Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen



INPIJN BLOKPOEL INGENIEURS

MEERWAARDE DOOR GRONDIGE KENNIS

Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen

Opdrachtnummer: 22ZP0185

Rapport betreffende
Resultaten geotechnisch onderzoek
Fundering

Documentnummer
22ZP0185-adv-01

Versie
1.0

Datum rapport
25 april 2022

Opdrachtgever
Gemeente Heerlen
Postbus 1
6400 AA Heerlen

IMd Raadgevende Ingenieurs B.V.
Postbus 50521
3007 JA Rotterdam

Opgesteld door:
Ir. G.R.M. Jessen



Gecontroleerd door:
Ir. N.T. Debets



INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING 1

2. PROJECTGEGEVENS 2

2.1 Verstrekte informatie 2
2.2 Projectlocatie 2
2.3 Bouwplan 2
2.4 Historie projectlocatie 4
2.5 Omgeving 4
2.6 Tot slot 4

3. ONDERZOEK 5

3.1 Inleiding 5
3.2 Onderzoek paalfundering onder hoofdbouw. 5
3.2.1 Proefgat en inmeten 5
3.2.2 Akoestische meting 6
3.3 Geotechnisch grondonderzoek 6
3.3.1 Sonderingen en boring 6
3.3.2 Uitzetten en waterpassen 7
3.3.3 Foto's 7

4. RESULTATEN ONDERZOEK 8

4.1 Fundering 8
4.2 Bodemopbouw en grondwater 8
4.2.1 Hoogteligging maaiveld 8
4.2.2 Beschrijving bodemopbouw 8
4.2.3 Grondwater 8

5. FUNDERING 10

5.1 Funderingswijzen 10
5.1.1 Bestaande funderingspalen 10
5.1.2 Nieuwe funderingspalen. 10
5.2 Uitgangspunten 10
5.3 Richtlijnen fundering nieuwbouw / fundering belending nieuwe palen 11
5.4 Richtlijnen sloop bestaande bebouwing bij nieuwe palen 11
5.5 Paalpuntniveau nieuwe palen 12
5.6 Draagkracht op druk 12
5.6.1 Bestaande prefab-heipalen 12
5.6.2 Groutinjectiepalen 12
5.7 Vervorming 13
5.7.1 Algemeen 13
5.7.2 Nieuwbouw 13
5.7.3 Hergebruik palen 13
5.8 Veercoëfficiënt 13
5.9 Beschrijving schroefinjectiepalen (met groutinjectie geschroefde stalen buispaal) 14
5.10 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg schroefinjectiepalen 14

BIJLAGEN:

A) Tekening situatie en foto's veldwerk
B) Waterpasstaat
C) Sondeergrafieken
D) Boorstaat
E) Verklaring codering
F) Inmeetwerk bestaande fundering en foto's
G) Resultaat akoestische meting bestaande funderingspaal
H) Berekening draagkracht bestaande funderingspalen
I) Berekening palen nieuwe fundering
J) Algemene richtlijnen uitvoering schroefinjectiepalen

VERSIE

1.0 Rapportage

VERZENDLIJST:

- Exaedes Bouwrealisten t.a.v. de Mevr. X. Burón Klose (xburonklose@exaedes.nl)
- IMd Raadgevende Ingenieurs B.V. t.a.v. de P. Korthagen (p.korthagen@imdbv.nl)

1. INLEIDING

Ten behoeve van de “Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen” is door ons bureau op verzoek van Gemeente Heerlen uit Heerlen een onderzoek uitgevoerd naar de aanwezige grondslag en bestaande fundering. Op basis van de onderzoeksresultaten en de aan ons verstrekte gegevens is een advies opgesteld betreffende de fundering voor het bestaande hoofdgebouw en de geplande uitbreiding. Het voorliggend rapport bevat tevens een beschrijving en de resultaten van het onderzoek.

2. PROJECTGEGEVENS

2.1 Verstrekte informatie

Binnen het kader van de opdracht konden we beschikken over de volgende informatie

[1] Tekeningen 067_2661_01 t/m 03 met situ, funderingen en doorsneden van het gebouw van het Ingenieursbureau Héman te Heerlen, d.d. 05-02-1975
[2] Diverse krantenknipsels betreffende de nieuwbouw van het museum, verstrekt door het Thermen Museum,
[3] structuurontwerp tbv geotechniek, team Kraaijvanger.

2.2 Projectlocatie

De projectlocatie is gelegen in het centrum van Heerlen, op de hoek Coriovallum-/Kruis-/Deken Nicolaijestraat. De locatie is in gebruik door het Thermenmuseum. Voor de ligging van de projectlocatie wordt verwezen naar de situatietekening en de foto's onder bijlage A en het navolgende figuur.

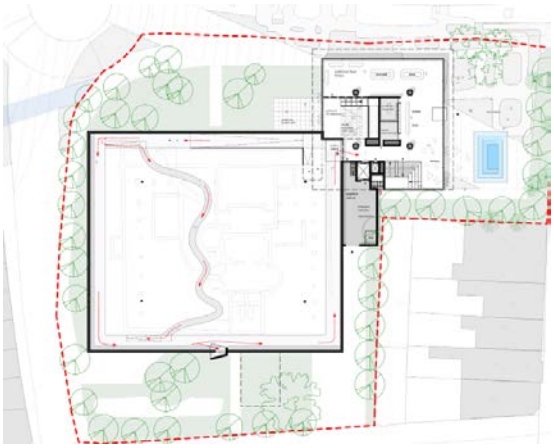


Figuur 1: Locatie met Thermenmuseum.

2.3 Bouwplan

Het plan omvat de verbouwing van het Thermen museum te Heerlen. Het gedeelte aan de Coriovallumstraat zal worden afgebroken tot op kelderniveau. Daarna wordt bovengronds een compactere nieuwbouw op de bestaande fundering gerealiseerd. Aan de achterzijde wordt een uitbreiding gerealiseerd. Zie figuur 2 t/m 4.

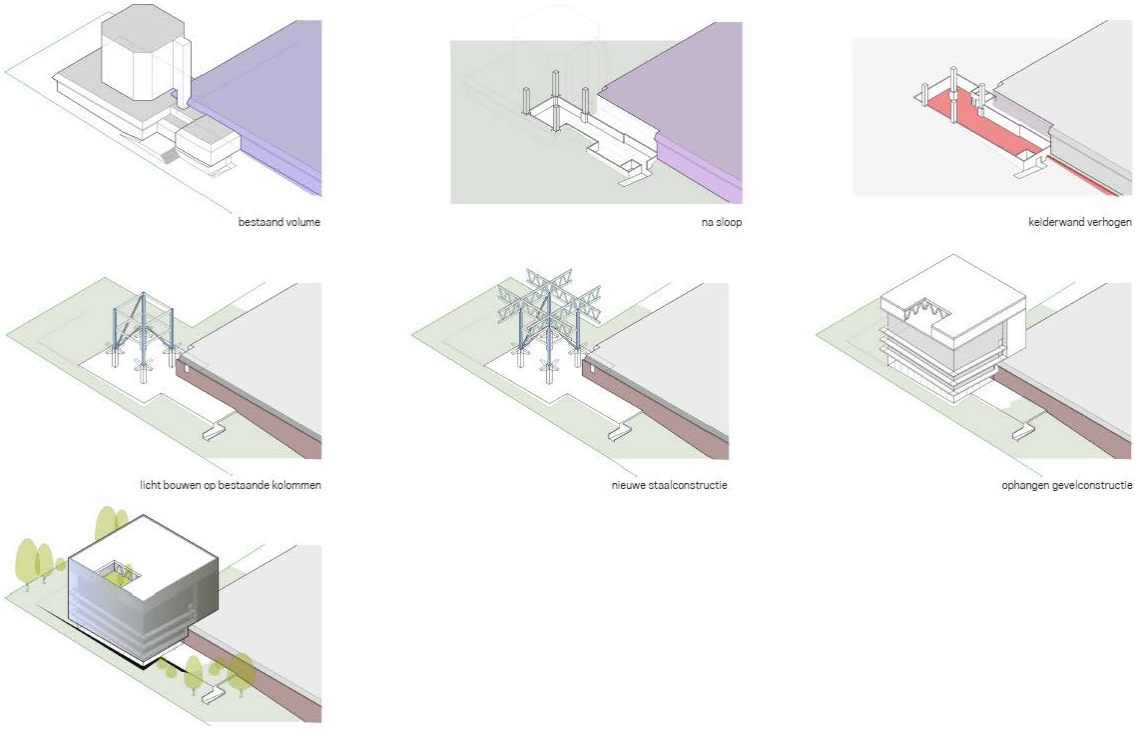
Een gedeelte van het gebouw aan de Deken Nicolaijestraat wordt gesloopt, zonder dat er nieuwbouw plaats vind.



Figuur 2: nieuw geplande plattegrond

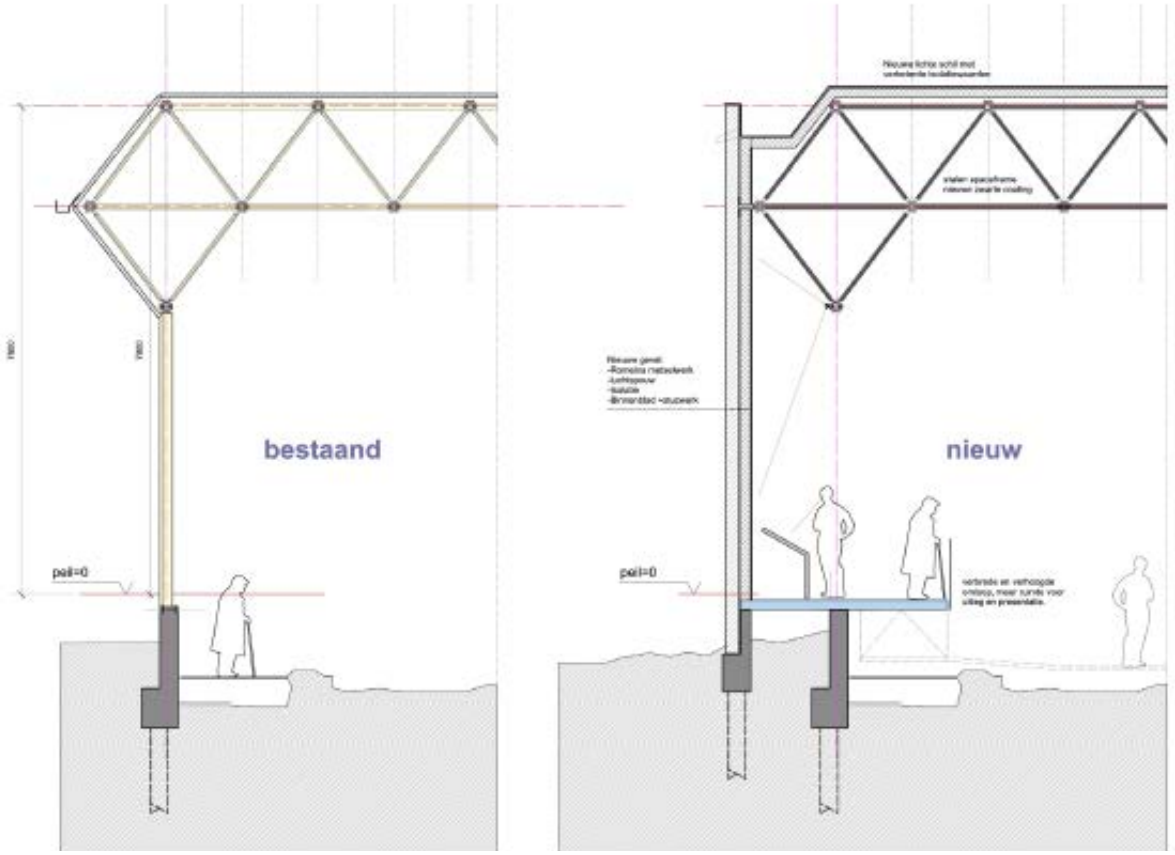


Figuur 3: bestaande situatie



Figuur 4: verbouwing gedeelte zijde Coriovallumstraat.

De dakconstructie over de Thermen wordt uitgebreid volgens figuur 5. Voor de geplande uitbreidingen is een fundering op palen voorzien.Zie figuur 5.



Figuur 5: geplande uitbreiding dak over Thermen

Momenteel zijn bij ons bureau geen belastingen bekend. Om deze reden is in dit rapport het draagvermogen bepaald voor een wat grotere range aan paalschachtafmetingen. Vanwege nog archeologische resten in de ondergrond (en museum) en de beperkte werkruimte, gaat de voorkeur uit naar een paalsysteem, waarbij de verstoring in de ondergrond en naar de omgeving zo beperkt mogelijk is. Een met groutinjectie geschroefde stalen buispaal zou dan een oplossing kunnen zijn.

2.4 Historie projectlocatie

Door de constructeur zijn ontwerptekeningen van het pand verstrekt en tevens hebben we het museum informatie (krantenknipsels) ontvangen betreffende de bouw van het pand. Het gebouw is medio jaren 70-tig van de vorige eeuw gebouwd. Het gebouw ligt ter plaatse van een terrein met Romeinse archeologische resten, die voorafgaand en tijdens de bouw deels geroerd/verstoord is door plaatsen van de palen en andere graafwerkzaamheden voor b.v. de kelder, leidingen, etc..

Er dient te worden nagegaan in hoeverre de archeologische resten mogelijk een knelpunt zijn voor het ontwerp of de uitvoering. Omtrent de verdere gedetailleerde historie van de projectlocatie zijn ons geen gegevens bekend.

2.5 Omgeving

De nieuwe paalfundering is nabij de bestaande bebouwing geprojecteerd. Deze bebouwing is op palen gefundeerd.

2.6 Tot slot

Geadviseerd wordt om genoemde gegevens alsmede de elders in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten uit dit rapport wordt verder gewerkt.

3. ONDERZOEK

3.1 Inleiding

Het onderzoek bestand globaal uit 2 onderdelen;

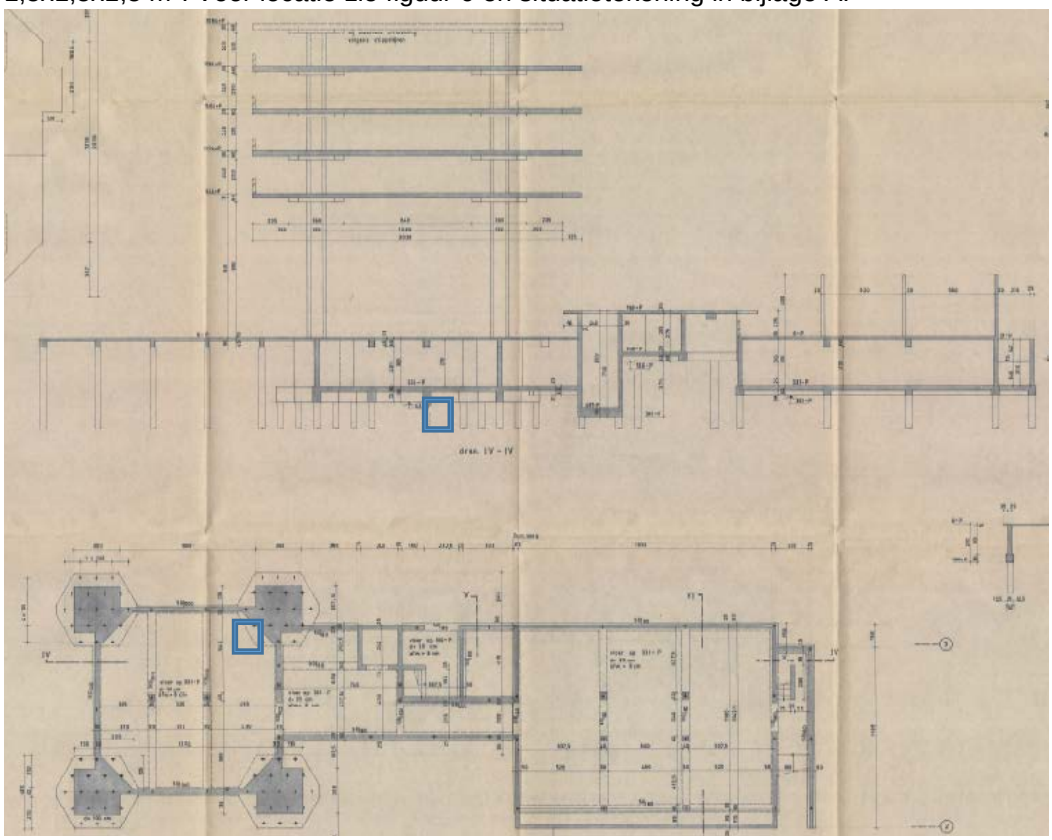
1) Onderzoek naar paalfundering onder hoofdbouw met kelder,
2) Onderzoek naar opbouw en draagkracht ondergrond.

Hierna zijn beide onderzoeken nader toegelicht

3.2 Onderzoek paalfundering onder hoofdbouw.

3.2.1 Proefgat en inmeten

Uit de aangeleverde tekeningen [1] werd afgeleid dat het gebouw op palen is gefundeerd. Onder de vier kolommen van de kelder zouden 19 palen zijn aangebracht. Om te beoordelen welke palen, schachtafmeting en mogelijke paalpuntniveau is naast de poer een proefgat gemaakt van ca, 1,5x1,5x1,5 m^3. Voor locatie zie figuur 6 en situatietekening in bijlage A.



Figuur 6: Proefgat in kelder

Nadat de vloer werd verwijderd, is het proefgat verdiept en kon tevens deels onder de poer worden gegraven, waarbij 1 paal is vrijgemaakt. De schachtafmetingen van de paal en poer zijn gemeten. De globale locatie van andere naburige palen is middels een horizontale boring bepaald. Van de aangetroffen situatie en werkzaamheden zijn tevens foto's toegevoegd. Zie bijlage F.

In de paal is een inkeping gemaakt, om deze akoestisch te kunnen doormeten.

De gemeten niveaus zijn gekoppeld aan het gemeten keldervloerhoogte peil bij de ingang, om deze ten opzichte van NAP te kunnen uitwerken.

3.2.2 Akoestische meting

Middels akoestisch doormeten van funderingspaal kan een indruk verkregen worden van de lengte van de funderingspaal. Deze lengte kan worden afgeleid van de “puntreflex” in het signaal. Hierbij moet rekening worden gehouden met een afwijking van 10% naar boven en beneden. De meting geeft geen informatie over de draagkracht van de palen in geotechnische dan wel materiaaltechnische zin. De meetwerkzaamheden zijn afgestemd op de CUR-aanbeveling 109 “Akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen”.

Door met een kunststof hamer een klap op de paalkop te geven wordt in de paal een compressiegolf opgewekt. Met een bewegingsopnemer die tegen de paalkop wordt aangehouden worden in de tijd de opeenvolgende reflecties gemeten. De ontvangen signalen worden opgeslagen in een veldcomputer.
Het ontvangen signaal wordt digitaal verwerkt en gepresenteerd in de vorm van een snelheids-tijd-diagram. Er zijn een aantal metingen verricht, waarbij er naar wordt gestreefd om identieke signalen te verkrijgen.

De interpretatie betreft niet sec de beoordeling van het individuele signaal maar de beoordeling van het signaal in relatie tot het geheel aan beschikbare informatie. Daarbij moet rekening worden gehouden met mogelijke beïnvloeding van het signaal door de bovenliggende betonconstructie.

De akoestische meetsignalen zijn toegevoegd onder bijlage G. Bij ieder signaal is tevens vermeld welke paallengte is ingevoerd (“pile”), wat is aangenomen als snelheid waarmee de compressiegolf de paal doorloopt (“vel”), welke factor is aangehouden ter filtering van ruis in het meetsignaal (“fil”), en welke factor is gehanteerd om het signaal te versterken ter compensatie van het verlies aan signaalsterkte door wrijvingsweerstand van de paal met de omliggende grond (“exp”). Omdat in dit geval sprake is van een betonpaal, die volledig is uitgehard, is uitgegaan van een snelheid van 4.200 m/s.

3.3 Geotechnisch grondonderzoek

3.3.1 Sonderingen en boring

Om de grondslag te verkennen waren rondom het gebouw een 12-tal sonderingen en 1 handboring voorzien. Ter plaatse van de door de standaard sondeerunit toegankelijke locaties zijn druksonderingen verricht. Ter plaatse van de andere locaties zijn zware slagsonderingen uitgevoerd. In de volgende paragraven zijn de onderzoeksmethodieken verder toegelicht.

3.3.1.1 Druksonderingen

De druksonderingen DM001 t/m DM004, DM006 en DM007 zijn met een mechanische conus conform NEN-EN-ISO 22476-12 uitgevoerd om met minder risico op schadekosten dieper in het zandgrind te kunnen penetreren.

Bij de sonderingen is enkel de conusweerstand ten opzichte van de diepte gemeten. De sonderingen zijn uitgevoerd door een sondeertruck.

Voor de grafieken van de sonderingen wordt verwezen naar bijlage C; de locatie van de sondeerpunten is aangegeven op de situatietekening SIT-01 bijlage A. Voor een verklaring van de op de tekening gebruikte tekens wordt verwezen naar de “Verklaring Codering” die onder bijlage E aan dit rapport is toegevoegd

Opmerking
In verband met een te hoog oplopende sondeerweerstand konden de sondering DM01 niet tot de geplande diepte worden doorgezet.

3.3.1.2 Slagsonderingen

De slagsonderingen DSH001 t/m DSH-006 zijn uitgevoerd conform ISO 22476-2. Bij zware slagsonderingen wordt met een soort heistelling een conus van 15 cm^2 in de grond geslagen. Hierbij wordt een valgewicht van 50 kg ingezet. Per 10 cm penetratiediepte wordt het aantal slagen genoteerd. Deze waarden worden per interval van 20 cm zijn ten opzichte van de diepte in de sondeergrafieken gepresenteerd. Op deze wijze wordt een indruk verkregen van de draagkracht van de lagen in de ondergrond tot de verkende diepte (15 m- werkniveau).

Voor de grafieken van de sonderingen wordt verwezen naar bijlage C; de locatie van de sondeerpunten is aangegeven op de situatietekening SIT-01 bijlage A. Voor een verklaring van de op de tekening gebruikte tekens wordt verwezen naar de “Verklaring Codering” die onder bijlage E aan dit rapport is toegevoegd.

De slagenaantallen kunnen voor de berekeningen worden omgezet naar conusweerstanden. De relatie tussen slagenaantallen per 20 cm en conusweerstand is sterk afhankelijk van het aanwezige bodemmateriaal. Voor de zand- en zandgrindlagen wordt bij Inpijn-Blokpoel daarbij gebruik gemaakt van formules zoals opgesteld door de R.W.T.H. te Aken (Heft 44). Voor de overige lagen is de correlatie naar draagkracht bepaald op gelijksoortige projecten, waarbij tevens druksonderingen werden uitgevoerd.

De resultaten van de slagsonderingen worden verwerkt met onze programmatuur, om de slagsonderingen conform de NEN-normen te kunnen doorrekenen voor het advies.

3.3.1.3 Boring

Ter aanvulling op de sonderingen is een handboring uitgevoerd tot een diepte van 5 meter minus maaiveld. Tijdens het veldwerk is naar de grondwaterstand gepeild.

Voor het profiel van de boring wordt verwezen naar bijlage D; de locatie van het boorpunt is aangegeven op de situatietekening SIT-01 bijlage A. Voor een verklaring van de op de tekening en de boorprofielen gebruikte tekens wordt verwezen naar de “Verklaring Codering” die onder bijlage E aan dit rapport is toegevoegd.

3.3.2 Uitzetten en waterpassen

Met behulp van een GNSS meetsysteem zijn de locaties van de onderzoekspunten buiten het gebouw uitgezet in RD-coördinaten en is de hoogte van het maaiveld ter plaatse van een aantal onderzoekspunten bepaald ten opzichte van NAP. Daarnaast zijn ook onderzoekspunten ingemeten middels een waterpassing. Tevens is de hoogte ingemeten van een aantal andere karakteristieke punten.

Voor de omschrijving van het referentiepunt en voor de resultaten van de inmeting en waterpassing wordt verwezen naar de inmeet- en waterpasstaat bijlage B.

Geadviseerd wordt na te gaan of het resultaat van onze hoogtemeting overeenstemt met andere gegevens ten aanzien van de hoogteligging van het terrein.

3.3.3 Foto’s

Tijdens de uitvoering van het veldwerk zijn enkele foto’s gemaakt. Voor de foto’s en een tekening waarop met pijlen is aangegeven vanuit welke positie en in welke richting de foto’s zijn gemaakt wordt verwezen naar bijlage A.

4. RESULTATEN ONDERZOEK

4.1 Fundering

Uit de metingen en funderingsinspectie volgt dat keldervloer op ca. 110,7 m NAP ligt. Het peil van de begane grondvloer is ca. 114,16 m NAP, ofwel 3,46 meter hoger.

In de kelder zijn de afmetingen van de poer ingemeten t.o.v. de bouwmuren. Dan steekt deze poer met een afmeting van ca. 1,9 m x 2,4 m het gebouw in. Uitgaande van een symmetrisch ontwerp en een muurbreedte van ca. 0,3 meter, resulteert dit in een poer van (1,9+0,3+1,9)x(2,4+0,3+2,4) ofwel ca. 4,1x5,1 m2. Volgens de meting is de poer 0,68 meter hoog. De vloerdikte bedraagt 0,4 meter. Bovenkant paal is derhalve ca. 109,6 m NAP.

Onder de poer werd een paal vrij gegraven. Aangetroffen werd een prefab-paal met een schachtafmeting van 40x40 cm^2. Middels boren loodrecht langs de vrij gegraven paal en/of iets onder een hoek in horizontaal vlak werden nog 2 palen aangetroffen; zie situatietekening in bijlage F.

De aangetroffen toestand lijkt af te wijken de funderingspoer zoals aangegeven op de tekening 067_2661_03. Daarnaast merken wij op, dat er in de kelder 4 kolommen staan, terwijl er op de verstrekte tekening slechts 2 kolommen zijn aangegeven. Verder ligt het vloerpeil van de kelder ca. 15 cm dieper dan op de verstrekte tekening.

Op basis van de akoestische meting wordt afgeleid dat vanaf met gemeten niveau nog 9 meter paallengte aanwezig is. Zoals vermeld kan hier een marge op zitten van + en – 10 %. Uitgaande van de gemeten hoogten, is de punt van de paal naar een niveau van ca. 99,4 m à 101,2 m NAP geheid.

4.2 Bodemopbouw en grondwater

4.2.1 Hoogteligging maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van onderzoekspunten buiten het gebouw varieerde ten tijde van het onderzoek van ca. 112,5 m tot 114,9 m NAP. Het vloerniveau van de begane grond van het hoofdgebouw bedraagt ca. 114,2 m NAP. De hoogte van de keldervloer ligt op ca. 110,7 m NAP. Voor meer informatie over de hoogteligging wordt verwezen naar de waterpasstaat bijlage B.

4.2.2 Beschrijving bodemopbouw

Op basis van de onderzoeksresultaten en onze ervaring in deze regio, kan de aangetroffen grondslag als volgt beschreven worden.

Onder een geroerde toplaag van 1,0 tot 1,5 meter dik, wordt tot op een niveau van 103,7 m à 105 ,0 m NAP een pakket met siltige en zandige siltafzettingen (lössleempakket) aangetroffen. De conusweerstand in dit pakket variëren van ca. 1 MPa in de slappere, kleiige siltlagen tot 6,0 à 10,0 MPa in de vastere zandige siltafzettingen.

De dieper verkende lagen bestaat uit een pakket uit overwegend zand- en zandgrindafzettingen. De toplaag (1 à 2 meter dik) van dit pakket is vast tot zeer vastgepakt, met conusweerstanden van 25 MPa of meer. Hieronder wordt een heterogener opgebouwd pakket aangetroffen, getuige de gemeten conusweerstanden van ca. 4 à 6 MPa in de losgepakte lemig zandlagen tot 20 MPa of meer in de vastgepakte zones op een niveau van ca. 95 NAP of dieper.

4.2.3 Grondwater

In de boor- en sondeergaten werd tot op een diepte van 5 m- maaiveld geen vrij grondwater aangetroffen. Er wordt op gewezen dat dit een momentopname is en dat de stand onder invloed van seizoensafhankelijke factoren zal fluctueren.

Tevens kan in de aangetroffen grondslag tijdelijk een hogere grondwaterstand optreden als gevolg van stagnerend regenwater op slecht doorlatende siltlagen.

5. FUNDERING

5.1 Funderingswijzen

5.1.1 Bestaande funderingspalen

Zoals vermeld wordt geconcludeerd dat het bestaande gebouw op prefab-heipalen is gefundeerd. In de bijlage H is de draagkracht gepresenteerd per 10 cm diepte traject startend van 99,4 m NAP tot 101,2 m NAP voor deze paal conform de NEN 9997-1:2017. Tevens is de zakking bepaald. Voor de verder uitgangspunten van de berekening wordt verwezen naar de paragraaf 5.2 en bijlage H.

Opgemerkt wordt dat de palen stammen uit een tijdperk, dat er andere veiligheidsfactoren werden gehanteerd. In de jaren 80-tig van de vorige eeuw werd de R.F.G gehanteerd en daarnaast werd op verzoek van de gemeente Heerlen de draagkracht op de punt gereduceerd tot maximaal 5 MN/m2.

5.1.2 Nieuwe funderingspalen.

Voor de uitbreiding van het thermenmuseum is een paalfundering voorzien. De nieuwe fundering ligt op geringe afstand van het gebouw en is deels beperkt toegankelijk. Daarnaast is het gewenst om de verstoring van de archeologische ondergrond zo veel mogelijk te beperken/voorkomen. De voorkeur gaat derhalve uit naar een trillingsvrij paalsysteem, met een relatief hoog draagvermogen en geplaatst kan worden met een compacte stelling. Een met groutinjectie geschroefde stalenbuispaal of ook wel genoemd groutinjectiepaal voldoet aan deze eisen en deze is derhalve verder in dit advies uitgewerkt.

De draagkracht van een schroefinjectiepaal is afhankelijk van of het schroefblad op en neer wordt bewogen in de zand- en zandgrindlagen waaraan het draagvermogen wordt ontleend. Of het schroefblad op en neer moet worden bewogen is afhankelijk van het in te zetten materieel in relatie tot de bodemopbouw. In dit rapport is voor beide situaties het draagvermogen bepaald. De leverancier dient aan te geven welke werkwijze wordt gehanteerd.

Aanbevolen wordt om een leverancier bij het werk te betrekken die aantoonbare ervaring heeft in vergelijkbare grondslag.

5.2 Uitgangspunten

- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
- Situering bebouwing zoals weergegeven op situatietekening bijlage A.
- Bovenkant prefab-betonpaal ca. 109,6 m NAP
- Bovenkant paal thermen museum ca. 112,0 m NAP
- Resultaten grondonderzoek zoals beschreven in hoofdstuk 4 en bijgevoegd in de bijlagen.
- Het project is ingedeeld in Geotechnische Categorie 2.
- Fundering op prefab-heipalen bestaande bouw en met groutinjectie geschroefde stalenbuispalen voor de uitbreiding.
- Funderingselementen worden verticaal centrisch belast.
- De berekening van het paaldraagvermogen en de vervormingen is gebaseerd op NEN 9997-1:2017 (geotechnisch ontwerp van constructies).
- In dit rapport is gerekend met zowel de hoge als de lage α_p-waarde voor de groutinjectiepalen.
- Voor de berekening van de draagkracht zijn de navolgende factoren aangehouden.
  Geprefabriceerde gewapende betonpalen
  - paalklasse punt $\alpha_p = 0,7$
  - paalvoetvorm $\beta = 1,0$
  - paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1,0$
  - paalklasse schacht $\alpha_s = 0,01$

Schroefinjectiepalen (geschroefde stalen buispalen)

- paalklasse punt α_p = 0,35 of 0,63[1]
- paalvoetvorm β = 1,0
- paalvoetdwarsdoorsnede s = 1,0
- paalklasse schacht α_s = 0,008[2]

- Gegevens over de stijfheid van het bouwwerk zijn niet bekend; deze zijn daarom niet in rekening gebracht.
- Er wordt aangenomen dat vanaf ca. 110 m NAP de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Er is niet gerekend met negatieve kleef omdat er in de toekomst geen maaiveldzakkingen van betekenis worden verwacht.
- Het effect van horizontale belastingen op de palen (bijvoorbeeld bij maaiveldniveauverschillen aan weerszijden van de bebouwing) valt niet binnen het kader van de opdracht.
- Naar verwachting komen zandgrindlagen voor in de zone waaraan de palen hun draagvermogen ontlenen. Het effect van de korrelgrootte is in rekening gebracht door in de berekening van het puntdraagvermogen, de conusweerstanden te limiteren op 20 MPa. Dit overeenkomstig NEN 9997-1:2017 artikel 7.6.2.3.
- De in dit rapport berekende draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

5.3 Richtlijnen fundering nieuwbouw / fundering belending nieuwe palen

De bestaande bouw is gefundeerd op prefab-heipalen. Door het aanbrengen van de nieuwe palen mag het functioneren van de bestaande fundering niet worden geschaad.

Bij een belending op palen is het wenselijk om een zekere afstand aan te houden tussen de palen onder de nieuwbouw en de belending. Voor wat betreft de minimaal te hanteren afstand zijn geen landelijke normen of officiële richtlijnen voorhanden. Door ons bureau wordt over het algemeen aanbevolen om van de navolgende minimumafstanden uit te gaan.

- Paalpuntniveau onder de nieuwbouw hoger dan of gelijk aan puntniveau van bestaande palen: hart op hartafstand minimaal 4 D_{eq}
- Paalpuntniveau tot maximaal 2 m beneden het puntniveau van de bestaande palen: hart op hart afstand 5 D_{eq} met een minimum van 2 m.

D_{eq} betreft in dit geval de grootste equivalente doorsnede van de bestaande dan wel de nieuwe palen. De te hanteren afstand en/of werkwijze kan zo nodig binnen een vervolgopdracht nader worden beschouwd op basis van meer gegevens ten aanzien van de fundering, de aard en conditie van de belending.

5.4 Richtlijnen sloop bestaande bebouwing bij nieuwe palen

Met de sloop van de bestaande bebouwing dient de ondergrond zo min mogelijk te worden geroerd.

[1)] Draagkracht factoren voor schroefinjectiepalen op basis van NEN 9997-1: 2017. De hoge factor geldt onder de voorwaarde dat de paal schroevend op diepte wordt gebracht zonder dat het schroefblad op en neer wordt gehaald over de laatste 8 x de paaldiameter (ook wel jutteren genoemd). Bovendien moet de paal na het op diepte komen onder verhoogde druk worden afgeperst en vastgedraaid. Indien om uitvoeringstechnische redenen niet aan deze voorwaarde kan worden voldaan dient rekening gehouden te worden met een lagere paalklasse factor α_p van 0,35 en dus een lager paaldraagvermogen. In dit rapport is voor beide α_p-waarden de draagkracht berekend.

[2)] Deze draagkrachtfactor is afgestemd op tabel 7.c van NEN 9997-1: 2017.

Eventuele ontgravingen dienen deugdelijk te worden aangevuld. Palen mogen niet zonder meer worden getrokken. Het trekken kan aanleiding geven tot gaten en ontspanning in de ondergrond. Als de palen bovendien niet geheel worden verwijderd kunnen ongezien resten achter blijven in de bodem.
Deze aspecten kunnen van invloed zijn op de uitvoering en daarmee op de kwaliteit van de nieuwe palen. Te denken valt aan verloop van de nieuwe palen, beïnvloeding van het draagvermogen en van de gesteldheid van de palen.

5.5 Paalpuntniveau nieuwe palen

In de bijlage I worden per sondering een aantal paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend. Lokaal zou een hoger niveau ook mogelijk zijn, echter de draagkracht is in dat geval geringer en om de overgangen in paalpuntniveau te kunnen vaststellen is een intensiever sondeernet nodig. Bij de ondiepe niveaus is het risico op “jutteren” beperkt, in vergelijking met de diepere niveaus (1 tot 3 meter in de “vaste laag”, Wij adviseren om hierover met de uitvoerende partij te overleggen.

5.6 Draagkracht op druk

5.6.1 Bestaande prefab-heipalen

Het draagvermogen is bepaald voor palen met een schachtafmeting 0,4x0,4 m² per 10 cm interval in het traject van 99,45 m tot 101,25 m NAP.

5.6.2 Groutinjectiepalen

Het draagvermogen van een paal bestaat uit de som van het puntdraagvermogen en het schachtdraagvermogen. Het draagvermogen aan de punt is afhankelijk van het inboorproces en mogelijk “jutteren”, dat een ongunstige invloed heeft.

Om inzicht te geven in wat de reductie betekent voor het paaldraagvermogen, is in dit rapport het draagvermogen berekend voor zowel de niet gereduceerde α_p-waarde als de gereduceerde α_p-waarde door “jutteren”.

Voor een voldoende draagkracht dient de centrisch aangrijpende maximale paalbelasting kleiner te zijn dan de draagkracht van de palen: $F_{c;d} \leq R_{c;d}$.

Het draagvermogen is bepaald voor palen met een schachtdiameter 0,20, 0,25 en 0,3 m. Bij alle diameters is uitgegaan van een stalen kernbuis van 0,18 meter. De diameter van de buis heeft geen invloed op de draagkracht van de ondergrond en kan dus naar gelieven gewijzigd worden. Wel zal door de constructeur bij heel smalle buizen (zonder groutinjectie in de toplagen) een controle op knikstabiliteit moeten worden uitgevoerd.

Voor een overzicht van de berekende draagvermogens per sondering, paalafmeting en puntniveau wordt verwezen naar bijlage I.

Bij de opzet van een palenplan dient het draagvermogen dat voor een bepaald puntniveau aan een paal wordt toegekend, in beginsel te zijn afgestemd op het maatgevende laagste draagvermogen dat op dit niveau voor de relevante omliggende sonderingen is berekend.

De vermelde draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

5.7 Vervorming

5.7.1 Algemeen

De vervormingen binnen de funderingsconstructie dienen zodanig te zijn dat in de bouwconstructie geen uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand wordt overschreden.
Tenzij specifieke vervormingseisen zijn gesteld wordt voor de uiterste grenstoestand veelal een relatieve rotatie β van maximaal 1:100 aangehouden. Voor de bruikbaarheidstoestand wordt in het algemeen aangenomen dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β de waarde van 1:300 niet mag overschrijden.

Uiterste Grenstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/\ell \leq 1:100$
Bruikbaarheidstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/\ell \leq 1:300$

Bij overschrijding van de bruikbaarheidstoestand zijn de vervormingen van dien aard dat binnen de bouwconstructie ongewenst verlies aan bruikbaarheid optreedt. In de regel zal deze toestand maatgevend zijn.

5.7.2 Nieuwbouw

Vervormingen binnen de nieuwe funderingsconstructie kunnen indicatief worden bepaald aan de hand van de last-zakkingsresultaten die zijn toegevoegd aan bijlage H en I.
Voor het zakkingsverschil kan in eerste instantie tenminste een derde van de berekende maximale paalkopzakking worden aangehouden tussen twee palen of meerpaalspoeren met een onderlinge afstand ℓ. Indien bijvoorbeeld door belastingvariaties of verschillen in paalpuntniveau lokaal een groter zakkingsverschil optreedt, dan moet deze grotere waarde in rekening worden gebracht.

5.7.3 Hergebruik palen

Betreffende de aanwezige en belastte heipalen kan aangegeven worden dat er al vervormingen hebben plaats gevonden. Door het weghalen van de boven belasting zal de elastische vervorming in de paal gereduceerd worden (terugveren). Door de nieuwe belasting zal in eerste instantie de elastische vervorming weer optreden. Als de nieuwe belasting, de oude belasting overschrijdt, dan treden er zettingen op in de ondergrond. Deze zal echter stijver reageren als gevolg van de voorbelasting.

Als we bijvoorbeeld kijken naar de lastzakking gegevens bij sondering DM003 met een representatieve belasting/draagkracht van 1.403 kN op 100,3 m NAP, dan is de elastische vervorming (s_{el}) ca. 3 mm en de vervorming in de ondergrond (s_b) voor een alleenstaande paal van ca. 5 mm en de groepseffect zakking (s_2) ca. 9 mm. De vervorming bij het her belasten zal derhalve gering zijn, zeker gezien in het kader van de absoluut te verwachten vervormingen.

5.8 Veercoëfficiënt

Voor de statische secant veercoëfficiënt van de kop van een vrijstaande op druk belaste paal geldt $k_{v;rep} = F_{c;rep} / s_{1;bgt.}$ waarbij s_1 de paalkopzakking betreft als zijnde de som van s_{el}, de elastische verkorting van de paal en s_b, de zakking van de paalpunt nodig voor het mobiliseren van het paaldraagvermogen.
De rekenwaarde van de veercoëfficiënt is bepaald als $k_{v;d} = k_{v;rep} / \gamma_{m;k}$ waarbij $\gamma_{m;k} = 1{,}3$.
Bij concentraties van palen waarbij de hart-op-hart-afstand kleiner is dan tien maal de kleinste paalvoetdoorsnede, dient in principe in de paalkopzakking, de zakking te worden verdisconteerd in de lagen beneden het niveau van vier maal de kleinste dwarsafmeting van de paalpunt.
Voor de veercoëfficiënt geldt in dat geval $k_{v;rep} = F_{c;rep} / (s_{1;bgt.} + s_{2;bgt.})$ waarbij s_2 de extra zakking is als gevolg van het groepseffect in de dieper gelegen lagen.

Uitgaande van de last-zakkingsgrafiek voor de bruikbaarheidstoestand is sprake van een niet lineaire veerkarakteristiek. In dit rapport is ter indicatie voor beide paaltypen voor maatgevende niveaus en sonderingen met intervallen van 10% de statische veerstijfheid berekend voor een belasting variërend van 10 tot 100 % van de paalcapaciteit. Voor de veercoëfficiënten wordt verwezen naar bijlage H en I.

Opgemerkt wordt dat de gepresenteerde veerstijfheden voor de groutinjectiepaal zijn berekend voor een vrijstaande paal waarbij het hiervoor genoemde groepseffect niet is meegenomen. Bij de prefab-heipalen is ook de stijfheid gepresenteerd voor een 5-paalspoer.

5.9 Beschrijving schroefinjectiepalen (met groutinjectie geschroefde stalen buispaal)

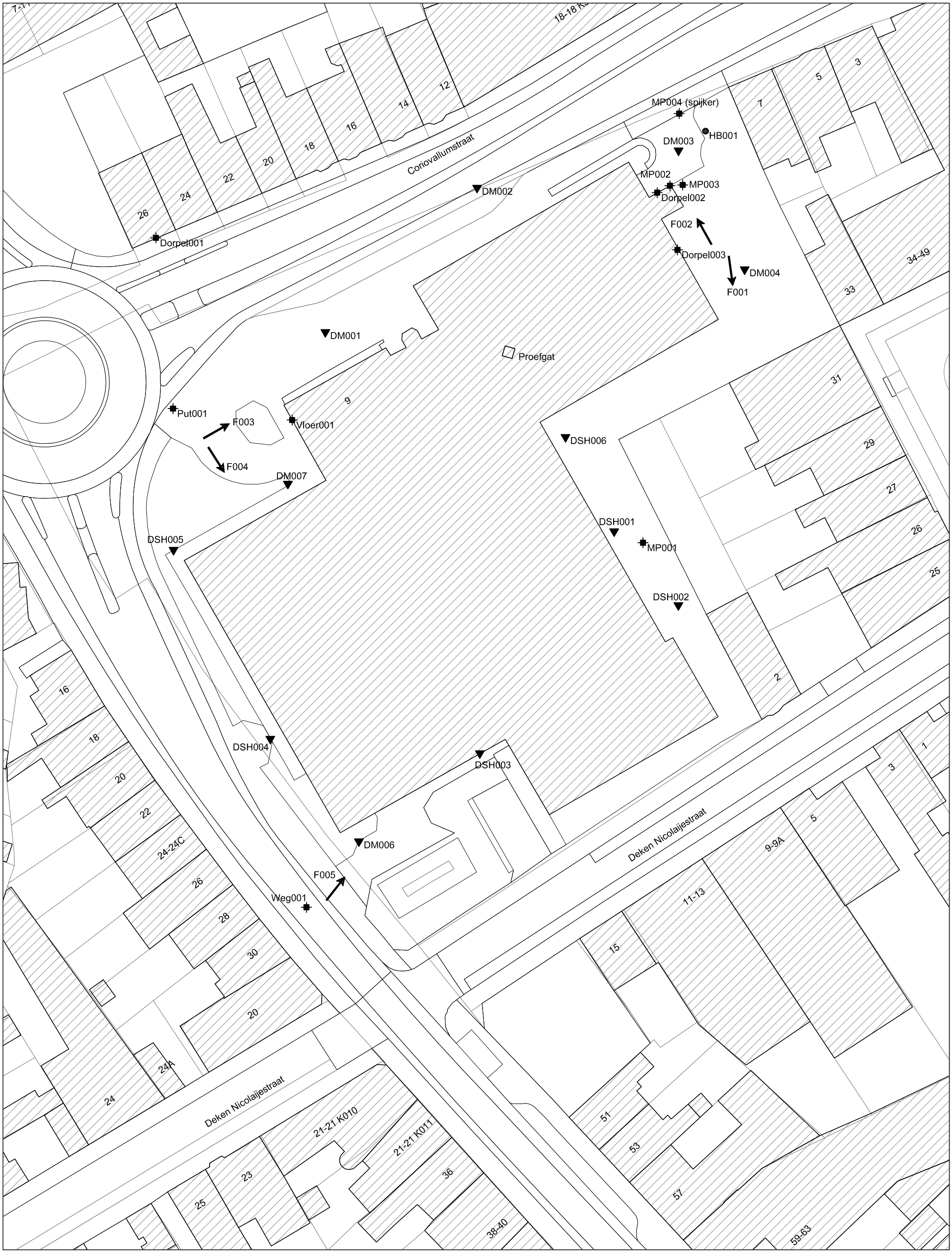
- Een schroefinjectiepaal is een stalen buispaal die op diepte wordt geschroefd met gelijktijdige injectie van mortel- of groutspecie waarbij geen grond wordt verwijderd.
- Afhankelijk van de paallengte en de beschikbare werkruimte en werkhoogte wordt de paal opgebouwd uit aan elkaar te lassen stalen buiselementen.
- Het eerste element is voorzien van twee halve, tegengesteld geplaatste schroefbladen en een injectieopening,
- De elementen worden door middel van een hydraulische boormotor ingedreven onder invloed van een boormoment en een axiale drukkracht.
- In de draagkrachtige lagen wordt het zand laagsgewijs afgeschraapt en vermengd met de uitkomende specie.
- Bij harde en/of moeilijk te doorboren lagen kan de paal schroevend op en neer worden bewogen ter bevordering van het inbrengproces. Als dit op en neer bewegen echter geschiedt in bodemlagen waaraan de paal zijn puntdraagvermogen ontleent, betekent dit dat moet worden uitgegaan van lagere paalklassefactoren en dus een lager draagvermogen dan in dit rapport berekend. Of het op en neer bewegen om uitvoeringstechnische redenen nodig is, is ter beoordeling van de leverancier.
- De specie in de buis wordt gedurende het boorproces onder een zekere overdruk gehouden.
- In de lagen waaraan de paal zijn draagkracht ontleent wordt de paaldiameter minimaal gelijk aan de diameter van het schroefblad.
- De hechting tussen het groutlichaam en de buis dient zodanig te zijn dat de belasting vanuit de constructie via de buis en het groutlichaam op de ondergrond kan worden overgedragen. Dit is met name van belang wanneer in de lagen waaraan geen draagkracht wordt ontleend, wordt uitgegaan van een geringere groutdiameter. Vanuit dit oogpunt wordt geadviseerd om het groutlichaam door te zetten tot de onderkant van de funderingsbalken.
- De stalen buis blijft achter en vormt een onderdeel van de paal.
- De paalkop wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst.
- Van belang is dat de locatie toegankelijk is voor het materieel waarmee de palen worden gemaakt en dat op de locatie voldoende werkruimte aanwezig is. Geadviseerd wordt hieromtrent tijdig te overleggen met de paalleverancier.

5.10 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg schroefinjectiepalen

Onder bijlage J zijn met betrekking tot de toepassing van een fundering op schroefinjectiepalen algemene richtlijnen gegeven. Onder meer wordt ingegaan op de uitvoering in relatie tot de omgeving, het belang van de controle van uitgangspunten en aannamen en op aspecten die van toepassing zijn op het werkterrein en de uitvoering. Geadviseerd wordt hiervan kennis te nemen.

BIJLAGE A





Opdrachtomschrijving / locatie:

Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen

Omschrijving tekening:

Situatietekening

INPIJN BLOKPOEL INGENIEURS

Bewerkt: **CSS**

Datum: **10 mei 2022**

Schaal: **1:500**

Formaat: **A3**

Opdrachtnummer: **22ZP0185**

Bijlage: **SIT-01**

Deze situatietekening dient om inzicht te geven in de locatie van de meet- en onderzoekspunten. De tekening dient niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.

n:\opdrachten\zuid\2022\01\22zp0185\06-veldwerk\04-tekeningen\22zp0185-sit-css.dwg


F001


F002


F003


F004


F005

Genomen op: 04 – 12 - 14 april 2022

BIJLAGE B



OVERZICHT MEETPUNTEN

Horizontaal coördinatensysteem (X,Y) Rijksdriehoeksmeting (RD)
Verticale referentie (Z) Normaal Amsterdams Peil

Meetpunt	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	Hoogte (Z) [m t.o.v. NAP]	GWS * [m t.o.v. NAP]	Datum uitvoering
DM001	196466,51	321895,36	112,45	---	04-04-2022
DM002	196488,71	321916,47	113,43	---	04-04-2022
DM003	196518,18	321921,93	114,52	---	04-04-2022
DM004	196527,86	321904,53	113,93	---	04-04-2022
DM006	196471,41	321820,81	113,25	---	04-04-2022
DM007	196461,02	321873,16	113,29	---	04-04-2022
DSH001	196508,76	321866,19	114,51	---	12-04-2022
DSH002	196518,16	321855,38	114,88	---	12-04-2022
DSH003	196489,11	321833,71	113,38	---	12-04-2022
DSH004	196458,46	321835,82	113,24	---	12-04-2022
DSH005	196444,29	321863,47	113,28	---	14-04-2022
DSH006	196501,64	321879,99	113,93	---	12-04-2022
HB001	196522,14	321925,53	114,49	---	26-04-2022
Dorpel001	---	---	112,69	---	04-04-2022
Dorpel002	---	---	114,19	---	26-04-2022
Dorpel003	---	---	114,16	---	26-04-2022
MP001	196512,98	321865,29	114,43	---	12-04-2022
MP002	196516,92	321917,54	114,11	---	04-05-2022
MP003	196518,80	321917,66	113,98	---	04-05-2022
MP004 (spijker)	196518,28	321928,10	114,58	---	04-05-2022
Put001	196444,22	321884,92	111,64	---	04-04-2022
Vloer001(kelder)	---	---	110,70	---	04-05-2022
Weg001	196463,75	321811,93	113,10	---	04-04-2022

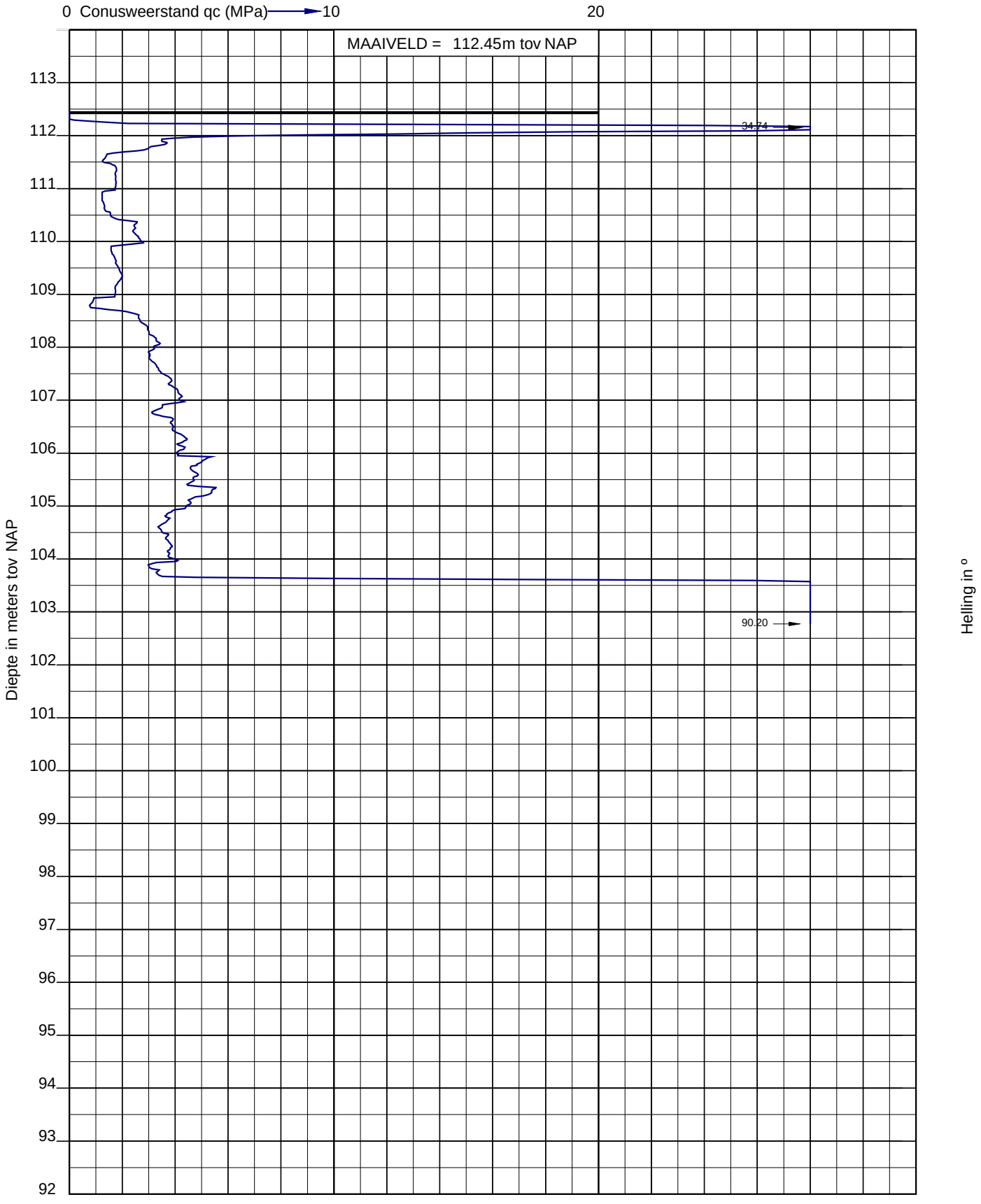
* Grondwaterstand ten tijde van het onderzoek

Let op:
Deze waterpasstaat dient om inzicht te geven in de hoogteligging en locaties van de meet- en onderzoeks-punten ten opzichte van een referentiepunt. Grondwaterstanden zijn ter indicatie en kunnen beïnvloed zijn door de uitgevoerde werkzaamheden. De resultaten dienen niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.

BIJLAGE C



Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

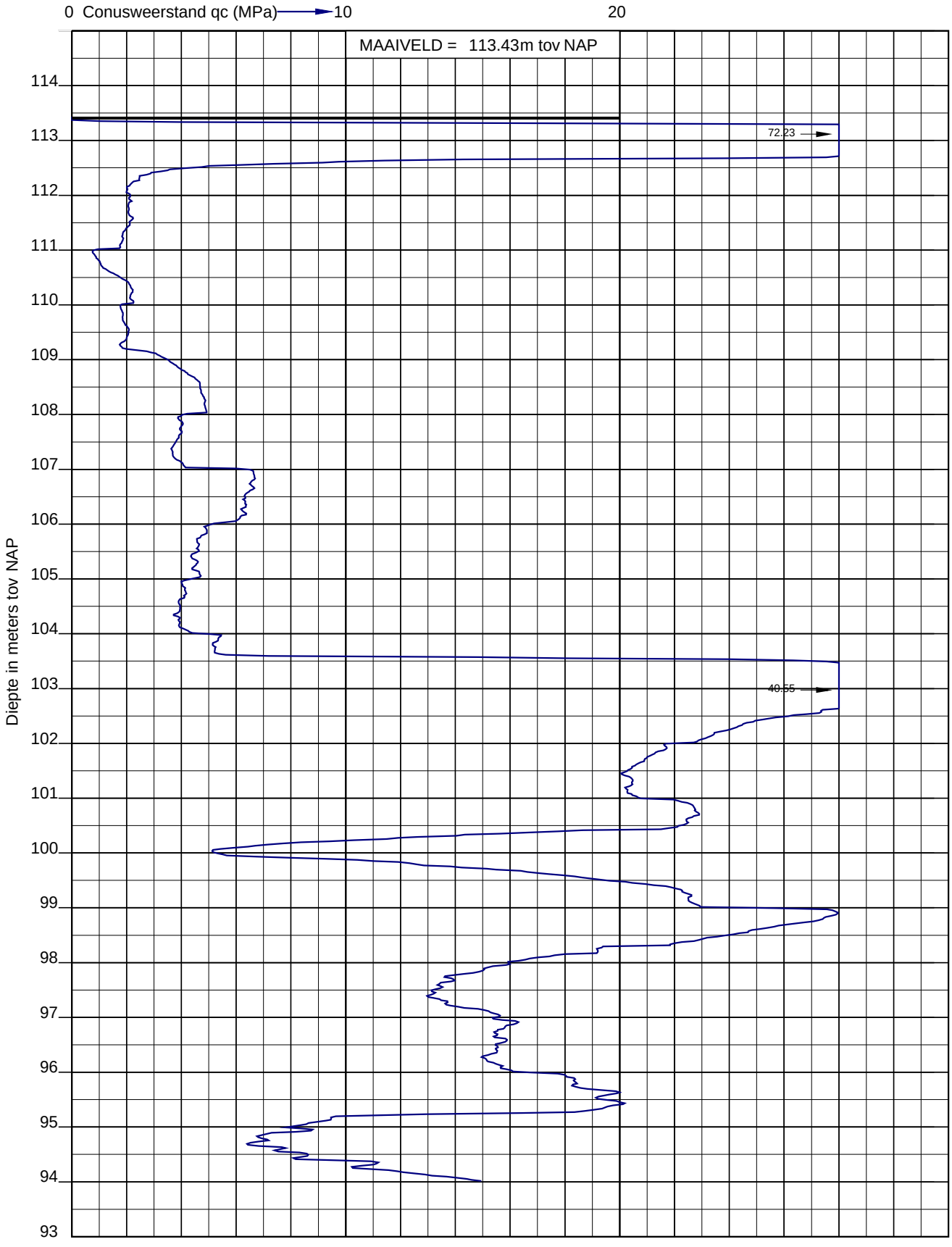


Uitvoeringsdatum: 4-4-2022
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse: 7
Conusnummer: DMH81106

X: 196466.5
Y: 321895.4

DM001

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

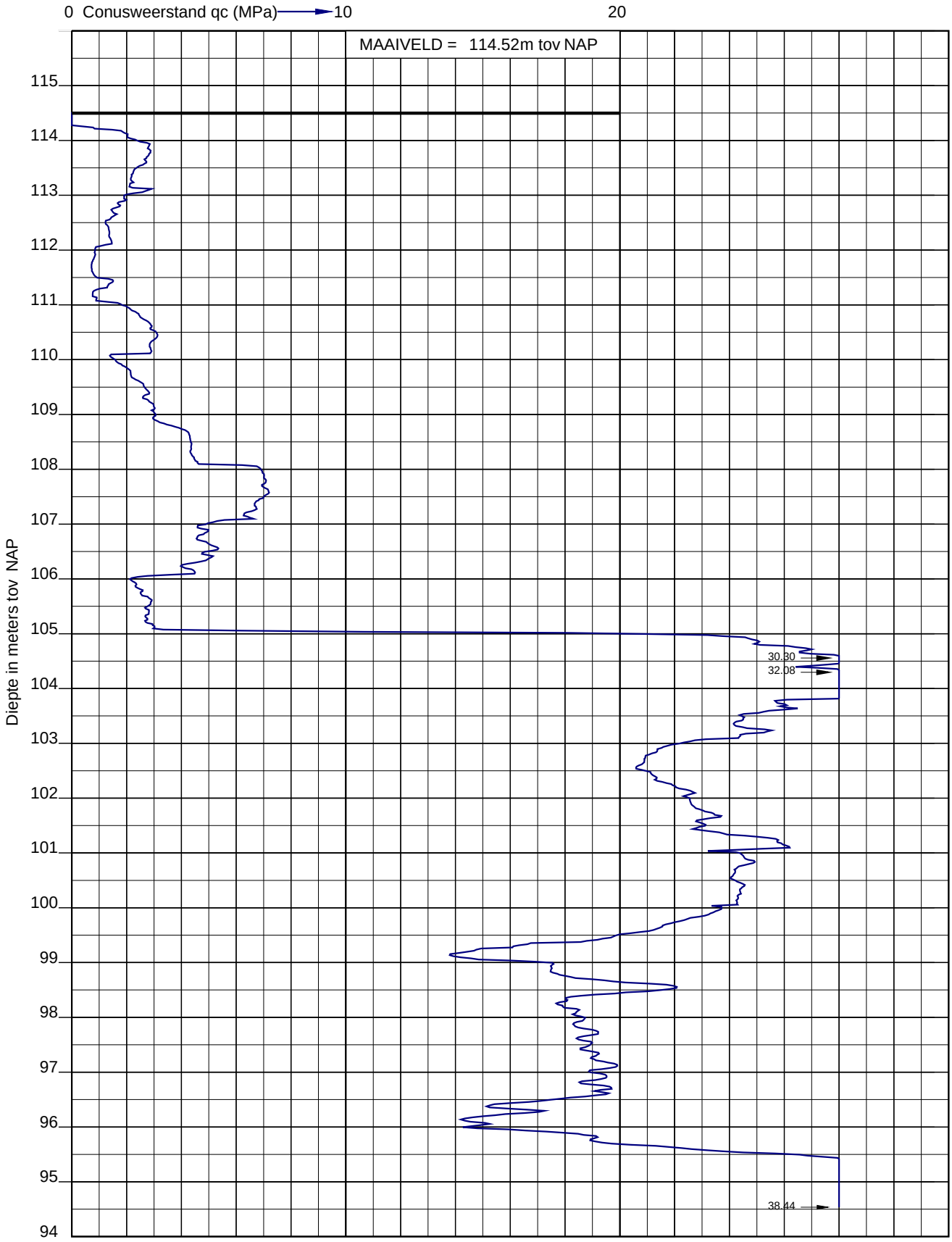


Uitvoeringsdatum: 4-4-2022
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse: 7
Conusnummer: DMH81106

X: 196488.7
Y: 321916.5

DM002

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

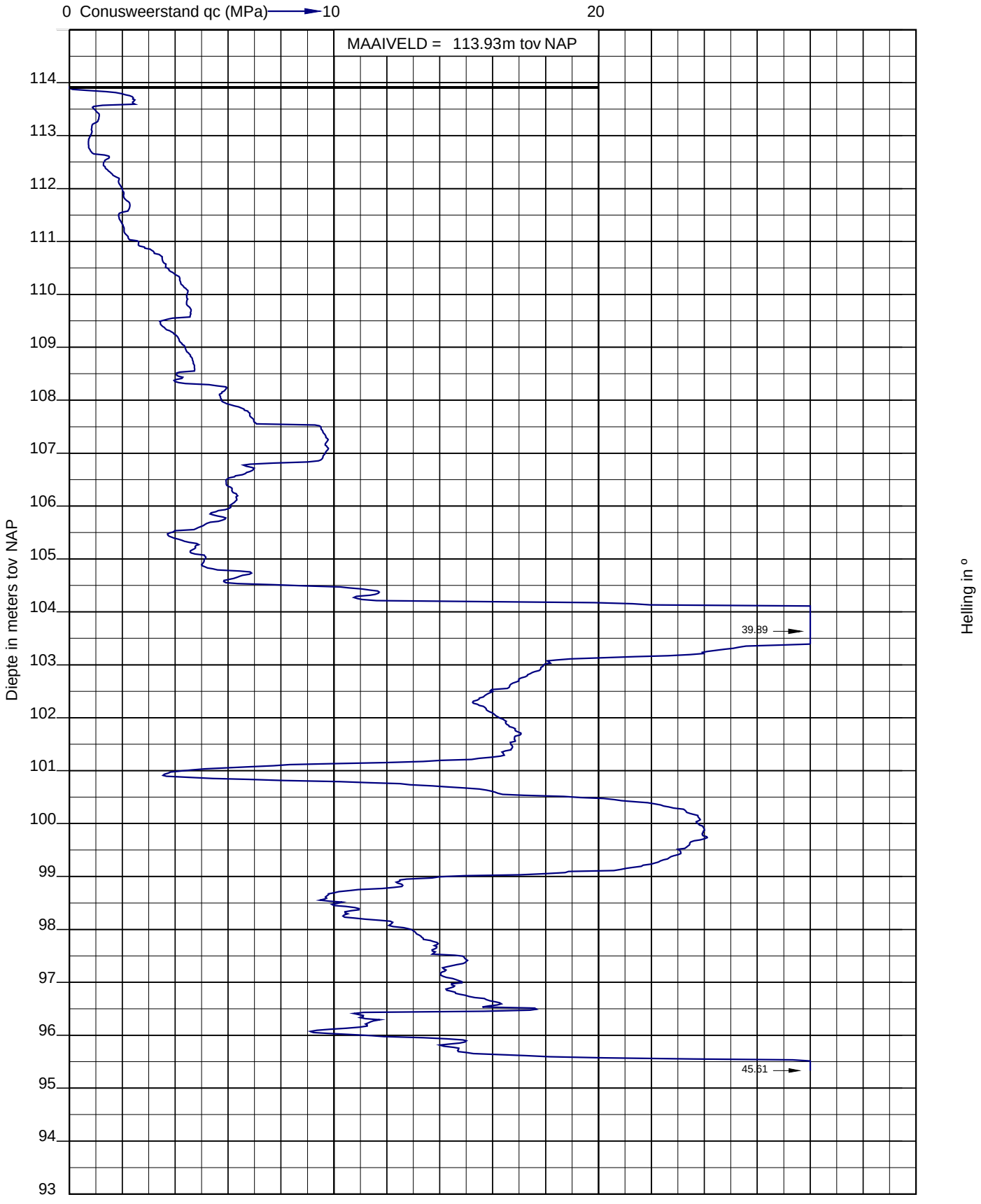


Uitvoeringsdatum: 4-4-2022
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse: 7
Conusnummer: DMH81106

X: 196518.2
Y: 321921.9

DM003

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

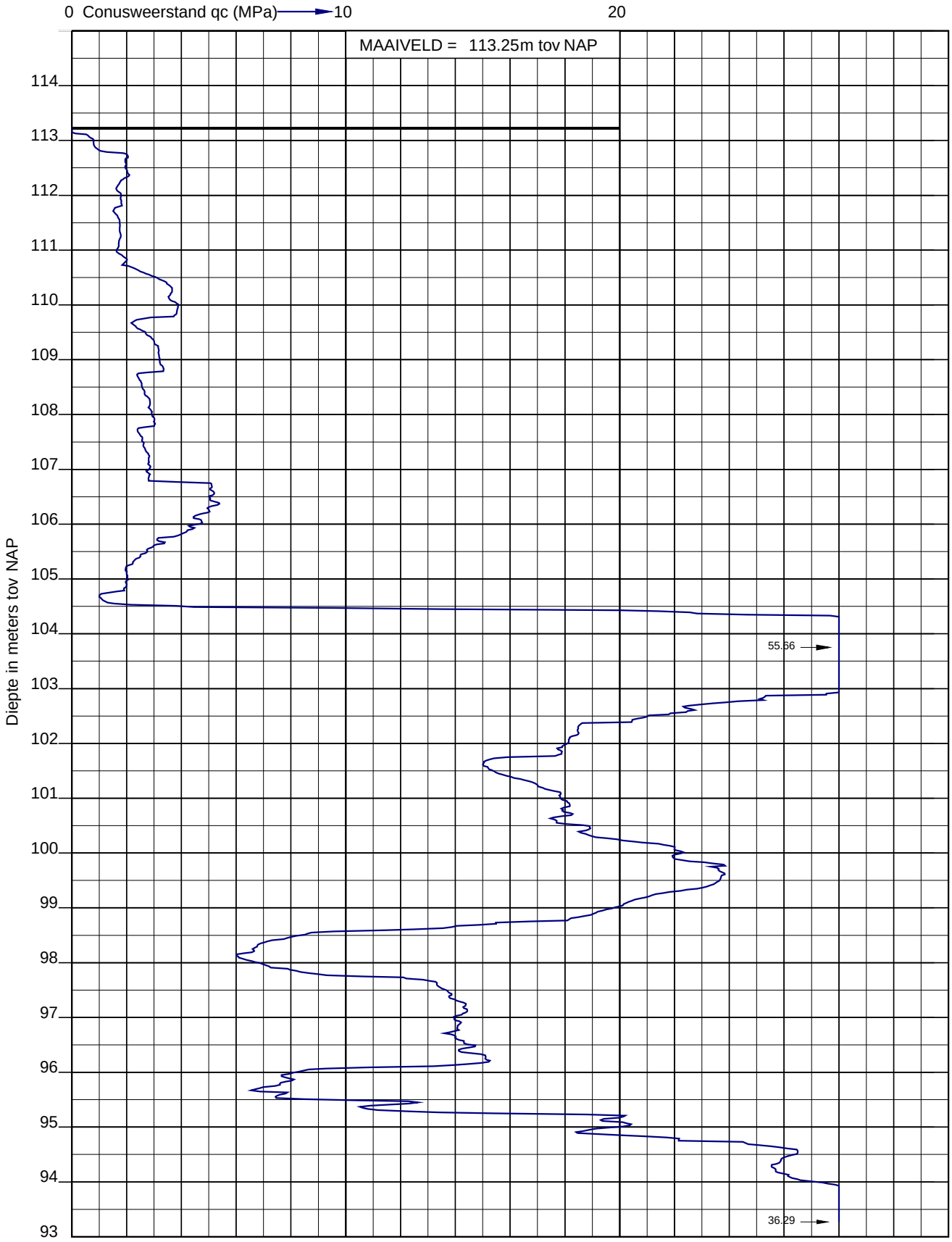


Uitvoeringsdatum: 4-4-2022
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse: 7
Conusnummer: DMH81106

X: 196527.9
Y: 321904.5

DM004

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

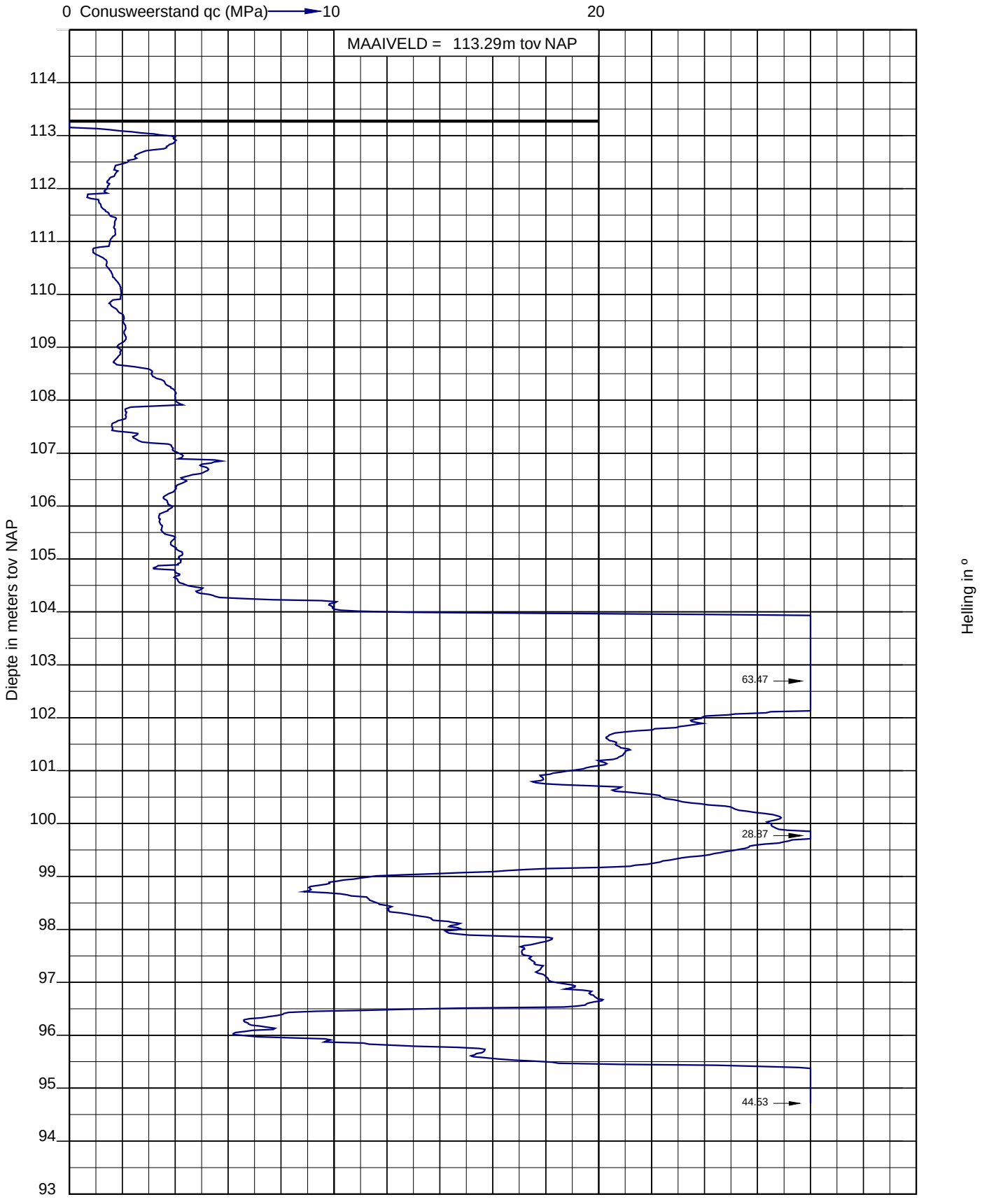


Uitvoeringsdatum: 4-4-2022
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse: 7
Conusnummer: DMH81106

X: 196471.4
Y: 321820.8

DM006

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

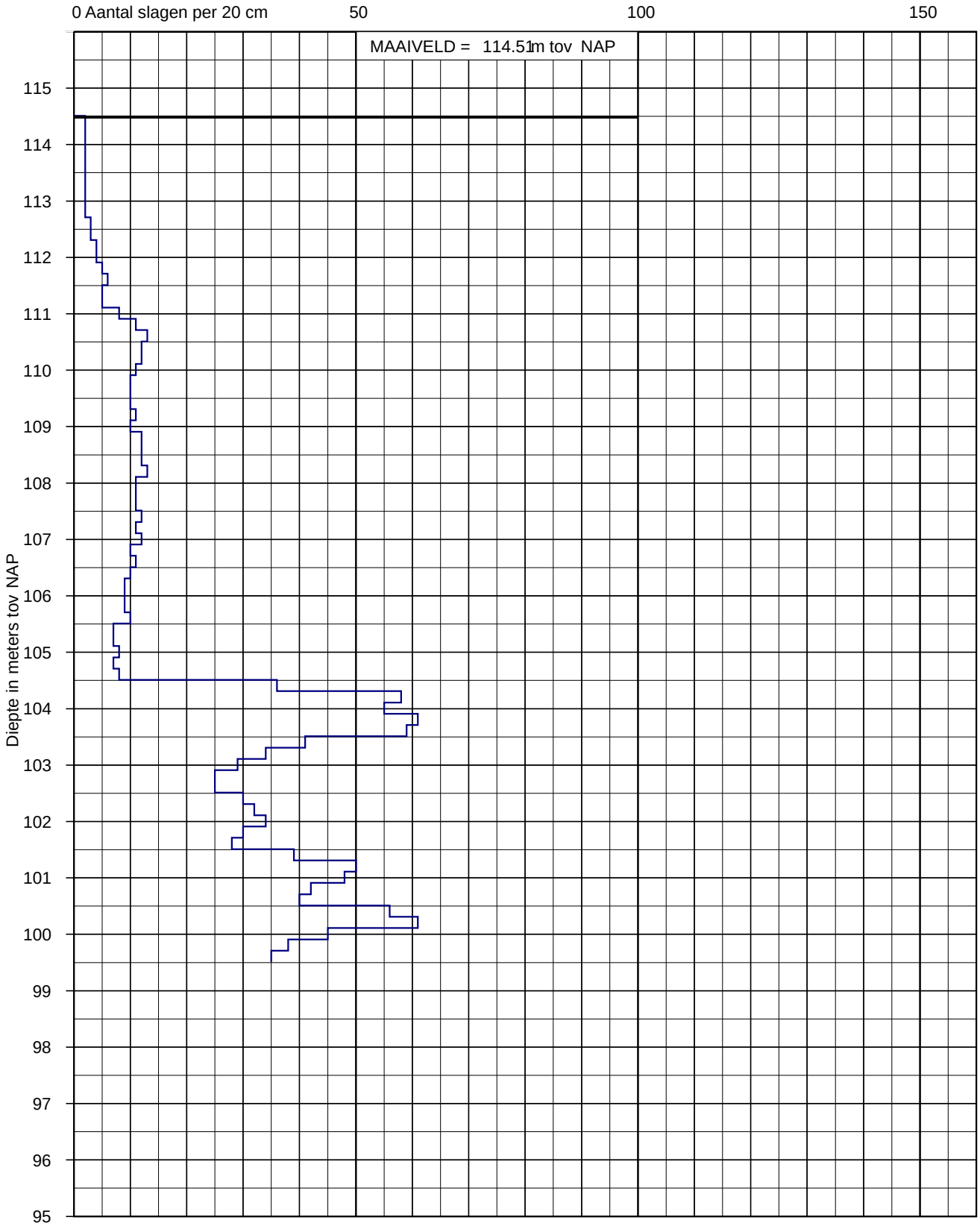


Uitvoeringsdatum: 4-4-2022
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1
Toepassingsklasse: 7
Conusnummer: DMH81106

X: 196461.0
Y: 321873.2

DM007

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

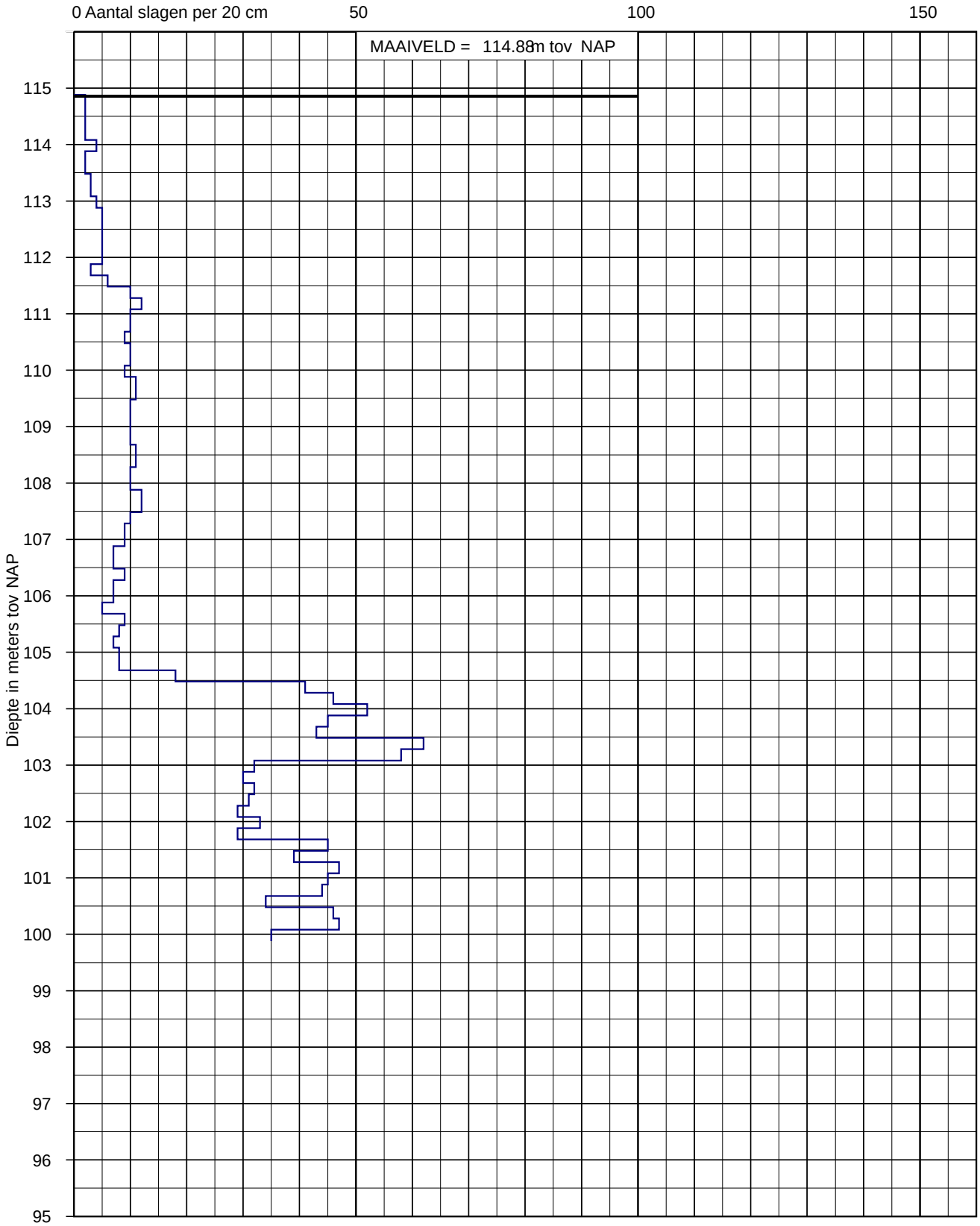


Uitvoeringsdatum: 12-4-2022
Norm:
Type sondering: SLAG

X: 196508.8
Y: 321866.2

DSH001

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

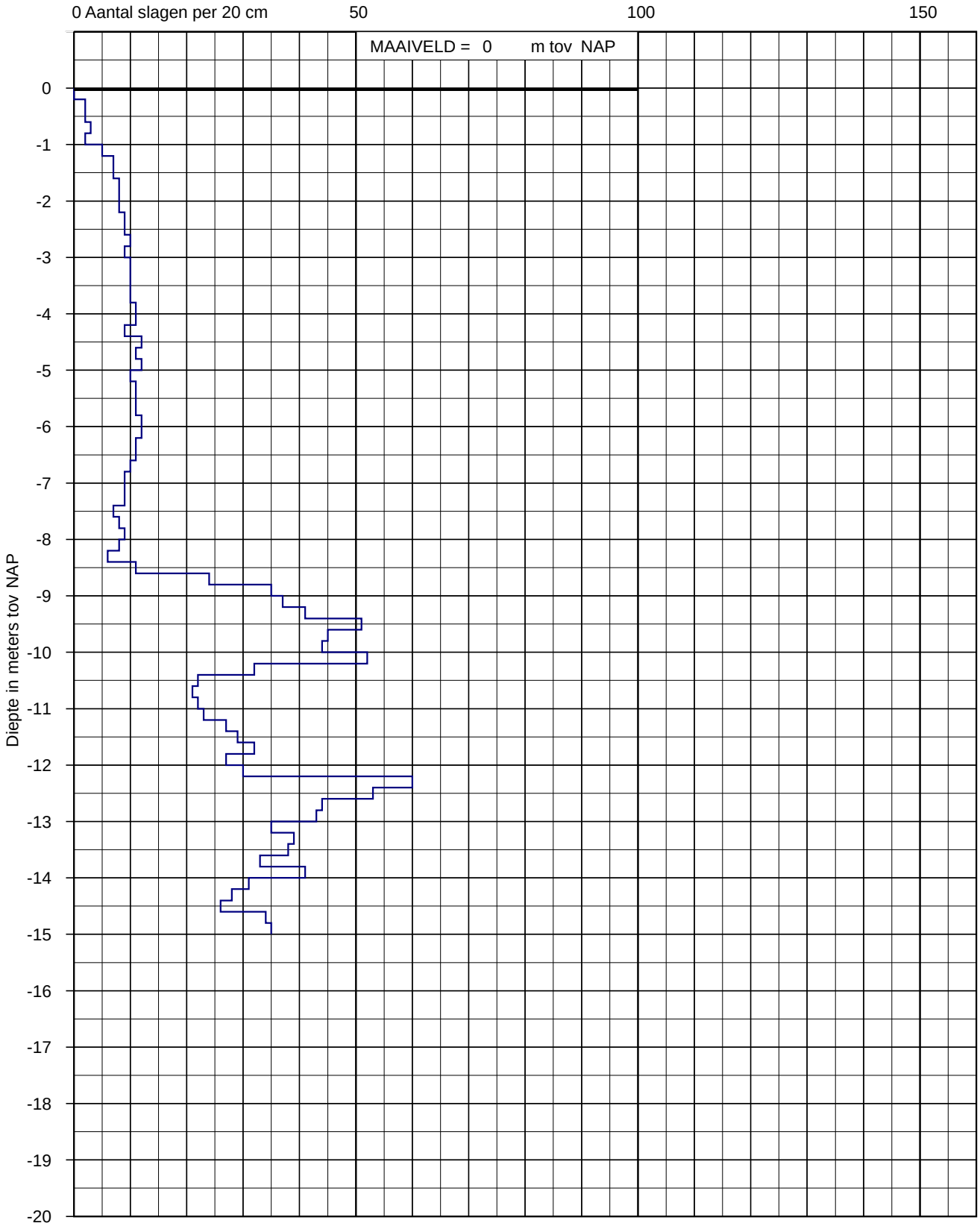


Uitvoeringsdatum: 12-4-2022
Norm:
Type sondering: SLAG

X: 196518.2
Y: 321855.4

DSH002

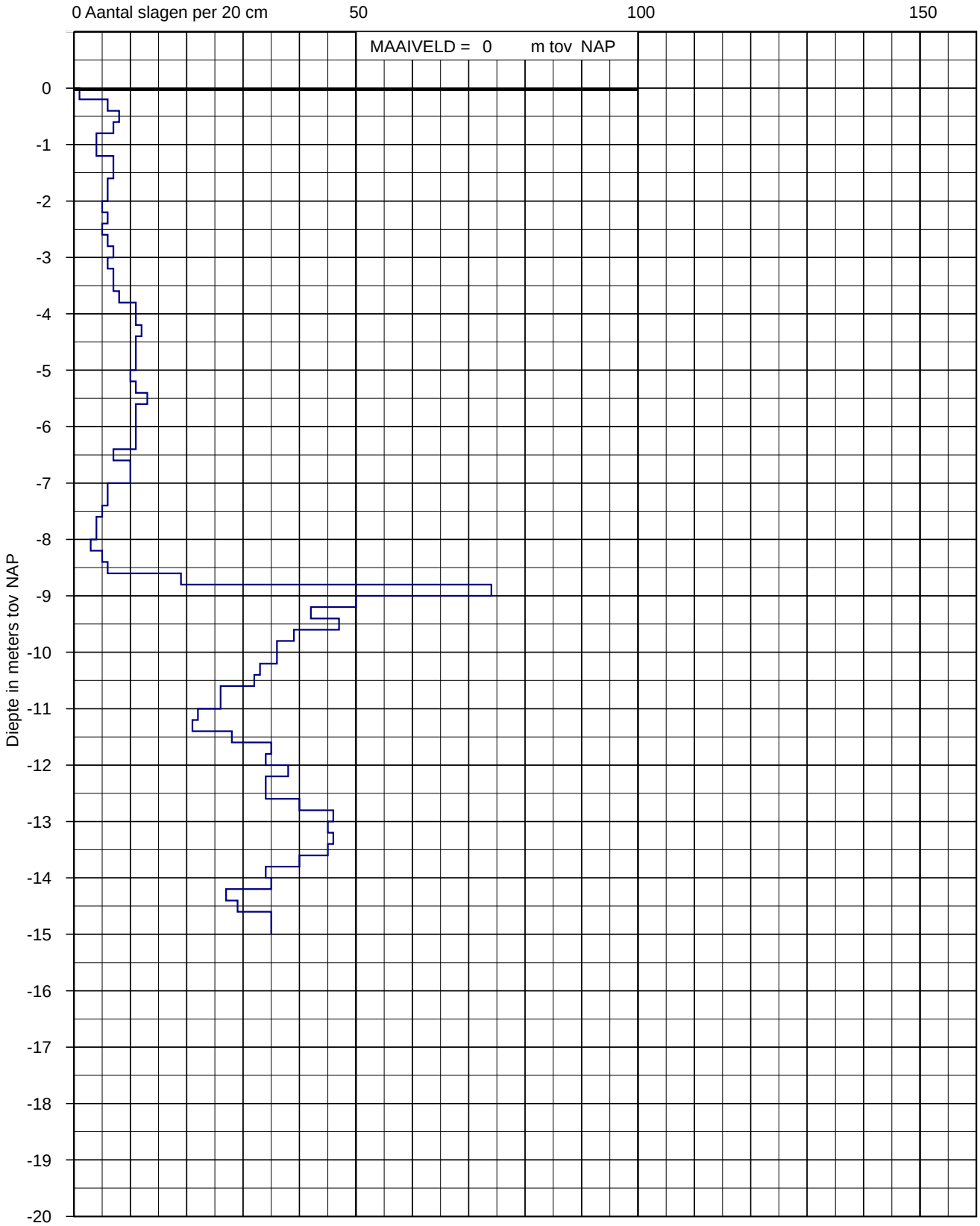
Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek



Uitvoeringsdatum: 12-4-2022
Norm:
Type sondering: SLAG
X:
Y:

DSH003

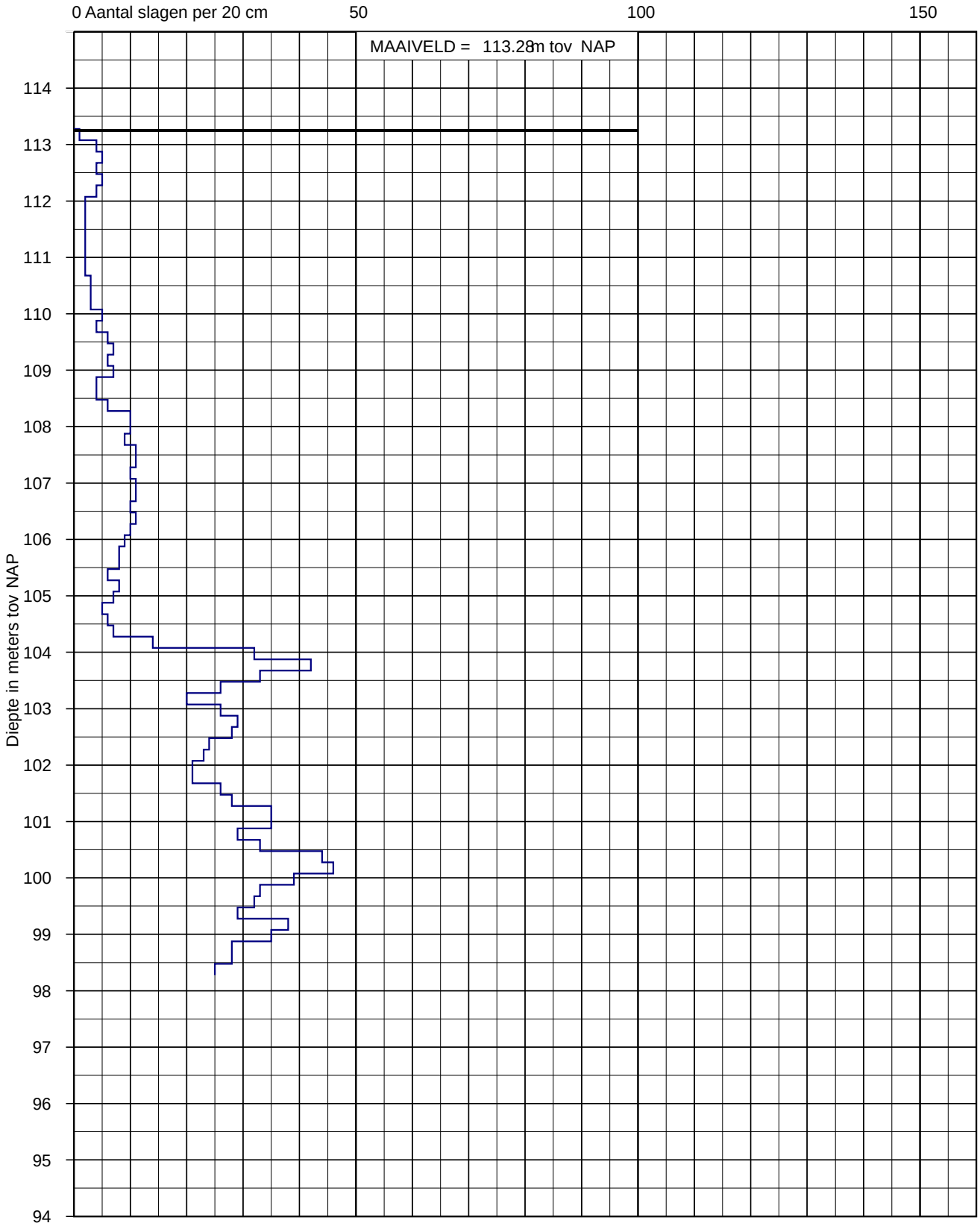
Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek



Uitvoeringsdatum: 12-4-2022
Norm:
Type sondering: SLAG
X:
Y:

DSH004

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek

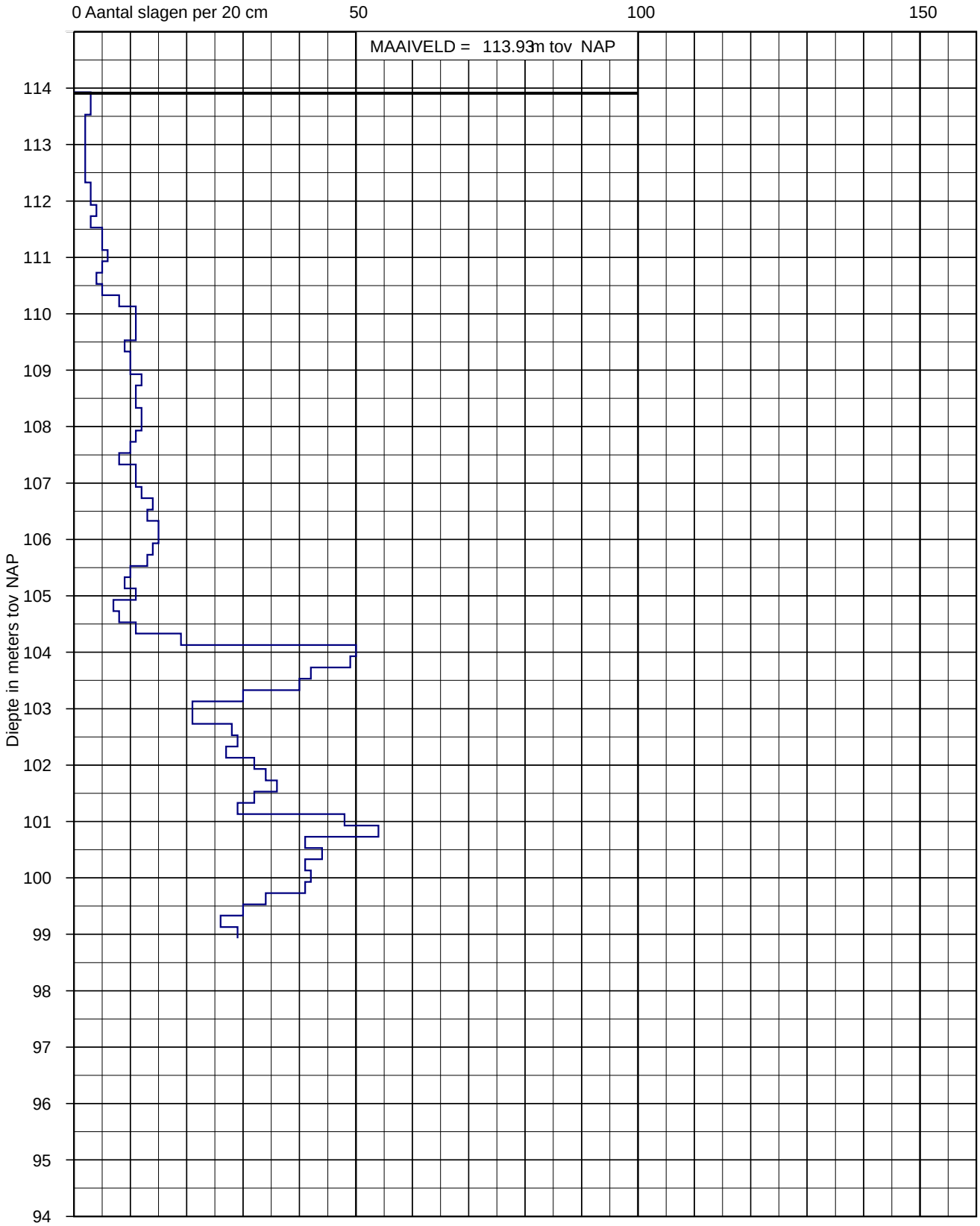


Uitvoeringsdatum: 14-4-2022
Norm:
Type sondering: SLAG

X: 196444.3
Y: 321863.5

DSH005

Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Sondeergrafiek



Uitvoeringsdatum: 12-4-2022
Norm:
Type sondering: SLAG

X: 0
Y: 0

DSH006

BIJLAGE D

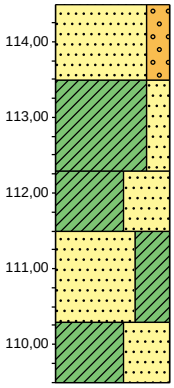


Project: Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen
Opdracht: 22ZP0185
Betreft: Boorprofiel

Boring: **HB001**
Uitvoering op: 26-4-2022
Uitvoering door: Geo Veld-S09

Boornorm: NEN-EN-ISO 22475-1

Identificatie conform NEN-EN-ISO 14688-1
x-coordinaat [m RD]: 196522,14
y-coordinaat [m RD]: 321925,52
Referentiehoogte [m]: 114,49 . N.A.P.



0,00 berm
Zand, middelgrof 420-630, zwak grindig, sterk organisch, weinig wortels, donkerbruin
1,00
Klei, stevig, zwak zandig, weinig ijzersulfide, bruin
2,20
Klei, stevig, sterk zandig, bruin
3,00
Zand, fijn 63-105, kleïig, sterk organisch, bruin
4,20
Klei, slap, sterk zandig, bruin
5,00

BIJLAGE E



LEGENDA TEKENINGEN EN VERKLARING AFKORTINGEN

SONDERING

▼	D	Sondering zonder kleefmeting
	DKM	Sondering met kleefmeting
	DKMP	Sondering met kleef- en waterspanningsmeting
	DM	Mechanische sondering
	DKMS	Seismische sondering met kleefmeting
	DKMPS	Seismische sondering met kleef- en waterspanningsmeting
	DMa	Magnetometer sondering
	Ma	Magnetometer (zonder conusweerstand)
	DB	Bolsondering
	DT	T-bar sondering
	FVT	Field vane test
	HPT	Hydraulic profiling tool
	DS	Slagsondering
	HM	Handsondering
	SPT	Standaard penetratie test
	DKM-EC	Geleidbaarheidssondering met kleefmeting
	DKMP-EC	Geleidbaarheidssondering met kleef- en waterspanningsmeting

▽ Niet uitgevoerd ▼ fase 2 ▼ fase 3 ▼ fase 4

BORING

●	HB	Handboring
	B	Mechanische boring

○ Niet uitgevoerd

PEILBUIS

	Bpb	Mechanische boring met peilbuis
	HBpb	Handboring met peilbuis
	PB	Gedrukte peilbuis

MONITORING

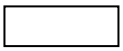
	WSM	Waterspanningsmeter
	IMB	Inclinometerbuis
	IMS	Inclinometer SAAF
	ZB	Zakbaak
	DFB	Deformatiebout
	SCM	Scheurmeter
	EXM	Extensometer
	TM	Tiltmeter
	TRM	Trillingmeter
	PDPs	Plaatdrukproef (statisch)
	PDPd	Plaatdrukproef (dynamisch)
	PP	Pompput
	PRP	Proefgat
	PRS	Proefsleuf

ALGEMEEN

	Meetpunt: brug, dorpel, kolk, meetbout, put, weg, water
	Foto
	Bestaande bebouwing
	0-Punt lokaal assenstelsel

LEGENDA BOORPROFIELEN (conform NEN-EN-ISO 14688-1)

KEIEN / KEITJES


KEIEN

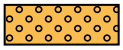

KEIEN, met grind

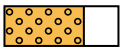

KEIEN, met zand

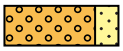

KEIEN, met klei


KEIEN, met silt

GRIND

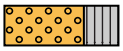

GRIND


GRIND met keitjes

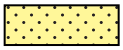

GRIND, zwak zandig

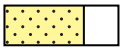

GRIND, sterk zandig

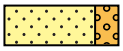

GRIND, kleiig


GRIND, siltig

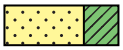
ZAND

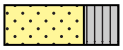

ZAND


ZAND, met keitjes


ZAND, zwak grindig


ZAND, sterk grindig


ZAND, kleiig


ZAND, siltig

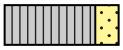
SILT

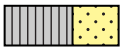

SILT


SILT, met keitjes


SILT, zwak grindig


SILT, sterk grindig


SILT, zwak zandig


SILT, sterk zandig

KLEI


KLEI


KLEI, met keitjes


KLEI, zwak grindig


KLEI, sterk grindig


KLEI, zwak zandig


KLEI, sterk zandig

VEEN / HUMUS / DETRITUS


VEEN


VEEN, zwak zandig


VEEN, sterk zandig


VEEN, kleiig


VEEN, siltig

MONSTERS

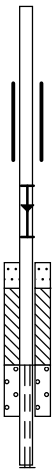
geroerd monster

ongeroerd monster

KWALITEIT MONSTERNAME

QM1 = Ongeroerd monster is geheel intact inclusief spanningstoestand
QM2 = Ongeroerd monster geheel intact
QM3 = Ongeroerd monster intact maar monsterverstoring zichtbaar
QM4 = Monster is ernstig vestoord
QM5 = Monster is geroerd

PEILBUIS

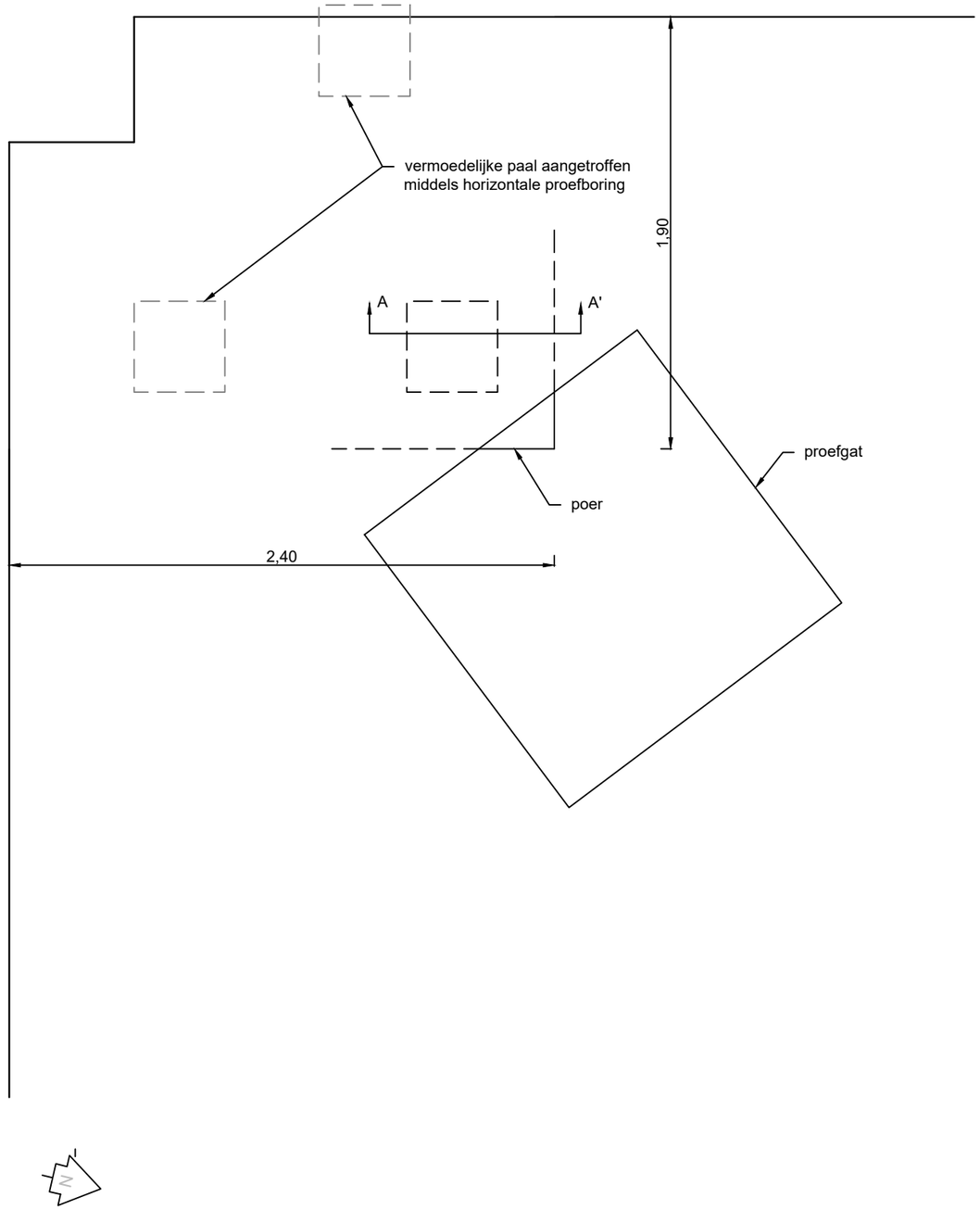


OVERIG

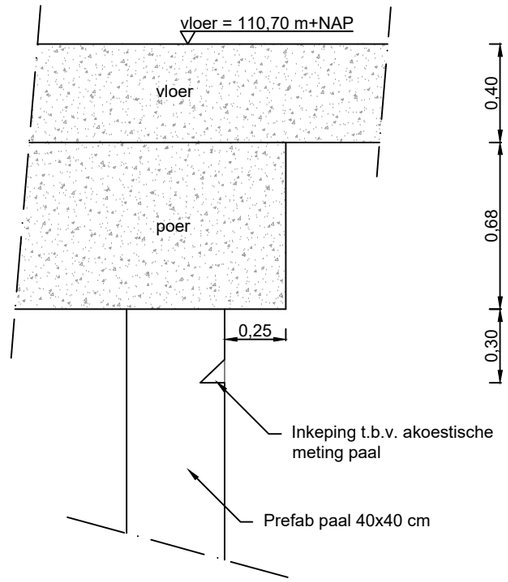
- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand

BIJLAGE F





Doorsnede A-A'



0 1m

Opdrachtomschrijving / locatie:
Verbouwing Thermen Museum aan de Coriovallumstraat 9 te Heerlen

Omschrijving tekening:
Situatietekening en doorsnede proefgat fundering

INPIJN BLOKPOEL INGENIEURS

Bewerkt: MSS
Datum: 11 mei 2022

Schaal: 1:25
Formaat: A3

Opdrachtnummer: 22ZP0185
Bijlage: SIT-02

Deze situatietekening dient om inzicht te geven in de locatie van de meet- en onderzoekspunten. De tekening dient niet voor andere doeleinden te worden gebruikt.

n:\opdrachten\zuid\2022\01\22zp0185\06-veldwerk\04-tekeningen\22zp0185-dwp-mss.dwg



F001



F002

Genomen op: 5 april 2022



F003



F004

Genomen op: 5 april 2022



F005



F006

Genomen op: 5 april 2022



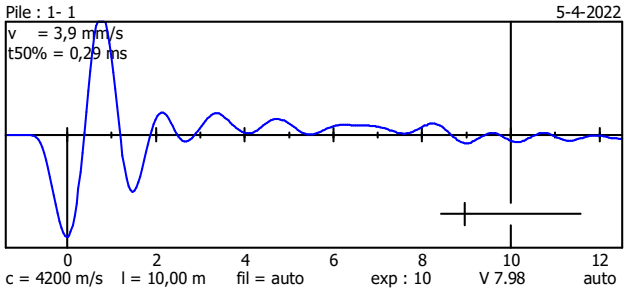
F007

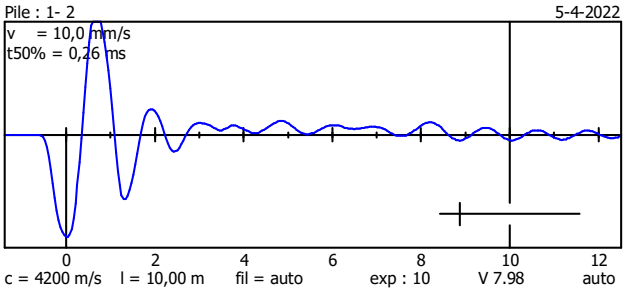
Genomen op: 5 april 2022

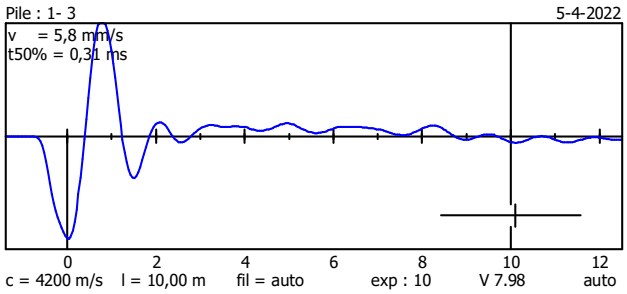
BIJLAGE G

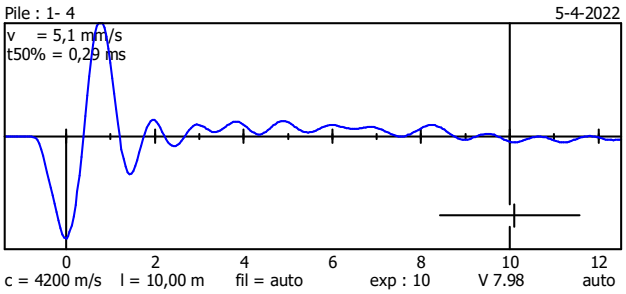


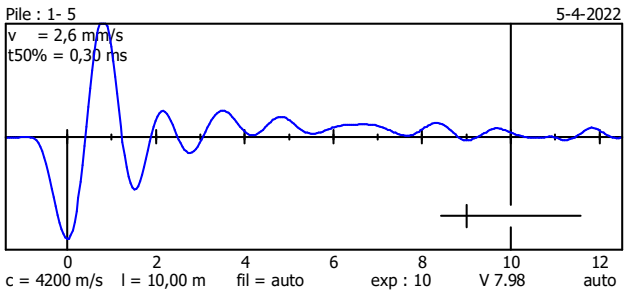
22ZP0185

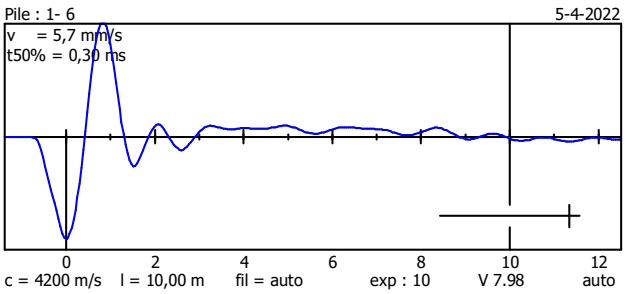

Pile : 1- 1
5-4-2022
v = 3,9 mm/s
t50% = 0,29 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

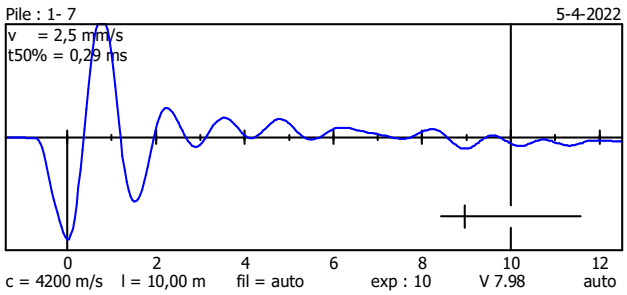

Pile : 1- 2
5-4-2022
v = 10,0 mm/s
t50% = 0,26 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

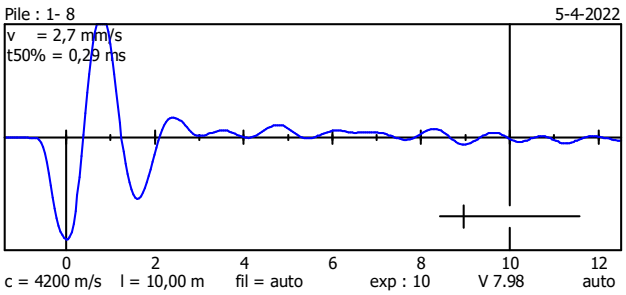

Pile : 1- 3
5-4-2022
v = 5,8 mm/s
t50% = 0,31 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

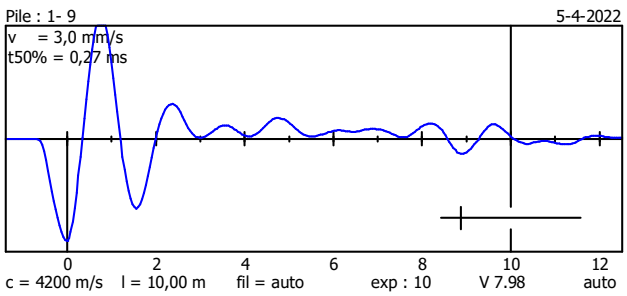

Pile : 1- 4
5-4-2022
v = 5,1 mm/s
t50% = 0,29 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

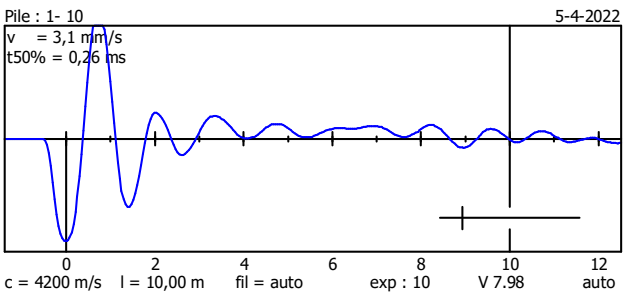

Pile : 1- 5
5-4-2022
v = 2,6 mm/s
t50% = 0,30 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

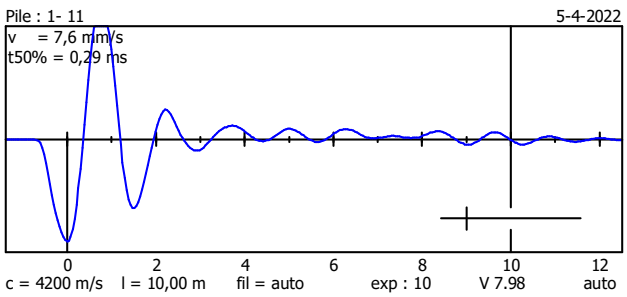

Pile : 1- 6
5-4-2022
v = 5,7 mm/s
t50% = 0,30 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

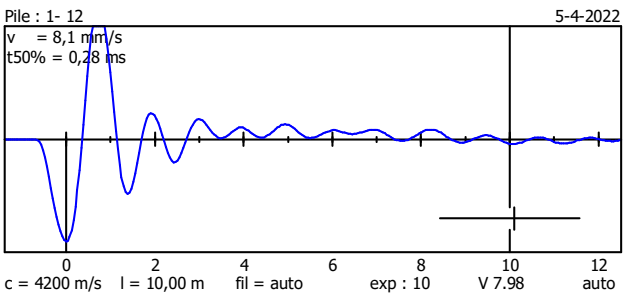

Pile : 1- 7
5-4-2022
v = 2,5 mm/s
t50% = 0,29 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto


Pile : 1- 8
5-4-2022
v = 2,7 mm/s
t50% = 0,29 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto


Pile : 1- 9
5-4-2022
v = 3,0 mm/s
t50% = 0,27 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto


Pile : 1- 10
5-4-2022
v = 3,1 mm/s
t50% = 0,26 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto


Pile : 1- 11
5-4-2022
v = 7,6 mm/s
t50% = 0,29 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto


Pile : 1- 12
5-4-2022
v = 8,1 mm/s
t50% = 0,28 ms
0 2 4 6 8 10 12
c = 4200 m/s l = 10,00 m fil = auto exp : 10 V 7.98 auto

BIJLAGE H



Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Prefab betonpaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0,7$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0,01$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
Geen negatieve kleef berekend					

Paalafmeting : **0,400 x 0,400 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DM002	113,43	101,20	**1061**	5,4	860	910
		101,10	**1070**	5,3	853	932
		101,00	**1080**	5,3	844	956
		100,90	**1087**	5,2	834	980
		100,80	**1094**	5,1	820	1004
		100,70	**1098**	5,0	803	1028
		100,60	**1098**	4,9	780	1052
		100,50	**1094**	4,7	748	1076
		100,40	**1080**	4,4	702	1100
		100,30	**1065**	4,1	653	1124
		100,20	**1066**	4,0	634	1144
		100,10	**1126**	4,5	722	1156
		100,00	**1223**	5,5	874	1165
		99,90	**1343**	6,7	1066	1174
		99,80	**1444**	7,6	1219	1190
		99,70	**1491**	8,0	1275	1211
		99,60	**1503**	8,0	1272	1235
		99,50	**1502**	7,8	1247	1260
		99,40	**1515**	7,8	1244	1284
DM003	114,52	101,20	**1967**	13,4	2137	1144
		101,10	**1844**	11,9	1907	1168
		101,00	**1767**	11,0	1756	1192
		100,90	**1745**	10,6	1696	1216
		100,80	**1758**	10,6	1692	1240
		100,70	**1771**	10,6	1691	1264
		100,60	**1784**	10,6	1689	1288
		100,50	**1798**	10,5	1687	1312
		100,40	**1811**	10,5	1685	1336
		100,30	**1824**	10,5	1682	1360
		100,20	**1836**	10,5	1679	1384
		100,10	**1848**	10,5	1676	1408
		100,00	**1860**	10,4	1671	1432
		99,90	**1871**	10,4	1666	1456
		99,80	**1882**	10,4	1659	1480
		99,70	**1891**	10,3	1650	1504
		99,60	**1898**	10,2	1639	1528
		99,50	**1903**	10,1	1622	1552
		99,40	**1903**	10,0	1599	1576

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Prefab betonpaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0,7$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0,01$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1,20$

Geen negatieve kleef berekend

Paalafmeting : **0,400 x 0,400 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DM004	113,93	101,20	**985**	3,1	502	1141
		101,10	**987**	3,0	486	1161
		101,00	**1073**	3,9	619	1171
		100,90	**1198**	5,1	821	1178
		100,80	**1331**	6,5	1035	1185
		100,70	**1380**	6,9	1098	1203
		100,60	**1397**	6,9	1105	1226
		100,50	**1373**	6,5	1039	1250
		100,40	**1374**	6,4	1017	1274
		100,30	**1380**	6,3	1004	1298
		100,20	**1392**	6,2	999	1322
		100,10	**1404**	6,2	995	1346
		100,00	**1416**	6,2	991	1370
		99,90	**1430**	6,2	991	1394
		99,80	**1446**	6,2	993	1418
		99,70	**1461**	6,2	995	1442
		99,60	**1476**	6,2	995	1466
		99,50	**1489**	6,2	994	1491
		99,40	**1502**	6,2	991	1515
DSH006	113,93	101,20	**1695**	11,9	1904	922
		101,10	**1725**	12,1	1932	944
		101,00	**1622**	10,9	1738	968
		100,90	**1647**	11,0	1755	992
		100,80	**1674**	11,1	1776	1016
		100,70	**1698**	11,2	1792	1040
		100,60	**1722**	11,3	1808	1064
		100,50	**1756**	11,5	1840	1088
		100,40	**1780**	11,6	1856	1112
		100,30	**1804**	11,7	1872	1136

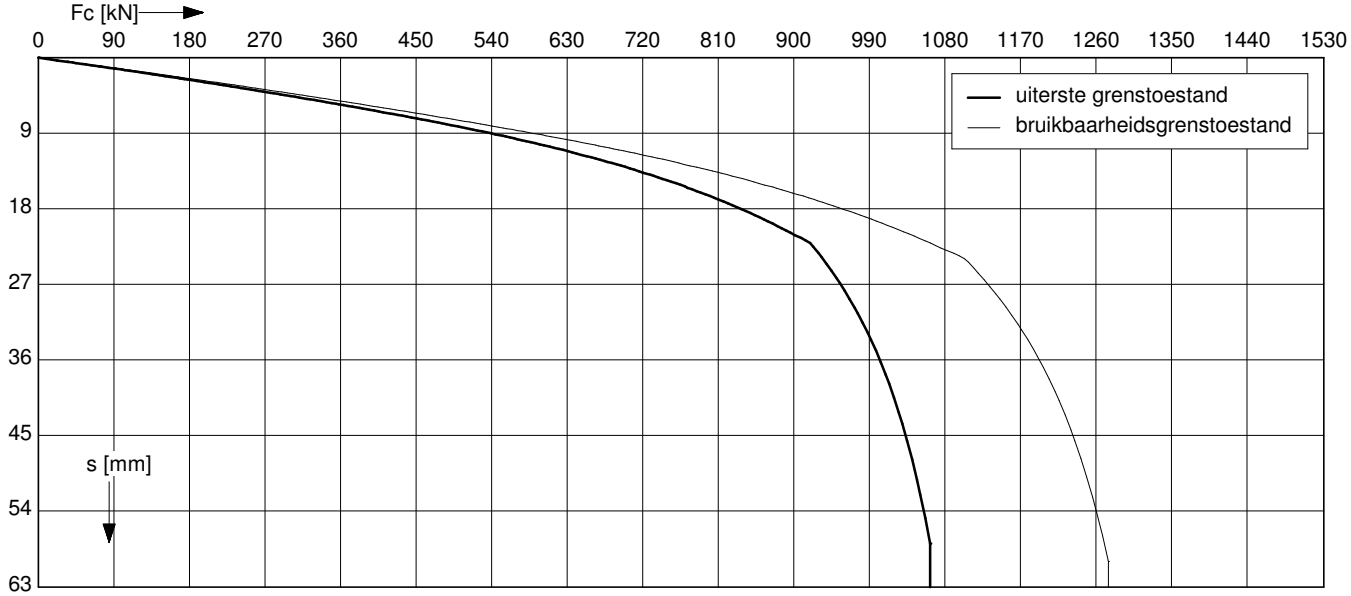
Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Prefab betonpaal
Sonderingen : DM002
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM002

Paalafmeting : 0,400 x 0,400 m
Paalpuntniveau : 100,30 m tov NAP

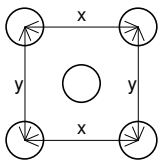


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
1065	45,4	3,0	48,5	10,5	59,0	109	46
959	15,4	2,7	18,0	9,4	27,5	121	48
852	7,8	2,3	10,2	8,4	18,6	133	49
746	5,1	2,0	7,1	7,3	14,5	144	51
639	3,3	1,7	5,0	6,3	11,3	155	52
533	2,2	1,4	3,6	5,2	8,8	165	53
426	1,4	1,1	2,6	4,2	6,8	177	54
320	0,9	0,8	1,7	3,1	4,9	186	55
213	0,5	0,6	1,1	2,1	3,2	199	56
107	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	211	57

Configuratie paalgroep voor bepaling s2

5-paalspoer



hoh-afstand x=y : 4,2D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
820	3,9	1,9	5,8	8,1	13,8	141	59
738	3,0	1,7	4,7	7,2	11,9	158	62
656	2,3	1,5	3,8	6,4	10,2	173	64
574	1,8	1,3	3,1	5,6	8,7	187	66
492	1,3	1,1	2,4	4,8	7,3	201	68
410	1,0	0,9	1,9	4,0	5,9	214	69
328	0,7	0,7	1,4	3,2	4,6	230	71
246	0,5	0,5	1,0	2,4	3,4	241	72
164	0,3	0,4	0,6	1,6	2,2	259	73
82	0,1	0,2	0,3	0,8	1,1	274	74

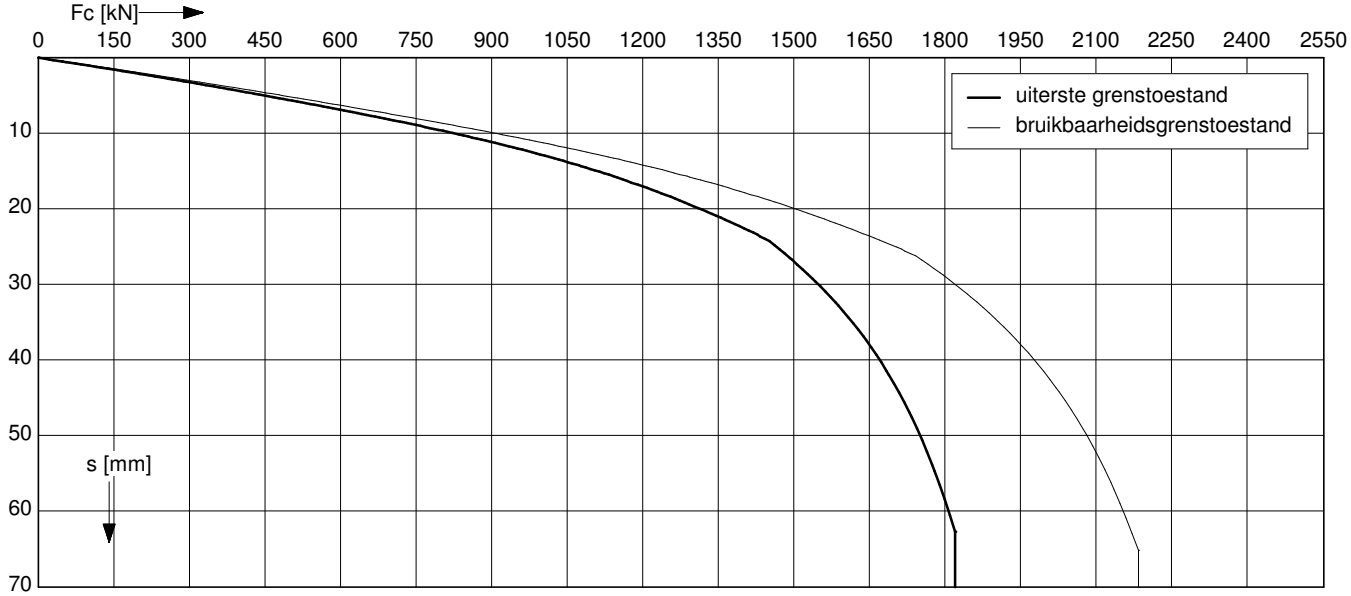
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Prefab betonpaal
Sonderingen : DM003
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM003

Paalafmeting : 0,400 x 0,400 m
Paalpuntniveau : 100,30 m tov NAP

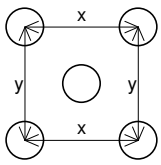


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
1824	45,4	5,6	51,0	11,7	62,8	123	61
1641	21,4	4,9	26,4	10,6	36,9	137	64
1459	10,9	4,3	15,2	9,4	24,6	151	67
1276	6,9	3,7	10,6	8,2	18,8	163	69
1094	4,4	3,2	7,6	7,0	14,6	173	71
912	2,8	2,6	5,5	5,9	11,3	182	72
729	1,8	2,1	3,9	4,7	8,6	192	74
547	1,1	1,5	2,7	3,5	6,2	206	76
365	0,6	1,0	1,6	2,3	4,0	212	77
182	0,3	0,5	0,8	1,2	1,9	222	78

Configuratie paalgroep voor bepaling s2

5-paalspoer



hoh-afstand x=y : 4,2D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
1403	5,3	3,4	8,8	9,0	17,8	160	79
1262	4,0	3,1	7,1	8,1	15,2	178	83
1122	3,0	2,7	5,7	7,2	12,9	196	87
982	2,3	2,4	4,6	6,3	11,0	211	90
842	1,7	2,0	3,7	5,4	9,2	225	92
701	1,3	1,7	3,0	4,5	7,5	237	94
561	0,9	1,3	2,2	3,6	5,9	250	96
421	0,6	1,0	1,6	2,7	4,3	268	98
281	0,4	0,7	1,0	1,8	2,8	276	99
140	0,2	0,3	0,5	0,9	1,4	289	101

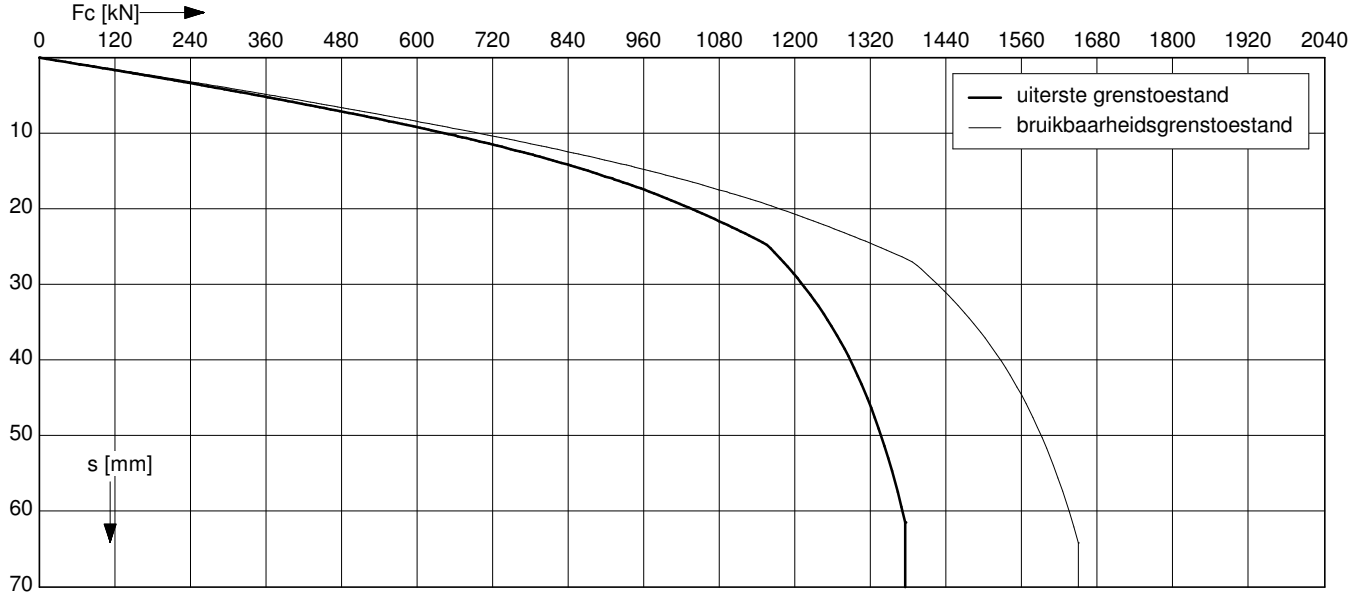
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Prefab betonpaal
Sonderingen : DM004
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM004

Paalafmeting : 0,400 x 0,400 m
Paalpuntniveau : 100,30 m tov NAP

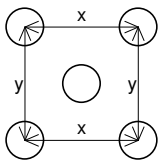


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
1380	45,4	4,1	49,5	13,1	62,6	119	48
1242	18,1	3,6	21,7	11,8	33,5	133	50
1104	8,9	3,1	12,0	10,5	22,5	145	52
966	5,7	2,7	8,4	9,2	17,6	156	53
828	3,6	2,3	5,9	7,9	13,8	167	54
690	2,4	1,9	4,3	6,6	10,8	177	55
552	1,6	1,5	3,1	5,3	8,3	189	57
414	1,0	1,1	2,1	3,9	6,0	199	57
276	0,5	0,7	1,3	2,6	3,9	210	58
138	0,2	0,4	0,6	1,3	1,9	222	59

Configuratie paalgroep voor bepaling s2

5-paalspoer



hoh-afstand x=y : 4,2D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
1062	4,3	2,5	6,8	10,1	17,0	155	63
956	3,3	2,2	5,5	9,1	14,6	172	65
849	2,5	2,0	4,5	8,1	12,6	189	68
743	1,9	1,7	3,7	7,1	10,7	203	69
637	1,5	1,5	2,9	6,1	9,0	217	71
531	1,1	1,2	2,3	5,1	7,4	230	72
425	0,8	1,0	1,7	4,0	5,8	245	74
319	0,5	0,7	1,2	3,0	4,3	258	75
212	0,3	0,5	0,8	2,0	2,8	273	76
106	0,1	0,2	0,4	1,0	1,4	289	77

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DM002
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype **: Prefab betonpaal** **paalafmeting : 0,400 x 0,400 m**
Paalpuntniveau : 100,3 meter tov NAP

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$ [par. 7.6.2.3(e)]

Paalklassefactor	:	$\alpha_p = 0,7$	(f)
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	(g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	$s = 1,0$	(h)
Traject I / II / III	:	7,9 / 5,2 / 5,1 MPa	

$q_{b;max}$ = 4,1 MPa

Berekening maximum schachtwrijving

$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Startdiepte schachtwrijving	:	108 m tov NAP
paalklassefactor	:	$\alpha_s = 0,01$ [tabel 7.d]
O_p	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
ΔL	:	traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
106,95	4,0	1,60	1,0	68	68
105,90	6,2	1,60	1,0	105	173
104,85	4,5	1,60	1,0	76	249
103,80	4,2	1,60	1,0	71	320
102,75	12,8	1,60	1,0	215	537
101,70	15,0	1,60	1,0	252	788
100,65	15,0	1,60	1,0	252	1041
100,30	14,9	1,60	0,4	83	1126

Berekening maximum draagkracht

$R_{c;cal} = A_b * q_{b;max} + R_{s;cal}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,160\ m^2$

$R_{c;cal}$ = 653 + 1126 = 1779 kN

Berekening negatieve kleef

Geen negatieve kleef berekend

BIJLAGE I



Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0{,}63$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1{,}0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1{,}39$; $\xi_4 = 1{,}39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0{,}008$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1{,}20$
Geen negatieve kleef berekend					

Paalafmeting : **0,180/0,200/0,200 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DSH01	114,51	104,00	**183**	8,6	270	36
		103,50	**213**	8,9	281	74
		103,00	**259**	10,2	320	112
DSH02	114,88	104,00	**194**	9,1	285	38
		103,50	**250**	10,9	342	75
		103,00	**301**	12,4	390	113
DSH03	113,38	104,00	**204**	8,8	276	64
		103,50	**232**	9,0	284	102
		103,00	**255**	9,1	286	140
DSH04	113,24	104,00	**186**	8,7	272	38
		103,50	**235**	10,1	317	75
		103,00	**249**	9,6	302	113
DSH05	113,27	103,50	**146**	6,4	203	41
		103,00	**200**	8,3	261	73
		102,50	**222**	8,3	260	110
DSH06	113,93	103,50	**159**	6,7	212	53
		103,00	**188**	7,1	224	90
		102,50	**276**	10,6	334	126
DM006	113,25	104,00	**180**	8,4	265	36
		103,50	**238**	10,3	323	74
		103,00	**280**	11,3	355	111
DM007	113,29	103,50	**206**	9,4	296	48
		103,00	**259**	11,0	347	85
		102,50	**307**	12,4	389	123

Paalafmeting : **0,180/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DSH01	114,51	104,00	**270**	8,2	404	45
		103,50	**302**	8,4	412	93
		103,00	**360**	9,4	460	140
DSH02	114,88	104,00	**281**	8,6	422	47
		103,50	**352**	10,0	493	94
		103,00	**422**	11,5	562	141
DSH03	113,38	104,00	**284**	8,0	393	80
		103,50	**318**	8,2	404	128
		103,00	**365**	8,8	434	175

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0{,}5 * \alpha_p * \beta * s * (0{,}5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	:	α_p = 0,63	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	β = 1,0	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	ξ_3 = 1,39 ; ξ_4 = 1,39
Paalklassefactor schacht	:	α_s = 0,008	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s$ = 1,20

Geen negatieve kleef berekend

Paalafmeting : **0,180/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DSH04	113,24	104,00	**271**	8,2	404	47
		103,50	**324**	9,1	447	94
		103,00	**342**	8,7	428	141
DSH05	113,27	103,50	**212**	6,2	302	52
		103,00	**275**	7,5	368	91
		102,50	**311**	7,8	381	138
DSH06	113,93	103,50	**229**	6,4	316	66
		103,00	**262**	6,6	325	113
		102,50	**392**	10,1	496	158
DM006	113,25	104,00	**264**	8,1	396	45
		103,50	**335**	9,5	466	92
		103,00	**384**	10,2	501	139
DM007	113,29	103,50	**301**	9,0	442	60
		103,00	**368**	10,3	506	107
		102,50	**433**	11,6	569	154

Paalafmeting : **0,180/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DSH01	114,51	104,00	**372**	8,0	566	54
		103,50	**406**	8,0	567	111
		103,00	**474**	8,8	624	168
DSH02	114,88	104,00	**384**	8,3	585	56
		103,50	**470**	9,5	671	113
		103,00	**555**	10,7	756	169
DSH03	113,38	104,00	**363**	7,2	510	96
		103,50	**422**	7,8	551	153
		103,00	**476**	8,3	584	210
DSH04	113,24	104,00	**371**	7,9	562	57
		103,50	**432**	8,6	608	113
		103,00	**446**	8,1	574	170
DSH05	113,27	103,50	**290**	6,0	422	62
		103,00	**354**	6,8	481	109
		102,50	**408**	7,3	516	165
DSH06	113,93	103,50	**311**	6,2	440	79
		103,00	**359**	6,6	464	136
		102,50	**519**	9,6	677	189

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0{,}63$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1{,}0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1{,}39$; $\xi_4 = 1{,}39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0{,}008$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1{,}20$

Geen negatieve kleef berekend

Paalafmeting : **0,180/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DM006	113,25	104,00	**364**	7,8	553	54
		103,50	**432**	8,6	610	110
		103,00	**498**	9,4	663	167
DM007	113,29	103,50	**412**	8,7	617	71
		103,00	**493**	9,8	694	128
		102,50	**573**	10,9	771	185

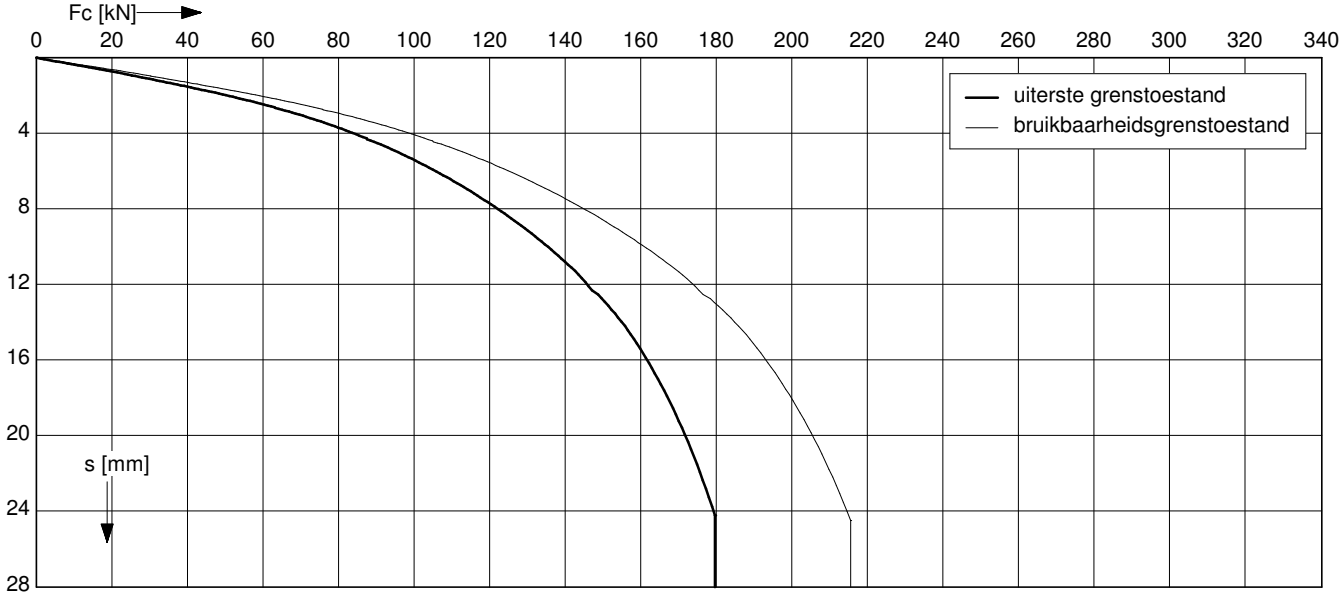
Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0{,}5 * \alpha_p * \beta * s * (0{,}5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

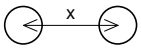
Paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m
Paalpuntniveau : 104,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
180	20,1	2,7	22,8	1,4	24,2	17
162	12,2	2,4	14,7	1,3	15,9	19
144	8,2	2,2	10,4	1,1	11,5	22
126	5,6	1,9	7,5	1,0	8,5	24
108	3,8	1,6	5,4	0,8	6,2	26
90	2,4	1,3	3,8	0,7	4,5	28
72	1,5	1,1	2,6	0,6	3,1	30
54	0,9	0,8	1,7	0,4	2,2	31
36	0,5	0,5	1,1	0,3	1,4	33
18	0,2	0,3	0,5	0,1	0,6	34

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
139	4,5	1,7	6,2	1,1	7,3	22
125	3,4	1,5	4,9	1,0	5,9	25
111	2,5	1,4	3,9	0,9	4,8	29
97	1,9	1,2	3,1	0,8	3,9	31
83	1,4	1,0	2,4	0,6	3,1	34
69	1,0	0,9	1,9	0,5	2,4	37
55	0,7	0,7	1,4	0,4	1,9	39
42	0,5	0,5	1,0	0,3	1,3	41
28	0,3	0,3	0,7	0,2	0,9	42
14	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	45

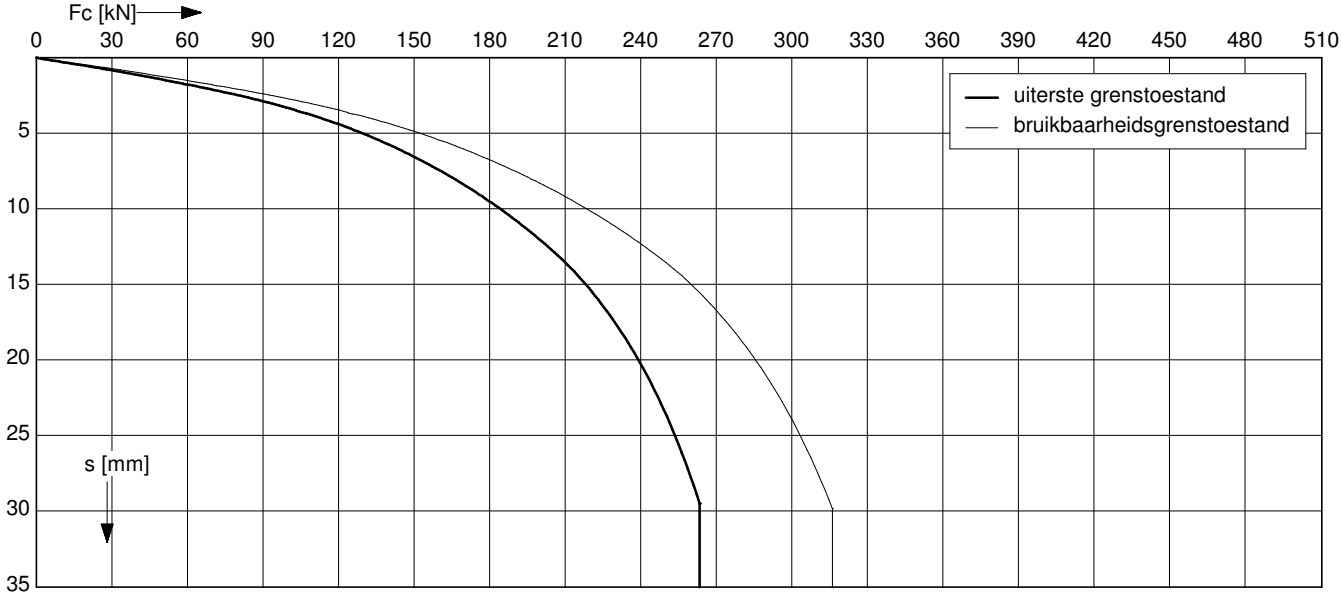
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

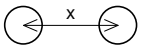
Paalafmeting : 0,180/0,250/0,250 m
Paalpuntniveau : 104,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
264	25,2	2,5	27,7	1,8	29,5	22
238	15,3	2,3	17,6	1,6	19,2	25
212	10,2	2,0	12,3	1,4	13,7	28
185	7,1	1,8	8,8	1,3	10,1	31
159	4,6	1,5	6,1	1,1	7,2	35
132	3,0	1,3	4,3	0,9	5,2	38
106	1,8	1,0	2,8	0,7	3,6	40
79	1,1	0,8	1,9	0,5	2,4	42
53	0,7	0,5	1,2	0,4	1,5	45
26	0,3	0,3	0,5	0,2	0,7	45

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
203	5,5	1,6	7,2	1,4	8,5	28
183	4,2	1,4	5,7	1,2	6,9	32
163	3,1	1,3	4,4	1,1	5,5	37
142	2,4	1,1	3,5	1,0	4,5	41
122	1,7	1,0	2,7	0,8	3,5	45
102	1,3	0,8	2,1	0,7	2,8	49
81	0,9	0,6	1,6	0,6	2,1	52
61	0,6	0,5	1,1	0,4	1,5	55
41	0,4	0,3	0,7	0,3	1,0	58
20	0,2	0,2	0,4	0,1	0,5	58

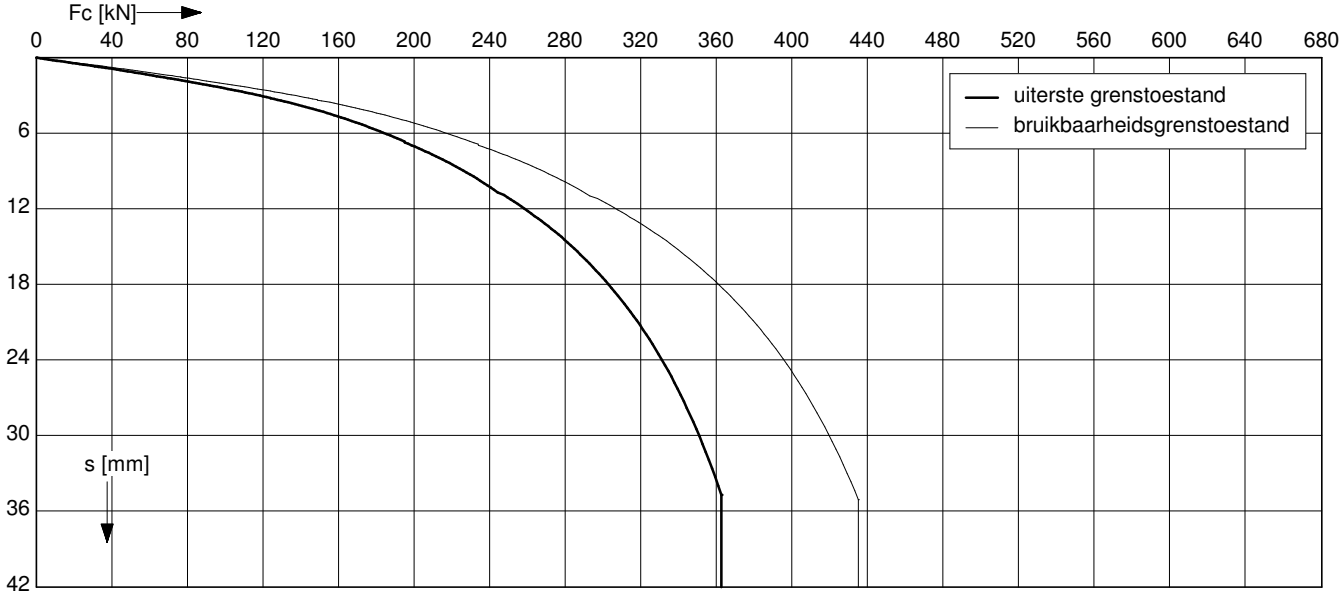
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

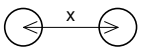
Paalafmeting : 0,180/0,300/0,300 m
Paalpuntniveau : 104,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
364	30,2	2,4	32,6	2,1	34,7	26
328	18,7	2,2	20,9	1,9	22,7	30
291	12,3	1,9	14,2	1,7	15,9	34
255	8,3	1,7	10,0	1,5	11,5	39
218	5,5	1,4	7,0	1,2	8,2	44
182	3,6	1,2	4,8	1,0	5,8	47
146	2,2	1,0	3,2	0,8	4,0	51
109	1,4	0,7	2,1	0,6	2,7	53
73	0,8	0,5	1,3	0,4	1,7	56
36	0,3	0,2	0,6	0,2	0,8	58

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
280	6,7	1,5	8,2	1,6	9,8	34
252	5,1	1,4	6,5	1,4	7,9	39
224	3,8	1,2	5,0	1,3	6,3	45
196	2,8	1,1	3,9	1,1	5,0	50
168	2,0	0,9	3,0	1,0	3,9	57
140	1,5	0,8	2,3	0,8	3,1	61
112	1,1	0,6	1,7	0,6	2,3	66
84	0,8	0,5	1,2	0,5	1,7	69
56	0,5	0,3	0,8	0,3	1,1	73
28	0,2	0,2	0,4	0,2	0,5	75

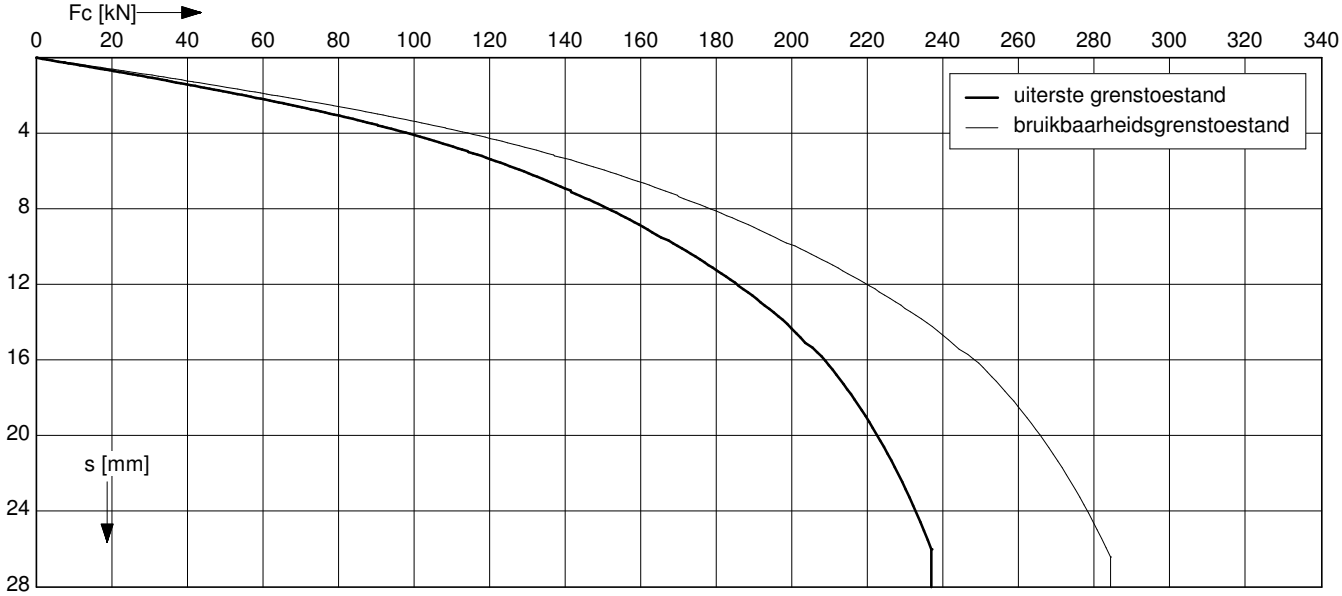
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

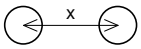
Paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m
Paalpuntniveau : 103,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
238	20,1	3,7	23,9	2,1	26,0	21
214	11,7	3,4	15,1	1,9	17,0	23
190	7,9	3,0	10,9	1,7	12,6	26
166	5,3	2,6	7,9	1,5	9,4	28
143	3,5	2,2	5,8	1,3	7,1	31
119	2,3	1,9	4,2	1,1	5,2	32
95	1,4	1,5	2,9	0,9	3,8	34
71	0,9	1,1	2,0	0,6	2,7	35
48	0,5	0,7	1,3	0,4	1,7	36
24	0,2	0,4	0,6	0,2	0,8	37

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
183	4,2	2,4	6,6	1,7	8,2	28
165	3,2	2,1	5,4	1,5	6,9	31
146	2,5	1,9	4,4	1,3	5,7	34
128	1,8	1,7	3,5	1,2	4,7	37
110	1,3	1,4	2,8	1,0	3,7	40
91	1,0	1,2	2,2	0,8	3,0	42
73	0,7	1,0	1,7	0,7	2,3	44
55	0,5	0,7	1,2	0,5	1,7	46
37	0,3	0,5	0,8	0,3	1,1	47
18	0,1	0,2	0,4	0,2	0,5	48

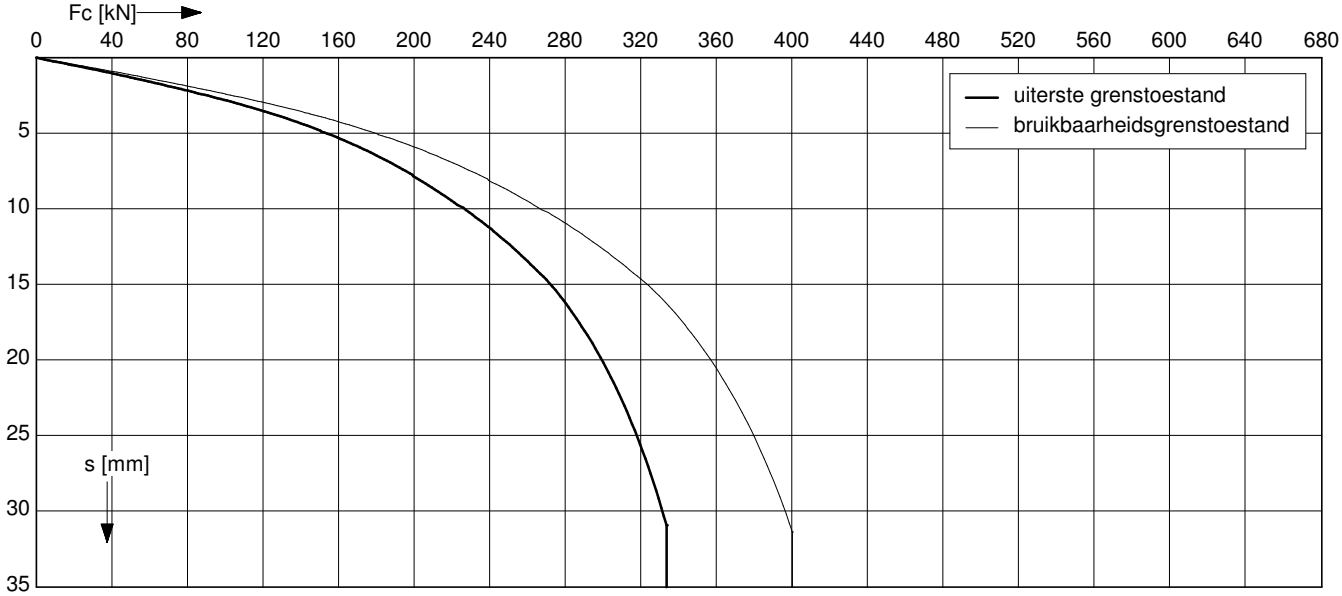
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

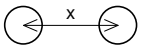
Paalafmeting : 0,180/0,250/0,250 m
Paalpuntniveau : 103,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
335	25,2	3,4	28,5	2,4	30,9	27
301	15,0	3,0	18,0	2,2	20,2	30
268	9,7	2,7	12,4	1,9	14,3	34
234	6,6	2,4	8,9	1,7	10,6	38
201	4,3	2,0	6,3	1,4	7,8	41
167	2,8	1,7	4,5	1,2	5,7	44
134	1,8	1,3	3,1	1,0	4,1	46
100	1,1	1,0	2,1	0,7	2,8	48
67	0,6	0,7	1,3	0,5	1,8	50
33	0,3	0,3	0,6	0,2	0,8	52

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
258	5,2	2,1	7,4	1,8	9,2	35
232	4,0	1,9	5,9	1,7	7,6	39
206	3,0	1,7	4,7	1,5	6,2	44
180	2,2	1,5	3,7	1,3	5,0	49
155	1,6	1,3	2,9	1,1	4,0	53
129	1,2	1,1	2,3	0,9	3,2	57
103	0,9	0,9	1,7	0,7	2,5	59
77	0,6	0,6	1,2	0,6	1,8	62
52	0,4	0,4	0,8	0,4	1,2	65
26	0,2	0,2	0,4	0,2	0,6	67

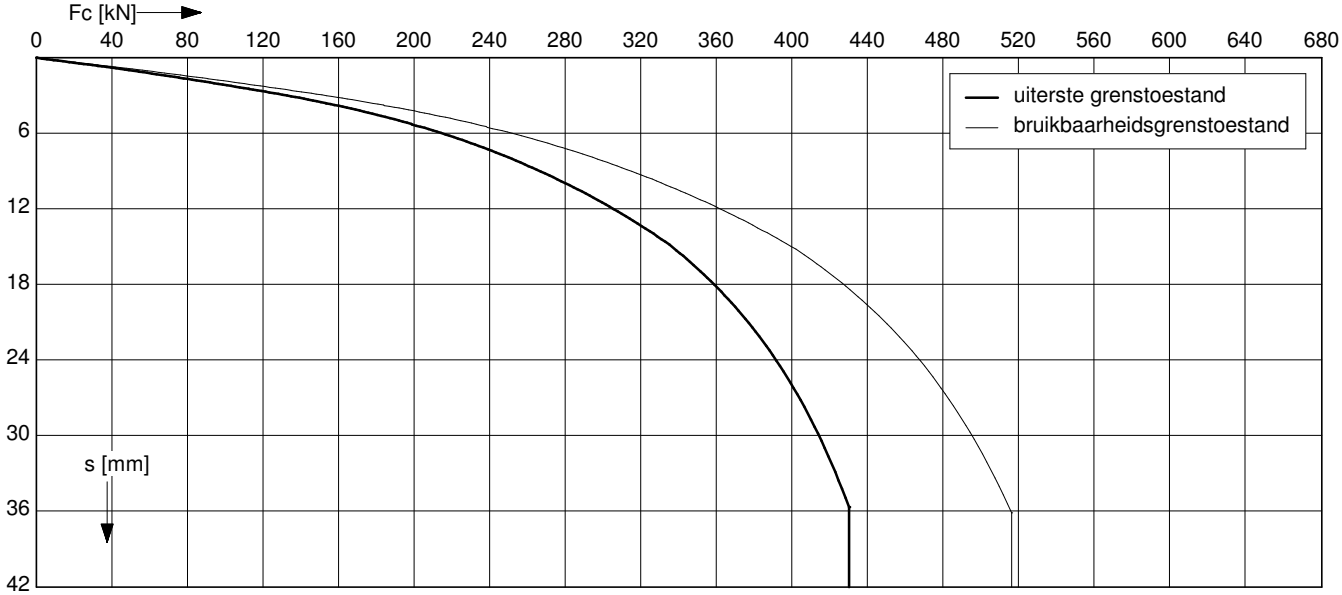
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

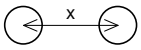
Paalafmeting : 0,180/0,300/0,300 m
Paalpuntniveau : 103,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
432	30,2	3,0	33,2	2,4	35,7	32
389	18,3	2,7	21,1	2,2	23,2	36
345	11,6	2,4	14,0	2,0	16,0	41
302	7,8	2,1	10,0	1,7	11,7	46
259	5,2	1,8	7,0	1,5	8,5	50
216	3,3	1,5	4,8	1,2	6,0	54
173	2,0	1,2	3,2	1,0	4,2	57
130	1,3	0,9	2,2	0,7	2,9	60
86	0,7	0,6	1,3	0,5	1,8	64
43	0,3	0,3	0,6	0,2	0,9	65

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
332	6,2	1,9	8,1	1,9	10,0	41
299	4,6	1,7	6,4	1,7	8,1	47
266	3,5	1,5	5,0	1,5	6,5	53
232	2,6	1,3	3,9	1,3	5,2	60
199	1,9	1,2	3,0	1,1	4,2	65
166	1,4	1,0	2,4	0,9	3,3	70
133	1,0	0,8	1,8	0,8	2,5	75
100	0,7	0,6	1,3	0,6	1,8	77
66	0,4	0,4	0,8	0,4	1,2	83
33	0,2	0,2	0,4	0,2	0,6	85

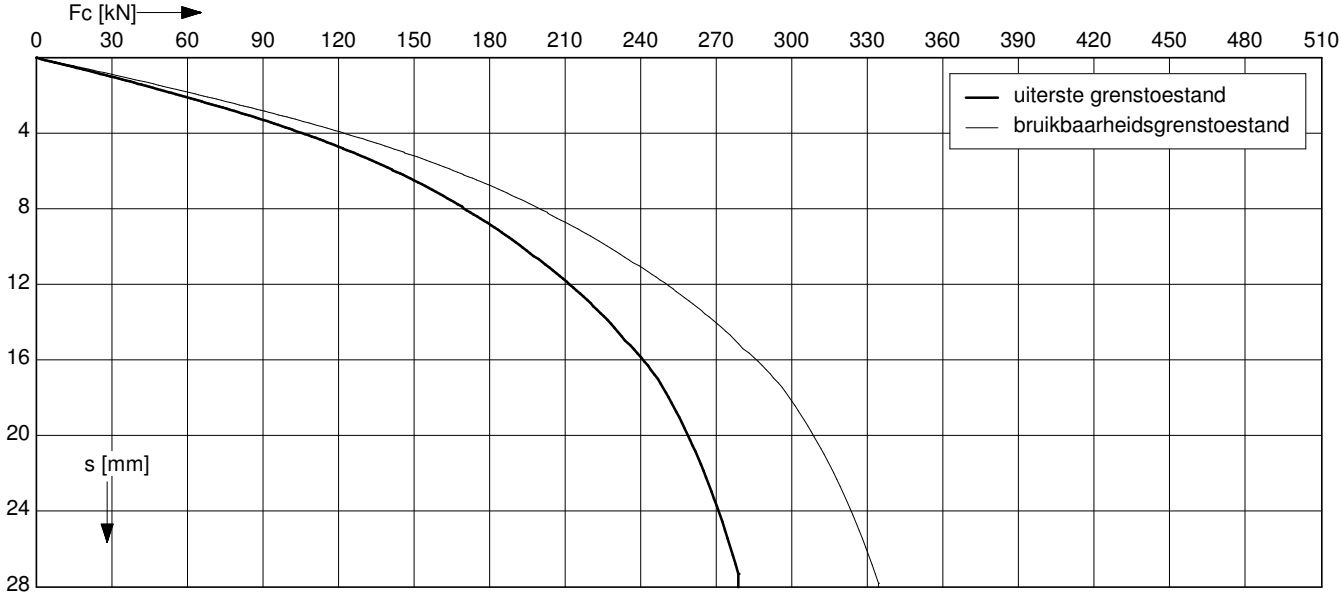
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

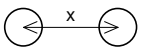
Paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m
Paalpuntniveau : 103,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
280	20,1	4,6	24,8	2,6	27,3	23
252	11,5	4,1	15,7	2,3	18,0	26
224	7,6	3,7	11,3	2,1	13,4	28
196	5,1	3,2	8,3	1,8	10,2	30
168	3,4	2,8	6,1	1,5	7,7	32
140	2,2	2,3	4,5	1,3	5,8	34
112	1,4	1,8	3,2	1,0	4,2	35
84	0,9	1,4	2,2	0,8	3,0	37
56	0,5	0,9	1,4	0,5	1,9	37
28	0,2	0,5	0,7	0,3	0,9	38

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
215	4,1	2,9	7,0	2,0	9,0	31
194	3,1	2,6	5,7	1,8	7,5	34
172	2,3	2,3	4,7	1,6	6,3	37
151	1,8	2,1	3,8	1,4	5,2	40
129	1,3	1,8	3,1	1,2	4,2	42
108	1,0	1,5	2,4	1,0	3,4	44
86	0,7	1,2	1,9	0,8	2,7	46
65	0,5	0,9	1,4	0,6	2,0	48
43	0,3	0,6	0,9	0,4	1,3	49
22	0,1	0,3	0,4	0,2	0,6	50

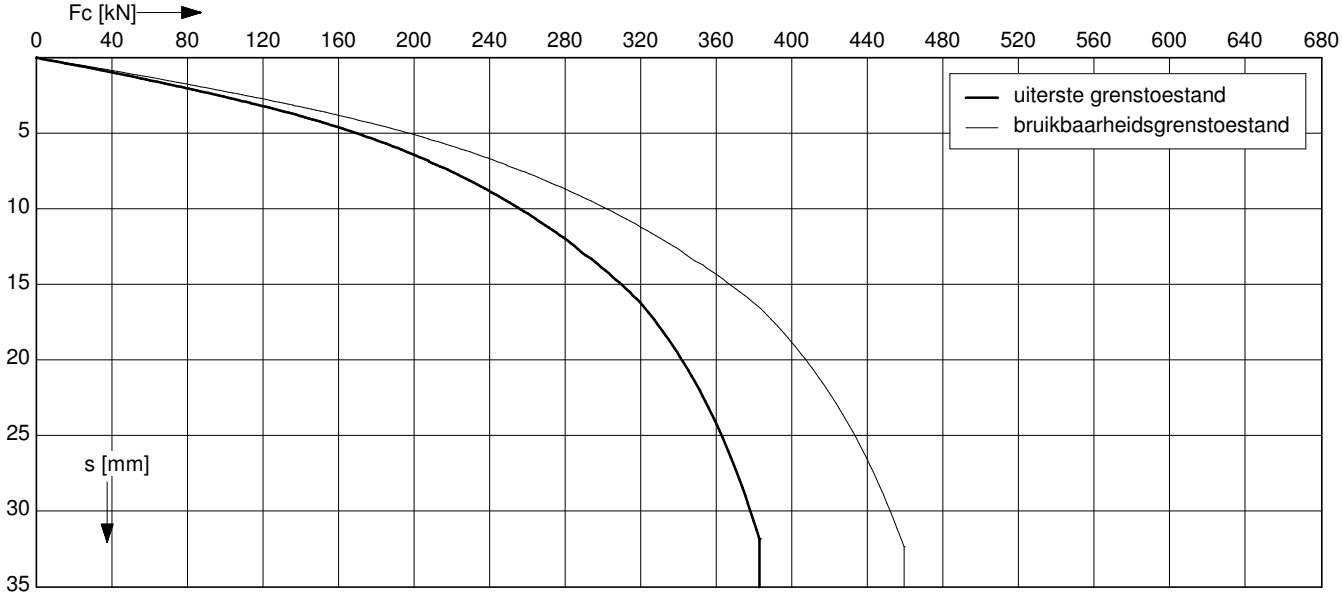
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

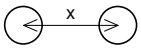
Paalafmeting : 0,180/0,250/0,250 m
Paalpuntniveau : 103,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
384	25,2	4,1	29,2	2,6	31,9	30
346	14,7	3,7	18,3	2,4	20,7	34
307	9,3	3,2	12,6	2,1	14,7	37
269	6,3	2,8	9,1	1,8	10,9	41
230	4,1	2,4	6,6	1,6	8,1	44
192	2,7	2,0	4,7	1,3	6,0	47
154	1,7	1,6	3,3	1,0	4,3	49
115	1,0	1,2	2,2	0,8	3,0	51
77	0,6	0,8	1,4	0,5	1,9	53
38	0,3	0,4	0,7	0,3	0,9	55

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
295	4,9	2,6	7,5	2,0	9,5	39
266	3,7	2,3	6,0	1,8	7,8	44
236	2,8	2,1	4,9	1,6	6,5	49
207	2,1	1,8	3,9	1,4	5,3	53
177	1,6	1,5	3,1	1,2	4,3	57
148	1,1	1,3	2,4	1,0	3,4	61
118	0,8	1,0	1,9	0,8	2,7	64
89	0,6	0,8	1,3	0,6	1,9	66
59	0,4	0,5	0,9	0,4	1,3	68
30	0,2	0,3	0,4	0,2	0,6	71

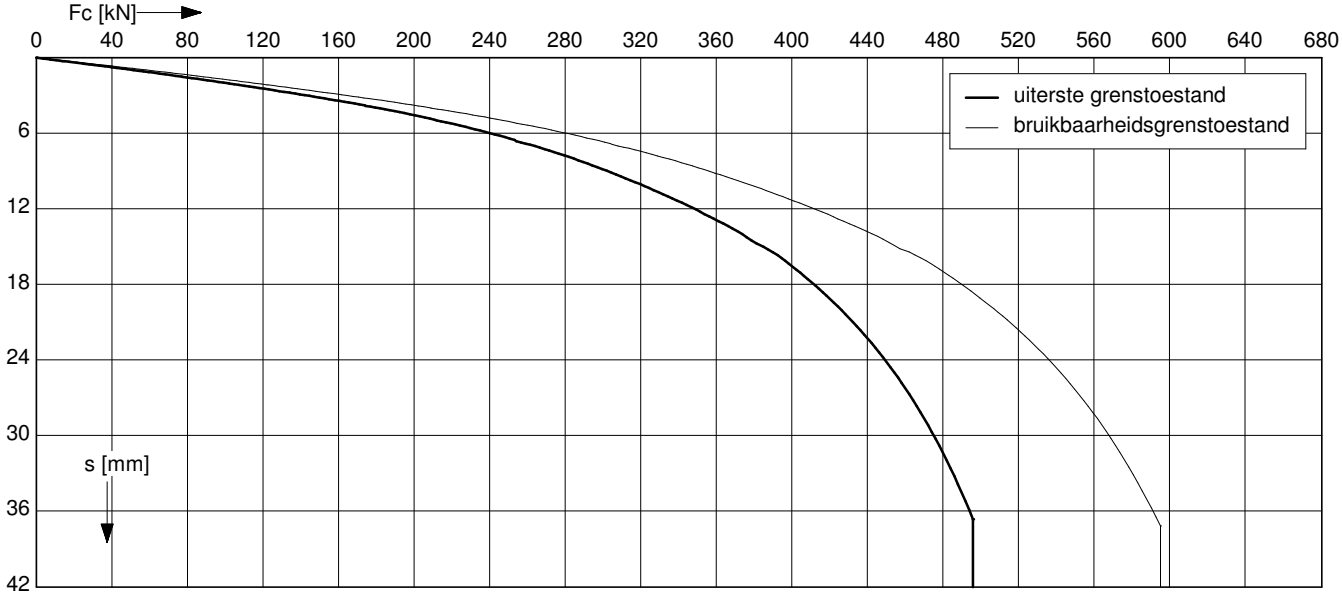
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

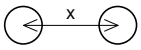
Paalafmeting : 0,180/0,300/0,300 m
Paalpuntniveau : 103,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
498	30,2	3,7	33,9	2,8	36,7	36
448	17,6	3,3	20,9	2,5	23,4	41
398	11,0	2,9	13,9	2,2	16,1	46
348	7,4	2,6	9,9	2,0	11,9	51
299	4,9	2,2	7,0	1,7	8,7	55
249	3,1	1,8	4,9	1,4	6,3	59
199	1,9	1,5	3,4	1,1	4,5	62
149	1,2	1,1	2,3	0,8	3,1	65
100	0,7	0,7	1,4	0,6	2,0	69
50	0,3	0,4	0,7	0,3	0,9	70

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
383	5,8	2,3	8,1	2,1	10,2	47
344	4,3	2,1	6,4	1,9	8,4	54
306	3,3	1,9	5,1	1,7	6,8	60
268	2,4	1,6	4,1	1,5	5,6	66
230	1,8	1,4	3,2	1,3	4,5	72
191	1,3	1,2	2,5	1,1	3,6	77
153	1,0	0,9	1,9	0,9	2,8	81
115	0,7	0,7	1,4	0,6	2,0	85
77	0,4	0,5	0,9	0,4	1,3	90
38	0,2	0,2	0,4	0,2	0,6	91

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DM006
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype **: Schroefinjectiepaal** **paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m**
Paalpuntniveau : 104 meter tov NAP

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$ [par. 7.6.2.3(e)]

Paalklassefactor	:	$\alpha_p = 0,63$	(f)
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	(g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	$s = 1,0$	(h)
Traject I / II / III	:	20,0 / 20,0 / 6,8 MPa	

$q_{b;max}$ = 8,4 MPa

Berekening maximum schachtwrijving

$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Startdiepte schachtwrijving	:	104,5 m tov NAP
paalklassefactor	:	$\alpha_s = 0,008$ [tabel 7.d]
O_p	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
ΔL	:	traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
104,25	13,5	0,63	0,3	17	17
104,00	15,0	0,63	0,3	19	36

Berekening maximum draagkracht

$R_{c;cal} = A_b * q_{b;max} + R_{s;cal}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,0314\ m^2$

$R_{c;cal}$ = 265 + 36 = 301 kN

Berekening negatieve kleef

Geen negatieve kleef berekend

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0{,}35$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1{,}0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1{,}39$; $\xi_4 = 1{,}39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0{,}008$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1{,}20$

Geen negatieve kleef berekend

(jutterend)

Paalafmeting : **0,180/0,200/0,200 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
D-1	114,51	104,00	**112**	4,8	150	36
		103,50	**138**	5,0	156	74
		103,00	**174**	5,7	178	112
D-2	114,88	104,00	**118**	5,0	158	38
		103,50	**159**	6,0	190	75
		103,00	**198**	6,9	217	113
D-3	113,38	104,00	**129**	4,8	151	64
		103,50	**156**	5,0	158	102
		103,00	**179**	5,1	159	140
D-4	113,24	104,00	**113**	4,8	151	38
		103,50	**151**	5,6	176	75
		103,00	**168**	5,3	167	113
D-5	113,27	103,50	**92**	3,6	113	41
		103,00	**130**	4,6	145	73
		102,50	**153**	4,6	144	110
D-6	113,93	103,50	**102**	3,7	118	53
		103,00	**129**	4,0	124	90
		102,50	**187**	5,9	185	126
DM006	113,25	104,00	**110**	4,7	147	36
		103,50	**152**	5,7	179	74
		103,00	**186**	6,3	199	111
DM007	113,29	103,50	**127**	5,2	165	48
		103,00	**167**	6,1	193	85
		102,50	**203**	6,9	216	123

Paalafmeting : **0,180/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
D-1	114,51	104,00	**162**	4,6	225	45
		103,50	**193**	4,7	229	93
		103,00	**237**	5,2	256	140
D-2	114,88	104,00	**169**	4,8	234	47
		103,50	**221**	5,6	274	94
		103,00	**272**	6,4	312	141
D-3	113,38	104,00	**178**	4,4	216	80
		103,50	**211**	4,6	224	128
		103,00	**249**	4,9	241	175

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0{,}5 * \alpha_p * \beta * s * (0{,}5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0{,}35$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1{,}0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1{,}39$; $\xi_4 = 1{,}39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0{,}008$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1{,}20$

Geen negatieve kleef berekend

(jutterend)

Paalafmeting : **0,180/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
D-4	113,24	104,00	**163**	4,6	225	47
		103,50	**205**	5,1	248	94
		103,00	**227**	4,8	238	141
D-5	113,27	103,50	**132**	3,4	168	52
		103,00	**178**	4,2	206	91
		102,50	**210**	4,3	212	138
D-6	113,93	103,50	**145**	3,6	175	66
		103,00	**176**	3,7	180	113
		102,50	**260**	5,6	276	158
DM006	113,25	104,00	**159**	4,5	220	45
		103,50	**211**	5,3	260	92
		103,00	**250**	5,7	279	139
DM007	113,29	103,50	**183**	5,0	246	60
		103,00	**233**	5,7	281	107
		102,50	**282**	6,4	316	154

Paalafmeting : **0,180/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
D-1	114,51	104,00	**221**	4,5	315	54
		103,50	**255**	4,5	315	111
		103,00	**308**	4,9	347	168
D-2	114,88	104,00	**228**	4,6	325	56
		103,50	**291**	5,3	373	113
		103,00	**353**	5,9	420	169
D-3	113,38	104,00	**228**	4,0	283	96
		103,50	**275**	4,3	306	153
		103,00	**320**	4,6	325	210
D-4	113,24	104,00	**221**	4,4	312	57
		103,50	**270**	4,8	338	113
		103,00	**293**	4,5	319	170
D-5	113,27	103,50	**178**	3,3	234	62
		103,00	**226**	3,8	267	109
		102,50	**271**	4,1	287	165
D-6	113,93	103,50	**194**	3,5	245	79
		103,00	**236**	3,6	258	136
		102,50	**339**	5,3	376	189

Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0{,}5 * \alpha_p * \beta * s * (0{,}5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	:	$\alpha_p = 0{,}35$	Bouwwerk	: niet stijf	
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1{,}0$	Aantal sonderingen	:	N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	s = 1,0	ξ-factor	:	$\xi_3 = 1{,}39$; $\xi_4 = 1{,}39$
Paalklassefactor schacht	:	$\alpha_s = 0{,}008$	Materiaalfactor	:	$\gamma_b = \gamma_s = 1{,}20$

Geen negatieve kleef berekend

(jutterend)

Paalafmeting : **0,180/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d}$ [kN]	$q_{b;max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]
DM006	113,25	104,00	**217**	4,4	307	54
		103,50	**269**	4,8	339	110
		103,00	**321**	5,2	368	167
DM007	113,29	103,50	**248**	4,8	343	71
		103,00	**308**	5,5	386	128
		102,50	**368**	6,1	429	185

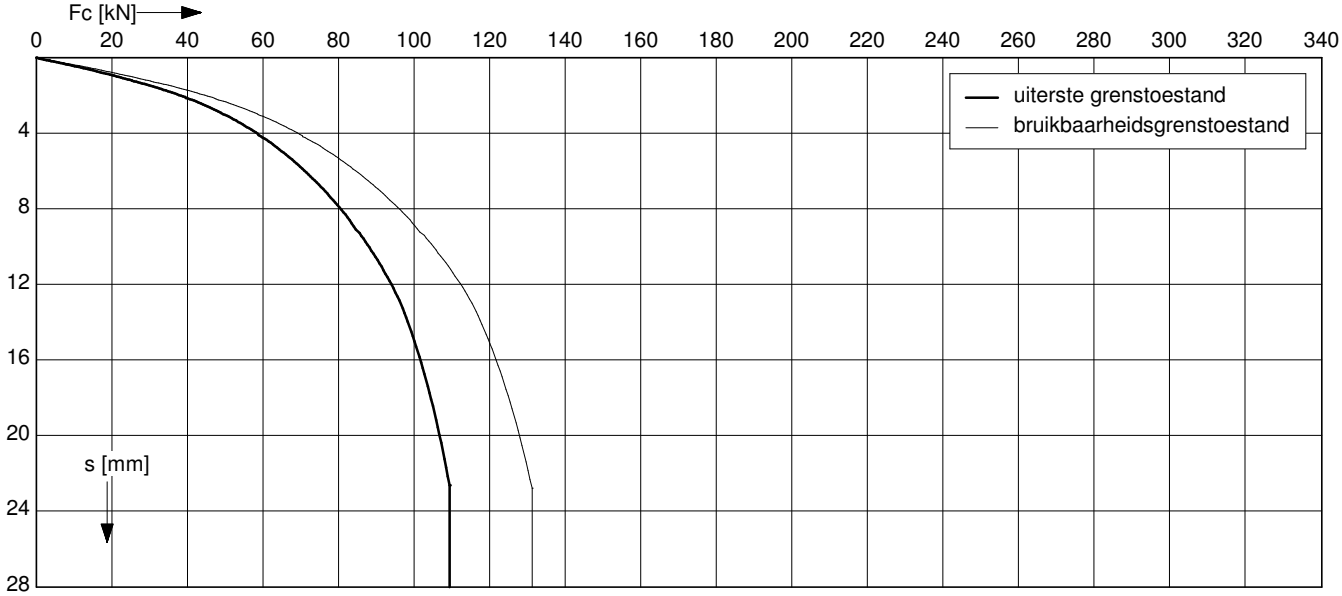
Toelichting

Maximum puntweerstand	:	$q_{b;max} = 0{,}5 * \alpha_p * \beta * s * (0{,}5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	:	$R_{b;cal} = A_b * q_{b;max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	:	$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	:	$R_{c;d} = (R_{b;cal}/\xi)/\gamma_b + (R_{s;cal}/\xi)/\gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f;nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	:	$R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

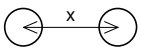
Paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m
Paalpuntniveau : 104,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
110	19,7	1,6	21,3	0,9	22,2	12
99	11,5	1,5	13,0	0,8	13,8	14
88	7,6	1,3	8,9	0,7	9,6	16
77	5,2	1,1	6,4	0,6	7,0	18
66	3,5	1,0	4,4	0,5	5,0	20
55	2,2	0,8	3,0	0,4	3,5	21
44	1,4	0,7	2,1	0,3	2,4	23
33	0,9	0,5	1,4	0,3	1,6	24
22	0,5	0,3	0,8	0,2	1,0	27
11	0,2	0,2	0,4	0,1	0,4	27

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
84	4,2	1,0	5,2	0,7	5,9	16
76	3,1	0,9	4,0	0,6	4,6	19
68	2,4	0,8	3,2	0,5	3,8	21
59	1,8	0,7	2,5	0,5	3,0	23
51	1,3	0,6	1,9	0,4	2,3	26
42	1,0	0,5	1,5	0,3	1,8	28
34	0,7	0,4	1,1	0,3	1,4	30
25	0,5	0,3	0,8	0,2	1,0	32
17	0,3	0,2	0,5	0,1	0,6	35
8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	35

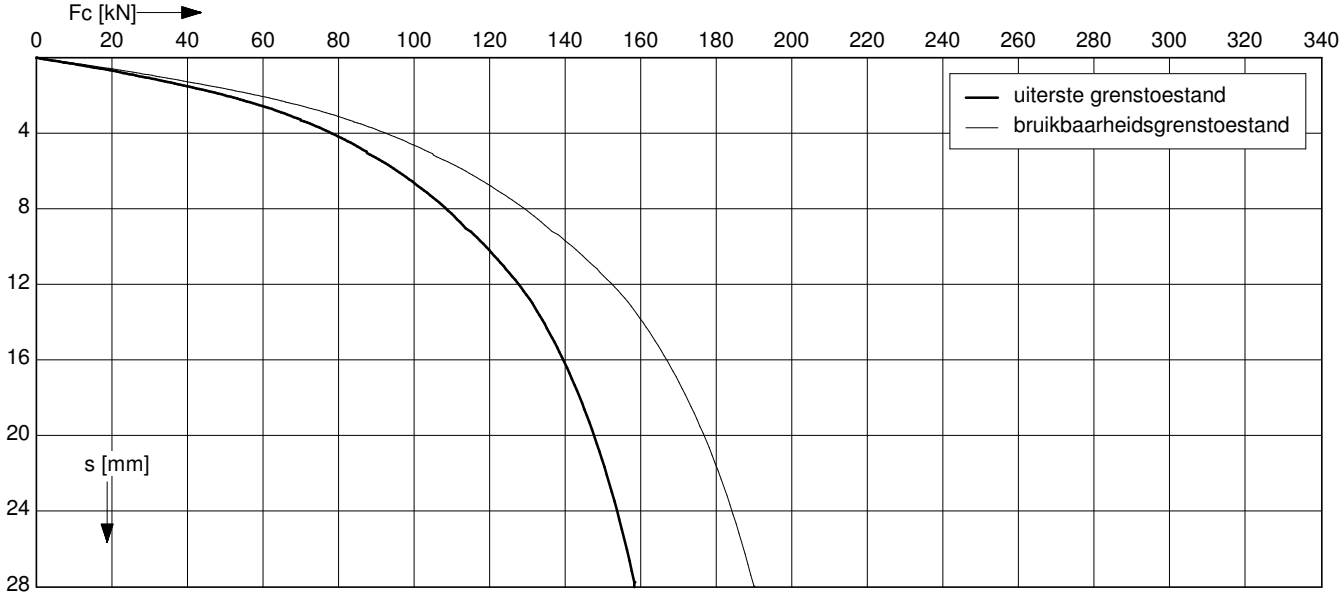
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

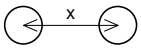
Paalafmeting : 0,180/0,250/0,250 m
Paalpuntniveau : 104,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
159	24,6	1,5	26,1	1,1	27,2	15
143	14,7	1,4	16,0	1,0	17,0	18
127	9,7	1,2	10,9	0,9	11,8	20
111	6,5	1,1	7,6	0,8	8,4	23
95	4,3	0,9	5,2	0,6	5,9	26
79	2,8	0,8	3,5	0,5	4,1	28
64	1,7	0,6	2,3	0,4	2,7	30
48	1,1	0,5	1,5	0,3	1,8	32
32	0,6	0,3	0,9	0,2	1,1	35
16	0,3	0,2	0,4	0,1	0,5	35

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
122	5,1	1,0	6,1	0,8	6,9	20
110	3,9	0,9	4,7	0,7	5,5	23
98	2,9	0,8	3,7	0,7	4,4	26
86	2,2	0,7	2,9	0,6	3,4	30
73	1,6	0,6	2,2	0,5	2,7	33
61	1,2	0,5	1,7	0,4	2,1	36
49	0,9	0,4	1,2	0,3	1,6	40
37	0,6	0,3	0,9	0,2	1,1	42
24	0,4	0,2	0,5	0,2	0,7	45
12	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	46

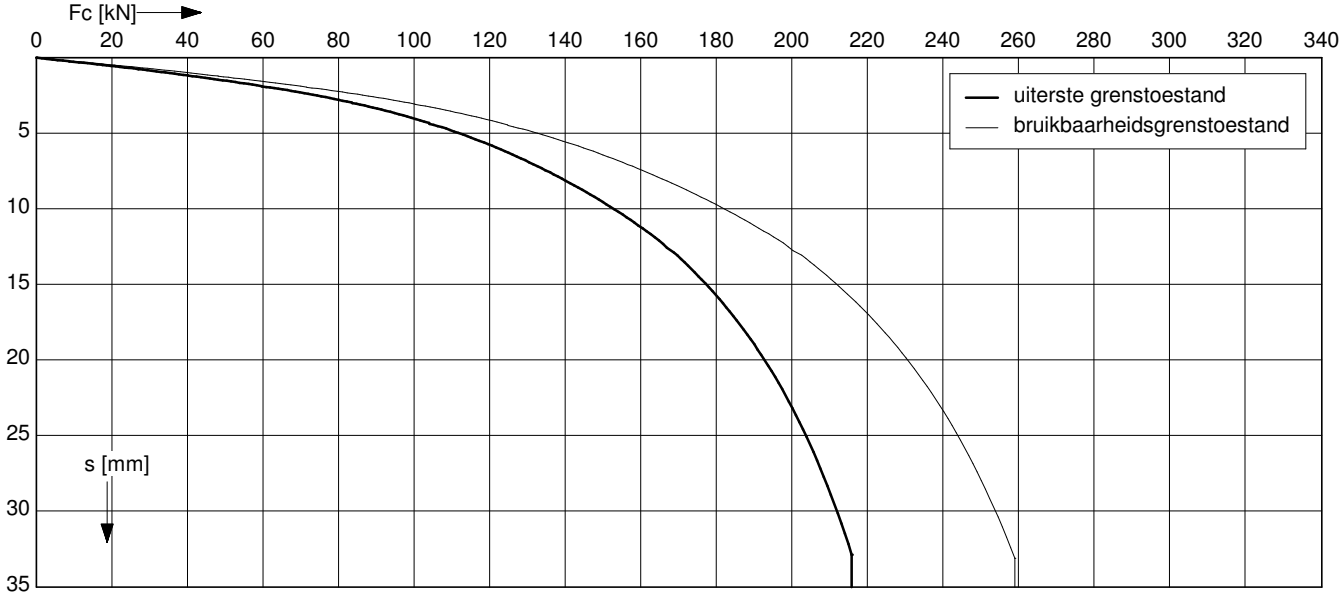
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

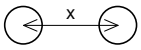
Paalafmeting : 0,180/0,300/0,300 m
Paalpuntniveau : 104,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
217	30,2	1,4	31,6	1,2	32,9	18
195	18,0	1,3	19,3	1,1	20,4	21
173	11,6	1,1	12,8	1,0	13,8	24
152	7,8	1,0	8,8	0,9	9,7	28
130	5,1	0,9	5,9	0,7	6,7	32
108	3,3	0,7	4,0	0,6	4,6	35
87	2,0	0,6	2,6	0,5	3,1	37
65	1,2	0,4	1,7	0,4	2,0	40
43	0,7	0,3	1,0	0,2	1,3	43
22	0,3	0,1	0,5	0,1	0,6	46

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
167	6,2	0,9	7,1	1,0	8,0	24
150	4,6	0,8	5,5	0,9	6,3	27
133	3,5	0,7	4,3	0,8	5,0	31
117	2,6	0,6	3,2	0,7	3,9	36
100	1,9	0,5	2,4	0,6	3,0	41
83	1,4	0,5	1,9	0,5	2,3	45
67	1,0	0,4	1,4	0,4	1,8	48
50	0,7	0,3	1,0	0,3	1,2	52
33	0,4	0,2	0,6	0,2	0,8	55
17	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	59

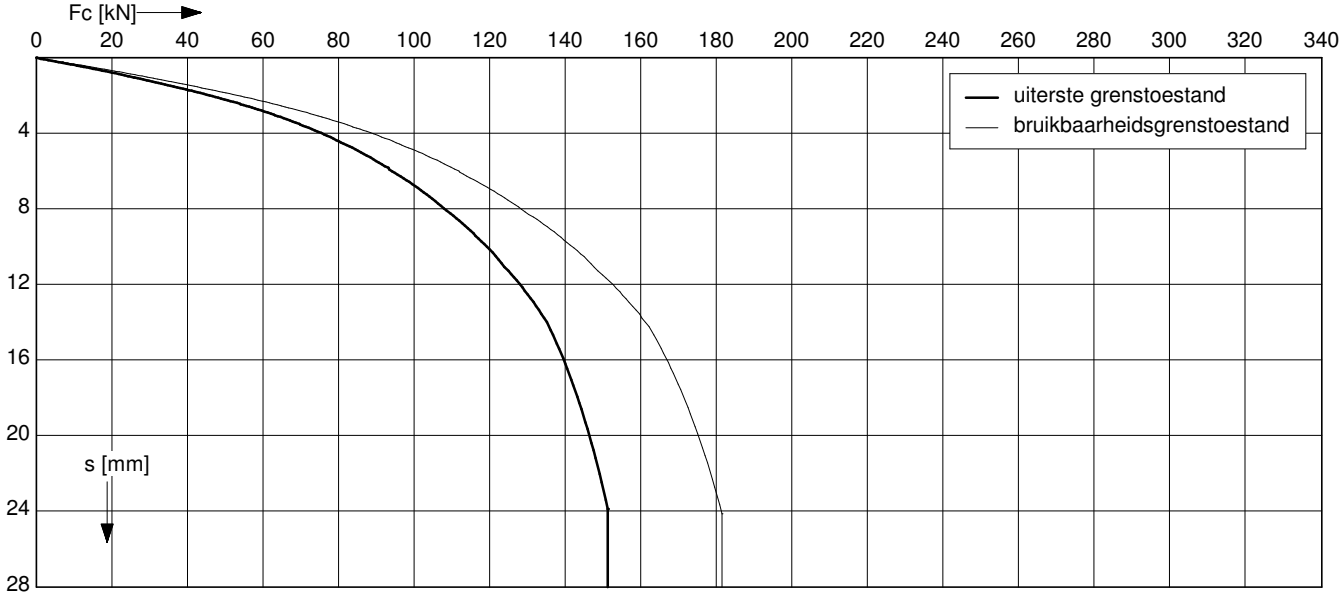
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

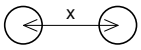
Paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m
Paalpuntniveau : 103,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
152	19,7	2,4	22,1	1,4	23,4	17
137	10,9	2,1	13,0	1,2	14,2	19
121	7,3	1,9	9,2	1,1	10,3	21
106	4,9	1,7	6,6	1,0	7,5	23
91	3,3	1,4	4,7	0,8	5,6	25
76	2,1	1,2	3,3	0,7	3,9	26
61	1,3	0,9	2,3	0,5	2,8	28
46	0,8	0,7	1,5	0,4	1,9	29
30	0,5	0,5	1,0	0,3	1,2	31
15	0,2	0,2	0,4	0,1	0,6	32

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
117	3,9	1,5	5,4	1,1	6,4	22
105	3,0	1,4	4,3	0,9	5,3	24
93	2,2	1,2	3,4	0,8	4,3	27
82	1,7	1,1	2,7	0,7	3,5	30
70	1,3	0,9	2,2	0,6	2,8	32
58	0,9	0,8	1,7	0,5	2,2	34
47	0,7	0,6	1,3	0,4	1,7	37
35	0,5	0,5	0,9	0,3	1,2	38
23	0,3	0,3	0,6	0,2	0,8	40
12	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	42

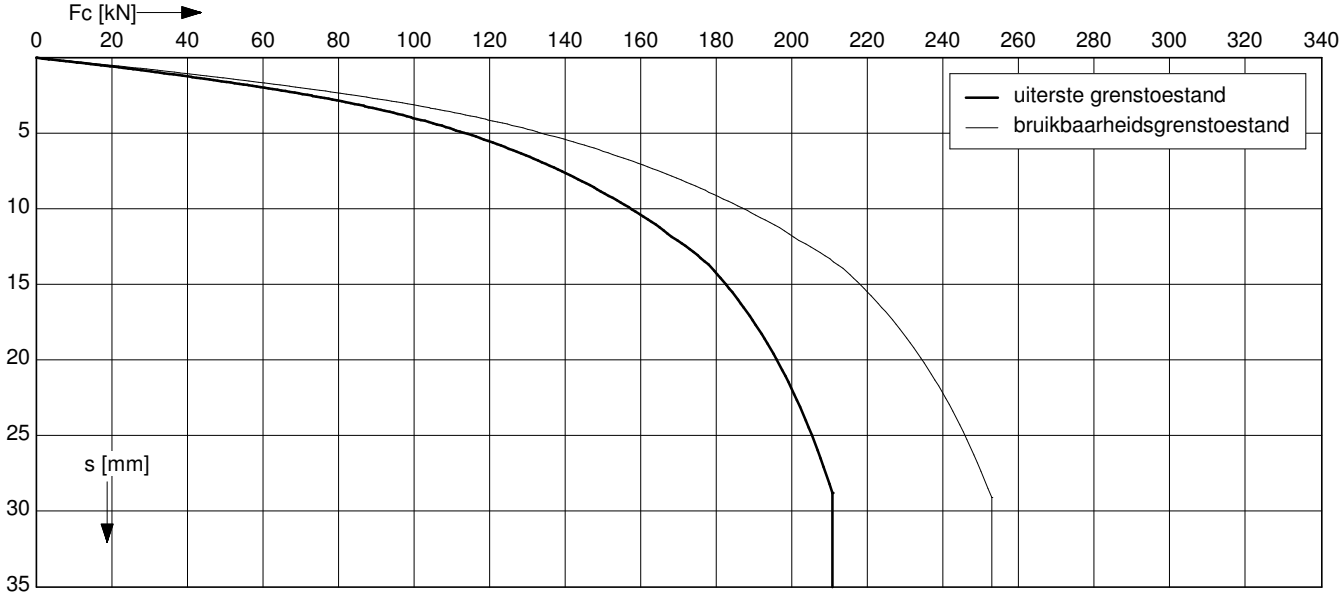
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

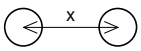
Paalafmeting : 0,180/0,250/0,250 m
Paalpuntniveau : 103,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
211	25,2	2,1	27,3	1,5	28,8	21
190	14,1	1,9	16,0	1,4	17,4	24
169	9,0	1,7	10,7	1,2	11,9	26
148	5,9	1,5	7,4	1,1	8,5	30
127	3,9	1,3	5,1	0,9	6,1	33
106	2,5	1,1	3,6	0,8	4,3	35
85	1,6	0,8	2,4	0,6	3,0	37
63	1,0	0,6	1,6	0,5	2,1	39
42	0,6	0,4	1,0	0,3	1,3	42
21	0,3	0,2	0,5	0,2	0,6	43

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
163	4,7	1,3	6,0	1,2	7,2	27
146	3,5	1,2	4,8	1,0	5,8	31
130	2,7	1,1	3,8	0,9	4,7	34
114	2,0	0,9	2,9	0,8	3,7	39
98	1,5	0,8	2,3	0,7	3,0	42
81	1,1	0,7	1,8	0,6	2,4	46
65	0,8	0,5	1,3	0,5	1,8	48
49	0,6	0,4	1,0	0,3	1,3	51
33	0,3	0,3	0,6	0,2	0,8	54
16	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	55

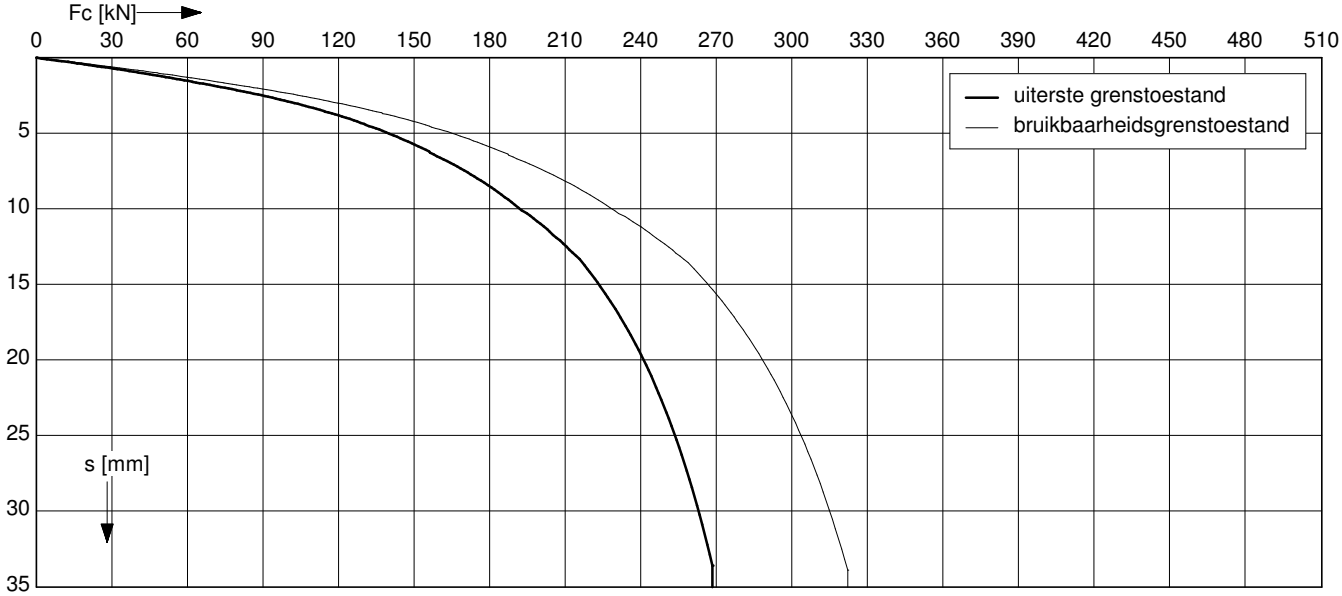
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

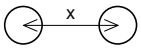
Paalafmeting : 0,180/0,300/0,300 m
Paalpuntniveau : 103,50 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
269	30,2	1,9	32,1	1,5	33,6	24
242	17,3	1,7	19,0	1,4	20,3	27
215	10,4	1,5	11,9	1,2	13,1	32
189	7,0	1,3	8,3	1,1	9,3	35
162	4,5	1,1	5,7	0,9	6,6	39
135	2,9	0,9	3,8	0,8	4,6	43
108	1,8	0,7	2,6	0,6	3,2	46
81	1,1	0,6	1,7	0,5	2,2	48
54	0,7	0,4	1,0	0,3	1,3	52
27	0,3	0,2	0,5	0,2	0,6	55

Configuratie paalgroep voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
207	5,5	1,2	6,7	1,2	7,9	31
186	4,1	1,1	5,2	1,1	6,3	36
166	3,1	1,0	4,0	0,9	5,0	41
145	2,3	0,8	3,1	0,8	4,0	46
124	1,7	0,7	2,4	0,7	3,1	51
104	1,3	0,6	1,9	0,6	2,4	56
83	0,9	0,5	1,4	0,5	1,9	60
62	0,6	0,4	1,0	0,4	1,3	63
41	0,4	0,2	0,6	0,2	0,8	68
21	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	72

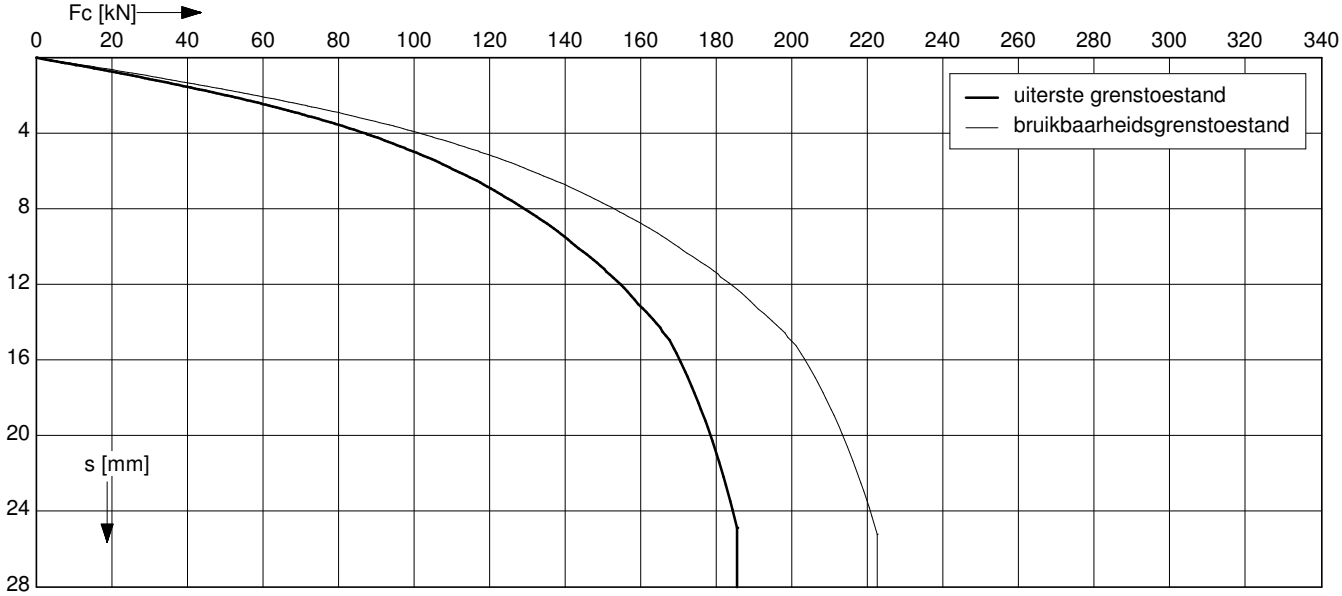
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

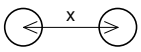
Paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m
Paalpuntniveau : 103,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
186	19,7	3,0	22,7	1,7	24,4	20
167	10,5	2,7	13,2	1,5	14,7	22
149	6,9	2,4	9,4	1,4	10,7	24
130	4,7	2,1	6,9	1,2	8,1	26
112	3,1	1,8	4,9	1,0	5,9	28
93	2,0	1,5	3,5	0,9	4,3	30
74	1,3	1,2	2,5	0,7	3,2	31
56	0,8	0,9	1,7	0,5	2,2	32
37	0,5	0,6	1,1	0,3	1,4	34
19	0,2	0,3	0,5	0,2	0,7	34

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
143	3,7	1,9	5,6	1,3	6,9	25
129	2,8	1,7	4,5	1,2	5,7	28
114	2,1	1,5	3,7	1,1	4,7	31
100	1,6	1,3	3,0	0,9	3,9	34
86	1,2	1,2	2,4	0,8	3,1	36
72	0,9	1,0	1,9	0,7	2,5	39
57	0,7	0,8	1,4	0,5	1,9	40
43	0,4	0,6	1,0	0,4	1,4	42
29	0,3	0,4	0,7	0,3	0,9	44
14	0,1	0,2	0,3	0,1	0,5	44

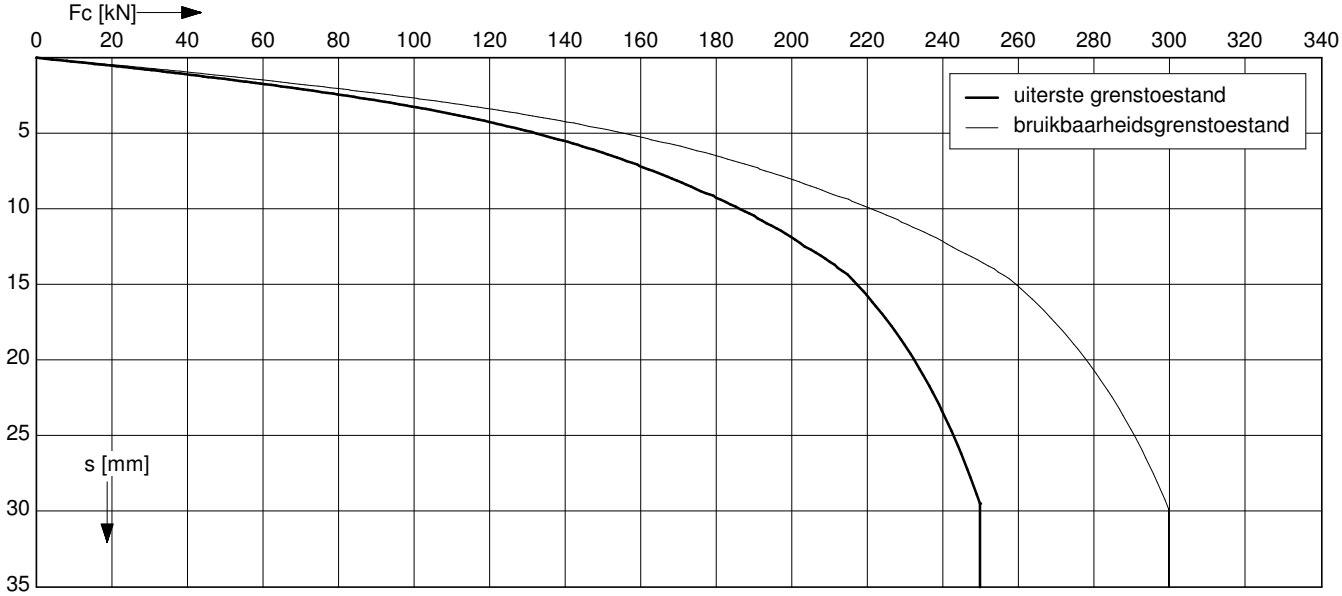
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

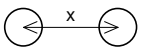
Paalafmeting : 0,180/0,250/0,250 m
Paalpuntniveau : 103,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
250	25,2	2,6	27,8	1,7	29,5	25
225	13,3	2,4	15,7	1,5	17,2	28
200	8,4	2,1	10,4	1,4	11,8	31
175	5,6	1,8	7,4	1,2	8,6	34
150	3,7	1,6	5,3	1,0	6,3	37
125	2,4	1,3	3,7	0,9	4,5	39
100	1,5	1,0	2,5	0,7	3,2	42
75	1,0	0,8	1,7	0,5	2,2	44
50	0,6	0,5	1,1	0,3	1,4	47
25	0,2	0,3	0,5	0,2	0,7	49

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
193	4,3	1,7	6,0	1,3	7,3	32
173	3,3	1,5	4,8	1,2	6,0	36
154	2,5	1,3	3,8	1,1	4,9	40
135	1,9	1,2	3,0	0,9	4,0	44
116	1,4	1,0	2,4	0,8	3,2	48
96	1,1	0,8	1,9	0,7	2,5	51
77	0,8	0,7	1,4	0,5	1,9	54
58	0,5	0,5	1,0	0,4	1,4	57
39	0,3	0,3	0,6	0,3	0,9	61
19	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	63

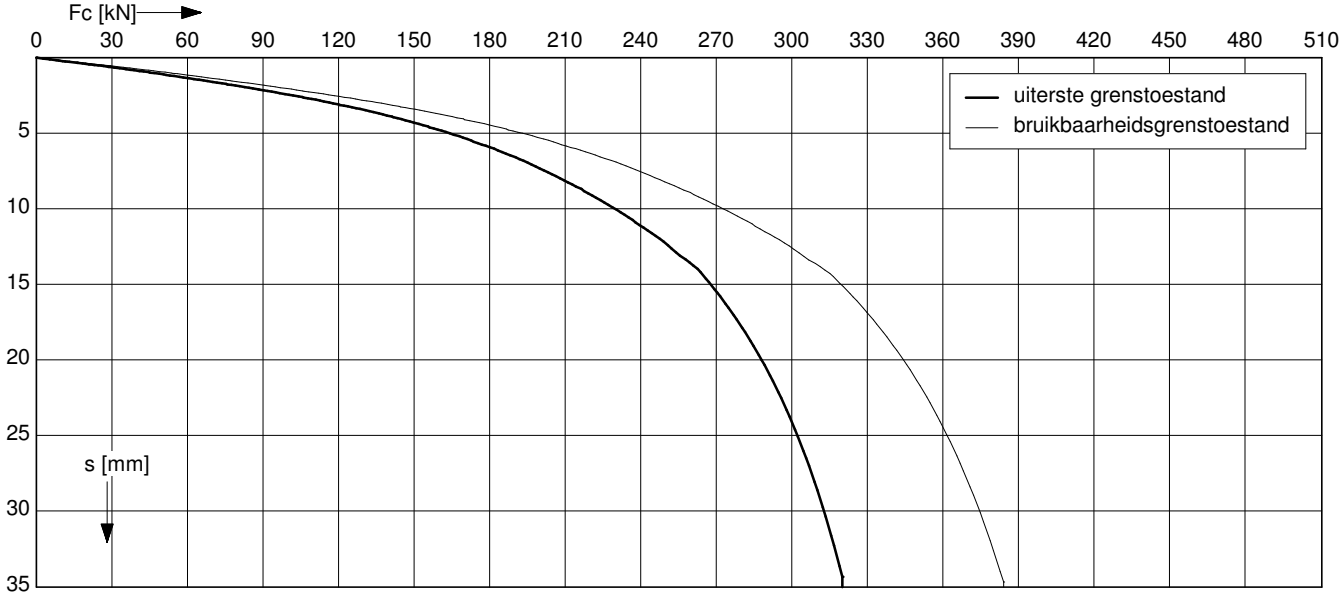
Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal
Sonderingen : DM006
Berekening s_2 gebaseerd op sondering DM006

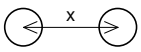
Paalafmeting : 0,180/0,300/0,300 m
Paalpuntniveau : 103,00 m tov NAP



Uiterste grenstoestand

$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	$s_{;d}$ [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
321	30,2	2,3	32,6	1,8	34,3	29
289	16,3	2,1	18,4	1,6	20,0	33
257	9,7	1,9	11,5	1,4	13,0	37
225	6,4	1,6	8,1	1,3	9,3	42
193	4,2	1,4	5,6	1,1	6,7	46
160	2,7	1,2	3,8	0,9	4,7	49
128	1,7	0,9	2,6	0,7	3,4	52
96	1,1	0,7	1,8	0,5	2,3	55
64	0,6	0,5	1,1	0,4	1,4	59
32	0,3	0,2	0,5	0,2	0,7	62

Configuratie paalgroep
voor bepaling s2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
247	5,0	1,5	6,5	1,4	7,9	38
222	3,8	1,3	5,2	1,2	6,4	43
197	2,9	1,2	4,1	1,1	5,2	49
173	2,1	1,0	3,2	1,0	4,2	54
148	1,6	0,9	2,5	0,8	3,3	59
123	1,2	0,7	1,9	0,7	2,6	64
99	0,9	0,6	1,4	0,6	2,0	68
74	0,6	0,4	1,0	0,4	1,4	72
49	0,4	0,3	0,6	0,3	0,9	77
25	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	81

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveneinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep\ paal\ vrijstaand} = F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep\ paal\ in\ groep} = F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DM006
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype **: Schroefinjectiepaal** **paalafmeting : 0,180/0,200/0,200 m**
Paalpuntniveau : 104 meter tov NAP

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$q_{b;max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}] + q_{c;III;gem})$ [par. 7.6.2.3(e)]

Paalklassefactor	:	$\alpha_p = 0,35$	(f)
Paalvoetvormfactor	:	$\beta = 1,0$	(g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	:	$s = 1,0$	(h)
Traject I / II / III	:	20,0 / 20,0 / 6,8 MPa	

$q_{b;max} = 4,7$ MPa

Berekening maximum schachtwrijving

$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Startdiepte schachtwrijving	:	104,5 m tov NAP
paalklassefactor	:	$\alpha_s = 0,008$ [tabel 7.d]
O_p	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
ΔL	:	traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
104,25	13,5	0,63	0,3	17	17
104,00	15,0	0,63	0,3	19	36

Berekening maximum draagkracht

$R_{c;cal} = A_b * q_{b;max} + R_{s;cal}$ [par. 7.6.2.3(e)]

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,0314$ m^2

$R_{c;cal} = 147 + 36 = 183$ kN

Berekening negatieve kleef

Geen negatieve kleef berekend

BIJLAGE J



Controle uitgangspunten
Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:
- de relatie tussen: maaiveldhoogte, werkhoogte, bouwpeil t.o.v. Ref/NAP,
- schroef-/buisdiameter en paalpuntniveau in relatie tot grondonderzoek en funderingsadvies,
- overige relevante uitgangspunten geotechnische rapportages.

Naastliggende gebouwen
Voor zover het in het advies niet aan de orde is gesteld, dient te worden nagegaan of de palen gemaakt kunnen worden zonder risico's voor de belendingen. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van deze belendingen en de funderingswijze. Daarbij is ook de bouwkundige staat van de panden van belang.

Werkterrein/bouwput
Het werkterrein dient dermate droog en stabiel te zijn dat verantwoord kan worden gewerkt.
Voorkomen moet worden dat eenmaal gemaakte palen beschadigen doordat deze horizontaal worden belast door bijvoorbeeld het manoeuvreren van materieel of door graafwerk rond de paal.
Let op: in beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen (hydrostatisch verloop vanaf het werkniveau).
De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke paalkwaliteit. De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.

Paalafstanden
Het maken van een paal mag de verse schacht van een naburige paal niet beïnvloeden. Wanneer twee palen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd moet volgens het CROW Funderingshandboek de onderlinge hart op hart afstand in aanzet ten minste vier maal de paaldiameter bedragen met een minimum van 2 m. Een kleinere afstand is toegestaan indien de tijd tussen het maken van de nieuwe paal en de naburige paal zodanig lang is dat de naburige paal voldoende is uitgehard (minstens 20 uur). Deze richtlijnen vinden hun oorsprong in NVN 6724 "in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel" en de beoordelingsrichtlijn BRL 2356. Deze documenten sluiten voor wat betreft veel aspecten aan op de actuele uitvoeringspraktijk maar zijn formeel ingetrokken.
Bij ontbreken van uitvoeringsexpertise in relatie tot de stijfheid van de grond schrijft NEN-EN 12699 een hart op hart afstand van minimaal zes maal de paaldiameter voor. Bij grond met een lage ongedraineerde schuifsterkte (C_u < 50 KPa) kan de afstand zelfs oplopen tot tien maal de paaldiameter. Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de specie in de reeds gemaakte naburige paal worden gecontroleerd. Wanneer er nazakking of oppersing wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde of een langere verhardingstijd worden aangehouden. De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Overige uitvoeringsaspecten
- De boormotor dient voldoende vermogen te kunnen leveren om de aanwezige bodemlagen te kunnen doorboren.
- De buis inclusief schroefblad dient de krachten ten gevolge van het boren te kunnen opnemen.
- Voordat met het boren wordt begonnen dient de buis te worden gecontroleerd op rechtheid en rechtstand, dan wel op de juiste schoorstand.
- Het schroefblad en het functioneren van de opening(en) voor de specietoevoer dient te worden gecontroleerd.
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het aanbrengen van een paal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gelegen palen niet negatief wordt beïnvloed.
- De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij of op een sondering worden gemaakt.

- Het boorproces, waarbij het bodemmateriaal wordt vermengd met de specie, dient te resulteren in een paaldiameter gelijk aan de diameter van het schroefblad.
- Bij harde en/of moeilijk te doorboren lagen kan de paal schroevend op en neer worden bewogen ter bevordering van het inbrengproces. Als dit op en neer bewegen echter geschiedt in bodemlagen waaraan de paal zijn puntdraagvermogen ontleent, betekent dit dat moet worden uitgegaan van lagere paalklassefactoren. Of het op en neer bewegen om uitvoeringstechnische redenen nodig is, is ter beoordeling van de leverancier.
- Het speciemengsel mag slechts in beperkte mate stijgen of dalen tijdens het op en neer bewegen.
- De buis dient gevuld te blijven met specie onder een voldoende overdruk.
- De specietoevoer dient te worden gemeten en geregistreerd.
- Na het vervaardigen van een paal moet de verwerkte hoeveelheid beton worden vergeleken met de berekende inhoud.
- Tijdens het boren dient het niveau van de specie van naburige palen te worden gecontroleerd.

Vastlegging uitvoeringgegevens
- Datum en nummer palenplan en overige relevante werktekeningen.
- Conditie werkterrein.
- Werkniveau t.o.v. Ref/NAP, aanwezigheid eventuele bemalingen.
- Ingezet materieel.
- Samenstelling boorploeg.
- Vermogen boormotor (oliedruk, toerental).
- Rechtheid buis, kwaliteit schroefblad, positie en functioneren van opening(en) specietoevoer.
- Boorvolgorde met data.
- Paaltype, schachtafmeting, paalpuntniveau en wapening(code).
- Samenstelling specie (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, hulpstoffen e.d.).
- Datum, begintijd en eindtijd vervaardiging palen.
- Bereikt paalpuntniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Verloop pull up en pull down over de geboorde diepte.
- Draaimoment en axiale druk per eenheid van diepte.
- Specieverbruik in relatie tot theoretisch paalvolume.
- Wijze afwerking paalkoppen.
- Bijzonderheden tijdens uitvoering (verschoven piketten, verloop van de buis, te grote doorbuiging van de buis, plaatsafwijkingen, scheefstand, werkwijze bij verstoppen van de opening(en) voor specietoevoer, onderbrekingen tijdens het boorproces, wegzakken van de wapening, veranderingen in specieniveau van nabijgelegen palen, plaatsafwijkingen, welpalen, bleeding, rijp op de wapening e.d.).

Controle
Aan palen waarbij tijdens de uitvoering bijzonderheden werden geconstateerd dient tijdens de kwaliteitscontrole extra aandacht te worden besteed. Visuele controle van de paalkop kan plaatsvinden door deze vrij te graven.
Indien twijfel bestaat ten aanzien van het draagvermogen van een paal kan afhankelijk van de situatie worden nagesondeerd binnen 1,0 m van de paal, of kan een paal worden proefbelast.

Boortoezicht
Gezien de vele factoren die het installatieproces en daarmee de kwaliteit van de palen kunnen beïnvloeden wordt geadviseerd om per project na te gaan of onafhankelijk deskundig boortoezicht gewenst is. Desgewenst kan toezicht door ons bureau worden verzorgd.

Milieu
Er wordt op gewezen dat milieu-aspecten met betrekking tot eventuele aan- en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot
Voor meer algemene richtlijnen wordt verwezen naar:

- NEN-EN 12699 “uitvoering van bijzonder geotechnisch werk –verdringingspalen”,
- NEN-EN 1536 Uitvoering bijzonder geotechnisch werk boorpalen (voor schroefinjectiepalen met een schachtdiameter gelijk aan of groter dan 300 mm)
- NEN-EN 14199 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Micropalen (voor schroefinjectie-palen met een schachtdiameter kleiner dan 300 mm)
- CUR 2004-1 “beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen”,
- CUR-aanbeveling 114 “toezicht op de realisatie van paalfunderingen”.
- CROW Funderingshandboek
- Eventuele interne kwaliteitsrichtlijnen van de uitvoerende partij.
- Verder kunnen gemeenten aanvullende en/of afwijkende eisen stellen ten aanzien van het ontwerp en de uitvoering van palen.

- NVN 6724 “in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel”, formeel ingetrokken.
- BRL-2356 van het KIWA met bijlage E, formeel ingetrokken.

September 2021

INPIJN-BLOKPOEL SPECIALIST IN:

Grondonderzoek
Geotechnisch laboratoriumonderzoek
Geotechnisch advies
Geohydrologisch advies
Monitoring
Milieutechniek

Voor meer informatie zie: www.inpijn-blokpoel.com



Vestiging Son
Ekkersrijt 2058
5692 BA Son
(0499) 47 17 92
post@inpijn-blokpoel.com

Vestiging Waddinxveen
Mercuriusweg 18
2741 TA Waddinxveen
(0182) 61 00 13
west@inpijn-blokpoel.com

Vestiging Groningen
Postbus 2601
9704 CP Groningen
(088) 012 18 00
noord@inpijn-blokpoel.com

Vestiging Hoofddorp
Kromme Spieringweg 250B
2141 BR Vijfhuizen
(023) 565 57 78
hoofddorp@inpijn-blokpoel.com

INPIJN BLOKPOEL INGENIEURS

MEERWAARDE DOOR GRONDIGE KENNIS