Rapport

Projectnummer: 361408
Referentienummer: 180925-Kade_E_eindrapport.docx
Datum: 25-09-2018

Kademuren Overamstel

Eindrapport conditiebepaling kade E

TER BESPREKING

TER BESPREKING

Opdrachtgever:
Gemeente Amsterdam
Weesperplein 8
1018 XA AMSTERDAM

[Onderstaande tabel is optioneel]

Revisiebeheer

Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
0.1	25-09-2018	TER BESPREKING	Eerste versie

TER BESPREKING



Verantwoording

Titel	Kademuren Overamstel
Subtitel	Eindrapport conditiebepaling kade E
Projectnummer	361408
Referentienummer	180925-Kade_E_eindrapport.docx
Revisie	TER BESPREKING
Datum	25-09-2018
Auteur(s)	
E-mailadres	
Gecontroleerd door	Naam en Achternaam
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Naam en Achternaam
Paraaf goedgekeurd	

TER BESPREKING

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5
1.1 Achtergrond 5
1.2 Stand van zaken en beoordelingsopgave 6
1.3 Doelstelling 7
2 Referenties 8
3 Beschrijving constructie 9
4 Analyseaanpak 10
5 Proefresultaten 13
5.1 Algemeen 13
5.2 Globale veldresultaten kade E 14
5.3 Analyse indringingsmetingen i.c.m. houtmonsters 15
6 Toetsing paaldraagvermogen 17
6.1 Paalreactie 17
6.2 Berekend paaldraagvermogen 18
6.3 Toetsing paaldraagvermogen actueel 19
6.4 Toetsing paaldraagvermogen 25 jaar 21
7 Hoogtemeting 23
8 Conclusies en aanbevelingen 24
8.1 Conclusies 24
8.2 Aanbevelingen 24

Bijlage 1. Stroomschema houtonderzoek

TER BESPREKING

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

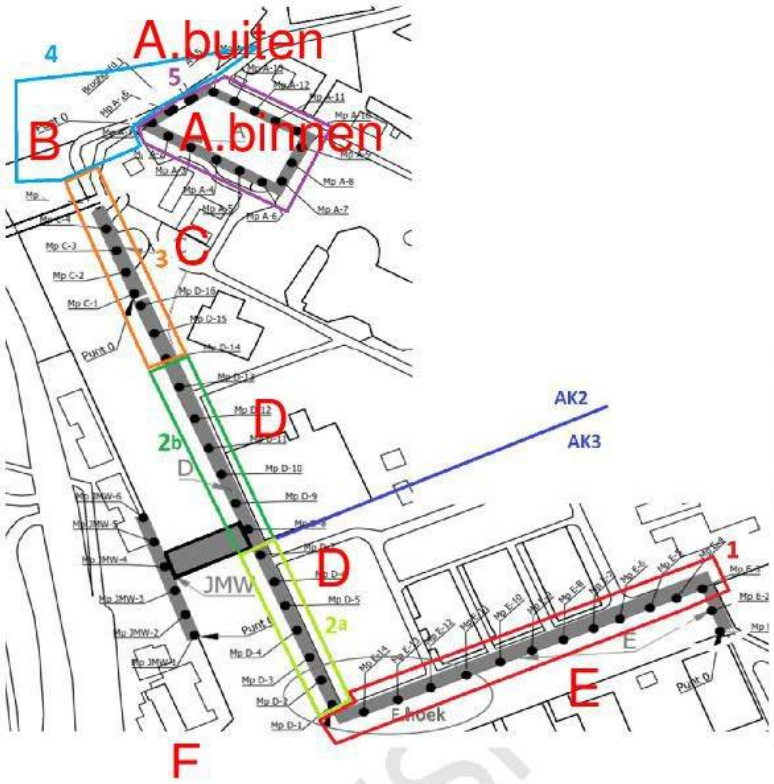
De gemeente Amsterdam heeft de (her)ontwikkeling van het Amstelkwartier in Amsterdam-Zuidoost in gang gezet. Op het te ontwikkelen terrein was voorheen de Zuidergasfabriek gevestigd. Het gebied wordt begrensd door de Amstel, de Nieuwe Utrechtseweg, het Zijkanaal en de Spaklerweg, en wordt doorsneden door de Duivendrechtsevaart.



Figuur 1: Situatie. Blauwe lijnen betreffen de te beoordelen kadeconstructies ***@@@ checken***

De oevers bestaan uit kadeconstructies, welke zijn gebouwd rond midden 20e eeuw. Momenteel zijn deze in beheer bij de dienst Grond en Ontwikkeling, maar zullen na de gebiedsontwikkeling worden overgedragen aan Stadsdeel Oost. Het ontvangende stadsdeel eist bij overdracht een restlevensduur van tenminste 25 jaar.

De te beoordelen kadeconstructies zijn onderverdeeld in verschillende delen, waarbij een naamgeving is gehanteerd zoals in de volgende afbeelding weergegeven:



Figuur 2: Naamgeving kademuren

Er vigeren meerdere naamgevingen, welke worden toegelicht:

- Kadeconstructie E (ook wel kade 1 genoemd):
- Kadeconstructie C en D (ook wel kade 2a/2b en 3 genoemd)
- Kadeconstructie B en Abuiten (ook wel kade 4 genoemd)
- Kadeconstructie A binnen (ook wel kade 5 genoemd)
- Kadeconstructie F (kademuur Ymere)

Voorliggend document heeft betrekking op kade E.

1.2 Stand van zaken en beoordelingsopgave

Een analyse naar de conditie en restlevensduur van kade E is reeds uitgevoerd. Hierbij zijn archiefinformatie, inspectiegegevens en resultaten van indringingsproeven en laboratoriumproeven gebruikt. De maatgevende paalreacties zijn berekend met een eindige elementen model in Scia.

De berekeningen hebben geresulteerd in de voorwaardelijke conclusie dat kade E geschikt is om te behouden. De conclusie is voorwaardelijk omdat deze gestoeld is op een kleine steekproef. De analyse heeft geresulteerd in onder meer de aanbeveling om meer informatie over de huidige staat van de houten funderingspalen te vergaren, en onderzoek

TER BESTUURLIJKE VASTSTELLING

te laten verrichten naar het degradatietempo van deze palen. De aanbevolen onderzoeken zijn inmiddels verricht en worden in deze rapportage uitgewerkt.

1.3 Doelstelling

Doel is om een betrouwbaar beeld te krijgen van:

- de actuele staat van de funderingspalen.
- de staat van de palen over 25 jaar.

TER BESPREKING

2 Referenties

De volgende documenten zijn gebruikt bij het opstellen van dit rapport:

	Referentie	Titel, opsteller	Versie/datum
1	SWNL00221910	Rapportage kademuren Overamstel, Sweco	09-03-2018
2	1016-0174-009	Geotechnisch onderzoek kademuren Overamstel Amsterdam, Fugro	23-03-2018
3	18p013	Voorinspectie kademuren Overamstel, Baars Cipro	28-02-2018
4		Archieftekeningen	
5	SWNL0231514	Geotechnisch onderzoek fundering kademuren Overamstel, Amsterdam, Sweco	12-09-2018

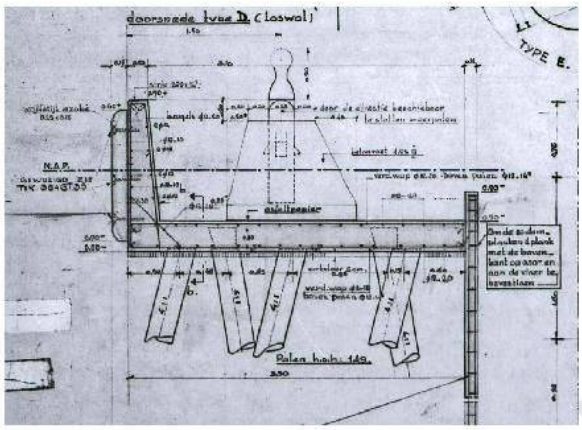
Verder zijn de volgende normen, richtlijnen en aanbevelingen gebruikt:

	Referentie	Titel, opsteller	Versie/datum
11		Richtlijn houten paalfunderingen onder gebouwen, SBRCUR	Okt 2016
12		Binnenstedelijke kademuren, SBRCUR	Nov 2013
13		Eurocode-serie	
14		NEN 8700, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen	

TER BESPREKING

3 Beschrijving constructie

Kade E is in 1955 aangelegd t.b.v. de Zuidergasfabriek. De leeftijd bedraagt dus 63 jaar. De kade is een voormalige laad- en loswal, bestaande uit een betonnen L-muur op houten palen:



Er is sprake van 3 rijen drukpalen, en 2 rijen trekpalen. In de lengterichting van de kade staan de palen h.o.h. 1,49m. De aanvankelijke paalkopdiameter bedraagt gemiddeld ca. 250mm.

Achter de kade is een betonnen damwand toegepast als grondkerende constructie. De passieve wig van deze damwand is rekenkundig niet volledig stabiel. De funderingspalen hebben echter een vernagelende werking op de passieve wig, waardoor de wand in de praktijk toch stabiel is gebleken.

TER BESPREKING

4 Analyseaanpak

De analyse wordt als volgt ingestoken:

- De paalreacties zijn reeds bepaald in [1]. De daarin gevonden krachten worden overgenomen.
- De in [1] gebruikte sonderingen waren op enige afstand van kade E genomen en waren derhalve indicatief voor kade E. Recent zijn nieuwe sonderingen dichtbij kade E genomen t.b.v. de herberekening van kade E [2]. Deze nieuwe sonderingen vormen de grondslag voor een actualisatie van het in [1] berekende geotechnisch draagvermogen.
- Uit de funderingspalen van kade E is een steekproef genomen. Van deze palen is de indringing vastgesteld en afhankelijk van de indringing zijn bij een deel van de palen houtmonsters genomen. De monsters zijn geanalyseerd in een laboratorium. Uit het laboratoriumonderzoek op de houtmonsters moet blijken aan welke vormen van aantasting de palen eventueel onderhevig zijn. Aantastingen veroorzaken een zachte schil aan de buitenzijde van de palen, waardoor de dragende doorsnede gereduceerd wordt. Grofweg kan hierbij gesteld worden:
  - Schimmelaantasting: deze komt voort uit droogstand, dit speelt zich uitsluitend af bij de paalkop.
  - Bacteriële aantasting: deze strekt zich uit over de gehele lengte van de paal. Hierbij wordt de mate van aantasting aan de kop geacht voor 50% ook te zijn opgetreden bij de paalpunt. Daartussen verloopt de dikte van de zachte schil lineair. Aldus ontstaat een (modelmatig) tapse zachte schil over de lengte van de paal.
- De paalsterkte wordt beoordeeld middels ten hoogste 4 toetsingen:

	Paalkop	Omslagpunt
T = 1 jaar	De dragende doorsnede aan de kop wordt bepaald aan de hand van de indringingsmetingen. Het is veelal niet noodzakelijk om de oorzaak van de aantasting te kennen.	Uit het lab-onderzoek blijkt de oorzaak van eventuele aantasting aan de paalkop. Als er sprake is bacteriële aantasting aan de paalkop, dan wordt de mate van aantasting bij het omslagpunt hier uit afgeleid.
T = 25 jaar	Uit het lab-onderzoek blijkt de oorzaak van eventuele aantasting aan de paalkop. Het lab geeft een indicatie af van de mate van degradatie over 25 jaar. Hiermee worden de reductie van de dragende doorsnede over 25 jaar bepaald.	Uit het lab-onderzoek blijkt de oorzaak van eventuele aantasting aan de paalkop. Het lab geeft een indicatie af van de mate van degradatie over 25 jaar. Als er sprake is bacteriële aantasting aan de paalkop, dan wordt de mate van aantasting over 25 jaar bij het omslagpunt hier uit afgeleid.

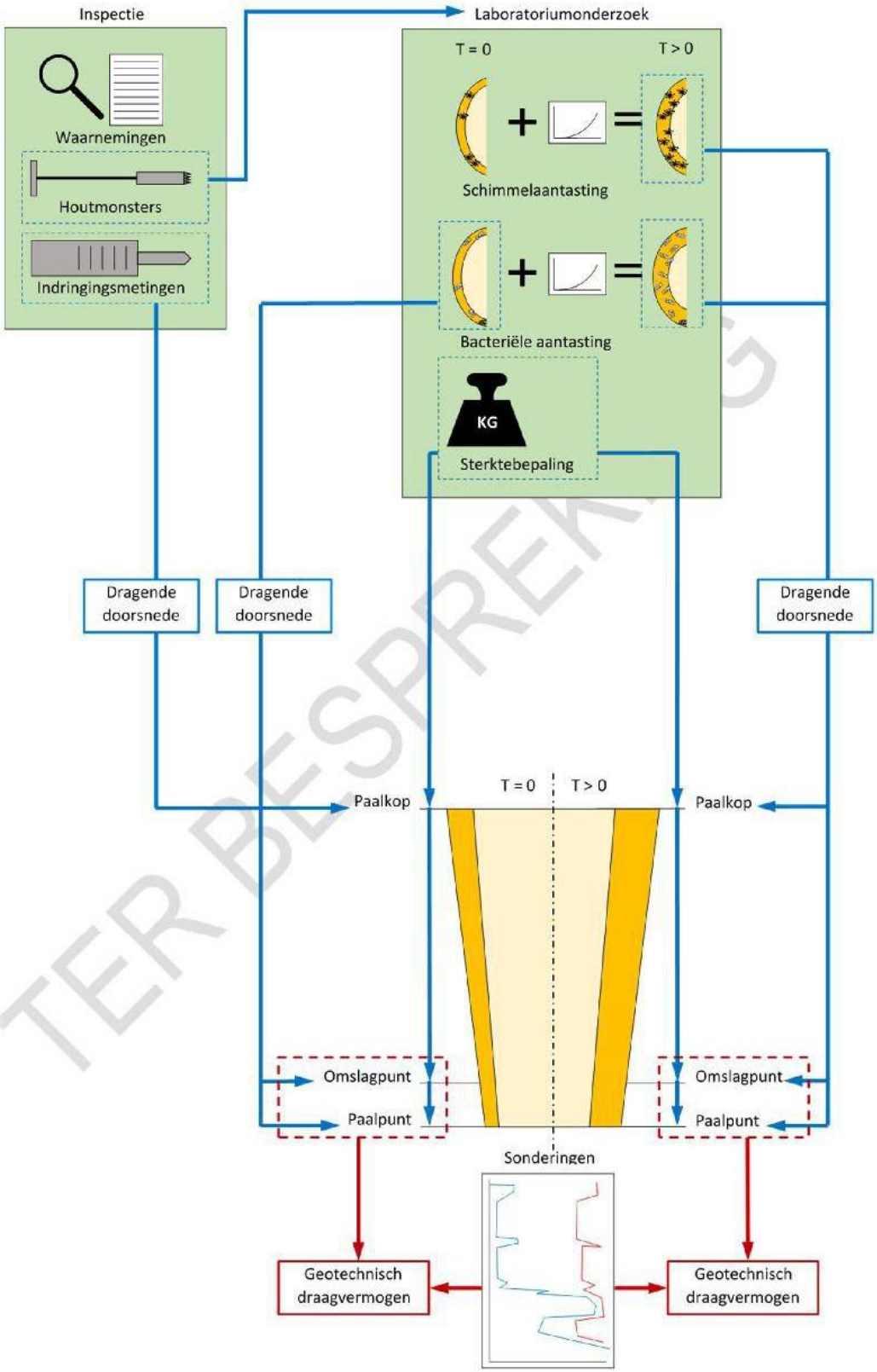
- Analoog aan bovenstaande toetsingen wordt het geotechnisch draagvermogen voor de actuele en toekomstige situatie berekend en getoetst. Het draagvermogen wordt geleverd door de paalpunt en de paalschacht:

TER BESPREKING

	Paalpunt	Paalschacht
T = 1 jaar	Uit het lab-onderzoek blijkt de oorzaak van eventuele aantasting aan de paalkop. Als er sprake is bacteriële aantasting aan de paalkop, dan wordt de mate van aantasting aan de paalpunt hier uit afgeleid. De gereduceerde puntdoorsnede wordt in de draagkrachtberekening gehanteerd.	In principe geen reductie van het schachtoppervlak. De schachtomtrek ter hoogte van het omslagpunt wordt gebruikt om de bijdrage uit positieve kleef te bepalen.
T = 25 jaar	Uit het lab-onderzoek blijkt de oorzaak van eventuele aantasting aan de paalkop. Het lab geeft een indicatie af van de mate van degradatie over 25 jaar. Als er sprake is bacteriële aantasting aan de paalkop, dan wordt de mate van aantasting aan de paalpunt over 25 jaar uit de afgegeven indicatie van de te verwachten degradatie afgeleid. De gereduceerde doorsnede wordt in de draagkrachtberekening gehanteerd.	In principe geen reductie van het schachtoppervlak. De schachtomtrek ter hoogte van het omslagpunt wordt gebruikt om de bijdrage uit positieve kleef te bepalen.

Bovengenoemde werkwijze staat in het volgende stroomdiagram weergegeven:

TER BESPREKING

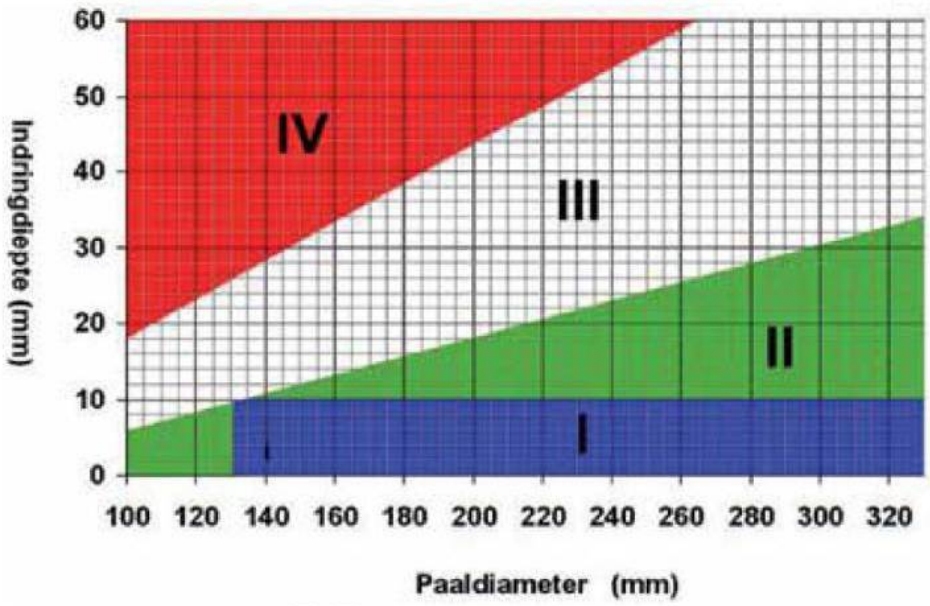


TER BESPREKING

5 Proefresultaten

5.1 Algemeen

De funderingspalen van kade E zijn om de 20m onderworpen aan een indringingsproef. De mate van indringing, afgezet tegen de paaldiameter, bepaalt of er een houtmonster genomen zal worden. De grafiek is afkomstig uit [11]:



De betekenis van de verschillende adviesgebieden:

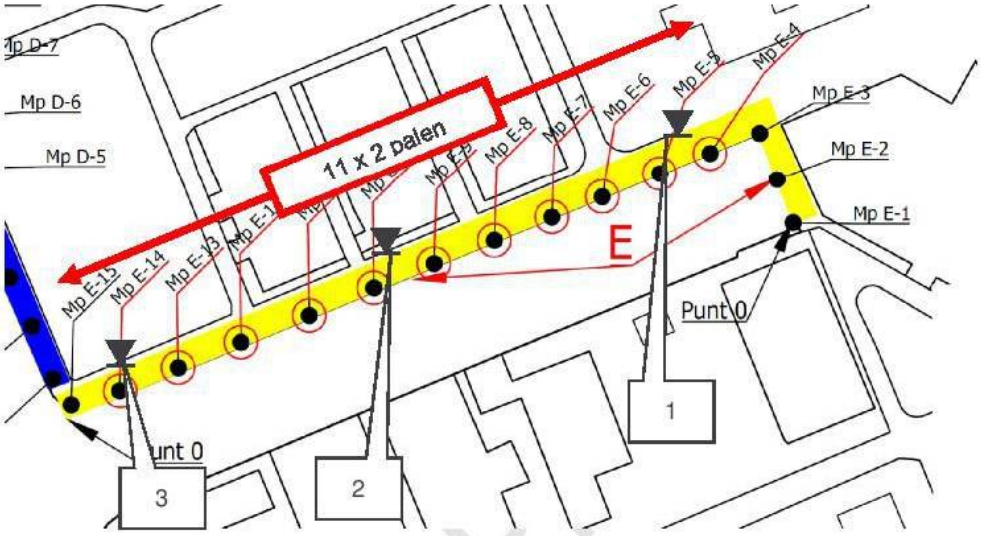
- Gebied I: geen aantasting van constructieve betekenis. Geen monsters noodzakelijk.
- Gebied II: aantasting zonder nadelige invloed op de sterkte van de paalschacht. Monstername alleen noodzakelijk voor vaststelling oorzaak en ontwikkeling in de tijd.
- Gebied III: monstername noodzakelijk voor onderzoek naar toekomstige sterkte paalschacht.
- Gebied IV: sterkte van de paalschacht is onvoldoende. Monstername alleen noodzakelijk indien de oorzaak van de aantasting moet worden vastgesteld.

Hieruit kan grofweg concludeerd worden dat palen in adviesgebieden I en II goede kans maken op een hoge restlevensduur. Palen in adviesgebied III zullen op de korte of middellange termijn funderingsherstel vergen (of vervanging van het bouwwerk). Palen in adviesgebied IV zijn nu reeds te zwak.

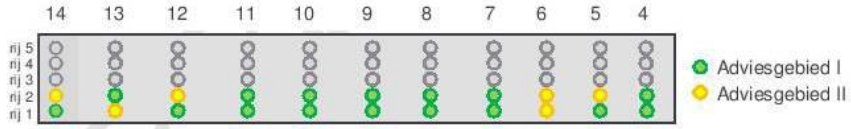
Opgemerkt wordt dat een paal die in goede conditie verkeert, niet gegarandeerd sterk genoeg is of voldoende geotechnisch draagvermogen bezit.

5.2 Globale veldresultaten kade E

Totaal zijn er 11 posities aangewezen, waarbij per positie 2 palen dienden te worden beproefd met de Pilodyn indringingsmeter. Tevens zijn ter plaatse van kade E 3 sonderingen genomen, welke in het bovenaanzicht staan aangegeven:



Van de 22 beproefde palen bevinden zich 16 in adviesgebied I, en 6 in adviesgebied II, als volgt verdeeld:



Palen in adviesgebied I behoeven in principe niet strikt noodzakelijk een verdere analyse naar toekomstige degradatie te ondergaan. In het geval van de kademuren Overamstel geldt dat de staat van de kademuren dienen te worden vastgesteld in het kader van een eigendomsoverdracht. Om deze reden is het onderzoek uitgebreider ingestoken dan een beheerder normaliter zou verkiezen, en uitgebreider dan bijvoorbeeld publiekrechtelijk noodzakelijk zou zijn.

In het geval van kade E is gekozen om uit alle 22 palen een houtmonster te boren, en deze te laten analyseren. De duik-aannemer heeft het onderzoek laten verrichten door SHR.

5.3 Analyse indringingsmetingen i.c.m. houtmonsters

Van de 22 beproefde palen kunnen op basis van de veldresultaten de volgende globale eigenschappen worden vastgesteld:

- De gemiddelde paalkopdiameter bedraagt ca. 250mm.
- De gemiddelde indringing bedraagt 8mm, met een maximum van 11mm.
- Onder de kade staan 3,33 palen per strekkende meter. Per 20m zijn dit 66,66 palen. Hiervan zijn er 2 beproefd. De steekproefgrootte bedraagt derhalve 3%. Dit in overeenstemming met [12].

De indringingsmetingen geven een eerste indicatie van de dikte van de zachte schil. Normaliter wordt deze dikte met 5mm verhoogd, maar dit kan vermeden worden als er laboratoriumresultaten beschikbaar zijn waaruit de staat van het hout nauwkeurig blijkt.

Volgens [11] kunnen er 2 correcties op de gemeten dikte van de zachte schil worden doorgevoerd:

- Als de diepte van de sterke aantasting <= gemiddelde indringingsdiepte, dan komt de ophoging van 5mm te vervallen.
- Als ter plaatse van de gemiddelde indringing de druksterkte >= 10N/mm2 is, dan wordt de indringing met 5mm verkleind.

Deze aanpassingen hebben overigens alleen betrekking op de paalkop omdat de aantasting door schimmels daar een rol kan spelen en maatgevend kan boven de aantastingsdiepte door bacteriën. Dit is van invloed op de evaluatie bij de eerste bullit.

Voor de bepaling van de dragende puntdiameter wordt uitgegaan van de initiële paalkopdiameter i.c.m. een tapsheid van 7,5mm/m. De zachte schil wordt aan de punt gelijkgesteld op de helft van de aantastingsdiepte door uitsluitend bacteriën zoals bepaald aan de paalkop.

Uit de laboratoriumproeven blijken de volgende zaken ten aanzien van de conditie van de palen:

- Alle bemonsterde palen zijn van vuren, welke in een buitenste schil van maximaal 13mm bacterieel sterk zijn aangetast. Deze aantasting is onder het grondwaterniveau tot stand gekomen.
- 15 van de 22 monsters zijn ook aangetast door schimmels. Deze aantasting is in de meeste gevallen ontstaan door droogstand of tijdens perioden met een verhoogd zuurstofaanbod.
- Bij droogstand kan de aantasting toenemen met maximaal 5mm/jaar.

Meer in detail zijn de resultaten in tabelvorm weergegeven:

TER BESPREKING

SHR nr monster	Meetpunt	Paalrij	afstand tot nulpunt	D kop	gem. indringing Pilodyn	adviesgebied	dikte sterke EB aantasting	dikte sterke schimmel-aantasting	max dikte sterke aantasting	sterke aantasting <= indringing?	druksterkte tpv indringing >= 10MPa?	correctie op Dameter o.b.v. aantasting	correctie op Dameter o.b.v. druksterkte	correctie definitief	D rest gecorrigeerd = D -2* (i- corr)	Niveau paalkop	Niveau omslag	Niveau paalpunt	D punt initieel	D punt - 1/2* EB-aantasting
[-]	[-]	[-]	[m]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m+NAP]	[mm]	[mm]
1	4	1	60	250	5	I	5	5	5	ja	ja	0	5	5	250	-0,8	-13	-13,5	155	150
2	4	2	60	240	9	I	2	0	2	ja	ja	0	5	5	232	-0,8	-13	-13,5	145	143
3	5	1	80	260	9	I	3	0	3	ja	ja	0	5	5	252	-0,8	-13	-13,5	165	162
4	5	2	80	250	11	II	0	5	5	ja	ja	0	5	5	238	-0,8	-13	-13,5	155	155
5	6	1	100	250	11	II	0	4	4	ja	ja	0	5	5	238	-0,8	-13	-13,5	155	155
6	6	2	100	260	11	II	4	4	4	ja	ja	0	5	5	248	-0,8	-13	-13,5	165	161
7	7	1	120	250	6	I	0	0	0	ja	ja	0	5	5	248	-0,8	-13	-13,5	155	155
8	7	2	120	240	8	I	10	0	10	nee	ja	-5	5	0	224	-0,8	-13	-13,5	145	135
9	8	1	120	220	9	I	0	5	5	ja	nee	0	0	0	202	-0,8	-13	-13,5	125	125
10	8	2	120	260	5	I	8	8	8	nee	nee	-5	0	-5	240	-0,8	-13	-13,5	165	157
11	9	1	140	240	9	I	3	3	3	ja	ja	0	5	5	232	-0,8	-13	-13,5	145	142
12	9	2	140	250	5	I	13	5	13	nee	nee	-5	0	-5	230	-0,8	-13	-13,5	155	142
13	10	1	160	280	9	I	6	6	6	ja	nee	0	0	0	262	-0,8	-13	-13,5	185	179
14	10	2	160	280	8	I	5	5	5	ja	nee	0	0	0	264	-0,8	-13	-13,5	185	180
15	11	1	180	230	6	I	5	5	5	ja	ja	0	5	5	228	-0,8	-13	-13,5	135	130
16	11	2	180	270	5	I	4	0	4	ja	nee	0	0	0	260	-0,8	-13	-13,5	175	171
17	12	1	200	240	8	I	1	1	1	ja	nee	0	0	0	224	-0,8	-13	-13,5	145	144
18	12	2	200	210	11	II	7	0	7	ja	nee	0	0	0	188	-0,8	-13	-13,5	115	108
19	13	1	220	280	11	II	0	7	7	ja	nee	0	0	0	258	-0,8	-13	-13,5	185	185
20	13	2	220	250	9	I	0	7	7	ja	nee	0	0	0	232	-0,8	-13	-13,5	155	155
21	14	1	240	260	6	I	0	0	0	ja	ja	0	5	5	258	-0,8	-13	-13,5	165	165
22	14	2	240	240	11	II	5	5	5	ja	ja	0	5	5	228	-0,8	-13	-13,5	145	140

De laatste kolom levert de actuele paalpuntdiameters, welke gebruikt zullen worden voor de bepaling van het geotechnisch draagvermogen.

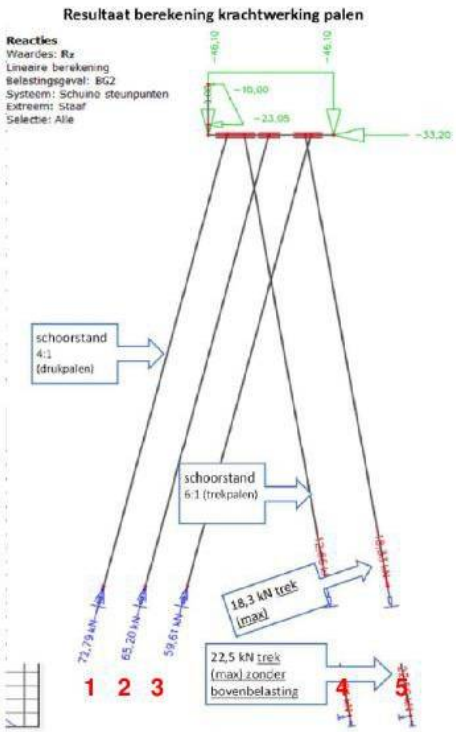
TER BESPREKING

6 Toetsing paaldraagvermogen

6.1 Paalreactie

De maatgevende paalreactie is ontleend aan [2]:

- De actuele rekenwaarde van de paalreactie bedraagt 113kN/paal.
- Voor de situatie over 25 jaar geldt een rekenwaarde van de paalreactie van 128kN/paal.



paalnr	1	2	3	4	5
F,rep/m	72,79	65,20	59,61	15 trek	22,50 trek
F,rep,paal (b=1,49)	108,46	97,15	88,82		
Fd,paal,1.15	124,73	111,72	102,14		
Fd,paal,1.30	140,99	126,29	115,46		
Frep, gem,paal	98,14	98,14	98,14		
Fd,gem,paal,1.15	112,86	112,86	112,86		
Fd,gem,paal,1.30	127,58	127,58	127,58		

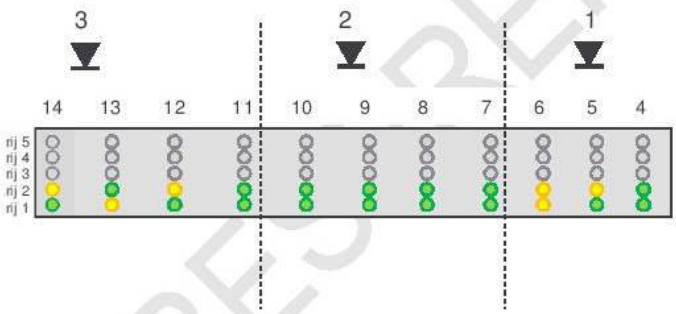
TER BESPREKING

6.2 Berekend paaldraagvermogen

Voor 3 paalkopdiameters i.c.m. 3 sonderingen zijn 9 waarden van het paaldraagvermogen bepaald. De waarden zijn ontleend aan [5] onder toepassing van een gecorrigeerde (verlaagde) waarde voor ksi3 van 1,26 i.v.m. herverdelingsmogelijkheid (kade wordt stijf verondersteld).

Diameter punt [mm]	Rc,d sondering 1 [kN]	Rc,d sondering 2 [kN]	Rc,d sondering 3 [kN]
74	69	56	30
139	181	150	83
199	331	266	161

De berekende paaldraagvermogens lopen dermate uiteen (variatiecoëfficiënt > 12%) dat sonderingen niet in combinatie mogen worden beschouwd. Derhalve worden er paalgroepen gevormd, waarbij de 1/3-2/3 regel wordt toegepast. De palen worden als volgt aan een sondering toegewezen:

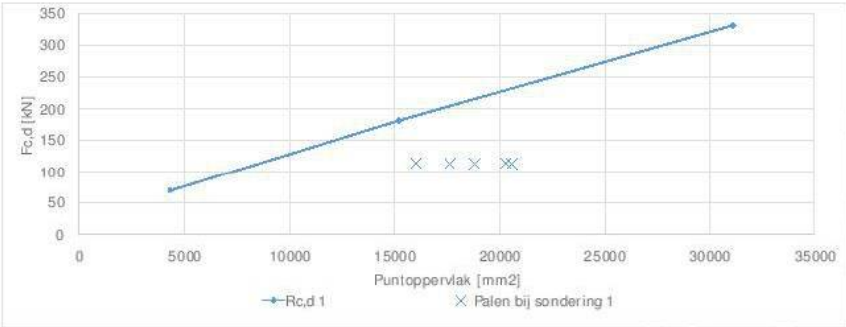


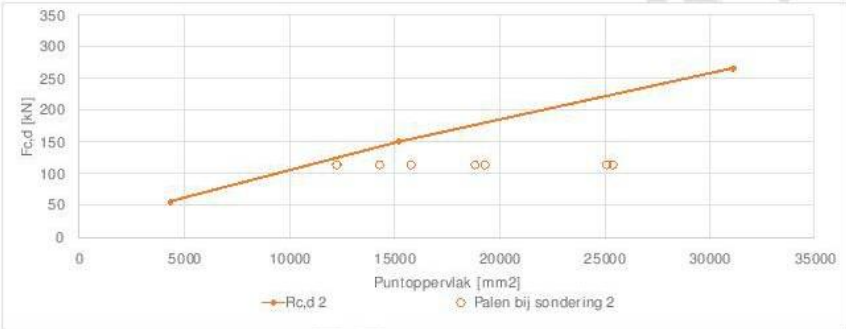
Het paaldraagvermogen is bij benadering evenredig met de doorsnede. Wanneer de berekende draagvermogens uit de tabel in een grafiek worden gezet, tezamen met de paalpuntoppervlaktes, kan betrekkelijk eenvoudig worden afgelezen hoe iedere afzonderlijke paal scoort.

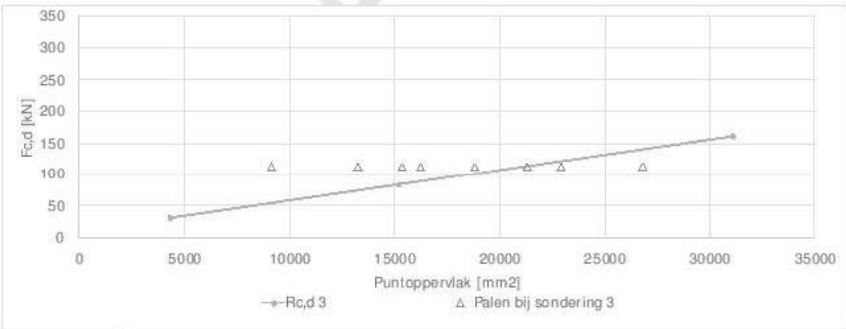
TER BESPREKING

6.3 Toetsing paaldraagvermogen actueel

Voor ieder van de 3 sonderingen is een grafiek gemaakt. De lijnen geven de capaciteit van de palen weer per sondering en voor 3 berekende diameters. Punten boven een lijn geven een overschrijding weer van het draagvermogen. Punten onder een lijn betreffen palen met voldoende draagvermogen.







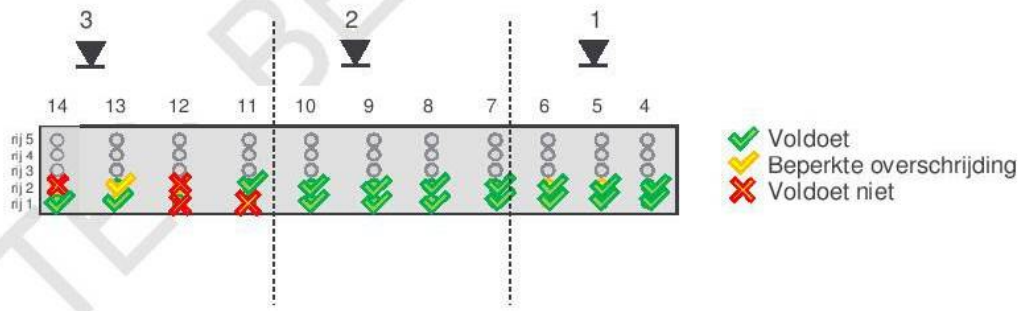
Vastgesteld kan worden:

- Alle blauwe en oranje punten voldoen.
- Van de 8 grijzen punten liggen er 5 boven de lijn: deze palen voldoen niet. 1 paal kent slechts een kleine overschrijding van de capaciteit. Wegens het stijve karakter van de L-wand kan hier gerekend worden op herverdelingsmogelijkheid in de langsrichting van de kade. Een enkele te lichte paal vormt daarmee geen reden tot afkeur.

De resultaten in tabelvorm:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
4.1	1	150	17613	113	200,8	0,56	0,0
4.2	1	143	16005	113	185,2	0,61	0,0
5.1	1	162	20548	113	229,4	0,49	0,0
5.2	1	155	18808	113	212,4	0,53	0,0
6.1	1	155	18808	113	212,4	0,53	0,0
6.2	1	161	20295	113	226,9	0,50	0,0
7.1	2	155	18808	113	172,3	0,66	0,0
7.2	2	135	14261	113	136,8	0,83	0,0
8.1	2	125	12223	113	120,9	0,93	0,0
8.2	2	157	19298	113	176,1	0,64	0,0
9.1	2	142	15781	113	148,7	0,76	0,0
9.2	2	142	15781	113	148,7	0,76	0,0
10.1	2	179	25095	113	221,4	0,51	0,0
10.2	2	180	25376	113	223,5	0,51	0,0
11.1	3	130	13222	113	73,8	1,53	53,1
11.2	3	171	22899	113	120,8	0,94	0,0
12.1	3	144	16230	113	88,4	1,28	27,8
12.2	3	108	9119	113	53,9	2,10	109,8
13.1	3	185	26808	113	139,8	0,81	0,0
13.2	3	155	18808	113	100,9	1,12	11,9
14.1	3	165	21318	113	113,1	1,00	0,0
14.2	3	140	15339	113	84,1	1,34	34,4

Samengevat wordt geconcludeerd dat in de huidige situatie het westelijke deel van kade E onvoldoende draagvermogen heeft om de beoogde belastingen op te nemen. Het middendeel en het oostelijke deel van de kade voldoen ruim.



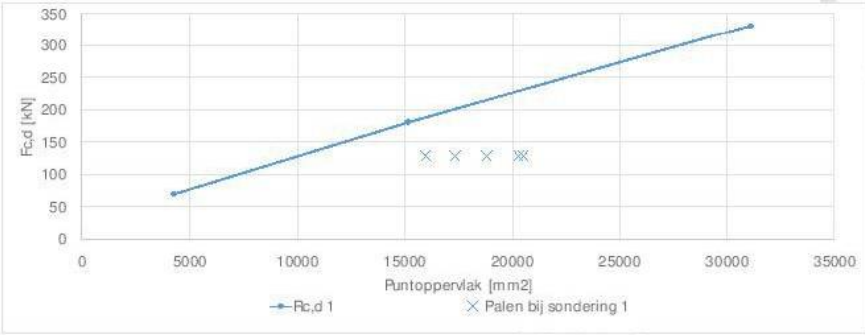
TER BESPREKING

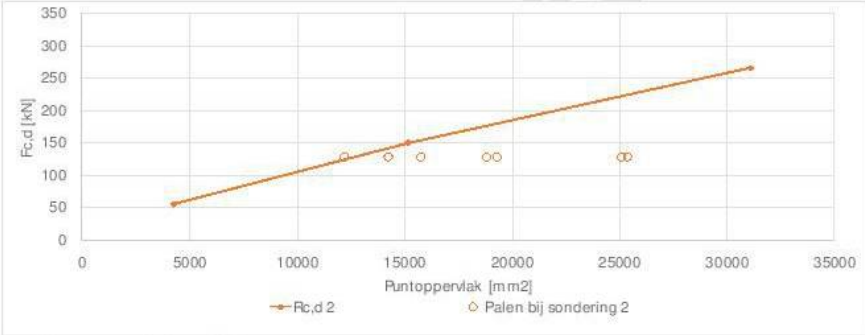
6.4 Toetsing paaldraagvermogen 25 jaar

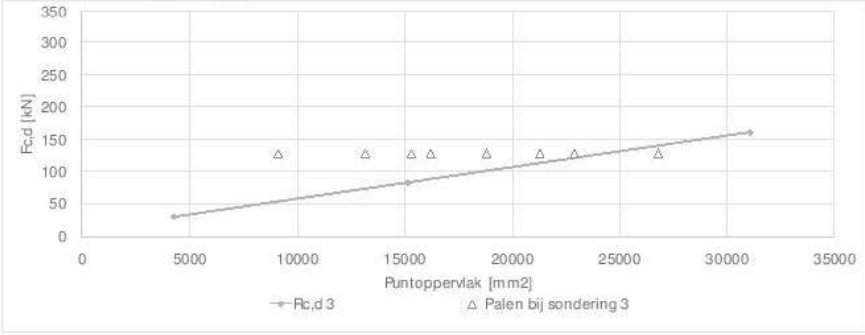
De toetsing van de situatie over 25 jaar kent 2 verschillen ten opzichte toetsing van de actuele situatie:

- De paalreacties worden groter vanwege grotere belastingfactor
- De paaldiameters van de bemonsterde palen zullen aangepast worden aan de door SHR afgegeven prognose van de degradatie, waardoor van deze palen het draagvermogen zal teruglopen.

De toetsing resulteert in de volgende grafieken:







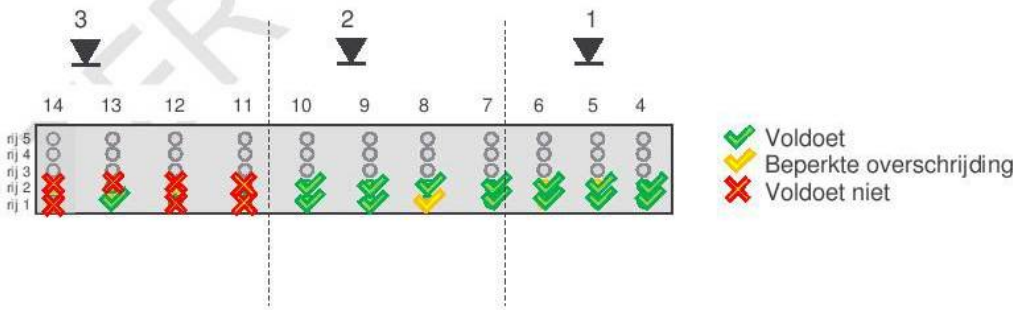
De conclusie blijft in essentie onveranderd: alleen bij de middelste grafiek is er 1 paal die een kleine overschrijding van het paaldraagvermogen laat zien.

In tabelvorm:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
4.1	1	149	17378	128	198,5	0,64	0,0
4.2	1	143	16005	128	185,2	0,69	0,0
5.1	1	162	20548	128	229,4	0,56	0,0
5.2	1	155	18808	128	212,4	0,60	0,0
6.1	1	155	18808	128	212,4	0,60	0,0
6.2	1	161	20295	128	226,9	0,56	0,0
7.1	2	155	18808	128	172,3	0,74	0,0
7.2	2	135	14261	128	136,8	0,94	0,0
8.1	2	125	12223	128	120,9	1,06	5,8
8.2	2	157	19298	128	176,1	0,73	0,0
9.1	2	142	15781	128	148,7	0,86	0,0
9.2	2	142	15781	128	148,7	0,86	0,0
10.1	2	179	25095	128	221,4	0,58	0,0
10.2	2	180	25376	128	223,5	0,57	0,0
11.1	3	130	13222	128	73,8	1,73	73,5
11.2	3	171	22899	128	120,8	1,06	5,9
12.1	3	144	16230	128	88,4	1,45	44,8
12.2	3	108	9119	128	53,9	2,38	137,7
13.1	3	185	26808	128	139,8	0,92	0,0
13.2	3	155	18808	128	100,9	1,27	26,8
14.1	3	165	21318	128	113,1	1,13	13,1
14.2	3	140	15339	128	84,1	1,52	52,2

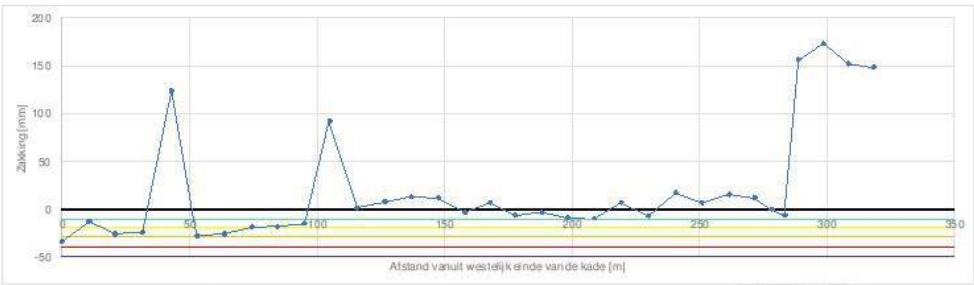
De overschrijding van paal 8.1 bedraagt 6%. De zone behorend bij sondering 2 laat overall lage UC's zien. Wegens het stijve karakter van de kademuur kan verwacht worden dat er voldoende herverdelingsmogelijkheid aanwezig is om een incidentele zwakkere paal te compenseren. De overschrijding is niet van dien aard dat deze tot afkeuren dient te leiden.

Sondering 3 (de westelijke kwart van kade E) daarentegen kent slechts 1 paal die géén overschrijding kent. De overschrijdingen zijn tevens van een orde van grootte dat deze verdere aandacht zullen eisen.



7 Hoogtemeting

De rand van de kade is ingemeten in X, Y en Z. De in de loop der jaren ondergane zakking wordt in grafiekvorm weergegeven:



westelijk kwart

Het westelijk kwart tekent zich duidelijk af in de grafiek. De pieken kunnen overigens niet verklaard worden. Opnamen uit het Citydata portaal laten geen bijzonderheden zien.

Opgemerkt wordt dat de maximale zakking 35mm bedraagt. Over een periode van 63 levert dit een gemiddeld zakkingstempo van 0,56mm/jaar. Dit is an sich geen hoge waarde, zeker niet wanneer dit wordt afgezet tegen het oorspronkelijke gebruik als overslagkade, waarbij mogelijk hoge belastingen zijn opgetreden.

Het is echter zeker mogelijk dat het zakkingsverschil te wijten is aan autonoom gedrag. Dit lijkt het meest plausibel, omdat de rest van de kade vrijwel plaatsvast is gebleken, en de palen onder de gehele kade weinig variatie in paalkopafmeting laten zien. De aantasting van de palen is in het westelijke deel minder dan in de rest van de kade. Daaruit volgt dat de draagkracht van de 1e zandlaag beslissend lijkt voor het paaldraagvermogen.

TER BESPREKING

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Uit de beschouwing van kade E worden de volgende conclusies getrokken:

- De indringingsmetingen en het laboratoriumonderzoek wijzen op een fundering die weinig is aangetast. Tevens is de prognose van de verdere degradatie gunstig: de zachte schil zal enkele mm's kunnen toenemen in de komende 25 jaar.
- Op basis van 2 van de 3 sonderingen kan rekenkundig voldoende paaldraagvermogen worden aangetoond.
- 1 sondering (nr. 3) geeft een lage conusweerstand in de 1e zandlaag weer. De berekende paaldraagvermogens voor de palen in de nabijheid van deze sondering zijn beduidend lager dan bij de eerste 2 sonderingen.
- Voor de actuele situatie geldt dat op basis van sondering 3 overschrijding van het paaldraagvermogen kan optreden. Sondering 3 heeft betrekking op het westelijke kwart van kade E.
- Voor de situatie over 25 jaar geldt dat sondering 2 resulteert in 1 individuele overschrijding van het paaldraagvermogen. De overschrijding bedraagt 6%, en betreft de dunste paal rond sondering 2. Wegens het stijve karakter van de constructie wordt herverdelingsmogelijkheid verwacht, waardoor een enkele overschrijding acceptabel wordt geacht. De overige palen rond sondering 2 laten aanmerkelijk reservedraagvermogen zien.
- Het gemeten zakkingsverloop van de kade stemt qua vorm overeen met de berekende draagkracht van de fundering. De absolute waarde van de opgetreden zakking is echter beperkt.
- De draagkracht van de 1e zandlaag lijkt beslissend voor het paaldraagvermogen: de variatie in paaldiameters is beperkt en vormt geen verklaring voor de concentratie van overschrijding van het paaldraagvermogen.
- Verschilzakkingen zijn waarschijnlijk daarom voortgekomen uit autonoom gedrag.
- De meethistorie is niet toereikend om zakkingen te betrekken in de beoordeling van de fundering. Hiervoor is een langere meethistorie benodigd.
- Een beoordeling op basis van bewezen sterkte lijkt daarom niet haalbaar. Tevens zijn de (rekenkundige) overschrijdingen van het paaldraagvermogen daarvoor te groot.

8.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt:

- Extra sonderingen in de westhoek nemen. Het draagvermogen wat berekend is op basis van een enkele sondering ondergaat een grote statistische correctie. Met meer sonderingen kan deze correctie met ca. 10% worden verkleind. Dit is op zichzelf overigens niet toereikend om het tekort aan (rekenkundig) draagvermogen op te lossen.
- De extra sonderingen kunnen mogelijk tevens een gunstiger beeld van de 1e zandlaag laten zien (hogere conusweerstand).
- Onderzoek naar de mogelijkheid om de kade te ontlasten door de huidig aanwezige aanvulling te vervangen door lichte ophoogmaterialen. Mogelijk dat er aanvullend hierop tevens beperkingen aan het toekomstige gebruik van de kade moeten worden gesteld.
- Gedeeltelijke vervanging van de kade t.b.v. de te bouwen fietsbrug, in combinatie met funderingsversterking van het resterende deel van de kade in de westhoek.
- In ultimo kan besloten worden tot volledig vervanging van het westelijke kwart van kade E.

TER BESPREKING

Bijlage 1. Stroomschema houtonderzoek

TER BESPREKING