

Aanbevelingen geotechnisch onderzoek bij doorpersingen en gestuurde boringen.

Versie maart 2023



INHOUDSTAFEL

INHOUDSTAFEL	2
1. Inleiding - achtergrondinformatie	3
1.1. Algemeen	3
1.2. Vooronderzoek / desk-studie (ter info)	3
1.3. Grondonderzoek	4
2. Synopsis voor doorpersingen en gestuurde boringen	5
2.1. Verslag vooronderzoek/desk-studie	5
2.2. Standaard geotechnisch onderzoek (1 ^e fase)	5
2.3. Specifiek voor doorpersingen en gestuurde boringen:	6
2.4. Evaluatie vooronderzoek/desk-studie en geotechnisch onderzoek (1 ^e fase)	7
2.5. Geotechnisch Onderzoek 2 ^e fase : Grondonderzoek verder verfijnen	8
3. Geotechnische proeven	10
3.1. Sonderingen	10
3.1.1. Elektrische sonderingen CPTe	10
3.1.2. Mechanische sonderingen CPTM	13
3.1.3. Literatuuronderzoek	13
3.2. Grond(verkennings)boringen	14
3.2.1. Aanbevelingen	14
3.2.2. Boorstaat	14
3.3. Laboproeven op geroerde monsters	15
3.3.1. Algemeen	15
3.3.2. Ongeroeerde monsters	16
3.4. Peilbuizen	16
3.4.1. Algemeen	16
3.4.2. Peilbuizen i.f.v. uitvoeringsfase (bemaling/spanningswater)	16
3.4.3. Peilbuizen i.f.v. infiltratie-onderzoek	17
3.5. Bepalen infiltratie-mogelijkheid	17
4. Referentielijst	17
Bijlage 1: Tabel - rekenwaarden	18

1. Inleiding - achtergrondinformatie

1.1. Algemeen

Door middel van geotechnisch onderzoek kan men de eigenschappen van de ondergrond karakteriseren. Dit is belangrijk om enerzijds de stabiliteit van het ontwerp te onderzoeken en anderzijds om de werken op een veilige en duurzame manier te kunnen uitvoeren.

Deze nota is een samenvatting van de aanbevelingen voor zowel bovengemeentelijke als commerciële projecten m.b.t. doorpersingen en gestuurde boringen in opdracht van de Vlaamse opdrachtgevers.

Dit document dient als leidraad en niet als absolute verplichting. Mits verantwoording kan hiervan afgeweken worden na evaluatie van de gegevens binnen de haalbaarheidsstudie en/of voorontwerp. De laatste versie vindt u steeds online.

Deze aanbeveling werd afgestemd op de recentste richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu.

1.2. Vooronderzoek / desk-studie (ter info)

Door het studiebureau wordt er tijdens de **haalbaarheidsstudie** een vooronderzoek/desk-studie uitgevoerd. Hierbij dient tevens rekening te worden gehouden met [de Richtlijnen Bemalingen versie 20 oktober 2021](#) uitgevaardigd door de Vlaamse Overheid (VLAREM).

Voor het vooronderzoek voor infiltratie wordt verwezen naar de [Richtlijn infiltratie dimensioneren](#) van Aquafin. Deze onderdelen maken geen deel uit van onderhavige nota.

Bij het vooronderzoek/desk-studie dienen verplicht een aantal beschikbare bronnen geraadpleegd te worden om een indicatief beeld te vormen van de ondergrond:

- Via de online [Databank Ondergrond Vlaanderen](#) dienen minstens volgende kaarten geraadpleegd te worden, hetzij via de algemene DOV-viewer, hetzij via de viewer 'bodemverkenner':
 - Punten Laag: informatie over (verkennings)boringen, sonderingen en grondwatermeetnet
 - Ondergrondkaarten: quartair en tertiair (bijzondere aandacht voor het voorkomen van veen en slappe kleien)
 - Andere kaarten in functie van de ligging van het project
 - Bodemkaarten/bodemtypes en hun drainage-klasse, sonderingen, boringen en grondwaterpeilen in de buurt van het project (bijzondere aandacht voor aanwezigheid van spanningswater)
- Via [www.geopunt.be](#) dienen volgende kaarten geraadpleegd:
 - Historische kaarten (bvb. Ferrariskaarten)
- Geologische kaarten: de geologische kaarten zijn als ondergrondkaarten te consulteren op DOV; de toelichtingen bij de geologische kaarten zijn gratis te downloaden op DOV.
- Grondmechanische kaarten (grote agglomeraties): de grondmechanische kaarten (platen en verklarende tekst) voor de agglomeraties Gent, Antwerpen en Brussel kan je downloaden op DOV.

- Topografie van het terrein.
- Historiek van de site.
- De analyse van grondonderzoek uitgevoerd in het kader van projecten in de omgeving kan waardevolle resultaten opleveren.
- Daarnaast kan informatie ingewonnen worden omtrent de fundering en uitvoeringswijze van constructies die zich binnen de invloedzone van de doorpersing/gestuurde boring bevinden.
- Een vooronderzoek/desk-studie wordt best ook aangevuld met een visuele terreinverkenning
 - detecteren van aanvullingen, stortmaterialen, natte waterzieke gronden, mogelijk voorkomen van steenachtige insluitsels
 - aandacht te besteden aan de structurele toestand van nabijgelegen constructies (voorkomen van scheuren)
 - straatnamen (Broekstraat, Weelstraat, Veenputtenstraat ...) kunnen een aanwijzing vormen voor de te verwachten grondgesteldheid
 - historisch onderzoek naar explosieven/oorlogsmunitie

Het studiebureau maakt steeds een verslag van dit vooronderzoek/desk-studie. Dit verslag bevat minstens een opsomming van de bronnen die werden geraadpleegd en een verantwoord besluit/aanbevelingen voor het nog uit te voeren grondonderzoek.

1.3. Grondonderzoek

Op basis van de aanbevelingen in het verslag van het vooronderzoek/desk-studie zullen er tijdens het **(voor)ontwerp** van het project verschillende geotechnische proeven plaatsvinden. De omvang van dit grondonderzoek is onder meer afhankelijk van de geologie van het gebied, de grondgesteldheid, de afmetingen van de bouwplaats en de aard van de constructie. Het grondonderzoek is een noodzakelijke aanvulling op de verzamelde geologische en geotechnische gegevens uit het vooronderzoek/desk-studie.

Na evaluatie van de gegevens uit het vooronderzoek/desk-studie en het grondonderzoek worden specifieke uitvoeringsmethoden voorgeschreven. De resultaten van de verschillende proeven worden steeds via het bestek ter beschikking gesteld aan de aannemer.

2. Synopsis voor doorpersingen en gestuurde boringen

2.1. Verslag vooronderzoek/desk-studie

Als onderdeel van de haalbaarheidsstudie wordt er een verslag opgemaakt van het vooronderzoek. Dit verslag bevat een verantwoord besluit en aanbevelingen voor het uit te voeren grondonderzoek. Zie ook 1.2

2.2. Standaard geotechnisch onderzoek (1^e fase)

Standaard zijn in het kader van het geotechnisch onderzoek volgende proeven mogelijk:

Type geotechnisch onderzoek	Voorschriften
(Elektrische) sonderingen volgens 3.1	Aantal • Minimum 1 per 100m • Minimum 1 sondering per pers-/ontvangstput resp. intrede-/uittredepunt en eventueel bijkomende sonderingen (zie 2.5) Diepte • Sondering tot 2x de aanlegdiepte van de doorpersing of gestuurde boring • met een minimumdiepte van 15m Type • Uitvoering van elektrische sonderingen tenzij in bepaalde gevallen zie 3.1.1 en 3.1.2
Geotechnische (verkennings-)boringen Volgens 3.2	Aantal • 1 per 100m nabij sondering • Minimum 1 boring per constructie en vervolgens bijkomende boringen volgens een raster van 25m x 25m Diepte • Tot 2x de aanlegdiepte van de doorpersing of gestuurde boring • Tot 2x de aanlegdiepte van de funderingsconstructie (pers-/ontvangstput) • Minimum 10m diep
Peilbuizen i.f.v. uitvoeringsfase (bemaling, spanningswater) Volgens 3.4.2	Aantal • in functie van de heterogeniteit van de bodem, helling en ligging • 1 per 400m, met een minimum van 3 per project • 1 per 2000m² met een minimum van 3 voor open en gesloten bekkens Diepte • In functie van de sondeerresultaten • Niet in cohesieve grond (klei, leem) • Tot in de watervoerende la(a)g(en)

Labo-proeven op geroerde monsters	Aantal
Volgens 3.3	• 2 monsters per boring
	Diepte
	• 1 midden doorpersing/gestuurde boring • 1 midden tussen maaiveld en bovenkant doorpersing/gestuurde boring • Voor juiste monsterkeuze ook rekening houden met sondeerresultaten
	Type laboproeven per monster
	• Korrelverdeling (zeving + areometer) • Atterbergse grenzen + plasticiteitsindex • methyleenblauwgetal • humusgehalte • watergehalte

2.3. Specifiek voor doorpersingen en gestuurde boringen:

Situatie	Voorschriften
Gestuurde boringen	<u>Sonderingen:</u> • 1 sondering ter hoogte van het in- en uittredepunt met een minimumdiepte van 15m • op 25m afstand van het in- en uittredepunt, sondering tot 5m onder theoretisch tracé met een minimumdiepte van 15m • bijkomend om de 50m langs het toegankelijke gedeelte van het traject, sondering tot 5m onder theoretisch tracé met een minimumdiepte van 10m • in het moeilijk toegankelijk gedeelte enkel als hiertoe de noodzaak blijkt uit het voor- en grondonderzoek • om blow-out te vermijden sonderen op 5m uit de as van de gestuurde boring <u>Verkenningboringen/Peilbuizen:</u> • 1 boring en peilbuis ter hoogte van het in- en uittredepunt met een minimumdiepte van 10m • Bijkomend 1 boring per 200m, tot 5m onder theoretisch tracé • Bijkomend 1 peilbuis per 400m

Doorpersingen	<u>Sonderingen:</u> • 1 sondering ter hoogte van pers- en ontvangstput, tot 2x de uitgravingsdiepte met een minimumdiepte van 15m • op 25m afstand van de pers- en ontvangstput, sondering tot 5m onder theoretisch tracé met een minimumdiepte van 15m • bijkomend om de 50m langs het toegankelijk gedeelte van het doorperstraject, sondering tot 5m onder theoretisch tracé met een minimumdiepte van 10m • in het moeilijk toegankelijk gedeelte enkel als hiertoe de noodzaak blijkt uit het voor- en grondonderzoek • om blow-out te vermijden sonderen op 5m uit de as van de doorpersing <u>Boringen/Peilbuizen:</u> • 1 boring en peilbuis ter hoogte van de pers- en ontvangstput, boring tot 6m onder de fundering van de constructie met een minimumdiepte van 10m • Bijkomend 1 boring per 100m, tot 5m onder theoretisch tracé • Bijkomend 1 peilbuis per 400m
Kuststreek/Scheldeuitstroom	Zoutgehalte van een grondwaterstaal analyseren met het oog op bepalen van de bentonietkarakteristieken.
Indicatie op artesische grondlagen of spanningswater	Diepe en ondiepe peilbuizen plaatsen om de 400m met registratie van de resultaten (stijghoogten en debieten).

2.4. Evaluatie vooronderzoek/desk-studie en geotechnisch onderzoek (1^e fase)

Het uitgevoerde grondonderzoek volgens 2.2 en 2.3 dient samen met het vooronderzoek geëvalueerd te worden. Op basis van deze evaluatie moet beslist worden of een verdere verfijning van het grondonderzoek in situ noodzakelijk is.

2.5. Geotechnisch Onderzoek 2^e fase : Grondonderzoek verder verfijnen

Het grondonderzoek verder verfijnen betekent ofwel in x-y-richting extra, tussenliggend grondonderzoek uitvoeren ofwel in diepte (z-richting) hetzelfde grondonderzoek dieper of met een andere techniek uitvoeren. Als men kiest voor een niet-standaard techniek zoals ongeroerde grondmonsters met bijhorende laboproeven, dan gebeurt dit steeds in overleg met een geotechnisch deskundige.

Wanneer verder verfijnen?

Als uit het voor- en/of grondonderzoek blijkt dat er bijzondere uitvoeringsmaatregelen nodig zijn (bv. speciale grondverbeterings-, funderings-, beschoeiings- en/of bemalingstechnieken), dan is bijkomend onderzoek aangewezen om de zone waar deze dure maatregelen nodig zijn in te perken. Concreet betekent dit sonderingen en/of boringen om de 50m tussen de plaats van het grondonderzoek waar nog bijzondere maatregelen nodig zijn en de plaats van het grondonderzoek waar geen bijzondere uitvoeringsmaatregelen meer nodig zijn.

Indien er op basis van een vooronderzoek/desk-studie twijfel bestaat of er bijzondere uitvoeringsmaatregelen nodig zijn (bijvoorbeeld bij berekening van hoge theoretische zettingen) of indien er twijfel bestaat over de te verwachten bemalingsdebieten, dan kan in samenspraak met de materiedeskundige een pompproef of bemalingsproef uitgevoerd worden. Het verschil tussen beide proeven is dat een bemalingsproef meestal wordt uitgevoerd met meerdere onttrekkingsbronnen of bemalingsstrengen terwijl een pompproef met één onttrekkingspunt uitgevoerd wordt.

Aandachtspunt: bij uitvoering van een pompproef of bemalingsproef tijdens ontwerpfasen dient de nodige verzekering hiervoor afgesloten te worden!

Als blijkt dat de gemeten Ksat van de bodem op welbepaalde plaatsen sterk afwijkt t.o.v. de verwachte Ksat in functie van de bodem gekend uit de grondboringen, dienen mogelijks andere alternatieven op andere locaties (zowel x,y- als z-richting) bekeken te worden.

In een aantal specifieke gevallen is een verdere verfijning van het grondonderzoek sowieso aangewezen; dit wordt beoordeeld door de geotechnisch deskundige.

Situatie	Voorschriften
Heterogene gronden (verschillende, naast elkaar gelegen sonderingen geven geen homogeen beeld over de gelaagdheid/grondlagenopbouw)	Verdere verfijning door tussenliggende sonderingen om de 50m. Zeker in valleigebieden is extra aandacht hiervoor geboden.
Waterremmende of waterafsluitende schermen (damplanken, secanspalen, groutschermen,...)	De sondering moet voldoende diep gaan, tot minimum 2m in de waterafsluitende laag en zo nodig tot in de artesische laag.
Dieptefundering (groutpalen, houten palen, soilmixmoten,...)	Uitvoeren van een sondering met indringingskracht 200 kN. De sondering moet uitgevoerd worden tot de maximale kracht bereikt wordt en/of tot 2x de uitgravingsdiepte en/of tot minimaal 2m in de laag waarop gefundeerd wordt.

Doorpersingen of gestuurde boringen en hindernissen zoals hout, zwerfstenen, metaal, staalonderdelen,... aangetroffen in de boringen	• Verdere verfijning van het grondonderzoek door uitvoering van boringen om de 25m langs het (toegankelijk gedeelte van het) traject. • In het bestek hierop de nodige aandacht vestigen.
Kruising oude meander van een waterloop	• Op de plaats van de kruising steeds een grondonderzoek. • Indien aanwijzing van slechte gronden verder verfijnen door tussenliggende sonderingen om de 50m.
Steenresten in de verkenningsboring	• Om na te gaan of dit te maken kan hebben met een vroegere stortplaats, verder verfijnen door tussenliggende boringen om de 50m. • Voorzie in het bestek voldoende hoeveelheden voor het zeven van gronden. • Bekijk ook de resultaten van het milieuhygiënisch onderzoek.
Boorstaat maakt melding van vegetatieresten of veenindicaties	Om de veengronden af te perken steeds verfijnen door tussenliggende sonderingen/boringen om de 50m tussen het grondonderzoek met aanduiding van veen en het grondonderzoek zonder aanduiding van veen.
Zandsteenfragmenten/rotsfragmenten	Het voorkomen van zandsteenbanken kan eenvoudig blijken uit het vooronderzoek. Bij zandsteen-of rotsfragmenten dient het grondonderzoek te worden verfijnd om te zien of het gaat om zwerfstenen, rotslagen, zandsteenbanken etc. Voor een grote bouwput zijn mogelijk meerdere sonderingen nodig. • Als er aanwijzingen zijn voor een zandsteen- of rotslaag dient een labo te worden ingeschakeld om middels kernboringen de aard en dikte te bepalen. • Tevens dienen de rotskarakteristieken te worden bepaald (druksterkte/splijtsterkte/abrasiviteit).
Glaconiethoudend fijn zand	Verfijn het grondonderzoek door tussenliggende sonderingen om de 50m tussen het grondonderzoek met aanduiding van glauconiethoudend zand en het grondonderzoek zonder aanduiding van glauconiethoudend zand.
Kleilagen	Verfijn het grondonderzoek door tussenliggende verkenningsboringen om de 50m tussen het grondonderzoek met aanduiding van type: Boomse klei, leperiaan, etc. Hiervoor zijn te bepalen: de Atterbergse grenzen, Ic en Ip.

3. Geotechnische proeven

De hierna beschreven aantallen proeven dienen in ieder gepubliceerd project voor te komen.

3.1. Sonderingen

Voor het uitvoeren van sonderingen wordt verwezen naar de “Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: sonderingen – Deel 1: Planning, uitvoering en rapportering” (BGGG).

3.1.1. Elektrische sonderingen CPTE

De elektrische sondering is de standaardmethode voor het uitvoeren van sonderingen.

Elektrische sonderingen worden uitgevoerd in overeenstemming met:

- International Standard EN ISO 22476-1:2012, norm voor elektrische sonderingen
- NBN EN ISO 22476-1/AC: 2013 “Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Penetratieproef met elektrische conus en piëzo-conus (ISO 22476-1:2012)”

In volgende gevallen wordt er overgegaan tot mechanische sonderingen:

- Indien uit vooronderzoek/desk-studie in haalbaarheidsfase blijkt dat er een grote kans is op aantreffen van harde formaties (bv. zandsteenbanken, rotslagen, oude stortplaats van steenachtige materialen,...), wordt er onmiddellijk overgegaan naar mechanische sonderingen.
- Ingeval van conusbreuk ten gevolge van harde formaties worden de verdere sonderingen mechanisch uitgevoerd.

Naast de conusweerstand wordt standaard ook de lokale wrijving opgemeten met behulp van een kleefmantel.

Opgelet

Omwille van het kleinere meetinterval (2cm t.o.v. 20cm) en de grotere nauwkeurigheid van elektrische sonderingen, kan de opgemeten conusweerstand verschillen van deze bekomen met de mechanische sondering. Vooral in slappere lagen zal dit verschil meer uitgesproken zijn.

Hierbij zijn volgende aanbevelingen van toepassing:

Lijntrajecten van doorpersingen

- Sonderingen worden op diepte besteld, rekening houdend met de resultaten van de voorstudie.
Aan de hand van de beschikbare gegevens op Databank Ondergrond Vlaanderen van boringen, sonderingen, kaartmateriaal en een virtuele boring kan een inschatting gemaakt worden van de te verwachten grondopbouw op de site en kan een sonderingsdiepte vooropgesteld worden.
- Standaard dienen de sonderingen uitgevoerd vanaf maaiveld (MV) tot 2 maal de uitgravingsdiepte, met een minimale diepte van 15m.

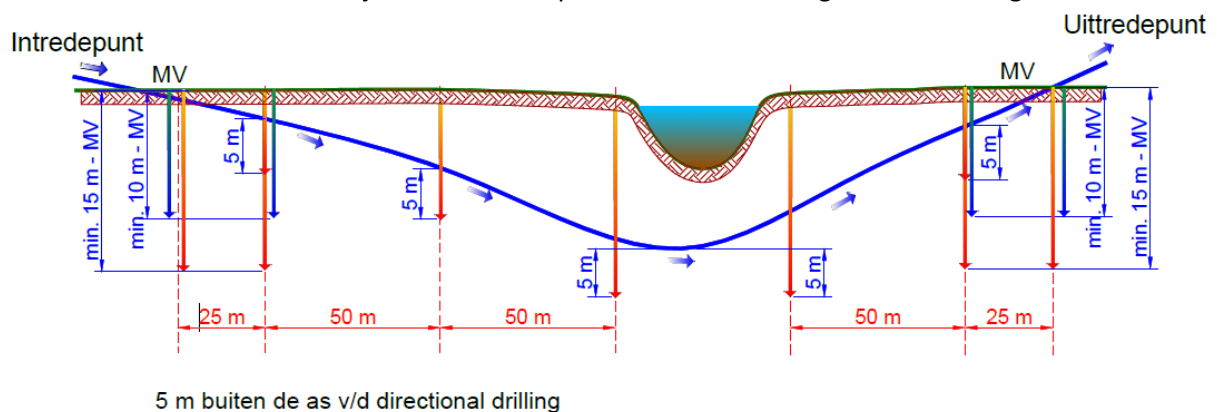
- 1 sondering om de 100m langs het tracé
- Indien er extra sonderingen dienen uitgevoerd, dienen deze op een minimum afstand van 2m van eerdere sonderingen en/of boringen te worden uitgevoerd.

Andere constructies: pers- en ontvangstputten, tussenschachten, af te zinken constructies, etc. :

- Vanaf maaiveld (MV) tot 2x de uitgravingsdiepte met een minimale diepte van 15m. (minimum capaciteit van 100 kN).
- Minimum 1 sondering per constructie en vervolgens bijkomende sonderingen volgens een raster van 25m x 25m.

Gestuurde boringen

- 1 sondering + 1 (verkenning)s boring + 1 peilbuis ter hoogte van het in- en uittredepunt en op 25m afstand van het in- en uittredepunt; sondering tot minimumdiepte van 15m, boring tot minimumdiepte van 10m, diepte peilbuis i.f.v sondeerresultaten en minstens tot in de watervoerende laag.
- Bijkomend sonderingen om de 50m langs het toegankelijke gedeelte van het tracé, tot op een diepte van 5m onder het theoretische tracé met een minimumdiepte van 10m.
- Bijkomend boringen om de 200m langs het toegankelijke gedeelte van het tracé, tot op een diepte van 5m onder het theoretische tracé met een minimumdiepte van 10m.
- Bijkomend peilbuizen om de 400m langs het toegankelijke gedeelte van het tracé.
- In het moeilijk toegankelijk gedeelte enkel als hiertoe de noodzaak blijkt uit het voor- en grondonderzoek.
- Om blow-out te vermijden sonderen op 5m uit de as van de gestuurde boring.

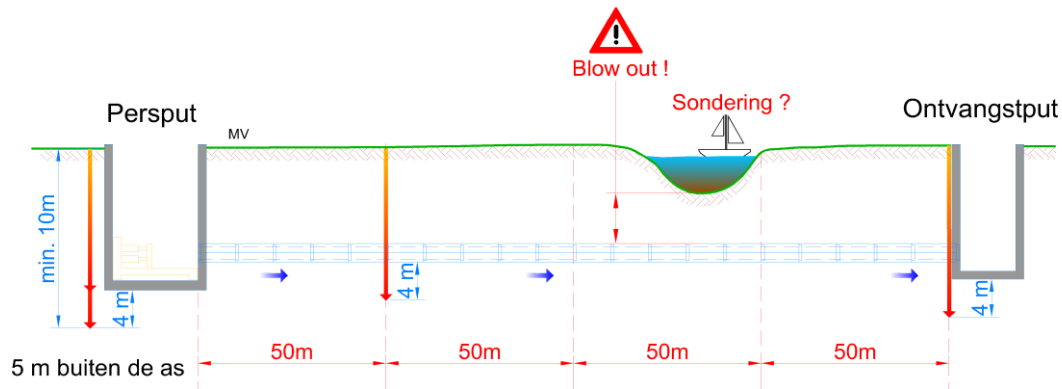


Doorpersingen¹

- 1 sondering + 1 verkenningboring + 1 peilbuis ter hoogte van de pers- en ontvangstput en op 50m afstand van de pers- en ontvangstput; sondering tot 2x uitgravingsdiepte met minimumdiepte van 15m, boring tot 6m onder fundering constructie met minimumdiepte van 10m, diepte peilbuis i.f.v. sondeerresultaten en minstens tot in de watervoerende laag.
- Bijkomend sonderingen om de 50m langs het toegankelijke gedeelte van het tracé, tot op een diepte van 5m onder het theoretische tracé met een minimumdiepte van 10m.

¹ Bij doorpersingen dient er in het grondonderzoek de nodige aandacht te zijn voor mogelijke hindernissen zoals hout, zwervstenen, stenen, metaal en staalonderdelen, aanvullingen,...

- Bijkomend boringen om de 100m langs het toegankelijke gedeelte van het tracé, tot op een diepte van 5m onder het theoretische tracé met een minimumdiepte van 10m.
- Bijkomend peilbuizen om de 400m langs het toegankelijke gedeelte van het tracé.
- In het moeilijk toegankelijk gedeelte enkel als hiertoe de noodzaak blijkt uit het voor- en grondonderzoek.
- Om blow-out te vermijden sonderen op 5m uit de as van de persing.



Verdere verfijning

Als uit het vooronderzoek en het Geotechnisch Onderzoek 1^e fase blijkt dat er gespecialiseerde uitvoeringsmaatregelen nodig zijn of in een aantal specifieke gevallen (cfr. 2.5) is een verdere verfijning van het grondonderzoek aangewezen.

Opmerkingen

- Indien de gevraagde diepte niet kan bereikt worden (bijvoorbeeld omwille van weerstandbiedende grondlagen > 200 kN t.g.v. zandsteen, rots- of steenlagen) en de doorpersing/gestuurde boring zit op deze diepte, dan dient een **kernboring** doorheen de harde laag te worden uitgevoerd, waarna de sondering verder wordt gezet tot de bovengenoemde vereiste diepte.
- Indien het sondeergat dit toelaat, wordt bij iedere sondering het **grondwaterpeil**² opgemeten.

Optioneel

Indien de conus uitgerust wordt met een filter en waterspanningsmeter kan men ook de **poriënwaterspanningen** opmeten (CPTU). Deze dienen in eerste instantie om een betere grondindeling mogelijk te maken. Men kan ook de **evenwichtspanning** U_0 op een bepaalde diepte opmeten met een dissipatieproef. Het is belangrijk aan te duiden op welke grondlaag men deze proef

² Dit is echter een discrete meting in de tijd en kan bovendien foutief of onnauwkeurig zijn. Ook het peil waarop het sondeergat is dichtgevalen wordt opgemeten. Voor het ontwerpen van een grondwaterverlaging of het dimensioneren van ondergrondse constructies mag dan ook nooit zonder meer gesteund worden op het waterpeil opgemeten na het uitvoeren van diepsonderingen.

wenst uit te voeren. De sondering wordt dan gepauzeerd. Dit kan nuttig zijn als men bijvoorbeeld de doorlaatbaarheid in een kleilaag wil kennen. Dergelijke proeven gebeuren echter op één bepaalde plaats op één bepaald tijdstip, wat de interpretatie van de meetwaarden niet eenvoudig maakt. Een duidelijk beeld van de grondwaterstanden kan alleen verkregen worden door het plaatsen van peilbuizen in de verschillende watervoerende lagen en die regelmatig op te meten.

Door te sonderen met een conus waarop een anode en kathode zijn aangebracht, dient de **elektrische geleidbaarheid** van het grondwater worden gemeten. Dit vindt vooral zijn toepassing in kust- en poldergebieden waar brak water wordt aangetroffen. Uit deze metingen kan dan de variatie van het zoutgehalte van het grondwater over bepaalde diepten berekend worden. Immers, hoe hoger het zoutgehalte, hoe beter de geleiding. De aanwezigheid van brak water kan gevolgen hebben voor de bentonietsamenstelling.

3.1.2. Mechanische sonderingen CPTM

De mechanische, discontinue sondering is niet standaard.

In volgende gevallen wordt er overgegaan naar mechanische sonderingen:

- Ingeval van conusbreuk worden de verdere sonderingen mechanisch uitgevoerd.
- Indien uit risicoanalyse/vooronderzoek in haalbaarheidsfase blijkt dat er een grote kans is op aantreffen van harde formaties (bv. zandsteenbanken, rotslagen, oude stortplaats van steenachtige materialen,...), wordt er onmiddellijk overgegaan naar mechanische sonderingen.

De mechanische sonderingen worden uitgevoerd in overeenstemming met NBN EN ISO 22476-12: 2009 "Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 12: Mechanische sondering (CPTM)(ISO 22476-12:2009)".

3.1.3. Literatuuronderzoek

Op basis van de opgemeten parameters tijdens de sondering (conusweerstand en wrijving) geeft de literatuur voldoende informatie om de grond te karakteriseren. In de tabel in bijlage 1 vindt men een indicatie van de grondsoort gekoppeld aan schuifweerstandkarakteristieken en volumegewicht.

De in deze tabel opgegeven parameters zijn veilige waarden; om correcter de geotechnische parameters af te leiden is het aangewezen specifiek laboratoriumonderzoek te voorzien.

3.2. Grond(verkennings)boringen

3.2.1. Aanbevelingen

Grond(verkennings)boringen, waarbij ongeroerde monsters worden ontnomen om de 50cm, worden steeds in de onmiddellijke omgeving van de sonderingen uitgevoerd. Grondboringen worden droog (zonder spoeling) uitgevoerd met continue verbuizing van het boorgat. Het labo zal de boortechniek volledig aanpassen aan de bodemgesteldheid door de keuze van het type boorapparaat, aanpassing van de draaisnelheid, de druk, enz.

Voor grondboringen hanteren we de volgende aanbevelingen:

Lijntrajecten:

- 1 om de 200m
- met diepte tot 2 x de aanlegdiepte van de doorpersing/gestuurde boring
- uit te voeren op een afstand begrepen tussen 2m en 5m van de nabijgelegen sondering (buiten de invloedzone van de sondering)

Verdere verfijning

Als uit het vooronderzoek en het Geotechnisch Onderzoek 1^e fase blijkt dat er gespecialiseerde uitvoeringsmaatregelen nodig zijn of in een aantal specifieke gevallen (cfr. 2.5) is een verdere verfijning van het grondonderzoek aangewezen.

3.2.2. Boorstaat

Het resultaat van een grond(verkennings)boring is een boorstaat. Dit is een geschreven en/of grafische weergave van de grondlagen met hun beschrijving (hoofdbestanddeel, nevenbestanddeel, kleur, consistentie, andere specifieke waarnemingen zoals het voorkomen van glauconiet), laagscheidingen t.o.v. het maaiveld, en scheiding quartair-tertiair.

Tijdens de uitvoering van de boring wordt een terreinboorstaat opgemaakt op basis van een visueel onderzoek van de om de halve meter genomen geroerde monsters.

Naast de algemene grafische weergave wordt er steeds een gedetailleerde analyse van de bodemgesteldheid gemaakt. Deze bevat:

- Een bespreking van de geologische oorsprong van de onderkende lagen.
- Een aanduiding van de diepte waarop men de eerste maal water aantreft, evenals het waterpeil in de boorbuis op het einde van de boring.

Voor het milieuhygiënisch onderzoek (MHO) worden aparte grondboringen uitgevoerd. Het is aangeraden beide boorstaten met elkaar te vergelijken. Afwijkingen worden met beide leveranciers besproken en geconcludeerd. Nota: het MHO alleen biedt onvoldoende info voor het ontwerp van een doorpersing of gestuurde boring.

Indien in de boorstaten **zandsteen-/rotsfragmenten** worden vermeld, dient de sondering te worden gecontroleerd op het voorkomen van pieken in conusweerstand. Dit kan wijzen op het voorkomen van zandsteenbanken of rotslagen. Indien er op basis van het voor- en grondonderzoek hiervan een vermoeden is langs het tracé, is een verdere verfijning van het grondonderzoek aangewezen (cfr. 2.5) om de zandsteenbank of rotslaag af te bakenen. Daarnaast dient dit in de stabiliteitsnota besproken te worden en expliciet te worden vermeld in het bestek (hoeveelheid massieven optrekken).

3.3. Laboproeven op geroerde monsters

3.3.1. Algemeen

Hierbij gelden de volgende aanbevelingen:

- Per boring 2 geroerde monsters te ontnemen en laten beproeven.
- 1^{ste} monster t.h.v. het midden van de buis.
- 2^{de} monster t.h.v. het midden tussen bovenkant buis en maaiveld.
- Het is aangeraden om voor elke typerende grondlaag met een welbepaalde consistentie, waarin grondverzet zal optreden, minimaal 1 grondmonster te hebben.
- Voor juiste monsterkeuze dient ook rekening gehouden met de sondeerresultaten.

Het is toegelaten dat eerst de boorstaten worden geanalyseerd alvorens de proeven te bestellen. Hoewel de grondmonsters in principe standaard 6 maanden bewaard blijven in het labo, is het aangeraden tijdig de beproeving door te geven.

Volgende laboproeven kunnen besteld worden op geroerde monsters:

- Korrelverdeling d.m.v.:
 - zeping voor de grovere fracties (tot 63µm)
 - areometer indien de fijne fractie (<63µm) meer dan 10% bedraagt
- Gehalte aan organische stoffen
- Kalkgehalte
- Watergehalte
- Consistentiegrenzen (Atterbergse grenzen)

De specifieke beproevingsmethoden zijn opgenomen in het standaardbestek SB260.

Opgelet

De uitkomst van de proef geeft een **discrete (punctuele) waarde** voor het grondmonster ontnomen op een welbepaalde diepte.

Na evaluatie van de boorstaten en de initiële laboproeven kan het studiebureau oordelen of er bijkomende geotechnische proeven moeten gebeuren. Deze dienen binnen de 3 maanden (vanaf de evaluatie) besteld te worden.

3.3.2. Ongeroeerde monsters

Het nat en droog volumegewicht, en ook schuifweerstandskarakteristieken, samendrukbaarheid, doorlatendheid,... kunnen enkel bepaald worden op ongeroeerde monsters.

Een ongeroerd monster is een monster waarbij de pakkingsdichtheid, structuur en watergehalte zo min mogelijk worden verstoord. In de literatuur zijn voldoende gegevens beschikbaar om de waarde van het volumegewicht te karakteriseren (cfr. tabel in bijlage 1). Indien noodzakelijk kunnen na goedkeuring van de geotechnisch deskundige ongeroeerde monsters besteld worden. Deze monsters worden ontnomen in stalen steekbussen op de opgelegde dieptes, door het statisch indrukken van de monsterbussen (afmetingen monsterbussen: diameter 100mm, maximum lengte 50cm).

3.4. Peilbuizen

3.4.1. Algemeen

Aan de hand van peilbuizen kunnen we ons een duidelijk beeld vormen van (de evolutie van) de grondwaterstanden. In een lijntraject worden doorgaans 1 peilbuis per 400 m voorzien. Voor een doorpersing/gestuurde boring kunnen, afhankelijk van de grootte, meerdere peilbuizen geplaatst worden. Het is belangrijk om het waterpeil in de peilbuizen regelmatig en zo vroeg mogelijk op te meten, minstens 1 à 2 maand na de plaatsing van de peilbuizen en vanaf dan bijvoorbeeld om de 2 maanden. Bij voorkeur wordt er gewerkt met een continue digitale peilbuismeting.

Op basis van de resultaten van de sonderingen is het mogelijk een eerste indicatief beeld te vormen van de grondlagen en dus ook van de gewenste diepte van het filterelement. Filtermateriaal moet voorzien worden tot 1m boven de filter. Ter hoogte van weinig doorlatende lagen boven de filter wordt steeds een kleistop voorzien. Het plaatsen van peilbuizen in cohesieve kleigrond (klei, leem) is niet zinvol voor het geotechnisch onderzoek. In kader van infiltratie is het plaatsen van peilbuizen in leemgronden wel zinvol.

Peilbuizen worden geplaatst en waterpeilmetingen worden uitgevoerd in overeenstemming met NBN EN ISO 22475-1 en NBN EN ISO 18674-4-2020.

3.4.2. Peilbuizen i.f.v. uitvoeringsfase (bemaling/spanningswater)

Peilbuizen i.f.v. bemaling

Deze peilbuizen hebben tot doel om de grondwaterstanden in de watervoerende lagen te kennen en dit in functie van de bemalingsberekening en latere bemaling.

Peilbuizen i.f.v. spanningswater

In een lijntraject kunnen peilbuizen ook helpen om de aanwezigheid van spanningswater vast te stellen. Spanningswater kan voorkomen bij een sterk watervoerende laag onder een weinig watervoerende laag (bv. zand onder leem of klei). In dat geval wordt een eerste peilbuis geplaatst in de bovenste watervoerende laag en een tweede peilbuis in de onderliggende watervoerende laag. Bij deze laatste wordt ter hoogte van de weinig watervoerende laag een kleistop geplaatst.

Indien de afstand tussen de funderingsaanzet en de bovenkant van de watervoerende artesische laag kleiner is dan 4m verdient spanningswater de nodige aandacht. De aanwezigheid ervan kan niet alleen aanleiding geven tot het openbarsten van de bodem van de bouwput of sleuf, maar kan ook bemalingsproblemen veroorzaken.

3.4.3. Peilbuizen i.f.v. infiltratie-onderzoek

Voor infiltratie is het belangrijk metingen te hebben zowel in een zomer– als in een winterperiode. Bij voorkeur wordt gewerkt met digitale continue peilbuismetingen. In kader van infiltratie is het plaatsen van peilbuizen in leemgronden wel zinvol.

3.5. Bepalen infiltratie-mogelijkheid

Deze proeven dienen uitgevoerd ter hoogte van de geplande infiltratievoorzieningen. Bepalen van de Ksat waarde op basis van ofwel Hooghoudt (of omgekeerde) methode ofwel op basis van dubbel ring test. Er dient 1 infiltratieproef per 400m uitgevoerd met een minimum van 3 per project en in functie van de heterogeniteit van de ondergrond. De proef dient uitgevoerd op de diepte van de infiltratievoorziening.

4. Referentielijst

- “Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of cement” uitgegeven door Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw te Brussel
- International Standard EN ISO 22476-1:2012’ norm voor elektrische sonderingen
- NBN EN ISO 22476-12 : 2009 “Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 12: Mechanische sondering (CPTM)(ISO 22476-12:2009)”
- NBN EN ISO 22476-1/AC : 2013 “Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Penetratieproef met elektrische conus en piëzoconus (ISO 22476-1:2012)”
- NBN EN ISO 22475-1:2006/C11:2010 NL “Geotechnisch onderzoek en beproeving – Methoden voor monsterneming en grondwatermeting – Deel 1 : Technische grondslagen voor de uitvoering”
- NBN EN ISO 18674-4-2020 (Geotechnical investigation and testing - Geotechnical monitoring by field instrumentation - Part 4: Measurement of pore water pressure: Piezometers),
- “Richtlijnen Bemalingen ter bescherming van het milieu” (versie 21 maart 2019), uitgegeven door VMM en beschikbaar via [deze link](#).
- Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek
 - Algemene bepalingen
 - Sonderingen
 - Deel 1: planning uitvoering en rapportering
 - Deel 2: geotechnisch advies bij het ontwerp

Bijlage 1: Tabel - rekenwaarden

Voor de bepaling van de α -waarde en het soortelijk gewicht van de grond (nodig voor het bepalen van spanning in de ondergrond) kunnen de richtwaarden gehanteerd worden uit de tabel van Eurocode 7 (NBN EN 1997-1; Figuur 53).

Grondsoort	Bijmenging	Pakkingsdichtheid /consistentie	q_c (MPa)	R_f (%)	γ_k boven P.O. (kN/m ³)	γ_k beneden P.O. (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	α (**)
grind*	-	matig dicht	10-20 > 20	< 1 %	18 19	20 21	35 40	0 0	- -	3 3
	leem- of kleihoudend	matig dicht	10-20 > 20	1-2 %	19 20	21 22	32 37	0 0	- -	3.5 3.5
zand	-	los matig dicht zeer dicht	2-4 4-10 10-15 > 15	< 1 %	16 17 18 18	18 19 20 20	27 30 32 35	0 0 0 0	- - - -	4 4 3 3
	leem- of kleihoudend	los matig dicht zeer dicht	2-4 4-10 10-15 > 15	1-2 %	16 17 18 19	18 19 20 20	25 27 30 32	0 0 0 0	- - - -	2.5 3 3.5 3.5
leem	-	weinig vast matig vast vrij vast vast	0.4-1 1-2 2-4 > 4	2-4 %	17 18 19 20	17 18 19 20	22 22 22 22	0 2 4 8	10 25 50 100	3 3 2 2
	zandhoudend	weinig vast matig vast vrij vast vast	0.4-1 1-2 2-4 > 4	1-3 %	17 18 19 20	17 18 19 20	25 25 25 25	0 2 4 8	10 25 50 100	2 2 2.5 3
klei	-	weinig vast matig vast vrij vast vast	0.4-1 1-2 2-4 > 4	3-6 %	16 17 18 19	16 17 18 19	20 20 20 20	2 4 8 15	20 50 100 200	3 3 1.5 1.5
	zandhoudend	weinig vast matig vast vrij vast vast	0.4-1 1-2 2-4 > 4	2-5 %	16 17 18 19	16 17 18 19	22 22 22 22	2 4 8 15	20 50 100 200	2 2 2.5 3
veen		weinig vast matig vast vast	0.2-0.5 0.5-1 > 1	> 6 %	10 12 14	10 12 14	15 15 15	2 5 10	10 20 40	0.7 0.7 1.5

(*) Voor grind ter plaatse ; voor aangevuld grind wordt $\varphi'_k = 35^\circ$ aangenomen.
Voor tijdelijke constructies kan een beperkte cohesie worden aangenomen mits duidelijke verantwoording en afspraken m.b.t. de controle ervan.
(**) Voor het berekenen van zettingen volgens Terzaghi, kan bij gebrek aan oedometerproeven, de samendrukkingsconstante berekend worden uitgaande van $q_c : C = \alpha q_c / \sigma'_v$

Deze tabel geeft karakteristieke waarden voor grondparameters. Deze waarden zijn toepasbaar voor voorontwerpen en ontwerpen, met uitzondering van meer risicovolle toepassingen, waarvoor bijkomende informatie noodzakelijk is.

Volgende gronden vallen buiten het toepassingsgebied van de tabel : zand met $q_c < 2$ MPa, leem of klei met $q_c < 0.4$ MPa en veen met $q_c < 0.2$ MPa.

Er kan van deze waarden alleen afgeweken worden mits verantwoording (bijvoorbeeld proefresultaten).

Opmerking

De waarden in de tabel zijn volgens EC7, maar wel gestandaardiseerd naar een korrelspanning van 100 kN/m².

In functie van de diepte en het volumegewicht moeten deze waarden herrekend worden.