

Rapport:

FUNDERINGSADVIES

Onderwijs huisvesting, Hogelandsepad
te **Lansingerland**

Opdrachtgever:

BM&A
Sluisendijk 7
3274BM Heinenoord

Constructeur:

Geelhoed Engineering b.v.

Projectnummer:

2302072-XF

Versie: 1

Rapportdatum:

22 december 2023

Norm / richtlijn:

NEN 9997-1+C2:2017 nl

Auteur:

Y.A.M. van de Laar, BBA / ir. E. Corovic

Vrijgave:

22-12-2023

X 

Ondertekend door: Erol Corovic

Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Locatiegegevens	1
1.3	Plangegevens	1
1.3.1	Bouwplan	1
1.3.2	Verstreckte plangegevens	2
2	Onderzoeksprogramma	3
2.1	Veldonderzoek	3
2.2	Archief-/dossieronderzoek	3
2.3	Overleg / inventarisatie	3
3	Bodem, water en omgeving	4
3.1	Hoogte maaiveld	4
3.2	Bodem	4
3.2.1	Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie	4
3.2.2	Geologie van de planlocatie en omgeving	4
3.3	Water	5
3.3.1	Grondwater	5
4	Funderingsadvies	6
4.1	Funderingsontwerp	6
4.1.1	Funderingskeuze	6
4.1.2	Paalkeuze	7
4.1.3	Beschrijving paaltype: Prefab betonpaal	7
4.1.4	Beschrijving paaltype: Stalen buispaal	8
4.2	Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden	9
5	Berekening fundering op palen	10
5.1	Uitgangspunten berekening	10
5.1.1	Rekenmethode	10
5.1.2	Geometrische gegevens	10
5.1.3	Geotechnische gegevens	10
5.1.4	Opgegeven belastingen en vervormingseisen	10
5.2	Rekenresultaten	11
5.2.1	Paaldiameter en paalpuntniveau	11
5.2.2	Maximumdraagkracht van de grond op druk	11
5.2.3	Indicatie zakking van de bovenkant van de paalfundering	12
6	Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering	13
6.1	Algemeen	13
6.2	Richtlijnen stalen buispalen	13
6.3	Richtlijnen uitvoering prefab betonpalen	13
6.4	Vloer	13
6.5	Richtlijnen nieuwbouw/uitbreiding/belending	14
6.6	Slotopmerking(en)	14

Bijlagen

Bijlage 1: Berekeningsresultaten fundering op palen

Bijlage 2: Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

1 Projectbeschrijving

1.1 Inleiding

Door Wiha Geo- en milieutechniek is een grondonderzoek uitgevoerd voor het project "Onderwijs huisvesting, Hogelandsepad te Lansingerland". In onderhavig rapport wordt een funderingsadvies uitgewerkt voor dit project.

1.2 Locatiegegevens

De locatiekenmerken zijn samengevat in de navolgende tabel.

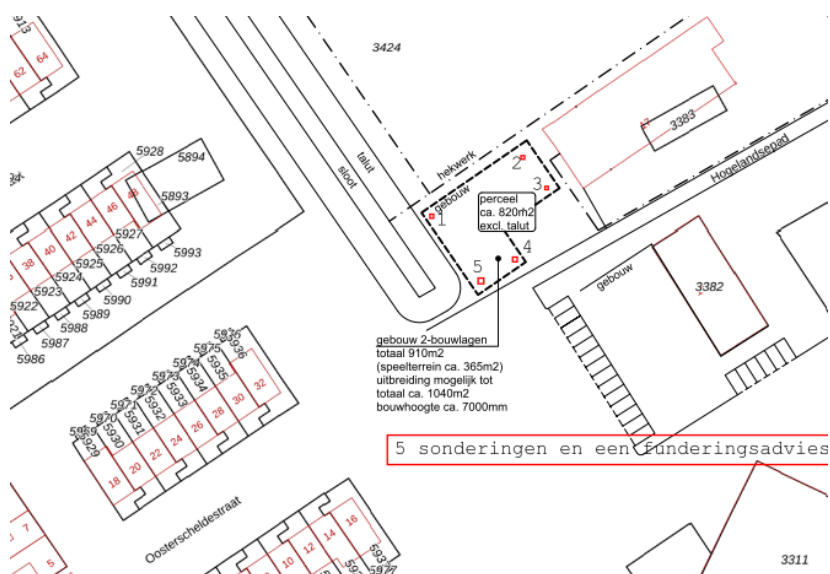
Locatie-eigenschap	Omschrijving / kenmerk (ten tijde van het onderzoek, tenzij anders vermeld)
Straat / huisnummer:	Hogelandsepad ong.
Plaats (gemeente):	Berkel en Rodenrijs (Lansingerland)
Provincie:	Zuid-Holland
Hoogheemraadschap:	Delfland
RD-coördinaten [km]:	X: 92,169 / Y: 446,033
Bebouwing op de planlocatie:	Aanwezig (funderingswijze onbekend)
Belendingen:	Aanwezig (funderingswijze onbekend)
Overige kenmerken:	In de directe omgeving van de planlocatie zijn diverse watergangen aanwezig

1.3 Plangegevens

1.3.1 Bouwplan

De plankenmerken zijn samengevat in de navolgende tabel.

Eigenschap	Omschrijving	Kenmerken, bijzonderheden, dimensies, opmerkingen
Type bouwplan:	Nieuwbouw	
Type bebouwing:	Onderwijshuisvesting	
Bouwlagen:	2	Zie Figuur 1.1
Kelder:	Geen kelder	
Positionering:	Vrijstaand	Zie situatieschets rapportage grondonderzoek



Figuur 1.1 plattegrond (bron: opdrachtgever)

1.3.2 Verstreckte plangegevens

De kenmerken van de relevante door of namens de opdrachtgever verstreckte tekeningen zijn weergegeven in de navolgende tabel:

Aantal/ bladnummer	Soort	Tekenaar	Datum
1 / VO-01-2	Voorlopig Schetsontwerp	Opdrachtgever	15-03-2023

2 Onderzoeksprogramma

2.1 Veldonderzoek

Voor het opstellen van onderhavig rapport is gebruik gemaakt van de onderzoeksresultaten uit de navolgende stukken¹.

Rapportnummer, -versie en -datum	Titel	Uitvoerende partij	Uitgevoerd onderzoek
2302072, v1, 23-10-2023	Onderwijs huisvesting, Hogelandsepad te Lansingerland	WIHA geo- en milieutechniek	5 x sondering, 1 x boring, hoogtemeting t.o.v. NAP

2.2 Archief-/dossieronderzoek

Teneinde meer inzicht te krijgen in de geologische bodemopbouw van de bouwplaats en de omgeving zijn de (hydro-)geologische gegevens geraadpleegd van Dinoloket (TNO). Het betreft met name de gegevens van het Landelijk model Regis II v2.2 en/of GeoTOP 1.4.

2.3 Overleg / inventarisatie

Teneinde te komen tot een optimale funderingskeuze is per mail overleg gepleegd met de constructeur en opdrachtgever.

¹ Voor de onderzoeksresultaten wordt verwezen naar de betreffende rapportage(s) en/of documenten. De juistheid, conformiteit en volledigheid van de informatie is door de auteur(s) van onderhavig advies niet geverifieerd.

3 Bodem, water en omgeving

3.1 Hoogte maaiveld

De maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieert van 4,36 m - tot 4,61 m - NAP.

3.2 Bodem

3.2.1 Laagopbouw van de grond en de variaties daarvan op de planlocatie

De lokale bodemopbouw kan tot de maximaal verkende diepte als volgt worden gekarakteriseerd.

Diepte tot [m - NAP]	Dominante lithologie / samenstelling	Kenmerken / bijzonderheden
ca. 10,5 à 11,5	Klei en/of veen, slap	
ca. 28 à 30	Zand, matig vast tot vast	lokaal kleilagen

3.2.2 Geologie van de planlocatie en omgeving

De op basis van de geraadpleegde bronnen verwachte ondiepe geologie op de locatie is weergegeven in de navolgende tabel. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het de geologische bodemopbouw betreft die door TNO is geïnterpoleerd op basis van onderzoek in de omgeving. De werkelijke laagopbouw en bodemsamenstelling kunnen hiervan afwijken.

Diepte tot* [m - NAP]	Formatienaam*	Kenmerken	Dominante lithologie
ca. 12	Naaldwijk (laagpakket van Wormer)	Holocene kustnabije afzettingen gevormd in getijde-bekkens en getijde-delta's achter een open kust. Afzetting vond ook plaats in geulen, zandplaten, kwelders en lagunes.	Variabel. Klei en veen, siltig of zandig. Humeuze/venige slib en organische klei. Lokaal grof tot fijn zand, vaak siltig of kleiig.
ca. 14	Echteld	Holocene fluviatiele afzettingen van het Rijn-Maas-systeem in een brak tot zoetwater milieu. Afzetting vond ook plaats in geulen, oeverwallen, riviervlaktes en bij dijkdoorbaken.	Humeuze klei met dunne discontinue veenlagen. Siltige en zandige klei met lokaal dunne zandlagen. In geulafzettingen komen dikkere zandpakketten voor.
ca. 15	Nieuwkoop (Basisveen laagpakket)	Holocene organogene (moeras) afzettingen (riet-, zegge-, broek- & veenmosveen).	Veen en gyttja, lokaal kleiig.
ca. 39	Kreftenheye	Fluviatiele afzettingen van de Rijn en de Eridanos uit het Holocene en Laat-Pleistoceen. Afzetting vond onder andere plaats in geulen en riviervlaktes.	Zand en grind, met sporadisch fijne lagen siltige klei of kleiig veen.
ca. 43	Urk	Pleistocene fluviatiele afzettingen van de Rijn, lokaal overgaand in estuariene getijde-afzettingen. Lokaal ook een ondiep marien karakter.	Zand, lokaal sterk grindig. Lokaal zandige en siltige kleilagen. Grind met rode zandsteen en witte kwarts.
ca. 50	Peize	Pliocene tot Pleistocene fluviatiele afzettingen van de oervorm van de Eridanos. Lokaal ook ondiep mariene en kustnabije afzettingen.	Grof zand, lokaal grindig. Klei, siltig.

* Bron: Regis v.2.2 en/of GeoTOP 1.4, TNO; de werkelijke dieptes en samenstelling kunnen hiervan afwijken

3.3 Water

3.3.1 Grondwater

De tijdens het onderzoek geregistreerde grondwaterniveaus zijn weergegeven in de navolgende tabel.

Meetpunt [nr.]	Meetdiepte	Meetmoment [datum]	[relatief]	Waterspiegel ¹⁾	
				[m - mv]	[m - NAP]
B1	Freatisch	13-10-2023	Tijdens boren	0,6	4,99

- ¹⁾ Gemeten waterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:
- o waterniveaus gemeten direct na de 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).
 - o de grondwaterstand onder invloed van seizoens-afhankelijke factoren met de tijd zal fluctueren. Deze fluctuatie varieert per regio/gebied; in polders meestal ca. 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.

4 Funderingsadvies

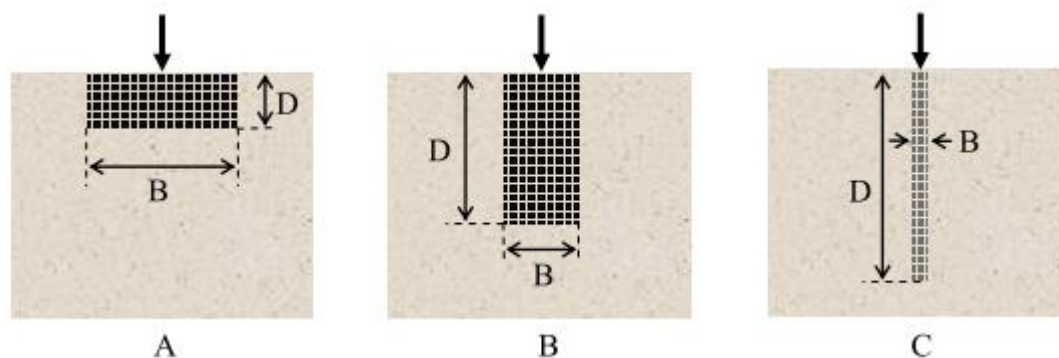
4.1 Funderingsontwerp

4.1.1 Funderingskeuze

Er zijn 3 hoofdtypen funderingen, te weten:

- Fundering op staal; een ondiepe fundering op de vaste grond. Een fundering op staal is vaak goedkoper dan een fundering op palen, wanneer op een geringe diepte goede, draagkrachtige bodemlagen aanwezig zijn. Bij een samendrukbare bodem is het vaak niet goed mogelijk om een fundering op staal te realiseren, omdat de zettingen dan te groot worden.
- Diepfundering; een tussenvorm van palen en staal met elementen met een diepte tussen circa 3 en $5 \times$ de breedte. Een diepfundering kan interessant zijn wanneer op een diepte van 2 tot 4 m een draagkrachtige bodemlaag aanwezig is en voor een normale fundering op staal te veel grondwerk zou zijn vereist.
- Fundering op palen; een fundering bestaande uit elementen met een diepte $> 5 \times$ de breedte/diameter. Een fundering op palen wordt doorgaans toegepast in gebieden met een slappe of heterogene bodem, of bij de uitbreiding van bestaande bebouwing (om zettingsverschillen te voorkomen) en/of bij zeer hoge funderingsbelastingen.

Een schematisch overzicht van de hoofdtypen is weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Soorten funderingen: (a) fundering op staal (stroken, poeren, plaatfundering), (b) diepfundering en (c) paalfundering

Ons oordeel over de (geotechnische) geschiktheid van de onderzochte bodem voor de 3 hoofdtypen funderingen is samengevat in de navolgende tabel.

Aspect	Score* Fundering op staal	Diepfundering	Fundering op palen
Inspanning nodig om draagkrachtige laag te bereiken	-	0	0
Inspanning nodig om trekkracht te kunnen opnemen	0	0	0
Risico op ontoelaatbare verticale verplaatsing (zetting)	-	0	+
Risico op ontoelaatbare verschilzetting / rotatie	-	0	+
Risico's van erosie-, oplos-, krimp- of zwelgevoelige lagen	0	0	0
Uitvoeringsrisico's archeologie of verontreinigingen	0	0	0
Kosten (niet onderbouwde inschatting)	0	0	-
geo-score (= som plussen en minnen)	-3	0	+1

* toelichting score:

- + naar verhouding klein
- 0 neutraal / niet bekend / niet relevant
- naar verhouding groot

Rekening houdend met voorgaande is onzes inziens, vanuit geotechnisch oogpunt, een fundering op palen de preferente funderingskeuze.

In overleg met de constructeur en opdrachtgever wordt een fundering op palen nader uitgewerkt.

Opmerking

Het vrijblijvende keuzeadvies is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, economische of bijvoorbeeld uitvoeringstechnische randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het keuzeadvies.

4.1.2 Paalkeuze

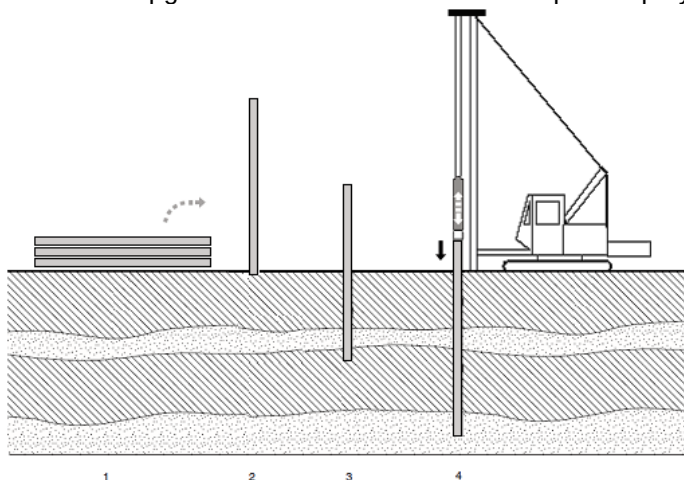
In dit rapport wordt op verzoek van de constructeur en opdrachtgever een fundering op zowel stalen buispalen als op prefab betonpalen nader uitgewerkt.

Ten aanzien van de paalkeuze dient het volgende te worden opgemerkt:

- Bij de toepassing van geheide palen zullen heitrillingen in de bodem worden opgewekt, waarbij het risico bestaat voor schade aan bebouwing en constructies in de omgeving. Indien er twijfel bestaat over de toelaatbaarheid van de trillingen wordt geadviseerd een nadere risicoafweging te maken en zo nodig een rekenkundige trillings-predictie te laten opstellen.
- Bij heiwerkzaamheden ontstaat bouwlawaaï. De toelaatbaarheid hiervan is cf. Bouwbesluit 2012 beperkt en is onder meer afhankelijk van het niveau en karakter van de geluidsbron, de afstand tot eventuele belendingen en het aantal dagen dat wordt geheid. Geadviseerd wordt na te gaan (op basis van richtwaarden, ervaring van de uitvoerende partij of bijvoorbeeld middels akoestisch onderzoek) of de heiwerkzaamheden binnen de geluidsvoorschriften uit het Bouwbesluit kunnen worden uitgevoerd, al dan niet met ontheffing.
- De paalsysteemkeuze is gebaseerd op de voorhanden zijnde en verstrekte gegevens. Aanvullende milieukundige, archeologische, geohydrologische, gemeentelijke of overige randvoorwaarden kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het paaltype.
- Er wordt op gewezen dat op het terrein mogelijk palen aanwezig zijn van gesloopte gebouwen. Wij adviseren deze palen niet te verwijderen indien dat niet nodig is om grondontspanning te voorkomen. Deze palen kunnen uiteraard ook niet zonder meer onderdeel vormen van de nieuwe fundering.
- De keuze voor alternatieve paalsystemen is niet uitgesloten.

4.1.3 Beschrijving paaltype: Prefab betonpaal

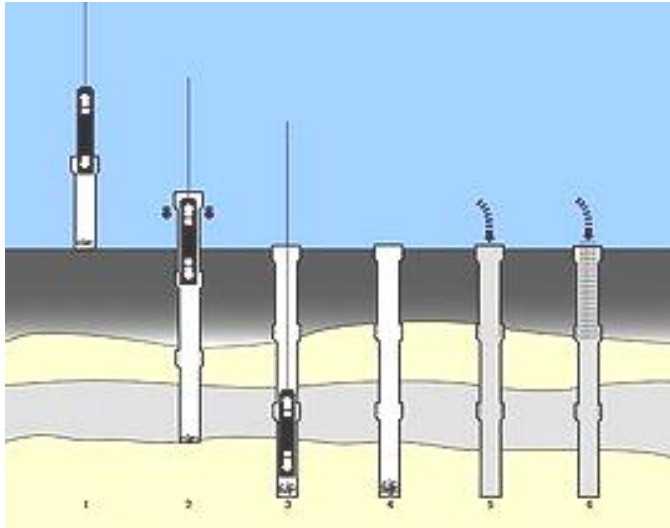
Een prefab betonpaal is een gewapende betonpaal die conform opgegeven specificaties in de fabriek wordt gestort. Na voldoende verharding worden de palen naar de bouwplaats getransporteerd en gelost. De prefab paal wordt op het maaiveld geplaatst en grond-verdringend ingebracht door middel van heien bovenop de paal met een hydraulisch valblok of dieselblok. Bij het bereiken van het gewenste inheinniveau wordt het heiblok van de paal-kop verwijderd. Indien de paalwapening in de constructie opgenomen moet worden wordt de paal-kop hydraulisch gekraakt of handmatig gesneld.



N.B. Dit paalsysteem is niet trillings-vrij en niet geluidsarm. Trillinghinder kan mogelijk worden beperkt door het voorboren of loswoelen van de palen met een avegaar. Geluidsoverlast kan mogelijk worden verminderd door een uitvoering met hydraulische blokken met een geluiddemper.

4.1.4 Beschrijving paalttype: Stalen buispaal

Stalen buispalen bestaan uit stalen buiselementen met een lengte van ca. 1,0 tot 3,0 meter (dit is afhankelijk van de situatie en de beschikbare ruimte). Het eerste element is voorzien van een voetplaat en wordt met een inwendig valblok tot het maaiveld weg-geheid. Vervolgens wordt hierop het tweede element geplaatst dat aan het eerste wordt bevestigd met een doorgaande elektrische las. Deze werkwijze wordt herhaald tot de vereiste diepte is bereikt. Tenslotte wordt de (verloren) stalen buis gevuld met beton en wordt, indien nodig, een kop-net geplaatst.



N.B. Dit paalsysteem is niet trillings-vrij en niet geluidsarm. Trillinghinder kan mogelijk worden beperkt door het voorboren of loswoelen van de palen met een avegaar. Geluidsoverlast kan mogelijk worden verminderd door een uitvoering met hydraulische blokken met een geluiddemper.

4.2 Bekrachtiging funderingskeuze / toetsing grenstoestanden

Om de keuze van funderingstype en –elementen te kunnen bekrachtigen, dient:

- te worden nagegaan of er sprake is van conflicterende uitvoeringsaspecten (zie onder meer hoofdstuk 6).
- cf. NEN 9997-1 een toetsing plaats te vinden van de weerstand en de vervorming bij constructieve en geotechnische grenstoestanden in blijvende en tijdelijke situaties:
 - Bij de beschouwing van een grenstoestand door bezwijken of uitzonderlijke vervorming van een constructief element of van de ondergrond (STR en GEO) moet zijn getoetst dat: $E_d \leq R_d$.
 - Bij de toetsing van bruikbaarheidsgrenstoestanden in de ondergrond of in een constructief onderdeel, element of constructieve verbinding is vereist dat: $E_d \leq C_d$.
 - Onderzocht moet worden of in de geotechnische constructie dusdanige vervormingen optreden dat een uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand in de bouwconstructie, die direct of indirect wordt beïnvloed door de geotechnische constructie, wordt overschreden ($S_d \leq S_{req}$).

De rekenresultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 5. Door de opdrachtgever en/of ontwerper van de constructie dient, aan de hand van deze rekenresultaten, te worden vastgesteld:

- met welke paalpuntniveau(s), paaltype, en paalafmeting(en) de benodigde draagkracht kan worden behaald.
- of de zettingsverwachting acceptabel is².

Opmerking

Zoals vermeld in NEN 9997-1 artikel 2.4.9 wordt voor woonfuncties en -gebouwen, en tenzij nader gedefinieerd ook voor overige gebouwen en bouwwerken, voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) in het algemeen aangehouden dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β_x niet de waarde 1:300 mag overschrijden. Als eis voor de uiterste grenstoestand (UGT) type B wordt vaak een relatieve rotatie β van 1:100 aangehouden. In de regel zal derhalve de bruikbaarheidsgrenstoestand bepalend zijn.

² Conform NEN 9997-1 kan de toetsing aan de grenswaarden voor verplaatsing feitelijk niet door de geotechnische ontwerper worden gedaan, omdat de eisen met betrekking tot de zakking (voor zowel de uiterste grenstoestand als voor de bruikbaarheidsgrenstoestand) afhankelijk zijn van de specifieke kenmerken van de constructie.

5 Berekening fundering op palen

5.1 Uitgangspunten berekening

5.1.1 Rekenmethode

- In dit rapport worden de draagkracht en de vervormingen bepaald van axiaal op druk belaste funderingselementen.
- De draagkracht en de vervorming van de grond is berekend volgens conform NEN 9997-1, uitgaande van ontwerpbenadering 3.
- In de berekeningen is gebruik gemaakt van de partiële weerstandsfactoren volgens de verzameling R3, bedoeld voor toetsing van de draagkracht en de vervorming in de uiterste grenstoestanden bij bezwijken of buitensporig vervormen van de constructie (STR) en de ondergrond (GEO), uitgaande van de berekening van de draagkracht op basis van sonderingen. Conform NEN 9997-1 A 3.3.2 is, voor zover van toepassing, aangehouden:
 - de partiële weerstandsfactor γ_b , γ_s en γ_t voor op druk belaste palen = 1,2;
 - de partiële weerstandsfactor γ_{st} voor op trek belaste palen = 1,35.
- De correlatiefactoren ξ_3 en ξ_4 , voor berekening van de draagkracht op basis van grondproeven, zijn conform NEN 9997-1 A 3.3.3 vastgesteld op 1,39, uitgaande van een niet stijf bouwwerk en presentatie van de draagkracht per afzonderlijke sondering.
- Het project is ingedeeld in de geotechnische categorie 2 (GC2).

5.1.2 Geometrische gegevens

- Op basis van de verstrekte plangegevens (zie § 1.3.2) en aanvullende informatie van de constructeur en opdrachtgever zijn de navolgende peilen aangenomen:
 - Bouwpeil 4,3 m - NAP
 - Maaiveld 4,4 m - NAP
 - Paalkopniveau 5,1 m - NAP
- Het terrein zal ca. 0,0 à 0,2 meter worden opgehoogd.
- Voor de berekeningen is uitgegaan van een minimale grondwaterstand van 6,0 m - NAP.

5.1.3 Geotechnische gegevens

- De bodemparameters zijn, voor zover niet rechtstreeks afkomstig van de sondeerdata, afgeleid van NEN 9997-1 tabel 2.b. De paalkarakteristieken die zijn gehanteerd, zijn in beginsel afkomstig van het SBR Handboek Funderingen en tabel 7.c. uit de NEN 9997-1+C2:2017 nl. Navolgend zijn de gehanteerde waarden en eventuele bijzonderheden samengevat:

Paaltype:	α_p	α_s^*	α_t^*	β	L-Z diagr.	Bijzonderheden
Prefab betonpaal	0,70	0,010	0,007	1,0	1	-
Stalenbuispaal, geheid	0,70	0,010	0,007	0,9	1	voetplaat mag max. 10 mm uitsteken buiten de buis

* voor zand en zand/grind-houdende grond. Voor klei-, leem- of veenlagen wordt, cf. NEN 9997-1 art. 7.6.1.1, door ons bureau schachtwrijving buiten beschouwing gelaten.

- Omdat de verwachte potentiële maaiveldzakking na het installeren van de palen meer dan 0,1 m bedraagt is de maximumwaarde van de negatieve kleef F_{nk} beschouwd als een belasting op de palen. Hierbij is gerekend met een bodemprofiel met samendrukbare lagen tot een diepte van ca. 10,7 m - à 11,4 m - NAP. De berekening van de karakteristieke waarde van de negatieve kleef is uitgevoerd volgens NEN 9997-1 § 7.3.2.2(d) met een partiële belastingfactor $\gamma_{f,nk}$ van 1,0.

5.1.4 Opgegeven belastingen en vervormingseisen

- De rekenwaarde van de paalbelasting bedraagt 150 à 350 kN.
- Door de ontwerper van de constructie zijn geen gegevens verstrekt betreffende de maximaal toelaatbare verplaatsing (s_{req}).

Algemene opmerking

Geadviseerd wordt de uitgangspunten te verifiëren, voordat met de resultaten verder wordt gewerkt.

5.2 Rekenresultaten

5.2.1 Paaldiameter en paalpuntniveau

De draagkracht en vervormingen zijn bepaald voor:

- Prefab betonpaal met een schachtafmeting van $\varnothing$ 220, $\varnothing$ 250, $\varnothing$ 290 en $\varnothing$ 320 mm.
- Stalen buispaal met een schacht-/voetafmeting van $\varnothing$ 168/178, $\varnothing$ 219/229, $\varnothing$ 273/283 en $\varnothing$ 324/334 mm.

De paalpuntniveaus waarvoor de draagkracht is berekend, inclusief de vanuit geotechnisch oogpunt preferente paalpuntniveaus (indien aanwezig), zijn weergegeven in de navolgende tabel.

De uiteindelijke keuze van paalpuntniveau(s), paaltype, en paalafmeting(en) dient door de opdrachtgever en/of constructeur te geschieden, op basis van deze tabel en de rekenresultaten (zie § 5.2.2 en 5.2.3).

Sondering [nr.]	Maaiveldhoogte [m - NAP]	Paalpuntniveau [m - NAP] Berekend	Preferent
D1	4,61	21,0 t/m 26,0	-
D2	4,49	21,0 t/m 26,0	-
D3	4,41	21,0 t/m 26,0	21,0 t/m 25,0
D4	4,36	21,0 t/m 26,0	-
D5	4,39	21,0 t/m 26,0	-

Opmerkingen / toelichting

- *Preferente paalpuntniveaus* zijn niveaus die onzes inziens vanuit geotechnisch oogpunt de voorkeur hebben. Het zijn niveaus die bijvoorbeeld geen significante beperkingen kennen ivm de dikte van de draagkrachtige bodemlaag, de aanwezigheid van slechte / samendrukbare lagen, de uitwisselbaarheid van paalpuntniveaus en/of de diepte van de paal in het zandpakket. De preferente niveaus zijn niet bedoeld als een bindend advies.
- Indien er onzes inziens geen paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die een duidelijke voorkeur genieten boven de andere (in positieve dan wel negatieve zin), is dit aangegeven met "-".
- De slankheid van de palen (de verhouding tussen diens lengte en dwarsafmeting) dient te worden getoetst aan de eisen gesteld door Bouwtoezicht.
- Geadviseerd wordt vooraf met de funderingsaannemer af te stemmen of de gekozen paalpuntniveaus met de bij hen beschikbare middelen haalbaar zijn. Voor kleine diameters palen (houten palen, prefab, stalen buispaal, etc.) geldt meestal dat de haalbare diepte beperkt is. Dit vanwege de beperkte capaciteit van het installatiematerieel, de beperkte sterkte van de palen zelf of bijvoorbeeld omdat groutinjectie niet kan worden toegepast om de inbrengweerstand te beperken.

5.2.2 Maximumdraagkracht van de grond op druk

De rekenresultaten zijn, voor de geadviseerde paalpuntniveaus, per sondering weergegeven in de tabel(len) in Bijlage 1. Weergegeven zijn met name:

- $q_{b,max}$: de berekende paalpuntweerstand
- $R_{s,cal,max}$: de schachtwrijving
- $R_{b,cal,max}$: de maximumdraagkracht van de paalpunt
- $R_{c,d}$: de rekenwaarde van de maximumdraagkracht
- $F_{s,nk;d}$: de eventuele belasting door negatieve kleef
- $R_{c,net;d}$: de rekenwaarde van de netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk;d}$).

In Bijlage 1 is voor sondering D2 een rekenvoorbeeld weergegeven van:

- Een prefab betonpaal met een schachtafmeting van $\varnothing$ 220 mm op 22,5 m - NAP;
- Een prefab betonpaal met een schachtafmeting van $\varnothing$ 320 mm op 22,5 m - NAP;
- Een stalen buispaal met een schacht-/voetafmeting van $\varnothing$ 219/229 mm op 25,5 m - NAP;
- Een stalen buispaal met een schacht-/voetafmeting van $\varnothing$ 273/83 mm op 25,5 m - NAP;

Opmerking

- Indien de palen een flexibele c.q. niet stijve constructie ondersteunen, moet cf. NEN 9997-1 ervan worden uitgegaan dat de weerstand op druk van de minst draagkrachtige paal maatgevend is voor het ontstaan van een uiterste grenstoestand. Het draagvermogen van een paal dient derhalve te zijn afgestemd op de laagste draagkracht op hetzelfde paalpuntniveau van de omliggende sonderingen.
- De vermelde draagkracht wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten de constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

5.2.3 Indicatie zakking van de bovenkant van de paalfundering

De zakking van de paalpunt (s_b) is cf. NEN 9997-1 bepaald, voor de als rekenvoorbeeld gekozen paal/palen en is weergegeven in Bijlage 1. De last-zakking is bepaald op basis van:

- de berekende maximumdraagkracht van de paalpunt ($R_{b;cal;max}$)
- de maximumwrijvingskracht over het deel van de schacht dat meedoet in de bepaling van de draagkracht ($R_{s;cal;max}$)
- de lastzakkingsdiagrammen uit de NEN 9997-1.
- de elastische verkorting van de paal (s_{el}).
- de zakking door samendrukking van de onder het paalpuntniveau gelegen lagen (s_2).

Ter indicatie zijn tevens de rekenwaarden van de veercoëfficiënten weergegeven, voor verschillende belastingen.

Opmerking

De last-zakkingsdiagrammen zijn weergegeven voor de als rekenvoorbeeld gekozen paal/palen. Last-zakkingsdiagrammen voor andere sonderingen, palen, paalconfiguraties of belastingen kunnen desgewenst in een aanvullende opdracht worden uitgewerkt.

6 Richtlijnen voor ontwerp, berekening en uitvoering

6.1 Algemeen

- Voor richtlijnen en aandachtspunten qua uitvoering en ontwerp, wordt verwezen naar Bijlage 2.

6.2 Richtlijnen stalen buispalen

Voor algemene richtlijnen voor de uitvoering van stalen buispalen wordt verwezen naar:

- BRL-1710 “het aanbrengen van stalen buissegmentpalen”;
- NEN-EN-12699, “Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen”.

Volgens het handboek funderingen dient de minimale hart-op-hart-afstand tussen de palen bij de uitvoering normaliter 2,25 à 2,5 d_{voet} te zijn indien geen groutinjectie wordt toegepast. In het geval dat groutinjectie wel wordt toegepast dienen de naburige palen een ouderdom van minimaal 1 dag te hebben bereikt of dient een minimale h.o.h.-afstand van 4x d_{voet} te worden aangehouden.

De minimale tussenafstand tot eventuele belendingen bedraagt normaliter 0,5 m in verband met de uitvoering. Bij kleinere tussenafstanden moet de invloed van de uitvoering op de eventuele belendingen worden onderzocht.

6.3 Richtlijnen uitvoering prefab betonpalen

Voor algemene richtlijnen en aanwijzingen voor de uitvoering van geprefabriceerde betonnen heipalen wordt verwezen naar:

- NEN-EN-12699, “Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Verdringingspalen”
- NEN-EN 12794: 'Vooraf vervaardigde betonproducten - Heipalen'.
- BRL 2352: beoordelingsrichtlijn voor het attest met productcertificaat 'Betonnen heipalen'
- BRL-2357: beoordelingsrichtlijn voor het KOMO-procescertificaat voor “Heien van geprefabriceerde betonpalen”
- handboek paalfunderingen, Geprefabriceerde betonnen heipalen in theorie en praktijk (Stichting PREPAL).

Volgens het handboek funderingen dient de minimale hart-op-hart-afstand tussen de palen bij de uitvoering normaliter 2,25 à 2,5 d_{voet} te zijn. De heikbaarheid moet hierbij wel nader worden onderzocht, mede gelet op de mogelijke heiverdichting bij paalgroepen. De minimale tussenafstand tot eventuele belendingen bedraagt normaliter 0,4 à 1,0 m in verband met de uitvoering. Indien de stelling een hoek moet maken met de gevellijn, moet rekening worden gehouden met een grotere afstand. Bij een kleine tussenafstand moet de mogelijke invloed van de uitvoering op de eventuele belendingen worden onderzocht.

Geadviseerd wordt op de overgang van een vaste (zand)laag naar onderliggende slappe lagen met een gereduceerd vermogen te heien (geringere valhoogte) om het risico van paalbreuk als gevolg van het doorschieten van de palen tot een minimum te beperken.

De kwaliteit van de geïnstalleerde palen kan door middel van akoestisch doormeten worden gecontroleerd. Deze metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden verzorgd.

6.4 Vloer

Geadviseerd wordt de vloeren vrijdragend (b.v. als systeemvloer) uit te voeren, omdat bij een vloer op zand te grote zettingsverschillen met de rest van het gebouw te verwachten zijn.

6.5 Richtlijnen nieuwbouw/uitbreiding/belending

De volgende richtlijnen dienen in acht te worden genomen met betrekking tot de belending:

- Er dient te worden nagegaan of de vereiste ontgravingen zonder risico voor de belending kan worden uitgevoerd.
- Bij het ontwerp van het palenplan dient er naar gestreefd te worden zo weinig mogelijk palen dicht bij een eventueel op staal gefundeerde belending te plaatsen en een zo groot mogelijke afstand van de palen tot de belending aan te houden.

Reeds bij het uitwerken van het funderingsontwerp moet de belending bij de beschouwingen betrokken worden. Allereerst betekent dit het verzamelen van relevante gegevens over de belendende fundering, zoals paaltype, paallocatie, inheidiepte en belasting. Daarnaast houdt dit voor de nieuwe fundering een aantal uitgangspunten in die zoveel als praktisch mogelijk is aangehouden moeten worden:

- de nieuwe palen moeten worden aangebracht op maximale afstand van de bestaande palen. Bij een beperkte afstand tussen de bestaande en de nieuwe palen kan zich een aantal verschijnselen voordoen die leiden tot schade aan de bestaande fundering;
- bij het doorheien van onsamendrukbare lagen zoals kleilagen kunnen de bestaande palen onderhevig zijn aan opheien;
- bij het doorheien van zandige lagen kan een neerwaarts gerichte wrijving op de bestaande palen optreden;
- tijdens de ontwikkeling van de belasting op de nieuwe palen kan de afgifte van wrijving langs de omtrek van deze palen (vergroting van de) negatieve kleef bij de oude palen veroorzaken;
- bij voorkeur worden de nieuwe palen niet dieper gefundeerd dan de bestaande. Als dit wel zou gebeuren, zouden de heitrillingen kunnen leiden tot verdichting van het zandpakket onder de bestaande fundering en daarmee tot zettingen van die fundering. Bovendien kunnen in zandige lagen met een relatief lage pakkingsdichtheid tijdens het heien wateroverspanningen geïntroduceerd worden, waardoor het draagvermogen van de bestaande palen tijdelijk gereduceerd wordt;
- ter beperking van de heitrillingen wordt bij voorkeur een paalontwerp uitgewerkt waarbij zwaar heiwerk vermeden wordt. Deze trillingen kunnen eveneens aanleiding zijn tot deformaties in de bestaande fundering. Indien de belending op palen is gefundeerd worden de volgende richtlijnen over het algemeen als veilig beschouwd (Generally Recognized As Safe):
 - Bij een paalpuntniveau, van de nieuwe palen, hoger of gelijk aan dat van de palen onder de belending dient er bij betonpalen onder de belending een h.o.h. paalafstand van $3 D_{eq}$ te worden aanhouden, bij houten palen onder de belending wordt een minimale h.o.h. afstand van $0,75 \text{ m} + 0,5 D_{eq}$ geadviseerd (D_{eq} van de grootste paalafmeting).
 - Bij een paalpuntniveau, van de nieuwe palen, dieper dan dat van de palen onder de belending wordt bij zowel bij houten als betonpalen onder de belending een minimale h.o.h. paalafstand van $4 D_{eq}$ geadviseerd met een minimum van 2 m.
 - Bij een paalpuntniveau, van de nieuwe palen, dieper dan 2 m onder dat van de palen van de belending wordt bij avegaarpalen een minimale h.o.h. paalafstand van $5 D_{eq}$ geadviseerd met een minimum van 2 m.

Nadere gegevens met betrekking tot de (fundering van de) belending kunnen aanleiding geven tot een wijziging van het in dit rapport vermelde paalsysteem en/of paalpuntniveaus.

6.6 Slotopmerking(en)

Gezien de afwijkende bodem (sondering D2) wordt geadviseerd nabij sondering D2 aanvullend 2 à 3 sonderingen uit te voeren teneinde het gebied met de afwijkende grond / draagkracht af te perken / beter in kaart te brengen. Opgemerkt wordt dat het aanvullend grondonderzoek aanleiding kan geven tot wijzigingen in paalpuntniveau c.q. draagkracht/zakkingen. De keuze voor een ander paaltype is niet uitgesloten.

Bijlage 1 : Berekeningsresultaten fundering op palen

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina1 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$Q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Stalen buispalen

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø178 / 168 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$Q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,6	165	362	316	24	292
		-21,50	5,8	145	393	323	24	299
		-22,00	5,4	133	420	332	24	308
		-22,50	5,1	127	444	342	24	319
		-23,00	5,0	123	466	354	24	330
		-23,50	4,6	115	487	362	24	338
		-24,00	4,5	112	508	372	24	348
		-24,50	4,6	114	527	385	24	361
		-25,00	5,9	147	549	417	24	393
		-25,50	8,1	202	580	469	24	445
D2	-4,49	-26,00	7,3	181	611	476	24	452
		-21,00	3,0	75	35	66	20	45
		-21,50	3,4	85	53	83	20	62
		-22,00	3,6	90	72	98	20	77
		-22,50	3,8	95	89	110	20	90
		-23,00	3,9	97	107	122	20	102
		-23,50	4,0	98	124	133	20	113
		-24,00	3,5	86	141	136	20	116
		-24,50	3,3	83	158	144	20	124
		-25,00	4,0	99	173	163	20	143
D3	-4,41	-25,50	7,7	192	201	236	20	215
		-26,00	9,1	226	232	275	20	254
		-21,00	5,5	137	285	253	17	236
		-21,50	4,5	112	315	257	17	239
		-22,00	4,3	107	337	266	17	249
		-22,50	4,3	108	355	278	17	260
		-23,00	5,0	125	376	300	17	283
		-23,50	5,6	139	400	323	17	306
		-24,00	5,3	132	426	335	17	318
		-24,50	4,4	109	452	337	17	320
D4	-4,36	-25,00	4,0	100	474	344	17	327
		-25,50	3,0	75	492	341	17	323
		-26,00	2,8	70	509	347	17	330
		-21,00	5,5	136	282	251	21	230
		-21,50	4,7	118	313	259	21	238
		-22,00	5,1	126	334	276	21	255
		-22,50	4,7	118	360	287	21	265
		-23,00	4,5	111	385	297	21	276
		-23,50	5,6	139	411	330	21	309
		-24,00	5,4	134	442	346	21	325
		-24,50	6,1	152	469	373	21	352
		-25,00	6,2	154	498	391	21	370
		-25,50	6,4	160	528	413	21	392
		-26,00	6,4	160	558	431	21	410

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina2 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht (= $R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D5	-4,39	-21,00	7,4	185	204	234	19	215
		-21,50	6,8	170	236	244	19	225
		-22,00	6,9	173	266	263	19	244
		-22,50	7,0	173	296	282	19	263
		-23,00	7,0	174	327	301	19	282
		-23,50	7,2	179	358	322	19	303
		-24,00	6,3	158	390	329	19	310
		-24,50	6,3	158	418	346	19	327
		-25,00	6,1	152	449	360	19	342
		-25,50	6,9	172	479	390	19	372
		-26,00	8,0	200	510	426	19	407

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø178 / 168 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	292	45	236	230	215
-21,50	299	62	239	238	225
-22,00	308	77	249	255	244
-22,50	319	90	260	265	263
-23,00	330	102	283	276	282
-23,50	338	113	306	309	303
-24,00	348	116	318	325	310
-24,50	361	124	320	352	327
-25,00	393	143	327	370	342
-25,50	445	215	323	392	372
-26,00	452	254	330	410	407

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø229 / 219 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,3	261	472	440	31	409
		-21,50	5,6	230	513	446	31	415
		-22,00	5,3	220	548	461	31	429
		-22,50	5,1	209	579	473	31	442
		-23,00	4,8	199	608	484	31	453
		-23,50	4,6	188	635	494	31	463
		-24,00	4,5	186	662	509	31	478
		-24,50	4,6	190	687	526	31	495
		-25,00	6,0	247	716	577	31	546
		-25,50	7,4	304	756	636	31	605
		-26,00	7,1	291	797	653	31	622

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina3 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht (= $R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D2	-4,49	-21,00	2,8	115	45	96	27	69
		-21,50	3,3	137	70	124	27	97
		-22,00	3,6	148	94	146	27	119
		-22,50	3,7	153	116	162	27	135
		-23,00	3,8	158	139	178	27	151
		-23,50	3,9	162	161	194	27	167
		-24,00	3,4	141	184	195	27	168
		-24,50	3,3	137	206	206	27	179
		-25,00	4,2	172	226	238	27	212
		-25,50	7,7	317	262	347	27	320
		-26,00	8,7	357	303	396	27	369
D3	-4,41	-21,00	5,3	219	371	354	23	331
		-21,50	4,4	180	411	355	23	332
		-22,00	4,3	177	439	369	23	347
		-22,50	4,3	179	463	385	23	362
		-23,00	5,0	206	490	418	23	395
		-23,50	5,5	227	521	449	23	426
		-24,00	4,7	194	555	450	23	427
		-24,50	4,4	181	590	462	23	440
		-25,00	3,8	155	617	463	23	441
		-25,50	2,9	121	642	458	23	435
		-26,00	2,8	116	663	467	23	445
D4	-4,36	-21,00	5,2	214	368	349	27	322
		-21,50	4,7	195	408	362	27	334
		-22,00	5,1	208	435	386	27	359
		-22,50	4,7	195	469	398	27	371
		-23,00	4,5	187	501	413	27	385
		-23,50	5,5	227	536	458	27	430
		-24,00	5,3	219	577	477	27	450
		-24,50	6,0	247	611	515	27	488
		-25,00	6,2	254	649	542	27	514
		-25,50	6,4	263	688	571	27	543
		-26,00	6,4	262	728	594	27	566
D5	-4,39	-21,00	7,1	293	266	335	24	311
		-21,50	6,8	282	308	354	24	329
		-22,00	6,9	283	346	377	24	353
		-22,50	7,0	286	386	404	24	379
		-23,00	7,5	309	426	441	24	416
		-23,50	6,5	267	467	440	24	416
		-24,00	6,3	262	508	462	24	437
		-24,50	6,3	261	545	484	24	459
		-25,00	6,3	260	585	507	24	483
		-25,50	6,9	283	624	544	24	520
		-26,00	7,2	296	665	577	24	552

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 4 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø229 / 219 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	409	69	331	322	311
-21,50	415	97	332	334	329
-22,00	429	119	347	359	353
-22,50	442	135	362	371	379
-23,00	453	151	395	385	416
-23,50	463	167	426	430	416
-24,00	478	168	427	450	437
-24,50	495	179	440	488	459
-25,00	546	212	441	514	483
-25,50	605	320	435	543	520
-26,00	622	369	445	566	552

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø283 / 273 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,2	393	588	588	39	550
		-21,50	5,5	343	639	589	39	551
		-22,00	5,1	324	683	604	39	565
		-22,50	5,0	315	721	622	39	583
		-23,00	4,7	294	758	631	39	592
		-23,50	4,6	287	792	647	39	609
		-24,00	4,5	284	826	666	39	627
		-24,50	4,6	291	857	689	39	650
		-25,00	6,2	388	892	768	39	729
		-25,50	6,9	435	942	826	39	788
D2	-4,49	-26,00	6,9	434	994	857	39	818
		-21,00	2,6	166	56	133	33	100
		-21,50	3,1	195	87	169	33	136
		-22,00	3,4	216	118	200	33	167
		-22,50	3,7	231	145	226	33	192
		-23,00	3,8	237	173	246	33	213
		-23,50	3,6	226	201	256	33	223
		-24,00	3,4	215	229	266	33	233
		-24,50	3,3	209	257	279	33	246
		-25,00	4,4	276	281	334	33	301
D3	-4,41	-25,50	7,7	484	326	486	33	453
		-26,00	6,8	427	378	483	33	449
		-21,00	4,9	311	463	464	28	436
		-21,50	4,4	275	512	472	28	444
		-22,00	4,3	270	547	490	28	462
		-22,50	4,4	274	577	510	28	482
		-23,00	5,0	315	610	555	28	527
		-23,50	5,2	330	650	588	28	560
		-24,00	4,6	291	692	590	28	562
		-24,50	4,1	258	735	596	28	567
		-25,00	3,3	205	769	584	28	556
		-25,50	2,9	184	800	591	28	563
		-26,00	2,8	176	827	602	28	574

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina5 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$Q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht (= $R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D4	-4,36	-21,00	5,1	321	459	468	34	434
		-21,50	4,7	298	509	484	34	450
		-22,00	4,8	301	543	506	34	472
		-22,50	4,7	297	585	529	34	495
		-23,00	4,6	290	625	549	34	515
		-23,50	5,5	346	668	608	34	574
		-24,00	5,2	330	719	629	34	595
		-24,50	5,9	374	762	681	34	647
		-25,00	6,0	376	809	711	34	677
		-25,50	6,3	399	858	754	34	720
D5	-4,39	-26,00	6,3	397	907	782	34	748
		-21,00	7,1	445	332	466	30	435
		-21,50	6,8	431	383	489	30	458
		-22,00	6,9	431	432	518	30	488
		-22,50	7,0	437	482	551	30	521
		-23,00	7,5	471	531	601	30	570
		-23,50	6,5	406	582	593	30	562
		-24,00	6,3	397	633	618	30	588
		-24,50	6,3	399	679	647	30	616
		-25,00	6,8	427	729	694	30	663
		-25,50	6,9	431	778	726	30	695
		-26,00	7,0	440	829	761	30	731

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø283 / 273 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	550	100	436	434	435
-21,50	551	136	444	450	458
-22,00	565	167	462	472	488
-22,50	583	192	482	495	521
-23,00	592	213	527	515	570
-23,50	609	223	560	574	562
-24,00	627	233	562	595	588
-24,50	650	246	567	647	616
-25,00	729	301	556	677	663
-25,50	788	453	563	720	695
-26,00	818	449	574	748	731

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 6 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,sk;d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net;d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,sk;d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Rekenresultaten

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø334 / 324 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,sk;d}$ [kN]	$R_{c,net;d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,0	521	698	731	46	685
		-21,50	5,4	476	759	741	46	695
		-22,00	5,1	450	810	756	46	710
		-22,50	4,9	432	856	773	46	727
		-23,00	4,6	403	899	782	46	735
		-23,50	4,6	399	940	804	46	758
		-24,00	4,5	396	980	825	46	779
		-24,50	4,7	409	1017	855	46	809
		-25,00	6,4	557	1059	969	46	923
		-25,50	6,8	597	1118	1029	46	983
		-26,00	6,8	596	1179	1065	46	1019
D2	-4,49	-21,00	2,5	223	67	174	39	134
		-21,50	3,0	259	103	217	39	178
		-22,00	3,3	286	140	255	39	216
		-22,50	3,6	314	172	291	39	252
		-23,00	3,7	326	206	319	39	279
		-23,50	3,4	299	238	323	39	283
		-24,00	3,4	298	272	342	39	303
		-24,50	3,3	291	305	357	39	318
		-25,00	4,5	392	334	435	39	396
		-25,50	7,6	667	387	632	39	593
		-26,00	5,1	447	448	537	39	497
D3	-4,41	-21,00	4,7	414	549	578	33	545
		-21,50	4,4	382	608	594	33	561
		-22,00	4,3	376	649	615	33	582
		-22,50	4,4	383	685	641	33	607
		-23,00	5,0	440	724	698	33	665
		-23,50	4,9	425	771	718	33	684
		-24,00	4,5	397	822	731	33	698
		-24,50	4,0	354	872	736	33	702
		-25,00	3,0	265	913	707	33	673
		-25,50	2,9	257	950	724	33	691
		-26,00	2,8	247	981	737	33	703
D4	-4,36	-21,00	5,1	448	545	595	41	555
		-21,50	4,7	415	604	611	41	571
		-22,00	4,8	420	644	638	41	598
		-22,50	4,7	414	694	665	41	624
		-23,00	4,8	421	742	698	41	657
		-23,50	5,5	481	793	765	41	724
		-24,00	5,2	457	853	786	41	745
		-24,50	5,8	509	904	848	41	807
		-25,00	5,9	521	960	889	41	848
		-25,50	6,3	548	1018	940	41	899
		-26,00	6,3	550	1076	976	41	935

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 7 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D5	-4,39	-21,00	6,9	606	394	600	36	564
		-21,50	6,8	595	455	630	36	594
		-22,00	6,9	601	513	668	36	632
		-22,50	7,0	611	571	710	36	674
		-23,00	6,7	585	630	729	36	693
		-23,50	6,5	565	690	753	36	717
		-24,00	6,4	556	751	785	36	749
		-24,50	6,3	555	806	817	36	781
		-25,00	6,8	594	865	876	36	840
		-25,50	6,8	597	923	912	36	876
		-26,00	6,9	603	984	952	36	916

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017, afmeting Ø334 / 324 mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	685	134	545	555	564
-21,50	695	178	561	571	594
-22,00	710	216	582	598	632
-22,50	727	252	607	624	674
-23,00	735	279	665	657	693
-23,50	758	283	684	724	717
-24,00	779	303	698	745	749
-24,50	809	318	702	807	781
-25,00	923	396	673	848	840
-25,50	983	593	691	899	876
-26,00	1019	497	703	935	916

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 8 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$Q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Prefab betonpalen

Rekenresultaten

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 220 / 220$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$Q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	7,0	339	603	565	40	526
		-21,50	6,2	298	656	573	40	533
		-22,00	5,9	284	701	591	40	551
		-22,50	5,6	273	740	608	40	568
		-23,00	5,3	257	777	621	40	581
D2	-4,49	-21,00	3,0	147	58	123	34	89
		-21,50	3,6	174	89	158	34	124
		-22,00	4,0	193	121	188	34	154
		-22,50	4,1	199	149	209	34	175
		-23,00	4,2	204	178	229	34	195
D3	-4,41	-21,00	5,8	282	475	454	29	425
		-21,50	4,9	235	526	456	29	428
		-22,00	4,8	231	561	475	29	446
		-22,50	4,8	233	592	495	29	466
		-23,00	5,6	269	626	537	29	508
D4	-4,36	-21,00	5,7	276	471	448	35	413
		-21,50	5,3	255	522	466	35	431
		-22,00	5,6	269	557	496	35	461
		-22,50	5,3	254	600	513	35	478
		-23,00	5,1	246	641	532	35	498
D5	-4,39	-21,00	7,9	381	341	433	31	402
		-21,50	7,6	368	393	457	31	426
		-22,00	7,6	369	443	487	31	456
		-22,50	7,7	374	494	521	31	489
		-23,00	8,3	402	545	568	31	537

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 220 / 220$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	526	89	425	413	402
-21,50	533	124	428	431	426
-22,00	551	154	446	461	456
-22,50	568	175	466	478	489
-23,00	581	195	508	498	537

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 9 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Rekenresultaten

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 250 / 250$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,9	433	685	671	45	626
		-21,50	6,1	379	745	675	45	629
		-22,00	5,7	357	796	692	45	647
		-22,50	5,6	347	841	713	45	668
		-23,00	5,2	324	883	725	45	679
		-23,50	5,1	317	924	744	45	699
		-24,00	5,0	314	963	766	45	720
		-24,50	5,1	321	999	792	45	747
		-25,00	6,8	428	1040	881	45	836
D2	-4,49	-21,00	2,9	183	66	149	39	111
		-21,50	3,4	215	101	190	39	151
		-22,00	3,8	239	137	226	39	187
		-22,50	4,1	255	169	255	39	216
		-23,00	4,2	261	202	278	39	239
		-23,50	4,0	249	234	290	39	251
		-24,00	3,8	237	268	303	39	264
		-24,50	3,7	231	299	318	39	279
		-25,00	4,8	298	328	375	39	336
D3	-4,41	-21,00	5,5	344	540	530	33	497
		-21,50	4,8	303	597	540	33	507
		-22,00	4,8	298	638	561	33	529
		-22,50	4,8	302	673	585	33	552
		-23,00	5,6	347	712	635	33	603
		-23,50	5,8	364	758	673	33	640
		-24,00	5,1	322	807	677	33	645
		-24,50	4,6	285	857	685	33	652
		-25,00	3,6	226	897	674	33	641
D4	-4,36	-21,00	5,7	355	535	534	40	494
		-21,50	5,3	329	593	553	40	514
		-22,00	5,3	333	633	580	40	540
		-22,50	5,3	328	682	606	40	566
		-23,00	5,1	320	729	630	40	590
		-23,50	6,1	382	779	696	40	657
		-24,00	5,8	364	838	721	40	682
		-24,50	6,6	413	888	781	40	741
		-25,00	6,6	415	943	815	40	776
D5	-4,39	-21,00	7,9	491	387	527	36	491
		-21,50	7,6	476	447	554	36	518
		-22,00	7,6	476	504	588	36	552
		-22,50	7,7	483	561	627	36	591
		-23,00	8,3	520	619	683	36	648
		-23,50	7,2	448	678	676	36	640
		-24,00	7,0	439	738	706	36	671
		-24,50	7,0	440	792	739	36	704
		-25,00	7,5	471	850	793	36	757

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 10 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$Q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 250 / 250$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	626	111	497	494	491
-21,50	629	151	507	514	518
-22,00	647	187	529	540	552
-22,50	668	216	552	566	591
-23,00	679	239	603	590	648
-23,50	699	251	640	657	640
-24,00	720	264	645	682	671
-24,50	747	279	652	741	704
-25,00	836	336	641	776	757

Rekenresultaten

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 290 / 290$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$Q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,7	564	795	816	52	763
		-21,50	6,0	508	865	823	52	771
		-22,00	5,7	480	923	842	52	789
		-22,50	5,5	460	976	862	52	809
		-23,00	5,1	431	1025	873	52	821
		-23,50	5,1	426	1071	898	52	846
		-24,00	5,0	422	1117	923	52	871
		-24,50	5,2	436	1159	957	52	904
		-25,00	7,1	594	1207	1080	52	1028
		-25,50	7,6	637	1274	1147	52	1095
		-26,00	7,6	636	1344	1188	52	1136
D2	-4,49	-21,00	2,8	239	76	189	45	144
		-21,50	3,3	278	117	237	45	192
		-22,00	3,6	306	159	279	45	234
		-22,50	4,0	336	196	320	45	275
		-23,00	4,1	348	234	349	45	304
		-23,50	3,8	319	272	355	45	310
		-24,00	3,8	318	310	377	45	332
		-24,50	3,7	310	347	395	45	350
		-25,00	5,0	418	380	479	45	434
		-25,50	8,5	712	441	692	45	647
		-26,00	5,7	483	511	596	45	552
D3	-4,41	-21,00	5,3	443	626	641	38	603
		-21,50	4,9	408	693	661	38	622
		-22,00	4,8	401	740	684	38	646
		-22,50	4,9	409	780	713	38	675
		-23,00	5,6	469	826	777	38	738
		-23,50	5,5	461	879	804	38	766
		-24,00	5,0	423	936	816	38	778
		-24,50	4,5	381	994	825	38	787
		-25,00	3,4	282	1041	794	38	756
		-25,50	3,3	274	1082	814	38	776
		-26,00	3,1	263	1118	829	38	791

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina11 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$Q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D4	-4,36	-21,00	5,7	478	621	659	46	613
		-21,50	5,3	442	688	678	46	633
		-22,00	5,3	448	734	709	46	663
		-22,50	5,3	442	791	740	46	694
		-23,00	5,3	449	845	777	46	731
		-23,50	6,1	514	904	850	46	804
		-24,00	5,8	487	972	876	46	830
		-24,50	6,5	543	1030	944	46	898
		-25,00	6,6	557	1094	991	46	945
		-25,50	7,0	586	1161	1048	46	1002
		-26,00	7,0	587	1227	1088	46	1042
D5	-4,39	-21,00	7,7	648	449	658	41	617
		-21,50	7,5	635	519	692	41	651
		-22,00	7,6	641	584	735	41	694
		-22,50	7,8	652	651	782	41	741
		-23,00	7,4	625	718	806	41	765
		-23,50	7,2	603	787	834	41	793
		-24,00	7,1	593	856	870	41	829
		-24,50	7,0	592	919	907	41	865
		-25,00	7,5	634	986	972	41	931
		-25,50	7,6	638	1052	1014	41	973
		-26,00	7,7	644	1121	1060	41	1018

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 290 / 290$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	763	144	603	613	617
-21,50	771	192	622	633	651
-22,00	789	234	646	663	694
-22,50	809	275	675	694	741
-23,00	821	304	738	731	765
-23,50	846	310	766	804	793
-24,00	871	332	778	830	829
-24,50	904	350	787	898	865
-25,00	1028	434	756	945	931
-25,50	1095	647	776	1002	973
-26,00	1136	552	791	1042	1018

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina 12 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleef
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht ($= R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

Rekenresultaten

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 320 / 320$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

Sondering	Maaiveld [m tov NAP]	PPN [m tov NAP]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b,cal,max}$ [kN]	$R_{s,cal,max}$ [kN]	$R_{c,d}$ [kN]	$F_{s,nk,d}$ [kN]	$R_{c,net,d}$ [kN]
D1	-4,61	-21,00	6,5	666	877	926	58	868
		-21,50	6,0	617	954	942	58	885
		-22,00	5,7	583	1019	961	58	903
		-22,50	5,4	553	1077	978	58	920
		-23,00	5,1	522	1131	992	58	934
		-23,50	5,1	519	1182	1021	58	963
		-24,00	5,0	514	1232	1047	58	990
		-24,50	5,2	533	1278	1087	58	1029
		-25,00	7,6	776	1331	1264	58	1207
		-25,50	7,5	773	1406	1307	58	1249
		-26,00	7,5	769	1483	1351	58	1293
D2	-4,49	-21,00	2,8	284	84	221	50	171
		-21,50	3,2	330	129	275	50	226
		-22,00	3,5	360	176	322	50	272
		-22,50	3,9	395	217	367	50	317
		-23,00	4,1	420	259	407	50	358
		-23,50	3,8	388	300	412	50	363
		-24,00	3,8	386	342	437	50	388
		-24,50	3,7	378	383	457	50	407
		-25,00	5,1	518	420	562	50	513
		-25,50	8,4	863	487	810	50	760
		-26,00	5,6	570	564	680	50	630
D3	-4,41	-21,00	5,1	524	691	729	42	687
		-21,50	4,9	497	765	757	42	715
		-22,00	4,8	488	816	783	42	741
		-22,50	4,9	499	861	816	42	774
		-23,00	5,6	571	911	889	42	847
		-23,50	5,2	537	970	904	42	862
		-24,00	5,0	512	1033	927	42	885
		-24,50	4,1	423	1097	912	42	870
		-25,00	3,4	344	1148	895	42	853
		-25,50	3,3	334	1194	917	42	875
		-26,00	3,1	320	1234	932	42	890
D4	-4,36	-21,00	5,7	582	685	760	51	709
		-21,50	5,3	539	760	779	51	728
		-22,00	5,3	545	810	813	51	762
		-22,50	5,3	538	873	846	51	796
		-23,00	6,0	613	933	928	51	877
		-23,50	6,1	625	997	973	51	922
		-24,00	5,8	592	1073	998	51	948
		-24,50	6,4	657	1137	1076	51	1026
		-25,00	6,6	675	1207	1129	51	1079
		-25,50	6,9	707	1281	1193	51	1142
		-26,00	7,0	712	1354	1239	51	1189

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Resultaten draagkrachtberekening volgens NEN-EN 9997-1, pagina13 van 13
voor axiaal belaste funderingspalen.

PPN	paalpuntniveau	$R_{c,d}$	rekenwaarde maximumdraagkracht
$q_{b,max}$	paalpuntweerstand	$F_{s,nk,d}$	belasting door negatieve kleeft
$R_{b,cal,max}$	maximumdraagkracht van de paalpunt	$R_{c,net,d}$	rekenwaarde netto draagkracht (= $R_{c,d} - F_{s,nk,d}$)
$R_{s,cal,max}$	schachtwrijving	$R_{t,d}$	rekenwaarde draagkracht op trek

D5	-4,39	-21,00	7,6	775	495	762	46	717
		-21,50	7,5	768	572	804	46	758
		-22,00	7,6	780	645	855	46	810
		-22,50	7,8	794	719	908	46	862
		-23,00	7,4	754	792	928	46	882
		-23,50	7,2	734	868	961	46	916
		-24,00	7,1	723	945	1000	46	955
		-24,50	7,0	721	1014	1041	46	996
		-25,00	7,5	772	1088	1116	46	1071
		-25,50	7,6	773	1161	1161	46	1115
		-26,00	7,6	781	1237	1211	46	1166

Netto Draagkracht in [kN]

Paaltype prefab betonpaal NEN9997-1:2017, afmeting $\varnothing 320 / 320$ mm, $\xi_3 = 1,39$ en $\xi_4 = 1,39$

PPN [m tov NAP]	D1	D2	D3	D4	D5
-21,00	868	171	687	709	717
-21,50	885	226	715	728	758
-22,00	903	272	741	762	810
-22,50	920	317	774	796	862
-23,00	934	358	847	877	882
-23,50	963	363	862	922	916
-24,00	990	388	885	948	955
-24,50	1029	407	870	1026	996
-25,00	1207	513	853	1079	1071
-25,50	1249	760	875	1142	1115
-26,00	1293	630	890	1189	1166

Toelichting rekenresultaten

- Indien er paalpuntniveaus te onderscheiden zijn die, vanuit geotechnisch oogpunt, al dan niet de voorkeur hebben ("preferente paalpuntniveaus"), is dat normaliter in de tabel in § 5.2.1 van de rapportage aangegeven.

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	D2
Paaltype:	prefab betonpaal NEN9997-1:2017
Paalpuntniveau:	-22,5 meter
Schachtafmeting:	220 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	-4,49 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	-4,4 meter
Aanlegniveau fundering:	-5,1 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-6 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,09 meter
Schachtwrijving startniveau:	-19,9 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-22,5 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	6,5 MPa
$q_{c,II,gem}$ =	6,1 MPa
$q_{c,III,gem}$ =	5,4 MPa
α_p =	0,7
β =	1
s =	1
$p_{r,max;punt}$ =	4,11 MPa
α_s =	0,01
$q_{c,z;a}$ =	6,5 MPa
$q_{s,max}$ =	0,065 MPa
$R_{s,cal,max}$ =	148,922 kN
A_{punt} =	0,048 m ²
Q_s =	0,88 m
Δ_L =	2,6 m
$R_{b,cal,max}$ =	199 kN
$R_{c,cal,max}$ =	348 kN
ξ_3 en ξ_4 =	1,39
$R_{c,cal,max;k}$ =	250 kN
γ_t =	1,2
$R_{c;d}$ =	209 kN
$R_{c,net;d}$ =	175 kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	-4,4 meter
Negatieve kleef eindniveau:	-11,2 meter
Gebruikte waterstand:	-6 meter
F_{snkd} =	34 kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K_0;rep * \tan \gamma;rep$
-4,49	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-5,71	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-7,89	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25



Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzакking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zакking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

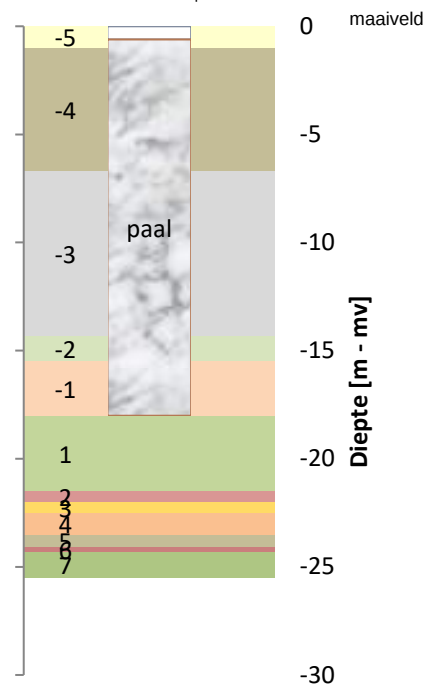
Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Hoge grondwaterstand	-4,5 [m NAP]
Lage grondwaterstand	-6,0 [m NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]

Paaleigenschappen

Paaltype	Prefab_betonpaal
E-modulus [Gpa] (kern)	2,0E+01
Last-zakkingsdiagram	1
Paalkopniveau	-5,10 [m tov NAP]
Paalpuntniveau	-22,50 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-19,90 [m tov NAP]
Aantal palen (X x Y)	1 x 2

Dwarsdoorsnede bodemopbouw



Bovenaanzicht palenplan



Tabel: karakteristieke waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	CR [-]	C_α [-]
-5	-5,5	16,0	18,0	27,5	0,077	0,004
-4	-11,2	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-3	-18,8	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
-2	-20,0	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-1	-22,5	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
1	-26,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
2	-26,5	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
3	-27,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
4	-28,0	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
5	-28,6	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
6	-28,8	17,0	19,0	17,5	0,092	0,004
7	-30,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	Fc	Paalbelasting	kN
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	Fnk	Negatieve kleef	kN
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	Fc;netto	Netto paalbelasting (Fc-Fnk)	kN
CR	compression ration (Cc/1+e0))	-	Sb	Paalpuntzакking tgv bovenbelasting	mm
Ca	secundaire samendrukkingsindex	-	Sel	Elastische verkorting paal	mm
Rs	Schachtweerstand	kN	S1	Sb + Sel	mm
Rb	Puntweerstand	kN	S2	Zакking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
Rc	weerstand van de grond op druk	kN	Sd	Rekenwaarde paalkopzакking (= S1 + S2)	mm
			kv	statische veercoëfficiënt (Fc / Sd)	kN/mm



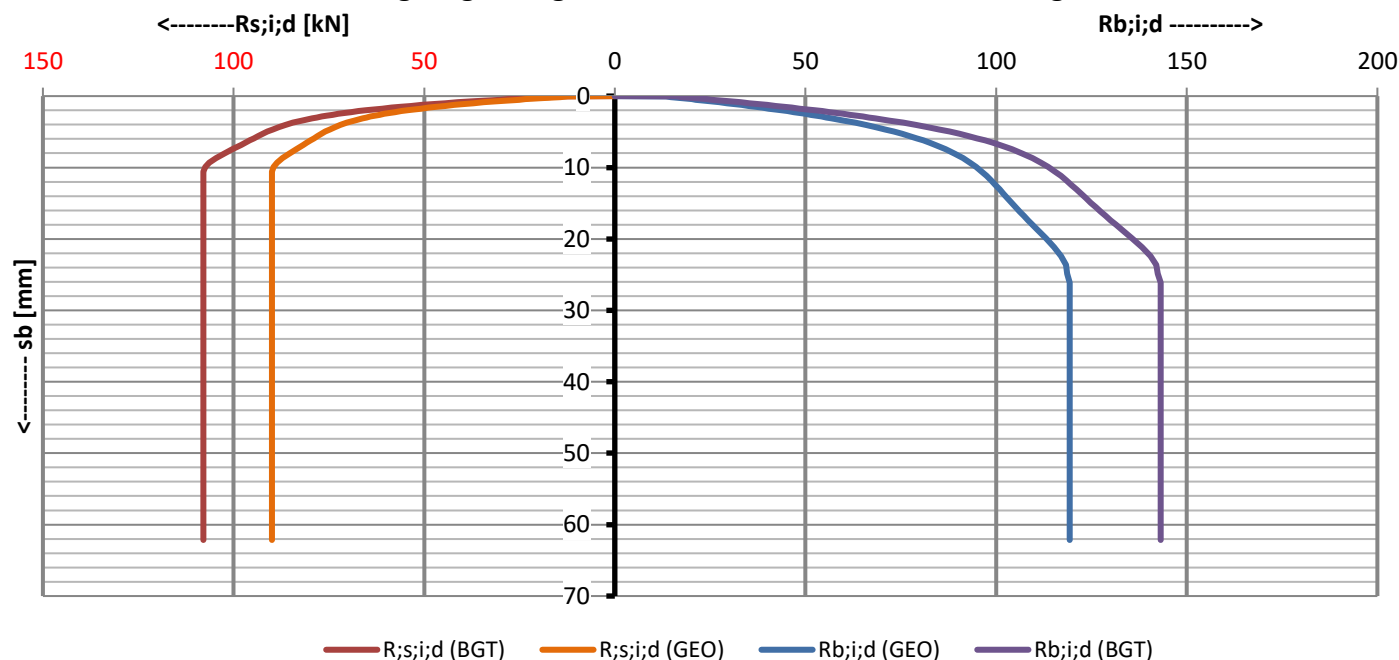
Paalkopzakking en last-zakkingsdiagram

0

Paaltype: Prefab_betonpaal
Paalafmeting: 220 x 220 mm
Paalpuntniveau: -22,50 m tov NAP
Sondering: D2

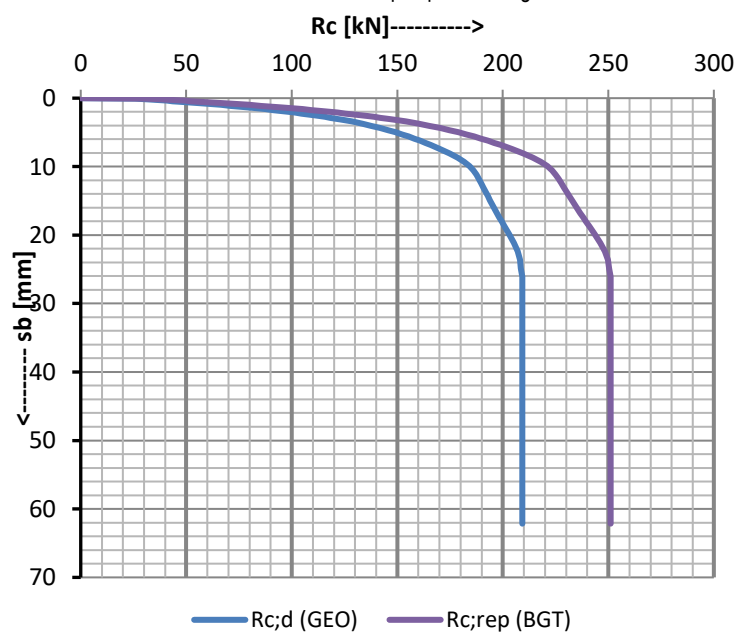
Palenplan	x-richting:	y-richting:
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand



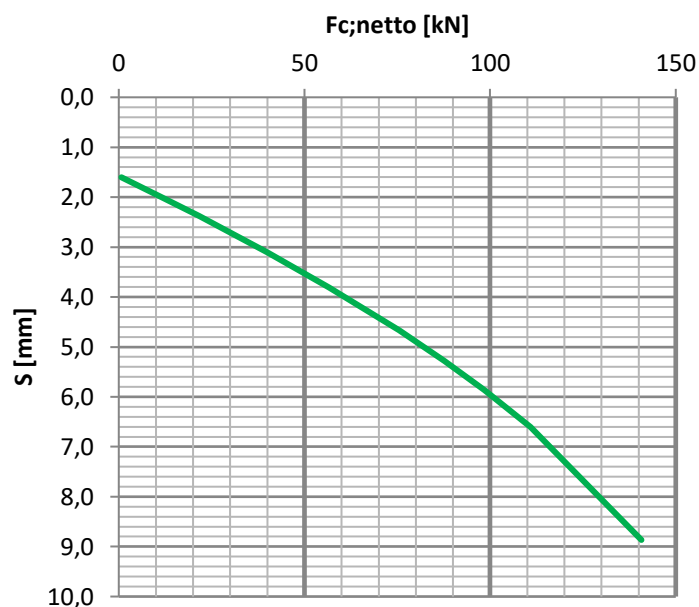
Last / Zakking diagram

Paalweerstand vs. paalpuntzakking



Last / zakking diagram

Netto paalbelasting vs paalkopzakking



UGT

F _{c;d;netto} [kN]	F _{nk;d} [kN]	F _{c;d} [kN]	S _{b;d} [mm]	S _{el;d} [mm]	S _{1;d} [mm]	S _{2;d} [mm]	S _d [mm]
175	34	209	26,1	4,7	30,8	0,1	30,9
175	34	209	24,9	4,7	29,6	0,1	29,7
174	34	208	23,6	4,7	28,3	0,1	28,4
173	34	207	22,4	4,7	27,0	0,1	27,1
171	34	205	21,1	4,6	25,8	0,1	25,9
169	34	203	19,9	4,6	24,5	0,1	24,6
167	34	201	18,6	4,6	23,2	0,0	23,3
164	34	198	17,4	4,5	21,9	0,0	22,0
99	34	133	3,7	3,3	7,0	0,0	7,0
4	34	38	0,3	1,4	1,7	0,0	1,7

BGT

F _{c;netto} [kN]	F _{nk} [kN]	F _c [kN]	S _b [mm]	S _{el} [mm]	S ₁ [mm]	S ₂ [mm]	S [mm]	k _{v;rep} [kN/mm]	k _{v;d} [kN/mm]
141	34	175	4,7	4,2	8,9	0,0	8,9	20	15
111	34	145	3,0	3,6	6,6	0,0	6,6	22	17
98	34	132	2,5	3,4	5,9	0,0	5,9	23	17
88	34	122	2,1	3,2	5,3	0,0	5,3	23	18
75	34	109	1,7	2,9	4,7	0,0	4,7	23	18
57	34	91	1,2	2,6	3,8	0,0	3,8	24	18
40	34	74	0,9	2,2	3,1	0,0	3,1	24	18
22	34	56	0,5	1,9	2,4	0,0	2,4	23	18
11	34	45	0,3	1,7	2,0	0,0	2,0	23	18
1	34	35	0,1	1,5	1,6	0,0	1,6	22	17

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	D2
Paaltype:	prefab betonpaal NEN9997-1:2017
Paalpuntniveau:	-22,5 meter
Schachtafmeting:	320 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	-4,49 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	-4,4 meter
Aanlegniveau fundering:	-5,1 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-6 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,09 meter
Schachtwrijving startniveau:	-19,9 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-22,5 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	6,5 MPa
$q_{c,II,gem}$ =	6,1 MPa
$q_{c,III,gem}$ =	4,7 MPa
α_p =	0,7
β =	1
s =	1
$p_{r,max;punt}$ =	3,86 MPa
a_s =	0,01
$q_{c,z;a}$ =	6,5 MPa
$q_{s,max}$ =	0,065 MPa
$R_{s;cal,max}$ =	216,614 kN
A_{punt} =	0,102 m ²
Q_s =	1,28 m
Δ_L =	2,6 m
$R_{b;cal,max}$ =	395 kN
$R_{c;cal,max}$ =	612 kN
ξ_3 en ξ_4 =	1,39
$R_{c;cal,max;k}$ =	440 kN
γ_t =	1,2
$R_{c;d}$ =	367 kN
$R_{c;net;d}$ =	317 kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	-4,4 meter
Negatieve kleef eindniveau:	-11,2 meter
Gebruikte waterstand:	-6 meter
F_{snkd} =	50 kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K_0;rep * \tan \gamma;rep$
-4,49	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-5,71	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-7,89	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25



Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzакking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zакking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

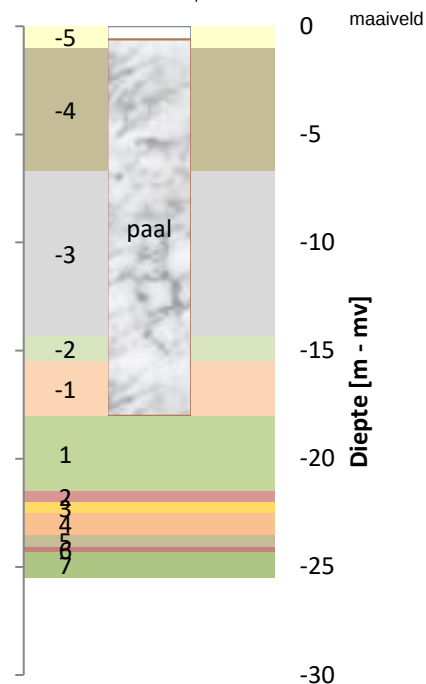
Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Hoge grondwaterstand	-4,5 [m NAP]
Lage grondwaterstand	-6,0 [m NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]

Paaleigenschappen

Paaltype	Prefab_betonpaal
E-modulus [Gpa] (kern)	2,0E+01
Last-zakkingsdiagram	1
Paalkopniveau	-5,10 [m tov NAP]
Paalpuntniveau	-22,50 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-19,90 [m tov NAP]
Aantal palen (X x Y)	1 x 2

Dwarsdoorsnede bodemopbouw



Bovenaanzicht palenplan



Tabel: karakteristieke waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	CR [-]	C_α [-]
-5	-5,5	16,0	18,0	27,5	0,077	0,004
-4	-11,2	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-3	-18,8	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
-2	-20,0	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-1	-22,5	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
1	-26,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
2	-26,5	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
3	-27,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
4	-28,0	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
5	-28,6	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
6	-28,8	17,0	19,0	17,5	0,092	0,004
7	-30,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	Fc	Paalbelasting	kN
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	Fnk	Negatieve kleef	kN
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	Fc;netto	Netto paalbelasting (Fc-Fnk)	kN
CR	compression ration (Cc/1+e0))	-	Sb	Paalpuntzакking tgv bovenbelasting	mm
Ca	secundaire samendrukkingsindex	-	Sel	Elastische verkorting paal	mm
Rs	Schachtweerstand	kN	S1	Sb + Sel	mm
Rb	Puntweerstand	kN	S2	Zакking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
Rc	weerstand van de grond op druk	kN	Sd	Rekenwaarde paalkopzакking (= S1 + S2)	mm
			kv	statische veercoëfficiënt (Fc / Sd)	kN/mm



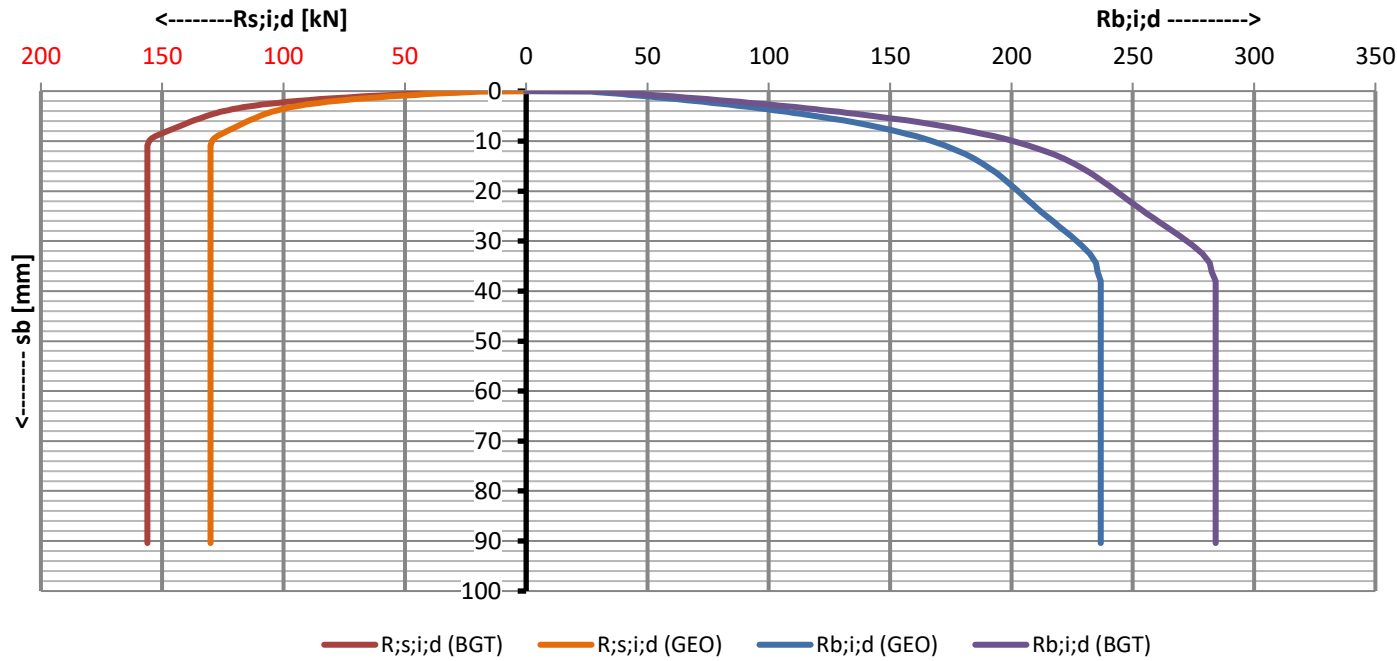
Paalkopzakking en last-zakkingsdiagram

0

Paaltype: Prefab_betonpaal
Paalafmeting: 320 x 320 mm
Paalpuntniveau: -22,50 m tov NAP
Sondering: D2

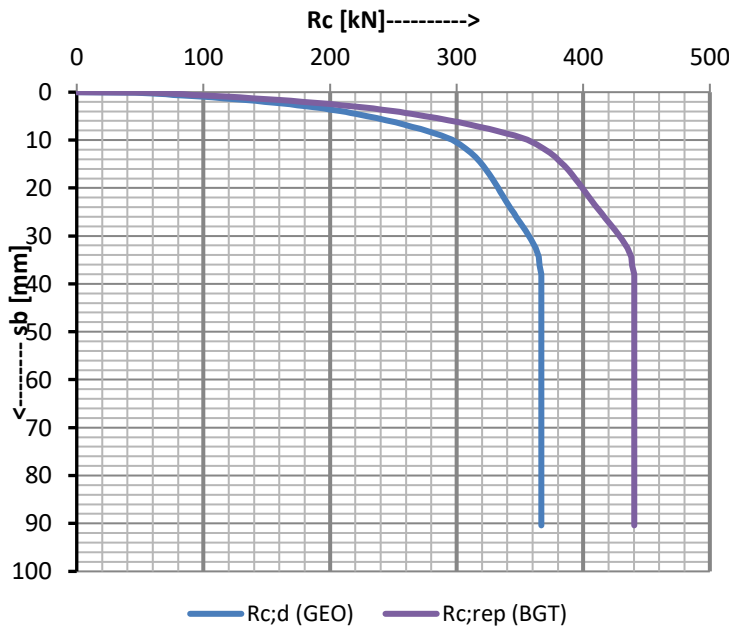
Palenplan	x-richting:	y-richting:
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand



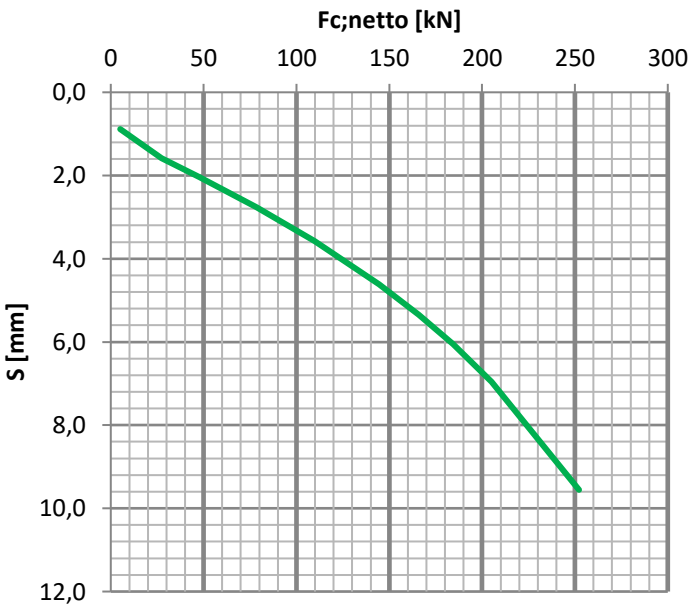
Last / Zakking diagram

Paalweerstand vs. paalpuntzakking



Last / zakking diagram

Netto paalbelasting vs paalkopzakking



UGT

Fc;d;nett [kN]	Fnk;d [kN]	Fc;d [kN]	Sb;d [mm]	Sel;d [mm]	S1;d [mm]	S2;d [mm]	S;d [mm]
317	50	367	38,0	3,7	41,6	0,1	41,7
316	50	366	36,2	3,6	39,8	0,0	39,9
315	50	365	34,4	3,6	38,0	0,0	38,0
312	50	362	32,5	3,6	36,2	0,0	36,2
309	50	359	30,7	3,6	34,3	0,0	34,4
304	50	354	28,9	3,6	32,5	0,0	32,5
300	50	350	27,1	3,5	30,6	0,0	30,6
295	50	345	25,3	3,5	28,8	0,0	28,8
179	50	229	5,0	2,5	7,4	0,0	7,4
8	50	58	0,3	1,0	1,2	0,0	1,2

BGT

Fc;netto [kN]	Fnk [kN]	Fc [kN]	Sb [mm]	Sel [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	S [mm]	kv;rep [kN/mm]	kv;d [kN/mm]
252	50	302	6,3	3,2	9,6	0,0	9,6	32	24
205	50	255	4,2	2,8	7,0	0,0	7,0	37	28
184	50	234	3,4	2,6	6,1	0,0	6,1	39	30
166	50	216	2,9	2,5	5,3	0,0	5,3	40	31
144	50	194	2,4	2,3	4,6	0,0	4,6	42	32
110	50	160	1,6	2,0	3,6	0,0	3,6	45	34
78	50	128	1,1	1,7	2,8	0,0	2,8	47	36
48	50	98	0,6	1,4	2,0	0,0	2,0	48	37
27	50	77	0,4	1,2	1,6	0,0	1,6	49	38
5	50	55	0,1	0,8	0,9	0,0	0,9	62	48

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:	NAP
Gehanteerde sondering:	D2
Paaltype:	stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017
Paalpuntniveau:	-25,5 meter
Schachtafmeting:	219 mm
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:	-4,49 meter
Toekomstige maaiveldhoogte:	-4,4 meter
Aanlegniveau fundering:	-5,1 meter
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):	-6 meter
Ophoging ten opzichte van maaiveld:	0,09 meter
Schachtwrijving startniveau:	-19,9 meter
Schachtwrijving eindniveau:	-25,5 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem}$ =	17,4 MPa
$q_{c,II,gem}$ =	17,4 MPa
$q_{c,III,gem}$ =	7 MPa
α_p =	0,7
β =	0,9
s =	1
$p_{r,max;punt}$ =	7,69 MPa
a_s =	0,01
$q_{c,z;a}$ =	6,8 MPa
$q_{s,max}$ =	0,068 MPa
$R_{s,cal,max}$ =	261,67 kN
A_{punt} =	0,041 m ²
Q_s =	0,688 m
Δ_L =	5,6 m
$R_{b,cal,max}$ =	317 kN
$R_{c,cal,max}$ =	579 kN
ξ_3 en ξ_4 =	1,39
$R_{c,cal,max;k}$ =	417 kN
γ_t =	1,2
$R_{c,d}$ =	347 kN
$R_{c,net;d}$ =	320 kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau:	-4,4 meter
Negatieve kleef eindniveau:	-11,2 meter
Gebruikte waterstand:	-6 meter
F_{snkd} =	27 kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K_0;rep * \tan \gamma;rep$
-4,49	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-5,71	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-7,89	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25



Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzакking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zакking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

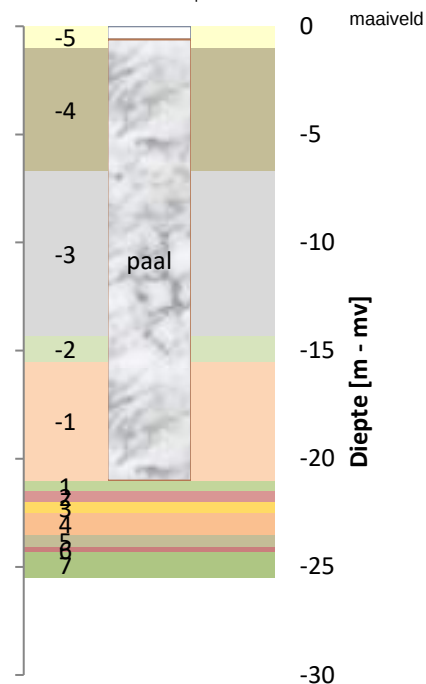
Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Hoge grondwaterstand	-4,5 [m NAP]
Lage grondwaterstand	-6,0 [m NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]

Paaleigenschappen

Paaltype	Stalen_buispaal
E-modulus [Gpa] (kern buis/elem.)	2,0E+01 2,0E+02
wanddikte buis [mm]	7,0
Last-zakkingsdiagram	1
Paalkopniveau	-5,10 [m tov NAP]
Paalpuntniveau	-25,50 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-19,90 [m tov NAP]
Aantal palen (X x Y)	1 x 2

Dwarsdoorsnede bodemopbouw



Bovenaanzicht palenplan



Tabel: karakteristieke waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	CR [-]	C_α [-]
-5	-5,5	16,0	18,0	27,5	0,077	0,004
-4	-11,2	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-3	-18,8	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
-2	-20,0	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-1	-25,5	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
1	-26,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
2	-26,5	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
3	-27,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
4	-28,0	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
5	-28,6	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
6	-28,8	17,0	19,0	17,5	0,092	0,004
7	-30,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	Fc	Paalbelasting	kN
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	Fnk	Negatieve kleef	kN
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	Fc;netto	Netto paalbelasting (Fc-Fnk)	kN
CR	compression ration (Cc/1+e0))	-	Sb	Paalpuntzакking tgv bovenbelasting	mm
Ca	secundaire samendrukkingsindex	-	Sel	Elastische verkorting paal	mm
			S1	Sb + Sel	mm
Rs	Schachtweerstand	kN	S2	Zакking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
Rb	Puntweerstand	kN	Sd	Rekenwaarde paalkopzакking (= S1 + S2)	mm
Rc	weerstand van de grond op druk	kN	kv	statische veercoëfficiënt (Fc / Sd)	kN/mm



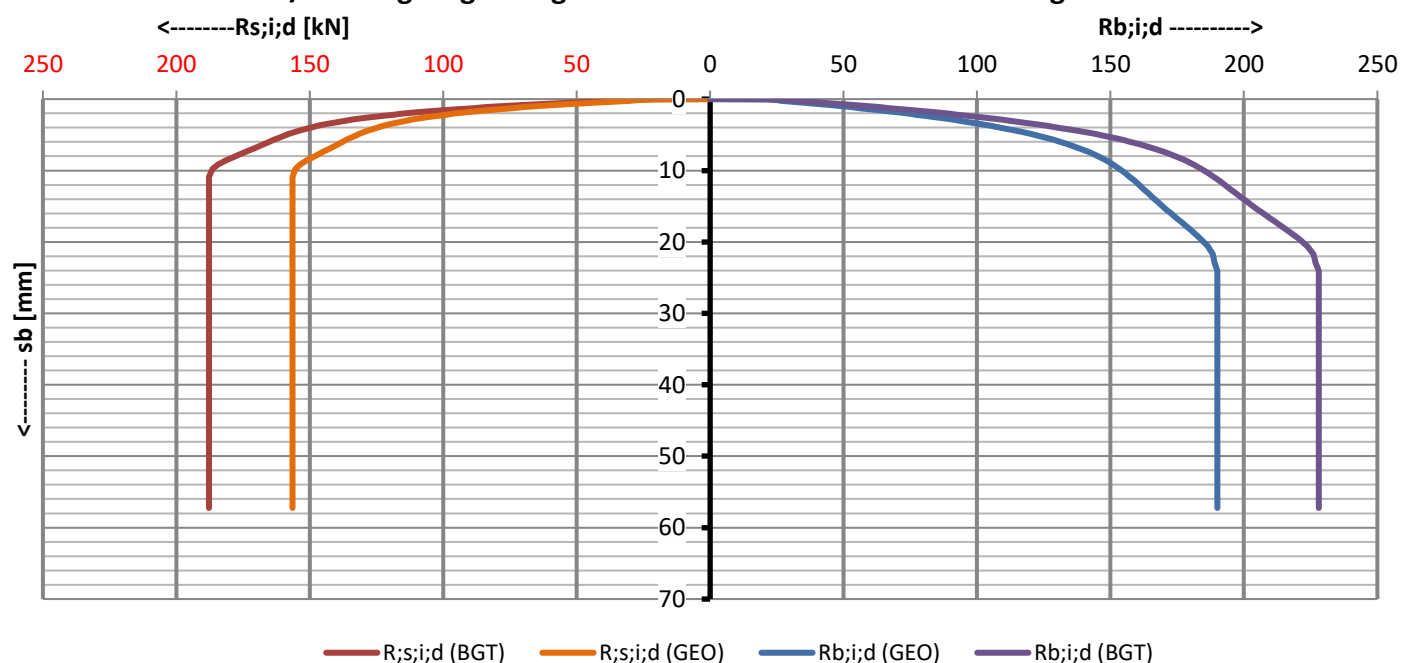
Paalkopzakking en last-zakkingsdiagram

0

Paaltype: Stalen_buispaal
Paalafmeting: 229 / 219 mm
Paalpuntniveau: -25,50 m tov NAP
Sondering: D2

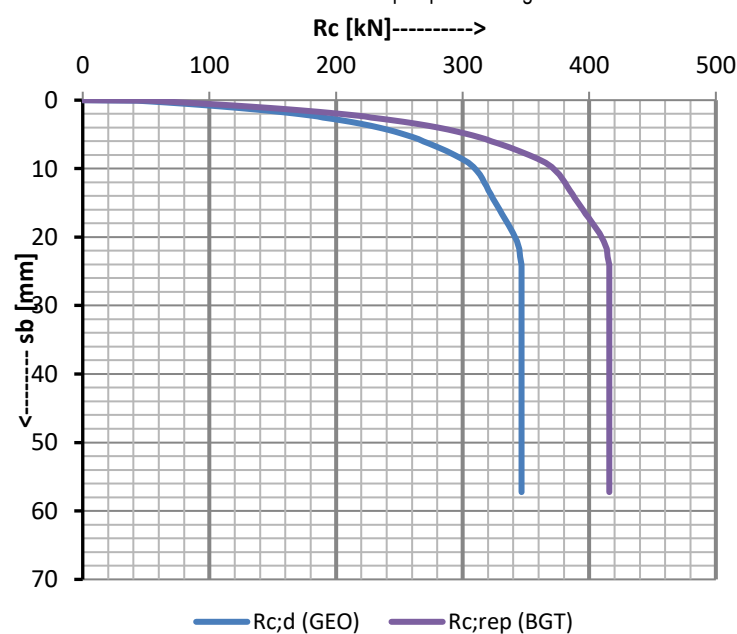
Palenplan	x-richting:	y-richting:
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand



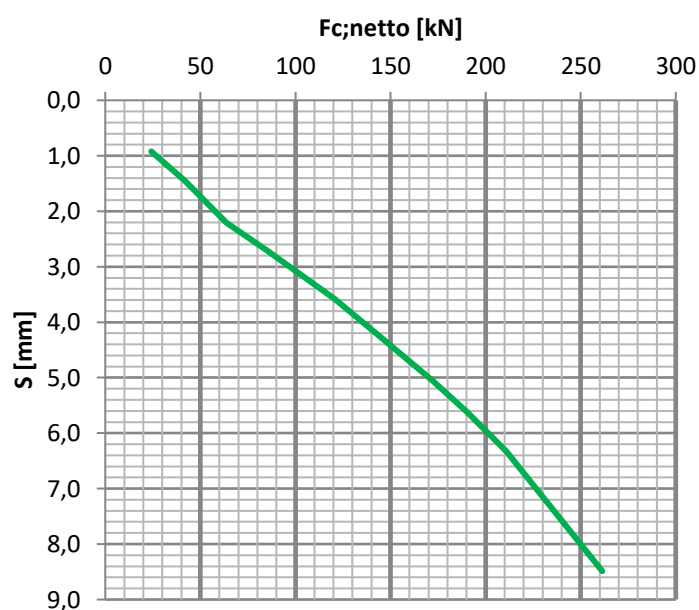
Last / Zakking diagram

Paalweerstand vs. paalpuntzakking



Last / zakking diagram

Netto paalbelasting vs paalkopzakking



UGT

Fc;d;netto [kN]	Fnk;d [kN]	Fc;d [kN]	Sb;d [mm]	Sel;d [mm]	S1;d [mm]	S2;d [mm]	S;d [mm]
320	27	347	24,0	4,5	28,5	0,8	29,3
318	27	345	22,9	4,4	27,3	0,8	28,1
318	27	345	21,8	4,4	26,2	0,8	27,0
316	27	343	20,6	4,4	25,0	0,8	25,8
313	27	340	19,5	4,4	23,8	0,8	24,6
310	27	337	18,3	4,3	22,7	0,7	23,4
306	27	333	17,2	4,3	21,5	0,7	22,2
302	27	329	16,0	4,3	20,3	0,7	21,0
175	27	202	2,9	2,8	5,6	0,0	5,7
21	27	48	0,1	0,9	1,0	0,0	1,0

BGT

Fc;netto [kN]	Fnk [kN]	Fc [kN]	Sb [mm]	Sel [mm]	S1 [mm]	S2 [mm]	S [mm]	kv;rep [kN/mm]	kv;d [kN/mm]
261	27	288	4,3	3,9	8,2	0,3	8,5	34	26
211	27	238	2,7	3,3	6,0	0,3	6,3	38	29
190	27	217	2,3	3,0	5,3	0,3	5,6	39	30
172	27	199	1,9	2,8	4,7	0,3	5,1	39	30
144	27	171	1,5	2,4	3,9	0,3	4,3	40	31
121	27	148	1,1	2,2	3,3	0,3	3,6	41	32
84	27	111	0,7	1,7	2,4	0,3	2,7	41	32
64	27	91	0,5	1,5	1,9	0,3	2,2	41	32
42	27	69	0,2	1,2	1,5	0,0	1,5	47	36
24	27	51	0,1	0,9	0,9	0,0	0,9	56	43

Voorbeeldberekening

Berekening, volgens NEN 9997-1, van de draagkracht van de grond op druk en verticale verplaatsing van de paalfundering.

Uitgangspunten

Referentie niveau:
Gehanteerde sondering:
Paaltype:
Paalpuntniveau:
Schachtafmeting:
Oorspronkelijke maaiveldhoogte:
Toekomstige maaiveldhoogte:
Aanlegniveau fundering:
Gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG):
Ophoging ten opzichte van maaiveld:
Schachtwrijving startniveau:
Schachtwrijving eindniveau:

NAP
D2
stalen buispaal geheid NEN9997-1:2017
-25,5 meter
273 mm
-4,49 meter
-4,4 meter
-5,1 meter
-6 meter
0,09 meter
-19,9 meter
-25,5 meter

Rekenfactoren & resultaten

$q_{c,I,gem} = 19,6$ MPa
 $q_{c,II,gem} = 15,9$ MPa
 $q_{c,III,gem} = 6,7$ MPa
 $a_p = 0,7$
 $\beta = 0,9$
 $s = 1$
 $p_{r,max;punt} = 7,7$ MPa
 $a_s = 0,01$
 $q_{c,z;a} = 6,8$ MPa
 $q_{s,max} = 0,068$ MPa
 $R_{s;cal,max} = 326,192$ kN
 $A_{punt} = 0,063$ m²
 $Q_s = 0,858$ m
 $\Delta_L = 5,6$ m
 $R_{b;cal,max} = 484$ kN
 $R_{c;cal,max} = 810$ kN
 ξ_3 en $\xi_4 = 1,39$
 $R_{c;cal,max;k} = 583$ kN
 $\gamma_t = 1,2$
 $R_{c;d} = 486$ kN
 $R_{c;net;d} = 453$ kN

Negatieve Kleef

Negatieve kleef startniveau: -4,4 meter
Negatieve kleef eindniveau: -11,2 meter
Gebruikte waterstand: -6 meter
 $F_{snkd} = 33$ kN

Tabel volumegewichten

Diepte [m]	Grondsoort	volumegewicht [kN/m ³]	γ -waarde	$K_0;rep * \tan \gamma;rep$
-4,49	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-5,71	Klei Schoon Slap	10	17,5	0,25
-7,89	Klei Schoon Slap	14	17,5	0,25



Verticale verplaatsing van de paalfundering

De paalkopzакking is berekend conform NEN-9997-1 § 7.6.4. De zакking van de lagen onder paalpuntniveau is berekend cf. NEN-9997-1 § 6.6.2 NEN-Bjerrum.

Grondparameters

De representatieve waarden van de grondparameters van de verschillende bodemlagen zijn op basis van het grondonderzoek ingeschat aan de hand van tabel 2.b uit de NEN 9997, eventueel i.c.m. algemene/locale kennis en ervaring.

Materiaalfactoren

- Volumiek gewicht	1
- Tangent hoek inwendige wrijving	1
- Ongedraineerde schuifsterkte	1
- Cohesie	1

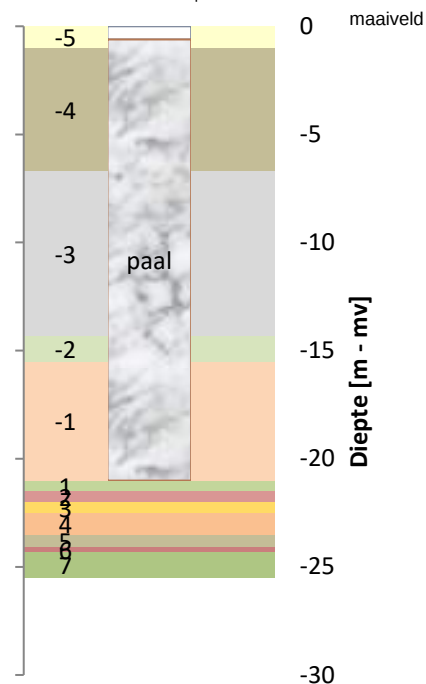
Bodemeigenschappen (aanname)

Oorspronkelijke maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Toekomstige maaiveldhoogte	-4,49 [m NAP]
Hoge grondwaterstand	-4,5 [m NAP]
Lage grondwaterstand	-6,0 [m NAP]
Pre-overburden pressure (POP)	2,0 [kN/m ²]

Paaleigenschappen

Paaltype	Stalen_buispaal
E-modulus [Gpa] (kern buis/elem.)	2,0E+01 2,0E+02
wanddikte buis [mm]	7,0
Last-zakkingsdiagram	1
Paalkopniveau	-5,10 [m tov NAP]
Paalpuntniveau	-25,50 [m tov NAP]
Startniveau schachtwrijving	-19,90 [m tov NAP]
Aantal palen (X x Y)	1 x 2

Dwarsdoorsnede bodemopbouw



Bovenaanzicht palenplan



Tabel: karakteristieke waarden van de gehanteerde grondparameters voor de oorspronkelijke bodemopbouw

laag	onderzijde [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	CR [-]	C_α [-]
-5	-5,5	16,0	18,0	27,5	0,077	0,004
-4	-11,2	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-3	-18,8	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
-2	-20,0	12,0	14,0	17,5	0,329	0,013
-1	-25,5	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
1	-26,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
2	-26,5	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
3	-27,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
4	-28,0	18,0	20,0	27,5	0,012	0,000
5	-28,6	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000
6	-28,8	17,0	19,0	17,5	0,092	0,004
7	-30,0	17,0	19,0	30,0	0,011	0,000

Symbolen en eenheden

γ	volumieke gewicht van grond (natuurlijk)	kN/m ³	Fc	Paalbelasting	kN
γ_{sat}	volumieke gewicht van verzadigde grond	kN/m ³	Fnk	Negatieve kleef	kN
ϕ'	effectieve hoek van inwendige wrijving	°	Fc;netto	Netto paalbelasting (Fc-Fnk)	kN
CR	compression ration (Cc/1+e0))	-	Sb	Paalpuntzакking tgv bovenbelasting	mm
Ca	secundaire samendrukkingsindex	-	Sel	Elastische verkorting paal	mm
			S1	Sb + Sel	mm
Rs	Schachtweerstand	kN	S2	Zакking tgv samendrukking lagen onder paal	mm
Rb	Puntweerstand	kN	Sd	Rekenwaarde paalkopzакking (= S1 + S2)	mm
Rc	weerstand van de grond op druk	kN	kv	statische veercoëfficiënt (Fc / Sd)	kN/mm



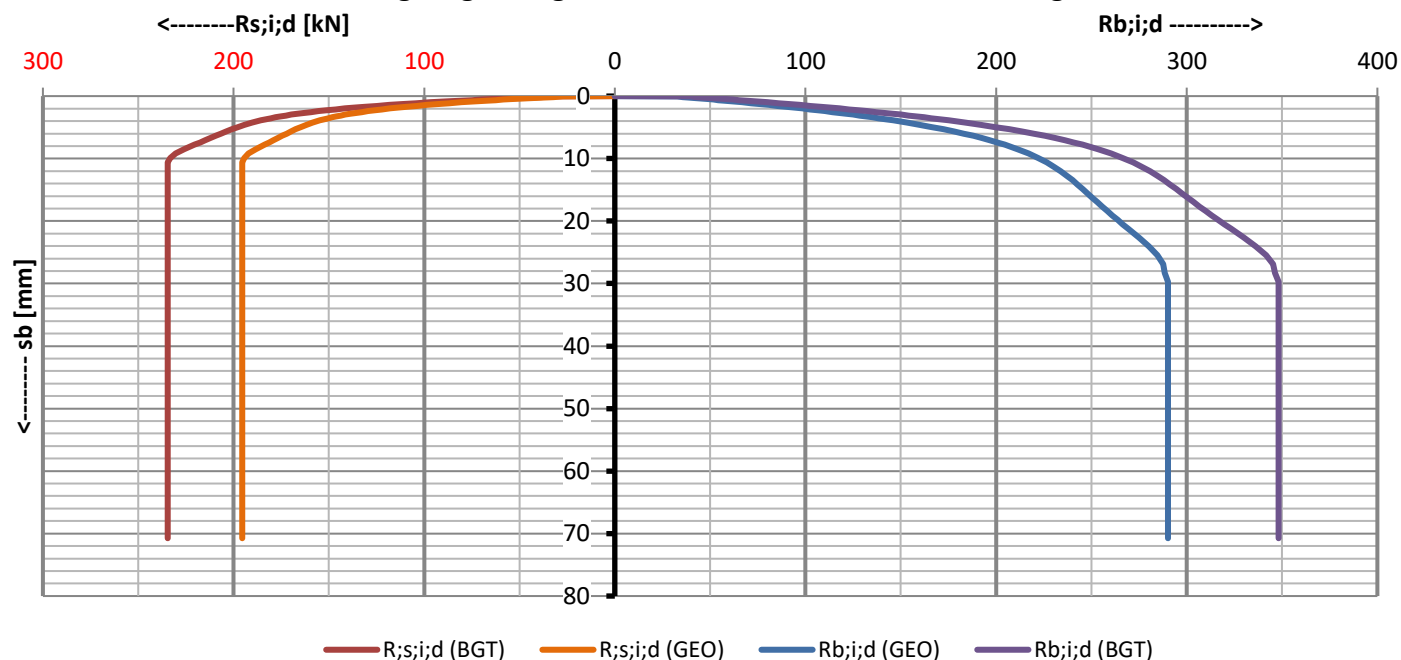
Paalkopzakking en last-zakkingsdiagram

0

Paaltype: Stalen_buispaal
Paalafmeting: 283 / 273 mm
Paalpuntniveau: -25,50 m tov NAP
Sondering: D2

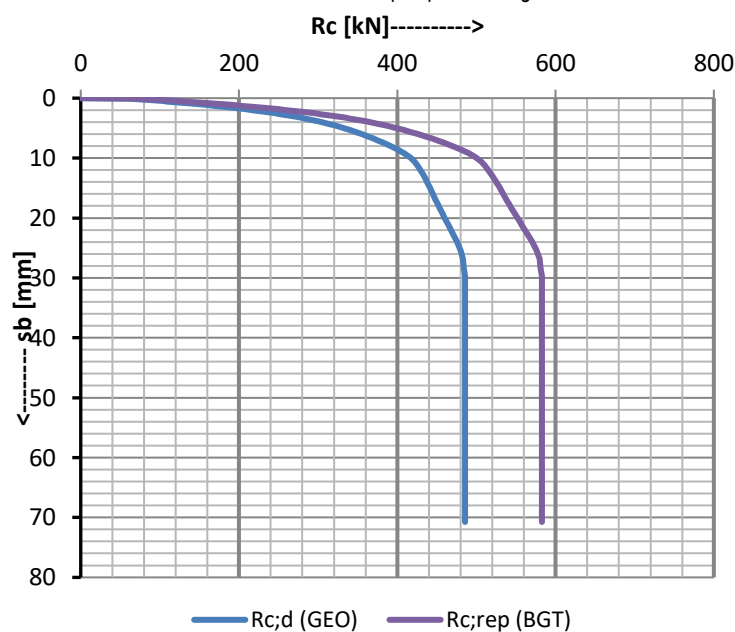
Palenplan	x-richting:	y-richting:
aantal	1	2
hoh-afstand [m]	nvt	2,0

Last / Zakking diagram : grenstoestand Geo en bruikbaarheidsgrenstoestand



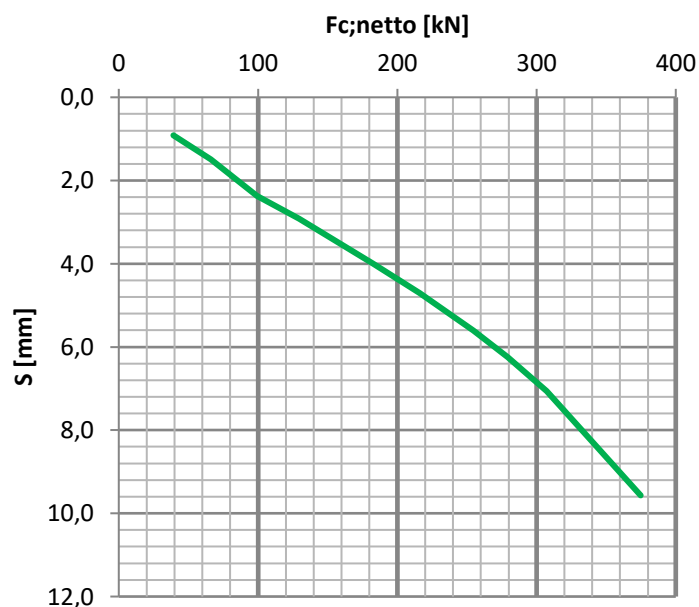
Last / Zakking diagram

Paalweerstand vs. paalpuntzakking



Last / zakking diagram

Netto paalbelasting vs paalkopzakking



UGT

$F_{c;d;netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_1;d$ [mm]	$S_2;d$ [mm]	$S;d$ [mm]
453	33	486	29,7	4,4	34,1	0,9	35,1
451	33	484	28,3	4,4	32,7	0,9	33,6
450	33	483	26,9	4,4	31,3	0,9	32,2
447	33	480	25,5	4,3	29,8	0,9	30,8
443	33	476	24,1	4,3	28,4	0,9	29,3
437	33	470	22,6	4,3	26,9	0,9	27,8
432	33	465	21,2	4,2	25,5	0,9	26,3
426	33	459	19,8	4,2	24,0	0,9	24,8
256	33	289	3,5	2,8	6,3	0,1	6,4
35	33	68	0,1	0,9	1,0	0,0	1,0

BGT

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	F_c [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_v;rep$ [kN/mm]	$k_v;d$ [kN/mm]
375	33	408	5,3	3,9	9,2	0,4	9,6	43	33
307	33	340	3,4	3,3	6,7	0,4	7,1	48	37
279	33	312	2,8	3,0	5,9	0,4	6,3	50	38
255	33	288	2,4	2,8	5,2	0,4	5,6	51	39
216	33	249	1,8	2,5	4,3	0,4	4,7	53	41
182	33	215	1,4	2,2	3,6	0,4	4,0	54	42
130	33	163	0,8	1,7	2,6	0,3	2,9	56	43
99	33	132	0,6	1,5	2,1	0,3	2,4	56	43
66	33	99	0,3	1,2	1,5	0,0	1,5	67	51
39	33	72	0,1	0,8	0,9	0,0	0,9	79	61

Symbolen en eenheden

Symbool	Eenheid	Uitleg
$q_{c,I,gem}$	MPa	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over een traject van 0,7 à 4,0 maal de equivalente diameter beneden de paalvoet
$q_{c,II,gem}$	MPa	de minimum gemiddelde waarde van de conusweerstand over dit traject
$q_{c,III,gem}$	MPa	de minimum gemiddelde waarde van de conusweerstand over een traject van 8,0 maal de equivalente diameter boven de paalvoet
a_p		paalklassefactor
β		factor voor de paalvoetvorm
s		factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoet
$p_{r,max;punt}$	MPa	de maximale puntweerstand
a_s		factor afhankelijk van de uitvoering en het paaltype
$q_{c,z;a}$	MPa	de gemiddelde waarde van de conusweerstand over het traject waarover schachtwrijving wordt berekend
$q_{s,max}$	MPa	de maximale paalschachtwrijving
$R_{s,cal,max}$	kN	de maximale schachtwrijving
A_{punt}	m ²	oppervlakte van de paalvoet
Q_s	m	omtrek paalschacht
Δ_L	m	Traject voor berekening schachtwrijving
$R_{b,cal,max}$	kN	de maximale draagkracht van de paalpunt
$R_{c,cal,max}$	kN	de maximale draagkracht van de paal
ξ_3 en ξ_4		correlatiefactoren
$R_{c,cal,max;k}$	kN	de representatieve waarde van de maximale draagkracht van de paal
γ_t		partiële factor voor de totale draagkracht van een paal
$R_{c,d}$	kN	de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal
F_{snkd}	kN	de rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting
$R_{c,net;d}$	kN	de rekenwaarde van de maximale draagkracht gecompenseerd met F_{snkd}
$\gamma_{i,rep}$	kN/m ³	de representatieve waarde van het volumiek gewicht van de grond van laag j

Bijlage 2 : Algemene richtlijnen uitvoering en ontwerp

Algemene richtlijnen en aandachtspunten uitvoering en ontwerp

(gebaseerd op onder andere: NEN 6740, NEN 9997, SBR Handboek funderingen)

Algemeen

Bij de uitvoering moet zijn gecontroleerd of aan de onderstaande uitgangspunten van het ontwerp van de fundering is voldaan:

- de grondgesteldheid, de grondwatertoestand en mogelijk andere omgevingsfactoren mogen niet ongunstiger zijn dan is aangenomen ten behoeve van het ontwerp. Hiertoe dient onder meer te worden nagegaan of het grondonderzoek voldoet aan de onderzoeksrichtlijnen uit de NEN 9997-1 (zie ook navolgend);
- de positie, diepte en afmetingen van de fundering moeten overeenstemmen met de ontwerpspecificaties;
- de kwaliteit van de constructieve onderdelen moet voldoen aan de desbetreffende materiaaleisen en de funderingselementen mogen niet zijn beschadigd;
- indien de nieuwe fundering zich binnen het belastingsspreidingsgebied van de bestaande fundering bevindt, moet de noodzaak van extra voorzieningen zijn overwogen.
- de aanleg van een fundering nabij een bestaande fundering moet voorzichtig en volgens de aanwijzingen in het geotechnisch ontwerprapport zijn uitgevoerd. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen, incl. de funderingswijze van de draagconstructie en de begane grondvloeren. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de fundering van op staal gefundeerde belendingen. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zoveel mogelijk te worden voorkomen. Daarnaast is de bouwkundige staat, waarin de panden zich bevinden, van belang.

Richtlijnen uitvoering grondonderzoek in de geotechnische categorieën 2 en 3 (cf NEN 9997-1 § 3.2.3)

Algemeen

De afstand tussen de punten en de diepte van onderzoek moeten zijn bepaald op grond van de geologie van het gebied, indien aanwezig de kennis van de grondgesteldheid, de afmetingen van het bouwterrein, de aard van de fundering en van de geotechnische constructie. De onderzoekspunten moeten zo over de plattegrond van het te bouwen project zijn verdeeld dat daaruit de grondgesteldheid ter plaatse van de geotechnische constructies betrouwbaar kan worden afgeleid. In geotechnische categorie 3, moeten gedurende het onderzoek ook de aanwezige grondwaterniveaus worden vastgesteld van ieder vrijwaterniveau dat gedurende het onderzoek wordt opgemerkt. Daarnaast kan extra onderzoek worden verlangd of nodig zijn.

Grondwerken en grondkerende constructies

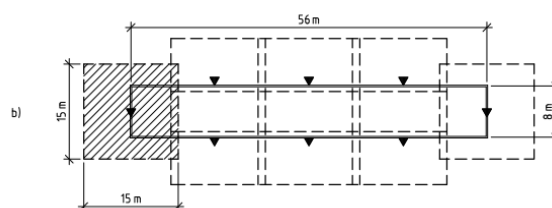
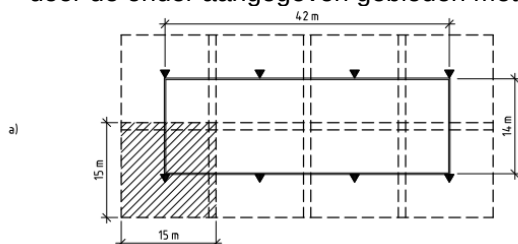
- Indien op basis van de geologische kennis van het gebied wordt verwacht dat afwijkingen in dikte van aanwezige klei-, veen- en leemlagen op het bouwterrein kleiner zijn dan 0,5 m, waardoor geen zakkingsverschillen groter dan 0,10 m over een afstand van 10 m zullen optreden, mag de afstand tussen de punten van onderzoek ten hoogste 100 m zijn. Als zakkingsverschillen van 0,1 m of meer over een afstand van 10 m kunnen leiden tot overstroming van dijken of dammen of tot enig gevaar voor de gebruikers van wegen en spoorwegen, moet de afstand tussen de onderzoekspunten worden verkleind tot ten hoogste 50 m.
- Het geotechnisch onderzoek moet hebben gereikt tot de onderkant van de laag die:
 - zakkingen en/of stabiliteitsverlies veroorzaakt als gevolg van het gewicht van de dam, dijk, aardebaan of kistdam;
 - in het geval van ontgravingen, zorg moet dragen voor de vereiste ondoorlatendheid voor water van de bodem van de bouwput.
- Als bij het grondwerk damwanden worden toegepast, moet het onderzoek in het terrein zijn uitgevoerd tot ten minste de onderkant van de te plaatsen damwanden.
- Als uit het geotechnisch onderzoek voor permanente ontgravingen, bijvoorbeeld voor verdiept aangelegde wegen of spoorwegen blijkt dat de dikte van de waterafsluitende of waterremmende laag meer varieert dan 50 % van de gemiddelde dikte van die laag, mag de afstand tussen de onderzoekspunten niet meer dan 50 m zijn.

Fundering op staal

- Er moeten minstens 2 terreinproeven zijn uitgevoerd en mag de afstand tussen de punten van geotechnisch onderzoek in het terrein ten hoogste 25 m zijn.
- De terreinproeven en boringen met monsterneming moeten ten minste tot een diepte onder het aanlegniveau van de funderingssloof, -poer of -plaat hebben bereikt van driemaal de breedte van het bouwwerk onder het aanlegniveau, waarbij 25 m als maximum mag zijn aangehouden.
- De terreinproeven moeten zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk.

Fundering op palen

- Het geotechnisch onderzoek moet hebben bestaan uit een of meer proefbelastingen of terreinproeven, eventueel gecombineerd met boringen met monsternaming.
- Er moeten ten minste 2 terreinproeven (eventueel gecombineerd met boringen met monsternaming) zijn uitgevoerd die tot een diepte van 5 m onder het paalpuntniveau hebben bereikt. Bovendien moet een van de terreinproeven een diepte hebben bereikt van ten minste $10 \times$ de kleinste dwarsafmeting van de paalvoet onder het paalpuntniveau. Voor bouwwerken hoger dan 70 m moeten de terreinproeven ten minste tot een diepte hebben bereikt van driemaal de breedte van het bouwwerk onder het paalpuntniveau, waarbij 25 m als maximum mag zijn aangehouden.
- Worden terreinzettingen verwacht van meer dan 0,1 m, die het gevolg zijn van recent of vroeger aangebrachte terreinbelastingen in de buurt van het op palen te funderen bouwwerk of door verlaging van de grondwaterstand, dan moet, ten behoeve van de bepaling van de grootte van de representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft ($F_{nk;rep}$), één boring met ongeroerde monsters uit de cohesieve samendrukbare grondlagen beschikbaar zijn, waarvan de schuifweerstandseigenschappen zijn/worden bepaald. Deze boring mag achterwege blijven als uit eerder onderzoek in de directe omgeving van het bouwproject betrouwbare gegevens met betrekking tot de schuifweerstandseigenschappen van de cohesieve samendrukbare grondlagen zijn verkregen, of als de samenstelling van de bodem en de grondeigenschappen aan tabel 2.b zijn ontleend.
- Als het geotechnisch onderzoek bestaat uit terreinproeven gelden de volgende voorwaarden:
 - Voor de gemiddelde onderlinge afstand van de onderzoekspunten (a_{gem}), als functie van $R_{c;cal;gem}$ (gemiddelde waarde van de maximumdraagkracht van de paal of palen onder het bouwwerk of deel van het bouwwerk, voor eenzelfde paalpuntniveau) en $\Delta R_{c;cal}$ (is het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van de maximumdraagkracht van de paal of palen onder het bouwwerk of deel van het bouwwerk, voor eenzelfde paalpuntniveau):
 - als $\Delta R_{c;cal} \leq 0,3 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 25$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 25 m $\times$ 25 m;
 - als $\Delta R_{c;cal} \leq 0,4 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 20$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 20 m $\times$ 20 m;
 - als $\Delta R_{c;cal} \leq 0,5 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 15$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 15 m $\times$ 15 m;
 - als $\Delta R_{c;cal} > 0,5 \times R_{c;cal;gem}$, dan is $a_{gem} \leq 15$ m en wordt per terreinproef een oppervlakte bestreken van ten hoogste 15 m $\times$ 15 m. Op basis van de resultaten van de terreinproeven moet worden beoordeeld of en hoe een verantwoord funderingsontwerp kan worden gemaakt voor de beoogde constructie.
- Het oppervlak waarbinnen de funderingselementen zijn geprojecteerd, moet volledig zijn afgedekt door de onder aangegeven gebieden met de plaatsen van de terreinproeven als middelpunt.



- Er moeten terreinproeven zijn uitgevoerd op de omtrek van het bouwwerk waarbinnen funderingselementen zijn geprojecteerd. Bij rechthoekige bouwwerken met zijden met een lengte groter of gelijk aan a_{gem} moet ten minste één terreinproef nabij elke hoek zijn uitgevoerd. Bij rechthoekige bouwwerken waarvan de breedte van het grondoppervlak kleiner is dan $0,6 \times a_{\text{gem}}$ mogen de terreinproeven nabij de hoeken zijn vervangen door één terreinproef halverwege elke korte zijde.
- De afstand tussen deze aanvullende terreinproeven hangt, behalve van de praktische mogelijkheden, ook af van de aard en de omvang van het overgangsgebied. Het kan in bepaalde gevallen voor het ontwerp van de paalfundering en de keuze van het paaltype, nodig zijn lokaal het net van terreinproeven te verdichten.

Wat als het grondonderzoek niet voldoet aan deze richtlijnen?

Indien het grondonderzoek niet voldoet aan de voornoemde richtlijnen, geldt dat:

- Een definitief advies slechts kan worden opgesteld nadat het gehele grondonderzoek is afgerond cf. deze onderzoeksrichtlijnen.
- Zo nodig andere onderzoeksmethoden moeten worden overwogen, zoals bv slagsonderingen, boorsonderingen, mechanische boringen.
- Bij de verdere verwerking van de resultaten van het funderingsadvies er rekening mee dient te worden gehouden dat de bodem op de bouwplaats kan afwijken van hetgeen is aangetroffen tijdens onderhavig onderzoek. De resultaten dienen derhalve met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd.

Afstand WKO-boringen tot fundering

Bij de uitvoering van een mechanische boring direct naast een gebouw of constructie (zoals een viaduct, dijklichaam, spoor, weg, riolering, etc.) moet men rekening houden met mogelijke negatieve effecten op (de fundering van) deze bouwwerken of constructies als gevolg van de grondontspanning die de boring veroorzaakt. Deze grondontspanning ontstaat bij het plaatsen van een eventuele mantelbuis en bij het boorproces.

Schade aan gebouwen en constructies kan worden voorkomen, door de boring op veilige afstand hiervan te plaatsen. Conform de uitvoeringseisen uit SIKB Protocol 2101 "Mechanisch boren", versie 4.0 d.d. 1 februari 2018 geldt dat, tenzij anders overeengekomen, een boring op een afstand van minimaal $10 \times$ de boorgatdiameter van een bestaand gebouw of constructie dient te worden geplaatst en $15 \times$ de boorgatdiameter van een bekend c.q. gepland gebouw of constructie.

Grondwater

Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden moet de bodem van de sleuf of de put droog zijn, tenzij speciale maatregelen zijn genomen om uitspoeling van beton of bindmiddelen te voorkomen.

Wanneer de grondwaterstand te hoog is, kan mede afhankelijk van de waterdoorlatendheid van het toegepaste zand, de ondergrond en de gebruikte verdichtingsapparatuur, een "drijfzand"-situatie ontstaan. Een verlaging van de grondwaterstand is doorgaans middels een van de volgende drie bemalingsmethoden te realiseren:

- horizontale drains in en rond de bouwput
- korte (vacuüm)filters rondom de bouwput, h.o.h. 2 m geplaatst, met zuigleiding aan een zuigperspomp verbonden
- plaatsing van enige grote en diepe deepwell-pompputten met een flinke reikwijdte met betrekking tot de verlaging van de grondwaterstand.

Van geval tot geval dient dit apart te worden bekeken of een bemalingsadvies is vereist. De noodzaak hiertoe kan onder meer afhankelijk zijn van de ligging van de bouwplaats (binnen of buiten beschermd gebied), het verwachte onttrekkingsdebiet/waterbezwaar (aanvraag vergunningen bij overschrijding vergunningsgrens) en invloed naar de omgeving (aanwezigheid van monumentale panden, of bomen). Ons bureau kan hieromtrent nader adviseren en desgewenst en indien van toepassing de (MER-) vergunnings- of meldingsprocedure verzorgen.



Geotechnisch bodemonderzoek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk, met (track)truck, minirups, demontabel en hand
- Sonderen op het water (met hefeiland)
- Dissipatieproeven
- Peilbuizen wegdrukken
- Mechanisch (puls)boren conform protocol 'Mechanisch boren' (2101)
- Handboren
- Geotechnische monitoring
- Waterdoorlatendheidsmetingen
- Palen akoestisch doormeten
- Onderzoek niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieukunde

- Verkennend onderzoek
- Onderzoek naar asbest in de (water)bodem
- Nulsituatie-onderzoek
- Nader onderzoek
- Waterbodemonderzoek (monsternameboot)
- BUS-melding
- Saneringsplan
- Milieukundige begeleiding
- Second opinion
- Partijkeuring
- Bouwstoffenkeuring
- Onderzoek PFAS

Advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, barrièrewerking, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag, MER aanmeldnotitie
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies
- Zettingsrisico's bemaling t.b.v. CAR-verzekering
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek
- Algemene expertise, controle grondverbetering

Laboratorium

- Classificatieproeven
- Foto's monsters en boringen
- Atterbergse grenzen (fallcone en Casagrande)
- Doorlatendheidsmetingen
- Samendrukkingsproeven, CRS
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven
- Directe afschuifproef (DS), Direct Simple Shear (DSS)
- Diverse RAW-proeven (o.a. 2, 9, 10, 11, 13, 14, 28, 35)
- Opstellen analyseplan/-strategie

Rapport: RESULTATEN GRONDONDERZOEK
Onderwijs huisvesting, Hogelandsepad
Lansingerland

Opdrachtgever: BM&A
Sluisendijk 7
3274BM HEINENOORD

Contactbedrijf: Geelhoed Engineering B.V.

Projectnummer: 2302072

Versie:1

Rapportdatum: 23 oktober 2023

Contactpersoon: Jeroen van Meeuwen

Dataverwerking: Bedrijfsbureau

Controle: Simone Janssen



Inhoudsopgave

1	Projectbeschrijving	1
2	Veldonderzoek.....	2
2.1	Onderzoeksopzet	2
2.2	Sonderingen	2
2.3	Boringen	2
2.4	Hoogtemeting	2

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten grondonderzoek

1 Projectbeschrijving

In opdracht van BM&A is door Wiha Grondmechanica een grondonderzoek uitgevoerd voor het project “Onderwijs huisvesting, Hogelandsepad te Lansingerland”.

In onderhavig rapport worden de resultaten van het grondonderzoek weergegeven.

2 Veldonderzoek

2.1 Onderzoeksopzet

Het grondonderzoek heeft plaatsgevonden op 11, 12 en 13 oktober. De onderzoeksopzet is bepaald door of namens de opdrachtgever. De onderzoekspunten zijn door ons bureau in het terrein uitgezet en ingemeten.

2.2 Sonderingen

Voor dit project zijn door ons bureau 5 sonderingen gemaakt. Het betreft sondeernummers: D1 t/m D5. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1, met een sondeerunit met een elektrische kleefmantelconus klasse 2.

In Bijlage 1 zijn de sondeergegevens in grafiekvorm weergegeven, evenals een situatieschets met de locaties van de sondeerpunten. Stopcriterium en eventuele opmerkingen ten aanzien van de uitvoering zijn per sondering weergegeven in de waterpasstaat (Bijlage 1).

2.3 Boringen

Om inzicht te krijgen in de grondsamenstelling en de actuele grondwaterstand is 1 handboring verricht. Het betreft boring B1, die is uitgevoerd nabij sondering D5.

De boorstaat en de eventueel gemeten grondwaterstand is weergegeven in Bijlage 1. De situering van de boring is weergegeven op de situatietekening.

2.4 Hoogtemeting

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

Bijlage 1 : Resultaten grondonderzoek



19

put

17

dorpel

D2

D3

D1

D4

D5

B1

Hogelandsepad

11

kruin weg

Posterscheldestraat

18

20

22

24

26

28

30

32

12

14

16

Projectnummer: 2302072

Datum: 17 oktober 2023

Situatietekening

Formaat: A3

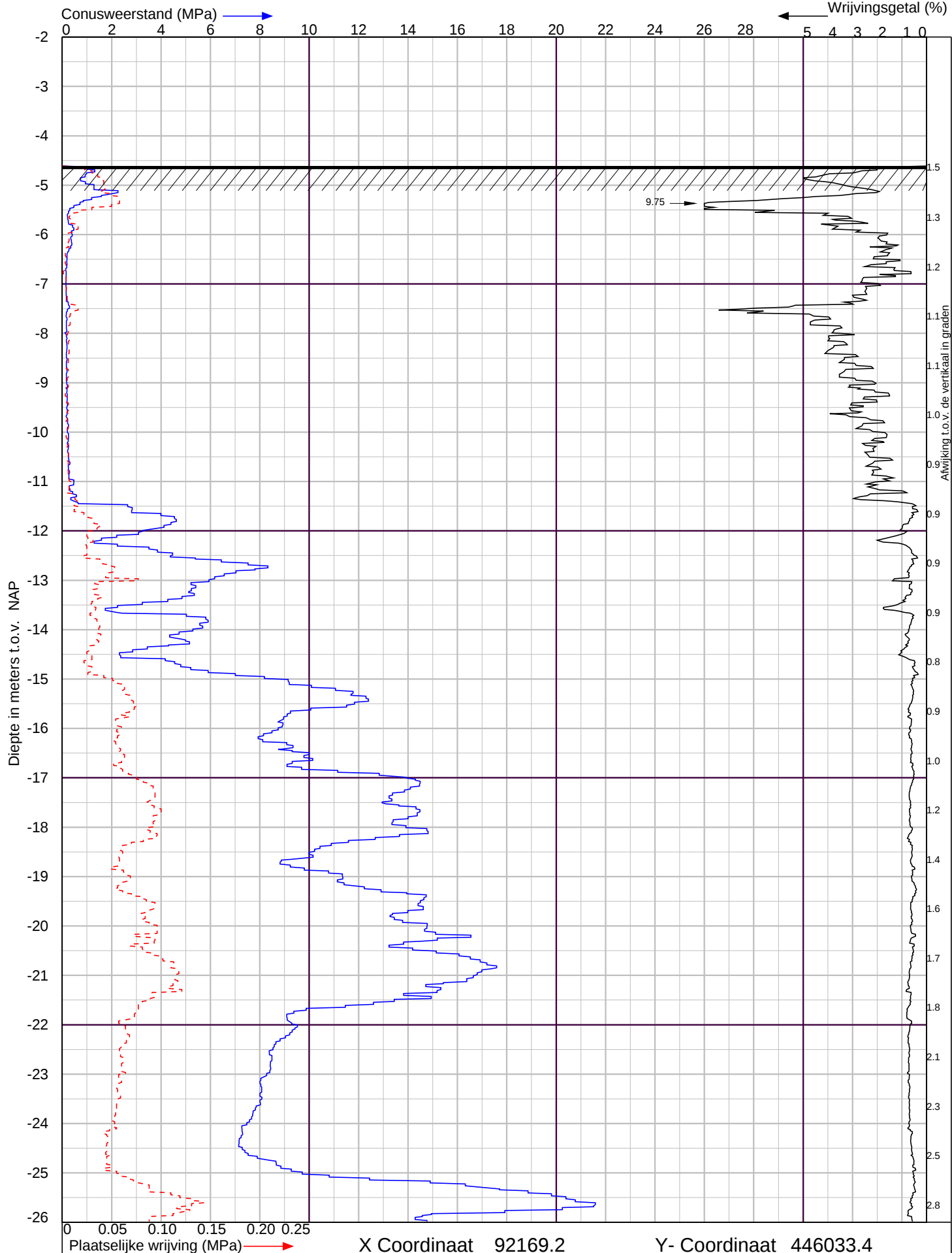
Getekend: FAL

Maten in meters

Project: Onderwijs huisvesting, Hogelandsepad te Lansingerland

0 m 5 m 25 m

Schaal 1:500



Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



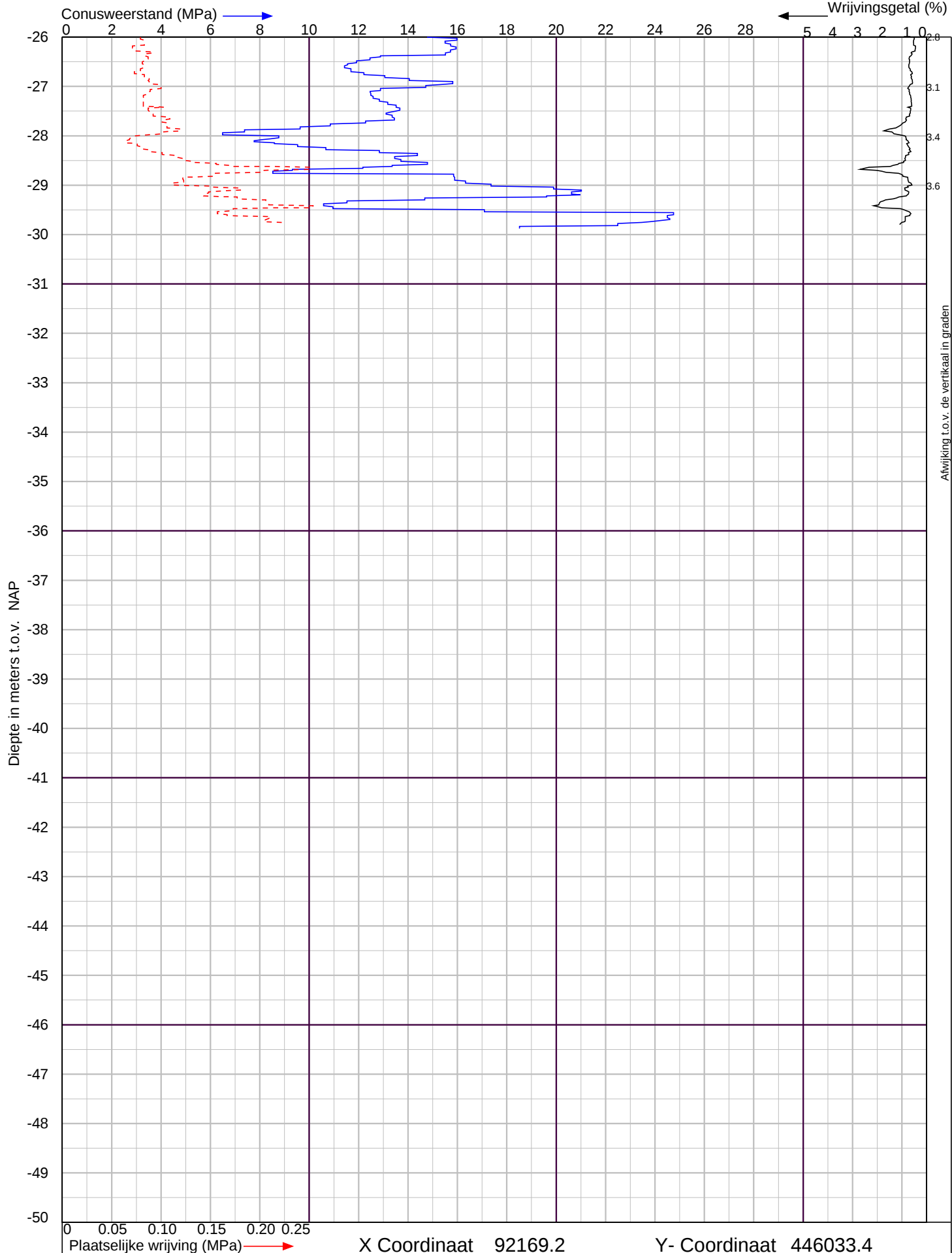
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 13-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.61 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **1**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



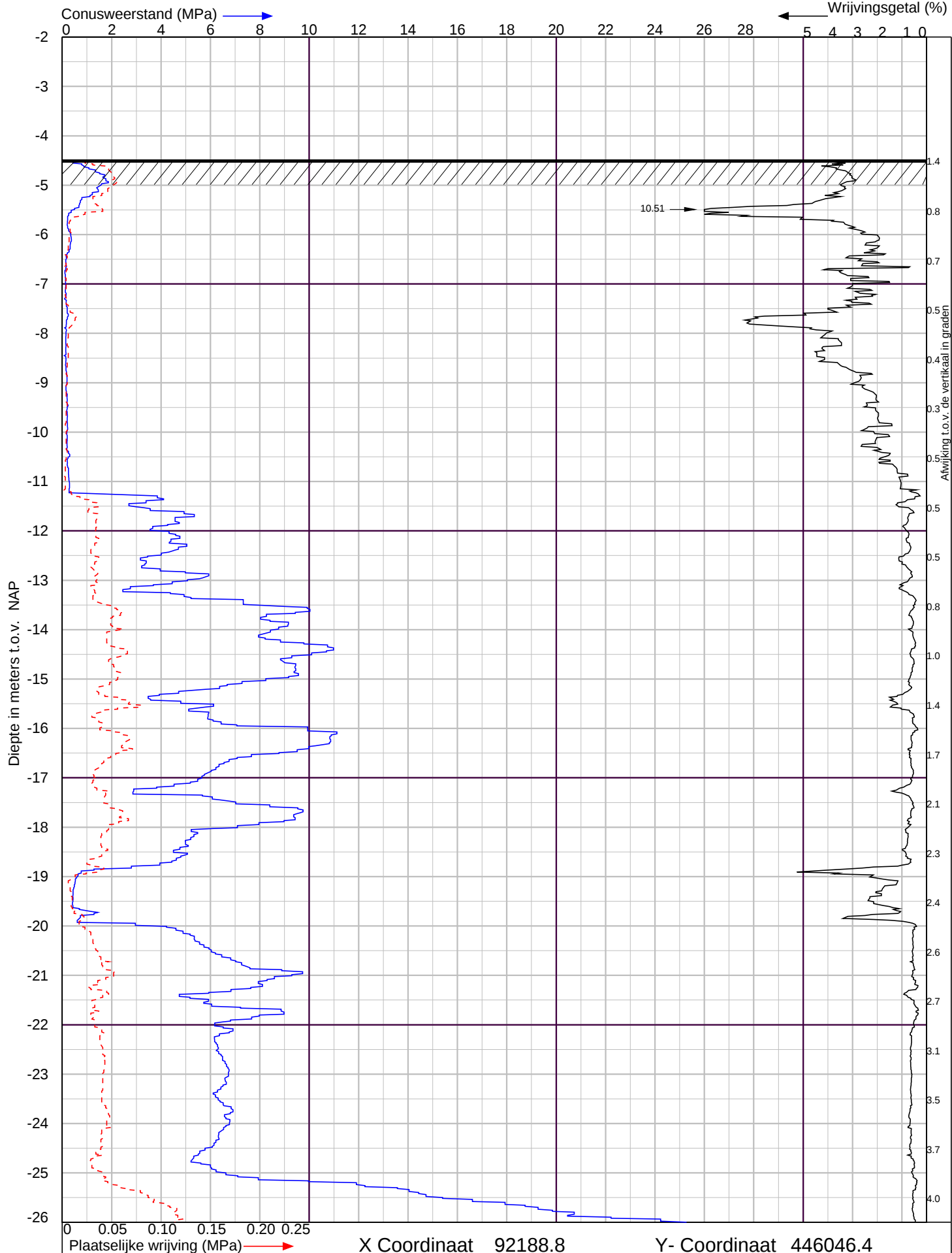
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 13-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.61 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **1**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



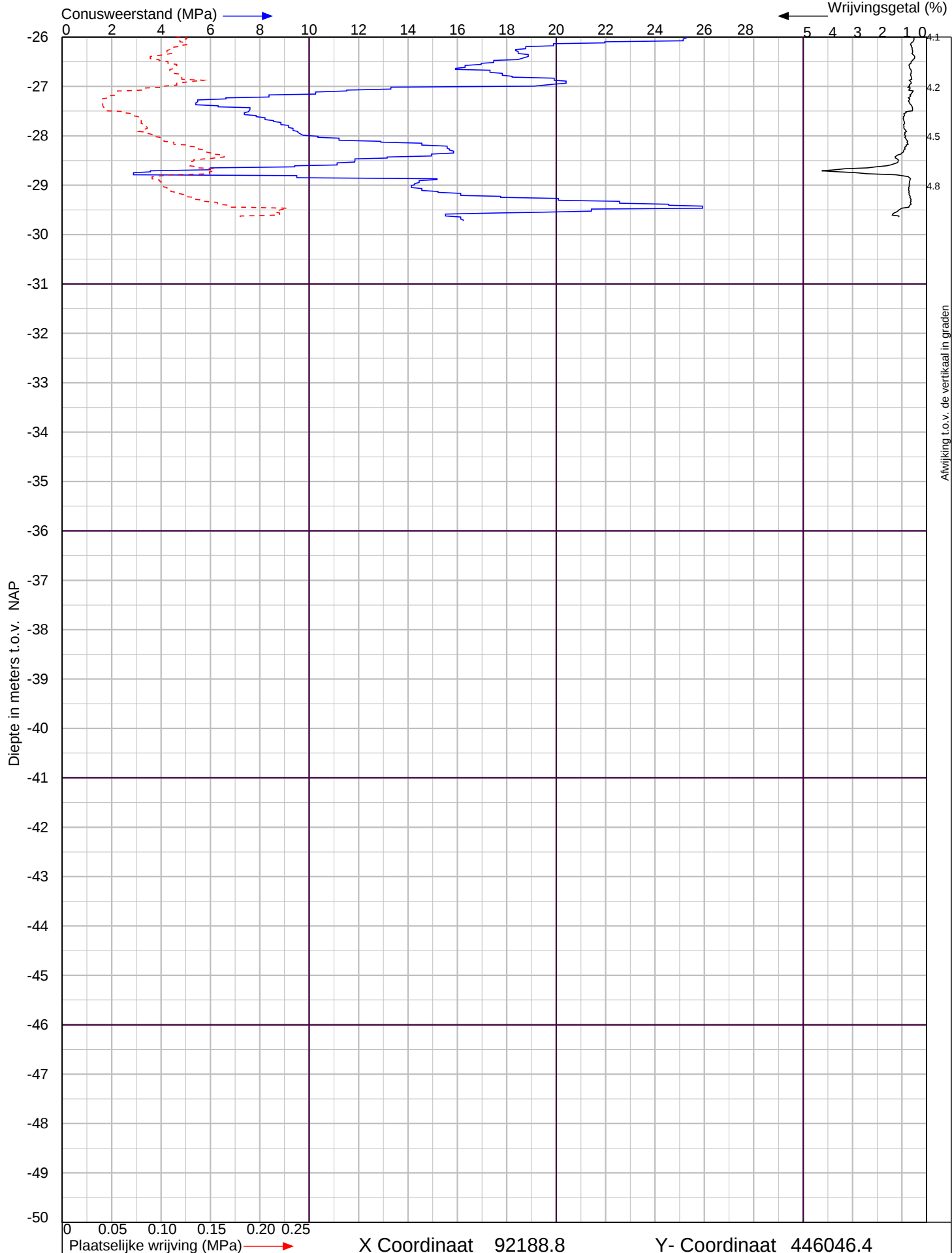
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 13-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.49 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : 2





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



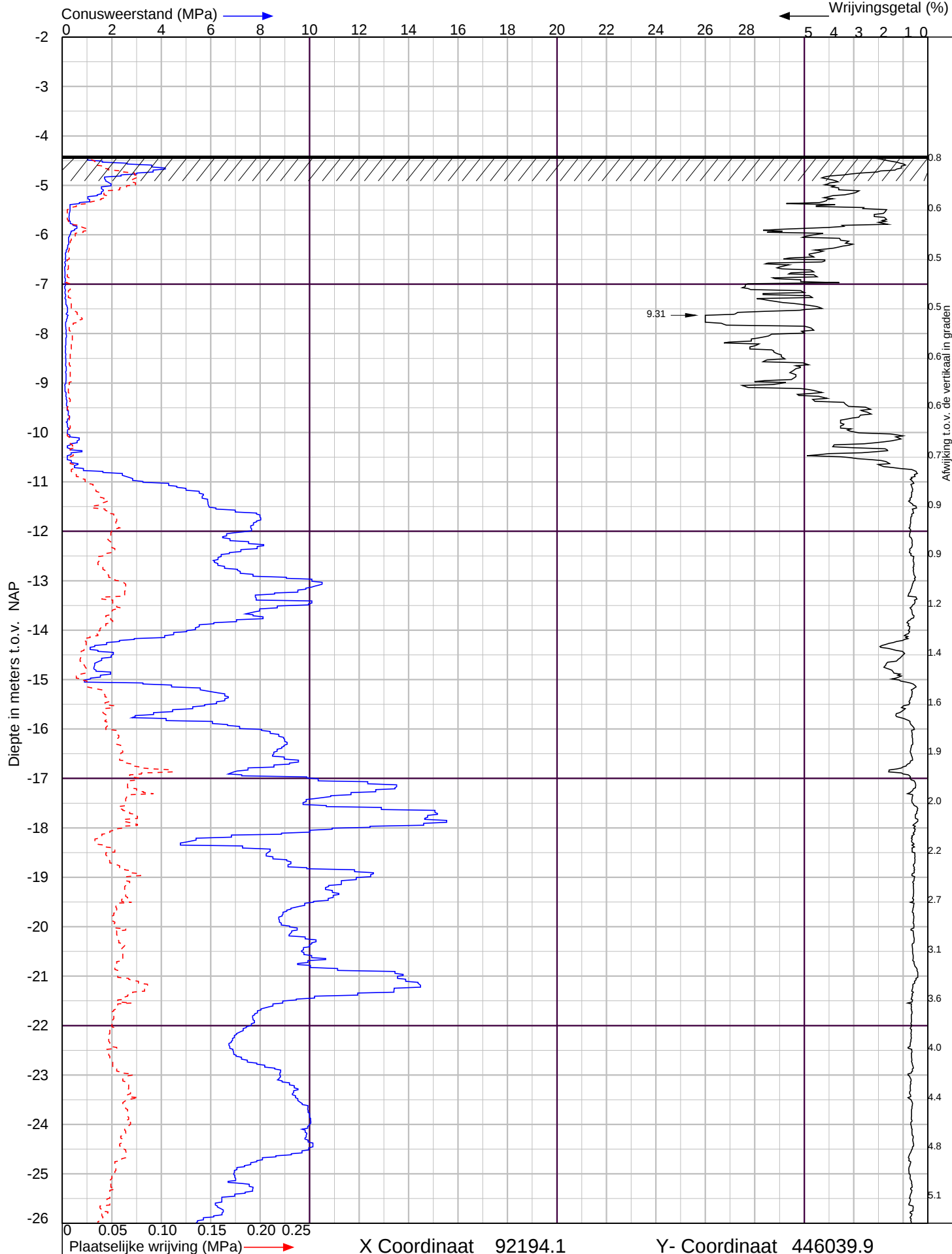
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 13-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.49 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : 2





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



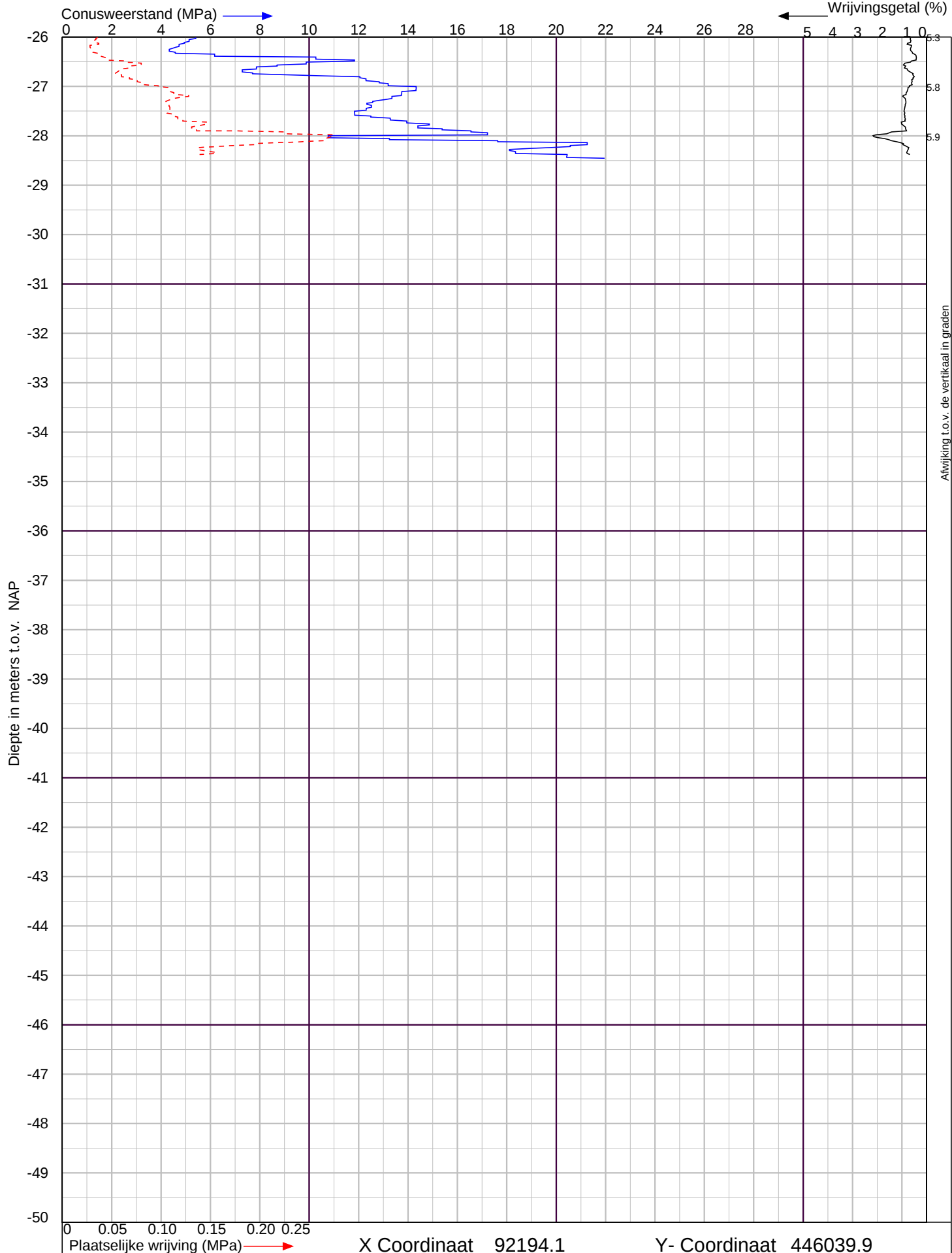
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 12-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.41 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **3**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



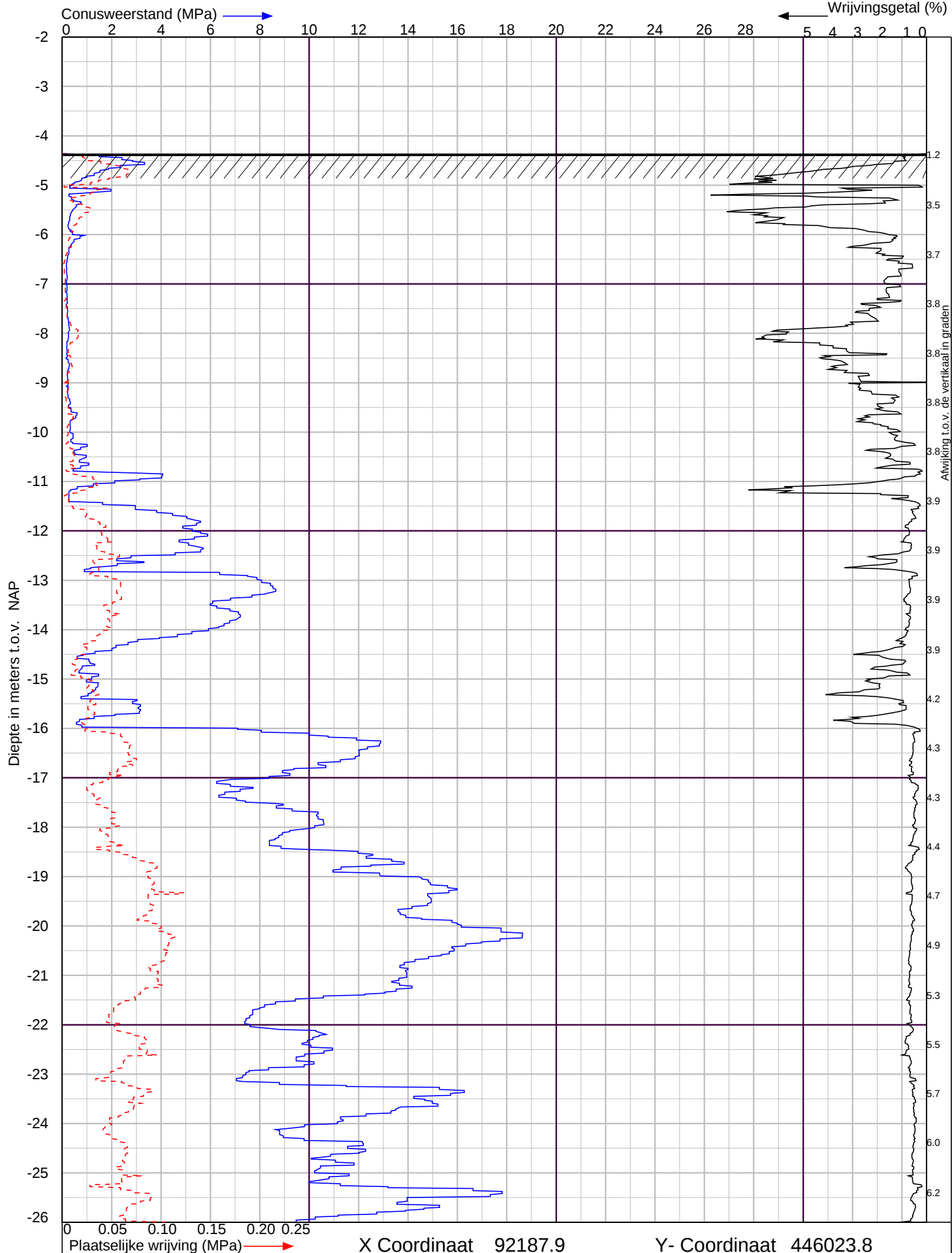
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 12-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.41 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **3**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



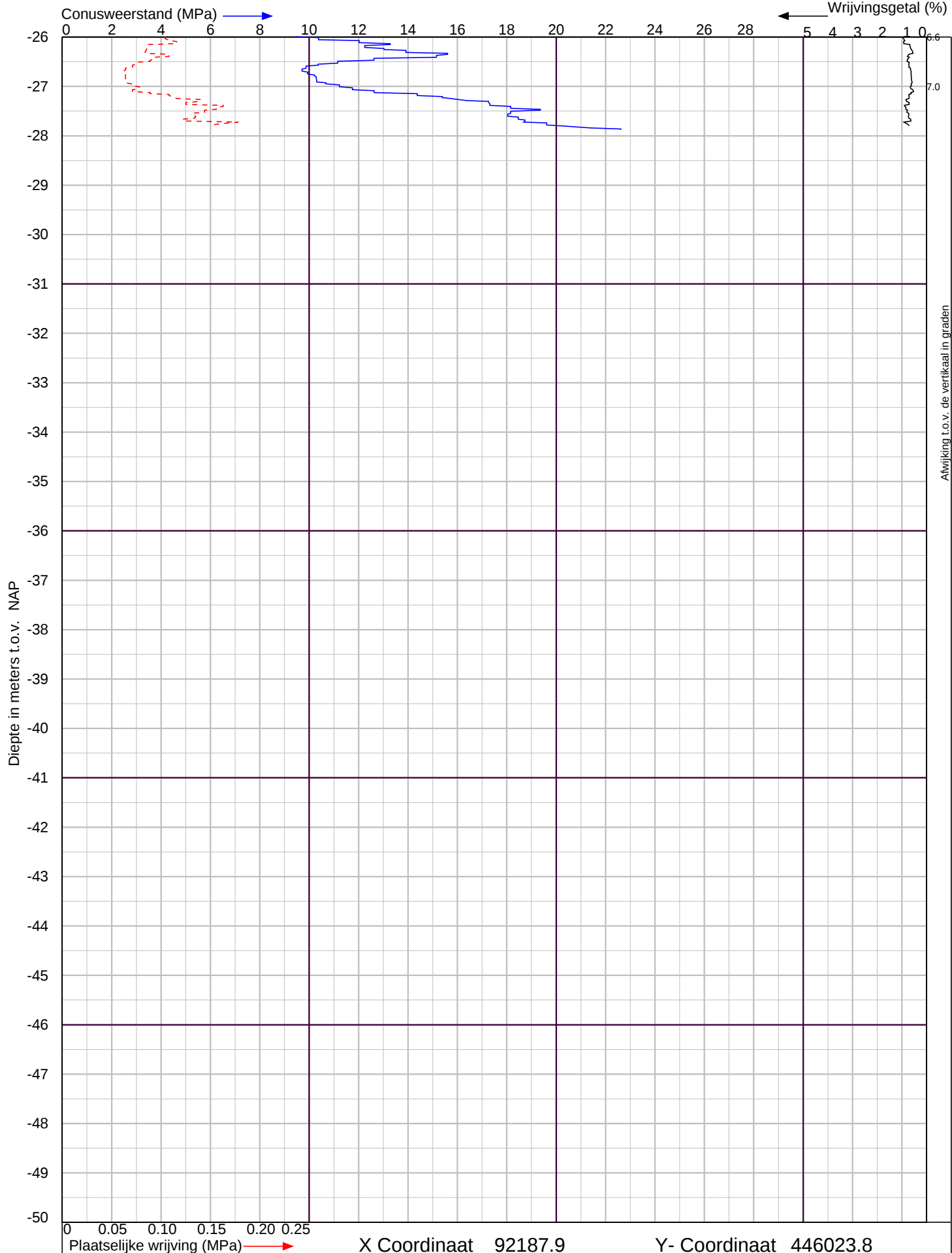
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 11-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.36 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **4**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



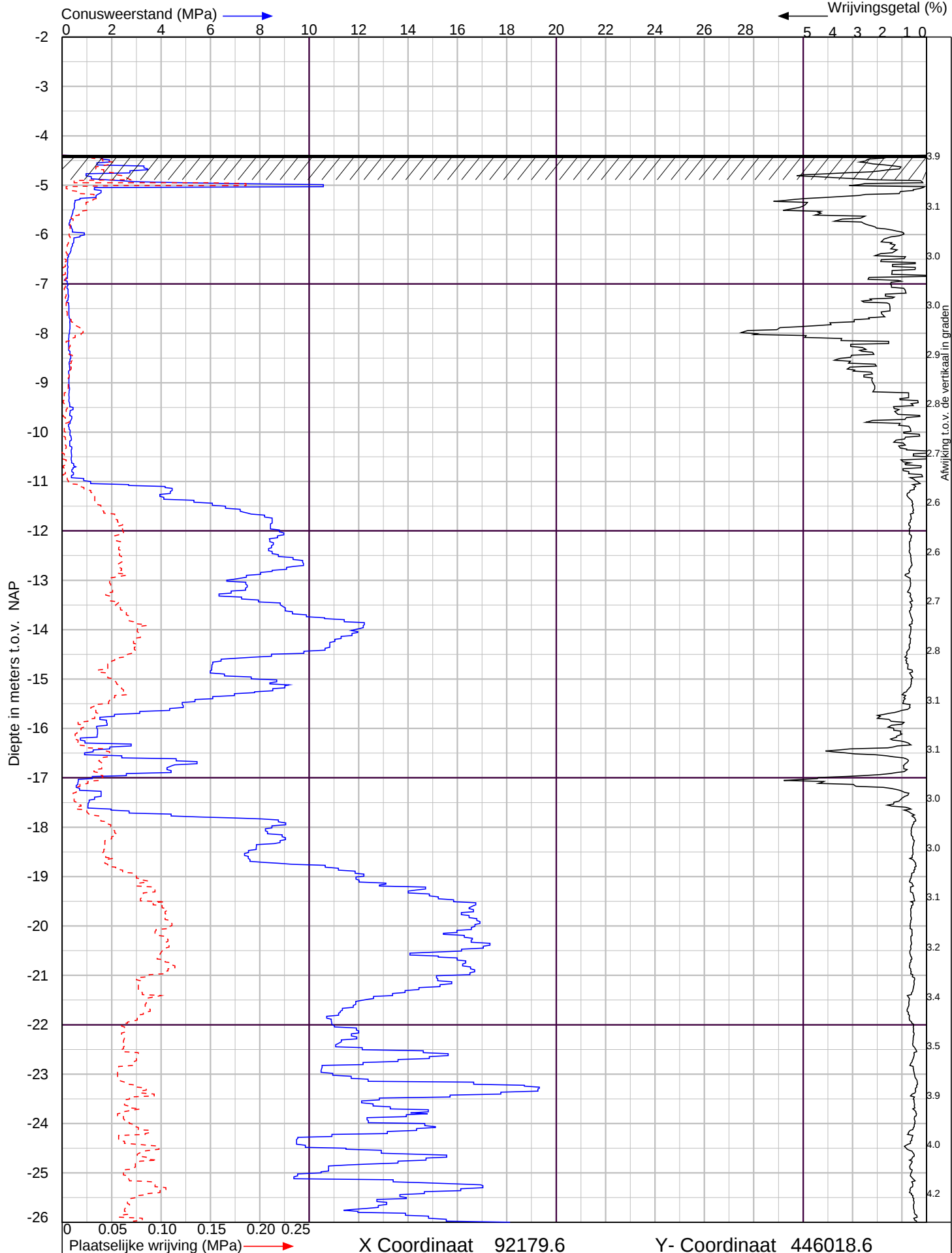
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 11-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.36 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **4**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



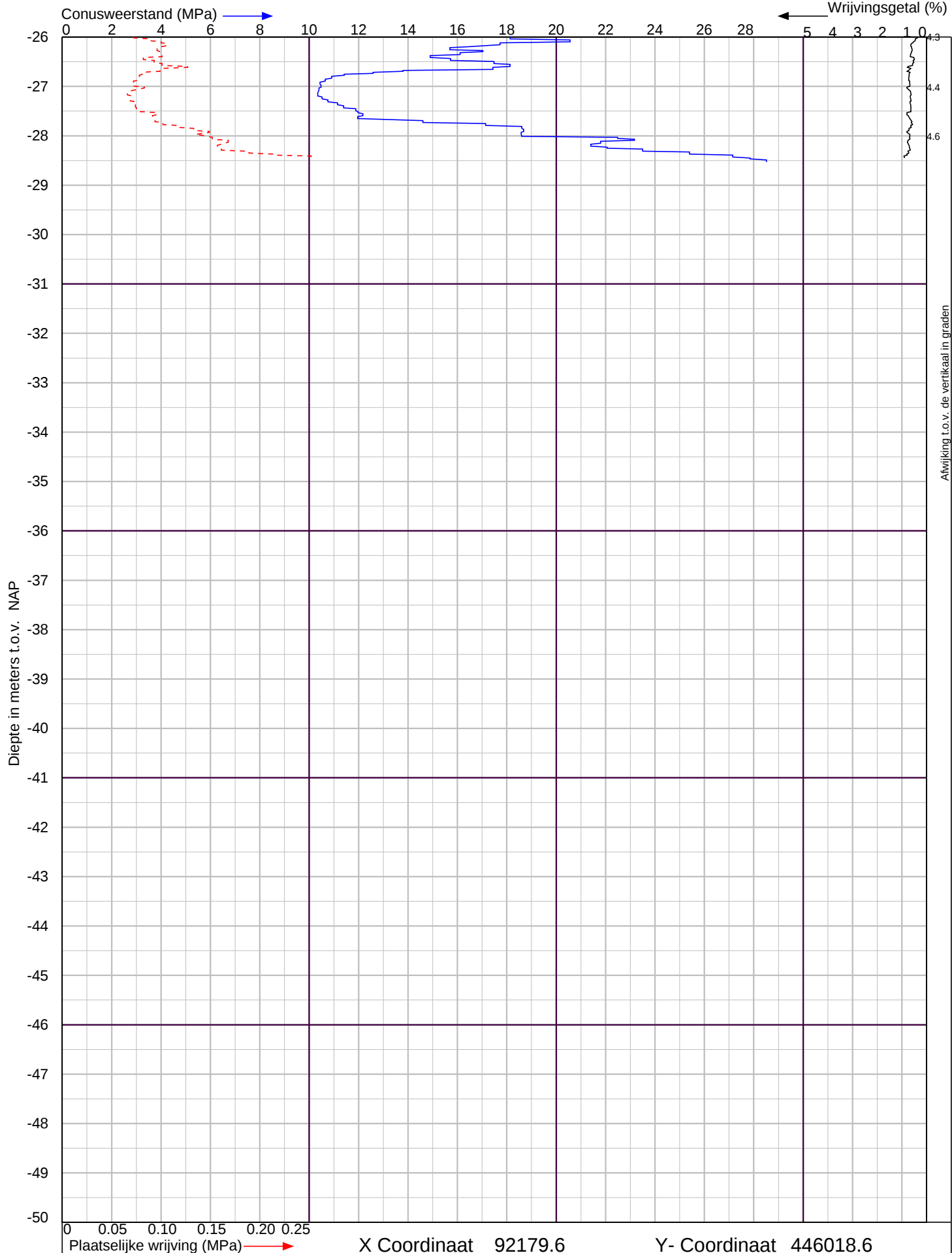
Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 11-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.39 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

Sondering : **5**





Hogelandsepad te Lansingerland

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1 Klasse 2



Marconistraat 72 2809 PE Gouda
tel. : 0182-585503
info@wiha.nl
www.wiha.nl

Datum : 11-10-2023
Conusnr. : 001756
MV. is -4.39 m t.o.v. NAP

Project nummer : **2302072**

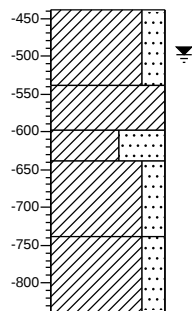
Sondering : **5**



Boring: B1 / D5

Datum : 13-10-2023
GWS (in cm-mv) : 60
Maaiveldhoogte in m t.o.v. NAP : -4.39
X : 92179,00
Y : 446018,00

t.o.v. NAP

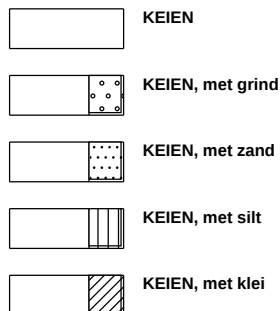


0 t.o.v. maaiveld

	Klei, stevig, zwak zandig, zwak organisch, met grind, weinig plastisch, donkerbruin
100	
160	Klei, stevig, matig plastisch, lichtgrijs
200	Klei, slap, sterk zandig, matig plastisch, sporen schelpen, lichtgrijs
	Klei, slap, zwak zandig, matig plastisch, sporen schelpen, lichtgrijs
300	
	Klei, slap, zwak zandig, matig plastisch, sporen schelpen, lichtgrijs
400	

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

KEIEN (KEITJES)



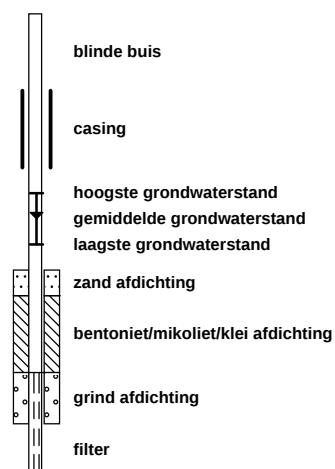
GRIND



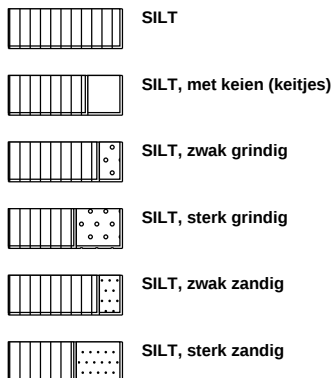
ZAND



peilbuis



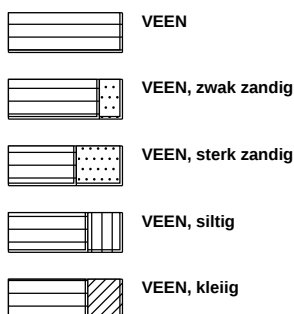
SILT



KLEI



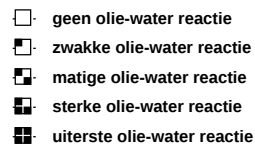
VEEN (HUMUS, DETRITUS)



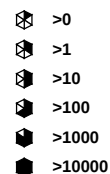
geur



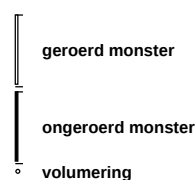
olie



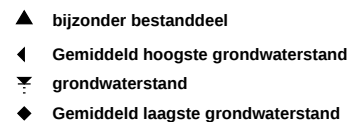
p.i.d.-waarde



monsters



overig



Waterpasstaat

(+ stopcriterium sonderingen)
Hoogten ingemeten met behulp van dGPS

Datum uitvoering: 11, 12 en 13 oktober 2023

Meetpunt	Hoogte* [m t.o.v. NAP]	Stopcriterium ¹	Opmerking
sondering 1	4,61 -	V	
sondering 2	4,49 -	V	
sondering 3	4,41 -	V	
sondering 4	4,36 -	V	
sondering 5	4,39 -	V	
boring 1	4,39 -		
put	4,52 -		
kruin weg	4,26 -		
dorpel	4,36 -		

* 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]
boorgat B	0,60	4,99 -

- * 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 fluctuaties variëren 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

¹ Toelichting :

- V: streefdiepte bereikt
- D: streefdiepte overschreden i.v.m. minimaal benodigd geachte pakketdikte
- N1: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. (afmeting) doorgang
- N2: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. obstakels, begroeiing
- N3: beoogd sondeerpunt onbereikbaar voor sondeerunit i.v.m. berijdbaarheid terrein
- O1: totaalweerstand overschrijdt de maximaal toelaatbare druk sondeerequipement
- O2: uitbuiging sondeerstangen overschrijdt maximaal toelaatbare waarde
- O3: overschrijding toelaatbare puntdruk sondeerconus

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 geregistreeerde waterspanning is weergegeven op de betreffende sondeergrafiek. Opgemerkt dient te worden, dat uit de geregistreeerde 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 IISO/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 conform ISO/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 waterstandsvaling 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.

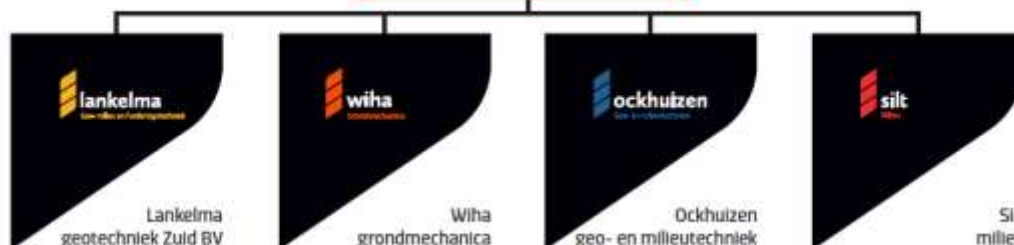
Waterdoorlatendheidsmeting verricht middels de rising-head-methode

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 waterdoorlatendheid worden afgeleid.



Geotechnisch bodemonderzoek

- Sonderen in Nederland, België en Frankrijk, met (track)truck, minirups, demontabel en hand
- Sonderen op het water (met hefeiland)
- Dissipatieproeven
- Peilbuizen wegdrukken
- Mechanisch (puls)boren conform protocol 'Mechanisch boren' (2101)
- Handboren
- Geotechnische monitoring
- Waterdoorlatendheidsmetingen
- Palen akoestisch doormeten
- Onderzoek niet gesprongen explosieven (NGE)
- dGPS-metingen

Milieukunde

- Verkennend onderzoek
- Onderzoek naar asbest in de (water)bodem
- Nulsituatie-onderzoek
- Nader onderzoek
- Waterbodemonderzoek (monsternameboot)
- BUS-melding
- Saneringsplan
- Milieukundige begeleiding
- Second opinion
- Partijkeuring
- Bouwstoffenkeuring
- Onderzoek PFAS

Advies

- Funderingsadvies bebouwing, leidingen, constructies
- Geohydrologische modellering (bemaling, drainage, wateroverlast, barrièrewerking, etc.)
- Bemalingsadvies, bemalingsplan, monitoringsplan, vergunningsaanvraag, MER aanmeldnotitie
- Bouwputadvies, damwandberekeningen en -advies
- Zettings- en ophoogadvies
- Zettingsrisico's bemaling t.b.v. CAR-verzekering
- Stabiliteitsberekeningen taluds
- Infiltratiegeschiktheidsadvies, watertoetsadvies
- Analyse waterstanden, doorlatendheid, wateroverlast.
- GIS-toepassingen en geostatistiek
- Algemene expertise, controle grondverbetering

Laboratorium

- Classificatieproeven
- Foto's monsters en boringen
- Atterbergse grenzen (fallcone en Casagrande)
- Doorlatendheidsmetingen
- Samendrukkingsproeven, CRS
- Korrelverdeling, -vorm en afleiding k-waarden
- Triaxiaalproeven
- Directe afschuifproef (DS), Direct Simple Shear (DSS)
- Diverse RAW-proeven (oa. 2, 9, 10, 11, 13, 14, 28, 35)
- Opstellen analyseplan/-strategie