

# Lessen uit de dagelijkse praktijk

Maurice Bottiau,  
*Franki Geotechnics B, België*

**SAMENVATTING** : In het kader van onze dagelijkse activiteiten, worden we regelmatig geconfronteerd met dezelfde kleine (of minder kleine) problemen waarvan we dachten dat die al lang opgelost waren. Problemen die zich, bij een vlotte uitvoering, niet meer zouden mogen voordoen : onvoldoende grondonderzoek, onbestaande verhouding tussen de verschillende peilen van het zelfde project, absurde voorschriften van lastenboeken, onduidelijke rapportage,...

In dit artikel stellen wij voor om het leven van een project te screenen met al de lessen die wij zouden moeten geleerd hebben maar die blijkbaar regelmatig toch vergeten worden. Dit illustreren wij met een aantal voorbeelden uit de praktijk.

## 1 INLEIDING

Een project van diepfunderingen houdt een aantal facetten in die wij als volgt classificeren :

- Grondonderzoek en voorontwerp
- Berekeningsfase
- Voorbereiding van de uitvoering inclusief de inplanting
- Uitvoering
- Monitoring en controle inclusief eventuele proeven

Op elke van deze fases zijn er een aantal parameters die het uitendelijke goede resultaat conditioneren. Deze parameters worden meestal vastgelegd in documenten of normen die voor het project van toepassing zijn. Verschillende verantwoordelijken komen in elke van deze fases tussen : opdrachtgever, studiebureel, grondonderzoeksfirma, aannemer, diepfunderings-specialist ; de normen zijn voor iedereen niet noodzakelijk de zelfden ; hun appreciatie kan ook verschillend zijn. Door deze fragmentatie, de tekortkomingen van de normative documenten en een eventuele gebrekkige uitvoering en controle, doen er zich een aantal problemen voor die eigenlijk hadden kunnen vermeden worden. Dezelfde problemen of fouten worden gemaakt zonder echt gebruik te maken van de geaccumuleerde ervaring. Het is onze bedoeling van de verschillende fases van een courant project door te lopen met recurrente problemen die door een deftige voorbereiding of gebruik van de ervaring best kunnen vermeden worden. Sommige opmerkingen zullen voor België meer relevant zijn, andere meer voor Nederland.

## 2 GRONDONDERZOEK EN VOORONTWERP

In veel landen wordt deze fase nog in een belangrijke mate onderschat en worden projecten gestart zonder deftig grondonderzoek. In Nederland en België is er gelukkig een redelijke consensus dat een minimaal grondonderzoek beschikbaar moet zijn als er diepfunderingen moeten uitgevoerd worden. Toch wordt het belang van een correct grondonderzoek dat rekening houdt met de locale context en evolutie van de site en van een deftige rapportage ervan, sterk onderchat. Onder andere zaken kunnen wij de volgende tekortkomingen opsommen die zich regelmatig voordoen :

### 2.1 *Inplantingsplannen*

Het gebeurt regelmatig (in België althans) dat onbestaande of gebrekkige inplantingsplannen worden bijgevoegd met onvoldoende correlatie tussen de maten en de peilen van het project en de gebruikte referentie voor de diepsonderingen (meestal een drempel van een naburig gebouw of een rioleringsdeksel in een straat). Het is courant dat bij de eerste installatievergadering er nog moet gezocht worden om deze correlaties terug te vinden. Deze inplanting kan heel belangrijk zijn als bv de grondkarakteristieken zeer wisselvalig zijn.

Wij geven hier het voorbeeld van een werf in Ghislenghien (België) waar een waterzuiveringsstation gepland wordt. Hier is bij aanbesteding

volgens implantingsplan bij het sondering verslag gevoegd (figuur 1). Dit implantingsplan verwijst niet naar een vaste referentie en geeft geen absoluut peil. Als men dan weet dat de aanzetlaag (verweerde rotslaag) verschilt tussen 7.00 m en 15.00 m van één punt van de werf naar de andere met bekken die soms 4.00 à 5.00 m onder de grond liggen, begrijpt men dat de correcte locatie van de verschillende sondeerpunten heel belangrijk is.



Wij pleiten om vanaf de vroegste fase (ontwerpfase) een vast referentieniveau en vaste coördinaten vast te leggen die geldig blijven voor de rest van het project.

Inplantingsplannen zouden duidelijke en vaste referenties en maten moeten aangeven zodanig dat de inplanting van het grondonderzoek zonder twijfel kan worden begrepen.

## 2.2 Identificatie van de gebruikte apparatuur en van de mogelijke incidenten

In Nederland en België worden voor courante projecten meestal CPT's uitgevoerd. Onder deze algemene benaming worden verschillende apparaturen gebruikt die niet altijd op een eenduidige manier worden vermeld. De gebruikte conus wordt niet altijd gespecificeerd: is het een elektrische conus of een mechanische (nog veel gebruikt in België). Welke sectie, welke type; dit soort informatie zou op een gestandaardiseerde manier vermeld moeten worden. De correlaties tussen de metingen door verschillende type conussen geven grote afwijkingen waar weinig rekening mee gehouden wordt. Zie onder andere de correlaties die uit de recente onderzoekswerken van Limelette en St Katelijne Waver gevonden zijn.

De incidenten bij uitvoering, de mogelijke bereikte helling, de aanwezigheid van grondwater, zijn elementen die altijd zouden moeten beschikbaar

zijn en waar de aandacht van de uitvoerder op moet getrokken worden.

Op een werf in Oudergem (België) moesten er een aantal jaren terug grondverdringspalen uitgevoerd worden, op een wisselvallig aanzetpeil in dichtgepakte zandlagen

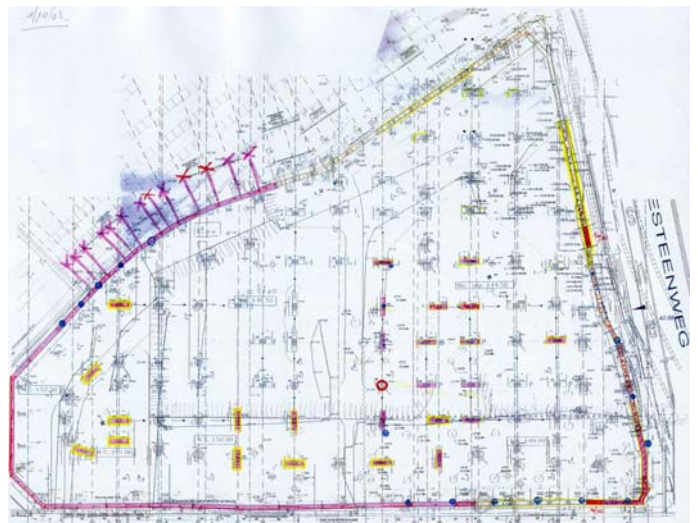
Bij de eerste paal in een welbepaalde zone, worden door de aannemer grote moeilijkheden ervaren om op diepte te geraken. Blijkt na diepere analyse van het diepsonderingsverslag dat de diepsondering in deze zone een helling bood van 30

Uiteraard is de diepte van de aanzetlaag niet meer op dezelfde diepte terug te vinden.

## 2.3 Geschiedenis en evolutie van de site

Wat we hier willen benadrukken is het belang om de globale context en omgeving van een project te bekijken met o.a. de verzameling van relevante informatie uit het verleden.

Op een werf in het centrum van Brussel die lopend is, worden een aantal belangrijke incidenten bij de uitvoering vastgesteld: instortingen van diepwandpanelen ten gevolge van een veel hoger waterpeil dan voorzien, instorting van de grond onder de naast gelegen straat, houten palen op een onvoorziene plaats en diepte. Piëzometers die ter verificatie geplaatst worden duiden een waterpeil aan dat hoger ligt dan de naast gelegen straat (figuur 2).



Na grondig onderzoek en in samenwerking met de Geologische Dienst van België werd vastgesteld dat de rivierbedding van de Maelbeek omgelegd was geweest in een grotere mate dan geweten en dat de oude bedding eigenlijk door de werf liep waardoor een geprivilegieerde waterstroom aanwezig is. De waterstroom kan door de eerste hoek van slibwand verhinderd zijn en het waterpeil gestegen zijn. De houten palen werden meer dan honderd jaren terug als fundering gebruikt voor de berging van de

riviersbedding of voor een molen die daar stond. Ontginning van veen als brandstof zou de oorsprong kunnen zijn van een afzakking in de naburige straat. Dit zijn fenomenen die ook terug te vinden zijn in Amsterdam of in andere oudere steden.

De voorkennis van deze feiten zou heel gunstig geweest zijn in de voorplanning en keuze van de technieken.

## 2.4 Locale kennis

Diepsonderingen analyseren zuiver op basis van de gemeten weerstanden op enkele locaties kan kortzichtig zijn en aanleiding geven tot belangrijke problemen bij de uitvoering.

In de streek van Zaventem (Noorden van Brussel) wordt een nieuwe industriële zoning gepland. Voor het eerste gebouw worden drie diepsonderingen uitgevoerd, die zandgrond aanduiden zonder specifieke problemen, met puntweerstand onder de eerste alluviale lagen tussen 8 en 12 Mpa. Palen worden voorzien wegens de belangrijke lasten. De lokale ervaring zegt dat gedecalcificeerd zand aanwezig kan zijn in deze zone. Toch wordt beslist op basis van de enkele diepsonderingen avergaarpalen te dimensioneren. Een tweede gebouw komt, op het naast gelegen bouwperceel. Op de vier sonderingen die uitgevoerd worden is er één waarvan de resultaten heel lage weerstanden vertonen wat duidelijk op gedecalcificeerd zand wijst. Op deze basis worden heipalen uitgevoerd met lengtes die bij de uitvoering variëren tussen 8.00 en 18.00 m.

## 3 BEREKENINGSFAZE ; OPSTELLEN VAN DE TECHNISCHE SPECIFICATIES

Deze fase is logischerwijze van groot belang voor de rest van het project. De analyse van de uit te voeren werken, op basis van de grondonderzoeksverslag zal leiden naar de keuze van de opties die zullen weerhouden worden en dus het leven van het project in een belangrijke mate beïnvloeden. Sowers (1993) zoals door Poulos, 2003 gerapporteerd, maakte een interessant onderzoek van de oorzaken van problemen in geotechniek (zie tabel).

Opvallend is dat meeste problemen hun oorsprong vinden in de ontwerpfase (en in een mindere mate in hun constructiefase) maar tijdens hun constructiefase gebeuren. Dit bewijst dat slechte keuzes of aanpakken tijdens de ontwerpfase, een dominante impact zullen hebben op de uitvoering.

Table 2. Origin and occurrences of problems in geotechnical work (Sowers, 1993).

Aspect	% of cases in which the problem originates with the aspect	% of cases in which the problem occurs with the aspect
Planning	1	1
Design	57	1
Construction	38	41
Operation	4	57

## 3.1 Fundamenteel gedrag van diepfunderingen

De onderzoekswerken die tijdens de laatste 40 jaren uitgevoerd werden hebben het mogelijk gemaakt om de essentiële kennis van het gedrag van diepfunderingen beter te benaderen. Toch blijven er een aantal oude begrippen grondig verankerd en vertaald in technische voorschriften en zelfs normen of lastenboeken. Veel zeer ervaren ingenieurs met minder inzicht in grondmechanica hebben hun meer recente lastenboeken op basis van oudere teksten aangepast met het gebruikelijke, maar gevaarlijke "knippen en plakken" computerfunctie. Het wordt dan heel moeilijk om die te weerleggen. Wij detailleren hieronder een aantal van deze concepten die tussen specialisten als banaliteiten worden beschouwd maar toch een belangrijke impact hebben op onze dagelijks werk.

- We weten nu dat palen grotendeels op wrijving werken. Geïnstrumenteerde paalproeven (zie figuur 5) hebben aangetoond dat zelfs bij hoge belastingen de kleefcomponent predominant is in het draagvermogen. In de gamma van verplaatsing die voor meeste paalfunderingen wordt toegelaten zullen meeste paalfunderingen 70 % van hun belasting op wrijving nemen. Toch wordt het nog in lastenboeken voorgeschreven dat er geen rekening mag gehouden met de wrijving, of maar gedeeltelijk.
- We weten ook dat palen zetten. Lang is er een begrip geweest dat palen een zettingsvrije oplossing boden aan alle problemen. Vandaag nog worden voorschriften toegepast die onrealistisch zettingsgedrag eisen, onder andere bij paalproeven. De STS21 die van toepassing is in België voor de Regie der Gebouwen specificeert dat de zetting bij één keer dienstlast 0.75 % de paaldiameter mag bedragen van de diameter en 1.5 % de diameter bij 1.5 keer dienstlast. .

In sommige gevallen zijn die zettingen totaal onrealistisch.

- Groepen van palen. Wij weten dat groepen van palen een andere gedrag zullen hebben dan een alleenstaande paal. Hiermee wordt in

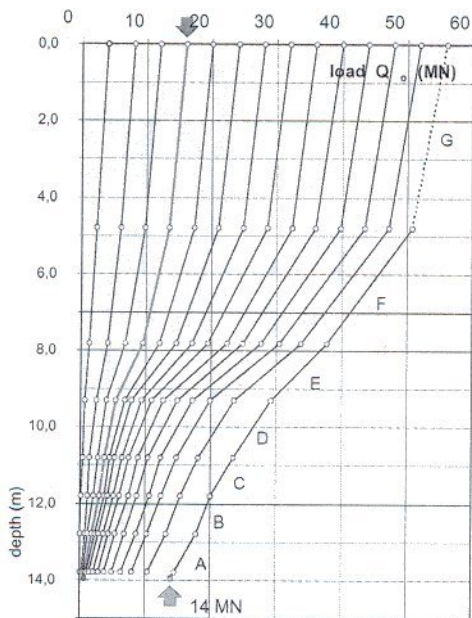


Figure 7b. Viaduct of Battice, Belgium, 2003. Load distribution along the shaft with toe resistance.

de dagelijkse praktijk heel weinig rekening gehouden.

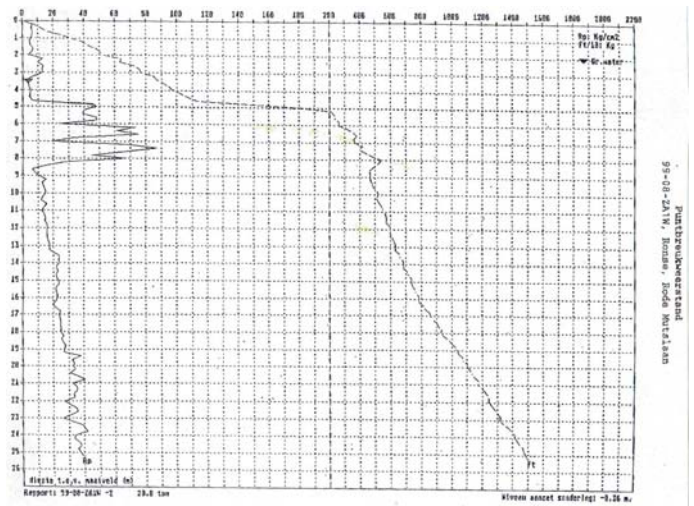
Algemeen wordt heel weinig aandacht besteed aan het vervormingsgedrag van de paalfunderingen. Heel zelden worden er criteria vastgelegd naar zettingsgedrag toe. Er wordt bv in de specialty seminars van internationale conferenties dikwijls gesproken van “piled rafts” waar getracht wordt een betere benadering te bereiken van de interactie palen-plaat-grond maar eigenlijk heel weinig wordt toegepast in courante gevallen.

### 3.2 Keuze van de funderingstechniek, lastenboeken

De keuze van de funderingstechniek zou moeten gebeuren onafhankelijk van vooroordelen en rekening houdend met alle parameters, ook de mogelijke technologische uitvoering van de vooropgezette oplossing. Er is geen unieke oplossing voor alle problemen.

Voor palen betekent dit dat het zinloos is om een specifiek paalsysteem voor te schrijven in een lastenboek, behalve na grondige analyse en concertatie. Wij willen twee voorbeelden geven :

- In Ronse (België) worden palen voorzien voor het vervaardigen van een afvalwaterzuiveringinstallatie. Een typische diepsondering wordt op figuur 4 weergegeven. Deze geeft zeer duidelijk een pure kleigrond aan. Het lastenboek voorziet palen met uithaling van de grond. Als men weet dat schroefpalen met verdringing 50 % van de markt vertegenwoordigen in België, en de heipalen een andere 20 % en dat die hun heel logische toepassing vinden in kleigronden, is zo iets wel eigenaardig. Wel wordt er de



mogelijkheid gelaten om een aangedamde basis uit te heien, wat weinig courant is in boorpalen!!

- In Utrecht (NL) wordt er voorgesteld om grondverdringende palen uit te voeren van het type Atlas. In afwezigheid van referentie in de NEN wordt het door de studiebureel geëist om met designparameters te werken eigen aan palen met uithaling van de grond. Het resultaat is dat de aanzet van de palen meer dan 3 m in dichtgepakte zandlagen vereist is, wat uitvoeringstechnisch praktisch niet haalbaar is. Blijkt dan bij de uitvoering zware problemen van abnormale slijtage en verhitten van de boorkop, zonder te spreken van het rendementsverlies. Last but not least, wordt hierdoor geen betere paal gemaakt, gezien de hele langzame indringing en de invloed hiervan op het spanningsveld rond de paal.

### 3.3 Gebruik van computerprogramma's

De ontwikkeling van softwares met meer mogelijkheden en snellere computers, hebben als invloed dat veel berekeningen in grondmechanica nu worden uitgevoerd door mensen met weinig grondmechanische background. Dit kan uiteraard leiden tot gevaarlijke of overgedimensioneerde oplossingen in functie van de parameters die worden ingevoerd.

## 4 UITVOERING

### 4.1 Werkplatform

Het aanleggen van een degelijk werkterrein is van groot belang voor de correcte uitvoering van de funderingen en het respecteren van de gevraagde toleranties. In de huidige marktomstandigheden wordt door de aannemers getracht om op alle mogelijke manier geld te besparen. Eén van deze is

geen degelijk werkterrein aan te leggen. Dit kan volgende belangrijke gevolgen hebben :

- Afwijkingen van palen door het manoeuvreren van een zware machine naast piketjes in een niet verhard platform.
- Betonnerings en wapeningsniveaus niet gerespecteerd door het verzakken van het werkterrein.
- Invloed op de vers gebetonneerde palen.

Zonder te spreken van zwaardere gevolgen zoals kantelen van heimachines.

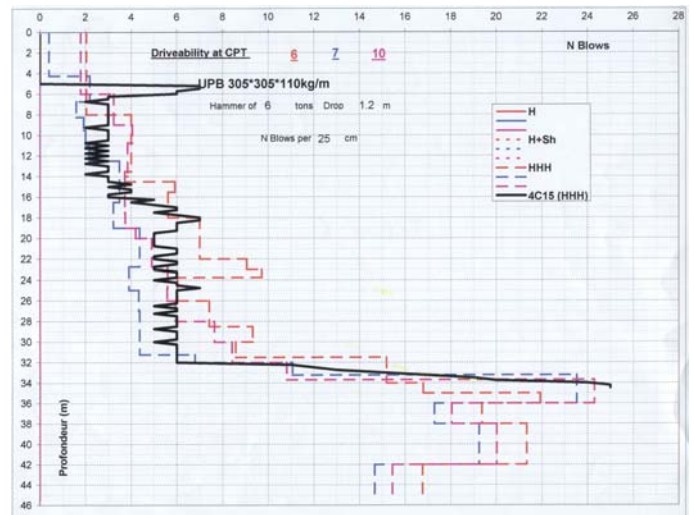


gevallen zelfs verkeerde indicaties kunnen geven (hoge hamerenergie bv).

De stuit zal uiteraard nog dienen ter verificatie van de aanzet, maar enkel op basis van een degelijke kalibratie t.o.v een diepsondering zoals bv door Everts, 1997 weergegeven

- Subdivisie van de site in zones rond elke sondering ;
- Heidiagramma van elke paal in de zone mag niet meer dan 35 % afwijken van de referentiepaal geheid niet verder dan 1m van een diepsondering.
- In het geval dat deze laatste voorwaarden niet voldaan wordt, dan wordt het draagvermogen van de paal bepaald volgens een diepsondering uitgevoerd niet verder dan 1 m van de paal.

In moeilijke gevallen is de stuit niet voldoende om eenduidige uitsluisel te geven. Bosschaart et al, 2002 stelden een nieuwe methode voor om een prognose te maken van het heigedrag op basis van de verschillende parameters die tussenkomen : materialen, materieel, grondonderzoek en uitvoeringsgedrag. Wij gebruikten de methode om moeilijke heicurves te analyseren voor het heien van H-profielen in verzadigde zanden in Douala (Cameroun). Na calibratie hebben wij een theoretische heicurve bepaald op basis van de voorafgaandelijke grondonderzoeken die het mogelijk gemaakt heeft die te vergelijken met de opgemeten heicurves. (zie figuur 6).



#### 4.2 Uitvoering van de diefunderingen zelf

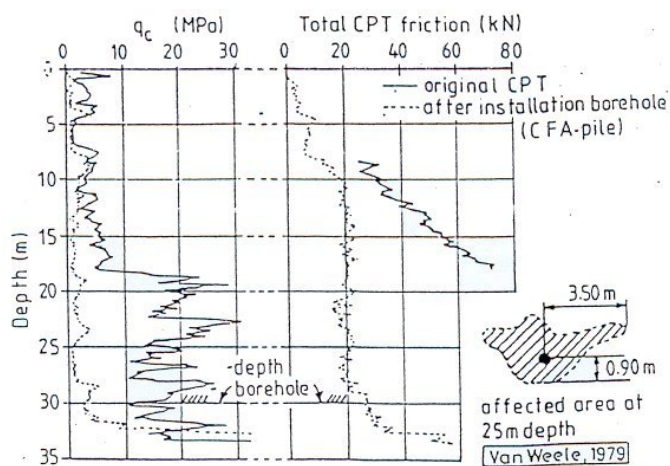
Tot in de jaren 80 was een groot deel van de palen, heipalen. Hun controle gebeurde hoofdzakelijk door middel van de meting van de stuit die vergeleken werd met één of andere heiformule. In veel gevallen worden deze nog zonder veel doorzicht gebruikt. Nochtans is het nu gekend dat deze formules geen absoluut verband hebben met het draagvermogen van de heipalen en in sommige

Met de ontwikkeling van boorpalen, van CFA (avegaar) palen en meer recent nog van grondverdringende palen zijn er een aantal uitvoeringsproblemen naar voor gekomen :

Het reinigen van het contactvlak aan de voet van boorpalen is recent op verschillende werken ter discussie gekomen. "Slechte" contacten werden gedetecteerd na boringen en diafrafien.

In dit verband moet er op gelet worden dat de evolutie van de controlemethodes het resultaat van boorpalen niet algemeen in het gedrang brengt. De berekeningsmethodes hielden al in een belangrijke mate rekening met lage basisweerstand en met grotere zettingen van boorpalen i.v.m verdingingspalen.

- Excessieve gronduthaling bij de uitvoering van CFA palen. Het welbekende voorbeeld van Van Weele (Figuur 7) heeft in de erkenning van de gevaren van slecht uitgevoerde CFA palen een belangrijke rol gespeeld.

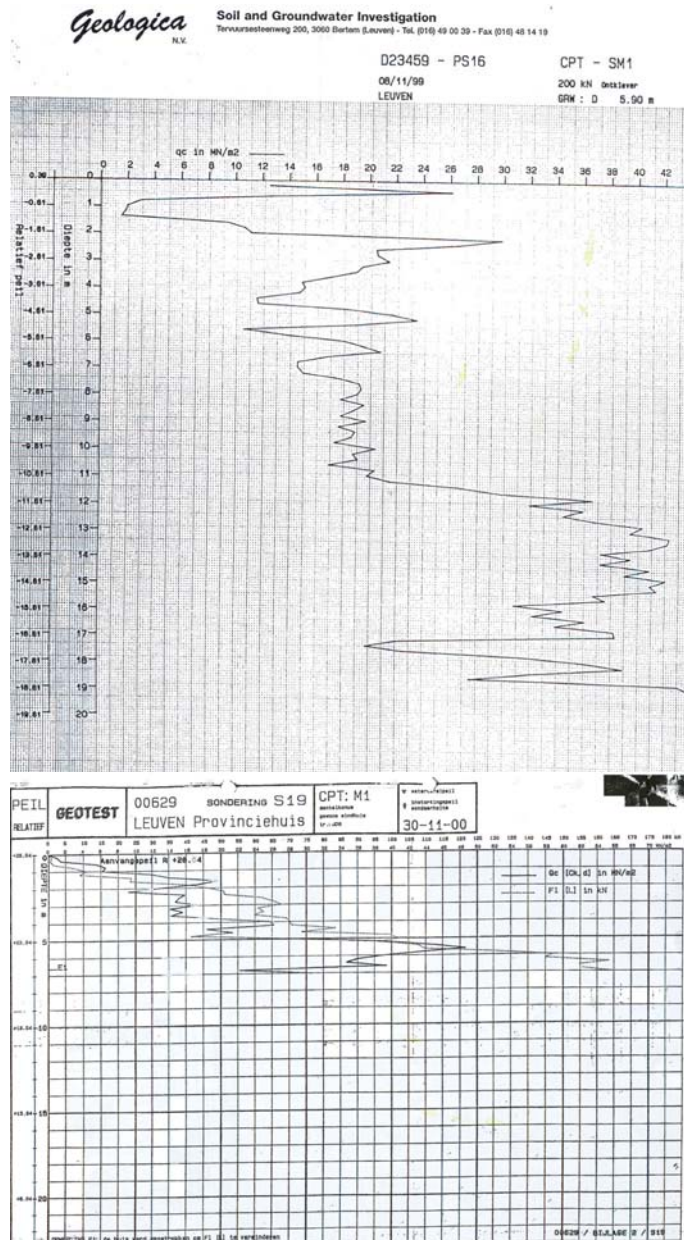


Er dient worden gezegd dat de recente evolutie van de machines en de monitoringsystemen het mogelijk maakt om deze tekortkomingen in een belangrijke mate te beperken (zie ook verder)

- De recente proefcampagne van Limelette en St Katelijne Waver heeft over het uitvoeren van grondverdingende schroefpalen een aantal belangrijke vragen gesteld.
  - Invloed van de betonneerfase en van mogelijke ontmenging ;
  - Relatie tussen systeem en machinekracht zowel bij het indringen als bij het uittrekken van de boor;

Dit leidt naar een bijzonder belangrijk concept waar te weinig aandacht wordt aan gegeven : het verband tussen de machinekracht of machineënergie  
 Figuur 8

en het uiteindelijke draagvermogen van de uitgevoerde palen. In het geval van boorpalen en in het bijzonder van avegaarpalen en grondverdingende schroefpalen hebben de uitvoeringsparameters (koppel, rotatiesnelheid, pull-down, indringingssnelheid, betondruk en volume) een heel



belangrijke invloed op de spanningtoestand rond de paal en dus op het uiteindelijke draagvermogen. Wij willen het voorbeeld geven van CFA-palen uitgevoerd met de PCS-systeem (hoge koppel, monitoring van de uitvoering, betonning onder druk) uitgevoerd met diameters 900 en 1200 mm in dichtgepakte zanden. (zie diepsondering voor en na uitvoering op figuur 8). Sonderingen voor en na uitvoering tonen aan dat de grondkarakteristieken weinig beïnvloed werden door de uitvoering van de CFA palen ondanks de hoge zandweerstand en de grote diameters.

Verder onderzoek zal ongetwijfeld nog aantonen dat gepaste machines en uitvoeringsprocédés samen met degelijke controle bij de uitvoering een essentiële rol spelen in het uiteindelijke paal draagvermogen.

## 5 MONITORING EN CONTROLE

### 5.1 Monitoring

Zoals blijkt uit het vorige is een goede monitoring van de uitvoering heel belangrijk voor het uiteindelijke resultaat van de uitvoering. Onder andere houdt de fiabiliteit van een diepfundering verband met de reproductibiliteit van het uitvoeringsprocédé. De introductie van geminiaturiseerde elektronische componenten en snellere computers maaken het nu mogelijk om een aantal uitvoeringsparameters op te meten en weer te geven, na stockage op heel klein geheugen.

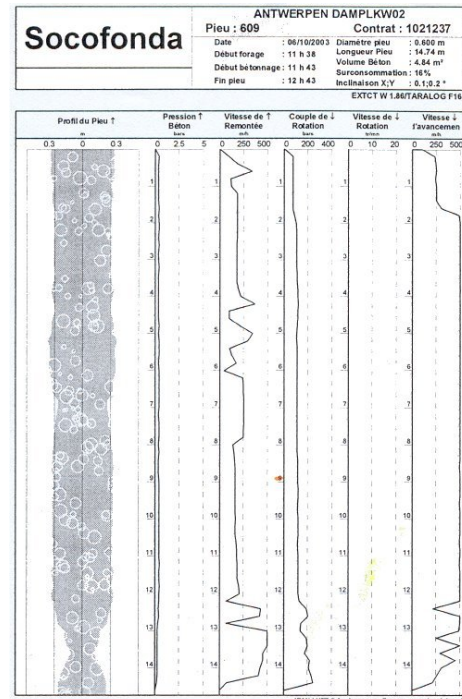
Toch dienen de resultaten van een monitoringsysteem met gezond verstand geanalyseerd te worden en met de nodige begrip van de gebruikte systemen (zie ook Bustamante, 2003):

- De gemeten parameters zijn gemeten in bepaalde locaties ; deze bepalen de betekenis van de parameter. De betondruk en betonvolume bij uitvoering van avegaarpalen bv worden gemeten bij meeste systemen ter hoogte van de boortafel. Dit betekent dat de debietmeter bv het betondebiet meet op deze plaats. Het weergegeven “profiel” van de paal is dus niet het paalprofiel in de grond maar de weergave van de manier waarop het beton werd gepompt.

Een recent “defect” werd vastgesteld op een werf rond Antwerpen, waar PCS palen worden uitgevoerd (figuur 9). Als men de uitvoeringsequentie analyseert komt men tot de volgende vaststelling : na het pompen van de eerste 2 à 3 m beton in de buis, wordt een wapeningstaaf geplaatst binnen de boorbuis en het beton wordt opnieuw gestort. Als de operator de boor begint uit te trekken vooraleer het pompen van beton opnieuw gestart wordt, zal de debietmeter niets meten, en zal het beeld van de paal een “defect” aantonen. Wel was er op 2 à 3 meter beton in de boorbuis die als buffer kon dienen.

Figuur 9

- De gemeten parameters moeten gecorreleerd worden met de grondparameters, de machinekarakteristieken, en de mogelijke incidenten die zich kunnen voordoen. Het is belangrijk bv om te benadrukken dat deze monitoringresultaten één van alle beschikbare elementen zijn die ook met gezond verstand en met kennis van de uitvoering moeten bekeken worden. Indien wel gebruikt, wordt de betrouwbaarheid van de uitvoering verhoogd en dient zich afgevraagd of de



globale veiligheidscoëfficiënt niet mag aangepast worden.

### 5.2 Proeven

Sommige landen baseren het essentiële van hun design op paalbelastingsproeven (bv in Anglo-saxische landen). Belastingsproeven worden in Nederland praktisch nooit meer uitgevoerd, behalve voor onderzoekswerken. In België worden die nog wel ter verificatie gebruikt. Het zijn dan statische belastingsproeven en hun aanvaardingscriteria houden meestal geen rekening met het grondmechanische gedrag van de palen (zie boven). Het is opmerkelijk dat dynamische en statische proeven weinig worden gebruikt in de praktijk.

Ultra-sone testen worden veel gebruikt ter verificatie van de integriteit van de palen. Toch dient er gezegd dat de ultrasone testen enkel een eenduidig antwoord zullen geven in het geval van geprefabriceerde heipalen om scheuren te detecteren. In het geval van in de grond gevormde palen, is het onze ervaring dat deze testen meer vragen stellen dan ze antwoorden bieden.

## 6 BESLUIT

Van alle problemen die worden ervaren in de dagelijkse praktijk van ons vak, is er één die regelmatig terug komt : het gebrek aan “engineering judgment”. Om allerlei externe redenen : tijd, kost of gewoonte, zijn veel ingenieurs weerhoudend om hun oudere denkwijze of regels te laten, voor nieuwere methodes of modernere technieken. Hier

is een belangrijke taak weggelegd voor ons beroep in het algemeen. Het wordt tijd dat de meest ervaren van onze grondmechanische specialisten voor opleiding van hun collega's generalisten zorgen, en dat er meer interactie komt tussen structurele ingenieurs en geotechnici, waarvan de rol zich meestal beperkt tot het analyseren van diepsonderingen en het bepalen van een aantal designparameters. Het wordt ook tijd dat we lessen trekken uit het verleden en dat we van deze ervaring gebruik maken bij het analyseren van nieuwe projecten. Dit zal dan ook gebeuren door meer tijd en meer aandacht te geven aan het voorontwerp, het grondonderzoek en de designfase, net als een beter gebruik van de meest recente uitvoerings- en monitoringstechnieken.

Wij hebben getracht om de verschillende fases van een project te doorlopen en de voor ons meest opvallende problemen aan te raken die regelmatig terug komen, terwijl dat die al lang moesten opgelost zijn.

## REFERENTIES

BOTTIAU M. 1992. Ontwikkelingen en nieuwe toepassingen van de PCS-paal. Innovatieforum.

BOSSCHAART J.W., BERKHOUT B.M. en PETERS M.G.J.M, 2001. Het voorspellen van heigedrag. Geotechniek nummer 4, The Netherlands. pp 46-53.

BUSTAMANTE M, 2003. Auger and Bored pile construction monitoring and testing – Proceedings of BAP IV, Van Impe ed., Millpress. pp 27-41.

EVERTS, H.J en LUGER,H.J. 1997. Dutch national codes for pile design. Design of axially loaded piles-European Practice, De Cock &Legrand, eds. Balkema, Rotterdam. pp 243-265.

HOLEYMAN et al.1997. Design of axially loaded piles-Belgian Practice. De Cock &Legrand, eds. Balkema, Rotterdam. pp 57-81

POULOS, H. 2003. Deep Foundations – can Further Research assits practice? Proceedings of BAP IV, Van Impe ed., Millpress pp 45-55.

MAERTENS, J. & HUYBRECHTS, N. 2003. Belgian Screw Pile Technology – Design and recent developments, eds. Balkema, Rotterdam