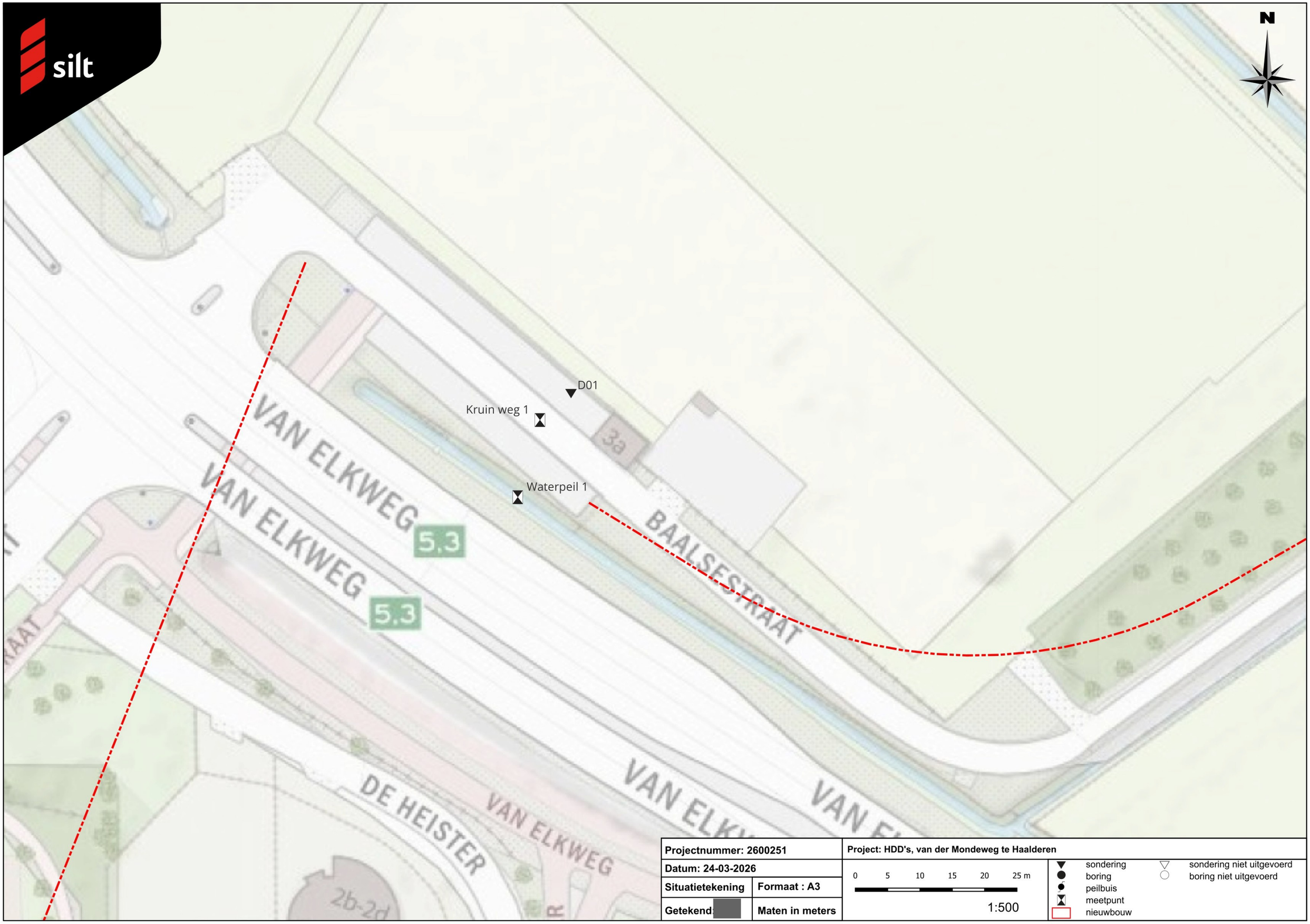
Voor dit project zijn door ons bureau 10 sonderingen uitgevoerd. Het betreft sondeernummers: D01 t/m D10. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 3.

In bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten.

2.3 Hoogtemeting

De hoogte van de onderzoekspunten is ingemeten met DGPS ten opzichte van NAP. Voor de hoogteligging van de verschillende meetpunten wordt verwezen naar de waterpasstaat in bijlage 1.

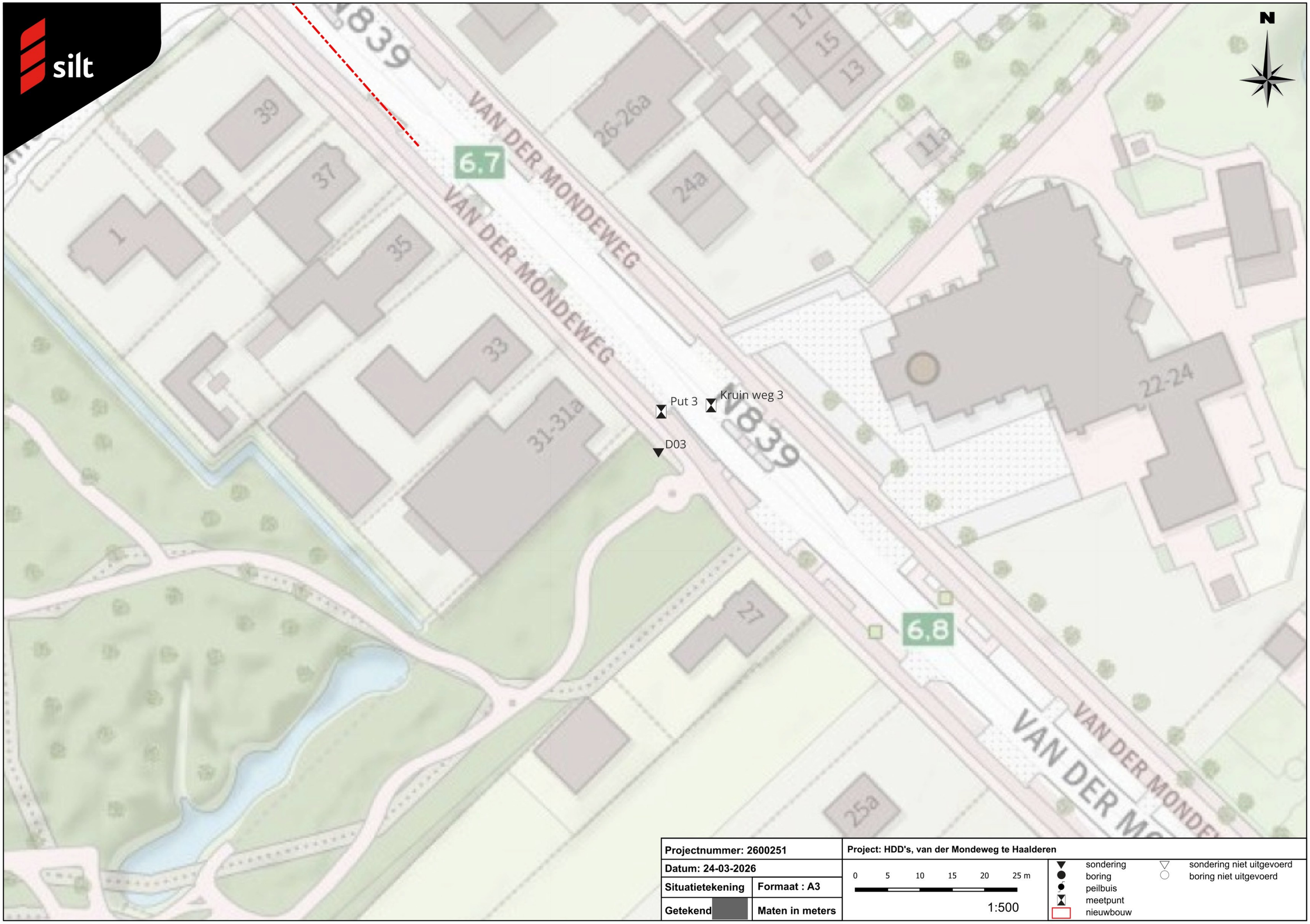
Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



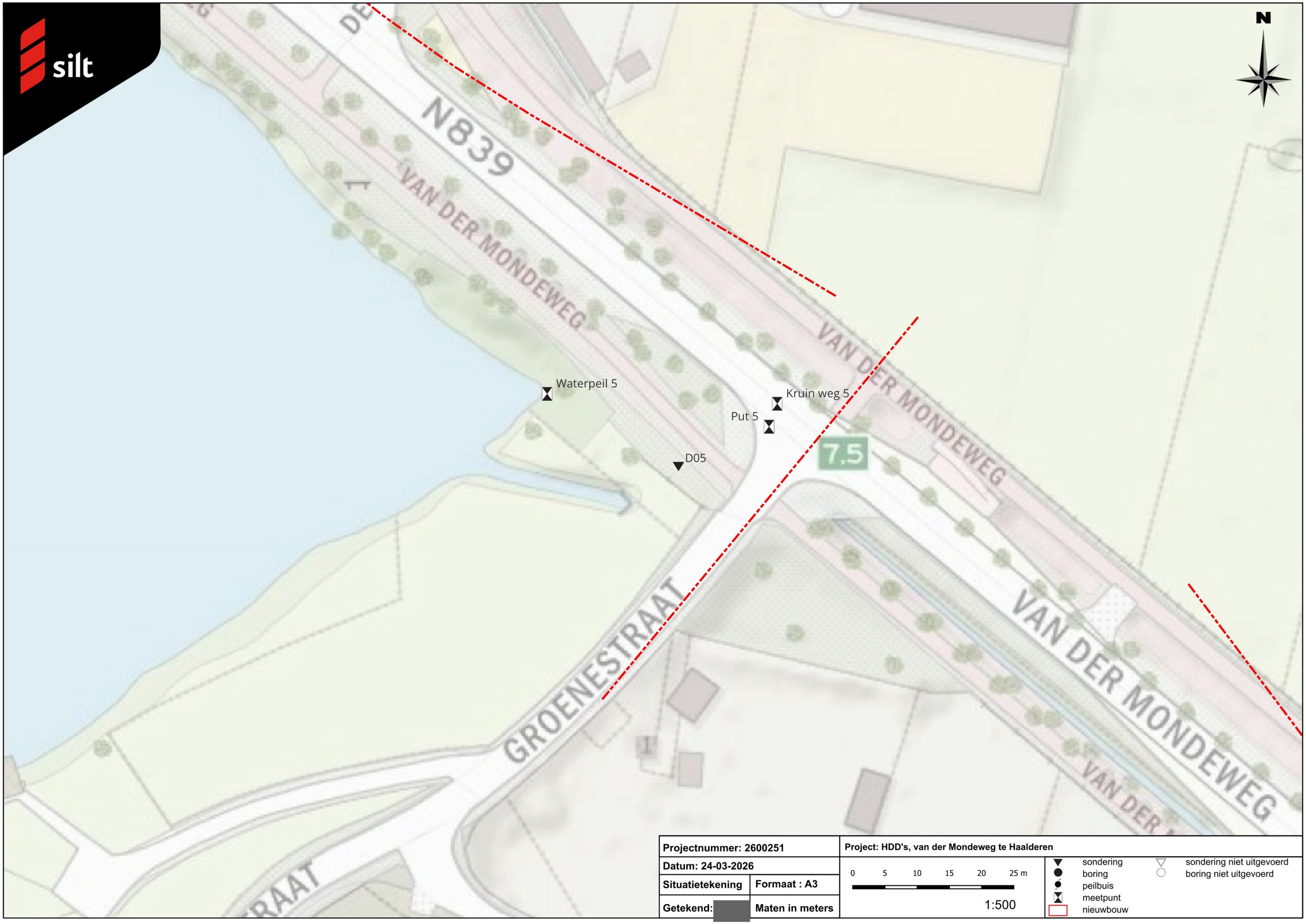
Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening / **Formaat : A3**		
Getekend: / **Maten in meters**		



Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m 1:500	▼ sondering ● boring peilbuis meetpunt nieuwbouw
Situatietekening	**Formaat : A3**		▽ sondering niet uitgevoerd ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**		



Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / **Formaat : A3**	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend: / **Maten in meters**	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd



Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

8.0

8.1

LANGSTRAAT

HUIGENSSTRAAT

Waterpeil 6

Put 6

Kruin weg 6

D06

2a

2

2b

287

285

283

281

277

Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m
Situatietekening / Formaat : A3	1:500
Getekend: / Maten in meters	sondering, boring, peilbuis, meetpunt, nieuwbouw; sondering niet uitgevoerd, boring niet uitgevoerd

silt

N

4

4a

4b

4c

4d

10

3

4

6

HENRI DUNANTSTRAAT

Kruin weg 7

D07

BIEZENKAMP

BIEZENKAMP

Put 7

Waterpeil 7

21

21a

19

5-13

1

Projectnummer: 2600251		**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**	
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd
Situatietekening	**Formaat : A3**		● boring ○ boring niet uitgevoerd
Getekend	**Maten in meters**	1:500	peilbuis
			meetpunt
			nieuwbouw

silt

N

25

25a

18a-18p

23

34

KRUISSTRAAT

KRUISSTRAAT

Waterpeil 8

D08

N839

Kruin weg 8

Put 8

LANGSTRAAT

LANGSTRAAT

21

19

227

225a

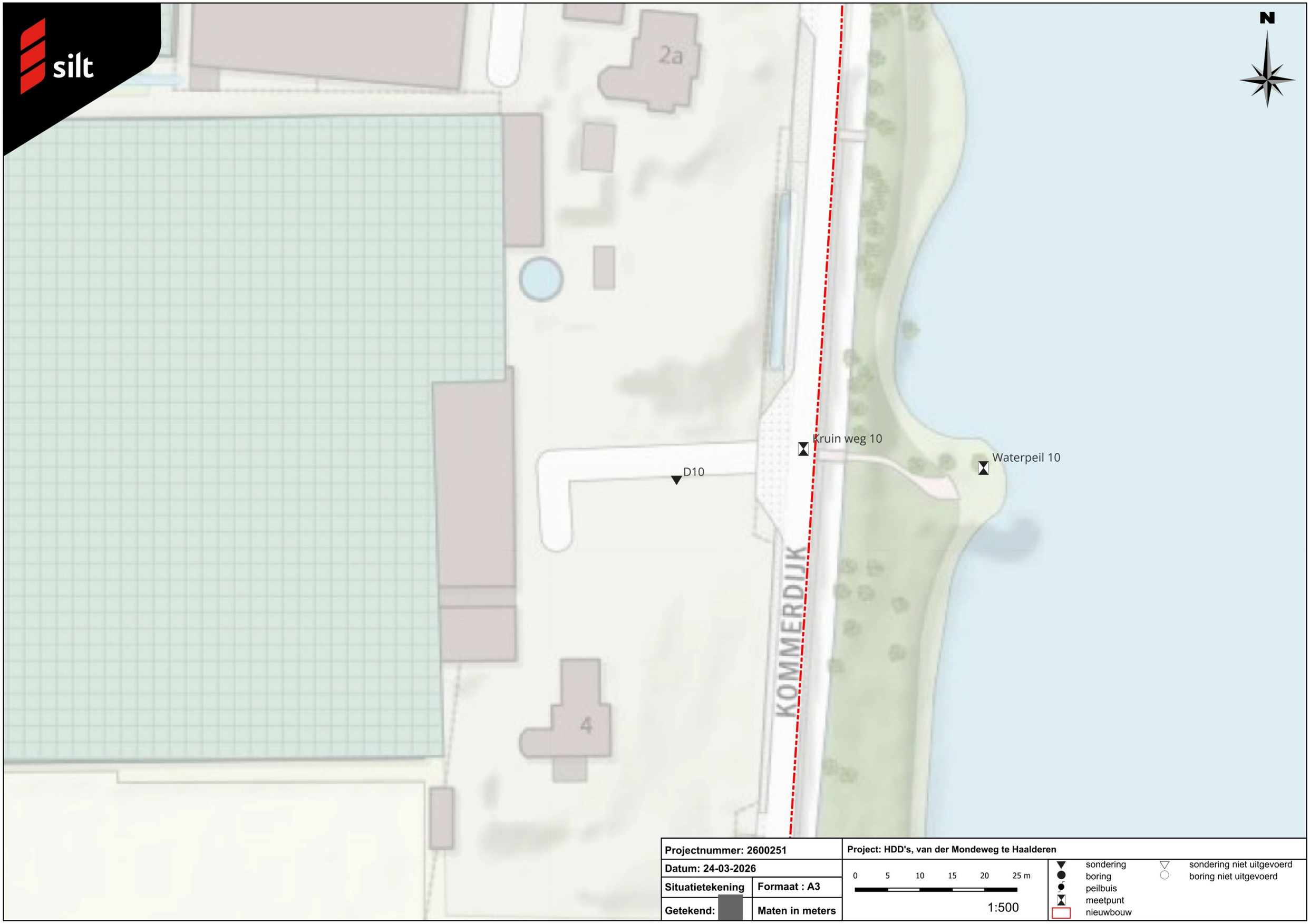
223

225

Projectnummer: 2600251	**Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen**
Datum: 24-03-2026	0 5 10 15 20 25 m 1:500
Situatietekening / **Formaat : A3**	▼ sondering ▽ sondering niet uitgevoerd ● boring ○ boring niet uitgevoerd peilbuis meetpunt nieuwbouw
Getekend: / **Maten in meters**	



Projectnummer: 2600251		Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026		0 5 10 15 20 25 m — 1:500
Situatietekening	Formaat : A3	sondering / sondering niet uitgevoerd; boring / boring niet uitgevoerd; peilbuis; meetpunt; nieuwbouw
Getekend	Maten in meters	

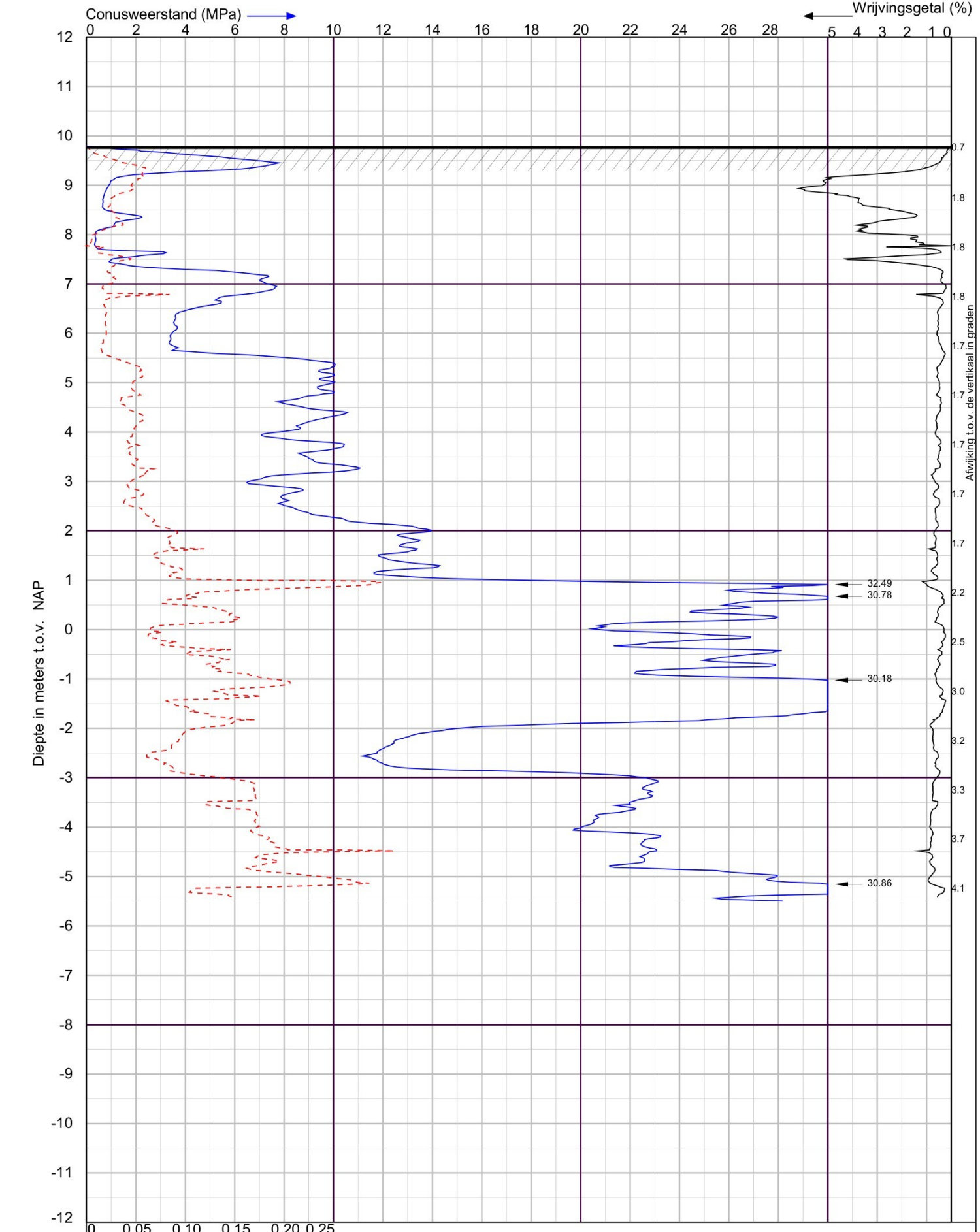


Projectnummer: 2600251	Project: HDD's, van der Mondeweg te Haalderen
Datum: 24-03-2026	
Situatietekening / Formaat : A3	
Getekend: / Maten in meters	

0 5 10 15 20 25 m

1:500

- sondering
- boring
- peilbuis
- meetpunt
- nieuwbouw
- sondering niet uitgevoerd
- boring niet uitgevoerd



X Coordinaat 191245.6 Y- Coordinaat 434220.3

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

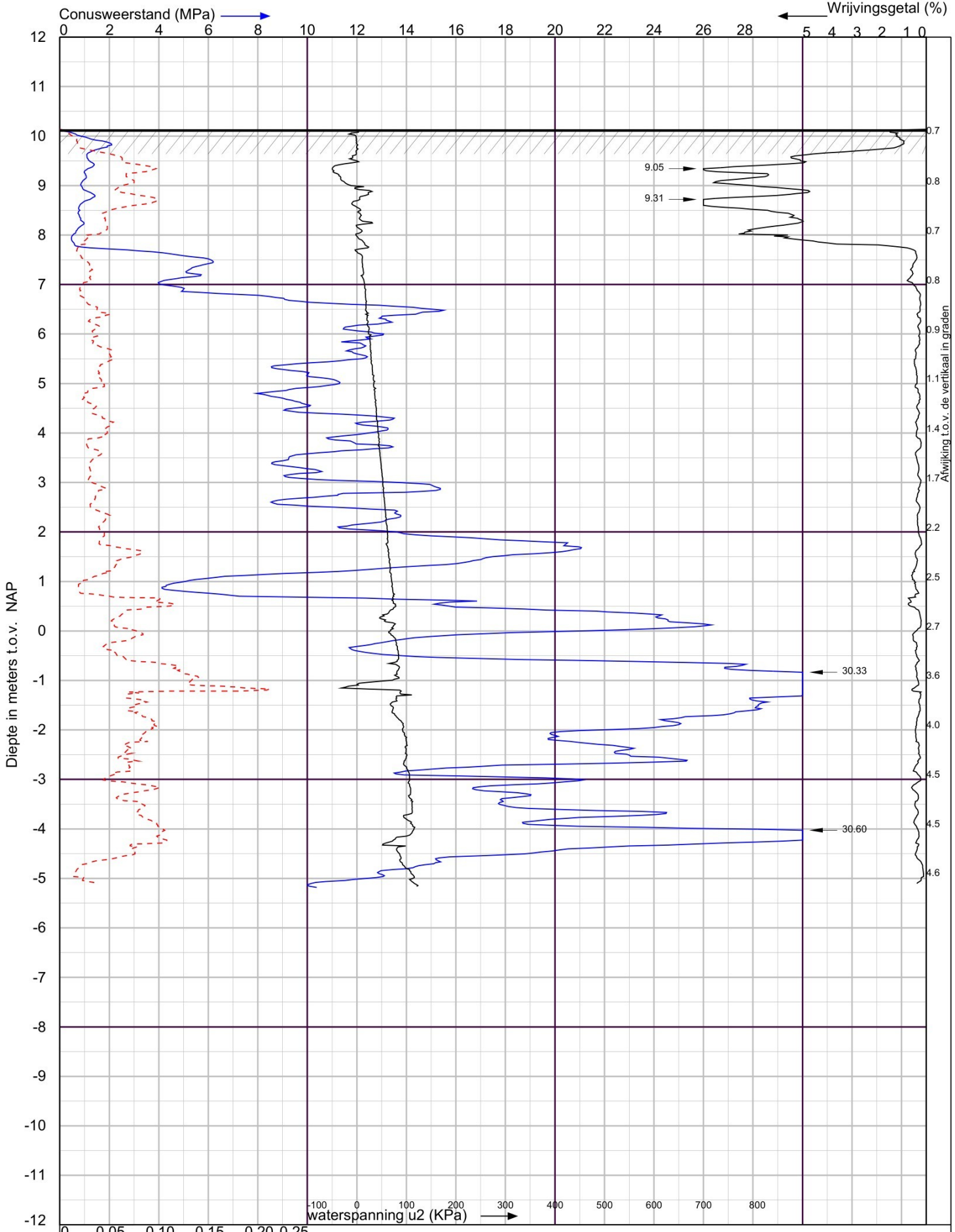
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 9.79 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D01**



X Coordinaat 191759.3 Y- Coordinaat 433674.8

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

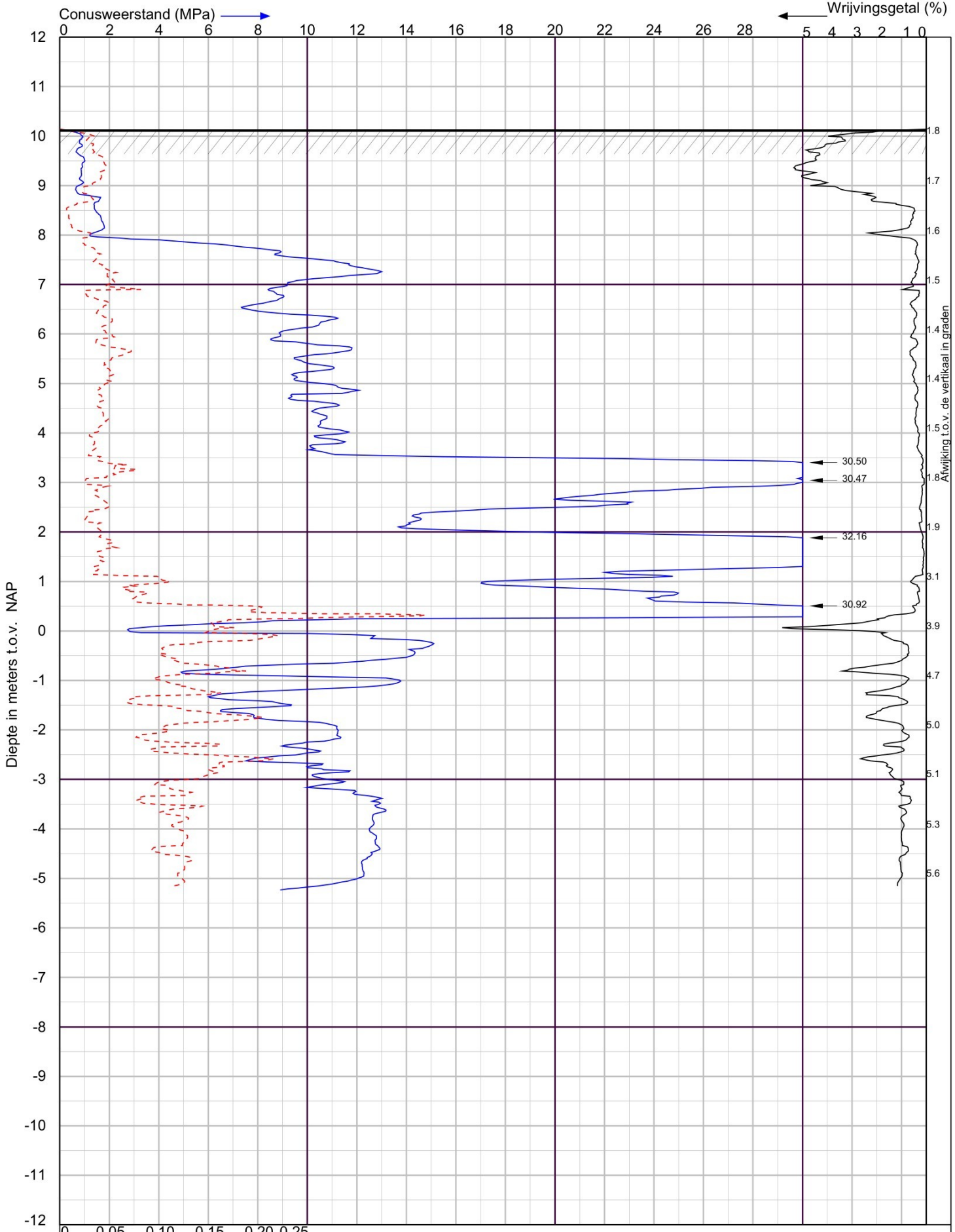
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D02**



X Coordinaat 192189.1 Y- Coordinaat 433148.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

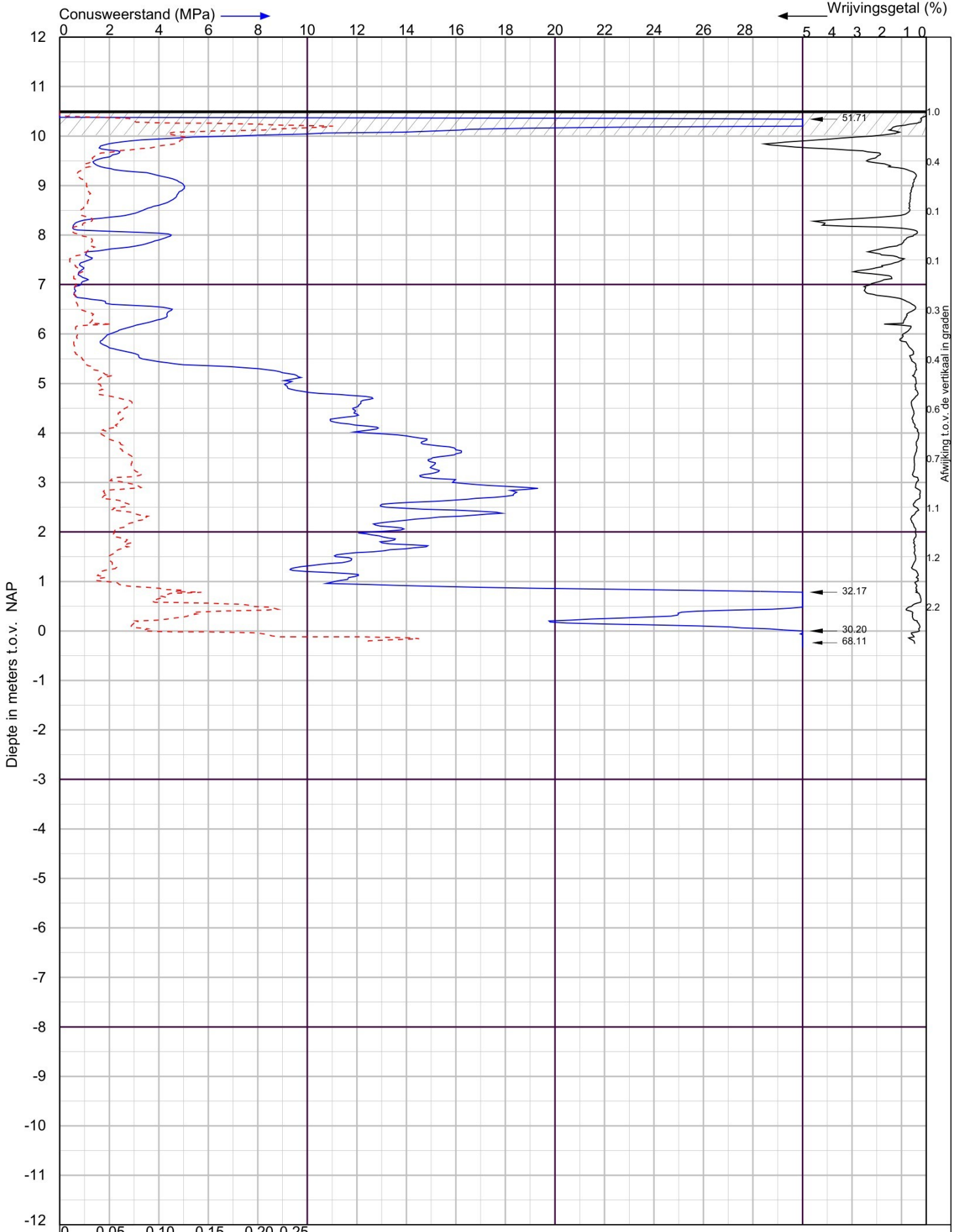
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.14 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D03**



X Coordinaat 192379.9 Y- Coordinaat 433013.0

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

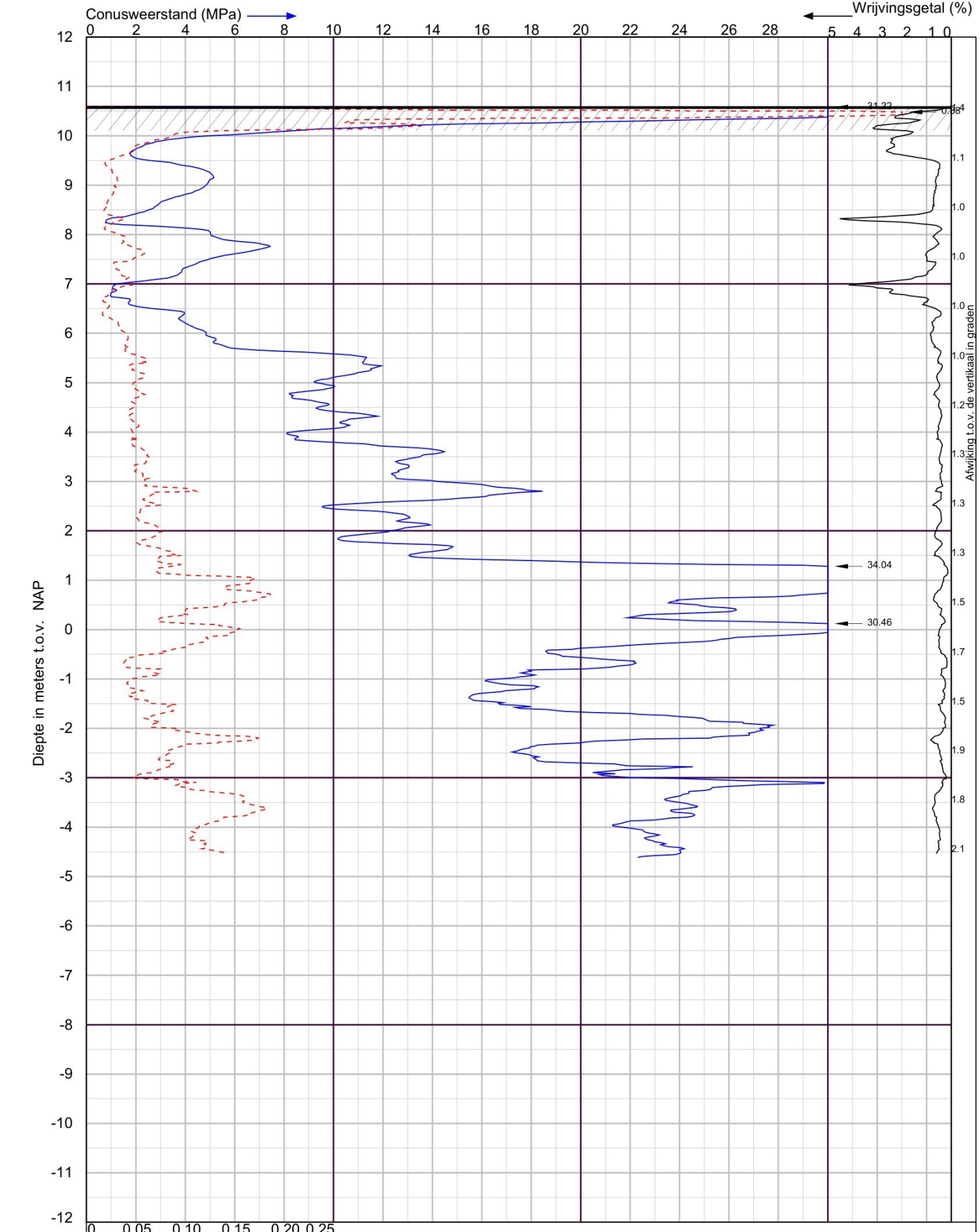
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.52 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04**



X Coordinaat 192375.9 Y- Coordinaat 433016.5

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

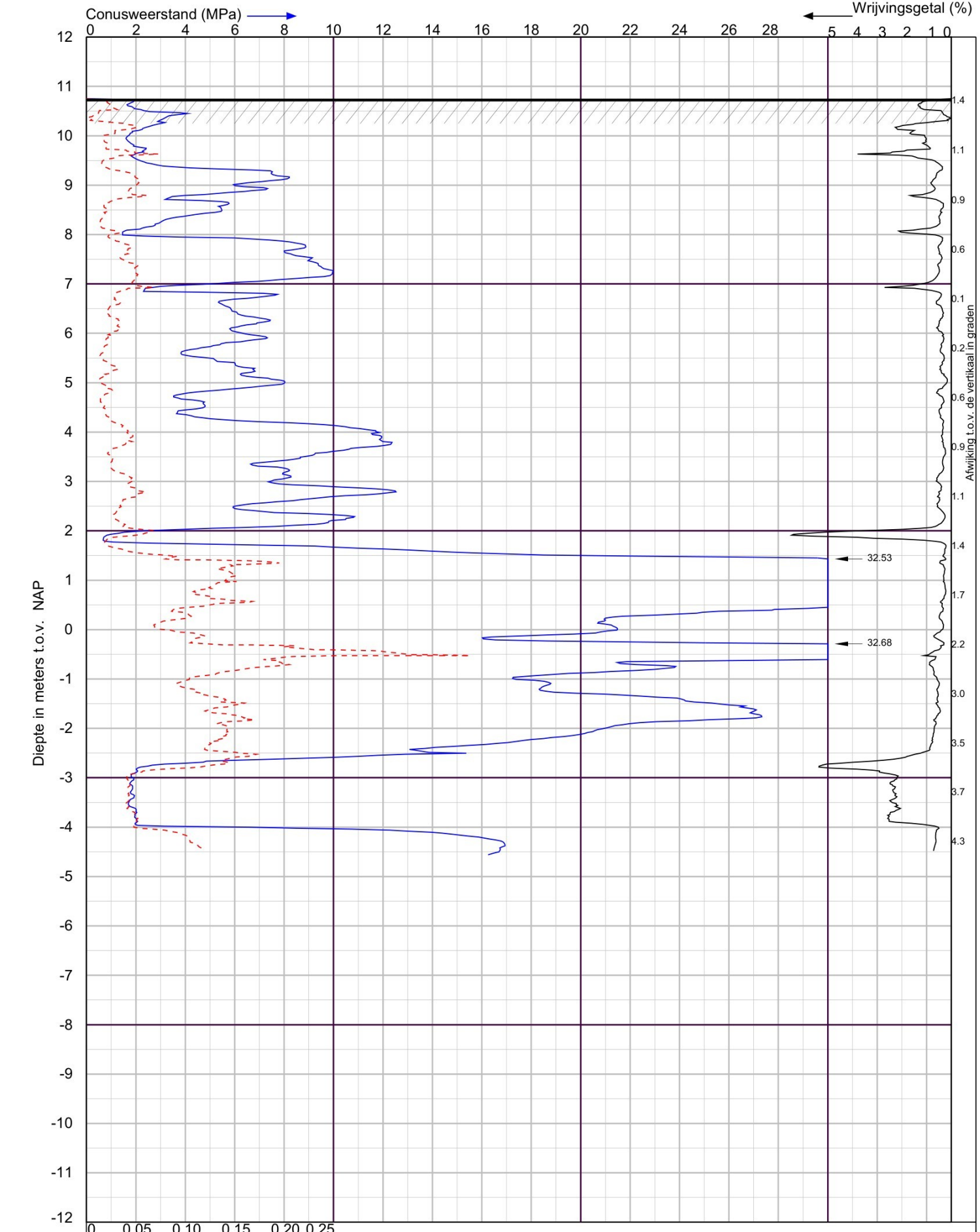
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.6 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D04A**



X Coordinaat 192730.3 Y- Coordinaat 432656.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

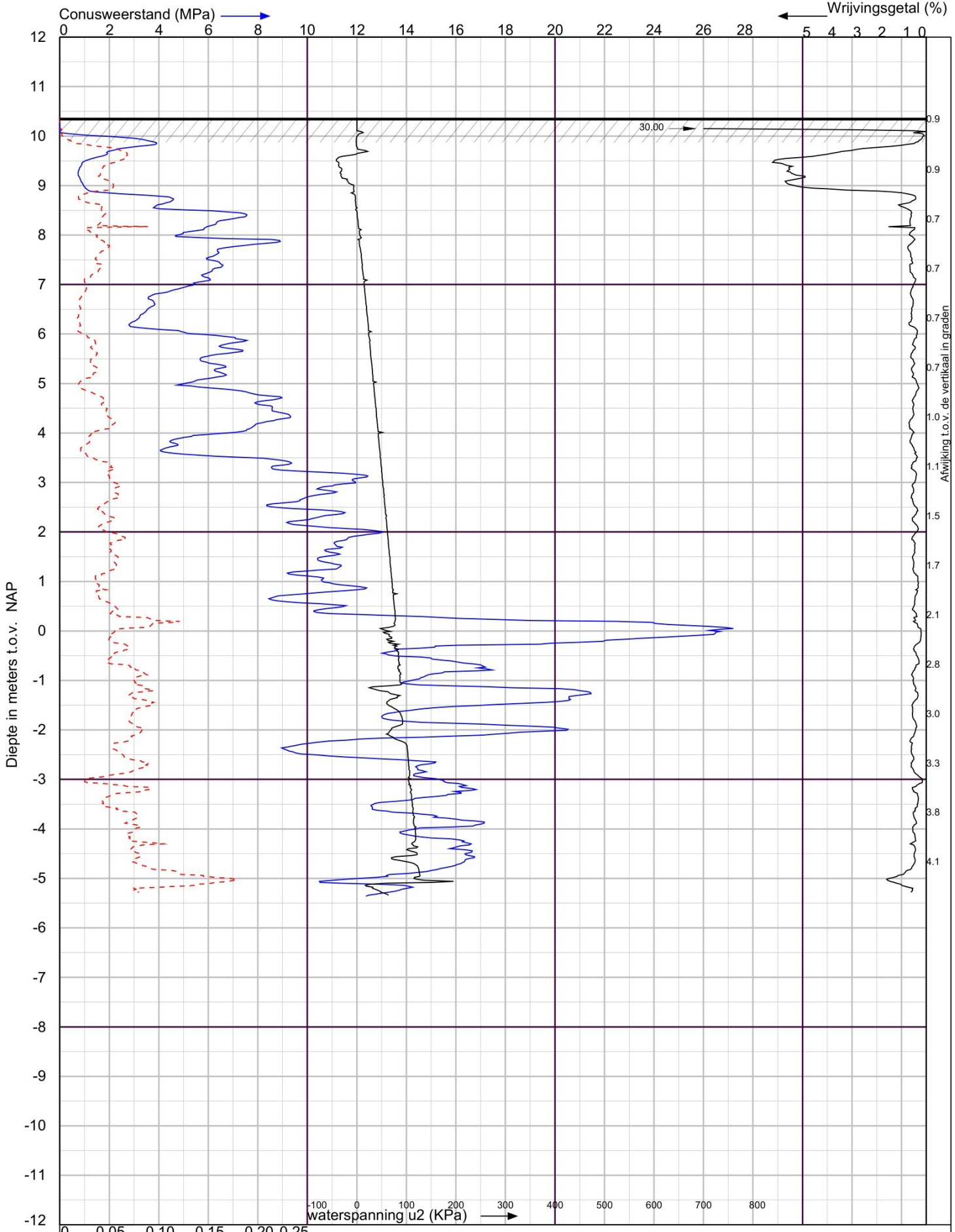
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.75 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D05**



X Coordinaat 193215.9 Y- Coordinaat 432415.1

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

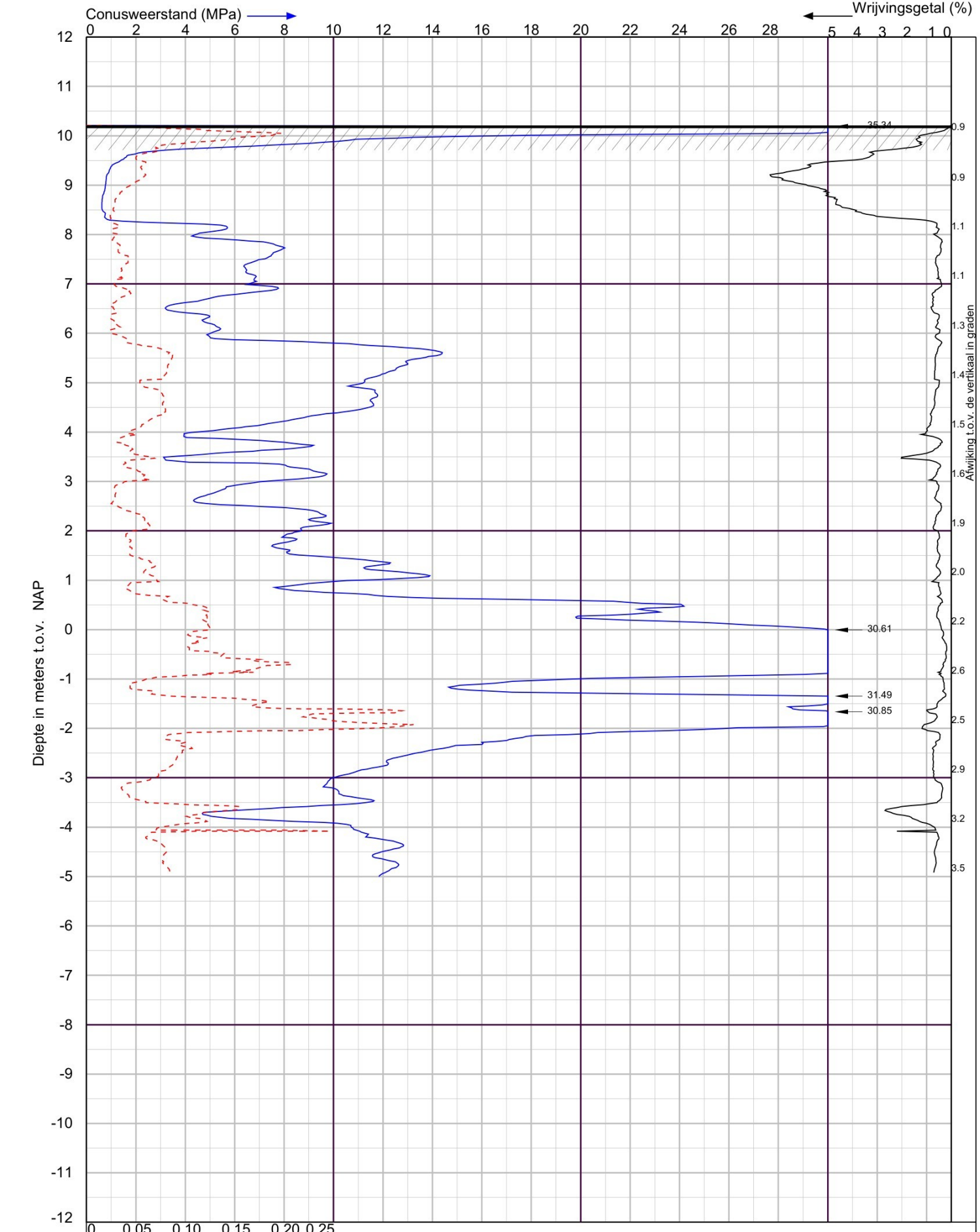
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.37 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D06**



X Coordinaat 193450.7 Y- Coordinaat 432299.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

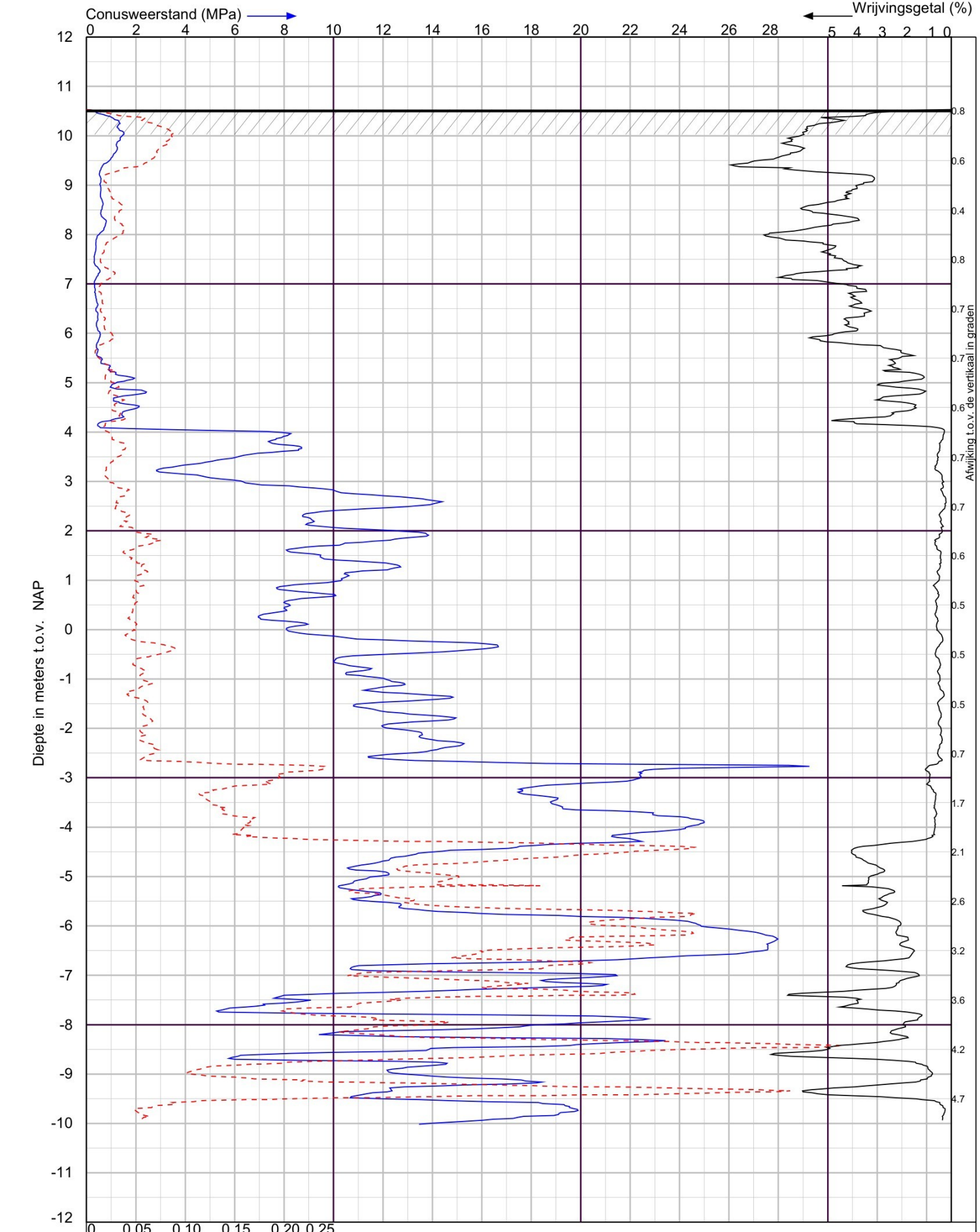
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.21 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D07**



X Coordinaat 194296.7 Y- Coordinaat 432394.6

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

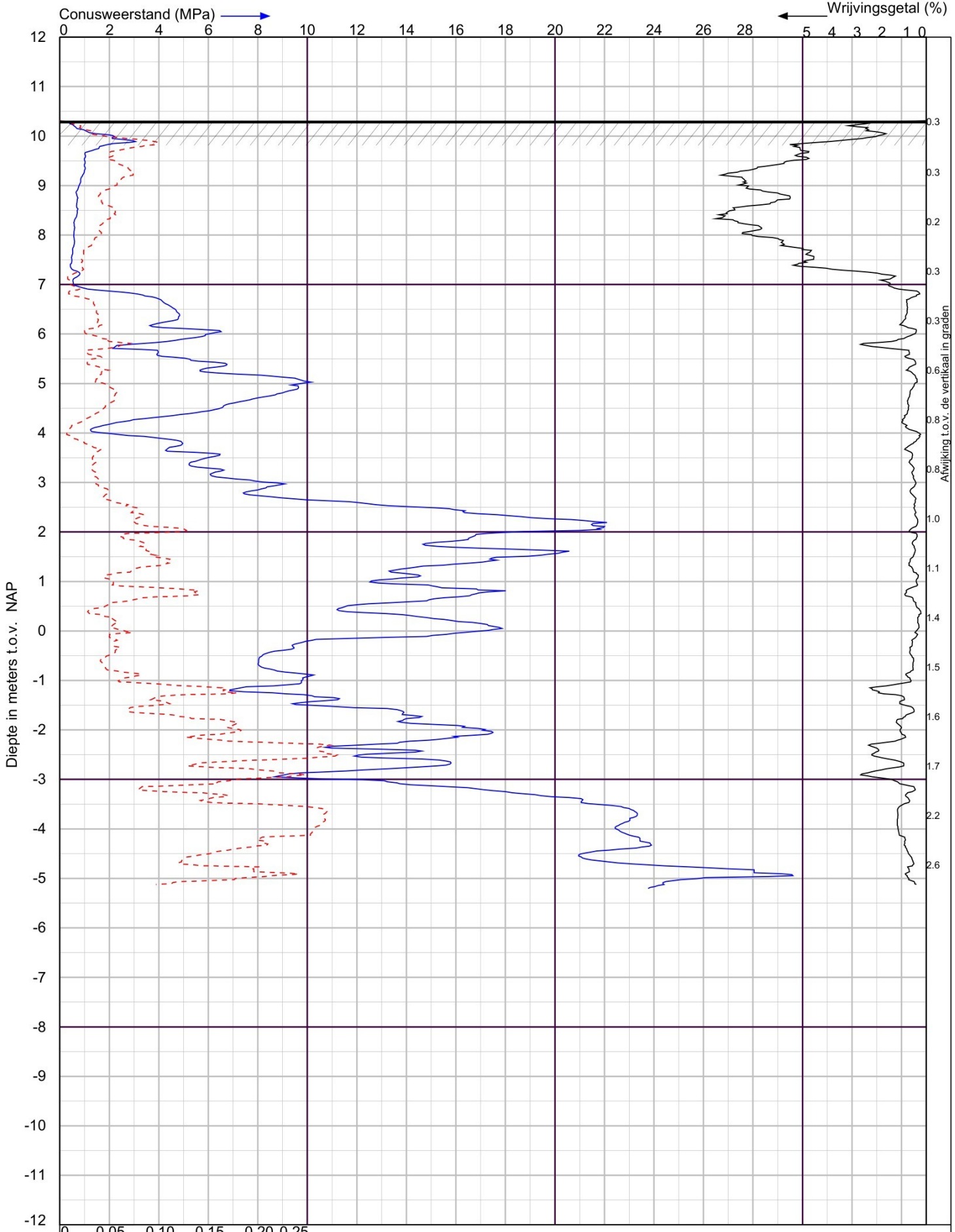
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 13-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.53 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D08**



X Coordinaat 193389.8 Y- Coordinaat 431907.7

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

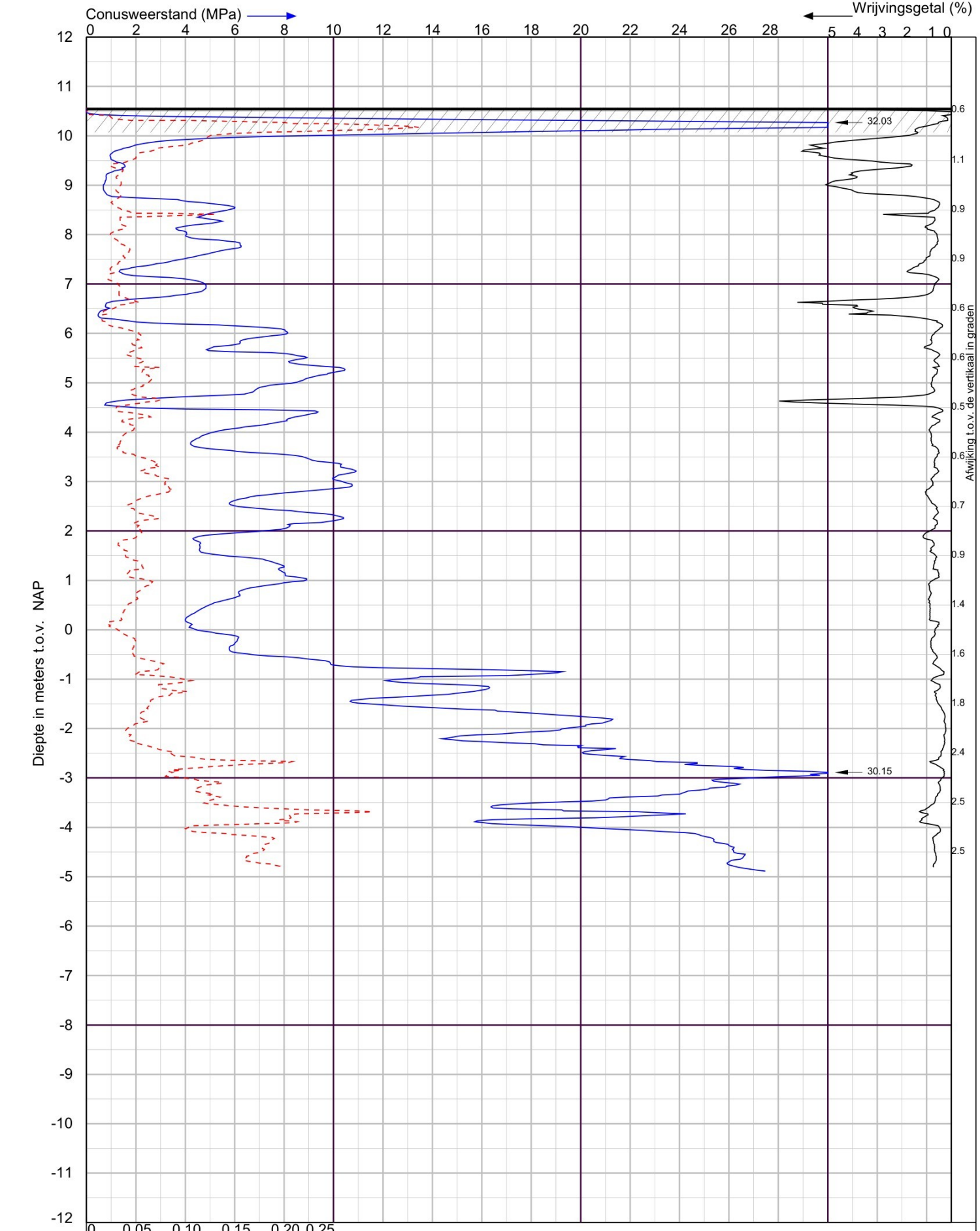
Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.31 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D09**



X Coordinaat 194229.8 Y- Coordinaat 431701.4

van der Mondeweg te Haalderen

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 3

silt

Algemeen
postbus 38
5688 ZG
Oirschot
info@silt.nl
www.silt.nl

Vestiging Gouda
Marconistraat 72 2809 PE Gouda tel. : 0182-585503

Vestiging Middelbeers
Putstraat 9a 5091TH Middelbeers tel : 0499-578520

Datum : 18-3-2026
Conusnr. : 071453
MV. is 10.57 m t.o.v.NAP

Project nummer : **2600251**
Sondering : **D10**

Waterpasstaat

Hoogten ingemeten met behulp van dGPS.

Datum uitvoering: 13 en 18 maart 2026

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Opmerking
D01	9,79 +	15,31m; rond 8,90m licht grindig
D02	10,14 +	15,35m; rond 3,80m en 9,60m licht grindig
D03	10,14 +	15,41m; rond 6,90m en 10,0m licht grindig
D04	10,52 +	10,86 >70MPa m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D04A	10,60 +	15,22m; rond 7,60m en 10,0m licht grindig
D05	10,75 +	15,33m; rond 9,50m en 11,50m grindig
D06	10,37 +	15,74m; rond 10,30m licht grindig
D07	10,21 +	15,23m
D08	10,53 +	20,57m; rond 13,60m licht grindig
D09	10,31 +	15,53m; rond 8,10m licht grindig
D10	10,57 +	15,47m; rond 13,30m licht grindig
kruin weg 1	9,74 +	
waterpeil 1	8,40 +	
kruin weg 2	10,23 +	
put 2	9,79 +	
waterpeil 2	8,66 +	
kruin weg 3	10,45 +	
put 3	10,19 +	
kruin weg 4	10,80 +	
put 4	10,55 +	
waterpeil 4	8,69 +	
kruin weg 5	10,99 +	
put 5	10,91 +	
waterpeil 5	8,69 +	
kruin weg 6	10,27 +	
put 6	10,27 +	
waterpeil 6	8,74 +	
kruin weg 7	10,09 +	
put 7	10,15 +	
waterpeil 7	9,00 +	
kruin weg 8	10,81 +	
put 8	10,85 +	
waterpeil 8	9,47 +	
kruin weg 9	10,49 +	
kruin weg 10	10,74 +	
waterpeil 10	8,78 +	

* Hoogten in deze waterpasstaat zijn uitsluitend bedoeld om inzicht te verkrijgen in de maaiveldhoogten van de meetpunten. Zonder verificatie door de gebruiker mogen deze hoogten niet voor andere doeleinden worden gebruikt

Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde stijghoogtes zijn weergegeven in navolgende tabel.

Meetpunt	Stijghoogte* [m - mv]	Grondwaterstand [m t.o.v. NAP]
sondeergat D01	1,60	8,19 +
sondeergat D03	1,70	8,44 +
sondeergat D08	1,80	8,73 +
sondeergat D09	2,00	8,31 +
sondeergat D10	2,00	8,57 +

* Gemeten stijghoogtes zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei)
- de stijghoogte onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal circa 0,5 m, nabij grote rivieren soms 4 à 5 m en elders vaak 1,5 à 2 m. Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving

Algemene toelichting onderzoeksmethoden

Toelichting sonderingen
Elektrische sonderingen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een elektrische (kleefmantel)conus.

De sondeergegevens worden in een grafiek weergegeven waarbij, indien van toepassing, het wrijvingsgetal (verhouding plaatselijke wrijving / conusweerstand) is berekend en gepresenteerd. Het wrijvingsgetal geeft samen met de conusweerstand over het algemeen een indicatie van de bodemopbouw onder de grondwaterstand. In navolgende tabel zijn enige indicatieve waarden hiervoor aangegeven. Opgemerkt wordt dat boven het grondwater de waarden hiervan kunnen afwijken.

Grondsoort	Conusweerstand (q_c) [MPa]	Wrijvingsgetal (f_s/q_c) [%]
grind	> 10	0,2 - 0,5
zand grof	> 10	0,4 - 0,6
zand	> 5	0,6 - 1,0
silt	1 - 3	2,0 - 4,0
klei vast	0 – 8	2,0 - 4,0
klei slap	0 - 2	4,0 - 6,0
veen	0 - 4	5,0 - 10,0

Handsonderingen
Sonderingen uitgevoerd met een handsondeerapparaat, waarbij tevens een boring wordt gemaakt. De sondeerwaarden worden handmatig geregistreerd.

Waterspanningsmeting
Bij deze sonderingen wordt met behulp van een piëzoconus naast de conusweerstand en de plaatselijke wrijving tevens de waterspanning geregistreerd. Meting van de waterspanning geeft meer inzicht in de stijghoogte(verschillen) van het grondwater, de gelaagdheid van de bodem en de aanwezigheid van waterremmende lagen. De geregistreerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreerde waterspanning niet zonder meer de stijghoogte van de diverse lagen kan worden afgeleid, omdat de stijghoogte wordt beïnvloed door de beweging van de sondeerconus.

Dissipatieproef
Bij een dissipatietest wordt tijdens het sonderen de conus enige tijd gestopt, waarna wordt geregistreerd op welke wijze de door het wegdrukken geïnitieerde waterspanning reageert. Het waterspanningsverloop geeft een indicatie omtrent de waterdoorlatendheid in de desbetreffende laag. Indien de test wordt gecontinueerd totdat een quasistationaire waterspanning wordt bereikt kan tevens op betrouwbare wijze de stijghoogte van het grondwater van de betreffende laag worden bepaald.

Wegdrukpeilbuis
Wegdrukpeilbuizen worden geplaatst met behulp van een sondeertruck.

Mechanische boring
Machinaal uitgevoerde boring onder certificaat van de BRL SIKB 2100, conform protocol 2101.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (onverzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, in de onverzadigde bodem (boven de grondwaterspiegel) verricht middels constant-flow-rate-methode conform ISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt, in onverzadigde grond. water met een constant debiet in een gesteund boorgat gepompt, totdat de bodem rondom verzadigd is en een constante waterspiegel ontstaat. Uit de verhouding van het pompdebiet en de waterspiegel kan de verzadigde waterdoorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verrichting middels de Constant-flow-rate-methode (verzadigde zone)
Waterdoorlatendheidsmeting, onder de grondwaterspiegel, uitgevoerd middels de constant-flow-rate-methode conformISO/FDIS 22282-2:2008(E). Bij het uitvoeren van deze meting wordt de peilbuis met een constant debiet doorgepompt totdat een constante waterstandsverlaging ontstaat in de peilbuis. Uit de verhouding tussen het pompdebiet en de waterstandsverlaging kan de doorlatendheid worden berekend van het bodemtraject waarin het filter is geplaatst.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de falling-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt een peilbuis geheel of gedeeltelijk gevuld met water, waarna de waterstandsdaling wordt gemeten. De dalingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de horizontale waterdoorlatendheid van de verzadigde ondergrond (onder de grondwaterspiegel). Bij deze proef wordt peilbuis geheel of gedeeltelijk leeg getrokken, waarna de stijging van het grondwater in de peilbuis wordt geregistreerd. De stijgingssnelheid van het water is een maat voor de horizontale waterdoorlatendheid (K_h-waarde) van het bodemtraject waarin de proef heeft plaatsgevonden.

Onverzadigde zone (Ringinfiltratieproeven)
Doorlatendheidsmeting ter bepaling van de verticale waterdoorlatendheid van de onverzadigde grond. De proeven worden uitgevoerd op maaiveld of diepte, met de dubbele ringinfiltratiemeter bestaande uit een buitenring met een diameter van ca. 0,53 m en een binnenring met een diameter van ca. 0,28 m.

Beide ringen worden op het ontgravingsvlak aangebracht en vervolgens enige centimeters de grond ingeslagen. Na het aanbrengen van een meetbrug met een vlotter worden beide ringen gevuld met water waarna met een zekere frequentie in de binnenring, de dalingssnelheid van het water wordt vastgesteld. Door toepassing van een buitenring infiltreert grondwater in de binnenring zoveel mogelijk verticaal. Uit de infiltratiesnelheid kan vervolgens de verticale waterdoorlatend worden afgeleid.

Legenda Boorstaat (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN (KEITJES)

- KEIEN
- KEIEN, met grind
- KEIEN, met zand
- KEIEN, met silt
- KEIEN, met klei

GRIND

- GRIND
- GRIND met keien (keitjes)
- GRIND, zwak zandig
- GRIND, sterk zandig
- GRIND, siltig
- GRIND, kleiig

ZAND

- ZAND
- ZAND, met keien (keitjes)
- ZAND, zwak grindig
- ZAND, sterk grindig
- ZAND, kleiig

SILT

- SILT
- SILT, met keien (keitjes)
- SILT, zwak grindig
- SILT, sterk grindig
- SILT, zwak zandig
- SILT, sterk zandig

KLEI

- KLEI
- KLEI, met keien (keitjes)
- KLEI, zwak grindig
- KLEI, sterk grindig
- KLEI, zwak zandig
- KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

- VEEN
- VEEN, zwak zandig
- VEEN, sterk zandig
- VEEN, siltig
- VEEN, kleiig

peilbuis

- blinde buis
- casing
- hoogste grondwaterstand
- gemiddelde grondwaterstand
- laagste grondwaterstand
- zand afdichting
- bentoniet/mikoliet/klei afdichting
- grind afdichting
- filter

monsters

- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

Legenda Situatietekening

sonderen

- D — sondering
- D — sondering niet uitgevoerd
- PB — wegdrukpeilbuis
- HM — handsondering

boren

- B — boring
- B — boring niet uitgevoerd
- B — boring met peilbuis
- B — boring met 2 peilbuizen
- B — boring met 3 peilbuizen

overig

- meetpunt
- lotje — loopsij met richting
- Sd — sondering van derden
- Bd — boring van derden

fasering onderzoek

- D — sondering fase 1
- D — sondering fase 2
- D — sondering fase 3
- D — sondering fase 4
- B — boring fase 1
- B — boring fase 2
- B — boring fase 3
- B — boring fase 4

Bijlage 4: Sterkte- en boorspoeldrukberekening

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Algemene gegevens

Naam van het project : B4013
Projectonderdeel : 15T - 1x160

Materiaalgegevens

Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS	= 10	N/mm^2
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm^2
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm^2
Lineaire uitzettingscoefficiënt	α_g	= $16,0 \cdot 10^{-5}$	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m^3
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn	D_e	= **160,00**	mm
Wanddikte	d_n	= **14,6**	mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte	L	= 206,75	m
Totale horizontale lengte	L_{hor}	= 202,78	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 100,00	m
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1	= 18,26 / 33	° / %
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2	= 18,26 / 32,99	° / %
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
MV intrede t.o.v. NAP	MV_{in}	= 10,51	m
MV uittrede t.o.v. NAP	MV_{uit}	= 10,46	m

Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m] [m]	Verticale straal [m]	Horizontale straal [m]	Gecombineerde straal [m]
Intrede-TV1	13,60	12,92	13,60	12,92	-	-	-
TV1-TV2	31,87	31,34	45,48	44,25	100,00	-	-
TV2-TH1	19,01	19,01	64,48	63,26	-	-	-
TH1-TV3	1,62	1,62	66,11	64,89	-	250,00	-
TV3-TV4	18,17	18,09	84,28	82,97	109,11	250,00	100,00
TV4-TV5	21,72	21,42	106,00	104,39	-	250,00	-
TV5-TH2	4,44	4,39	110,44	108,78	109,11	250,00	100,00
TH2-TV6	13,73	13,70	124,17	122,48	109,11	-	-
TV6-TV7	16,13	16,13	140,30	138,61	-	-	-
TV7-TV8	31,87	31,34	172,17	169,94	100,00	-	-
TV8-Uittrede	34,58	32,84	206,75	202,78	-	-	-

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

Uitvoeringsaspecten

Diameter boorstang	D_b	= 67	mm
Tijdens pilot			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 125	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 300	l/min
Tijdens intrekken			
Gecombineerd ruimen/intrekken			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 220	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m^3
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 400	l/min

Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang

Onzekerheids- en wrijvingsfactoren

Totaalfactor bij normale boring	f	= 1,4	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm^2
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1	

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

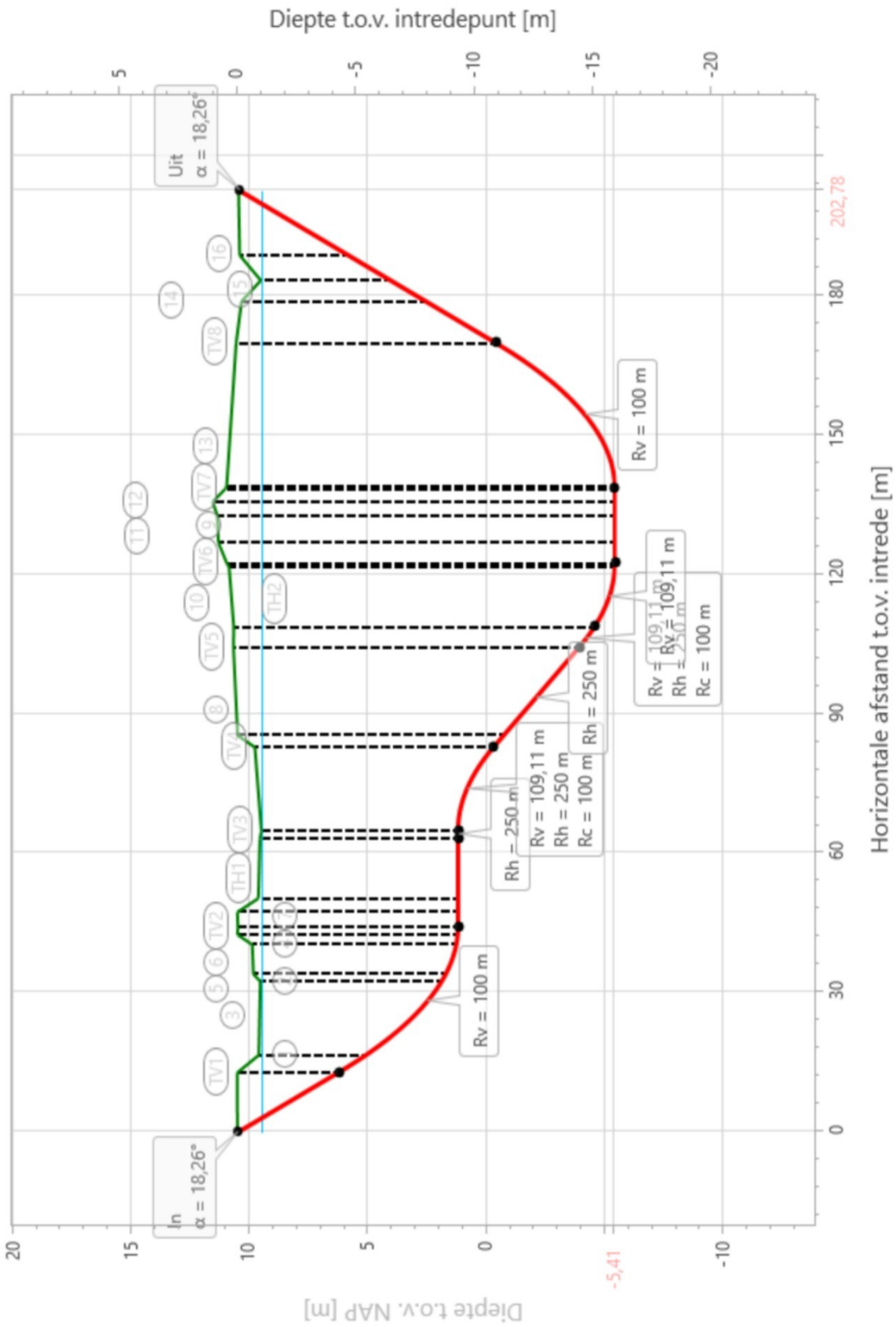
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvingshoek grond [°]
TV1	13,60	4,28	1,05	Klei	13,39	14,66	17,50
1	17,60	4,54	0,14	Zand	13,00	15,35	32,50
2	33,81	7,65	0,07	Zand	13,00	17,36	35,00
3	35,36	8,11	0,36	Zand	13,00	17,45	35,00
4	41,70	8,60	0,41	Zand	13,00	17,63	35,00
5	43,91	9,29	1,04	Zand	13,33	17,67	35,00
TV2	45,48	9,28	1,02	Zand	13,34	17,67	35,00
6	48,72	9,30	1,04	Zand	13,34	17,67	35,00
7	51,68	8,42	0,16	Zand	13,00	17,67	35,00
TH1	64,48	8,35	0,09	Zand	13,00	17,67	35,00
TV3	66,11	8,29	0,03	Zand	13,00	17,67	35,00
TV4	84,28	10,07	0,30	Zand	13,00	18,18	35,00
8	86,90	11,24	1,03	Zand	13,33	18,31	35,00
TV5	106,00	14,58	1,21	Zand	13,98	18,93	35,00
TH2	110,44	15,21	1,19	Klei	13,93	18,96	17,50
9	123,41	16,27	1,39	Klei	14,51	18,83	27,50
TV6	124,17	16,36	1,48	Klei	14,72	18,83	27,50
10	128,79	16,72	1,84	Klei	15,37	18,83	27,50
11	134,56	16,76	1,88	Klei	15,43	18,83	27,50
12	137,51	16,97	2,09	Klei	15,68	18,83	27,50
TV7	140,30	16,43	1,55	Klei	14,87	18,83	27,50
13	140,88	16,37	1,49	Klei	14,75	18,83	27,50
TV8	172,17	10,94	1,09	Zand	13,57	18,20	35,00
14	181,66	7,73	0,86	Zand	13,14	16,99	35,00
15	186,42	5,43	0,05	Klei	13,00	15,90	22,50
16	192,13	4,53	0,95	Klei	13,26	14,66	17,50

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting	Sondering
TV1	✓	5,00	2,00	Grafiek ½ x II	08
1	✓	0,00	45,00	Grafiek ½ x II	08
2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
5	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
TV2	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
6	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
7	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
TH1	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
TV3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	
TV4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
8	✓	0,00	75,00	Grafiek I	08
TV5	✓	0,00	75,00	Grafiek I	08
TH2	✓	5,00	2,00	Grafiek I	08
9	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
TV6	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
10	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
11	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
12	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
TV7	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
13	✓	1,00	5,00	Grafiek I	08
TV8	✓	0,00	75,00	Grafiek I	08
14	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	08
15	✓	5,00	3,00	Grafiek ½ x II	08
16	✓	0,00	1,00	Grafiek ½ x II	08

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl



* Niet op schaal

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm^4
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm^3
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm^4/mm^1
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm^3/mm^1
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm^2
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	N/mm^1

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	Leiding op rollenbaan/maaiveld				*Leiding in boorgat*			
Gewicht mediumleiding	g	=	0,0637	N/mm^1	g	=	0,0637	N/mm^1
Gewicht vulling	g_{vul}	=	N.v.t.	+	g_{vul}	=	N.v.t.	+
Totaal gewicht	g_{rol}	=	0,0637	N/mm^1	g_{gat}	=	0,0637	N/mm^1

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N] (f = 1,4)	T_1 [N] (f = 1)
Starten met trekken	206,75	**1.843**	**1.317**
Na intrekken van TV8-Uittrede	172,17	**1.535**	**1.097**
Na intrekken van TV7-TV8	140,30	**1.251**	**894**
Na intrekken van TV6-TV7	124,17	**1.107**	**791**
Na intrekken van TH2-TV6	110,44	**985**	**703**
Na intrekken van TV5-TH2	106,00	**945**	**675**
Na intrekken van TV4-TV5	84,28	**751**	**537**
Na intrekken van TV3-TV4	66,11	**589**	**421**
Na intrekken van TH1-TV3	64,48	**575**	**411**
Na intrekken van TV2-TH1	45,48	**406**	**290**
Na intrekken van TV1-TV2	13,60	**121**	**87**

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0{,}0637 \cdot 0{,}1$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_1 [N] (f = 1,4)	σ_t [N/mm^2]
Starten met trekken	1.843	**0,28**
Na intrekken van TV8-Uittrede	1.535	**0,23**
Na intrekken van TV7-TV8	1.251	**0,19**
Na intrekken van TV6-TV7	1.107	**0,17**
Na intrekken van TH2-TV6	985	**0,15**
Na intrekken van TV5-TH2	945	**0,14**
Na intrekken van TV4-TV5	751	**0,11**
Na intrekken van TV3-TV4	589	**0,09**
Na intrekken van TH1-TV3	575	**0,09**
Na intrekken van TV2-TH1	406	**0,06**
Na intrekken van TV1-TV2	121	**0,02**

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669,10}$$

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{100.000} = 190.923,86 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{190.923,86}{222.522} = \mathbf{0,86} \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	σ_t [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Starten met trekken	0,28	**0,83**
Na intrekken van TV8-Uittrede	0,23	**0,79**
Na intrekken van TV7-TV8	0,19	**0,75**
Na intrekken van TV6-TV7	0,17	**0,72**
Na intrekken van TH2-TV6	0,15	**0,71**
Na intrekken van TV5-TH2	0,14	**0,70**
Na intrekken van TV4-TV5	0,11	**0,67**
Na intrekken van TV3-TV4	0,09	**0,65**
Na intrekken van TH1-TV3	0,09	**0,64**
Na intrekken van TV2-TH1	0,06	**0,62**
Na intrekken van TV1-TV2	0,02	**0,58**

$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,86 + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0,83 \leq 10,00 \rightarrow$ Voldoet

1.4.1.0/02-2025/69-121692-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat

5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.
100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.
Hieruit volgt: $D_{e,omtrek}$ = 502,65 mm[1]

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat g_{gat} = 0,0637 N/mm[1]
Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231$ N/mm[1]
Gelet hierop is $g_{eff} = | g_{gat} - g_{opw} | = 0,168$ N/mm[1]

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] (f = 1,4)	T_{3a} [N] (f = 1,4)	T_2 [N] (f = 1)	T_{3a} [N] (f = 1)
Na intrekken van TV8-Uittrede	206,75	**2.839**	-	**2.028**	-
Na intrekken van TV7-TV8	172,17	-	**5.455**	-	**3.897**
Na intrekken van TV6-TV7	140,30	**6.779**	-	**4.842**	-
Na intrekken van TH2-TV6	124,17	-	**7.907**	-	**5.648**
Na intrekken van TV5-TH2	110,44	-	**8.271**	-	**5.908**
Na intrekken van TV4-TV5	106,00	-	**10.054**	-	**7.181**
Na intrekken van TV3-TV4	84,28	-	**11.546**	-	**8.247**
Na intrekken van TH1-TV3	66,11	-	**11.679**	-	**8.342**
Na intrekken van TV2-TH1	64,48	**13.240**	-	**9.457**	-
Na intrekken van TV1-TV2	45,48	-	**15.856**	-	**11.326**
Na intrekken van Intrede-TV1	13,60	**16.973**	-	**12.124**	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (502,65 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$
Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (502,65 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm²]	q_n [kN/m²]	$E_{100,norm}$ [N/mm²]	υ [-]	ℓ [mm]	m [-]	λ [mm^{-1}]	k_v [N/mm³]
TV7-TV8 ..	5,00	184,71	8,17	0,3499	1.268,4	0,76	**0,00248**	**0,01633**
TV7-TV8 ..	5,00	183,60	8,13	0,3499	1.268,4	0,76	**0,00248**	**0,01633**
TV7-TV8 ..	75,00	114,96	80,41	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TH2-TV6 ..	2,00	170,42	3,06	0,4115	1.597,8	0,72	**0,00197**	**0,00649**
TH2-TV6 ..	5,00	181,54	8,06	0,3499	1.268,4	0,76	**0,00248**	**0,01633**
TH2-TV6 ..	5,00	183,34	8,12	0,3499	1.268,4	0,76	**0,00248**	**0,01633**
TV5-TH2 ..	75,00	163,26	95,83	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV5-TH2 ..	2,00	170,42	3,06	0,4115	1.597,8	0,72	**0,00197**	**0,00649**
TV4-TV5 ..	75,00	102,01	75,75	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV4-TV5 ..	75,00	118,61	81,68	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV4-TV5 ..	75,00	163,26	95,83	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV3-TV4 ..	75,00	78,32	66,37	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV3-TV4 ..	75,00	102,01	75,75	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TH1-TV3 ..	75,00	79,23	66,76	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TH1-TV3 ..	75,00	78,32	66,37	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	2,00	35,24	0,87	0,4115	1.597,8	0,72	**0,00197**	**0,00649**
TV1-TV2 ..	45,00	32,23	25,55	0,3163	703,4	0,84	**0,00447**	**0,17269**
TV1-TV2 ..	75,00	70,02	62,76	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	76,45	65,58	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	82,79	68,24	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	93,09	72,36	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**
TV1-TV2 ..	75,00	92,92	72,30	0,2989	613,4	0,86	**0,00512**	**0,29865**

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$ (Zand/Leem/Grind) of $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$ (Veen/Klei)

$K = 1 - \sin(\varphi)$ $\quad \upsilon = \dfrac{K}{1 + K}$

$\ell = \dfrac{\pi}{\lambda}$ $\quad A = \ell \cdot b$ $\quad b = \beta \cdot r_e = 120° \cdot 80 = 167,55$ mm

$\lambda = \sqrt[4]{\dfrac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$

$k_v = \dfrac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \upsilon^2) \cdot \sqrt{A}}$ (m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	R_h [m]	R_c [m]	q_r [N/mm^2]	Q_r [N/mm^1]	T_{3b} [N] (f = 1,4)	T_{3b} [N] (f = 1)
TV7-TV8 (TV7)	100,00	-	-	0,0024	0,38	271	194
TV7-TV8 (13)	100,00	-	-	0,0024	0,38	271	194
TV7-TV8 (TV8)	100,00	-	-	0,010	1,63	**560**	**400**
TH2-TV6 (TH2)	109,11	-	-	0,0014	0,22	197	141
TH2-TV6 (9)	109,11	-	-	0,0022	0,35	**248**	**177**
TH2-TV6 (TV6)	109,11	-	-	0,0022	0,35	**248**	**177**
TV5-TH2 (TV5)	109,11	250,00	100,00	0,010	1,63	**560**	**400**
TV5-TH2 (TH2)	109,11	250,00	100,00	0,0015	0,24	215	154
TV4-TV5 (TV4)	-	250,00	-	0,0041	0,65	**224**	**160**
TV4-TV5 (8)	-	250,00	-	0,0041	0,65	**224**	**160**
TV4-TV5 (TV5)	-	250,00	-	0,0041	0,65	**224**	**160**
TV3-TV4 (TV3)	109,11	250,00	100,00	0,010	1,63	**560**	**400**
TV3-TV4 (TV4)	109,11	250,00	100,00	0,010	1,63	**560**	**400**
TH1-TV3 (TH1)	-	250,00	-	0,0041	0,65	**224**	**160**
TH1-TV3 (TV3)	-	250,00	-	0,0041	0,65	**224**	**160**
TV1-TV2 (TV1)	100,00	-	-	0,0015	0,24	215	154
TV1-TV2 (1)	100,00	-	-	0,0078	1,24	489	349
TV1-TV2 (2)	100,00	-	-	0,010	1,63	**560**	**400**
TV1-TV2 (3)	100,00	-	-	0,010	1,63	**560**	**400**
TV1-TV2 (4)	100,00	-	-	0,010	1,63	**560**	**400**
TV1-TV2 (5)	100,00	-	-	0,010	1,63	**560**	**400**
TV1-TV2 (TV2)	100,00	-	-	0,010	1,63	**560**	**400**

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R} = 0{,}322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 17.801.758{,}07}{160 \cdot 0{,}9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 160$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0{,}2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,max}$ [N] (f = 1)	ΣT_{3b} [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
TV7-TV8	894	3.897	400	400	**5.190**
TH2-TV6	703	5.648	177	578	**6.929**
TV5-TH2	675	5.908	400	978	**7.561**
TV4-TV5	537	7.181	160	1.138	**8.856**
TV3-TV4	421	8.247	400	1.538	**10.206**
TH1-TV3	411	8.342	160	1.698	**10.451**
TV1-TV2	87	11.326	400	2.098	**13.511**

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht T_{3c}

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] (f = 1,4)	T_{3c} [N] (f = 1)
TV7-TV8	9,13	5.190	**461**	**329**
TH2-TV6	3,61	6.929	**244**	**174**
TV5-TH2	1,17	7.561	**86**	**61**
TV4-TV5	2,49	8.856	**215**	**154**
TV3-TV4	4,77	10.206	**475**	**340**
TH1-TV3	0,19	10.451	**19**	**14**
TV1-TV2	9,13	13.511	**1.201**	**858**

$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$

$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$

$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$

$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0{,}2$

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van f=1,4 wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV8-Uittrede	1.535	2.839	-	-	-	**4.374**	**0,44**
Na intrekken van TV7-TV8	1.251	-	5.455	560	461	**7.728**	**0,77**
Na intrekken van TV6-TV7	1.107	6.779	-	560	461	**8.908**	**0,89**
Na intrekken van TH2-TV6	985	-	7.907	809	705	**10.405**	**1,04**
Na intrekken van TV5-TH2	945	-	8.271	1.369	791	**11.377**	**1,14**
Na intrekken van TV4-TV5	751	-	10.054	1.593	1.007	**13.405**	**1,34**
Na intrekken van TV3-TV4	589	-	11.546	2.153	1.482	**15.771**	**1,58**
Na intrekken van TH1-TV3	575	-	11.679	2.377	1.501	**16.133**	**1,61**
Na intrekken van TV2-TH1	406	13.240	-	2.377	1.501	**17.523**	**1,75**
Na intrekken van TV1-TV2	121	-	15.856	2.938	2.702	**21.617**	**2,16**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	16.973	-	2.938	2.702	**22.612**	**2,26**

$T_{tot} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast (f = 1), gelden de volgende karakterisitieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van TV8-Uittrede	1.097	2.028	-	-	-	**3.124**	**0,31**
Na intrekken van TV7-TV8	894	-	3.897	400	329	**5.520**	**0,55**
Na intrekken van TV6-TV7	791	4.842	-	400	329	**6.363**	**0,64**
Na intrekken van TH2-TV6	703	-	5.648	578	504	**7.432**	**0,74**
Na intrekken van TV5-TH2	675	-	5.908	978	565	**8.126**	**0,81**
Na intrekken van TV4-TV5	537	-	7.181	1.138	719	**9.575**	**0,96**
Na intrekken van TV3-TV4	421	-	8.247	1.538	1.059	**11.265**	**1,13**
Na intrekken van TH1-TV3	411	-	8.342	1.698	1.072	**11.523**	**1,15**
Na intrekken van TV2-TH1	290	9.457	-	1.698	1.072	**12.517**	**1,25**
Na intrekken van TV1-TV2	87	-	11.326	2.098	1.930	**15.441**	**1,54**
Na intrekken van Intrede-TV1	0	12.124	-	2.098	1.930	**16.152**	**1,62**

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **16.152 N (≈ 1,62 ton)**.
Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]
Na intrekken van TV8-Uittrede	4.374	**0,66**
Na intrekken van TV7-TV8	7.728	**1,16**
Na intrekken van TV6-TV7	8.908	**1,34**
Na intrekken van TH2-TV6	10.405	**1,56**
Na intrekken van TV5-TH2	11.377	**1,71**
Na intrekken van TV4-TV5	13.405	**2,01**
Na intrekken van TV3-TV4	15.771	**2,36**
Na intrekken van TH1-TV3	16.133	**2,42**
Na intrekken van TV2-TH1	17.523	**2,63**
Na intrekken van TV1-TV2	21.617	**3,24**
Na intrekken van Intrede-TV1	22.612	**3,39**

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10}$$

5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm^2]
TV7-TV8	100,00	269.993,33	**1,21**
TH2-TV6	109,11	247.450,58	**1,11**
TV5-TH2	100,00	269.991,14	**1,21**
TV4-TV5	250,00	107.997,33	**0,49**
TV3-TV4	100,00	269.991,14	**1,21**
TH1-TV3	250,00	107.997,33	**0,49**
TV1-TV2	100,00	269.993,33	**1,21**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{222.521,98}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm^2]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	σ_a [N/mm^2]
Na intrekken van TV8-Uittrede	4.374	0,66	-	**0,66**
Na intrekken van TV7-TV8	7.728	1,16	1,21	**1,95**
Na intrekken van TV6-TV7	8.908	1,34	-	**1,34**
Na intrekken van TH2-TV6	10.405	1,56	1,11	**2,28**
Na intrekken van TV5-TH2	11.377	1,71	1,21	**2,49**
Na intrekken van TV4-TV5	13.405	2,01	0,49	**2,33**
Na intrekken van TV3-TV4	15.771	2,36	1,21	**3,15**
Na intrekken van TH1-TV3	16.133	2,42	0,49	**2,73**
Na intrekken van TV2-TH1	17.523	2,63	-	**2,63**
Na intrekken van TV1-TV2	21.617	3,24	1,21	**4,03**
Na intrekken van Intrede-TV1	22.612	3,39	-	**3,39**

Rechte delen: $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669{,}10} = \sigma_t$

Gebogen delen: $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0{,}65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning: σ_{kd} = MRS = **10,00** N/mm^2

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 4{,}03 \leq 10{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0{,}00$ N/mm^2

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1{,}00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m^2]	q_{nat} [kN/m^2]	q_n [kN/m^2]	Q_n [N/mm^1]
TV1	4,28	1,05	Klei	15,50	19,74	35,24	5,64
1	4,54	0,14	Zand	1,95	30,28	32,23	5,16
2	7,65	0,07	Zand	1,07	68,95	70,02	11,20
3	8,11	0,36	Zand	5,20	71,25	76,45	12,23
4	8,60	0,41	Zand	5,87	76,92	82,79	13,25
5	9,29	1,04	Zand	15,25	77,83	93,09	14,89
TV2	9,28	1,02	Zand	14,97	77,95	92,92	14,87
6	9,30	1,04	Zand	15,27	77,95	93,22	14,91
7	8,42	0,16	Zand	2,26	77,95	80,21	12,83
TH1	8,35	0,09	Zand	1,28	77,95	79,23	12,68
TV3	8,29	0,03	Zand	0,37	77,95	78,32	12,53
TV4	10,07	0,30	Zand	4,33	97,68	102,01	16,32
8	11,24	1,03	Zand	15,12	103,48	118,61	18,98
TV5	14,58	1,21	Zand	18,56	144,71	163,26	26,12
TH2	15,21	1,19	Klei	18,26	152,17	170,42	27,27
9	16,27	1,39	Klei	22,16	159,38	181,54	29,05
TV6	16,36	1,48	Klei	23,93	159,41	183,34	29,33
10	16,72	1,84	Klei	31,18	159,41	190,59	30,50
11	16,76	1,88	Klei	31,99	159,41	191,40	30,62
12	16,97	2,09	Klei	36,01	159,41	195,42	31,27
TV7	16,43	1,55	Klei	25,30	159,41	184,71	29,55
13	16,37	1,49	Klei	24,21	159,39	183,60	29,38
TV8	10,94	1,09	Zand	16,33	98,63	114,96	18,39
14	7,73	0,86	Zand	12,49	59,68	72,18	11,55
15	5,43	0,05	Klei	0,73	40,28	41,01	6,56
16	4,53	0,95	Klei	13,79	21,98	35,78	5,72

$q_{droog} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$

$q_{nat} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$

$Q_n = q_n \cdot D_o = (1{,}1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1{,}1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 160$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m^2]	Q_v [N/mm^1]
TV1	4,28	Grafiek ½ x II	2,44	0,39
1	4,54	Grafiek ½ x II	2,27	0,36
2	7,65	Grafiek ½ x II	1,19	0,19
3	8,11	Grafiek ½ x II	1,10	0,18
4	8,60	Grafiek ½ x II	1,02	0,16
5	9,29	Grafiek ½ x II	0,92	0,15
TV2	9,28	Grafiek ½ x II	0,93	0,15
6	9,30	Grafiek ½ x II	0,92	0,15
7	8,42	Grafiek ½ x II	1,05	0,17
TH1	8,35	Grafiek ½ x II	1,06	0,17
TV3	8,29	Grafiek ½ x II	1,07	0,17
TV4	10,07	Grafiek ½ x II	0,83	0,13
8	11,24	Grafiek I	3,54	0,57
TV5	14,58	Grafiek I	2,31	0,37
TH2	15,21	Grafiek I	2,14	0,34
9	16,27	Grafiek I	1,91	0,30
TV6	16,36	Grafiek I	1,89	0,30
10	16,72	Grafiek I	1,81	0,29
11	16,76	Grafiek I	1,81	0,29
12	16,97	Grafiek I	1,77	0,28
TV7	16,43	Grafiek I	1,87	0,30
13	16,37	Grafiek I	1,88	0,30
TV8	10,94	Grafiek I	3,69	0,59
14	7,73	Grafiek ½ x II	1,17	0,19
15	5,43	Grafiek ½ x II	1,82	0,29
16	4,53	Grafiek ½ x II	2,27	0,36

$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_{boven} [N/mm^1]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm^2]
TV1	✓	5,64	0,39	6,03	22,53(1)	**0,63**
1	✓	5,16	0,36	5,52	32,39(1)	**0,91**
2	✓	11,20	0,19	11,39	70,56(1)	**1,99**
3	✓	12,23	0,18	12,41	76,85(1)	**2,16**
4	✓	13,25	0,16	13,41	83,06(1)	**2,34**
5	✓	14,89	0,15	15,04	93,16(1)	**2,62**
TV2	✓	14,87	0,15	15,02	93,00(1)	**2,62**
6	✓	14,91	0,15	15,06	93,29(1)	**2,63**
7	✓	12,83	0,17	13,00	80,52(1)	**2,27**
TH1	✓	12,68	0,17	12,85	79,57(1)	**2,24**
TV3	✓	12,53	0,17	12,70	78,67(1)	**2,21**
TV4	✓	16,32	0,13	16,45	101,91(1)	**2,87**
8	✓	18,98	0,57	19,54	121,04(1)	**3,41**
TV5	✓	26,12	0,37	26,49	164,07(1)	**4,62**
TH2	✓	27,27	0,34	27,61	103,17(1)	**2,90**
9	✓	29,05	0,30	29,35	152,23(1)	**4,28**
TV6	✓	29,33	0,30	29,64	153,71(1)	**4,33**
10	✓	30,50	0,29	30,79	159,67(1)	**4,49**
11	✓	30,62	0,29	30,91	160,33(1)	**4,51**
12	✓	31,27	0,28	31,55	163,64(1)	**4,61**
TV7	✓	29,55	0,30	29,85	154,84(1)	**4,36**
13	✓	29,38	0,30	29,68	153,92(1)	**4,33**
TV8	✓	18,39	0,59	18,98	117,57(1)	**3,31**
14	✓	11,55	0,19	11,74	72,69(1)	**2,05**
15	✓	6,56	0,29	6,85	30,66(1)	**0,86**
16	✓	5,72	0,36	6,09	22,74(1)	**0,64**

Indien horizontale steundruk: $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$ (1)

$M_q = 0{,}138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70 - 0{,}143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72{,}70$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1{,}00 \cdot \frac{M_q}{35{,}53}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

8. Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	q_r [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]
TV1	100,00	0,0015	0,045
1	100,00	0,0078	0,23
2	100,00	0,010	0,30
3	100,00	0,010	0,30
4	100,00	0,010	0,30
5	100,00	0,010	0,30
TV2	100,00	0,010	0,30
TH1	250,00	0,0041	0,12
TV3	100,00	0,010	0,30
TV4	100,00	0,010	0,30
8	250,00	0,0041	0,12
TV5	100,00	0,010	0,30
TH2	100,00	0,0015	0,045
9	109,11	0,0022	0,065
TV6	109,11	0,0022	0,065
TV7	100,00	0,0024	0,071
13	100,00	0,0024	0,071
TV8	100,00	0,010	0,30

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0{,}083 \cdot q_r \cdot 160 \cdot \frac{80{,}00}{35{,}53}$$

9. Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

σ_{ax} = **0** N/mm^2

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{259{,}34}{145{,}4^3} = 0{,}0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82{,}26} \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2** kN/m^2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0{,}4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350{,}00 \cdot 259{,}34}{145{,}40^3} = 0{,}28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H_n [m]
TV1	4,28	1,05	**3,22**
1	4,54	0,14	**4,40**
2	7,65	0,07	**7,58**
3	8,11	0,36	**7,75**
4	8,60	0,41	**8,19**
5	9,29	1,04	**8,25**
TV2	9,28	1,02	**8,26**
6	9,30	1,04	**8,26**
7	8,42	0,16	**8,26**
TH1	8,35	0,09	**8,26**
TV3	8,29	0,03	**8,26**
TV4	10,07	0,30	**9,77**
8	11,24	1,03	**10,20**
TV5	14,58	1,21	**13,37**
TH2	15,21	1,19	**14,02**
9	16,27	1,39	**14,88**
TV6	16,36	1,48	**14,88**
10	16,72	1,84	**14,88**
11	16,76	1,88	**14,88**
12	16,97	2,09	**14,88**
TV7	16,43	1,55	**14,88**
13	16,37	1,49	**14,88**
TV8	10,94	1,09	**9,84**
14	7,73	0,86	**6,87**
15	5,43	0,05	**5,38**
16	4,53	0,95	**3,59**

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 14{,}88 < 28{,}12 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm^2]	σ_{qr} [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm^2]
TV1	0,63	0,045	0,65	**0,44**
1	0,91	0,23	0,65	**0,74**
2	1,99	0,30	0,65	**1,49**
3	2,16	0,30	0,65	**1,60**
4	2,34	0,30	0,65	**1,72**
5	2,62	0,30	0,65	**1,90**
TV2	2,62	0,30	0,65	**1,90**
6	2,63	-	0,65	**1,71**
7	2,27	-	0,65	**1,47**
TH1	2,24	0,12	0,65	**1,54**
TV3	2,21	0,30	0,65	**1,64**
TV4	2,87	0,30	0,65	**2,06**
8	3,41	0,12	0,65	**2,29**
TV5	4,62	0,30	0,65	**3,20**
TH2	2,90	0,045	0,65	**1,92**
9	4,28	0,065	0,65	**2,83**
TV6	4,33	0,065	0,65	**2,85**
10	4,49	-	0,65	**2,92**
11	4,51	-	0,65	**2,93**
12	4,61	-	0,65	**2,99**
TV7	4,36	0,071	0,65	**2,88**
13	4,33	0,071	0,65	**2,86**
TV8	3,31	0,30	0,65	**2,35**
14	2,05	-	0,65	**1,33**
15	0,86	-	0,65	**0,56**
16	0,64	-	0,65	**0,42**

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \overline{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 3{,}20 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm^2]	σ_{ax} [N/mm^2]	σ_b [N/mm^2]	α_σ [-]	σ_x [N/mm^2]
TV1	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
1	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
2	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
3	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
4	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
5	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
TV2	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
6	0,00	0,00	-	-	**0,00**
7	0,00	0,00	-	-	**0,00**
TH1	0,00	0,00	0,49	0,65	**0,32**
TV3	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
TV4	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
8	0,00	0,00	0,49	0,65	**0,32**
TV5	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
TH2	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
9	0,00	0,00	1,11	0,65	**0,72**
TV6	0,00	0,00	1,11	0,65	**0,72**
10	0,00	0,00	-	-	**0,00**
11	0,00	0,00	-	-	**0,00**
12	0,00	0,00	-	-	**0,00**
TV7	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
13	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
TV8	0,00	0,00	1,21	0,65	**0,79**
14	0,00	0,00	-	-	**0,00**
15	0,00	0,00	-	-	**0,00**
16	0,00	0,00	-	-	**0,00**

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t =$ **8,00** N/mm^2

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0{,}79 \leq 8{,}00 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm^1]	Q_v [N/mm^1]	Q_r [N/mm^1]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
TV1	5,64	0,39	0,24	**0,56**	0,38
1	5,16	0,36	1,24	**1,02**	0,70
2	11,20	0,19	1,63	**2,32**	1,60
3	12,23	0,18	1,63	**2,53**	1,74
4	13,25	0,16	1,63	**2,74**	1,88
5	14,89	0,15	1,63	**3,07**	2,11
TV2	14,87	0,15	1,63	**3,07**	2,11
6	14,91	0,15	-	**3,08**	2,12
7	12,83	0,17	-	**2,65**	1,82
TH1	12,68	0,17	0,65	**2,62**	1,80
TV3	12,53	0,17	1,63	**2,59**	1,78
TV4	16,32	0,13	1,63	**3,37**	2,31
8	18,98	0,57	0,65	**3,95**	2,72
TV5	26,12	0,37	1,63	**5,40**	3,72
TH2	27,27	0,34	0,24	**2,62**	1,80
9	29,05	0,30	0,35	**4,68**	3,22
TV6	29,33	0,30	0,35	**4,73**	3,25
10	30,50	0,29	-	**4,91**	3,38
11	30,62	0,29	-	**4,93**	3,39
12	31,27	0,28	-	**5,03**	3,46
TV7	29,55	0,30	0,38	**4,76**	3,27
13	29,38	0,30	0,38	**4,73**	3,26
TV8	18,39	0,59	1,63	**3,84**	2,64
14	11,55	0,19	-	**2,39**	1,64
15	6,56	0,29	-	**0,86**	0,59
16	5,72	0,36	-	**0,56**	0,39

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot Q - 0{,}095 \cdot Q_{n;h} + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0{,}089 \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) - 0{,}095 \cdot (1 - \sin\varphi) \cdot (Q_n + ½ \cdot Q_v) + 0{,}048 \cdot Q_r) \cdot 72{,}70^3}{350 \cdot 259{,}34}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8{,}00\% \cdot D_g = 0{,}08 \cdot 145{,}40 =$ **11,63** mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 5{,}40 \leq 11{,}63 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m^2]	σ_{hor} [kN/m^2]	σ_o' [kN/m^2]	p'_f [kN/m^2]	$E_{100,norm}$ [MN/m^2]
TV1	4,28	23,53	16,46	19,99	30,77	0,87
1	4,54	19,01	8,79	13,90	21,37	25,55
2	7,65	44,71	19,07	31,89	50,18	62,76
3	8,11	49,74	21,21	35,47	55,82	65,58
4	8,60	54,21	23,12	38,66	60,84	68,24
5	9,29	62,62	26,70	44,66	70,28	72,36
TV2	9,28	62,46	26,64	44,55	70,10	72,30
6	9,30	62,70	26,74	44,72	70,37	72,41
7	8,42	51,95	22,15	37,05	58,31	67,17
TH1	8,35	51,14	21,81	36,48	57,40	66,76
TV3	8,29	50,39	21,49	35,94	56,55	66,37
TV4	10,07	67,35	28,72	48,03	75,58	75,75
8	11,24	80,31	34,25	57,28	90,13	81,68
TV5	14,58	111,72	47,64	79,68	125,39	95,83
TH2	15,21	116,52	81,48	99,00	133,54	3,06
9	16,27	124,21	66,86	95,53	140,53	8,06
TV6	16,36	125,70	67,66	96,68	142,20	8,12
10	16,72	131,69	70,88	101,29	148,94	8,38
11	16,76	132,36	71,24	101,80	149,69	8,40
12	16,97	135,68	73,03	104,36	153,43	8,55
TV7	16,43	126,83	68,27	97,55	143,48	8,17
13	16,37	125,91	67,77	96,84	142,45	8,13
TV8	10,94	77,92	33,23	55,58	87,45	80,41
14	7,73	47,73	20,35	34,04	53,57	63,72
15	5,43	24,56	15,16	19,86	32,08	1,47
16	4,53	23,34	16,32	19,83	25,79	0,44

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1+\sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m$ (Zand/Leem/Grind $\rightarrow$ m = 0,5; Veen/Klei $\rightarrow$ m = 0,8)

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Locatie	G [MN/m²]	Q [-]	u [N/mm²]	υ [-]	p_{lim} [N/mm²]	90% p_{lim} [bar] 1
TV1	0,31	0,035	0,0322	0,4115	0,12	**1,06**
1	9,70	0,00077	0,0440	0,3163	0,31	**2,75**
2	24,16	0,00076	0,0758	0,2989	0,76	**6,88**
3	25,24	0,00081	0,0775	0,2989	0,83	**7,44**
4	26,27	0,00084	0,0819	0,2989	0,88	**7,96**
5	27,85	0,00092	0,0825	0,2989	0,98	**8,83**
TV2	27,83	0,00092	0,0826	0,2989	0,98	**8,82**
6	27,87	0,00092	0,0826	0,2989	0,98	**8,84**
7	25,86	0,00082	0,0826	0,2989	0,86	**7,73**
TH1	25,70	0,00081	0,0826	0,2989	0,85	**7,65**
TV3	25,55	0,00081	0,0826	0,2989	0,84	**7,57**
TV4	29,16	0,00094	0,0977	0,2989	1,05	**9,49**
8	31,44	0,0010	0,1020	0,2989	1,20	**10,82**
TV5	36,89	0,0012	0,1337	0,2989	1,57	**14,15**
TH2	1,09	0,032	0,1402	0,4115	0,46	**4,10**
9	2,98	0,015	0,1488	0,3499	0,68	**6,14**
TV6	3,01	0,015	0,1488	0,3499	0,69	**6,20**
10	3,10	0,015	0,1488	0,3499	0,71	**6,40**
11	3,11	0,015	0,1488	0,3499	0,71	**6,42**
12	3,17	0,016	0,1488	0,3499	0,73	**6,54**
TV7	3,03	0,015	0,1488	0,3499	0,69	**6,23**
13	3,01	0,015	0,1488	0,3499	0,69	**6,20**
TV8	30,95	0,0010	0,0984	0,2989	1,17	**10,54**
14	24,53	0,00080	0,0687	0,2989	0,79	**7,12**
15	0,53	0,023	0,0538	0,3817	0,17	**1,50**
16	0,16	0,038	0,0359	0,4115	0,09	**0,82**

$$G = \frac{E_{100,norm}}{2 \cdot (1 + \upsilon)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$\upsilon = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 3
TV1	2,14	0,06	4,26	0,12	**1,17**	0,05	**0,52**
1	0,71	0,07	5,44	0,16	**1,57**	0,07	**0,67**
2	0,72	0,03	8,62	0,36	**3,63**	0,11	**1,08**
3	0,70	0,03	8,79	0,39	**3,90**	0,11	**1,10**
4	0,68	0,03	9,23	0,42	**4,17**	0,12	**1,17**
5	0,65	0,02	9,29	0,46	**4,57**	0,12	**1,18**
TV2	0,65	0,02	9,30	0,46	**4,57**	0,12	**1,18**
6	0,65	0,03	9,30	0,46	**4,58**	0,12	**1,19**
7	0,69	0,03	9,30	0,41	**4,07**	0,12	**1,20**
TH1	0,69	0,04	9,30	0,40	**4,03**	0,12	**1,23**
TV3	0,70	0,04	9,30	0,40	**3,99**	0,12	**1,24**
TV4	0,64	0,03	10,81	0,50	**4,97**	0,15	**1,46**
8	0,61	0,03	11,24	0,56	**5,61**	0,15	**1,51**
TV5	0,56	0,02	14,41	0,73	**7,34**	0,19	**1,93**
TH2	7,60	0,06	15,06	0,46	**4,56**	0,20	**2,01**
9	8,13	0,06	15,92	0,68	**6,82**	0,21	**2,14**
TV6	8,18	0,06	15,92	0,69	**6,88**	0,21	**2,15**
10	8,36	0,06	15,92	0,71	**7,10**	0,22	**2,16**
11	8,38	0,06	15,92	0,71	**7,13**	0,22	**2,17**
12	8,48	0,06	15,92	0,73	**7,26**	0,22	**2,18**
TV7	8,21	0,06	15,92	0,69	**6,92**	0,22	**2,19**
13	8,19	0,06	15,92	0,69	**6,89**	0,22	**2,19**
TV8	0,62	0,05	10,88	0,55	**5,46**	0,17	**1,69**
14	0,70	0,09	7,91	0,37	**3,70**	0,14	**1,37**
15	2,71	0,06	6,42	0,17	**1,66**	0,12	**1,21**
16	2,27	2,27	4,63	0,09	**0,90**	0,10	**1,02**

$$R_{p,max} = \frac{H}{2};\ R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}\ \text{of}\ \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{125}{2} = 62{,}5\ \text{mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,max}}^{2} + Q\right)^{\frac{-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (125^2 - 67^2)} = 0{,}572\ \text{m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)}\right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}572}{(125 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(125 - 67)}\right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o \Big/ \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1+\sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)} - Q}$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

14.2 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm²]	p_{min} [bar] 5
16	2,27	0,07	4,58	0,09	**0,90**	0,06(1)	**0,56**
15	2,71	0,08	6,37	0,16	**1,65**	0,08(1)	**0,78**
14	1,23	0,04	7,86	0,37	**3,70**	0,10(1)	**0,96**
TV8	1,08	0,03	10,83	0,55	**5,46**	0,13(1)	**1,33**
13	8,19	0,02	15,87	0,69	**6,87**	0,20(1)	**1,98**
TV7	8,21	0,02	15,87	0,69	**6,91**	0,20(1)	**1,98**
12	8,48	0,02	15,87	0,72	**7,24**	0,20(1)	**1,99**
11	8,38	0,02	15,87	0,71	**7,12**	0,20(1)	**2,00**
10	8,36	0,02	15,87	0,71	**7,09**	0,20(1)	**2,01**
TV6	8,18	0,02	15,87	0,69	**6,86**	0,20(1)	**2,02**
9	8,13	0,02	15,87	0,68	**6,81**	0,20(1)	**2,02**
TH2	7,60	0,02	15,01	0,46	**4,55**	0,20(1)	**1,95**
TV5	0,99	0,04	14,36	0,73	**7,34**	0,19(1)	**1,89**
8	1,08	0,06	11,19	0,56	**5,61**	0,16(1)	**1,57**
TV4	1,13	0,07	10,76	0,50	**4,97**	0,15(1)	**1,53**
TV3	1,22	0,09	9,25	0,40	**3,99**	0,13(2)	**1,32**
TH1	1,22	0,09	9,25	0,40	**4,03**	0,13(2)	**1,31**
7	1,21	0,07	9,25	0,41	**4,07**	0,13(2)	**1,27**
6	1,15	0,06	9,25	0,46	**4,58**	0,13(2)	**1,25**
TV2	1,15	0,05	9,25	0,46	**4,57**	0,12(2)	**1,24**
5	1,15	0,05	9,24	0,46	**4,57**	0,12(2)	**1,23**
4	1,20	0,06	9,18	0,42	**4,17**	0,12(2)	**1,22**
3	1,23	0,06	8,74	0,39	**3,90**	0,11(2)	**1,14**
2	1,26	0,07	8,57	0,36	**3,63**	0,11(2)	**1,12**
1	1,25	0,14	5,39	0,16	**1,57**	0,07(2)	**0,69**
TV1	2,14	0,07	4,21	0,12	**1,16**	0,05(2)	**0,54**

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{220}{2} = 110 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_o^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (220^2 - 160^2)} = 0{,}372 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{400}{1/4 \cdot \pi \cdot (220^2 - 67^2)} = 0{,}762 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_{g,i} - D_o)} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}372}{(220 - 160)^2} + \frac{13{,}4}{(220 - 160)} \right) \cdot (206{,}75 - L) + 11{,}5 \cdot \Delta h_{uit} \qquad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0{,}009 \cdot 0{,}762}{(406{,}4 - 67)^2} + \frac{13{,}4}{(406{,}4 - 67)} \right) \cdot L + 11{,}5 \cdot \Delta h_{in} \qquad (2)$$

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

Locatie	p_{min} [N/mm²]	$p_{o,kort}$ [N/mm²]
16	0,06	1,57
15	0,08	1,57
14	0,10	1,57
TV8	0,13	1,57
13	0,20	1,57
TV7	0,20	1,57
12	0,20	1,57
11	0,20	1,57
10	0,20	1,57
TV6	0,20	1,57
9	0,20	1,57
TH2	0,20	1,57
TV5	0,19	1,57
8	0,16	1,57
TV4	0,15	1,57
TV3	0,13	1,57
TH1	0,13	1,57
7	0,13	1,57
6	0,13	1,57
TV2	0,12	1,57
5	0,12	1,57
4	0,12	1,57
3	0,11	1,57
2	0,11	1,57
1	0,07	1,57
TV1	0,05	1,57

Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot I_w}{D_g^3}$$

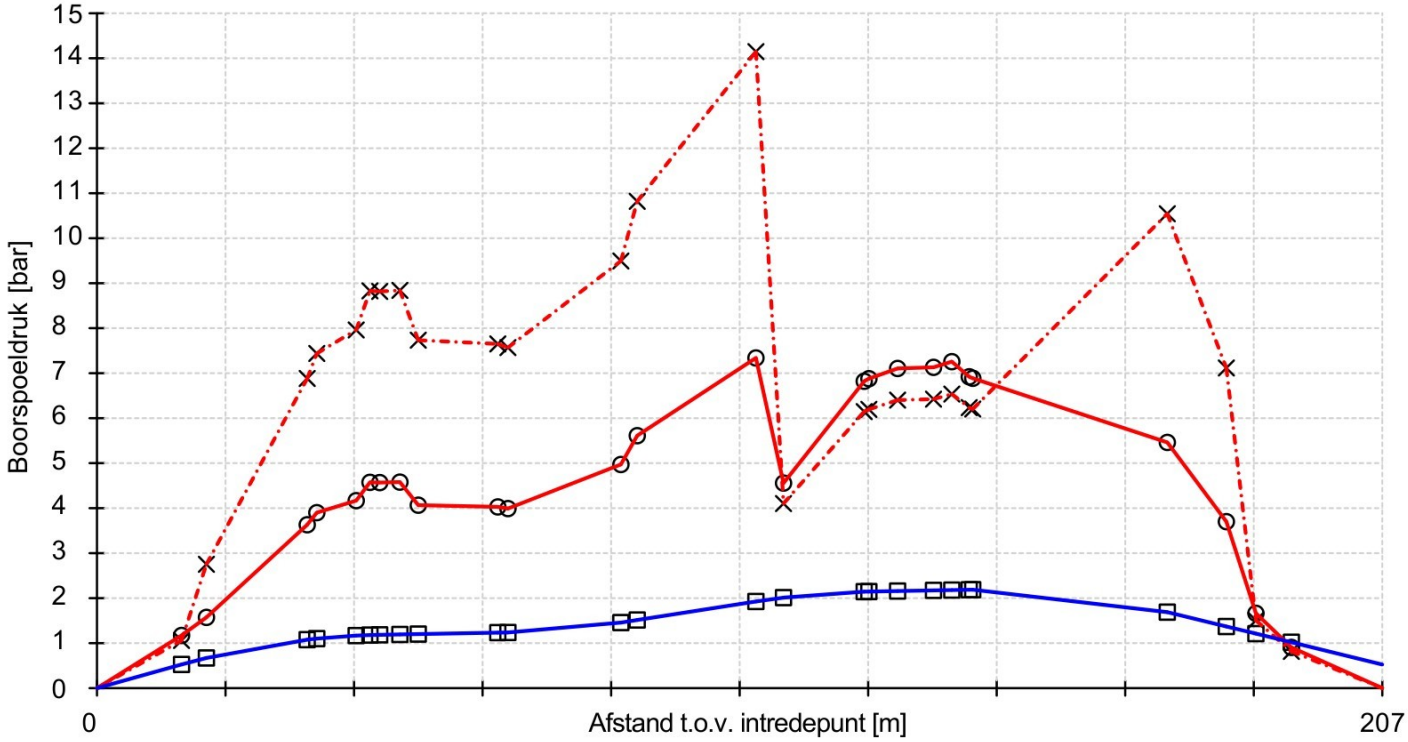
$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,20 \leq 1,57 \rightarrow$ Voldoet

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

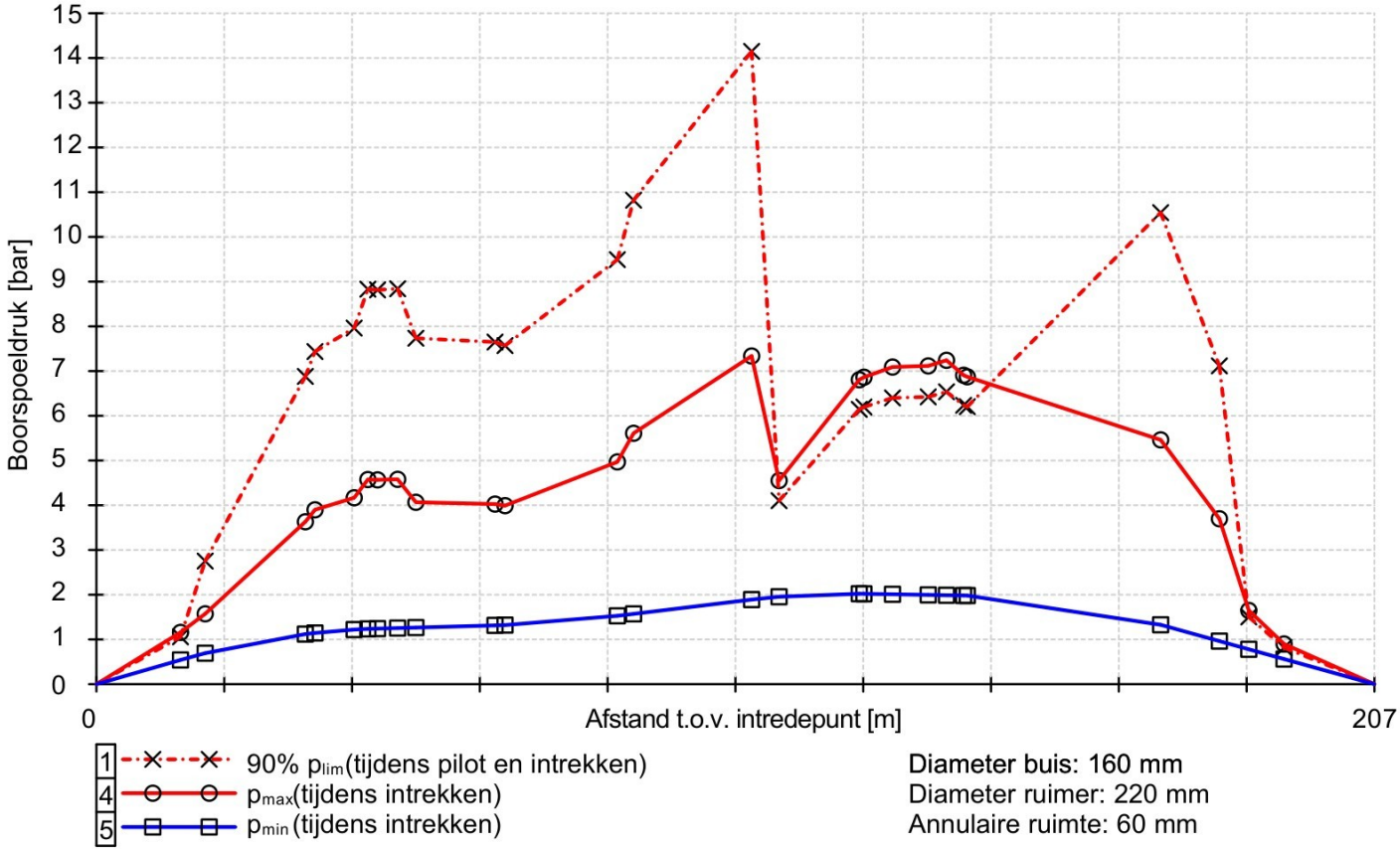
Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,p}$ = 13,4 Pa / η_p = 0,009 Pas / $Q_{m,p}$ = 300 l/min)



Diameter boorstang: 67 mm
Diameter boorkop: 125 mm
Annulaire ruimte: 58 mm

16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i}$ = 11,5 kN/m³ / $\tau_{y,i}$ = 13,4 Pa / η_i = 0,009 Pas / $Q_{m,i}$ = 400 l/min)



Diameter buis: 160 mm
Diameter ruimer: 220 mm
Annulaire ruimte: 60 mm

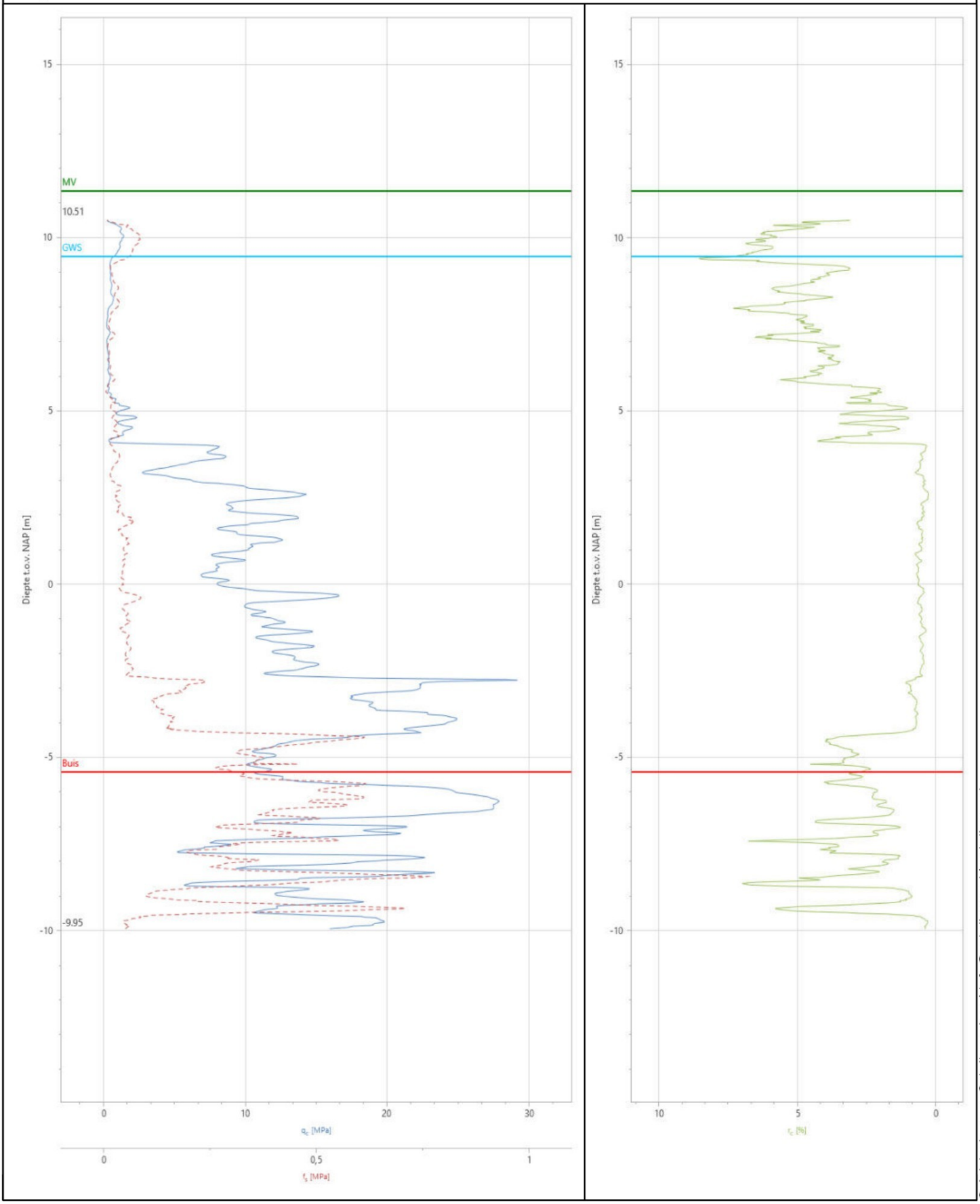
10-04-2026 16:10:30

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2025 1.4 ©

08

Naam van het project : B4013
Projectonderdeel : 15T - 1x160



© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Bijlage 5: Certificaat bentoniet

De Bentonietfabriek B.V.
Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- Plastic Viscosity 12 – 14 CP
- Yield Point 23 – 25 lb/100ft²
- March funnel 55 – 60 seconds
- Fluid loss <15 ml/30 min

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018
*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.

Bijlage 6: Boorstaat

(Registratieformulier boorgegevens)

Opdrachtgever		holland drilling	
Projectnr.			
Uitvoeringsdatum			
Plaats			
Adres		Boormachine (ton)	2,5 / 9 / 18 / 30 / 45 / 80
Boormeester		Surveyor (CV)	
Testen kalibreren	Ja / Nee	Machinist	
Klic aanwezig	Ja / Nee	Boringnr.	
Tekening aanwezig	Ja / Nee	Boorlengte	meter
Buis geleverd	Ja / Nee	Diameter buis	Ø SDR
Pilotboring	Ja / Nee	Lengte geleverde buis	meter
Spoeling afgevoerd	Opdr.gever / Loonw. / HD	Haspel nummer	
Zelf grondwerk	Ja / Nee	Restant lengte op haspel	
Zelf digitaal ingemeten	Ja / Nee	Hoeveelheid spoeling	m³
Schets getekend	Ja / Nee	Aantal uren grondwerk	uur

Stang	Diepte	Pitch	Duwkr. (kN)	Trekkr. (kN)	Rotatie (rpm)	Pomp (l/min)	Pompdr. (bar)	Opdracht / bijzonderheden
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

Aldus ingevuld door uitvoerende Naam boormeester Handtekening	Voor akkoord opdrachtgever Naam uitvoerder Handtekening

Bijlage 7: Afwijkingen Richtlijn Boortechnieken

Afkomstig van versie juni 2019-v1.0

Afwijkingen

Gronddekking en aanlegniveau onder wegen
Onderdeel van het aanlegniveau van een boring is de gronddekking. In deze richtlijn wordt onder gronddekking verstaan:

> *Gronddekking is de afstand tussen het diepste punt van de onderzijde van de (on)gebonden (steen)funderingslaag van de verharding en de bovenzijde van het boorgat.*

In het ontwerp dient rekening te worden gehouden met de maximaal toegestane afwijking tijdens de uitvoering.

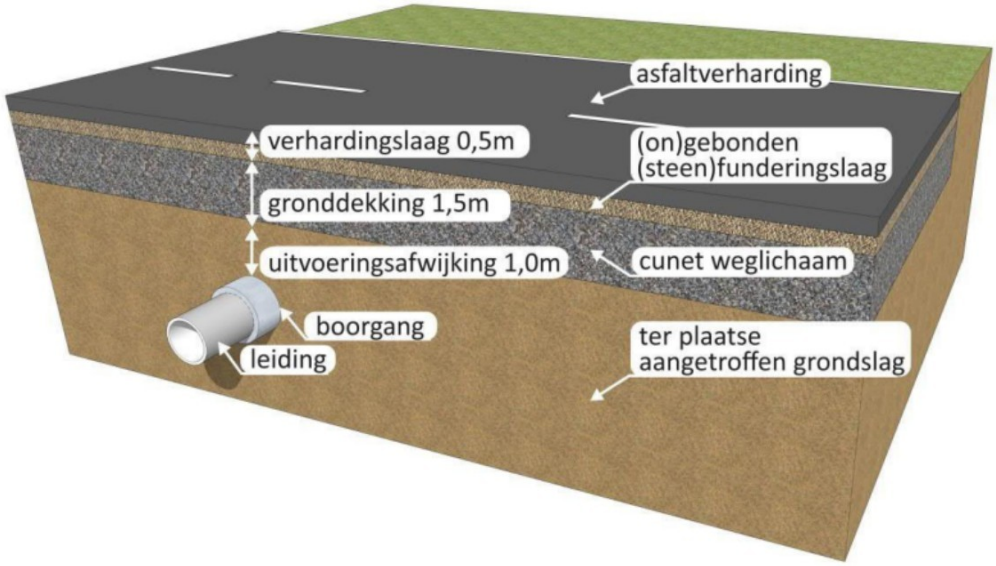
In figuur 7 is een schematische weergave gegeven van de gronddekking voor HDD-boringen. Indien de dikte van de verhardingslaag (inclusief de [on]gebonden [steen]funderingslaag) niet bekend is en er geen aanwijzingen zijn dat de dikte van de verhardingslaag > 0,5 meter, dan dient voor deze dikte 0,5 meter aangehouden te worden. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met eventuele afwijkingen tijdens het uitvoeren van de boring. Voor de uitvoeringsafwijking dient 1,0 meter te worden aangehouden, tenzij wordt onderbouwd dat hier een kleinere waarde voor gehanteerd kan worden.

Voor HDD-boringen geldt dat de gronddekking ter plaatse van de verharding minimaal moet voldoen aan de volgende eis:

- in cohesieve grond: minimaal 1,5 meter;
- in niet-cohesieve grond: 6 x de buitendiameter van de aan te brengen leiding met een minimum van 1,5 meter.

Een uitzondering geldt voor boringen van drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. Hier geldt aan de rand van de weg een minimale gronddekking ≥ 1,5 meter ten opzichte van bovenkant maaiveld, waarbij geen rekening hoeft te worden gehouden met de verhardingslaag en uitvoeringsafwijking.

Op basis van de minimale gronddekking dient ook het aanlegniveau (de uitwendige onderzijde van de aan te leggen leiding) te worden bepaald. Het aanlegniveau dient te worden gebaseerd op de gronddekking, maximale uitvoeringsafwijking, de uitwendige leidingdiameter, de dikte van de funderingslaag. Het aanlegniveau dient ten opzichte van NAP te worden aangegeven.



Figuur 8: Minimale toegestane dekking onder wegverharding volgens Richtlijn Boortechnieken

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 meter betekent praktisch gezien een gronddekking van minimaal 3,0 meter tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 meter gronddekking + 0,5 meter verhardingslaag + 1,0 meter uitvoeringsafwijking).

In- en uittredepunten
De in- en uittredepunten dienen zodanig te worden gekozen dat de stabiliteit van de aardebaan blijft gewaarborgd. Indien het in- en/of uittredepunt binnen de stabiliteitszone van de aardebaan ligt, dient door berekeningen te worden aangetoond dat de stabiliteit gewaarborgd blijft. De stabiliteitszone dient te worden bepaald conform de NEN 3651 artikel 6.2.2.

Een uitzondering kan gemaakt worden voor drukloze leidingen ≤ 160 mm ten behoeve van kabels. De in- en uittredepunten (incl. eventuele ontgraving) dienen te liggen buiten de lijn welke op 1,0 meter van de rand verharding en onder een helling van 1:1,5 (vert:hor) naar beneden gaat.

Specifieke ontwerpeisen HDD-boringen onder waterwegen
Voor HDD-boringen onder waterwegen gelden:

- de voorwaarden voor HDD-boringen onder wegen (zie paragraaf 2.4);
- de voorwaarden uit NEN 3651;
- de in deze paragraaf opgenomen aanvullende bepalingen.

Bijlage 8: Drill Control Rapportage ontwerp boring

OVERZICHT
==========
Rapportagedatum: 27-02-2026
Gemaakt met: Drill Control v9.0.2508
Gemaakt door: lsijstermans

Naam boring: B4013, langs tracé B4013

Boringtype: Buis
Materiaal: PE (Polyethyleen), specificatie: SDR 11 (160mm)
Opgegeven toetsingswaarde: 50.00m
Controlepunten: 1
Controlepunten worden genegeerd in deze ontwerpmethode.
Ontwerpmethode: Polylijn

ONTWERPWAARDEN
==========
Intredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 17.66m
Diepte onder maaiveld: -0.01m
Locatie: 194145.92,432384.87,10.51

Uittredepunt:
Afstand vanaf start tracé: 220.44m
Diepte onder maaiveld: 0.10m
Locatie: 194347.88,432392.15,10.46

Te boren lengte: 206.75m

Intredelengte: 13.60m
Uittredelengte: 34.58m

Ontwerpboring bevat gecombineerde bogen.
Gecombineerde boogradius: 100.00m
Gecombineerde boogradius: 100.00m

AFWIJKINGEN
==========
Geen afwijkingen gevonden.

ONTWERP PARAMETERS
==========
Opgegeven minimum lengte intrede: 3.00m
Opgegeven radius boog: 100.00m
Opgegeven minimum lengte uittrede: 3.00m

ONTWERPBORING STATUS
==========
Het boringontwerp voldoet aan de uitgangspunten..