

RAPPORT

Variantenstudie kademuur- vernieuwing

Voorhaven Rijkshulpschutsluis
Vreeswijk

Versie: 1.0

Status: Vrijgegeven

Datum: 27-05-2022

Kenmerk: D80-T.A.W.-HS-RAP-
22002470



Autorisatieblad

Variantenstudie kademuur- vernieuwing

Voorhaven Rijkshulpschutsluis Vreeswijk

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door		✓	27-05-2022
Gecontroleerd door		✓	27-05-2022
Vrijgegeven door		✓	27-05-2022

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
0.1		18-03-2022	Concept PvE
0.2		29-03-2022/13-04-2022	Concept Bureaustudie en ontwerpvoorstellen
0.3		21-04-2022	Concept uitwerking varianten
0.4		18-05-2022	Concept eindrapportage
1.0		27-05-2022	Definitief eindrapportage

Samenvatting

Aan de westelijke kademuur in de voorhaven van de Rijkshulpschutsluis te Vreeswijk zijn constructieve gebreken geconstateerd, de kade is lokaal bezwaken. Er zijn noodmaatregelen getroffen om (verder) bezwijken te voorkomen. Uit een recente technisch beoordeling van de kademuur blijkt dat de kade eindelevensduur is. Om de kademuur weer volledig in gebruik te nemen, is (gedeeltelijke) vernieuwing or renovatie noodzakelijk.

In deze rapportage wordt de haalbaarheid van verschillende ontwerp oplossingen voor het vernieuwen van de kademuur afgewogen. Het doel van deze rapportage is de kosten en risico's inzichtelijk te maken om de kademuur weer in functie te herstellen. Om tot de ontwerp oplossingen te komen, wordt op hoog niveau een set met randvoorwaarde en uitgangspunten geformuleerd. Op basis hiervan zijn door middel van een bureaustudie ontwerp mogelijkheden onderzocht.

Deze mogelijkheden zijn uitgewerkt in een integrale ontwerp oplossing. In samenspraak met de gemeente Nieuwegein zijn 3 oplossingen geselecteerd om uit te werken tot schetsontwerp. Voor de verschillende ontwerpen zijn de technische uitvoerbaarheid, omgevingshinder, globale bouwkosten, duurzaamheid, inpassing in definitieve situatie (toekomstbestendigheid) en risico's beschouwd. Hieruit volgt een ontwerp met kostenraming waarbij kade weer volledig gebruikt kan worden en worden aanbevelingen gemaakt voor de verdere uitwerking van het ontwerp.

Inhoudsopgave

Inleiding	1
1 Eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden	3
1.1 Eisen	3
1.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten	4
1.3 Stakeholders	6
2 Bureaustudie kademuurvernieuwing	7
2.1 Kademuurvernieuwing	7
2.1.1 Gewichtsmuur (op palen gefundeerd)	7
2.1.2 Damwandconstructie staal (eventueel verankerd)	7
2.1.3 Op palen gefundeerde L-wand	8
2.1.4 Op palen gefundeerde omgekeerde L-wand	8
2.1.5 Jetgroutwand	8
2.1.6 Berlinerwand (of palenwand)	8
2.2 Levensduurverlengende maatregel (herstel en renovatie)	9
2.3 Voorstel Movares ontwerp oplossingen	10
3 Ontwerpoplossingen	11
3.1 Algemene risico's en kosten	11
3.1.1 Risico's	11
3.1.2 Kosten	12
3.2 Variant 1 Renovatie van de bestaande kade	12
3.2.1 Variant 1a Wand versteviging van beton en stalen funderingspalen	12
3.2.2 Variant 1b Renovatie van de bestaande kade, jetgrout wand	14
3.3 Variant 2 L-muur op palen	16
3.3.1 Beschrijving van het ontwerp	16
3.3.2 Uitvoeringsmethode	17
3.3.3 Risico's en aandachtspunten	17
3.3.4 Kosten	17
3.4 Variant 3 Stalen damwand	18
3.4.1 Beschrijving van het ontwerp	18
3.4.2 Uitvoeringsmethode	18
3.4.3 Risico's en aandachtspunten	19
3.4.4 Kosten	19
4 Afweging ontwerp oplossingen	20
5 Conclusie en aanbevelingen	21
5.1 Conclusie	21
5.2 Aanbevelingen	21
Colofon	22
Bijlagen SSK-kostenraming SO	23

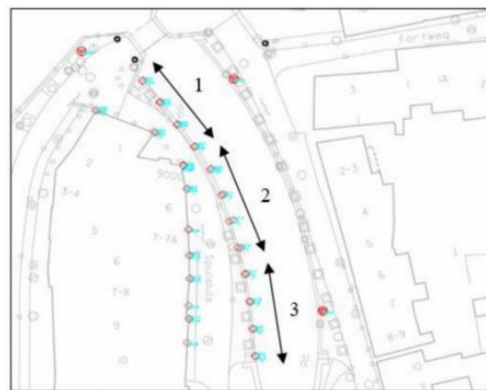
Inleiding

Achtergrond en doel

Uit inspecties uit het verleden is gebleken dat de kademuren in de voorhaven van de Rijkshulpschutsluis te Vreeswijk (Figuur 1) in zeer slechte staat zijn. Voornamelijk de westelijke kade muur vertoont beschadigingen, uitgespoelde voegen, verplaatsing en rotatie, uitbolling en maaiveldverzakkingen. Uit de monitoringsgegevens blijkt ook dat panden in de omgeving waarschijnlijk aan verplaatsing onderhevig zijn. Op basis van deze constatering is onderzoek gedaan naar oorzaak en risico's van de schadebeelden bij de kademuren. In dit onderzoek is geconstateerd dat de oostelijke kade in een matige staat verkeert, maar dat er geen direct risico is voor de stabiliteit. De westelijke kade muur van de voorhaven is in slechte staat. De kade muur heeft geen restcapaciteit en is aan vernieuwing toe. Om de veiligheid te borgen zijn gewichtsbepalende maatregelen genomen en is op het slechtste deel (sectie 2, ter hoogte van de uitbuiting, Figuur 2) een noodmaatregel (het plaatsen van big-bags) aangewend om (verder) bezwijken te voorkomen. De kade muur wordt bovendien bewaakt door periodieke monitoring. Het advies is om de gehele kade muur op korte termijn te vernieuwen.



Figuur 1 Scope kademuren voorhaven Rijkshulpschutsluis

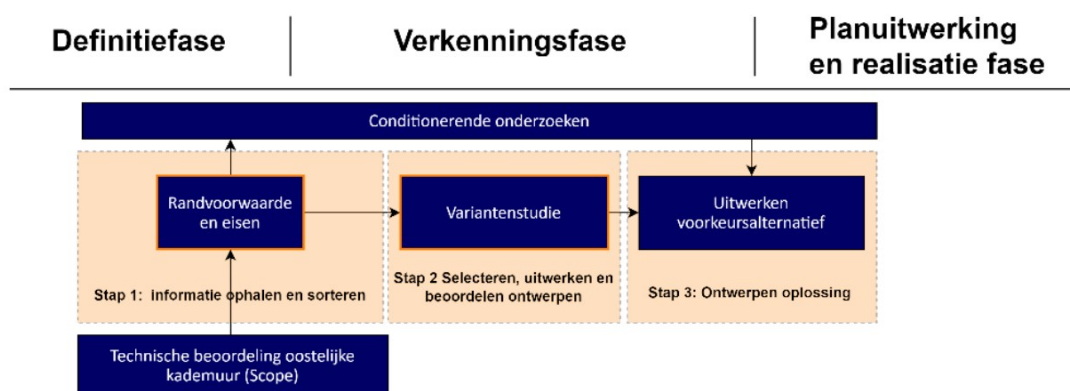


Figuur 2 Sectie indeling westelijke kade muur

In deze rapportage wordt de haalbaarheid van verschillende ontwerp oplossingen afgewogen om de kade muur te vernieuwen. Het doel van deze rapportage is de kosten en risico's inzichtelijk te maken om de kade muur weer in functie te herstellen.

Aanpak

Om te komen tot een veilig, toekomst vaste, en gedragen kademuurontwerp doorlopen we de definitie-, onderzoeks- en verkenningsfase als voorbereiding op de uitwerkings- en realisatiefase. In dit proces worden 3 stappen gedefinieerd om te komen tot een voorlopig ontwerp voor kademuur vernieuwing, zie onderstaand stroomschema.



Figuur 3: Aanpak kademuur vernieuwingen Rijkshulpschutsluis

Vanwege onduidelijkheden in de scope, budget en de invloed van de omgeving wordt in dit stadium enkel gefocust op de variantenstudie voor de westelijke kademuur (stap 1 en 2). De nadruk van deze rapportage ligt op het verkrijgen van inzicht in het benodigde budget voor de vernieuwing. Hieronder worden de verschillende stappen besproken om te komen tot een kademuurvernieuwingsontwerp:

Stap 1 informatie ophalen en sorteren

In deze stap worden verschillende relevante (binnenstedelijke) kade oplossingen geïnventariseerd o.b.v. bureauonderzoek en expert judgement. Hierbij wordt rekening gehouden met de geldende uitgangspunten en randvoorwaarden. Door Movares wordt een voorstel gedaan voor de uitgangspunten en randvoorwaarden, waarna de Gemeente Nieuwegein deze beoordeelt en aanvult.

Stap 2 Selecteren, uitwerken en beoordelen ontwerpen

De tweede stap start met een selectie van 3 ontwerp oplossingen uit stap 1 die we uitwerken tot een schetsontwerp. Deze selectie vindt plaats door voorstellen van Movares en een overleg met de gemeente Nieuwegein. De geselecteerde voorstellen werken we uit tot 3 schetsontwerpen, de schetsontwerpen geven inzicht in de kosten, uitvoering en risico's. De 3 schetsontwerpen beoordelen we middels een multicriteria-analyse op: technische uitvoerbaarheid, omgevingshinder, globale bouwkosten, duurzaamheid, inpassing in definitieve situatie (toekomstbestendigheid) en risico's. In een gezamenlijke sessie wordt de beoordeling besproken om vervolgens een voorkeursvariant te selecteren.

Conditionerend onderzoek

Parallel aan de verkenningsfase wordt conditionerend onderzoek uitgevoerd voor de uitwerking van het ontwerp. Voor een aantal onderzoeken (*) zijn reeds zijn reeds gegevens beschikbaar. Deze informatie wordt meegenomen in de variantenstudie (stap 1 en 2). Indien benodigde conditionerende onderzoeken niet beschikbaar zijn, wordt in overleg een inschatting gedaan op basis van de tot dan bekende gegevens, ervaring en expert judgement.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 is geïnventariseerd met welke uitgangspunten, randvoorwaarden en eisen rekening gehouden moet worden om een veilig, toekomstvast, en gedragen kademuurontwerp te realiseren. In hoofdstuk 2 worden mogelijke ontwerp oplossingen gepresenteerd en gecombineerd tot een ontwerpvoorstel. In hoofdstuk 3 worden de gekozen ontwerpvoorstellen uitgewerkt tot schetsontwerp. Deze ontwerpen worden vervolgens in hoofdstuk 4 onderling vergeleken. Deze rapportage wordt afgesloten in hoofdstuk 5 met de conclusies en aanbevelingen.

1 Eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden

Hieronder volgen op hoofdlijnen de verschillende eisen, uitgangspunten en randvoorwaarden die relevant zijn voor het project kademuurvernieuwing Voorhaven Rijkshulpschutsluis te Vreeswijk.

1.1 Eisen

In deze paragraaf zijn de eisen gespecificeerd waarbij rekening gehouden wordt in het ontwerp, de uitvoering en het beheer en onderhoud.

Ontwerpeisen

- De kademuur dient een grondkerende en scheidende functie te verzorgen.
- De kade dient de volgende nevenfuncties te faciliteren:
 - parkeren op kade;
 - rijbaan op de kade;
 - aan/afmeren aan de kade;
 - groenvoorziening (bomen op de kade).

De gemeente heeft niet de wens om de huidige functies te wijzigen. In het geval dat een of meerdere van deze functies niet haalbaar zijn binnen de ontwerpoplossing is het bespreekbaar om hiervan af te wijken.

- De ontwerplevensduur van de constructie:
 - Een nieuwe kade dient functioneel te voldoen gedurende een periode van 100 jaar.
 - Een versterkte kade dient functioneel te voldoen gedurende een periode van 50 jaar.
 - Bij een levensduur verlengende maatregel dient de kademuur 20 jaar mee te gaan.De levensduur wordt meegenomen in de afweging tussen ontwerpoplossingen in relatie tot de kosten.
- Het doorstroomprofiel, leggerprofiel en de doorvaart van de voorhaven dient minimaal gelijk te blijven aan de huidige situatie (met andere woorden geen beïnvloeding van het huidige watersysteem).

Veiligheidseisen

- De kademuur voldoet aan de in wet- en regelgeving gestelde vigerende veiligheidsnormering;
- De kademuur verkeert in een zodanige constructieve staat en het beheer en onderhoud worden zodanig uitgevoerd dat bescherming tegen bezwijken blijvend is gewaarborgd gedurende de ontwerplevensduur;
- Nevenfuncties mogen geen nadelig effect op het water- en grondkerende vermogen van de kademuur hebben.
- De belendingen bevinden zich op ca. 5-10 meter van de kademuur, tijdens de uitvoering en in de eindsituatie dient de veiligheid en integriteit van de belendingen geborgd te worden.
- In de uitvoering dient rekening gehouden te worden met het bezwijkmechanisme van de primaire waterkering. Bij naastgelegen renovatieprojecten (brug tussen de Oude sluis en de Wierselaan) is kortsluiting van de waterremmende laag een probleem geweest.
- Drenkelingenvoorzieningen, voor een kadeconstructie worden drenkelingenladders om de 30m geadviseerd. Mogelijk weegt het esthetisch beeld van de kademuur zwaarder, eis dient te worden overlegd met de welstandscommissie.

Beheer- en onderhoudseisen

De gemeente Nieuwegein stelt geen specifieke eisen aan beheer en onderhoud. Beheer en onderhoudswerkzaamheden dienen redelijkerwijs uitgevoerd te kunnen worden.

Beeldkwaliteit eisen

De voorhaven(kom) is een onderdeel van de Rijkshulpschutsluis, zoals ook vermeld op rijksmonumenten.nl. De voorhaven wordt daarom beschouwt als rijksmonument. In deze gevallen is afstemming met de welstandscommissie noodzakelijk en worden door de commissie eisen opgelegd om ervoor te zorgen dat het karakteristieke stadsbeeld behouden blijft. Het kan noodzakelijk zijn een monumentenvergunning aan te vragen, de doorlooptijd van deze aanvraag is lang (tot 6 maanden). Daarnaast wordt in de voorbereidingsfase en definitiefase gekeken naar een restauratieplan, veelal voorafgegaan door een haalbaarheidsstudie en een bouwhistorisch archiefonderzoek. De generieke eisen die hieruit volgen zijn:

- De kade wordt teruggeplaatst volgens het huidige straatbeeld.
- Mogelijk eisen aan hergebruik van materiaal.
- Mogelijk eisen aan de zichtbare onderdelen van de kademuur.

Flora en Fauna eisen

Het is de wens om het huidige straatbeeld te behouden. Langs de westelijke kade staan momenteel 6 bomen. In deze haalbaarheidsstudie wordt enkel voorzien dat deze bomen in het ontwerp opgenomen zijn. Uit overleg met de Gemeente Nieuwegein volgt dat alle 6 de bomen gezond en levensvatbaar zijn.

1.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

In deze paragraaf zijn de randvoorwaarde en uitgangspunten gespecificeerd die van invloed zijn op het ontwerp en uitvoering.

Scope

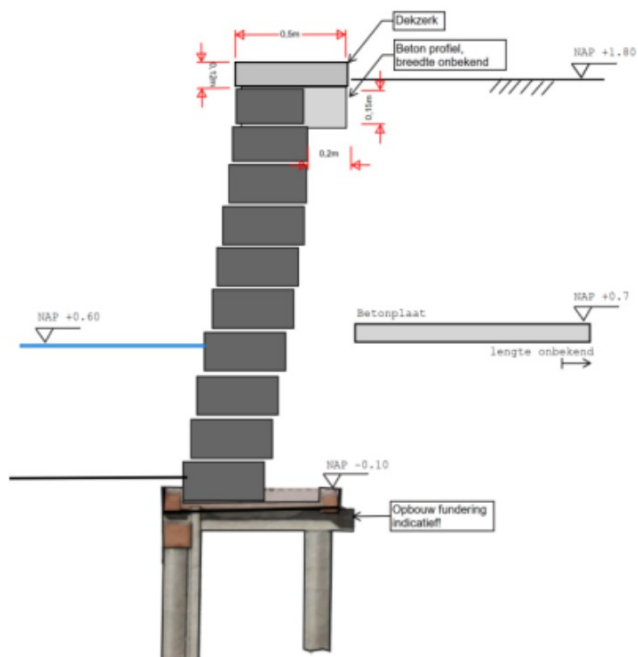
- De vernieuwing betreft de westelijke kademuur. Een eventuele vernieuwing van de oostelijke kademuur wordt op dit moment niet beschouwd.
- Raakvlakken:
 - Aansluiting aan de noordzijde met de brug tussen de Oude sluis en de Wierselaan: De kade sluit aan op de naar het water aflopende natuurstenen trap. De aansluiting is geen onderdeel van deze haalbaarheidsstudie en dient in een later fase te worden uitgewerkt te worden.
 - Aansluiting aan de zuidzijde met de rijkshulpschutsluis: De kade sluit aan op de naar het water aflopende natuurstenen trap. De aansluiting is geen onderdeel van deze haalbaarheidsstudie en dient in een later fase te worden uitgewerkt te worden.

Huidige constructie

- Op basis van een proefsleuven onderzoek is de opbouw van de huidige constructie vastgesteld. De kadeconstructie bestaat uit:
 - een fundering van kespens op houten palen;
 - een onder inclinatie opgemetselde slanke natuurstenen muur;
 - een natuurstenen dekzerk.
- Figuur 5 geeft het dwarsprofiel kademuur van de kadeconstructie weer op basis van eerdere onderzoeken, memo Oorzaken en risico's d.d. 02-12-2021.



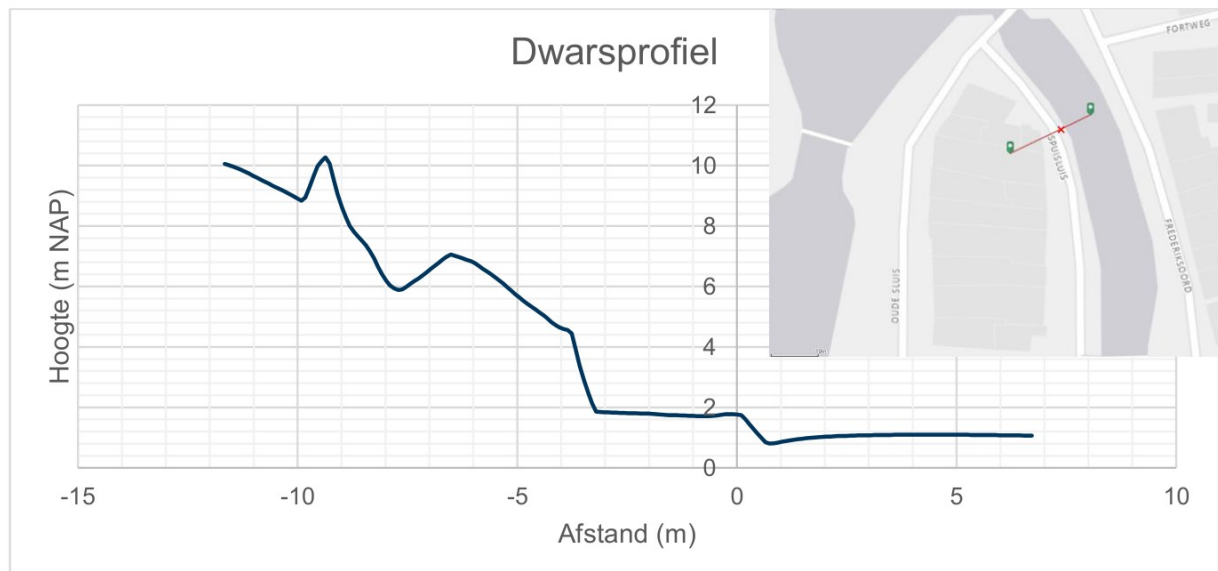
Figuur 4 K&L projectlocatie



Figuur 5 Indicatieve dwarsdoorsnede van de kadeconstructie t.p.v. sectie 2 (de bocht)

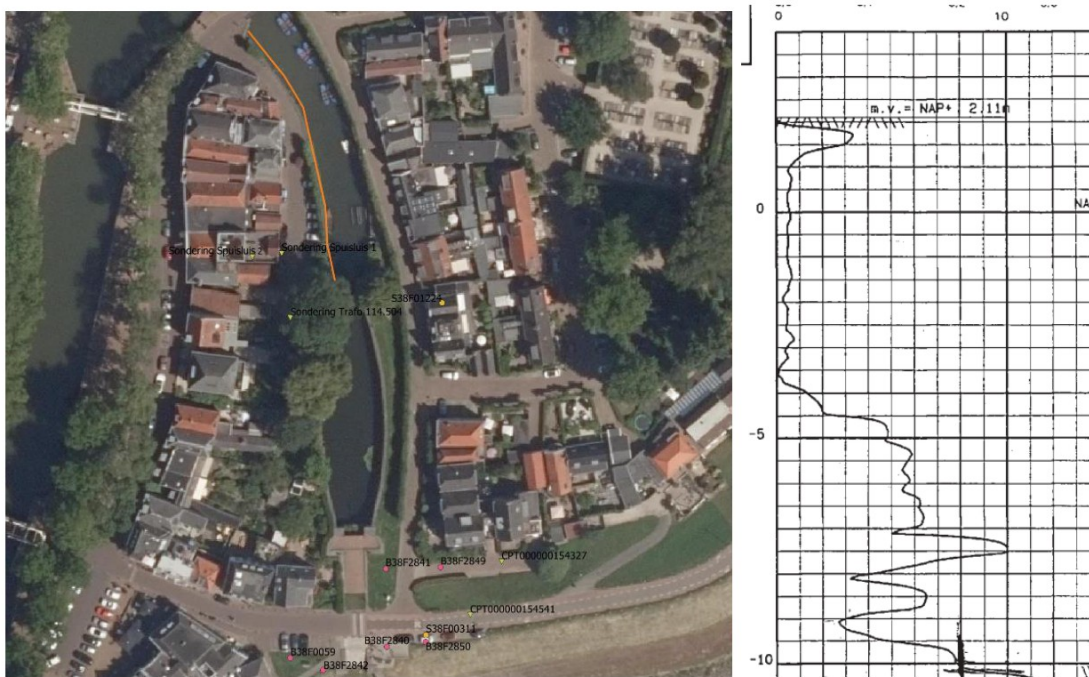
Omgevingsrandvoorwaarden en -uitgangspunten

- De aanwezigheid van kabels & leidingen en riolering worden aangehouden conform de beschikbare KLIC-melding, zie Figuur 4.
- Een constante grondwaterstand in de voorhaven van NAP+ 0,6 m zoals aangetroffen tijdens het proefsleuven onderzoek en conform de metingen van het waterschap.
- Het nieuwe kademuurontwerp wordt gebaseerd op het dwarsprofiel met de kortste afstand tot de belendingen ter hoogte van schadesectie 2, zie Figuur 6.



Figuur 6 Dwarsprofiel ten behoeve van ontwerp nieuwe kadeconstructie

- De bodemopbouw is afgeleid uit de beschikbare boringen en sonderingen. Voor het algeheel grondbeeld is uitgegaan van sondering Spuisluis 1/2, sondering Trafo 114.504, boringen B38F2849, B38F2850 en het proefsleuvenonderzoek. De ondergrond bestaat uit een zandige toplaag van 1 meter dikte tot circa NAP +0,8 m gevolgd door kleilagen met een dikte van circa 3 meter. Rond NAP -2 m wordt een veenlaag aangetroffen met een dikte van circa 1 meter gevolgd door een kleilaag met een dikte van 0,5 m. Op NAP -4,5 m bevindt zich het zandpakket met vastere lagen rond NAP -10 m. In Figuur 7 is een overzicht van het grondonderzoek weergegeven.



Figuur 7 Overzicht grondonderzoek en sondering spuisluis 1

1.3 Stakeholders

De verschillende stakeholders binnen dit project bestaan uit:

- Gemeente Nieuwegein (beheerder, eigenaar);
- RWS (raakvlak monument Rijkshulpschutsluis);
- Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (raakvlak waterberging en waterkering);
- Nutsbedrijven (raakvlak aanwezige kabels & leidingen nabij kademuur);
- Bewoners (aan de kade bevinden zich circa 6 woonhuizen);
- Ondernemers (aan kade bevindt zich een pizzeria).

2 Bureaustudie kademuurvernieuwing

In dit hoofdstuk volgen verschillende technische oplossingen om de kademuur weer in functie te herstellen. De oplossingen bestaan op hoofdlijnen uit methodes voor vernieuwing en levensduur verlengende maatregelen.

2.1 Kademuurvernieuwing

De bestaande vernieuwingsmethode van kademuren in binnenstedelijk gebied zijn geïnventariseerd op basis van de volgende documenten:

- [1] Handboek kademuren;
- [2] Handboek binnenstedelijke kademuren, CROW d.d. 04-2014;
- [3] Handreiking vervangingsmethodes Platform BiKa d.d. 10-2021.

De vernieuwingsmethodes zijn opgedeeld in constructie types en de uitvoeringsmethodes. De uitvoeringsmethodes zijn bepalend voor het type constructie dat geplaatst kan worden. Vanuit de uitgangspunten en randvoorwaarden vallen daarbij sommige methodes af.

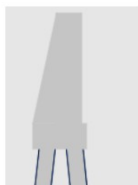
Uitvoeringsmethodes:

- Kade voor oude kade (voldoet niet aan uitgangspunten; verandering t.o.v. bestaande kade)
- Kade achter oude kade (voldoet niet aan uitgangspunten; verandering t.o.v. bestaande kade)
- Nieuwe kade op de plek van de oude kademuur
- Door de bestaande kade (jetgrouten, damwand of palen)

Type constructies:

- Gewichtsmuur (op palen gefundeerd)
- Damwandconstructie uit staal of beton (onverankerd/verankerd)
- Op palen gefundeerde L-wand
- Op palen gefundeerde omgekeerde L-wand
- Jetgroutwand
- Palenwand
- Berlinerwand (voldoet mogelijk niet aan uitgangspunten; verandering in waterdoorlatendheid)
- Terre Armee (gewapende grond) (voldoet niet aan uitgangspunten; ruimtegebrek)

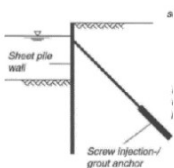
Op basis van de mogelijke type constructies en uitvoeringsmethodes, welke voldoen aan de uitgangspunten en randvoorwaarden, zijn 6 methoden beschouwd waarmee de kademuur vervangen kan worden. Hieronder is per methode het ontwerp en uitvoeringsmethode beschreven.



2.1.1 Gewichtsmuur (op palen gefundeerd)

Beschrijving: De gewichtsmuur is een traditionele kerende muur. De (kantel)stabiliteit van constructie berust op het hoge gewicht van de muur. Doordat de muur op palen geplaatst is, heeft de kade ook verticaal evenwicht.

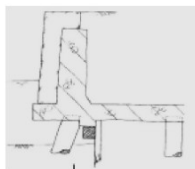
Uitvoeringsmethode: Slopen en ontgraven van de bestaande kade tot boven de oude fundatie. Een nieuwe paalfundering inbrengen tussen de bestaande funderingspalen. Plaatsen en verbinden van prefab element eventueel in combinatie met terugplaatsen van originele metselsteen.



2.1.2 Damwandconstructie staal (eventueel verankerd)

Beschrijving: Een damwand is een verticaal in de grond geplaatste wand bestaande uit losse elementen (planken of panelen). Een damwand bestaat vaak uit dunne elementen en is daarmee een flexibele constructie. De stabiliteit wordt verkregen door een inklemming in de grond eventueel geholpen door verankering.

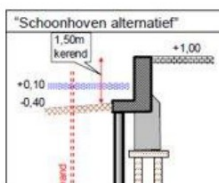
Uitvoeringsmethode: Plaatsen van tijdelijke bouwkuip, slopen en ontgraven van de bestaande kade tot boven de oude fundatie. Mogelijk bestaande (schoorstaande) palen verwijderen, definitieve damwand inbrengen. Plaatsen van voorhangschorten langs de damwand.



2.1.3 Op palen gefundeerde L-wand

Beschrijving: Een L-wand is een grondkerende constructie van beton in de vorm van een L. Door de vorm wordt de grond gekeerd met het gewicht op het horizontale deel. Doordat de muur op palen geplaatst is, zal de kade niet verzakken.

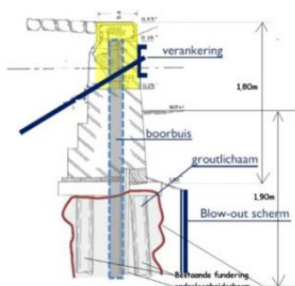
Uitvoeringsmethode: Plaatsen van tijdelijke bouwkuip, slopen en ontgraven van de bestaande kade tot boven de oude fundatie. Aanbrengen van fundatiepalen onder bestaande kade. L-wand met voet richting het land aanbrengen op de fundatiepalen.



2.1.4 Op palen gefundeerde omgekeerde L-wand

Beschrijving: De omgekeerde L-wand lijkt op de vorige methode. Enkel wordt het gewicht van de grond op het verticale deel nu afdragen aan het horizontale deel van de betonnen constructie. Doordat de muur op palen geplaatst is, zullen de krachten worden afdragen aan de ondergrond.

Uitvoeringsmethode: Aanbrengen van fundatiepalen of damwand voor de huidige kademuurconstructie. Slopen aanwezig metselwerk tot de waterbodem. L-wand met voet richting het water aanbrengen op de fundatiepalen of damwand. L-wand verankeren/ aan de bestaande kade verankeren.



2.1.5 Jetgroutwand

Beschrijving: Jetgrouten is een techniek waarbij grout vermengd wordt met grond tot een massieve cilinder. Het grout wordt aangebracht met een roterende, borende lans. Door vele kolommen aan te brengen ontstaat een waterdichte massieve wand.

Uitvoeringsmethode: Herstellen van de fundering van de bestaande kade door het aanbrengen van een wand met jetgroutkolommen onder de bestaande kademuur. De bestaande kade dient verticaal doorboord te worden, waarna jetgrout onder hoge druk door deze gaten in de grond wordt aangebracht. De bestaande kade wordt aan de wand van grout gekoppeld met stalen buizen. Deze methode vereist een dikke, homogene wand met metselwerk of andere constructie achter de kade en dient een deel van de bovenbouw van de bestaande kade gesloopt te worden waarbij ontgraven dient te worden achter de bestaande kade.

2.1.6 Berlinerwand (of palenwand)

Beschrijving: Een berlinerwand is een grondkerende constructie opgebouwd uit stalen H of I profielen met daartussen houten, betonnen planken of stalen platen. De stabiliteit van de kerende wand komt van de inklemming in de grond. Door de losse elementen is de constructie flexibel aan te brengen. De constructie is echter niet waterdicht.

Uitvoeringsmethode: Slopen van de bovenbouw van de bestaande kade. Aanbrengen van verticale H-profielen. Aanbrengen verankering. Plaatsen prefab elementen Afwerken van de kade met een nieuwe deskloof.



2.2 Levensduurverlengende maatregel (herstel en renovatie)

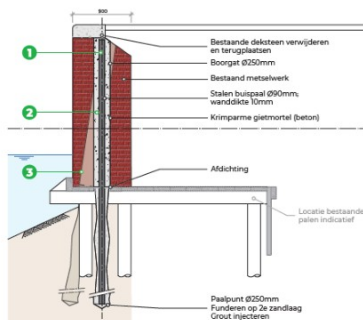
De levensduur van de kade kan verlengd worden door deze (gedeeltelijk) te herstellen en/of te versterken. De grote van de ingreep is afhankelijk van de beoogde ontwerplevensduur en de staat van de kade.

Binnenstedelijke kademuuren worden vaak gekenmerkt door een gebrekkige onderbouw (bijvoorbeeld slechte houten palenfundering), bovenbouw (bijvoorbeeld scheuren in het metselwerk) of niet functionerende kwelschermvoorzieningen. Door lokaal de slechte delen te herstellen en/of te versterken kan de levensduur verlengd worden. De levensduur blijft echter gelimiteerd tot de zwakste schakel binnen de constructie.

Levensduurverlenging kan daarmee worden toegepast zolang het constructief en economisch verantwoord is. Gerenoveerde kades moeten doorgaans intensiever geïnspecteerd en gemonitord worden in vergelijking met nieuwe kades. Beheerkosten kunnen in dit geval doorslaggevend zijn.

Bij kademuurvernieuwingen in de Gemeente Amsterdam worden levensduurverlengende maatregelen verkend gezien de slechte staat van zo'n 200 kilometer gemeentelijke kademuur. De kademuuren worden geprogrammeerd voor vernieuwing, maar sommige kades moeten direct veiliggesteld worden en het vernieuwen van alle kades is niet mogelijk. Uit een innovatietraject van de gemeente volgen 6 verschillende oplossingen om de kade tijdelijk te versterken:

- **Gracht Compact Paal:** Het toepassen van groutinjectiepalen achter en door de kade.
- **Buotcrete:** Stabiliseren van de fundering en voorkomen van uitspoeling
- **Bio Inspired Soil Improvement:** Biologisch verstevigd zandcunet en Bodem (grondverbetering).
- **Kadefundovatie:** Het aanbrengen van een stalen buispaal aan de voorzijde van de kade. Deze steunt met een pastuk de kademuur waardoor de fundering ontlast wordt.
- **Injecteren foam:** Het injecteren van een foam dat zich aan het water bindt. De samenstelling zorgt voor een waterdichte afdichting (cohesie) met klei- en veenlagen.
- **Modulaire kadeversterking:** Bij de modulaire kademuur wordt een volledig nieuwe constructie achter de bestaande kade opgebouwd.



Figuur 1: Basisprincipe GCP-systeem (dwarsdoorsnede)



Figuur 1: Visualisatie Kadefundovatie

Figuur 8 voorbeelden van methodes Gracht Compact Paal (links) en Kadefundovatie (rechts)

Bovenstaande methodes bevinden zich nog in vroeg ontwikkelstadium en zijn niet direct toepasbaar als levensduurverlengende maatregel voor de kades in Vreeswijk. Echter kunnen onderdelen uit bovenstaande methodes wel gebruikt worden om de kade lokaal te versterken. Hierbij kan gedacht worden aan de versterking van de fundering met een stalen buispaal met passtuk (Kadefundovatie) of versteviging van de kadeconstructie met beton of groutmengsel (Gracht Compact Paal).

Voor een gewichtsmuur is de kade op te delen in een fundering van houten palen en een kerende wand van natuursteen. Op basis van de shadebeelden bevinden de constructieve gebreken zich voornamelijk in natuurstenen kerende wand. Voor deze kerende wand zijn er diverse versterkingsmogelijkheden:

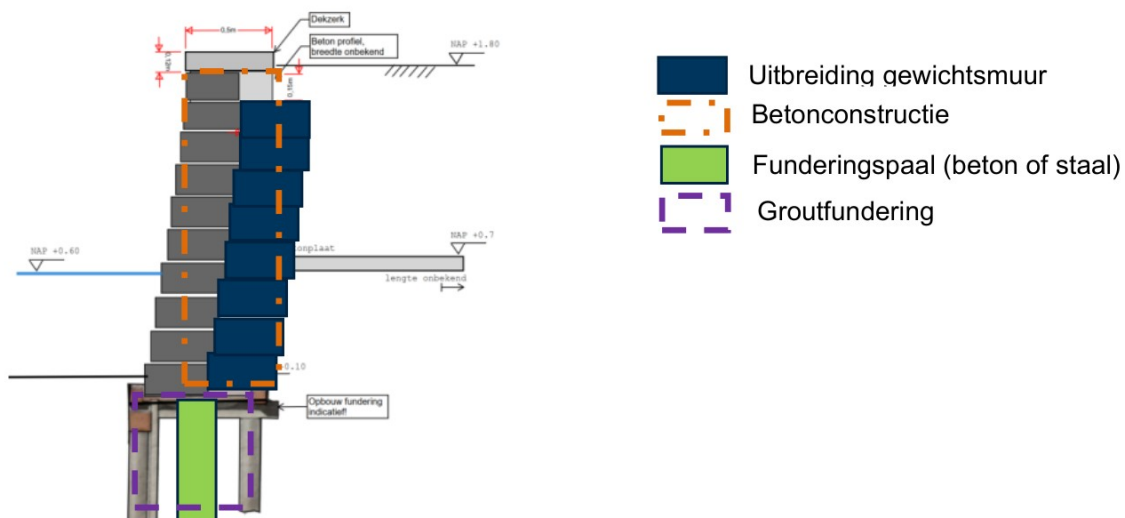
- Herstellen van de natuurstenen elementen door een dikkere wand te realiseren zodat deze voldoet aan de geldende normen.

- Het aanbrengen van een betonconstructie achter en tegen de natuurstenen wand. Hierdoor ontstaan een massieve constructie.

Er is momenteel geen aanleiding geweest voor constructieve gebreken in de fundering. De fundering is echter niet bereikbaar geweest tijdens inspecties. De staat en omvang van de fundering zijn daarmee nog onbekend. Daarnaast geldt dat het toetsen van de bestaande houten funderingspalen aan de geldende normen op dit moment niet mogelijk is vanwege ontbrekende rekenmethoden. Echter zijn er wel manieren om dit conservatief en globaal te beschouwen.

Voor funderingsherstel kunnen de volgende methoden kunnen gebruikt worden:

- het aanbrengen van een stalen buispaal;
- het aanbrengen van een betonnen funderingspaal;
- het mixen van grond met grout tussen de bestaande fundering (jetgrouten).



Figuur 9 Indicatieve dwarsdoorsnede van de kadeconstructie met versterkingsmaatregelen

2.3 Voorstel Movares ontwerp oplossingen

Op basis van de mogelijke type constructies en uitvoeringsmethodes, welke voldoen aan de uitgangspunten en randvoorwaarden, worden 3 methoden voorgesteld waarmee de kademuur in functie hersteld kan worden.

1. Renovatie van de bestaande kade door een versterkingsconstructie achter de kade aangevuld met funderingsherstel. Met renovatie of herstel is het de verwachting dat de levensduur van de kade op een economische gunstige manier verlengd kan worden.
2. Vernieuwing met op palen gefundeerde L-wand. Deze methode wordt veelal gebruikt als robuuste oplossing om horizontale en verticale krachten af te dragen. De uitvoering van deze methode heeft echter veel impact op achterland door de benodigde ruimte. Daarnaast dient een oplossing te worden gevonden voor boombehoud. Eventueel kan ook gekeken worden naar een omgekeerde L-wand.
3. Vernieuwing met stalen damwand. Door de beperkte kerende hoogte en eenvoudige uitvoering kan deze methode economisch voordelig zijn. Echter is de grondslag in Vreeswijk niet ideaal (klei- en veenlagen), waardoor mogelijk een zwaarder damwandprofiel benodigd is. Daarnaast dient er gekeken te worden naar trillingsschade bij belendingen. Eventueel kan een palenwand als alternatief beschouwd worden wanneer het risico op trillingsschade onvoldoende beheerst kan worden. Deze oplossing is makkelijker om uit te voeren maar een minder efficiënte krachten afdracht.

3 Ontwerpoplossingen

In samenspraak met de gemeente Nieuwegein zijn 3 ontwerpoplossingen geselecteerd om uit te werken tot schetsontwerp. Per oplossing zijn het ontwerp, uitvoeringsmethode, risico's en kosten beschreven. Deze oplossingen zijn:

- Variant 1 Renovatie van de bestaande kade;
- Variant 2 L-muur op palen;
- Variant 3 Stalen damwand.

3.1 Algemene risico's en kosten

Bij het opstellen van een ontwerp voor de kade gelden enkele risico's en kosten met raakvlakken voor elke variant. Deze algemene risico's en kosten zijn in deze paragraaf behandeld. In de uitwerking per variant zijn de specifieke risico's en kosten benoemd.

3.1.1 Risico's

De volgende hoofd risico's kunnen zich voordoen in het ontwerp of tijdens de uitvoering:

Ontwerprisico's

- De bestaande kadeconstructie wijkt af van de huidige verwachting (Figuur 5). Het ontwerp dient hierop aangepast te worden met mogelijk extra kosten en vertraging.
- Uit het (aanvullend) grondonderzoek volgt dat de bodemopbouw slechter is dan vooraf aangenomen. Het ontwerp dient hierop aangepast te worden of is niet langer mogelijk in huidige vorm.
- De ontworpen constructie voldoet niet aan welstandscommissie-eisen. Het ontwerp dient hierop aangepast te worden of is niet langer mogelijk in huidige vorm. Voorbeeld hiervan zijn:
 - de kadevorm wijkt af van het huidige straatbeeld;
 - materiaal hergebruik van bestaande muur is niet mogelijk.
- Er is geen rekening gehouden met beschermd groen op de huidige kademuur in het nieuwe ontwerp.

Uitvoeringsrisico's

- Het aantreffen van onbekende objecten in de ondergrond, waardoor de uitvoering bemoeilijkt wordt. Bijvoorbeeld de aangetroffen betonplaat achter de kademuur tijdens het proefsleuvenonderzoek.
- Afwijkende ligging van kabels en leidingen waardoor beschadigingen kunnen optreden tijdens graafwerkzaamheden. Gevolg werkzaamheden vallen stil en schade.
- Het is niet mogelijk de bomen te behouden i.v.m. de benodigde werkruimte. De bomen dienen verplaatst te worden.
 - Er is veel voorbereidingstijd benodigd voor de verplaatsing en dit leidt tot vertraging in de uitvoering.
 - Tijdens de verplaatsing van de boom treedt schade op, waardoor terugplaatsen niet meer mogelijk is.
- Het aanbrengen van de (tijdelijke) damwanden of funderingspalen resulteert in schade (scheuren en verzakkingen) voor de belendingen ten gevolgen van:
 - de trillingen tijdens de werkzaamheden;
 - deformatie bij de graafwerkzaamheden.
- De kade bevindt zich in de beschermde zone (invloedsgebied) van de waterkering. Het aanbrengen van de fundering kan resulteren in kortsluiting met het 1^e watervoerend pakket. Hierdoor ontstaat kwel richting het achterland en mogelijk piping.

3.1.2 Kosten

Voor een indicatie van de kosten is gebruik gemaakt van de SSK-systematiek. De kosten zijn uitgewerkt op SO-niveau en zijn bedoeld als kostenreservering en onderlinge afweging. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de algemene kosten:

- Eenmalige en algemene kosten (circa 27%):
 - Eenmalig en algemene bouwplaatskosten (4%)
 - Uitvoeringskosten (8%)
 - Algemene kosten (8%)
 - Winst en risico (5%)
- Niet benoemde objectrisico bouwkosten (10%)
- Engineeringskosten aannemer(s)/adviesbureaus(s) 10%
- Engineeringskosten opdrachtgever 5%.
- Kosten betreffende vergunningen en mogelijk daaropvolgend extra onderzoek zijn niet beschouwd.
- Instandhoudingskosten zijn niet opgenomen.
- De aanneme is dat de K&L niet verlegt hoeven te worden.
- Gebiedseigengrond wordt zoveel mogelijk hergebruikt.

3.2 Variant 1 Renovatie van de bestaande kade

Wanneer enkele onderdelen van de kade nog in redelijke staat zijn, biedt renovatie of herstel een kans om op een economische gunstige manier de levensduur van de kade te verlengen. Gezien de mate van de ingreep is het advies om uit te gaan van een levensduur voor 50 jaar of meer. Bij herstel of renovatie is het van belang om de staat van de (her te gebruiken) constructiedelen te beschouwen zodat deze voldoen aan de geldende normen.

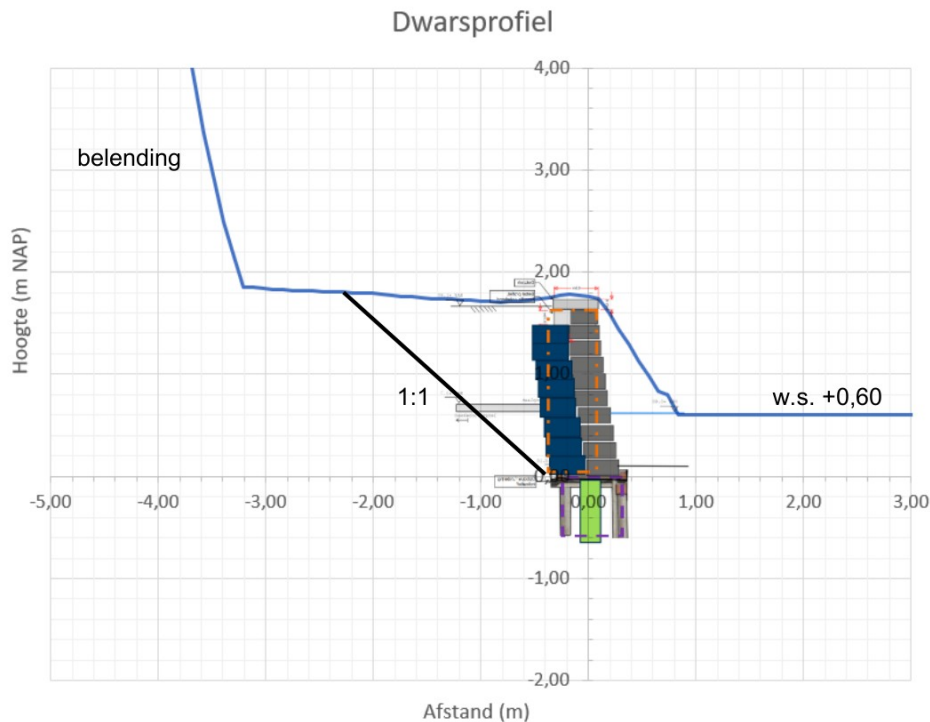
Uit het overleg op 21-04-22 met de gemeente Nieuwegein over de variantenstudie blijkt dat hergebruik van de oorspronkelijke fundering te veel risico draagt en daardoor niet gewenst is. Immers moet de huidige kademuur bij deze vorm van herstel toch tot de fundering worden afgebroken. In dat geval is het met oogpunt op uitvoering en kosten een kleine stap om tevens preventief funderingsherstel toe te passen.

Voor de renovatie van de bestaande kade is vooraf uitgegaan van een betonconstructie achter en tegen de natuurstenen wand en funderingsherstel met stalen buispalen. Naast deze variant (1a) is in overleg ook de oplossing van een jetgrout wand besproken. In eerste instantie leek deze variant niet geschikt vanwege de vermoedelijk hoge kosten. Deze variant heeft echter één groot uitvoeringsvoordeel t.o.v. de andere varianten, namelijk de constructie kan gerealiseerd worden zonder bouwkuip. De kans op boombehoud neemt ook significant toe. Hierom is besloten om ook deze variant uit te werken als variant1b.

3.2.1 Variant 1a Wand versteviging van beton en stalen funderingspalen

3.2.1.1 Beschrijving van het ontwerp

De renovatie van de bestaande kan worden uitgevoerd door de wand te verstevigen met beton. Daarnaast wordt de fundering versterkt door stalen funderingspalen aan te brengen tussen de huidige fundering. De funderingspalen kunnen trillingsvrij aangebracht worden. Voor de uitvoering is het echter wel benodigd om de wand gedeeltelijk af te breken. Vervolgens wordt de beton constructie achter en met de wand aangebracht. Het grote voordeel van deze renovatie methode is het behoud van de natuurlijk vorm van de muur in tegenstelling tot sloop en nieuwbouw. In Figuur 10 zijn de verstevigde elementen met oranje en groen aangegeven.



Figuur 10 Dwarsprofiel renovatie bestaande kade

Hieronder worden kort enkele voor- en nadelen van de methode benoemd:

- + het behoudt van de natuurlijke vorm van de muur.
- + toevoeging van nieuwe elementen aan de bestaande constructie.
- de uitvoeringsmethode van deze constructie heeft veel impact op de omgeving door de benodigde ruimte. Er dient ontgraven te worden tot de fundering.
- de constructie wordt door beperkt hergebruik grotendeels al vernieuwd.

3.2.1.2 *Uitvoeringsmethode*

Om de constructie te realiseren dienen de volgende stappen genomen te worden:

1. Verplaatsen/verplanten (of kappen) van de bestaande bomen
2. Plaatsen bouwkuip:
 - a. Aanbrengen tijdelijke damwand met zandaanvulling voor de kademuur t.b.v. de werkruimte aan de voorzijde van de kademuur.
 - b. Ontgraven tot circa 5 meter achter de bestaande kademuur. Deze afstand is nodig om voldoende werkruimte te creëren. Afhankelijk van de afstand van de kadelijf tot de belendingen is het noodzakelijk om ook een tijdelijke hulpdamwand plaatsen aan de kerende zijde.
3. Afbreek- en sloopwerkzaamheden:
 - a. Tijdelijke bemaling
 - b. Gedeeltelijk afbreken van de wand tot de fundering voor de funderingsversterking.
4. Funderingsversterking
 - a. Stalen buispalen drukken/schroeven tussen de huidige houten palenrijen.
 - b. Bekisting plaatsen en betonnen funderingsplaat storten.
5. Versteving van de opbouw met betonconstructie:
 - a. Het aanbrengen van een verstevigend betonelement aan de achterzijde van de originele gewichtsmuur.
 - b. Opbouwen van de natuurstenen muur en koppeling met betonconstructie.
6. Realisatie definitieve situatie
 - a. Grondaanvulling achter de kade.
 - b. Verwijderen van tijdelijke kering achter de kade.
 - c. Verwijderen van de zandaanvulling aan de buitenzijde van de kademuur.
 - d. Verwijderen van de hulpdamwand.

e. Terugplaatsen van bomen

3.2.1.3 Risico's

Voor deze constructie gelden de volgens specifieke risico's en aandachtspunten:

- De sterkte, kwaliteit en plaatsing van de her te gebruiken constructie onderdelen is onbekend en moet middels vooronderzoek aangetoond worden. Indien de resultaten tegenvallen moet het ontwerp aangepast worden. De kosten kunnen hierdoor toenemen.
- De betonconstructie wordt op locatie gestort waardoor de kwaliteit minder is dan bij prefab constructies. Ook kan er meer materiaal benodigd zijn.

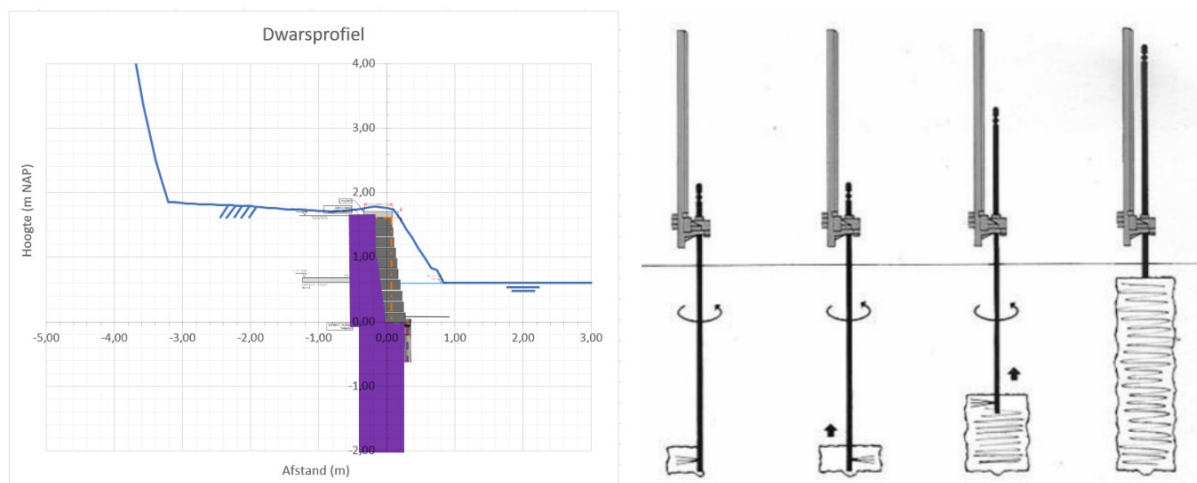
3.2.1.4 Kosten

Voor deze constructie is besloten om de kosten niet te ramen vanwege de voorkeur van de variant met jetgrout injectie. Door de toevoeging van de vele constructieve elementen kan deze methode grotendeels beschouwd worden als vernieuwing. Bij vernieuwing zijn andere methodes gunstiger in de uitvoering en goedkoper.

3.2.2 Variant 1b Renovatie van de bestaande kade, jetgrout wand

3.2.2.1 Beschrijving van het ontwerp

Jetgrouten is een techniek waarbij grout vermengd wordt met grond tot een massieve cilinder. Het grout wordt aangebracht met een roterende, borende lans. Door vele kolommen naast elkaar aan te brengen ontstaat een waterdichte massieve palenwand. Vanaf maaiveld kan achter de huidige constructie met een lans de fundering aangebracht worden. Om uitspoeling te voorkomen is tegendruk nodig in de voorhaven bijvoorbeeld door het aanbrengen van big bags. Vervolgens wordt de ruimte achter de wand opgevuld met 0,4 m dikke grout. Zo ontstaat een robuuste nieuwe kademuur. De techniek is eerder toegepast op de prinsessegracht in Den Haag om de aanwezige bomen te behouden.



Figuur 11 Dwarsprofiel renovatie bestaande kade (links) en techniek jetgrout wand (rechts)

Hieronder worden kort enkele voor- en nadelen van de methode benoemd:

- + Integrale oplossing met bestaande wand.
- + Gelijkwaardige levensduur met vernieuwen.
- + het behoudt van de natuurlijk vorm van de muur.
- + Volledig trillings- en zettingsarm
- + Eenvoudigere uitvoeringsmethode (Onder en naast bestaande funderingen en realiseerbaar in beperkte werkruimte);
- Veel werkruimte benodigd voor het jetgrouten (bouwplaatsvoorzieningen).
- De techniek komt met hoge (opstart)kosten. Zeker op een beperkte lengte van 60m. is dit bepalend.

3.2.2.2 *Uitvoeringsmethode*

Om de constructie te realiseren dienen de volgende stappen genomen te worden:

1. Voorbereiding:
 - a. Het aanbrengen van een blowout scherm door middel van big bags of lokale bouwkuip. Deze constructie is nodig om te voorkomen dat grout onder druk richting het water loopt.
 - b. Aanbrengen van de bouwplaatsvoorzieningen als drijvend jetgroutstation. Deze bestaan uit een cementsilo, een groutpomp, mixers, waterbakken, afvoervoorzieningen retourspoel (goot + tijdelijke opslag) en controle unit.
2. Jetgroutpalenwand
 - a. Het maken van groutpalen onder de fundering h.o.h. 0,6 meter met een diameter van 0,8 m.
 - b. Aan de achterzijde van de natuurstenen wand wordt vanaf de fundering een kleine wand gerealiseerd met een dikte van circa 0,5 m.
 - c. Parallel aan het groutproces wordt de gerealiseerde dikte en locatie van het groutlichaam gemonitord.
3. Realisatie definitieve situatie
 - a. Verwijderen van de preventieve maatregelen aan de buitenzijde van de kademuur.
 - b. Mogelijke renovatie van de huidige kademuur met voegwerk.

3.2.2.3 *Risico's en aandachtspunten*

Voor deze constructie gelden de volgens specifieke risico's en aandachtspunten:

- De sterkte, kwaliteit en plaatsing van de groutelementen dienen gecontroleerd en gemonitord te worden gedurende en na het aanbrengen.
- Het boren tussen het houten palen is goed te doen, mede door de ervaringen bij het centraal station van Amsterdam. Er dient wel inzicht te zijn in de locaties en de mogelijke hellingen van de aanwezige houten palen;
- Het voorkomen van blow-out waardoor grout in de voorhaven uitspoelt.
- Raakvlak met eventuele kabels en leidingen bij uitloop van het groutlichaam.
- Beperkte werkruimte voor opslag van bouwplaatsvoorzieningen resulteren in extra kosten. Bij het uitvoeren van jet-grouting is het van groot belang dat de werkomstandigheden goed verzorgd worden. Hierbij dienen de uitvoeringsplaatsen van de groutelementen goed gelokaliseerd te worden. Daarbij dienen de groutkolommen vanaf een stabiel werkplatform uitgevoerd worden en de afvoer van de boor- en retourspoei op een gecontroleerde wijze kan plaatsvinden.

3.2.2.4 *Kosten*

Voor een indicatie van de kosten is gebruik gemaakt van de SSK-systematiek. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de raming:

- Post monitoring groutwerkzaamheden a € 35.000,00;
- Post bouwplaatsvoorzieningen € 30.000,00;
- Totale hoeveelheid grout leveren en aanbrengen (monojet) van 500 m³:
 - Groutpalen fundering met diameter van 0,8 m h.o.h. 0,6 m. lengte circa 8 m.
 - Groutpalen fundering met diameter van 0,5 m h.o.h. 0,4 m. lengte circa 2,5 m.
- Kosten in relatie tot behoud van de bomen (bijvoorbeeld groeiplaatsverbetering) zijn niet opgenomen in deze raming.

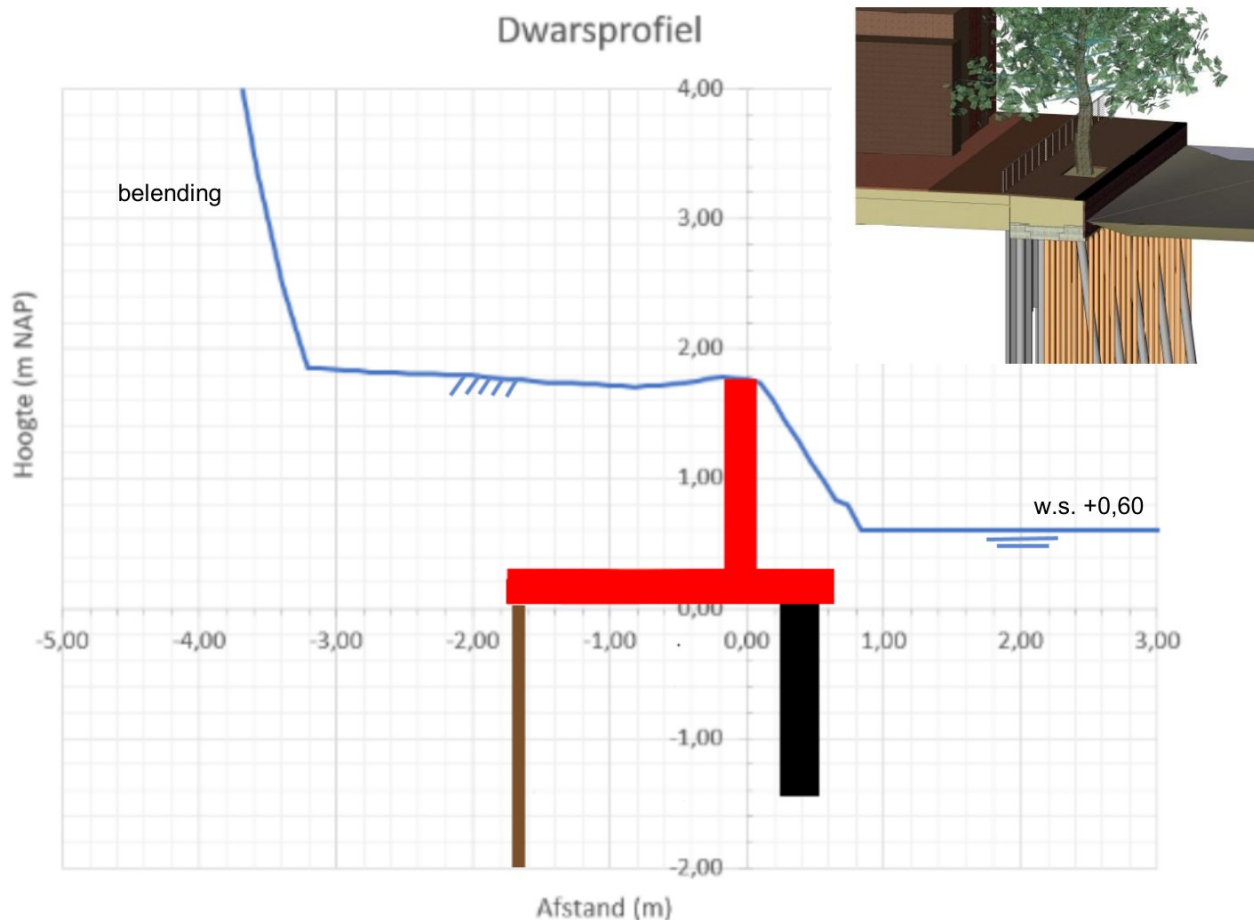
Deze aannames resulteren in de investeringskosten van € 940.000,00. Dit betreft circa 15.700 euro per strekkende meter. Er is geen rekening gehouden met instandhoudingskosten.

3.3 Variant 2 L-muur op palen

Vernieuwing van de kademuur geeft zekerheid op een functionele kade voor de lange termijn. Een nieuwe kade wordt ontworpen voor een levensduur van 100 jaar. De oorspronkelijke onderdelen van de originele kademuur zijn enkel nog esthetisch, waarbij de gehele dragende constructie wordt vernieuwd. De oorspronkelijke details worden gedemonteerd, opgeslagen en na de uitvoering terug aangebracht.

3.3.1 Beschrijving van het ontwerp

Een kade bestaande uit een L-muur is op te delen in de fundering en in de L-muur. De fundering bestaat uit een palenrij met over het algemeen 2 of 3 palen, afhankelijk van de kerende hoogte worden één of meer palen schoor stand aangebracht. Deze paal dient om de horizontale krachten uit de kadeconstructie over te bergen aan de ondergrond. Voor de L-muur zijn er verschillende mogelijkheden, deze kan ter plaatse worden gestort of deze kunnen prefab geleverd worden.



Figuur 11 Dwarsprofiel variant L-muur op palen

Hieronder worden kort enkele voor- en nadelen van de methode benoemd:

- + voldoende ruimte aanwezig voor natuurlijke opbouw wand.
- + robuust en veel toegepast ontwerp.
- + de tijdelijke damwand in achterland kan gebruikt worden als fundering.
- achterloopsheid (kwel) wordt zonder damwand in het achterland niet tegengehouden.
- de uitvoeringsmethode van deze constructie heeft veel impact op de omgeving door de benodigde ruimte.
- boombehoud is niet mogelijk.

3.3.2 Uitvoeringsmethode

Om de constructie te realiseren dienen de volgende stappen genomen te worden:

1. Verplaatsen/verplanten (of kappen) van de bestaande bomen
2. Plaatsen bouwkuip:
 - a. Aanbrengen tijdelijke damwand met zandaanvulling voor de kademuur t.b.v. de werkruimte aan de voorzijde van de kademuur.
 - b. Ontgraven tot circa 5 meter achter de bestaande kademuur. Deze afstand is nodig om voldoende werkruimte te creëren. Afhankelijk van de afstand van de kadelijf tot de belendingen is het noodzakelijk om ook een tijdelijke hulpdamwand plaats te plaatsen aan de kerende zijde.
3. Afbreek- en sloopwerkzaamheden:
 - a. Tijdelijke bemaling
 - b. Gedeeltelijk afbreken van de wand tot de fundering voor de funderingsversterking.
4. Aanbrengen fundering:
 - a. Stalen buispalen (2x) drukken/schroeven tussen de huidige houten palenrijen.
5. Plaatsen bovenbouw constructie:
 - a. Het aanbrengen van prefab betonelement op de palen.
 - b. Opbouwen van de natuurstenen elementen aan de voorzijde van de muur.
 - c. Terugplaatsen van de originele dekzerk.
6. Realisatie definitieve situatie
 - a. Grondaanvulling achter de kade.
 - b. van tijdelijke kering achter de kade.
 - c. Verwijderen van de zandaanvulling aan de buitenzijde van de kademuur.
 - d. Verwijderen van de hulpdamwand.

3.3.3 Risico's en aandachtspunten

Voor deze constructie gelden de volgens specifieke risico's en aandachtspunten:

- De afstand van de damwand tot de belendingen is minimaal waardoor risico's ontstaan van schade door trillingen en deformaties.
- Raakvlak met eventuele kabels en leidingen bij plaatsing van de L-muur.

3.3.4 Kosten

Voor een indicatie van de kosten is gebruik gemaakt van de SSK-systematiek. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de raming:

- Paalfundering (stalen buispaal), lengte 9,0m h.o.h. 2,0 m, totaal 30 stuks.
- Prefab L-muur element circa 1,5m hoog, 3,0m lang, dikte ca. 0,3m.
- Totale hoeveelheid damwand leveren en aanbrengen:
 - Tijdelijke damwanden AZ12-700, lengte circa 4,0 m.
 - Permanenten damwanden AZ12-700, lengte circa 4,0 m.
- Een aanname van de kosten voor het verplanten van de bomen is in rekening gebracht, namelijk circa € 40.000,00. Dit bestaat uit de boomanalyse, -voorbereiding en -verplanting.

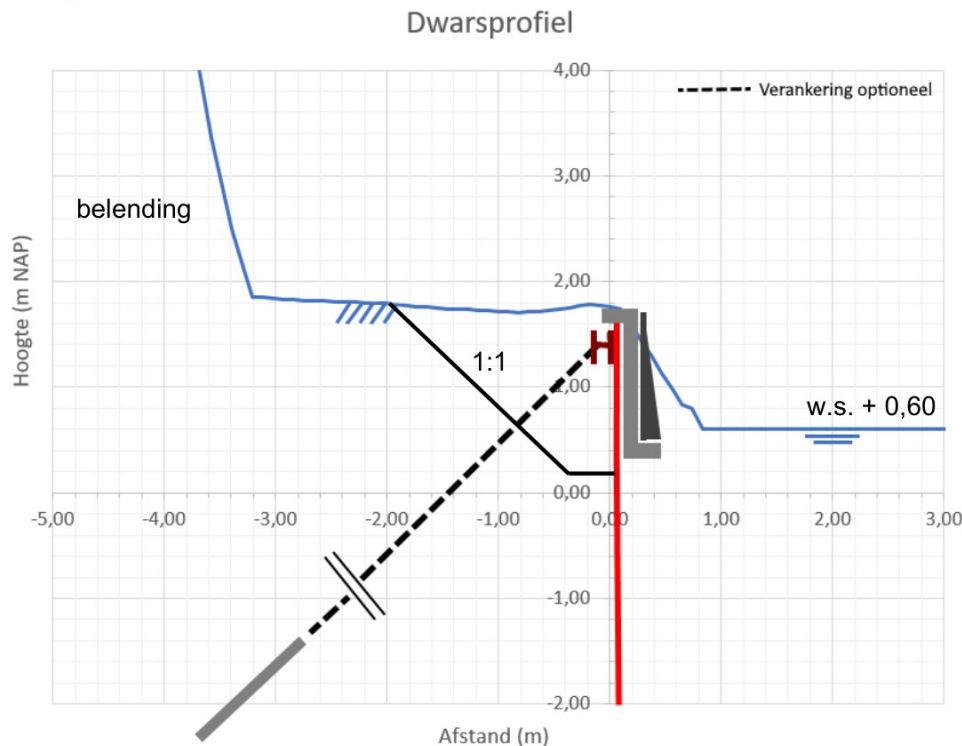
Deze aannames resulteren in de investeringskosten van € 650.000,00. Dit betreft circa 10.850 euro per strekkende meter. Er is geen rekening gehouden met instandhoudingskosten.

3.4 Variant 3 Stalen damwand

Tot slot is er vernieuwing van de kademuur met een stalen damwand. Deze methode heeft de makkelijkste uitvoering voor de omgeving. Echter is de grondslag in Vreeswijk niet ideaal (aanwezigheid van slappe klei- en veenlagen) waardoor mogelijk een zwaardere damwand benodigd is. Dit zorgt ervoor dat er mogelijk uitvoeringsproblemen zijn met de belendingen. De variant wordt ontworpen met een levensduur van 100 jaar en biedt garantie op een functioneel ontwerp voor de lange termijn. De oorspronkelijke onderdelen van de originele kademuur zijn enkel nog esthetisch de gehele dragende constructie wordt vernieuwd. De oorspronkelijke details worden gedemonteerd, opgeslagen en na de uitvoering terug aangebracht.

3.4.1 Beschrijving van het ontwerp

De kade bestaat uit een stalen damwand die tussen de bestaande palenrij wordt geplaatst. Mogelijk dient de damwand verankerd te worden. Op de damwand wordt een betonnen hangschort met een nok geplaatst. De originele basalt stenen worden opgemetseld en de bovenzijde wordt afgewerkt met de originele dekzerk.



Figuur 12 Dwarsprofiel variant Stalen damwand

Hieronder worden kort enkele voor- en nadelen van de methode benoemd:

- + robuust en veel toegepast ontwerp
- + achterloopsheid (kwel) wordt direct tegengehouden.
- + de uitvoeringsmethode van deze constructie heeft minder impact op de omgeving door de benodigde ruimte.
- boombehoud is niet mogelijk.

3.4.2 Uitvoeringsmethode

Om de constructie te realiseren dienen de volgende stappen genomen te worden:

1. Verplaatsen/verplanten (of kappen) van de bestaande bomen
2. Plaatsen bouwkuip:
 - a. Aanbrengen tijdelijke damwand met zandaanvulling voor de kademuur t.b.v. de werkruimte aan de voorzijde van de kademuur.

- b. Ontgraven tot circa 5 meter achter de bestaande kademuur. Deze afstand is nodig om voldoende werkruimte te creëren. Afhankelijk van de afstand van de kadelijs tot de belendingen is het noodzakelijk om ook een tijdelijke hulpdamwand plaatsen aan de kerende zijde.
3. Verwijderen bestaande kadeconstructie:
 - a. Verlagen van het waterpeil tussen de huidige damwand en de tijdelijke hulpdamwand voor de kademuur.
 - b. Verwijderen en opslaan van de originele basalten opbouw.
 - c. Verwijderen van de oorspronkelijke houten funderingsopbouw.
4. Aanbrengen stalen damwand:
 - a. Drukken van stalen damwand tussen/achter de bestaande palenrij.
 - b. (optioneel) gording aanbrengen.
 - c. (optioneel) verankering aanbrengen.
5. Realisatie definitieve situatie
 - a. Grondaanvulling (zand) achter de damwand.
 - b. Verwijderen van de zandaanvulling aan de buitenzijde van de kademuur.
 - c. Verwijderen van de hulpdamwand.
 - d. Aanbrengen voorhangschorten
 - e. Prefab voorhangschorten met een nok plaatsen.
 - f. De originele opbouw van basaltstenen terugplaatsen.

3.4.3 Risico's en aandachtspunten

Voor deze constructie gelden de volgens specifieke risico's en aandachtspunten:

- De afstand van de damwand tot de belendingen is minimaal waardoor risico's ontstaan van schade door trillingen en deformaties.
- Raakvlak met eventuele kabels en leidingen bij plaatsing van de L-muur en eindsituatie.

3.4.4 Kosten

Voor een indicatie van de kosten is gebruik gemaakt van de SSK-systematiek. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de raming:

- Paalfundering (stalen buispaal), lengte 9,0m h.o.h. 2,0 m, totaal 30 stuks.
- Prefab L-muur element circa 1,5m hoog, 3,0m lang, dikte ca. 0,3m.
- In de huidige raming is uitgegaan van een onverankerde damwand.
- Totale hoeveelheid damwand leveren en aanbrengen:
 - Tijdelijke damwanden 2 zijdes: AZ12-700, lengte circa 4,0 m en lengte circa 5,0 m.
 - Permanenten damwanden AZ12-700, lengte circa 8,0 m.
- Een aanname van de kosten voor het verplanten van de bomen is in rekening gebracht, namelijk circa € 40.000,00. Dit bestaat uit de boomanalyse, -voorbereiding en -verplanting.

Deze aannames resulteren in de investeringskosten van € 731.000,00. Dit betreft circa 12.200 euro per strekkende meter. Er is geen rekening gehouden met instandhoudingskosten.

4 Afweging ontwerp oplossingen

Hieronder is een opzet van een mogelijke trade-off matrix gepresenteerd. De matrix en uitkomst zijn besproken met de gemeente Nieuwegein. Op dit moment wordt nog geen voorkeursvariant gekozen. In dergelijke afweging zijn wegingsfactoren van groot belang voor de uitkomst. In de huidige afweging zijn de wegingsfactoren in eerste instantie gelijk gehouden.

		Jet-grout	L-muur op palen	Stalen damwand	Waardering: ++ = 2 + = 1 0 = 0 - = -1 -- = -2
	Aspect / Variant	1	2	3	Toelichting
1	Grondkerende functie	++	+(+)	++	Bij L-muur is wel een kwelscherm benodigd voor vergelijkbare kerende functie.
2	Technische uitvoerbaarheid	+	-	0	Bij de L-muur speelt ruimtegebrek een rol en met name het aanbrengen van (hulp)damwanden dicht op belendingen.
3	Uitvoeringsduur	0	0	0	Mogelijk is het aanbrengen van damwanden sneller maar er zijn geen significante verschillen tussen de varianten.
4	Bouwhinder omgeving	+	--	-	Vanwege ruimtebeslag en trillinghinder.
5	Duurzaamheid en inpassing definitieve situatie	+	++	++	
6	Benodigd onderhoud	0	0	0	
7	Directe bouwkosten	--	+	0	
8	Lange termijnkosten (onderhoud en beheer)				
9	Beeldkwaliteit en monumentale status	+	+	0	Voor de damwand geldt dat er minder ruimte beschikbaar is voor de opbouw van de natuurstenen muur, met mogelijk afwijkingen als gevolg.
10	Raakvlak met aanwezige waterkering	-	-	-	Dit aspect geldt voor alle constructies en dient onderzocht te worden
11	Invloed op bestaande bebouwing	+	--	-	Deformatie en trillinghinder als gevolg van het aanbrengen van damwanden op korte afstand van de bebouwing.
12	Benodigde inzet gemeente bij uitwerking van ontwerp	-	0	0	De jet-grout techniek vergt een gedetailleerdere uitwerking, omdat het een weinig toegepaste techniek is voor kades.
	Waardering	3	0	1	
	Positie	1	3	2	
	Voorkeursvariant:	N.T.B.			

5 Conclusie en aanbevelingen

5.1 Conclusie

In deze rapportage zijn verschillende aspecten uitgewerkt om de haalbaarheid te beschouwen van de kademuurvernieuwing voor de Voorhaven Rijkshulpschutsluis te Vreeswijk. Hiertoe behoren de eisen en randvoorwaarde en het onderzoek naar verschillende ontwerp oplossingen. Vanuit deze ontwerpen zijn 3 oplossingen uitgewerkt tot schetsontwerp. Per oplossing zijn het ontwerp, uitvoeringsmethode, risico's en kosten inzichtelijke gemaakt:

- Variant 1 Renovatie van de bestaande kade. Door een gebrek aan herbruikbare constructie onderdelen voor een levensduur van 100 jaar is het de verwachting dat een groot deel van de constructie vernieuwd dient te worden. Door gebruik te maken van de jet grout techniek kan de kade gemakkelijk hersteld worden zonder een grote uitvoeringsimpact. Deze techniek komt echter met hoge kosten.
- Variant 2 L-muur op palen; Deze variant heeft een uitvoeringsmethode met veel raakvlakken in de omgeving. Dit resulteert in veel impact voor de omgeving en risico's voor de stabiliteit van belendingen. Deze methode wordt wel als goedkoopste beschouwd. De risico's zijn echter nog niet onderzocht of beheerst met maatregelen.
- Variant 3 Stalen damwand. Deze variant heeft een robuust en veel toegepast ontwerp. De uitvoeringsmethode van deze constructie heeft minder impact op de omgeving door de benodigde ruimte. De indicatie van de kosten is gemiddeld in vergelijking met de overige varianten.

Deze inzichten kunnen gebruikt worden voor de verdere uitwerking van de kademuurvernieuwing. Een voorbeeld van een afweging is weergegeven in hoofdstuk 4.

5.2 Aanbevelingen

In deze rapportage zijn vele aannames en uitgangspunten gebruikt om te komen tot ontwerpvarianten en kosteninschattingen. Voor de verder uitwerking van het ontwerp dient gelet te worden op de volgende punten:

- Uitvoeren conditionerend onderzoeken o.a. om de ontwerp uitgangspunten te maatstaven en overige risico's en raakvlakken te beschouwen;
- Formuleren en verifiëren van de benodigde beeldkwaliteit eisen;
- Het kwantitatief beschouwen van de ontwerpvoorstellen door constructieve berekening uit te voeren.
- Het uitvoeren van een technische uitvoeringsanalyse t.a.v. het risico voor vervorming en schade van omliggende panden door uitvoeringswerkzaamheden.
- Het actualiseren van de bouwkosten inschatten op basis van bovenstaande uitkomsten.

Colofon

OPDRACHTGEVER	Gemeente Nieuwegein t.a.v. [REDACTED] Postbus 1 3430 AA Nieuwegein
UITGAVE	Movares Nederland B.V. Daalseplein 100 Postbus 2855 3500 GW Utrecht
TELEFOON	+31 (0)30 - 265 5555
ONDERTEKENAAR	[REDACTED] [REDACTED]@movares.nl
PROJECTNUMMER	MN003576
KENMERK	D80-T.A.W.-HS-RAP-22002470

© 2022, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlagen SSK-kostenraming SO









 **Movares** samen werkt het