Rapport

Projectnummer: 361408
Referentienummer: 181003-Kade_A_binnen.docx
Datum: 03-10-2018

Kademuren Overamstel

Eindrapport conditiebepaling kade A_binnen en A_buiten

TER BESPREKING

Opdrachtgever:
Gemeente Amsterdam
Weesperplein 8
1018 XA AMSTERDAM

TER BESPREKING

[Onderstaande tabel is optioneel]

Revisiebeheer

Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
0.1	25-09-2018	TER BESPREKING	Eerste tussenversie (groeidocument)
0.2	03-10-2018	TER BESPREKING	Tweede tussenversie (groeidocument)

TER BESPREKING

[redacted]

Verantwoording

Titel	Kademuren Overamstel
Subtitel	Eindrapport conditiebepaling kade A_binnen en A_buiten en A_buiten
Projectnummer	361408
Referentienummer	181003-Kade_A_binnen.docx
Revisie	TER BESPREKING
Datum	03-10-2018
Auteur(s)	[redacted]
E-mailadres	
Gecontroleerd door	
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Naam en Achternaam
Paraaf goedgekeurd	

TER BESPREKING

Inhoudsopgave

1 Inleiding 6
1.1 Achtergrond 6
1.2 Onderverdeling kademuren 6
1.3 Huidig en toekomstig gebruik kade en terrein 8
1.4 Stand van zaken onderzoeken en analyses 9
1.5 Doelstelling 9
2 Referenties 10
2.1 Projectgebonden documenten 10
2.2 Normen en richtlijnen 10
3 Uitgangspunten en randvoorwaarden 11
3.1 Uitgangspunten 11
3.2 Randvoorwaarden 11
4 Beschrijving constructie 12
5 Samenvatting voorgaande onderzoeken 14
5.1.1 Visuele inspectie 14
5.1.2 Duikonderzoek 14
5.1.3 Indringingsmetingen 14
5.1.4 Laboratoriumresultaten palen 15
6 Modellering 16
6.1 Materiaaleigenschappen 16
6.1.1 Beton 16
6.1.2 Betonstaal 16
6.1.3 Houten funderingspalen 16
6.1.4 Grond op de L-muur 16
6.1.5 Metselwerk 16
6.2 Geometrie-eigenschappen 17
6.2.1 Kademuur 17
6.2.2 Houten funderingspalen 17
7 Belastingen 18
7.1 Eigen gewicht 18
7.1.1 Ontlastvloer 18
7.1.2 Gewichtsmuur 18
7.2 Grond 18
7.2.1 Verticaal op vloer L-muur 18
7.2.2 Horizontaal op de gewichtsmuur 18
7.2.3 Horizontaal tegen achterzijde vloer t.g.v. damwand 19
7.3 Maaiveldgebruik 19

TER BESPREKING

7.3.1 Mensenmenigte 19
7.3.2 Voertuigen 20
7.4 Boombelasting 21
8 Belastingcombinaties 23
8.1 Richtlijn binnenstedelijke kademuren 23
8.2 Partiële factoren actuele situatie 23
8.3 Partiële factoren situatie T = 25 jaar 24
8.4 Belastingcombinaties actuele situatie 24
8.5 Belastingcombinaties T = 25 jaar 25
9 Berekeningsresultaten 26
9.1 Actuele situatie 26
9.2 Situatie T = 25 jaar 26
10 Toetsing paaldraagvermogen 27
10.1 Berekend paaldraagvermogen 27
10.2 Toetsing paaldraagvermogen actueel 28
10.3 Toetsing paaldraagvermogen 25 jaar 29
11 Hoogtemeting 32
12 Conclusies en aanbevelingen 33
12.1 Conclusies 33
12.2 Aanbevelingen 34

Bijlage 1.

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.

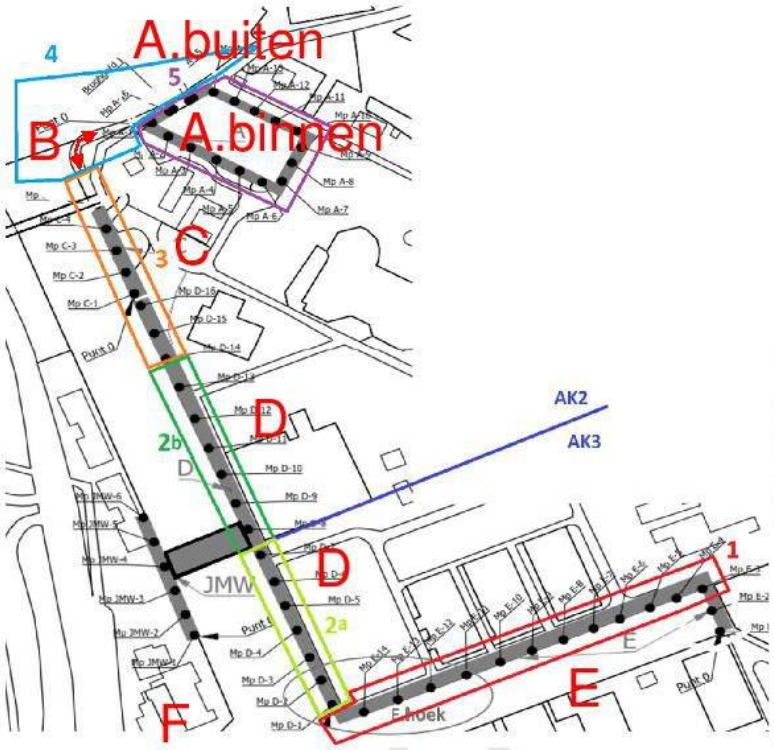


Figuur 1: Situatie. Blauwe lijnen betreffen de te beoordelen kadeconstructies

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.

1.2 Onderverdeling kademuren

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 A_binnen en A_buiten.

TER INZAGE

1.3 Huidig en toekomstig gebruik kade en terrein

Kade A_binnen omsluit de insteekhaven. In de huidige situatie is deze insteekhaven niet in gebruik. Ook op en langs de kade worden vinden geen activiteiten plaats.



De kade bestaat uit op palen gefundeerde gewichtsmuren die aan de waterzijde is voorzien van ingemetselde basaltblokken.

In de toekomst zal rond de insteekhaven openbaar groen worden gerealiseerd.



Kade A_buiten grenst aan de Amstel.

1.4 Stand van zaken onderzoeken en analyses

In het kader van de conditiebepaling van de kademuur zijn de volgende onderzoeken verricht:

- Visuele inspectie.
- Duikonderzoek.
- Inmeting/hoogtemeting kade.
- Houtonderzoek.

Als onderdeel van voorliggende constructieve beoordeling zijn de volgende onderzoeken en analyses doorlopen en in dit document gerapporteerd:

- Interpretatie houtonderzoek en doorkijk naar T=25jaar.
- Bepaling geotechnisch draagvermogen.
- Constructieberekening t.b.v. bepaling paalreacties.

1.5 Doelstelling

Doel is om een betrouwbaar beeld te krijgen van:

- de actuele staat van de constructie en de fundering.
- de staat van de constructie en de fundering over 25 jaar.

Regelgeving voor de beoordeling van bestaande bouw is vastgelegd in de NEN 8700

TER BESPREKING

2 Referenties

2.1 Projectgebonden documenten

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	SWNLxxxxxx	Berekeningen paaldraagvermogen Sweco	24-09-2018

2.2 Normen en richtlijnen

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	
15		RBK 1.1, Rijkswaterstaat	2013
16	2008-D-R0015/B	Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw. Achtergrondrapport bij NEN8700, TNO	2008

TER BESPREKING

3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

3.1 Uitgangspunten

Voor de beoordeling worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De hoogte van de kade en het terrein blijft ongewijzigd.
- De bomen zullen worden behouden.
- Het terrein wordt ontoegankelijk voor vrachtwagens.
- Als maatgevend voertuig wordt een onderhoudsvoertuig van 3,5ton aangehouden, als vrije belasting (kan op elke denkbare positie geplaatst worden).
- Als maatgevend voertuig in een calamiteitssituatie wordt een 2-assig voertuig met aslast 1x80kN en 1x40kN aangehouden. Deze is uitsluitend in een calamiteitsscenario aanwezig. Het voertuig kan bijvoorbeeld een blusvoertuig zijn.
- De kade wordt ingedeeld in CC2.

3.2 Randvoorwaarden

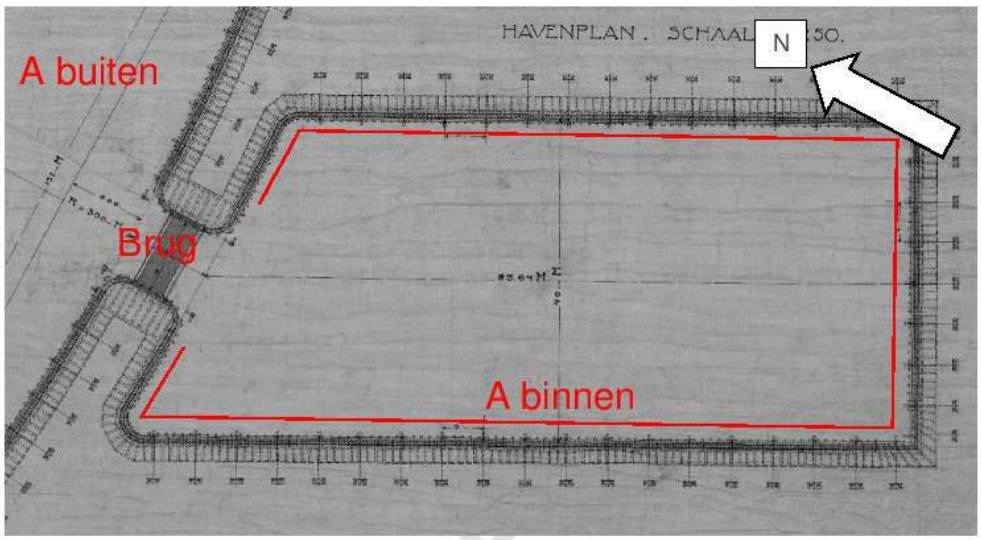
De volgende randvoorwaarden worden aangehouden:

- g=9,81m/s2.
- De waterstand en grondwaterstand worden beiden aangehouden op NAP -0,45m.
- Bodemopbouw volgens DKMP9 [2].
- Bodemprofiel insteekhaven conform bevindingen duikonderzoek. Het onderwatertalud begint bij de 2^{e} palenrij.
- Veerconstante houten palen 20MN/m (druk) en 10MN/m (trek).
- Aansluitingen paalkoppen zijn scharnierend.
- Huidige kadehoogte o.b.v. inmeting NAP +0,66m (geschat gemiddelde).
- Maaiveldhoogte NAP +0,66m (gelijk aan de kadehoogte).

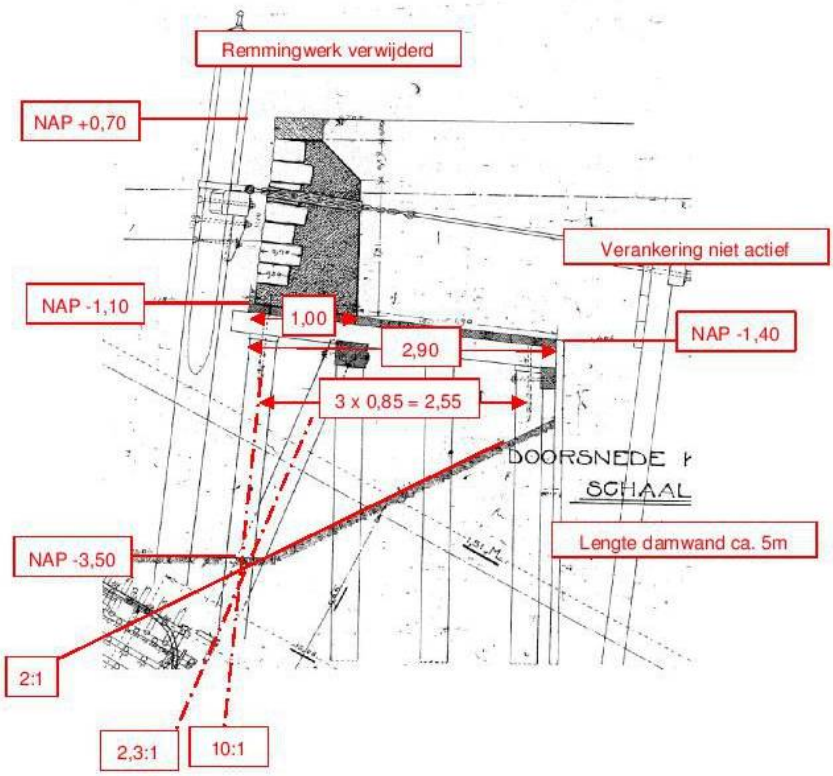
TER BESPREKING

4 Beschrijving constructie

Het vermoedelijke bouwjaar van de kade is ca. 1908. Kade A_binnen omsluit de insteekhaven welke t.b.v. de Zuidergasfabriek is aangelegd. De kade is identiek aan A_buiten. Ter plaatse van de toegang is een ophaalbrug gebouwd met een gelijksoortige fundering, maar zwaarder uitgevoerd.



De principedoorsnede van kademuren A_binnen en A_buiten:



De ankerstang diende uitsluitend ter stabilisatie van het remmingwerk en heeft geen rol in het verzorgen van de stabiliteit van de kademuur. De stramienmaat van de kademuur is 1m. Er is geen goed gemaatvoerde dwarsdoorsnede voorhanden, aangegeven maten zijn opgemeten vanaf de tekening.

De landhoofden van de ophaalbrug zijn een zwaarder uitgevoerde variant op de kademuur en worden indien noodzakelijk in een afzonderlijk document beschouwd.

De principedoorsnede van kademuren A_binnen en A_buiten wordt gekenmerkt door o.a:

- De kademuur bestaat uit basaltblokken aan de waterzijde. Daarachter vermoedelijk gewapend beton.
- De palen staan in 4 rijen onder de kade. De 2e palenrij vanaf de waterzijde is een dubbele rij palen, waarvan 1 te lood en 1 schoor staat.
- De 2e palenrij vormt zodoende een paaljuk. De stramienmaat van de fundering is 1m. Tevens is de 2e palenrij voorzien van een langshout.
- De 2e palenrij heeft een opvallend grote schoorstand, namelijk 2,3:1.
- De gemiddelde paalkopdiameter bedraagt ca. 0,235m (o.b.v. duikonderzoek).
- Palen zijn met een hakkelbout vernageld aan de kespen.
- Aan achterzijde is de kade voorzien van een houten damwand, bestaande uit planken met een lengte van 5m (gemeten vanaf tekening).
- De aanleghoogte van de kade (bovenzijde dekzerk) bedraagt NAP +0,70m. De actuele hoogte bedraagt ca. NAP +0,66m, met een spreiding van NAP +0,606m tot NAP +0,674m.
- Het onderwatertalud begint ca. 0,50m onder de koppen van de achterste palen.

TER BESPREKING

5 Samenvatting voorgaande onderzoeken

5.1.1 Visuele inspectie

De kademuur is visueel geïnspecteerd in februari 2018. De kade en omgeving lijken niet meer in gebruik te zijn. De kade oogt visueel in goede staat. Enkele deksloven zijn beschadigd en enkele bolders zitten los.

5.1.2 Duikonderzoek

Middels een duikonderzoek is de funderingsopbouw bepaald, zijn hout-indringingsmetingen verricht en er zijn houtmonsters van de palen genomen. Tijdens het onderzoek is vermoedelijk olie uit de bodem vrijgekomen, wat kan wijzen op bodemvervuiling.

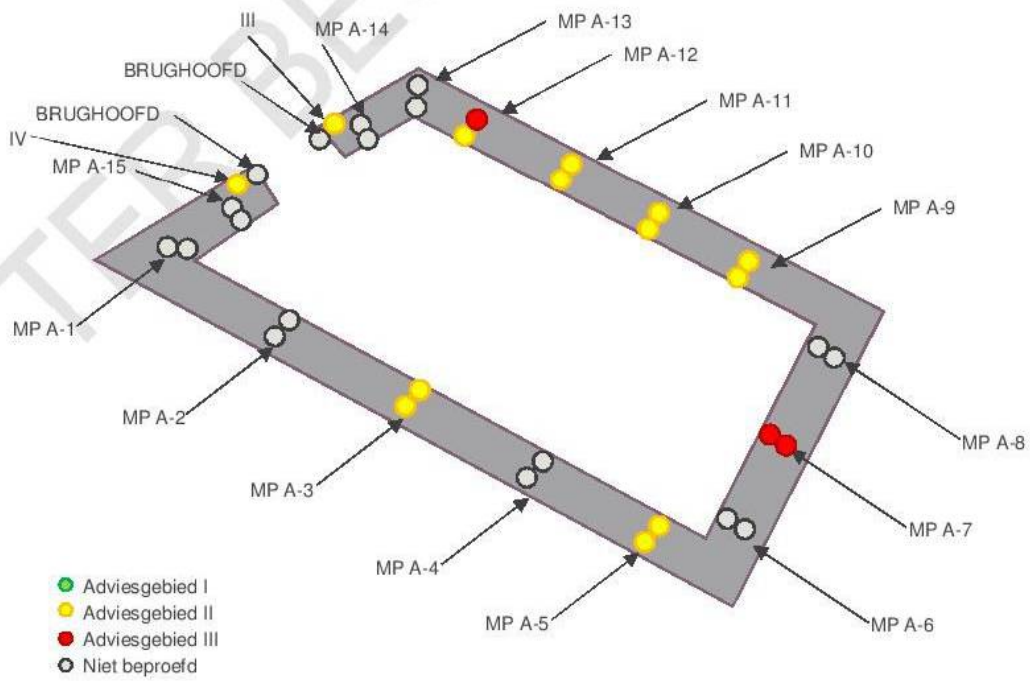
Uit het duikonderzoek is gebleken dat de kadeconstructie overeenkomt met de archieftekeningen. De staat wordt omschreven als matig tot redelijk.

Er zijn zowel vuren als grenen palen aangetroffen, ongeveer gelijk verdeeld.

5.1.3 Indringingsmetingen

De palen laten bij de indringingsproef een gemiddelde indringing zien van 10 tot 30mm. In totaal zijn 14 palen beproefd. 11 daarvan zijn in adviesgebied II ingedeeld, 3 palen zijn in adviesgebied III ingedeeld. Er zijn tevens kespen aan een indringingsproef onderworpen. De gemeten indringing varieert van 5 tot 10mm.

De totale kadelengte bedraagt ca. 208m. Met 5 palen per meter bedraagt het totale aantal palen ca. 1040. Hiervan zijn er 14 beproefd. Dit is ca. 1,4%, wat een betrekkelijk kleine steekproef is. Reden hiervoor is de beperkte bereikbaarheid van de palen wegens de aanwezigheid van een dikke laag slib.



TER BESPREKING

Opgemerkt wordt dat tijdens het boren van een houtmonster uit paal III er een krakend geluid is waargenomen, waarop de monstername is gestaakt.

5.1.4 Laboratoriumresultaten palen

In alle monsters is bacteriële aantasting aangetroffen. In monsters 34 en 36 is deze niet meer actief. De grenen palen hebben gemiddeld een indringing van 23mm versus 17mm voor de vuren palen. Voor de gemiddelde diepte van de bacteriële aantasting geldt (logischerwijs) eenzelfde beeld: 29mm versus 18mm.

In tabelvorm zijn de relevante gegevens voor de actuele situatie:

Kade	SHR nr monster	Meetpunt	Paalnr	afstand tot nulpunt	houtsoort	D kop	gem. indringing Pilodyn	advieskabel	dikste sterke EB aantasting	dikste sterke schimmel-aantasting	maximale sterke aantasting	sterke aantasting <= indringing?	dikste sterke (p=indringing >= 10MPa)?	correctie op Damwaar o.b.v. aantasting	correctie op Damwaar o.b.v. dikste sterke	correctie definitief	D-real gezonnigaard = D-2*(i-corr)	Niveau paalkop	Niveau onderkant	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]
A_buiten	n.v.t.	III	1	60	n.v.t.	255	24		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	t.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
A_buiten	25	IV	1	n.t.b.	vuren	267	15		2	0	2	ja	nee	0	0	0	237		-0.8	-12.5	-13	176	174
A_binnen	28	12	1	200	vuren	280	25		22	5	22	ja	nee	0	0	0	210		-0.8	-12.5	-13	169	147
A_binnen	29	12	2	200	grenen	250	30		34	5	34	nee	nee	-5	0	-5	180		-0.8	-12.5	-13	159	125
A_binnen	30	11	1	180	grenen	240	21		20	0	20	ja	nee	0	0	0	198		-0.8	-12.5	-13	149	129
A_binnen	31	11	2	180	grenen	240	20		8	8	8	ja	ja	0	5	5	210		-0.8	-12.5	-13	149	141
A_binnen	32	10	1	160	vuren	230	19		12	12	12	ja	ja	0	5	5	202		-0.8	-12.5	-13	139	127
A_binnen	33	10	2	160	grenen	280	20		60	6	60	nee	nee	-5	0	-5	210		-0.8	-12.5	-13	169	109
A_binnen	34	9	1	140	vuren	230	13		10	10	10	ja	ja	0	5	5	214		-0.8	-12.5	-13	139	129
A_binnen	35	9	2	140	vuren	230	19		19	19	19	ja	ja	0	5	5	202		-0.8	-12.5	-13	139	120
A_binnen	36	7	1	105	grenen	220	29		14	0	14	ja	ja	0	5	5	172		-0.8	-12.5	-13	129	115
A_binnen	37	7	2	105	grenen	200	20		40	12	40	nee	nee	-5	0	-5	150		-0.8	-12.5	-13	109	69
A_binnen	38	5	1	80	vuren	230	18		28	0	28	nee	nee	-5	0	-5	184		-0.8	-12.5	-13	139	111
A_binnen	39	5	2	80	vuren	230	19		23	0	23	nee	nee	-5	0	-5	182		-0.8	-12.5	-13	139	116
A_binnen	40	3	1	40	vuren	240	10		15	10	15	nee	nee	-5	0	-5	210		-0.8	-12.5	-13	149	134
A_binnen	41	3	2	40	vuren	250	10		15	0	15	nee	nee	-5	0	-5	220		-0.8	-12.5	-13	159	144

Voor de situatie over 25 jaar geldt een vergelijkbare tabel, met aangepaste waarden voor de aantastingsdikte door bacteriën:

Kade	SHR nr monster	Meetpunt	Paalnr	afstand tot nulpunt	houtsoort	D kop	gem. indringing Pilodyn	advieskabel	dikste sterke EB aantasting	dikste sterke schimmel-aantasting	maximale sterke aantasting	sterke aantasting <= indringing?	dikste sterke (p=indringing >= 10MPa)?	correctie op Damwaar o.b.v. aantasting	correctie op Damwaar o.b.v. dikste sterke	correctie definitief	D-real gezonnigaard = D-2*(i-corr)	Niveau paalkop	Niveau onderkant	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]
A_buiten	n.v.t.	III	1	60	n.v.t.	255	24		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	t.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
A_buiten	25	IV	1	n.t.b.	vuren	267	15		3	0	3	ja	nee	0	0	0	237		-0.8	-12.5	-13	176	173
A_binnen	28	12	1	200	vuren	280	25		27	5	27	nee	nee	-5	0	-5	200		-0.8	-12.5	-13	169	142
A_binnen	29	12	2	200	grenen	250	30		41	5	41	nee	nee	-5	0	-5	180		-0.8	-12.5	-13	159	118
A_binnen	30	11	1	180	grenen	240	21		24	0	24	nee	nee	-5	0	-5	198		-0.8	-12.5	-13	149	125
A_binnen	31	11	2	180	grenen	240	20		10	8	10	ja	ja	0	5	5	210		-0.8	-12.5	-13	149	139
A_binnen	32	10	1	160	vuren	230	19		15	12	15	ja	ja	0	5	5	202		-0.8	-12.5	-13	139	124
A_binnen	33	10	2	160	grenen	280	20		73	6	73	nee	nee	-5	0	-5	210		-0.8	-12.5	-13	169	96
A_binnen	34	9	1	140	vuren	230	13		10	10	10	ja	ja	0	5	5	214		-0.8	-12.5	-13	139	129
A_binnen	35	9	2	140	vuren	230	19		23	19	23	nee	ja	-5	5	0	192		-0.8	-12.5	-13	139	116
A_binnen	36	7	1	105	grenen	220	29		10	0	10	ja	ja	0	5	5	172		-0.8	-12.5	-13	129	119
A_binnen	37	7	2	105	grenen	200	20		49	12	49	nee	nee	-5	0	-5	150		-0.8	-12.5	-13	109	60
A_binnen	38	5	1	80	vuren	230	18		34	0	34	nee	nee	-5	0	-5	184		-0.8	-12.5	-13	139	105
A_binnen	39	5	2	80	vuren	230	19		28	0	28	nee	nee	-5	0	-5	182		-0.8	-12.5	-13	139	111
A_binnen	40	3	1	40	vuren	240	10		16	10	16	nee	nee	-5	0	-5	210		-0.8	-12.5	-13	149	131
A_binnen	41	3	2	40	vuren	250	10		18	0	18	nee	nee	-5	0	-5	220		-0.8	-12.5	-13	159	141

Er bevinden zich meerdere palen binnen de selectie die uitzonderlijk kleine puntdiameters hebben (rond de 100mm en kleiner).

TER INZAGE

6 Modellering

Dit hoofdstuk beschrijft de relevante modelleringskeuzes.

6.1 Materiaaleigenschappen

6.1.1 Beton

C20/25 (aangenomen in afwezigheid van specifieke informatie)

Grootheid	Waarde	Eenheid
E	30	Mpa
Soortelijke massa	2.400	Kg/m3

6.1.2 Betonstaal

QR24 [15] (aangenomen, was een gangbare kwaliteit rond 1955)

Grootheid	Waarde	Eenheid
E	200.000	Mpa
Fy,k	240	Mpa
Fy,d	209	Mpa
Soortelijke massa	7.850	Kg/m3

6.1.3 Houten funderingspalen

Vurenhout en grenenhout C18 (aanname)

Grootheid	Waarde	Eenheid
E	6.000	Mpa

6.1.4 Grond op de L-muur

Zand (aanname)

Grootheid	Waarde	Eenheid
Soortelijke massa verzadigd	1.900	Kg/m3
Soortelijke massa droog	1.700	Kg/m3
K0	0,5	-
Ka	0,33	-

6.1.5 Metselwerk

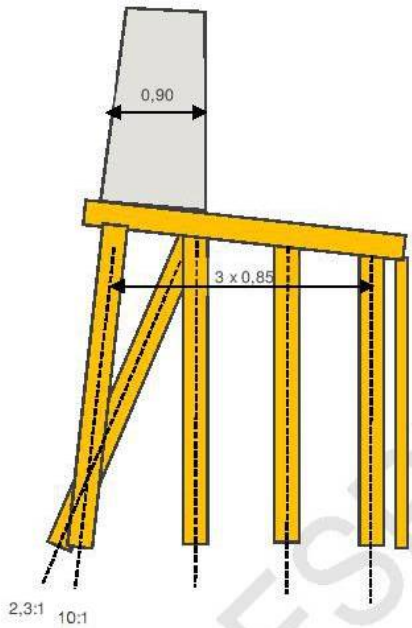
Grootheid	Waarde	Eenheid
Soortelijke massa	1800	Kg/m3

TER BESPREKING

6.2 Geometrie-eigenschappen

6.2.1 Kademuur

Van de kade wordt alleen de fundering gemodelleerd. De gewichtsmuur wordt als belasting in het model aangebracht. De kespen zijn 230mm breed en 200mm hoog.



6.2.2 Houten funderingspalen

Voor de funderingspalen wordt uitgegaan van een paalkopdiameter van 250mm, met een gemiddeld kopniveau op NAP -1,5m en een puntniveau op NAP -12,5m. De paallengte bedraagt dan 11,0m. Bij een tapsheid van 7,5mm/m bedraagt de diameter halverwege de paal 208,75mm. Met aftrek van 10mm zachte schil resteert 198,75mm.

Aangehouden diameter = 200mm.

TER BESPREKING

7 Belastingen

De navolgende belastingen worden in rekening gebracht:

- Eigen gewicht van de gewichtsmuur
- Grondaanvulling, bestaande uit:
  - Verticale belasting op de vloer
  - Horizontale belasting op de gewichtsmuur als horizontale puntlast i.c.m. een koppel.
- Maaiveldbelastingen
- Onderhoudsvoertuig/dienstvoertuig/brandweerwagen
- Eigen gewicht boom
- Windbelasting op de boom

De navolgende belastingen worden niet in rekening gebracht:

- Bolderbelasting
- Aanvaring
- Oppervlaktewater en grondwater (worden geacht gelijk te zijn, het grondwater wordt geacht voldoende snel te kunnen reageren op peilfluctuaties)

Deze verdisconteerde belastingen worden afzonderlijk in de volgende paragrafen uitgewerkt.

7.1 Eigen gewicht

7.1.1 Ontlastvloer

Het eigen gewicht van de ontlastvloer volgt uit de aangehouden materiaaleigenschappen.

7.1.2 Gewichtsmuur

Het eigen gewicht van de gewichtsmuur bedraagt 0,90*1,80*2.400*9.81=38,14kN/m1. Deze wordt aangebracht op de kesp tussen de 1e en 2e palenrij. Deze kesp overspant 0,85m. De belasting in het rekenmodel bedraagt dan (0,90/0,85)*38,14=40,38kN/m1/m1.

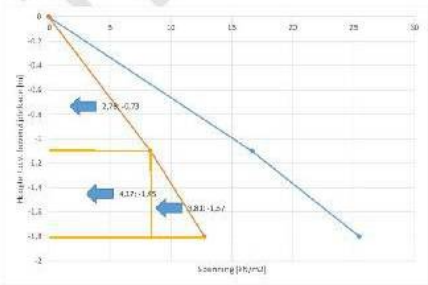
7.2 Grond

7.2.1 Verticaal op vloer L-muur

De laagdikte van de grond bedraagt 1,80m. De grond bevindt zich 1,1m boven de grondwaterspiegel. De droge laag weegt dan 1,1*1.700*9.81=18,34kN/m2. De laag onder de grondwaterspiegel weegt 0,7*(1.900-900)*9,81=6,18kN/m2. Totaal 24,53kN/m2.

7.2.2 Horizontaal op de gewichtsmuur

De grond achter de gewichtsmuur bestaat uit een laag van 1,1m dik droog zand en een laag van 0,7m dik met water verzadigd zand (onder de waterspiegel).



TER BESPREKING

De korrelspanningen zijn vertaald naar belastingen:

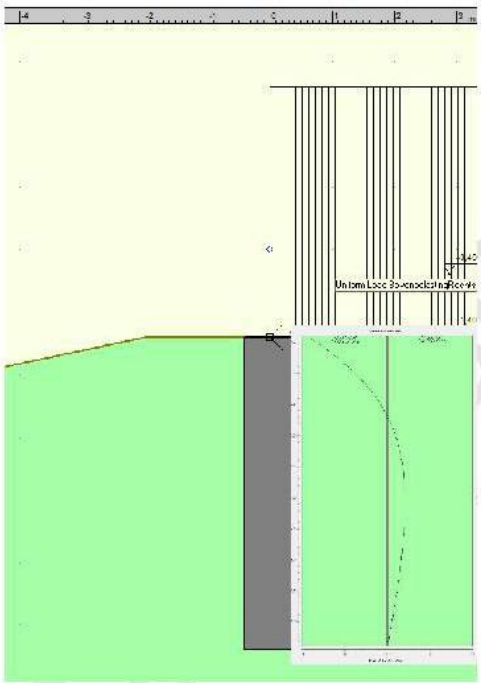
- F_hor = 12,55kN/m1 (resultante)
- M = 7,88kNm/m1

Deze worden midden op het linkerveld van de kesp aangebracht.

7.2.3 Horizontaal tegen achterzijde vloer t.g.v. damwand

De horizontale reactie t.g.v. de damwand is bepaald m.b.v. Dsheet. Voor de bepaling van de belastingen en bedding van de damwand is uitgegaan van een volledig ingebedde plank, welke aan 1 zijde door bovenbelasting wordt belast. Voor de grond is uitgegaan van los gepakt zand (gebaseerd op de sonderingen).

De plank is aan de bovenzijde horizontaal gesteund. Uitgegaan wordt van een starre ondersteuning. Met een bovenbelasting van 25kN/m2 t.g.v. het bovenliggende grondpakket (effectieve verticale spanning op niveau bovenzijde damwand) geeft dit het volgende resultaat:



De horizontale reactie bedraagt 9,4kN/m1.

7.3 Maaiveldgebruik

7.3.1 Mensenmenigte

EC1-2, artikel 5.3.2.1 geeft voor een mensenmenigte een gelijkmatig verdeelde belasting van 5kN/m2.

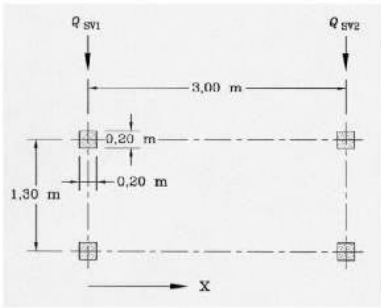
TER BESPREKING

7.3.2 Voertuigen

De grond op de kade(vloer) is in gebruik als groenstrook met bomen. Vrachtwagens kunnen in een normale gebruikssituatie de kade niet dicht naderen. Er zijn 2 typen voertuigen die in de berekening zullen worden betrokken:

- Een onderhoudsvoertuig van 3,5ton in de gebruikssituatie.
- Een 2-assig voertuig met aslast 1x80kN en 1x40kN, uitsluitend in een calamiteitsscenario aanwezig (bijvoorbeeld een blusvoertuig).

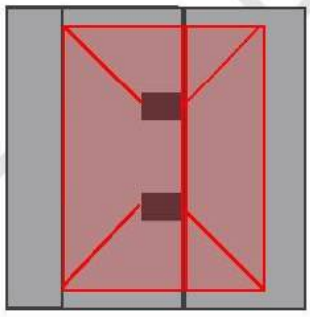
Er kan sprake zijn van een buitengewone aanwezigheid van een voertuig, bijvoorbeeld een brandweerwagen. Hiervoor wordt aan NEN-EN 1991-2, art. 5.6.3 een belastingmodel ontleend:



Verklaring

X : brugas richting
Q_{sv1} = 80 kN
Q_{sv2} = 40 kN

De zwaarste as wordt in rekening gebracht op de rand van de vloer (boven de grondkerende damwand). De belasting draagt af naar een grondvlak van (1,80+0,20+1,80)*(1,30+0,20+1,80+1,80)=3,80*5,10=19,38m2. Dit levert een gelijkmatig verdeelde belasting ter hoogte van de vloer ter grootte van 80/19,38 = 4,13kN/m2.



Het onderhoudsvoertuig levert analoog hieraan een gelijkmatig verdeelde belasting van (35/80)*4,13=1,81kN/m2.

BESPREKING

7.4 Boombelasting

Achter de kade staan bomen, op ca. 2,50m uit de rand van de kade. Voor de karakterisering van bomen t.b.v. de bepaling van de belastingen wordt gebruik gemaakt van [12] inclusief het addendum over boombelastingen.

Uitgegaan wordt van een Linde met de volgende eigenschappen:

Tabel 12: Indicatieve grootheden per boomsoort		Eik	Linde	Populier
Boomhoogte	h_b	15 m	15 m	20 m
Kroondiameter	d_k	10 m	10 m	10 m
Stamdiameter	d_s	0,4 m	0,4 m	0,4 m
Stamhoogte	h_s	5 m	5 m	5 m
Kroonhoogte	h_k	10 m	10 m	15 m
Eigen gewicht	G	20 kN	15 kN	15 kN
Doorlatendheidsfactor	C_w	0.25	0.25	0.20

De resulterende windbelasting wordt als volgt berekend:

$$Q_{w;rep} = c_w * A_{ref} * v_{m(z)}^2 * \rho_{lucht}$$

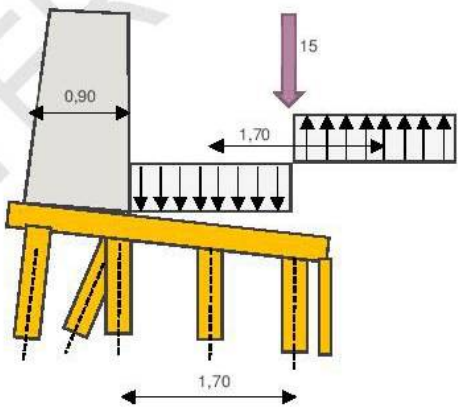
Waarin:

$Q_{w;rep}$ = Resultante windbelasting
c_w = Doorlatendheidsfactor
A_{ref} = Frontaal oppervlak kroon
$v_{m(z)}$ = Gemiddelde windsnelheid op hoogte z
ρ_{lucht} = Soortelijk gewicht lucht

Invullen geeft:

Qw,rep = 0,25*78*27^2*1,4=19,90kN

Deze grijpt aan op 10m boven maaiveld. De horizontale kracht levert een koppel op ter grootte van 19,90*10=199,0kNm. Het koppel dient te worden ontbonden in een verticale druk- en trekbelasting:



TER BESPREKING

De hefboomsarm bedraagt 1,70m. 199,0/1,70 = 117,06kN benodigde resulterende reactiekracht. Deze wordt verdeeld over 1,70m:

117,06/1,70=68,86kN/m1.

Het eigen gewicht van de boom volgt uit de tabel en bedraagt 15kN.

In diepterichting (lengterichting van de kade) worden de belastingen gespreid geacht over een afstand ter grootte van de helft van de kruindiameter, dus over een kadelengte van 5m. In het rekenmodel met diepte 1,0m worden de volgende belastingen dus ingevoerd:

- F_schuif = 3,98kN/m1
- F_eg = 3kN/m1
- Q_tgv_wind = 13,77kN/m2

TER BESPREKING

8 Belastingcombinaties

8.1 Richtlijn binnenstedelijke kademuren

In [12] worden partiële factoren gegeven voor ontwerp-, verbouw- en afkeurberekeningen. De combinatieregels worden ontleend aan EC0:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P P \text{ "+" } \gamma_{Q,1}\psi_{0,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\psi_{0,i} Q_{k,i} \qquad (6.10a)$$

$$\sum_{j\geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P P \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\psi_{0,i} Q_{k,i} \qquad (6.10b)$$

De waarden voor ψ_0, ψ_1 en ψ_2 worden ontleend aan de nationale bijlage bij EC0. Als uitgangspunt wordt hierbij gehanteerd dat een nat kunstwerk normtechnisch opgevat moet worden als een verkeersbrug.

Voor een buitengewone ontwerpsituatie geldt vergelijking 6.11a:

$$E_d = E\left\{G_{k,j}\ ;\ P\ ;\ A_d\ ;\ (\psi_{1,1} \text{ of } \psi_{2,1})Q_{k,1}\ ;\ \psi_{2,i}Q_{k,i}\right\} \quad j \geq 1;\ i > 1 \qquad (6.11a)$$

8.2 Partiële factoren actuele situatie

Voor de beoordeling voor de actuele situatie wordt uitgegaan van tabel 36 uit [12]. Deze heeft betrekking op berekeningen aan op palen gefundeerde keermuren op afkeurniveau.

Tabel 35: Partiële factoren keermuur type 1: op staal gefundeerde keermuur (afkeuren)

Toepassing en bron	Parameter	Symbool	Waarde CC1 (β=1,8)	Waarde CC2 (β=2,5) [6)]	Waarde CC3 (β=3,3)
constructieve belastingen	permanente belasting, ongunstig [1)]	γ_G	1,1	1,2	1,3
artikel Vrouwenvelder et.al.,	permanente belasting, ongunstig [2)]	$\gamma_G \times \xi$	1,0	1,1	1,2
tabel 4 (0)	permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9	0,9	0,9
	veranderlijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;det}$	1,05	1,15	1,3
	veranderlijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;det}$	0	0	0

TER SPREKING

8.3 Partiële factoren situatie T = 25 jaar

Voor de beoordeling van de situatie over 25 jaar wordt uitgegaan van tabel 32 uit [12]. Deze heeft betrekking op berekeningen op verbouwniveau met referentieperiode 15 jaar. De partiële factoren komen vrijwel overeen met een afkeurberekening met referentieperiode 25 jaar.

Tabel 32: Partiële factoren keermuur type 1: op staal gefundeerde keermuur (verbouw)

Toepassing en bron	Parameter	Symbool	Waarde CC1 (β=2,8) [6)]	Waarde CC2 (β=3,3)	Waarde CC3 (β=3,8)
constructieve belastingen	permanente belasting, ongunstig [1)]	γ_G	1,15	1,3	1,4
artikel Vrouwenvelder et.al.,	permanente belasting, ongunstig [2)]	$\gamma_G \times \xi$	1,05	1,15	1,25
tabel 4 [1]	permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9	0,9	0,9
	veranderlijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;dst}$	1,1	1,3	1,5
	veranderlijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;dst}$	0	0	0

8.4 Belastingcombinaties actuele situatie

Belastingcombinaties worden samengesteld aan de hand van de fundamentele combinaties voor grenstoestanden STR en GEO (EC 0). De samenstelling van de belastingcombinaties volgt uit lineaire combinaties van de resultaten van de afzonderlijke belastinggevallen. De van toepassing zijnde factoren, en de paalreacties per belastinggeval zijn:

BGnr	Beschrijving	type	ψ_0	ψ_1	ψ_2	6.10a $\gamma_{vergunning}$	6.10a γ_{gevolg}	6.10b $\gamma_{vergunning}$	6.10b γ_{gevolg}	calamiteit $\gamma_{vergunning}$	calamiteit γ_{gevolg}	paalnr	1	2	3	4	5
												BG	SN1	SN2	SN3	SN4	SN5
1	Eigen gewicht	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	1	1,52	0,44	2,07	1,66	1,31
2	Gewichtsmuur	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	2	17,79	-4,44	18,41	4,41	-1,89
3	Grond verticaal op vloer	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	3	-3,22	24,37	-15,95	-5,35	2,16
4	Grond horizontaal op gewichtsmuur	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	4	3,06	30,7	-22,97	-9,52	1,29
5	Horizontale reactie uit damwand	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	5	-0,34	0,08	12,17	18,5	11,58
6	Mensenmenigte	V	0,8	0,8	0,4	1,15	0	1,15	0	0,6	0	6	2,13	-0,53	4,76	4,32	2,13
7	Onderhoudsvoertuig	V	1	0	0	1,15	0	1,15	0	0	0	7	-0,02	0,01	0,9	1,36	0,85
8	Calamiteitsvoertuig	C	1	1	1	0	0	0	0	1	1	8	-0,06	0,01	2,05	3,11	1,95
9	EG boom	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	9	-0,12	0,03	-0,12	0,54	2,67
10	Windbelasting boom	V	1	0,6	0,6	1,15	0	1,15	0	0,6	0	10	-1,57	10,37	0,28	8,7	9,65

Voor combinatie 6.10a, 6.10b en de calamiteitssituatie is voor iedere paal de maatgevende belastingcombinatie bepaald. Dit geeft de volgende sets belastingcombinaties:

		6.10a					6.10b					calamiteit				
BG nr	Beschrijving	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Eigen gewicht	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Gewichtsmuur	1,20	0,90	1,20	1,20	0,90	1,10	0,90	1,10	1,10	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Grond verticaal op vloer	0,90	1,20	0,90	0,90	1,20	0,90	1,10	0,90	0,90	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Grond horizontaal op gewichtsmuur	1,20	1,20	0,90	0,90	1,20	1,10	1,10	0,90	0,90	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Horizontale reactie uit damwand	0,90	1,20	1,20	1,20	1,20	0,90	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Mensenmenigte	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,92	0,80	0,00	0,80	0,80	0,80
7	Onderhoudsvoertuig	0,00	1,15	1,15	1,15	1,15	0,00	1,15	1,15	1,15	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Calamiteitsvoertuig	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	EG boom	0,90	1,20	0,90	1,20	1,20	0,90	1,10	0,90	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	Windbelasting boom	0,00	1,15	1,15	1,15	1,15	0,00	1,15	1,15	1,15	1,15	0,00	0,60	0,60	0,60	0,60

Voor elk van de combinatie geldt dat het combinatienummer correspondeert met het steunpuntsnummer.

TER BESPREKING

8.5 Belastingcombinaties T = 25 jaar

Analoog aan T=0 worden de combinatie voor T=25 samengesteld. De belastingfactoren ligger hierbij hoger:

BG nr	Beschrijving	type	ψ_0	ψ_1	ψ_2	6.10a $\gamma_{ongunstig}$	6.10a $\gamma_{gunstig}$	6.10b $\gamma_{ongunstig}$	6.10b $\gamma_{gunstig}$	calamiteit $\gamma_{ongunstig}$	calamiteit $\gamma_{gunstig}$
1	Eigen gewicht	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1
2	Gewichtsmuur	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1
3	Grond verticaal op vloer	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1
4	Grond horizontaal op gewichtsmuur	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1
5	Horizontale reactie uit damwand	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1
6	Mensenmenigte	V	0,8	0,8	0,4	1,3	0	1,3	0	0,8	0
7	Onderhoudsvoertuig	V	1	0	0	1,3	0	1,3	0	0	0
8	Calamiteitsvoertuig	C	1	1	1	0	0	0	0	1	1
9	EG boom	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1
10	Windbelasting boom	V	1	0,6	0,6	1,3	0	1,3	0	0,6	0

Reacties: positief = druk

paalnr	1	2	3	4	5
BG	SN1	SN2	SN3	SN4	SN5
1	1,52	0,44	2,07	1,66	1,31
2	17,79	-4,44	18,41	4,41	-1,89
3	-3,22	24,37	-15,95	-5,35	2,16
4	3,06	30,7	-22,97	-9,52	1,29
5	-0,34	0,08	12,17	18,5	11,58
6	2,13	-0,53	4,76	4,32	2,13
7	-0,02	0,01	0,9	1,36	0,85
8	-0,06	0,01	2,05	3,11	1,95
9	-0,12	0,03	-0,12	0,54	2,67
10	-1,57	10,37	0,28	8,7	9,65

De combinaties zijn:

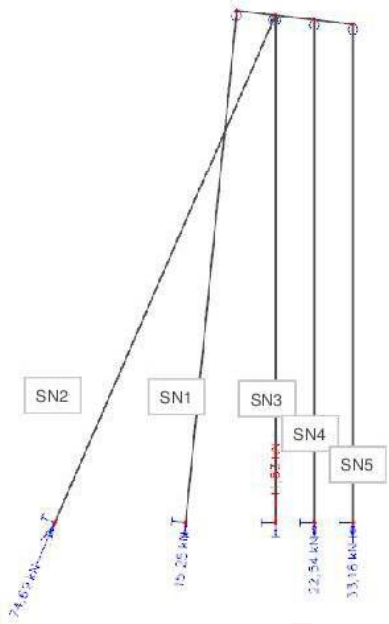
		6.10a					6.10b					calamiteit				
BG nr	Beschrijving	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Eigen gewicht	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	Gewichtsmuur	1,30	0,90	1,30	1,30	0,90	1,15	0,90	1,15	1,15	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	Grond verticaal op vloer	0,90	1,30	0,90	0,90	1,30	0,90	1,15	0,90	0,90	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	Grond horizontaal op gewichtsmuur	1,30	1,30	0,90	0,90	1,30	1,15	1,15	0,90	0,90	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	Horizontale reactie uit damwand	0,90	1,30	1,30	1,30	1,30	0,90	1,15	1,15	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Mensenmenigte	1,04	0,00	1,04	1,04	1,04	1,04	0,00	1,04	1,04	1,04	0,80	0,00	0,80	0,80	0,80
7	Onderhoudsvoertuig	0,00	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	Calamiteitsvoertuig	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	EG boom	0,90	1,30	0,90	1,30	1,30	0,90	1,15	0,90	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	Windbelasting boom	0,00	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00	0,60	0,60	0,60	0,60

TER BESPREKING

9 Berekeningsresultaten

9.1 Actuele situatie

De Scia-uitvoer voor de maatgevende combinatie (steunpunt 2, vergelijking 6.10a):



De stramienmaat bedraagt 1m, verdere bewerking van de uitvoer is niet nodig.

De maatgevende reactie per paal:

1. 25,49 kN
2. 74,69 kN
3. 9,78 kN
4. 32,29 kN
5. 35,15 kN

De maatgevende resultaten komen allen voort uit fundamentele combinatie 6.10a.

9.2 Situatie T = 25 jaar

De maatgevende reactie per paal bedraagt nu:

1. 27,98 kN
2. 81,80 kN
3. 13,79 kN
4. 36,83 kN
5. 38,88 kN

Ook nu levert fundamentele combinatie 6.10a alle maatgevende paalreacties op.

TER BESPREKING

10 Toetsing paaldraagvermogen

10.1 Berekend paaldraagvermogen

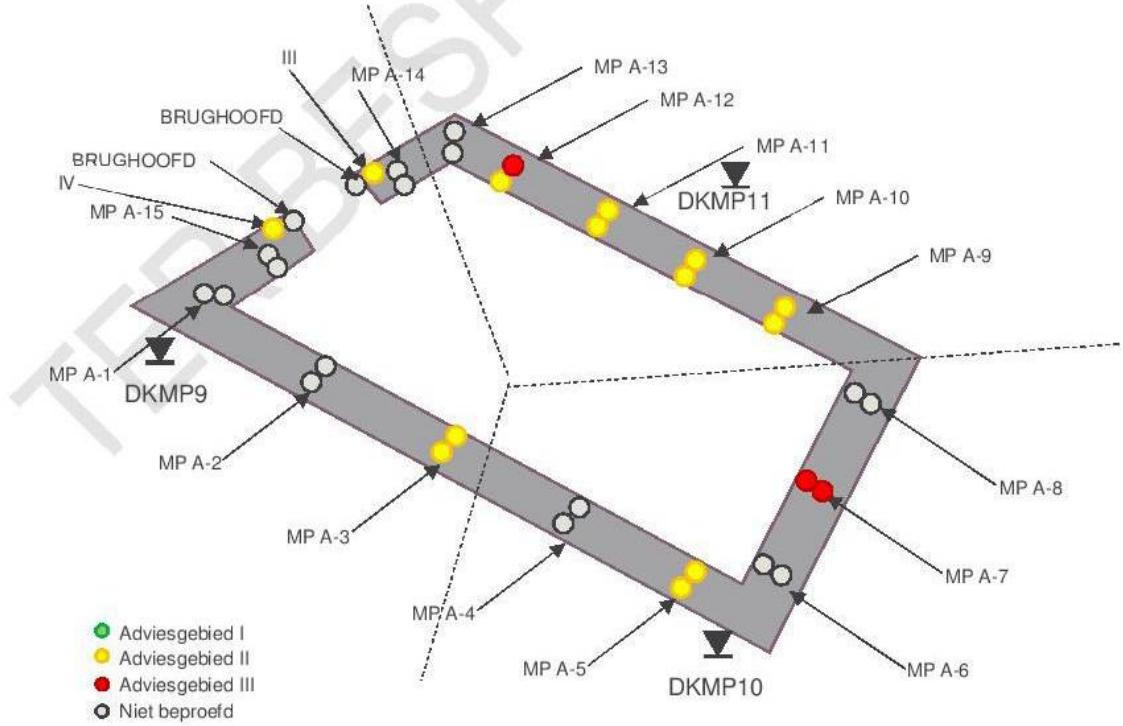
De paaldraagvermogens zijn voor 4 paalkopdiameters i.c.m. 3 sonderingen berekend. Omdat de onderlinge afstand tussen de sonderingen groot is, kunnen deze niet in samenhang beoordeeld worden, maar dienen deze afzonderlijk te worden beschouwd. Dit leidt o.a. tot hogere waarden voor ksi3 en ksi4 in de paalberekening, resulterend in een lager draagvermogen.

De kade is naar verwachting voldoende stijf om te mogen rekenen op herverdelingscapaciteit. Ksi3 en ksi4 bedragen daarom allebei 1,26.

De paaldraagvermogens bedragen:

D_punt	Rc,d sondering 9 [kN]	Rc,d sondering 10 [kN]	Rc,d sondering 11 [kN]
72	47	31	13
92	62	40	18
132	91	46	31
152	105	52	38

De toewijzing van palen aan de sonderingen is aangegeven met de stippellijnen:

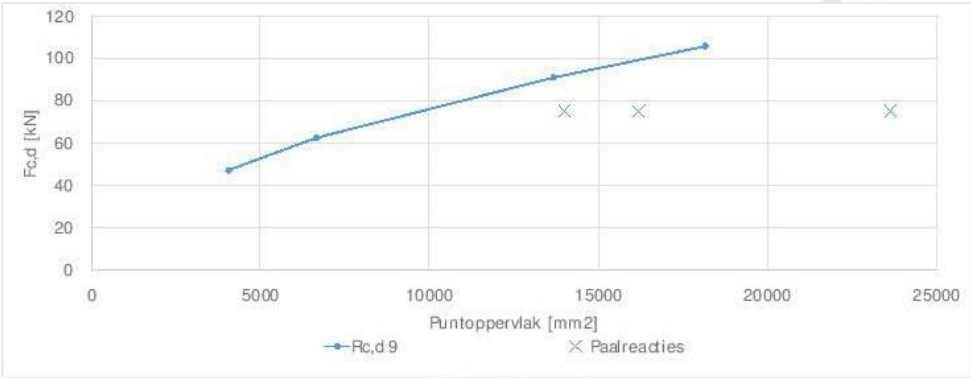


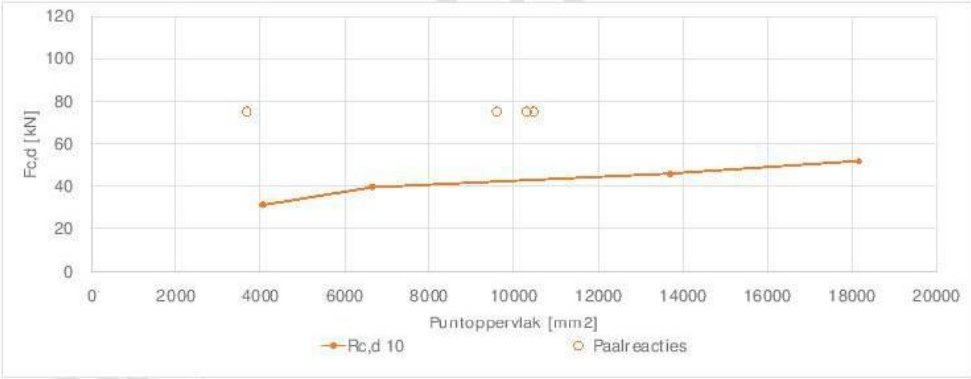
TER BESPREKING

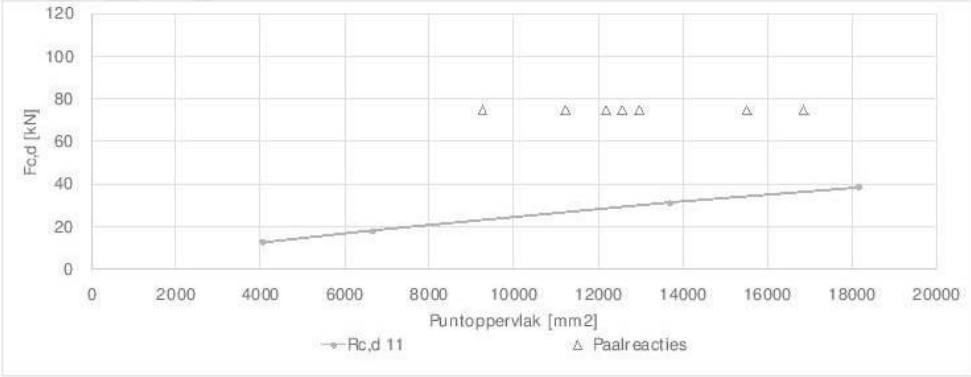
Het paaldraagvermogen is bij benadering evenredig met de doorsnede. Wanneer de berekende draagvermogens uit de tabel in een grafiek worden gezet, tezamen met de paalpuntoppervlaktes, kan betrekkelijk eenvoudig worden afgelezen hoe iedere afzonderlijke paal scoort.

10.2 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.







Uitsluitend sondering 9 resulteert in voldoende draagvermogen, met als kanttekening dat juist rond sondering 9 zeer weinig informatie over de palen beschikbaar is. Tevens bevinden deze 3 palen zich ongeveer tussen sondering 9 en sondering 11. Deze laatste levert een veel lager draagvermogen op. De ogenschijnlijk gunstige uitkomst voor palen nabij sondering 9 kent daarom een aanmerkelijk risico op een tegenvallend draagvermogen.

De resultaten in tabelvorm:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
12.1	11	147	16856	74,69	36,4	2,05	104,9
12.2	11	125	12174	74,69	27,8	2,68	168,4
11.1	11	129	12969	74,69	29,3	2,55	155,0
11.2	11	141	15504	74,69	34,0	2,20	119,9
10.1	11	127	12568	74,69	28,6	2,62	161,5
10.2	11	109	9246	74,69	22,4	3,33	232,8
9.1	11	129	12969	74,69	29,3	2,55	155,0
9.2	11	120	11216	74,69	26,1	2,87	186,5
7.1	10	115	10297	74,69	41,6	1,80	79,5
7.2	10	69	3685	74,69	32,9	2,27	127,2
5.1	10	111	9590	74,69	40,7	1,84	83,7
5.2	10	116	10477	74,69	41,8	1,79	78,5
3.1	9	134	13998	74,69	89,9	0,83	0,0
3.2	9	144	16173	74,69	98,8	0,76	0,0
IV.1	9	174	23642	74,69	129,2	0,58	0,0

De overschrijdingen voor A_binnen zijn (zeer) fors. Met name sondering 11 laat bijzonder hoge UC's zien.

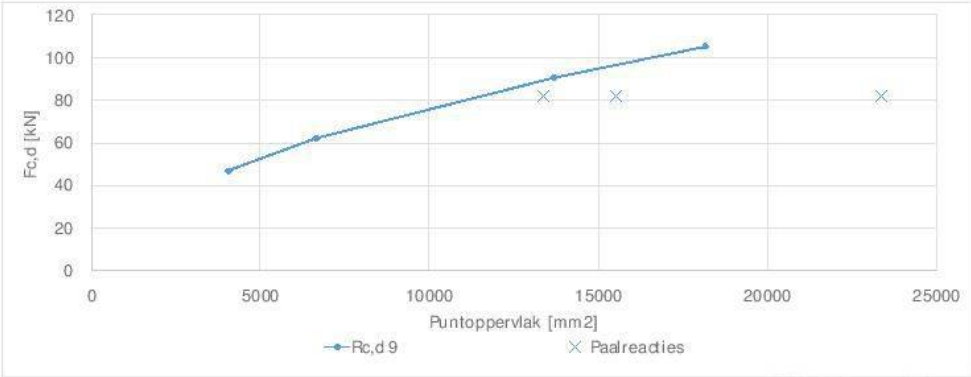
10.3 Toetsing paaldraagvermogen 25 jaar

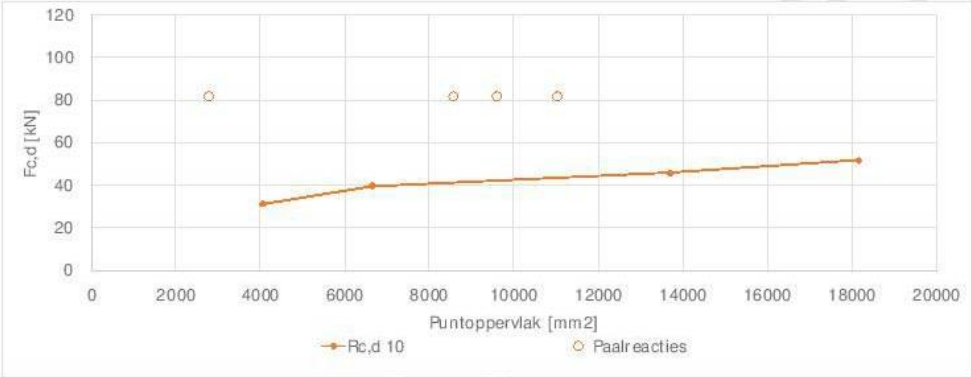
Dezelfde grafieken zijn opgesteld, met als verschillen:

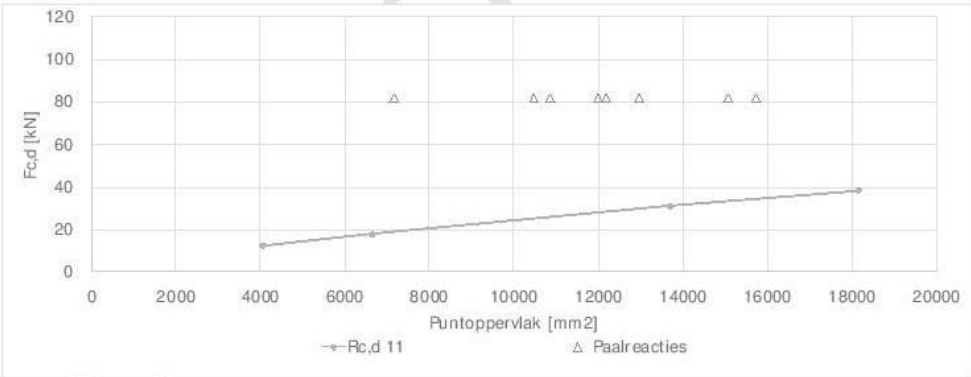
- De puntdiameters zijn aangepast op basis van de prognosticeerde ontwikkeling van de aantasting.
- De paalreactie is hoger wegens langere referentieperiode.

Dit resulteert in de volgende grafieken:

TER BESPREK







De situatie blijft in essentie ongewijzigd: uitsluitend sondering 9 resulteert in voldoende draagvermogen.

De resultaten in tabelvorm:

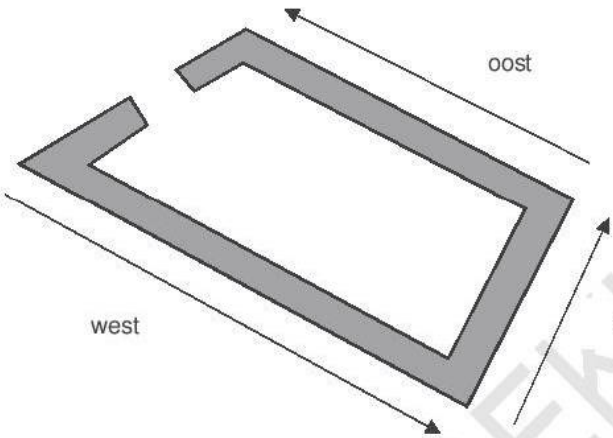
Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
12.1	11	142	15725	81,8	34,4	2,38	138,0
12.2	11	118	10843	81,8	25,4	3,22	222,3
11.1	11	125	12174	81,8	27,8	2,94	193,9
11.2	11	139	15066	81,8	33,2	2,47	146,7
10.1	11	124	11979	81,8	27,5	2,98	197,7
10.2	11	96	7163	81,8	18,6	4,40	339,5
9.1	11	129	12969	81,8	29,3	2,79	179,2
9.2	11	116	10477	81,8	24,7	3,31	231,0
7.1	10	119	11029	81,8	42,6	1,92	92,2
7.2	10	60	2781	81,8	31,7	2,58	158,2
5.1	10	105	8577	81,8	39,3	2,08	108,0
5.2	10	111	9590	81,8	40,7	2,01	101,1
3.1	9	131	13376	81,8	87,3	0,94	0,0
3.2	9	141	15504	81,8	96,0	0,85	0,0
IV.1	9	173	23371	81,8	128,1	0,64	0,0

De uitschieters nemen toe tot maximaal UC=4,40. Sondering 9 levert een maximale UC van 0,94 op. Alhoewel dit voldoet, kan wel geconcludeerd worden dat wanneer de voortgaande aantasting van de palen maar beperkt tegenvalt, dat het draagvermogen dan snel ontoereikend zal kunnen zijn. Daarnaast is de steekproef van palen nabij sondering 9 te klein om harde conclusies te trekken.

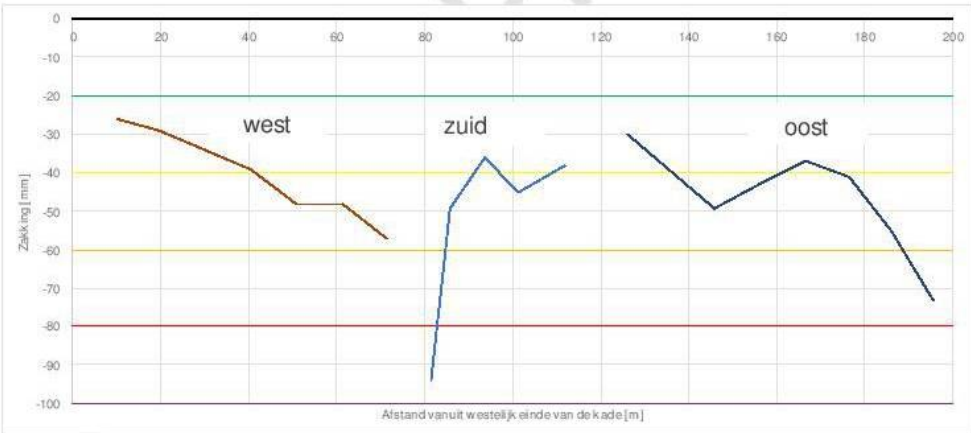
TER BESPREKING

11 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, waarbij de volgende ”route” wordt aangehouden:



Het zakkingsbeeld:



Het zakkingsbeeld laat zien dat de opgetreden zakkingen sterk variëren. Van ca. 25mm tot ca. 95mm. Bij een ouderdom van 110 jaar is de maximale zakkingssnelheid dus ca. 0,9mm/jaar. Dit is relatief hoge waarde, maar het actuele zakkingstempo is vermoedelijk hoger omdat de afname van de dragende doorsnede van de palen meer ”voelbaar” wordt naarmate de paal verder degradeert. In andere woorden: het zakkingstempo neemt toe bij afnemende paaldiameter.

Het grillige zakkingsbeeld past goed bij de variaties in berekend paaldraagvermogen. De opgetreden zakkingen zijn naar verwachting tenminste deels voortgekomen uit autonoom gedrag.

12 Conclusies en aanbevelingen

12.1 Conclusies

Uit de beschouwing van kade A_binnen en A_buiten worden de volgende conclusies getrokken:

- Tijdens het boren van een houtmonster zijn krakende geluiden gehoord, waarop de monstername is gestaakt.
- De indringingsmetingen en het laboratoriumonderzoek wijzen op een fundering die is aangetast door erosiebacteriën. Tevens is de prognose dat deze degradatie de komende 25 jaar zal doorzetten met gemiddeld 4mm, en een uitschieter van 13mm.
- Slechts 1 van de 3 sonderingen wijst voldoende draagvermogen uit, met een maximale UC=0,83 voor de actuele situatie en een maximale UC=0,94 voor de situatie over 25 jaar. Tegenvallende degradatie zal al snel kunnen leiden tot overschrijding van het paaldraagvermogen: de gevoeligheid is relatief groot. Daarnaast is de grootte van de steekproef rond deze sondering erg klein, voortkomend uit zeer moeizaam verlopende monstername.
- De andere 2 sonderingen wijzen een aanmerkelijke overschrijding van het paaldraagvermogen uit in zowel de actuele situatie als ook voor de situatie over 25 jaar. Met name sondering 11 (oostzijde van A_binnen) levert lage paaldraagvermogens op.
- Visueel oogt de kade in goede staat. Het duikonderzoek wijst op een matige tot redelijke staat. Uit het duikonderzoek is tevens gebleken dat er mogelijk sprake is van een vervuilde waterbodem.
- Er zijn zowel grenen als vuren palen onder de kade aangetroffen. Van grenen palen is bekend dat deze gevoeliger zijn voor aantasting, wat ook blijkt uit de indringingsmetingen en het laboratoriumonderzoek. In alle monsters is EB-aantasting aangetroffen met een maximale diepte van 60mm met prognose over 25 jaar van 73mm.
- Van kade A_buiten is 1 paal beproefd. Deze paal voldoet rekenkundig, maar er is te weinig informatie voorhanden om betrouwbare conclusies te kunnen trekken. Deze ene paal betreft overigens een vurenhouten paal, terwijl vaststaat dat er ook grenen palen zijn toegepast, welke waarschijnlijk verder zijn aangetast en daarom mogelijk niet zullen voldoen.
- De landhoofden van de fietsbrug zijn niet beschouwd. Verwacht kan worden dat de palen onder de landhoofden een vergelijkbare mate van aantasting zullen hebben ondergaan.
- Het gemeten zakkingsverloop van de kade stemt qua vorm overeen met de berekende draagkracht van de fundering. De absolute waarde van de opgetreden zakking varieert sterk en bedraagt maximaal ca. 95mm. Het bijbehorende gemiddelde zakkingstempo bedraagt ca. 0,9mm/jaar, wat een relatief hoge waarde is.
- Verwacht kan worden dat het actuele zakkingstempo hoger ligt, omdat dit tempo samenhangt met de dragende doorsnede van de palen. De voortgaande degradatie reduceert de paaldoorsnede voortdurend, waardoor het tempo toeneemt.
- 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.

TER BESPREKING

12.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt:

- Vervanging van kade A_binnen en A_buiten in overweging te nemen.
- Eventueel kan gepoogd worden kade A_buiten te behouden. De kans van slagen wordt als laag ingeschat.

TER BESPREKING

Bijlage 1.

TER BESPREKING