



De noodzaak van een draagkrachtig bouwterrein

Whitepaper penetrologer

Content

1.
Een draagkrachtig bouwterrein
2.
RAW bestekken
3.
Dichtheid van de bodem
4.
Indringingsweerstand
5.
Penetrologger
6.
Penetrologger CBR
7.
In de praktijk
8.
Multifunctioneel inzetbaar





Begaanbaarheid van bouwterreinen

Kantelende kranen, vastzittende vrachtauto's waardoor bouwwerken stil komen te liggen, personeel dat uitglijdt of wegzakt en vervolgens met letsel thuis zit. Verschillende (gevaarlijke) situaties die voorkomen als de ondergrond van een (bouw)terrein onvoldoende draagkracht heeft. Reden genoeg voor de 'Federation of Piling Specialits' (FPS) om enkele jaren geleden het Working Platform Certificate (WPC) te ontwikkelen. In Nederland wordt het Bouwterreincertificaat gehanteerd.

Eind 2016 vond de introductie van het Bouwterreincertificaat Nederland (BTC) plaats. Een initiatief van de Nederlandse Vereniging Aannemers Funderingswerken (NVAF). Het Bouwcertificaat Nederland is een verklaring van doorgaans de hoofdaannemer dat het bouwterrein, zoals in het certificaat omschreven, zo ontworpen en aangelegd is dat de werkzaamheden op een veilige wijze kunnen worden uitgevoerd. Om ervoor te zorgen dat de werkzaamheden daadwerkelijk veilig worden uitgevoerd, vindt er bij de controle van de machineopstelling van de bouwplaats allereerst een visuele inspectie plaats. Hierbij worden de elementen droogte, draagkracht en de vlakheid van het bouwterrein geanalyseerd. Verdere controle vindt plaats op basis van de resultaten van één of meerdere sonderingen of handsonderingen. De indringingsweerstand is hierbij één van de belangrijkste indicatoren.

Een draagkrachtig bouwterrein

Voor mens en machine wordt respectievelijk de beloopbaarheid en de begaanbaarheid van een bouwterrein bepaald door de draagkracht van de bodem. De conditie van het bouwterrein is hierbij direct van invloed op de stabiliteit van het materiaal, maar ook op de werkomstandigheden van het personeel. Slechte terreinomstandigheden leiden jaarlijks tot ongelukken, soms zelf met een dodelijke afloop. Daarnaast kan het personeel tijdens hun werkzaamheden nek- en rugklachten en klachten aan het bewegingsapparaat oplopen. Op grond van het Arbobesluit (afdeling Bouwproces) moet daarom al in de ontwerpfase van een bouwproject rekening worden gehouden met de gezondheid en veiligheid van werknemers op de bouwplaats. In de RAW bestekken wordt dit vaak al omschreven. Voor een goede begaanbaarheid van een bouwterrein zijn onder andere de kwaliteit van de toplaag van de bodem, de draagkracht van de (onder)grond en het type voertuig van groot belang.



Dichtheid en weerstand van een bodem

RAW bestekken

Een RAW bestek dient als informatiedrager en contractdocument tussen de opdrachtgever en aannemer. De verantwoordelijkheden, de bevoegdheden en de risico's van beide contractpartners zijn op een evenwichtige wijze afgebakend. In de RAW bestekken wordt omschreven welke eisen worden gesteld aan verdichtingen voor aardebanen, ophogingen en plantvakken. Deze eisen zijn uitgedrukt in een bepaalde Proctor-waarde of weerstand.

De Proctorproef is een proef die in een laboratorium wordt uitgevoerd om de maximale dichtheid van een grondmonster te bepalen. Door bij het uitvoeren van deze proef gebruik te maken van verschillende vochtpercentages, kan het optimale vochtgehalte worden bepaald om de maximale dichtheid van een bepaalde grondsoort te realiseren. Het bepalen van de Proctor-waarde in het veld is vaak kostbaar en tijdrovend. Het meten van de weerstand daarentegen niet.

De weerstand van een bodem is bij samenhangende gronden (klei en leem) grotendeels afhankelijk van het vochtgehalte (droge klei hoge weerstand, natte klei lage weerstand). De invloed van het vochtgehalte op de weerstand is bij zandgronden veel minder aanwezig. Er bestaat een vrij rechte lijnige relatie tussen de gemeten weerstand en de verdichting van zandgronden. In veel gevallen geeft een weerstandsmeting al voldoende informatie over de verdichting.

Dichtheid van de bodem

De betreedbaarheid van een bouwterrein is mede afhankelijk van de dichtheid van de bodem. In de civiele techniek moet een bodem voldoende verdicht zijn om de juiste weerstand te bieden tegen alle machines die bouwterreinen met een (hoge) druk zullen belasten. Voertuigen die een bouwterrein betreden waarbij de bodem nog onvoldoende verdicht is, zullen eenvoudig in de grond zakken of omvallen. Een verdichte bodem zorgt dus voor een stabiele basis voor onder andere gebouwen, voetpaden en bouwterreinen. De dichtheid van de bodem wordt in relatie gebracht met de draagkracht van de bodem, ook wel indringingsweerstand genoemd. Deze indringingsweerstand is een belangrijke factor om de geschiktheid voor funderingen, gebouwen en infrastructurele projecten te bepalen.

A person wearing an orange high-visibility safety vest and a black long-sleeved shirt is using a penetrometer on a sandy surface. The person's hands are visible, holding the device. The device has a black handle and a blue and black body with a small screen and buttons. A thin metal rod is attached to the bottom of the device, which is being pushed into the sand. The background is a light-colored, sandy ground.

Penetrologger

Indringingsweerstand

De indringingsweerstand is een maat ter bepaling van het draagvermogen en de doorwortelbaarheid van de bodem. Deze weerstand is een mechanische eigenschap, die bij een gegeven textuur, afhankelijk is van veranderlijke parameters als vochtgehalte, dichtheid, en de sterkte van de binding tussen de minerale deeltjes van de bodem. Het vochtgehalte in de bodem heeft een hele sterke invloed op de weerstand van de bodem. Dit geldt voornamelijk bij samenhangende gronden, zoals klei- en leemvarianten. Bij de niet samenhangende gronden (zandgronden) die voornamelijk in de civiele techniek worden gebruikt, heeft het vochtgehalte minder invloed op de weerstand.

Bij de bepaling van de begaanbaarheid van (bouw-)terreinen voor personen en voertuigen wordt uitgegaan van de druk die op de ondergrond wordt uitgeoefend. Deze druk wordt de Vehicle Cone Index (VCI) genoemd. De Vehicle Cone Index wordt in relatie gebracht met de weerstand die de bodem kan bieden. Dit wordt uitgedrukt in de Cone Index (CI). Er wordt vervolgens een vergelijking gemaakt van het bodemgetal CI met het voertuiggetal VCI. Als het bodemgetal groter is dan het voertuiggetal, is het terrein begaanbaar voor mens en machine. Op het moment dat het bodemgetal lager is, zullen er maatregelen genomen moeten worden, zodat personeel en machines hun werk veilig kunnen blijven uitvoeren.

Penetrologger

Een perfect instrument om de indringingsweerstand en daarmee de begaanbaarheid en het draagvermogen van een bodem te bepalen is de penetrologger. Met de penetrologger worden metingen uitgevoerd tot een maximale diepte van 80 centimeter. In uitzonderlijke gevallen kan de meting worden uitgebreid tot 3 meter. Het veldwerkinstrument is voorzien van een ingebouwde logger voor de opslag van de bewerking van een groot aantal meetgegevens (1500 sonderingen). Hierdoor is de penetrologger vooral geschikt als er een groot aantal metingen verricht moeten worden. De penetrologger heeft een ingebouwde controle op de penetratiesnelheid. Te snel en schoksgewijs drukken geeft waarden die niet representatief zijn voor de bodem. De meetmethode is nauwkeurig en heeft een meetbereik van 1000 Newton.

Naast het bepalen van de begaanbaarheid en het draagvermogen van een bodem wordt de penetrologger ook gebruikt bij de aanleg van kabels en leidingen. Als kabels en leidingen zijn aangelegd moet de sleuf waarin ze



Penetrologger CBR

liggen weer verdicht worden. Om te meten of de sleuf voldoende verdicht is kan onder andere gebruik worden gemaakt van de Proctor-waarde. In de praktijk is een vergelijking van de indringingsweerstand met metingen naast de sleuf of metingen die voorafgaand het graven zijn gemaakt voldoende. Tijdens de uitvoering van de verdichting kan met de penetrologger direct gemeten worden of het zand voldoende verdicht is.

De penetrologger heeft een ergonomisch ontwerp, is licht van gewicht en eenvoudig te bedienen. Ook beschikt de penetrologger over een nauwkeurig intern GPS-systeem, waarmee de exacte meetplaats wordt bepaald. Als optie is het veldwerkinstrument ook uit te rusten met een bodemvochtsensor. Deze sensor meet het bodemvochtgehalte op één diepte.

De penetrologger wordt standaard geleverd als complete set. De set bestaat uit de penetrologger, diverse conussen, sondeerstangen, een reflectieplaat, gereedschapsset, acculaadapparaat, communicatie kabels voor de computer, software, handleiding en een ijk-certificaat.

Penetrologger CBR

In de samenwerking met de Bundeswehr heeft Eijkelkamp Soil & Water een project opgestart om een nieuw type penetrologger te ontwikkelen. Het Duitse leger had namelijk een penetrologger nodig voor zijn grondtroepen. Dit onderdeel van het leger zoekt onder andere geschikte locaties die moeten dienen als landingsbaan. Het bepalen van de draagkracht van de bodem is hierbij essentieel. Met de speciaal ontwikkelde penetrologger CBR is het mogelijk om de draagkracht van de bodem tot een diepte van 60 centimeter te meten.

De penetrologger CBR meet door middel van een statistische penetratie test direct de CBR waarden door gebruik te maken van de standaard CBR conus. De standaard California bearing ratio CBR is een penetratietest voor het beoordelen van de mechanische sterkte van wegfunderingen en onderlagen. De CBR-waarde is de basis voor het bepalen van de dikte van de bodem en samengestelde lagen en wordt gebruikt bij het ontwerpen van wegen en luchthavens. De CBR-waarde van een bodem is een indicatie van de afschuifweerstand van de bodem onder een standaardbelasting, vergeleken met de afschuifweerstand van een standaardmateriaal (gebroken kalksteen), blootgesteld aan dezelfde belasting. De test wordt uitgevoerd door de druk te meten die vereist is om een bodem te penetreren met een conus met standaard diameter. De gemeten druk wordt vervolgens gedeeld door de druk die vereist is om een zelfde penetratie bij een standaardmateriaal van steenslag te realiseren.

A man wearing a white t-shirt, blue jeans, and a green cap is using a penetrometer in a large, flat, green field. The device is a long, thin rod with a handle at the top. The background shows a clear blue sky with some clouds and a distant treeline.

In de praktijk

In de praktijk

Vroom Funderingstechnieken is een allrounder in paalsystemen en prefab funderingsconstructies. Dankzij hun brede expertise en jarenlange ervaring op funderingsgebied wordt Vroom vaak in een vroegtijdig stadium betrokken bij complexe en specialistische funderingswerkzaamheden. Jaap Bol, projectleider bij Vroom Funderingstechnieken vertelt waarom hij de penetrologger regelmatig gebruikt bij verdichtingscontroles van bouwterreinen.

‘Het is belangrijk om de draagkracht van bouwterreinen in kaart te brengen. Je wilt namelijk niet dat kranen omvallen tijdens de werkzaamheden, omdat de begaanbaarheid van het terrein niet in orde is. Daarom meten wij altijd de weerstand van een bodem, voordat wij met een project starten’, vertelt Jaap. ‘Als eerste analyseren wij het terrein en hierbij kijken we onder andere naar de omgeving en de ligging van het bouwterrein. Daarnaast geeft het seizoen ons een belangrijke indicatie hoe de bodem eraan toe is. Op basis van deze factoren bepalen wij of we extra metingen gaan uitvoeren, met bijvoorbeeld de penetrologger. In de herfst worden er vaker metingen uitgevoerd met de penetrologger dan in de zomer. In de herfst is de bodem namelijk natter dan in de zomer en zijn de bouwputten vochtiger en slapper.’

Jaap: ‘De metingen worden handmatig met de penetrologger gemaakt. Op basis van de metingen maak ik een rapport met onderwerpen zoals: een algemene situatieschets, het gewicht van de machines die worden gebruikt tijdens de bouw, de situatie van de bodem en natuurlijk een advies hoe de bouwput weer draagkrachtig te maken is.’

‘De penetrologger vind ik een handig veldmeetinstrument, omdat je de metingen kunt uitdraaien op papier. Daarnaast kun je de situatie van een bouwterrein goed in kaart brengen en het juiste advies geven aan de aannemer of het ingenieursbureau’ vertelt Jaap. ‘Het vooraf meten hoe begaanbaar een bouwterrein is, zorgt ervoor dat de bouw niet zal stagneren. Je voorkomt dat je gedurende het traject tegen bepaalde zaken aanloopt. Daarnaast stel je vooraf vast of het terrein voor mens en machine veilig is om te betreden. Uiteindelijk moet je wel een kleine investering doen voordat het project start, maar het scheelt op den duur wel in de kosten. Je loopt namelijk niet het risico dat het materiaal dat je gebruikt beschadigd wordt doordat de bodem niet goed is.’

A photograph of two men in a grassy field. The man on the left is wearing a green cap and a white t-shirt with a logo. The man on the right is wearing a dark cap and a white t-shirt with the text 'CHAIN' and 'onderzoek naar natuur' and 'inrichting van de natuur'. They are both looking at a handheld device, which is a penetrometer, mounted on a tripod. The device is yellow and black. The background is a green field under a blue sky with some clouds.

Multifunctioneel inzetbaar

Multifunctioneel inzetbaar

De penetrologger is multifunctioneel inzetbaar en wordt onder andere gebruikt bij algemeen bodemonderzoek, basisadvies voor ondiepe funderingen, het controleren van kunstmatige verdichting van de bodem, onderzoek naar groeiomstandigheden van planten in de bodem, het controleren van de bodem op toegankelijkheid voor kranen, vrachtwagens en legeruitrusting en voor het onderzoek op gras- en sportvelden.

In de landbouwsector wordt de penetrologger ook regelmatig ingezet als veldmeetapparatuur. Piet Peters, Onderwijs- en Onderzoek Medewerker bij de Wageningen University & Research, vertelt waarom het noodzakelijk is om de penetrologger te gebruiken bij bodemonderzoek. 'Voor de civiele techniek is het belangrijk dat een bodem goed verdicht is, zodat gebouwen, machines en mensen een stabiele ondergrond hebben. Voor de landbouw is dit een ander verhaal. Compactie (verdichting) is namelijk wereldwijd een issue aan het worden. Niet alleen in Nederland, maar mondiaal gaat de grond heel erg achteruit. De machines die boeren bijvoorbeeld gebruiken worden steeds zwaarder en zorgen ervoor dat de bodem heel erg onder druk komt te staan. Als gevolg hiervan krijg je een te verdichte bodem. De compacte laag van deze verdichte bodem moet dan weer losser worden gemaakt, zodat de bodem weer in balans komt', vertelt Piet.

'Er zijn verschillende methodes om het land te bewerken, zonder deze te beschadigen. Naast ploegen heb je nu bijvoorbeeld de trend No Tillage. Bij No Tillage wordt er geen grondbewerking toegepast. Je gaat dus als het ware zo min mogelijk met machines over het land. Hierdoor krijg je een minimale grondverdichting, waardoor de grond langer goed blijft. Voor het bodemleven is hier steeds meer aandacht voor. Naast No Tillage en ploegen hebben we in Nederland ook nog een nieuwe methode en dat is Niet Kerende Grondbewerking (NKG). Het woord zegt het al; niet kerend. Met ploegen zet je alles op zijn kop. Maar bij de Niet Kerende Grondbewerking probeer je systematisch intensief kerende of mengende grondbewerking te vermijden. Het is een middel om de natuurlijke processen van de bodem zo min mogelijk te verstoren. Om te testen welke methode het beste werkt en om te kijken wat nou de effecten van de desbetreffende bewerkingsmethoden zijn, maken wij gebruik van de penetrologger. Wij doen dit bijvoorbeeld door vier velden naast elkaar te leggen. Op het eerste veld wordt geen enkele grondbewerkingsmethode toegepast. Op het tweede veld wordt geploegd, op het derde veld wordt Niet Kerende Grondbewerking toegepast en op het vierde veld No Tillage. Met de penetrologger wordt gemeten wat er



**Meer informatie:
Sales@eijkelkamp.com**

in de tussentijd gebeurt. Op deze wijze kunnen wij de effecten van de verschillende bewerkingsmethoden goed in kaart brengen en zodanig hierop anticiperen.'

'Voor ons is de penetrologger zeer gebruikersvriendelijk en heel bruikbaar voor zowel ervaren gebruikers als nieuwe gebruikers. Je wordt snel eigen met het apparaat. De data is betrouwbaar en reproduceerbaar. Het apparaat is zo ontworpen dat het eigenlijk geen problemen oplevert om het veld in te gaan. Daarnaast heeft de penetrologger een handige GPS functie en vochtsensor. Van de GPS functie maken wij veel gebruik. Bij een vervolgmeting kun je namelijk eenvoudig de coördinaten opzoeken en een mooie vergelijking maken tussen beide metingen.'

Voor meer informatie over de penetrologger kunt u contact opnemen met onze salesafdeling via sales@eijkelkamp.com