

JAARGANG 24 NUMMER 2 JUNI 2020

Geotechniek

ONAFHANKELIJK VAKBLAD VOOR
HET GEOTECHNISCHE WERKVELD

INCLUDING
GEOTECHNIEK
INTERNATIONAL 2020

SPECIAL
LAND
SUBSIDENCE



SCHAALPROEVEN OP DRAAGVERMOGEN
GRONDVERDRINGENDE (SCHROEF)PALEN

HEIBAARHEIDSPROEF GLAUCONIETHOUDEND ZAND
EN BOOMSE KLEI TE TERNEUZEN

ONTWERP EN UITVOERING VAN PAALFUNDERINGEN TOT 1991 DEEL 2
SCHADEPREDICTIE BIJ DIJKVERSTERKINGSPROJECT KIJK

Waarin
opgenomen

GEO
kunst



dr. ir P. Ganne
BESIX



ir J. Couck
Vlaamse overheid,
MOW, Geotechniek



ir A.-J. Snethlage
Fugro



ir A. Jacobs
Jan De Nul

HEIBAARHEIDSPROEF GLAUCONIETHOUDEND ZAND EN BOOMSE KLEI TE TERNEUZEN

Inleiding

In Terneuzen is de bouw van de Nieuwe Sluis momenteel lopende, geleid door de Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie (VNSC). In 2022 zal het eerste schip door de Nieuwe Sluis varen. De Nieuwe Sluis bevindt zich midden in het huidige sluisencomplex (figuur 1). Omdat in de ondergrond Boomse klei en glauconiethoudend zand aanwezig zijn, is het ontwerp en de uitvoering een geotechnische uitdaging [1]. Het inbrengen van buispalen en damplanken, wordt in bestekken meestal als een uitvoeringsrisico van de aannemer beschouwd. Deze schat de heikbaarheid op basis van ervaringsgegevens in. Ter voorbereiding op het bestek van de Nieuwe Sluis, wordt een studie naar de heikbaarheid van de combiwanden van het referentieontwerp uitgevoerd. Voor heikbaarheidsvoorspellingen bestaan geen bindende richtlijnen of normen. De bestaande berekeningsmethodes geven veel spreiding op de verkregen resultaten; zeker als de ondergrond bestaat uit specifieke grondlagen zoals Boomse klei en glauconiethoudend zand. Ondanks de ervaringen opgedaan bij de bouw van de Sluiskiltunnel [6] en de proefcampagne voor de Oosterweelverbinding [2] [3] blijven de nodige onzekerheden bestaan.

Beperkingen dynamische heikbaarheidsanalyses

Doorgaans wordt de heikbaarheid van stalen profielen geëvalueerd op basis van (1) een manuele

berekening (empirische heiformules), (2) ervaring en publicaties van heikbaarheidsgrafieken (leveranciers of CUR166) en/of (3) dynamische heianalyses (software zoals GRLweap/PDP wave). Drie aspecten spelen daarbij een rol: (a) de energiekenmerken van het heiblok (trilblok dan wel hamer), (b) de materiaalkarakteristieken van het te installeren (staal)profiel en (c) de dynamische weerstands- en dempingskarakteristieken van de grond.

De energieproductie/slagkracht van het heiblok en de materiaalkarakteristieken van het profiel zijn nauwkeurig gekend. Toch leiden efficiëntieverliezen (door slijtage of interne transmissieverliezen in de hamer of klemconstructie) tot onzekerheid op de netto installatieenergie. De PDM metingen in Terneuzen tonen een efficiëntie van de heiblokken tussen 75% en 100% aan. De belangrijkste onzekerheid in een dynamische heianalyse vloeit voort uit de inschatting van de dynamische weerstands- en dempingskarakteristieken van de geschematiseerde heterogene grond.

Vooreerst dient namelijk de statische weerstand van de grond te worden bepaald. Hieruit wordt de dynamische weerstand van de grond bepaald op basis van empirische factoren als functie van de grondslag en de installatiemethodiek. Dit kenmerkend verschil tussen statische en dynamische heiweerstand, wordt ondervonden bij heractivatie

na een langdurige stilstand. Bij een herstart is meer energie benodigd dan bij een doorgaand heiproces. Bij de heiproef te Terneuzen wordt geconstateerd dat de statische heiweerstand tot 250% hoger kan zijn dan de dynamische heiweerstand (cfr. restrike na 1 dag).

Het dynamisch heikbaarheidsadvies wordt bemoeilijkt door : (1) bij grondsoorten met beperkte heivaring, zoals glauconiethoudende zandgronden of overgeconsolideerde klei, kunnen de klassieke empirische correlaties niet correct zijn en is men aangewezen op (andere) ervaringsgegevens. (2) Bepaalde significante energieverliezen zijn meestal niet inbegrepen in de dynamische heianalyse en moeten met engineering judgement verdisconteerd worden. Zo is bij de heiproef te Terneuzen bijvoorbeeld geconstateerd dat de damplank zonder slotwrijving, tot 4m dieper wordt geïnstalleerd. (3) Bij het intrillen van damplanken treedt "flapperen" (= energieverlies) op. Een en ander is afhankelijk van het vakmanschap en de ervaring van de heiploeg. [4] Het opspaneffect van de grond door eerder uitgevoerde (hei)werkzaamheden. Bij de heiproef te Terneuzen wordt een toename tot 25% geconstateerd als gevolg van eerder geïnstalleerde buispaal.

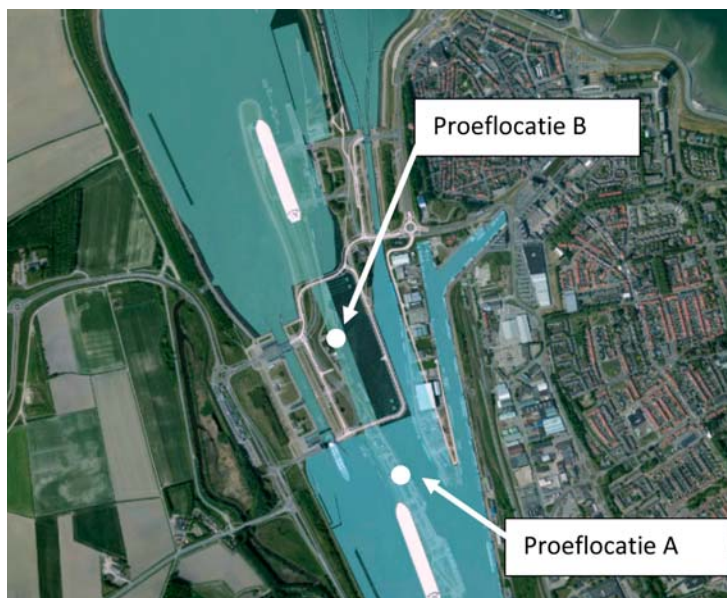
Opzet van de tril- en heiproef

Ter plaatse van de Nieuwe Sluis bestaat de grondopbouw uit een Holoceen pakket bestaande uit klei en veen afzettingen, al dan niet aangevuld met antropogene grondlagen (figuur 2). Het onderliggende Pleistocene pakket bestaat uit zandlagen afgewisseld door een klei/venige lagen (zand van de Vlaamse vallei). Onder het Pleistocene pakket zijn Neogene en Paleogene (Boomse klei) afzettingen aanwezig. Op locatie van de Nieuwe sluis is in de Boomse klei een geul ontstaan die opgevuld is met glauconiethoudend zand [7]. In figuren 5 en 6 zijn karakteristieke sonderingen opgenomen.

In de zomer van 2016 zijn op 2 locaties (figuur 3) van het sluisencomplex tril- en heiproeven met damplanken en buispalen uitgevoerd (tabel 1). Op locatie A met Boomse klei en locatie B met glauconiethoudend zand in de ondergrond.

Op beide locaties worden 4 buispalen en 3 dubbele damwandplanken ingebracht (figuur 3), waarbij eveneens mitigerende maatregelen worden geëvalueerd (tabel 1).

Voorafgaand aan de installatie van de buispalen wordt op maaiveld het geleidingsframe gepositio-

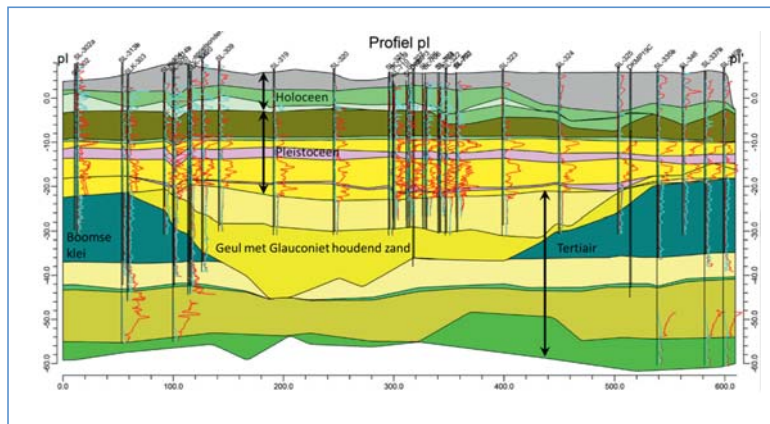


Figuur 1 – Toekomstige situatie van de sluis in Terneuzen (van www.nieuwesluisterneuzen.eu), met indicatie van de locatie van proeflocatie A en B.

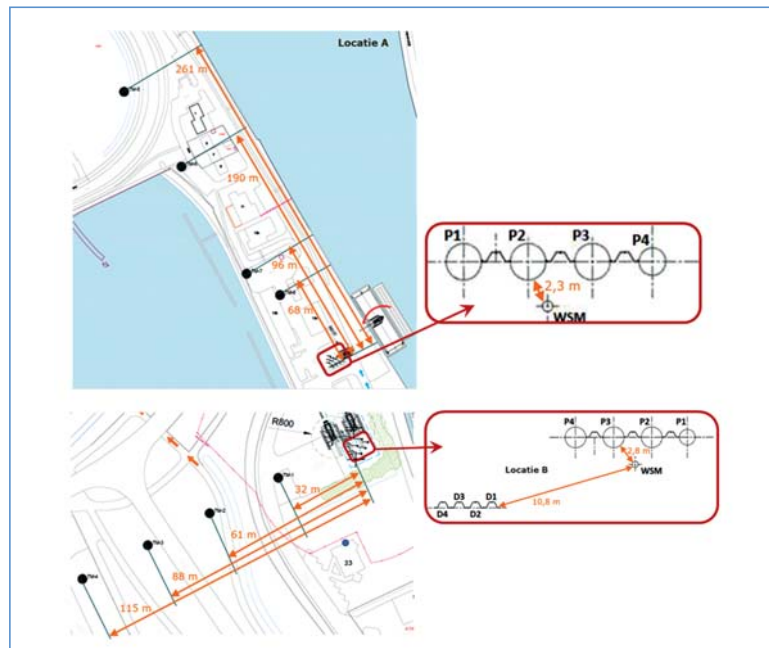
SAMENVATTING

Voorafgaand aan de aanbesteding van de bouw van de Nieuwe Sluis te Terneuzen, heeft de Vlaams-Nederlandse Scheldecommissie VNSC, in samenwerking met Fugro, in 2016 heibaarheidsproeven laten uitvoeren door Jan De Nul in samenwerking met Besix. Met de proeven wordt de uitvoerbaarheid van het

referentieontwerp aangetoond. Bovendien wordt de omgevingsinvloed van tril- en heikerzaamheden, zoals geluid en trillingen, onderzocht. In dit artikel worden de hoofdconclusies van de heiproef uit 2016 besproken en worden een aantal aandachtspunten voor toekomstige heiproeven opgenomen.



Figuur 2 – Schematische weergave van de grondopbouw ter plaatse van de Nieuwe Sluis.



Figuur 3 – Inplanting vibroconussen (TM) en waterspanningsmeters (WSM): locatie A (boven), locatie B (onder).

neerd. Op basis van voorafgaandelijke heianalyses, worden de buispalen eerst voorgepoot met het trilblok PVE2350VM of ICE56RF tot refusaldiepte en vervolgens nageheid met heiblok IHC-S280 tot aan het frame. Na 24 uur worden de buispalen verdiept tot op maaiveld (restrike) zonder geleidingsframe. Vervolgens worden de damplanken tussen de palen ingetrild tot refusaldiepte. Op locatie A wordt één damplank nageheid met een hydraulische heihamer IHC-S70. Voor deze heiproeven zijn specifieke refusal criteria opgesteld, rekening houdend met de economische rendabele voortgang en het beperken van risico op schade van het heiblok, buispalen en damplanken :

- Intrillen van damplanken en buispalen > 80mm/10s
- Inheien van damplanken < 100slagen / 25cm
- Inheien van buispalen < 200 slagen / 25cm

De invloed van mitigerende maatregelen zoals voorbereiden (diameter 600mm ter hoogte van de sloten over 20m diepte, zie figuur 11), een verbrede voet (onderrand buispaal verdikt tot 50mm, zie figuur 11) en fluïdatie worden geëvalueerd. Tijdens het inbrengen van de elementen wordt een uitgebreide monitoring gehanteerd :

- opvolgen in een logboek van de hei-energie, kalendering, penetratiesnelheid,
- PDA-metingen met rek- en versnellingsopnemers op de buispalen,
- slotverklikkers,

- waterspanningsmeters naast de buispalen en damplanken,
- inclinometers in de buispalen,
- voor- en na-sonderingen.

In de omgeving van de proef worden de volgende zaken opgevolgd:

- geluidsmetingen,
- trillingssnelheidsmetingen op het maaiveld en op structuren,
- trillingsversnellingen in de ondergrond met vibroconussen,
- grondwatervariëaties in peilbuizen,
- horizontale vervorming van de Westsluis in de diepte met een inclinometer,
- evolutie van de scheurbreedte van bestaande scheuren in een schacht van de Westsluis met scheuropnemers,
- vervormingen van de West-, Midden- en Oostsluis met topografische opmetingen.

Analyse resultaat heibaarheidsproef Terneuzen 2016

Op locatie A (Boomse klei) worden de buispalen met het trilblok (PVE2350VM) en heihamer (IHC 280) getrild en nageheid tot op de beoogde diepte van 39m-MV. Dit is 18m doorheen de Boomse klei zonder het refusal criterium te overschrijden. De benodigde hei-energie van buispaal T1-A13 verhoogt met 20% doordat buispaal T1-A12 voorafgaandelijk is geïnstalleerd. Na een stilstand van 24

uur is de einddiepte bereikt met een 'restrike' (laatste 2m). De 'restrike' hei-energie na één dag stilstand in de Boomse klei bedraagt 250%. Naderhand wordt vastgesteld dat de buispalen niet kunnen worden uitgetrild. Het intrillen (ICE56RF) van de tussendamplanken leidt op 20 à 23m-MV tot refusal. Het naheien van damplank D1-A18 met heihamer IHC-S70 gaat moeizaam en leidt na 26.5m-MV tot refusal. Mitigerende maatregelen zoals voorbereiden, blijken niet afdoende. Uitgezonderd de nageheide tussendamplanken, kunnen de planken worden uitgetrild.

Op locatie B (glauconiethoudend zand) worden de buispalen met het tril- (PVE2350VM) en heiblok (IHC 280) getrild en nageheid tot op de beoogde diepte van 33m-MV. Dit is tot 6m in het glauconiethoudend zand zonder refusal. Aangezien buispalen T1-B6 en T1-B7 geïnstalleerd worden met mitigerende maatregelen, is de verhoogde hei-energie ten gevolge van de eerder geïnstalleerde buispaal niet eenduidig vast te stellen. Buispalen T1-B6 en T1-B7 hebben 15% tot 30% meer hei-energie benodigd, en dit ondanks de toepassing van mitigerende maatregelen. De toepassing van de verbrede voet bij T1-B7, leidt tot 19% minder hei-energie dan bij het voorbereiden. Bij de restrike van de buispalen is 15% à 25% meer hei-energie benodigd. Ook op locatie B kunnen de buispalen niet worden uitgetrild. Het intrillen (PVE2350VM) van de tussendamplanken in de sloten van de buispalen leidt

Tabel 1 - Overzicht van de heiproeven : materiaalkarakteristieken, gerealiseerde aanzetpeilen bij intrillen en heien en mitigerende maatregelen per damplank en buispaal

Locatie A (Boomse klei)	Nr.	Type	Lengte	Kwaliteit	Trillen PVE 2350VM [MV-m]	Naheien IHC S280 [MV-m]	Mitigerende maatregel [MV-m]
Buispalen	T1-A12	1620/25mm	42m	X70	23.75m	39m	-
	T1-A13	1620/25mm	42m	X70	22m	39m	-
	T1-A14	1620/25mm	42m	X70	25.25m	39m	2 x voorboren (21.5m) Verbrede voet
	T2-A15	1219/18mm	42m	X70	23.25m	39m	-
Tussendamwanden	D1-A16	AZ26-700	30m	S355	20m	-	-
	D1-A17	AZ26-700	30m	S355	22.75m	-	1 x voorboren (21.5m)
	D1-A18	AZ26-700	30m	S355	21.75m	26.5m*	-

* De damplank D1-A18 wordt nageheid met een IHC S70.

Locatie B (glauconieth. zand)	Nr.	type	Lengte	Kwaliteit	Trillen PVE 2350VM [MV-m]	Naheien IHC S280 [MV-m]	Mitigerende maatregel
Testdamwanden	D2-B1	AZ38-700N	35m	S355	20m (gn refusal)	-	-
	D2-B2	AZ38-700N	35m	S355	20m (gn refusal)	-	-
	D2-B3	AZ38-700N	35m	S355	20m (gn refusal)	-	1 x voorboren (19m)
	D2-B4	AZ38-700N	35m	S355	20m (gn refusal)	-	1 x voorboren (19m)
Buispalen	T1-B5	1620/25mm	36m	X70	20m	33m	-
	T1-B6	1620/25mm	36m	X70	29m	33m	2 x voorboren (21.5m)
	T1-B7	1620/25mm	36m	X70	25m	33m	Verbrede voet
	T2-B8	1219/18mm	36m	X70	28.5m	33m	Verbrede voet
Tussendamwanden	D1-B9	AZ26-700	35m	S355	27m	-	-
	D1-B10	AZ26-700	35m	S355	24.5	-	1 x voorboren (21.5m)
	D1-B11	AZ26-700	35m	S355	25.5	-	Fluïdatie
Niet in slot	D1-B9b	AZ26-700	35m	S355	30.75	-	-

op 24 à 27m-MV tot refusal. Mitigerende maatregelen zoals voorboren en fluïderen, zijn niet afdoende. De damplanken kunnen wel worden uitgetrild. Damplank D1B9 wordt na volledig uittrillen, opnieuw ingetrild, zonder begeleiding van buispaalsloten. Zonder slotwrijving, bereikt damplank D1B9b het refusal criterium met aanzetpeil 4m dieper.

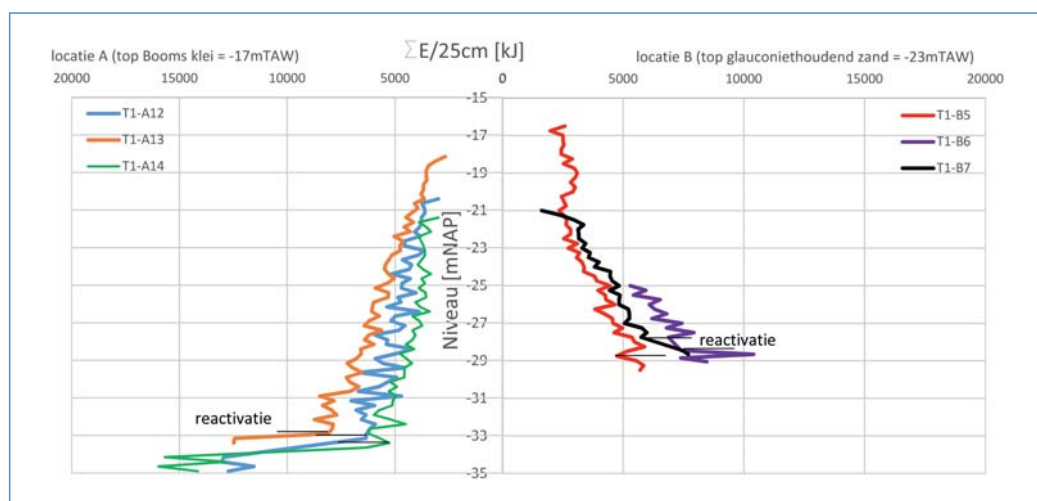
Interpretatie heibaarheidsproef Terneuzen 2016

De heiproef suggereert dat het heien van vervolgbuispalen circa 15% tot 30% meer hei-energie benodigd (in vergelijking met een stand-alone paal; figuur 4). Om het opspaneffect inzichtelijk te maken, worden de vooraf gemaakte sonderingen vergeleken met de post-sonderingen op 2m, 4m,

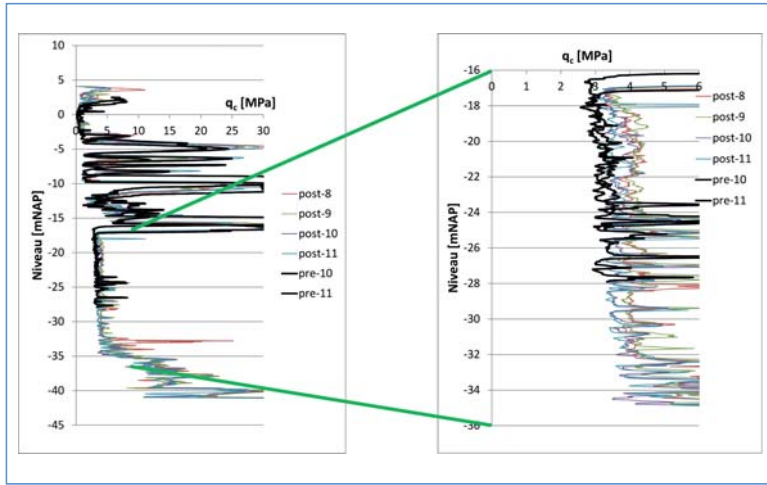
en 6m afstand van de geïnstalleerde buispalen. De post-sonderingen suggereren een verhoging van de qc waarden in de Boomse klei van 3MPa tot 3.5MPa (figuur 5) en in het glauconiethoudend zand van 8MPa tot 10MPa (figuur 6) ten gevolge van het heiproces. Doch, uit vergelijkingen met overige sonderingen uitgevoerd in het gebied, wordt opgemerkt dat er een causaal verband bestaat tussen de verhoogde qc en de sondeerconus. Binnen de gehanteerde conusklasse kunnen verschillen ontstaan door slijtage/ouderdom van de conus. De waargenomen qc verhoging kan niet direct causatief gebracht worden met een eventueel opspaneffect in de Boomse klei of het glauconiethoudend zand ten gevolge van de heiwerkzaamheden.

Omgevingsinvloed heiwerkzaamheden te Terneuzen

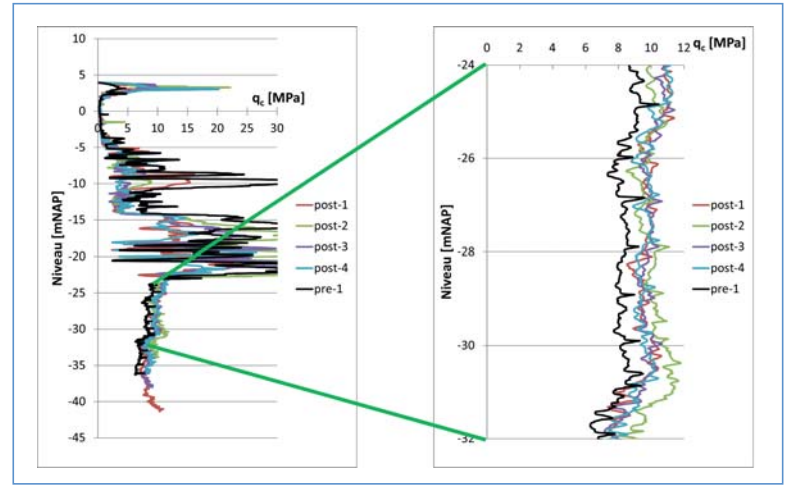
Het intrillen en heien van de damplanken en buispalen veroorzaakt trillingen in de ondergrond. De vibroconussen registreren grotere trillingen tijdens het heien dan tijdens het intrillen van de buispalen (figuren 7 en 8). Mitigerende maatregelen zoals voorboren, verbrede voet of fluïderen, resulteren niet consequent in opgemeten lagere trillingen. In het kader van risico-evaluatie op verminderde standzekerheid van waterkeringen,



Figuur 4 - Cumulatieve hei-energie (om de voet van de buispaal 25cm te verdiepen) in functie van het niveau van de voet van de buispalen op locatie A (links : top Boomse klei op -17mNAP) en locatie B (rechts: top glauconiethoudend zand op -23mNAP).



Figuur 5 – Vergelijking sonderingen voorafgaandelijk aan de heiproef (pre-10 en pre-11) en na afloop van de heiproeven (post-8, post-9, post-10 en post-11) op locatie A (Boomse klei).



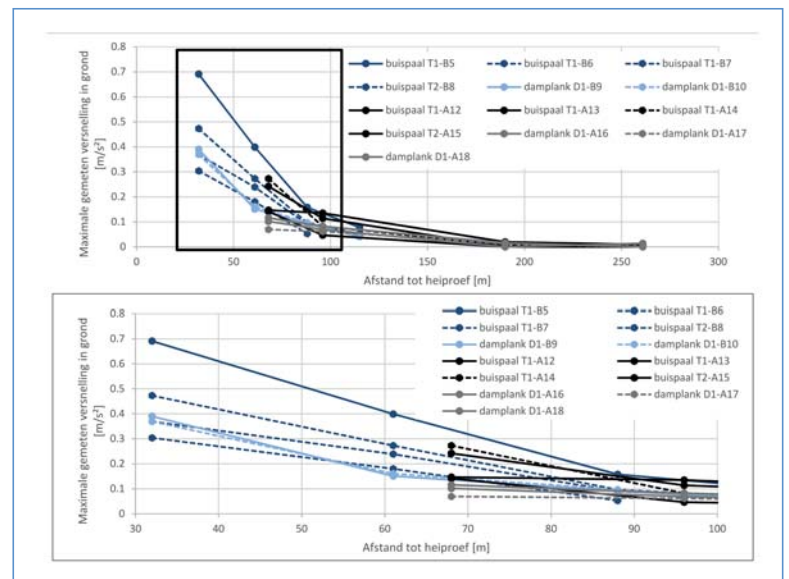
Figuur 6 – Vergelijking sonderingen voorafgaandelijk aan de heiproef (pre-1) en na afloop van de heiproeven (post-1, post-2, post-3 en post-4) op locatie B (glauconiethoudend zand).

wordt doorgaans (vuistregel) geen dynamische verificatie uitgevoerd indien de trillingsversnelling minder dan 0.5m/s^2 bedraagt. Binnen een zone van circa 50m wordt de waarde van 0.5m/s^2 niet overschreden. Voor afbakening van deze zone, dienen de vibroconussen op kortere afstanden tot de heiactiviteiten te worden geïnstalleerd. Op een afstand van 190m worden er nauwelijks nog versnellingen ten gevolge van de heiproeven geregistreerd.

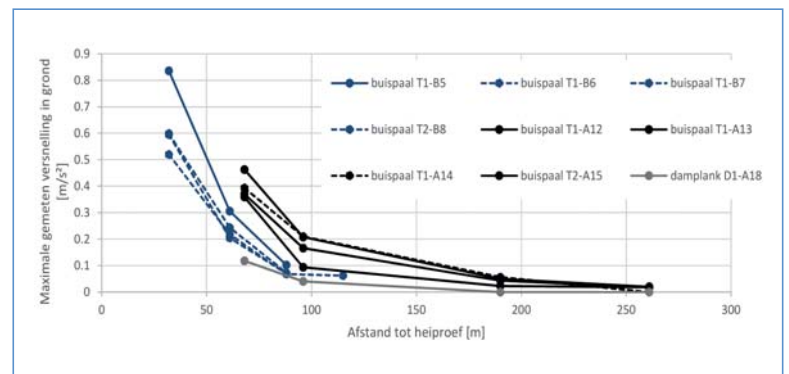
Op belendingen, worden de trillingsnelheden gemonitord. Enkel in een gebouw op minder dan 15m worden hoge trillingsnelheden gemeten (figuur 9). Ter referentiekader kan de grenswaarde van de SBR-A richtlijnen categorie 2 : 2.1mm/s (bij 10 Hz [5]) worden beschouwd. Aan deze belendingen wordt additionele scheurvorming (langs voegen) gerapporteerd. Bij belendingen op grotere afstanden worden de grenswaarden niet overschreden. Bij gebouwen op meer dan 175m, blijkt dat de trillingen niet boven de achtergrondruis uitkomen. De toepassing van mitigerende maatregelen zoals voorboren, verbrede voet of fluïderen, resulteert niet consequent in lagere opgemeten trillingen.

Verplaatsingen en vervormingen van het naburige sluizencomplex worden gemonitord : de verplaatsingen van de Westsluis (op meer dan 125m), de Middensluis (op meer dan 350m) en de Oostsluis (op meer dan 350m) met topografische inmetingen; de vervorming van de Westsluis met een inclinometer en de verandering van de breedte van aanwezige scheuren. Twee maanden voorafgaand aan de heiproeven, wordt de monitoring van het sluizencomplex opgestart. De drempelwaarde van 10mm horizontale verplaatsing wordt op 10 van de 35 meetpunten van de Westsluis overschreden. Deze overschrijding loopt op tot maximaal 23mm. Opgemerkt wordt dat deze overschrijding van de drempelwaarde zowel voorafgaand als tijdens

Figuur 7 – Trillingsversnellingen [m/s^2] in het alluviaal materiaal en in het zand van de Vlaamse vallei tijdens het intrillen van de damplanken en buispalen; damplanken en buispalen die worden ingebracht met mitigerende maatregelen, worden weergegeven met stippellijn.



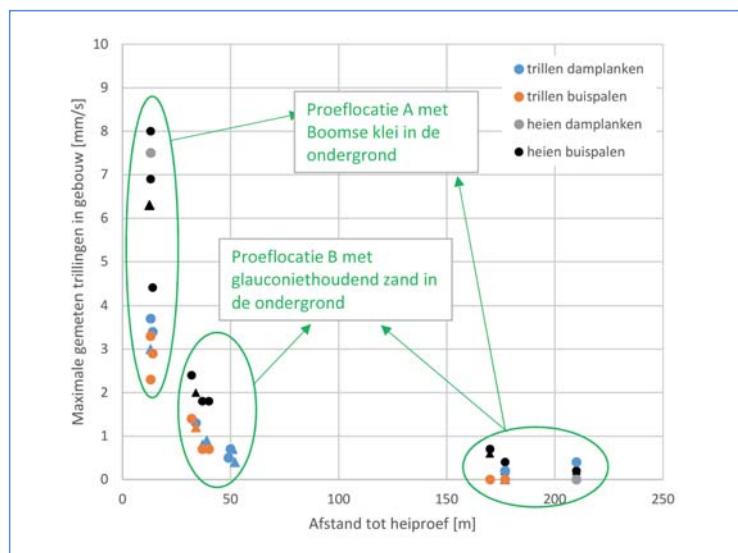
Figuur 8 – Trillingsversnellingen [m/s^2] in het alluviaal materiaal en in het zand van de Vlaamse vallei tijdens het heien van de damplank en buispalen; buispalen die worden ingebracht met mitigerende maatregelen, worden weergegeven met stippellijn.



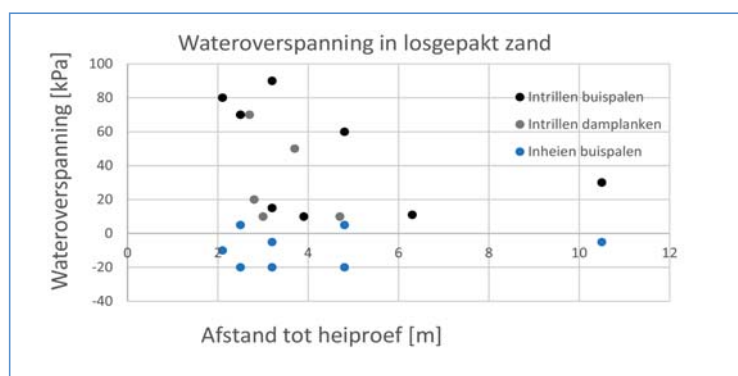
de uitvoeringsperiode van de heiproeven wordt opgemeten. De breedte van de scheuren vergroten over een periode van 3 maanden met 0.1mm. Door de uitgebreide voormonitoring, wordt aangetoond dat er geen causaal verband is tussen deze opgemeten verplaatsing en verwijding van de bestaande scheuren van het sluizencomplex en de uitvoering van de heiproeven.

De water(over)spanning worden gemonitord met

hoogfrequente (5kHz) ingedrukte waterspanningsmeters op 2 tot 11m horizontale afstand, in losgepakte tussenlagen van het zand van de Vlaamse vallei (figuur 10), de Boomse klei alsook in het glauconiethoudend zand. Tijdens de trilactiviteiten doorheen de losgepakte tussenlagen van het zand van de Vlaamse vallei, worden wateroverspanningen tot 90kPa opgemeten. Dit zou kunnen duiden op een verdichting van de losgepakte zandlagen. Deze wateroverspanningen dissiperen over



Figuur 9 – Maximale trillingssnelheid [mm/s] op de belendingen tijdens de heiproeven; de opgemeten trillingen tijdens heiproeven met mitigerende maatregelen, worden aangegeven met driehoeken.



Figuur 10 – Maximaal wateroverspanning [kPa], gemeten in de losgepakte zandlagen van de Vlaamse vallei, tijdens het intrillen en inheien van damplanken en buispalen (negatieve waarden duiden op wateronder spanning).

een periode van 10 minuten. Tijdens het inheien van de buispalen, worden veel lagere wateroverspanningen – en meestal wateronderspanningen – in de losgepakte zandlagen gemeten. Tijdens het inheien van buispalen doorheen het glauconiethoudend zand, worden tot 60kPa wateronderspanningen opgemeten. Het is niet duidelijk of dit veroorzaakt wordt door desintegratie van de glauconietkorrels, dan wel dilatant gedrag van dichtgepakt zand, dan wel een andere reden. Wateronderspanningen dissiperen over een tijdsvenster van ongeveer 4 uren. Tijdens het inheien van buispalen doorheen de Boomse klei, worden tot 80kPa wateronderspanningen en tot 150kPa wateroverspanningen opgemeten. Deze wateroverspanningen zijn na 12 uur slechts voor 66% gedissipeerd. Dit is in lijn met het sterk impermeabel gedrag van de Boomse klei.

Conclusie

Indien hei-/trilbaarheid met bijkomende omgevingshinder, een belangrijke impact heeft op de uitvoeringsrisico's van een project, geeft een hei-/trilbaarheidsproef een belangrijke meerwaarde ten opzichte van theoretische beschouwingen. De hei- en trilproeven voor de Nieuwe Sluis, uitgevoerd in 2016 bewerkstelligen bijkomende inzichten in de (on)mogelijkheden om combi-wanden in de grond in te brengen. De proef toont aan dat het voorafgaand heiwerk en de slot-

werking, determinerende factoren zijn voor de evaluatie van heikbaarheid – beide factoren die (dynamische) heipredicties vooralsnog onvoldoende robuust in rekening brengen. Het inbrengen van de buispalen vergt minder hei-energie dan initieel berekend (de predictie maakt een overschatting). De damwanden gaan minder diep dan initieel eëvalueerd. De impact van eventuele mitigerende maatregelen zoals voorboren, fluïderen en de toepassing van een verbrede voet, op de heikbaarheid en de beperking van omgevingshinder, is overschat gebleken.

Voor een groot project zoals de bouw van de Nieuwe Sluis van Terneuzen, levert een uitgebreide heiproef veel meerwaarde voor een nauwkeurige beschouwing van de uitvoeringsrisico's. Dit is in het belang van zowel de opdrachtgever als opdrachtnemer.

Aandachtspunten voor toekomstige heiproeven: Een voorafgaandelijke heiactiviteit heeft een belangrijke impact op de heikbaarheid van de vervolgpaa. Geadviseerd wordt om pas vanaf de derde paal eventuele mitigerende maatregelen toe te passen. Hiermee kan het effect van voorafgaandelijk heiwerk op de heikbaarheid beter inzichtelijk worden gemaakt.

Het opnemen van reactivatie (verdiepen na 24 uur) en de uittrilbaarheid van buispalen en damplanken in de heikbaarheids campagne, levert belangrijke

informatie voor risicoevaluatie van eventuele stilstand van de heiactiviteit en recuperatie van de buispalen/damplanken.

Toepassen van verschillende sondeerconussen kan tot belangrijke verschillen leiden in sondeerwaarden. Indien de opspanning van grondlagen ten gevolge van heiactiviteiten inzichtelijk dient te worden gemaakt, wordt geadviseerd om dezelfde sondeerconus toe te passen bij de voorafgaandelijke en postsonderingen.

Bij een monitoring van de omgevingshinder, is het essentieel om de situatie zonder heiactiviteit te monitoren (referentie situatie). Zo is de opmeting van de achtergrondruis van geluid en trillingen in de omgeving en in naburige gebouwen belangrijk voor een correcte interpretatie van de monitoringsresultaten. 0-monitoring van de autonome beweging van de naburige sluisen, is essentieel gebleken om de opgemeten verplaatsingen en scheurwijdte tijdens de heiproeven correct te interpreteren.

Bij evaluatie van trillingsversnellingen in de gronden behoeve van zettingsvloeiingen of macrostabiliteit waterkeringen, wordt geadviseerd om binnen een zone van 30m van de heiactiviteit vibroconussen te installeren.

Het opmeten van wateroverspanningen tijdens de heiproeven levert interessante informatie op voor de risicoevaluatie van de stabiliteit van de omgeving. Er wordt geadviseerd om waterspanningsmeters te installeren op verschillende afstanden van de heiproeven, teneinde de invloed van de afstand tot de heiactiviteit inzichtelijk te maken.

Referenties

- [1] Artikel in vakblad Geotechniek "Van een oude geul naar een Nieuwe Sluis" van A.J. Grashuis en S. Verfaillie, maart 2018, jaargang 22, nummer 1.
- [2] Artikel in vakblad Geotechniek "Proefcampagne voor de Oosterweelverbinding in Antwerpen" van J. Couck, G. Van Lysebetten, K. Van Royen, B. Janssens en R. de Nijs, december 2015.
- [3] Full scale field test (sheet)pile driveability in Antwerp (Belgium), R. de Nijs, F. Kaalberg, G. Osselaer, J. Couck, K. Van Royen, paper on XVI ECSMGE 2015, XVI European conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Edinburgh 13-17 september 2015.
- [4] Artikel in vakblad Geotechniek "Hei- en trilbaarheid palen en damwanden – SBRCURnet Commissie 1694" van JWR Brouwer en E van Asselt, december 2016.
- [5] SBR Trillingsrichtlijn A – Schade aan bouwwerken, SBRCURnet 2017.
- [6] Sluiskiltunnel, Geotechnisch Risicodossier, Aanbestedingsfase, Deltares, 1001254-009-GEO-0018 (ook nr-0018) dd. oktober 2009 en 12 mei 2009.
- [7] Artikel in vakblad Geotechniek "Glauconiethoudende zanden" van G. Van Alboom, J. Maertens, H. Dupont en K. Haelterman, april 2012. ●