

Mitigatie schubvaren

Petroleumhaven Den Haag

Rapportnummer: 20161418/rap01
Status rapport: Versie2
Datum rapport: 5 mei 2017

Auteur: S. van Donselaar, D. Schut (ATKB) &
Ad van Gils (Advies & Ontwerpregie)
Projectleider: D. (Douwe) Schut
Kwaliteitscontrole: P. (Pim) Godschalk

Opdrachtgever: Gemeente Den Haag
Dienst Stadsbeheer, Dienst Stedelijke Ontwikkeling
T.a.v. dhr. R. Smeele
Spui 70
2511 BT Den Haag

Dit rapport is digitaal gegenereerd en derhalve niet voorzien van een handtekening. De inhoud van de rapportage is aantoonbaar gecontroleerd en vrijgegeven.



INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel	1
1.3 Juridisch kader	1
1.4 Werkwijze	1
1.5 Leeswijzer	2
2 ECOLOGISCH PROFIEL	3
2.1 Algemeen	3
2.2 Ecologische eisen	3
2.3 Groeiplaats Petroleumhaven	5
2.3.1 Groeiplaats	5
2.3.1 Ontwikkeling populatie	6
2.3.2 Bedreiging groeiplaats Petroleumhaven	8
2.4 Toekomstige situatie	8
2.4.1 Bouwtechnische situatie	9
3 WERKWIJZEN MITIGATIE	11
3.1 Algemeen	11
3.2 Groeiplaats Petroleumhaven	11
3.3 Mogelijkheden voor mitigatie	11
3.3.1 Groeiplaats niet aantasten, enkel kleinschalig beheer	12
3.3.2 Groeiplaatsen sparen tijdens renovatie (Utrechtse wolken-methode)	12
3.3.3 Groeiplaatsen stutten en inbouwen bij vervangen constructie	13
3.3.4 Uitnemen en op depot plaatsen van stukken muur inclusief planten	13
4 BOUWKUNDIGE MOGELIJKHEDEN	15
4.1 Algemeen	15
4.1.1 Trade off matrix	15
4.2 Alternatievenweging	16
4.2.1 Behouden groeiplaats met minimaal onderhoud	16
4.2.2 Bouwtechnisch meest eenvoudige oplossing nieuwbouw	18
4.2.3 Versterken bestaande kade met stalen buispalen	19
4.2.4 Verankerde damwand achter de wand	20
4.2.5 Keerwand met ontlastvloer	21
4.2.6 Verankering bestaande constructie	22
4.2.7 EPS ontlastconstructie	23
4.2.8 Gewichtsmuur uitbreiden	24
4.2.9 Gewapende grond	25
5 KEUZE VOORKEURSALETERNATIEVEN	26
5.1.1 Trade-off matrix	26
5.1.2 Voorkeursalternatieven	26
6 UITWERKING VOORKEURSVARIANTEN	27
6.1 Optimalisatie groeiplaats	27
6.2 Variant 1, behouden groeiplaats met minimaal onderhoud	27
6.2.1 Benodigde maatregelen	28
6.3 Variant 4, verankerde kademuur	28
6.3.1 Benodigde maatregelen	28
6.4 Variant 7, gewapende grond (geotextiel)	30
6.4.1 Benodigde maatregelen	30
6.5 Algemene aandachtspunten gebruiksfase	30
7 LITERATUUR	31

BIJLAGEN

- Bijlage 1: Trade-Off matrix
Bijlage 2: Producten en services ATKB



1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De gemeente Den Haag heeft het voornemen om langs de Petroleumhaven woningen te realiseren. De bedoeling is om in het eerste kwartaal van 2018 de eerste woningbouwactiviteiten te starten. Het project is opgedeeld in twee deellocaties, namelijk Neherkade en Waldorpkade. Beide deellocaties zijn eind jaren negentig ontmanteld. In die periode is ook een aanvang gemaakt met de bodemsanering. De sanering is onlangs afgerond. Om de beoogde planning te kunnen halen dienen beide deellocaties bouwrijp te worden gemaakt in 2017.

Uit een inventarisatie is gebleken dat op de kade van de Petroleumhaven bijzondere muurplanten voorkomen, waarvan drie soorten onder de Flora- en faunawet beschermd zijn en één onder de Wet natuurbescherming. Dit betreft de schubvaren, die één groeiplaats heeft op de kademuur, het is echter wel de grootste populatie van Nederland. De Wet natuurbescherming wordt op 1 januari 2017 van kracht en is derhalve de vigerende wetgeving gedurende de uitvoering. Daarmee is het behoud van de schubvaren in het projectgebied een randvoorwaarde.

De huidige kadeconstructie, met een lengte van ongeveer 520 meter, verkeert in een slechte staat door achterstallig onderhoud. Er is geconcludeerd dat de aanwezige muurplanten het metselwerk aantasten en dat binnen 2 tot 4 jaar onderhoud uitgevoerd dient te worden. Dit onderhoud dient te bestaan uit herstel van het voegwerk, verwijderen van de begroeiing en vervanging van de ernstig aangetaste deksloof en het herplaatsen van de verdwenen deksloven.

Vanwege de omvang van het benodigde onderhoud geeft de gemeente Den Haag de voorkeur aan nieuwbouw van de kade, dit leidt echter tot het verlies van de groeiplaats van de schubvaren (en de overige muurplanten). Om het verlies van de groeiplaats te voorkomen is onderzoek naar de mogelijkheden voor mitigatie noodzakelijk. Ook dient onderzoek uitgevoerd te worden naar de bouwtechnische maatregelen voor het duurzame behoud van zowel de kademuur als de schubvaren.

1.2 Doel

Doel van het project is het nagaan van de mogelijkheden tot mitigatie voor de schubvaren bij nieuwbouw van de kademuur, zowel in de praktische uitvoering als binnen de kaders van de Wet natuurbescherming. Indien blijkt dat mitigatie geen haalbare kaart is dienen de gevolgen voor de werkzaamheden benoemd te worden. Bijvoorbeeld voor het behoud of nieuwbouw van (delen van) de kade.

Het tweede doel is bepalen welke bouwkundige ingrepen nodig zijn om zowel de bouwkundige staat van de kadeconstructie als de schubvarenpopulatie voor de lengte van vijf decennia in stand te kunnen houden.

1.3 Juridisch kader

De schubvaren staat vermeld in onderdeel B van de bijlage behorende bij artikel 3.10 van de Wet natuurbescherming. Het is verboden vaatplanten die op deze lijst genoemd worden in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen. Het is mogelijk met mitigatie werkzaamheden uit te voeren zonder dat het nodig is een ontheffing op dit verbod aan te vragen. Mitigatie is een juridische term, en hiermee worden maatregelen aangeduid die toegepast worden om negatieve effecten te voorkomen. Voor het uitvoeren van compenserende maatregelen, het teniet doen van negatieve effecten, is een ontheffing op de Wn vereist.

1.4 Werkwijze

Aan de hand van een literatuurstudie en interviews met experts/ervaringsdeskundigen zijn de ecologische eisen van de schubvaren bepaald en zijn mogelijke vormen van mitigatie en de effectiviteit hiervan onderzocht. Interviews zijn gehouden met dhr. R. Andeweg van Bureau

Stadsnatuur Rotterdam en Dhr. J. Mees, stadsecoloog van Den Bosch. Op basis hiervan zijn de ecologische randvoorwaarden opgesteld.

In een bureaustudie is een inventarisatie gemaakt van de bestaande constructie. Deze inventarisatie vindt plaats op basis van het door de opdrachtgever aangeleverde rapport over de actuele staat van de muur (van Boven *et al.*, 2013) en beschikbare tekeningen (door de opdrachtgever verstrekt). Aan de hand van deze inventarisatie wordt bepaald welke ingrepen nodig zijn voor de instandhouding van de kademuur.

Tijdens een veldbezoek is de groeiplaats bekeken en is extra input verkregen voor de praktische (on)mogelijkheden (zowel ecologische als bouwtechnisch). Met zowel de ecologische als bouwkundige input is een Trade-Off Matrix opgesteld met zeven varianten voor de uitvoering. Deze zeven varianten zijn op verschillende criteria getoetst. De drie beste scorende oplossingen zijn uitgewerkt in een Plan van Aanpak met schetsberekeningen en schetsoplossingen (SchetsOntwerp).

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de mogelijkheden voor mitigatie behandeld. Hiertoe is eerst een ecologisch profiel opgesteld met de ecologische wensen en eisen van de schubvaren. In de volgende paragrafen worden de verschillende mogelijkheden van mitigatie en de ervaringen hiermee besproken. Hoofdstuk 3 is een beschrijving van vier verschillende varianten voor het uitvoeren van werkzaamheden aan de kademuur. In hoofdstuk 4 wordt de Trade-Off Matrix besproken en wordt een keuze gemaakt voor de drie meest gunstige varianten. Deze worden in hoofdstuk 5 nader uitgewerkt. Tot slot worden conclusies en aanbevelingen besproken in hoofdstuk 5 en is de literatuurlijst weergegeven.

2 ECOLOGISCH PROFIEL

2.1 Algemeen

De schubvaren (*Asplenium ceterach*) is een kleine overblijvende varen met veerdelige en schubachtige bladeren van 5 tot 20 centimeter lang. De soort komt met name voor in Zuid-Europa en bereikt in Nederland de noordwestgrens van zijn verspreidingsgebied. In ons land is het een zeer zeldzame soort die strenge eisen stelt aan de groeiplaats. De schubvaren wordt in ons land vrijwel uitsluitend aangetroffen op oude (kade)muren en andere stenige menselijke bouwwerken, hiermee is dit varentje in Nederland een echte cultuurvolger. Een uitzondering is de bijzondere waarneming in de duinen bij het Oostvoornse Meer waar een schubvaren in de volle grond is aangetroffen (<https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=19904>).

De schubvaren maakt net als veel andere varens gebruik van sporen om nieuwe groeiplaatsen te koloniseren. Deze sporen worden ontwikkeld in sporendosjes aan de onderzijde van de bladeren. In de periode juni-oktober zijn de sporen rijp en barsten de dosjes open. Middels de wind worden de sporen verspreid. Omdat in Nederland overwegend een zuidwestenwind waait vindt kolonisatie vaak in de tegenovergestelde richting plaats.

2.2 Ecologische eisen

Hieronder worden de belangrijkste standplaatsfactoren voor de schubvaren toegelicht. Ook wordt aangegeven waar de plant gevoelig voor is. Een samenvatting is opgenomen in tabel 3-1. Deze tabel is een samenvatting van alle geraadpleegde bronnen (zie literatuurlijst).

Tabel 2-1: De voorkeur van de schubvaren afgezet tegen de huidige omstandigheden in de Petroleumhaven.

Factor	Voorkeur	Lokale omstandigheden
Vochtigheid	Voorkeur voor drogere muren en rotsen dan andere muurflora. Is wel afhankelijk van vochttoevoer via de wortels.	Vochttoevoer waarschijnlijk via grondlichaam achter basaltblokken.
Substraat	Stenig substraat, vooral kalksteen. Ook in straatkolken.	Groeit in verweerde voegen tussen basaltblokken van kademuur
pH substraat	Zwak zuur tot basisch	<i>Onbekend</i>
Beschaduwing	Zonnig tot half beschaduwd	Groeit op een weinig begroeide kademuur in volle zon.
Nutriënten	Voedselarm – matig voedselrijk	<i>Onbekend</i>
Temperatuur	Warmteminnend	Groeiplaats op zuidwesten georiënteerd en warmt daarom snel op.
Gevoeligheid	Langdurige droogte en droge en koude winters met vorst alsook beschaduwing door hogere vegetatie	Risico op beschaduwing door andere vegetatie. Locatie in stedelijke omgeving in de buurt van de zee, over het algemeen minder kans op strenge vorst.
Kolonisatie	Vanaf bestaande groeiplaatsen naar de directe omgeving. In verband met de verspreiding door de wind vaak ten noordoosten van bestaande populaties.	Geen waarnemingen bekend uit directe omgeving. Het betreft een op zichzelf staande populatie.

Temperatuur

De schubvaren is een warmte minnende soort, die graag in de volle zon groeit. In Nederland bereikt de soort, zoals gezegd, de noordwestelijke grens van zijn areaal. De soort wordt bij ons voornamelijk aangetroffen op muren die op het zuiden geëxposeerd zijn, hier heerst over het algemeen een warmer microklimaat.

De varen is zeer kwetsbaar voor vorst. Het is bekend dat in Nederland gedurende strenge winters populaties flink gedecimeerd worden, met name als deze op minder beschutte plekken groeien.

Vocht

Vanwege zijn voorkeur voor warme en dus vaak droge groeiplaatsen is de schubvaren goed toegerust om perioden van vochtgebrek te overleven. De bladen krullen bij droogte (en ook bij lange periode van kou) naar binnen toe, hierdoor wordt verdamping via de huidmondjes verminderd. De planten zien er dan levenloos en verdord uit, zodra het geregend heeft komen de planten weer tot leven en zien er vitaal uit. Vocht wordt via de wortels uit de voegen en spleten opgenomen. Hoewel de plant tegen perioden van droogte kan is een stabiele vochttoevoer van de wortels erg belangrijk.

Substraat

De schubvaren groeit in spleten en voegen van stenige oppervlakken als muren en rotsen. Hierbij is hij sterk gebonden aan kalkhoudende, niet te voedselrijke substraten. De kalkvoorziening komt bij muren vaak vanuit het mortel wat gebruikt is voor het vastzetten van de stenen. De samenstelling van het mortel is aanvankelijk vaak ongunstig, het is te zuur en er zijn geen voedingsstoffen aanwezig. Na een verweringsproces van vaak tientallen jaren logen de zuren uit en wordt het mortel basischer, ook vormen zich vaak scheurtjes waar organisch materiaal ingevangen wordt. Pas dan zijn groeiplaatsen in potentie geschikt voor de schubvaren.

De meer specifieke muurplanten groeien op kalkhoudende specie. Uit metingen van oude kalkmortels blijkt dat de verhouding zand: kalk meestal ongeveer 2:1 is. Afhankelijk van de soort muur kunnen er variaties optreden. Bij waterwerken wordt er bijvoorbeeld tras (gemalen tufsteen) als verhardingsmiddelen toegevoegd. Een in de praktijk geschikt bevonden mortel bestaat uit 16 delen zand: 8 delen kalk en 1 deel tras. De pH-waarde van kalkspecie (pH 8-9) is voor muurplanten geschikter dan die van het moderne Portlandcement (pH 11-12). Dit moderne cement is ook vanwege de hardheid veel minder geschikt voor muurplanten, ook laat het geen water door. Voegen moeten niet te vlak afgewerkt zijn.

Gevoeligheid

Een gevaar voor bestaande groeiplaatsen is beschaduwning door bijvoorbeeld bomen, hierdoor kunnen de omstandigheden dusdanig ongeschikt worden dat de soort verdwijnt. Zoals gezegd is de soort ook gevoelig voor het optreden van een lange periode met strenge vorst. Een bedreiging vanuit de menselijke hoek is renovatie en sloop van oude (kade)muren. Indien geen rekening gehouden wordt met de aanwezigheid van schubvarens kunnen groeiplaatsen verdwijnen.



Foto 2-1. De groeiplaats van de schubvaren. Opvallend is dat de meeste planten in de bovenste voeg zijn geworteld.

2.3 Groeiplaats Petroleumhaven

2.3.1 Groeiplaats

De kademuur met muurplanten heeft een lengte van ongeveer 325 meter. De schubvarens groeien over een lengte van ongeveer 20 meter in de kademuur (Figuur 2.1, foto 2.1), ook komen ander soorten muurplanten voor (tabel 2.1) waarvan de gemeente het waardevol vindt om ze te behouden.

Tabel 2.1. Bijzondere vegetatie op de kade van de Petroleumhaven te Den Haag (bron: DGR, 2014) .

Soort	Wet natuurbescherming
Steenbreekvaren	Niet beschermd
Muurvaren	Niet beschermd
Mannetjesvaren	Niet beschermd
Tongvaren	Niet beschermd
Schubvaren	Beschermd
Brede/gewone eikvaren	Niet beschermd

De kademuur waar de muurplanten op groeien bestaat uit basaltblokken die grof gevoegd zijn, op de bovenkant zijn grote stenen deksloven aangebracht. De kademuur is zuidwest georiënteerd en vangt in de zomer veel zonlicht, hierdoor warmt de muur goed op en ontstaan de hoge temperaturen die kenmerkend zijn voor de groeiplaatsen van de schubvaren. Ook geven de stenen hun warmte in de nacht langzaam af waardoor temperatuurschommelingen minder heftig zijn.

De muurplanten groeien uitsluitend in de voegen tussen de basaltblokken. Het basalt is te hard voor de planten om in te wortelen. Hierbij zijn ze veelal in de bovenste voeg te vinden. Meer richting de waterlijn zijn de voegen, als gevolg van wind-, water- en vorstwerking, grotendeels verdwenen, hier groeien dan ook geen varens. Opvallend is dat de groeiplaats hier grotendeels west of zelfs noordwest georiënteerd is. Blijkbaar is de warmte voorziening hier dusdanig dat de schubvaren hier kan overleven.

De benodigde kalk is afkomstig van de mortel om de basaltblokken mee vast te zetten. Wat opvalt is dat de schubvarens groeien op een plek waar voorheen overslag vanuit schepen plaatsvond. Een verklaring zou kunnen zijn dat hier kalkrijk zand is gelost en als overslagplaats heeft gediend van betonmortel, zand en grind (Inventariserend onderzoek Petroleumhaven, 1998). Het materiaal wat hierbij op de grond viel spoelde met regen langs de kade weg, met als gevolg een kalkrijke groeilocatie. Hierdoor zou mogelijk ook voorzien kunnen worden in de kalkbehoefte van de plant en kan meespelen in de verklaring waarom de schubvarens nu precies op deze locatie groeien. De vochttoevoer vindt hoogstwaarschijnlijk plaats via het grondlichaam achter de kademuur (Figuur 2.2). Doordat over een groot deel geen verharding aanwezig is kan het regenwater in de grond zakken en komt zo via de voegen beschikbaar voor de varens. Dit is alleen niet met zekerheid vast te stellen.

2.3.1 Ontwikkeling populatie

De vroegste waarneming van schubvarens op deze groeiplaats dateert uit 1996 (Tabel 2.2). Het betrof toen 5 exemplaren, in de jaren die volgde is de populatie gegroeid tot een huidige omvang van ca. 60 exemplaren. In de tabel zijn de aantallen per jaar weergegeven. Deze waarnemingen komen uit de NDFF en zijn ingevoerd in het kader van het Rode Lijst project van FLORON. Vanwege de expertise van FLORON en aangezien de locatie vrij goed de bekijken is, is het aannemelijk dat deze stijging een daadwerkelijke stijging van individuen betrof. Aantallen na 2008 fluctueerden erg en zijn niet afkomstig van FLORON, deze zijn daarom niet weergegeven (NDFF, 22-3-2017).

Zoals gezegd zijn verspreid over de groeiplaats momenteel ongeveer 60 exemplaren van de schubvaren aanwezig. Uit de afwisseling in grootte kan opgemaakt worden dat dit zowel jonge als oude planten betreft. Dit duidt op een zich reproducerende duurzame populatie. Het aantal exemplaren is relatief groot te noemen, het is een van de grootste populatie in Nederland.

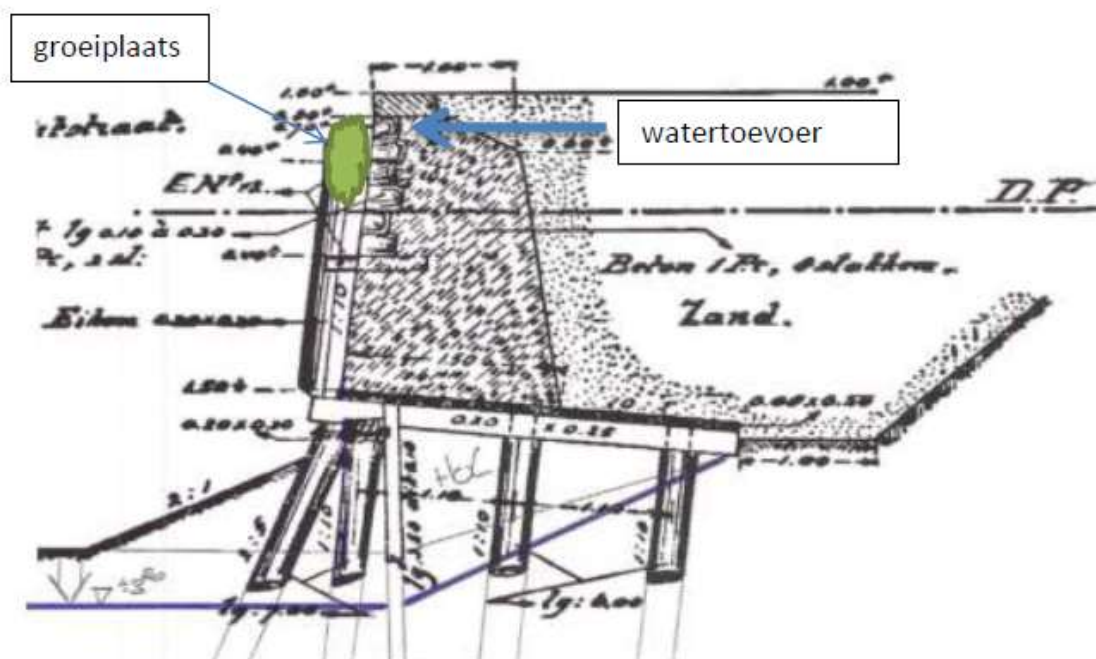
Op basis van de aantalsontwikkeling en uit het feit dat het een geïsoleerde groeiplek betreft is de populatie waarschijnlijk ontstaan uit één exemplaar. De genetische variatie is daarom mogelijk beperkt, dit kan de populatie kwetsbaar maken voor veranderingen.

Tabel 2.2: Aantalsontwikkeling schubvaren aan de hand van waarnemingen FLORON.

jaar	aantal schubvarens
1996	5
1998	10
1999	23
2002	34
2005	28
2006	26-50
2008	26-50



Figuur 2-1: De te vervangen kadeconstructie met muurvegetaties in groen en de huidige groeiplaats van de schubvaren in rood (circa 20 meter kademuur) (bron ondergrond: OpenStreetMaps).



Figuur 2.2. De actuele bouwtechnische en ecologische situatie van de schubvaren.

2.3.2 Bedreiging groeiplaats Petroleumhaven

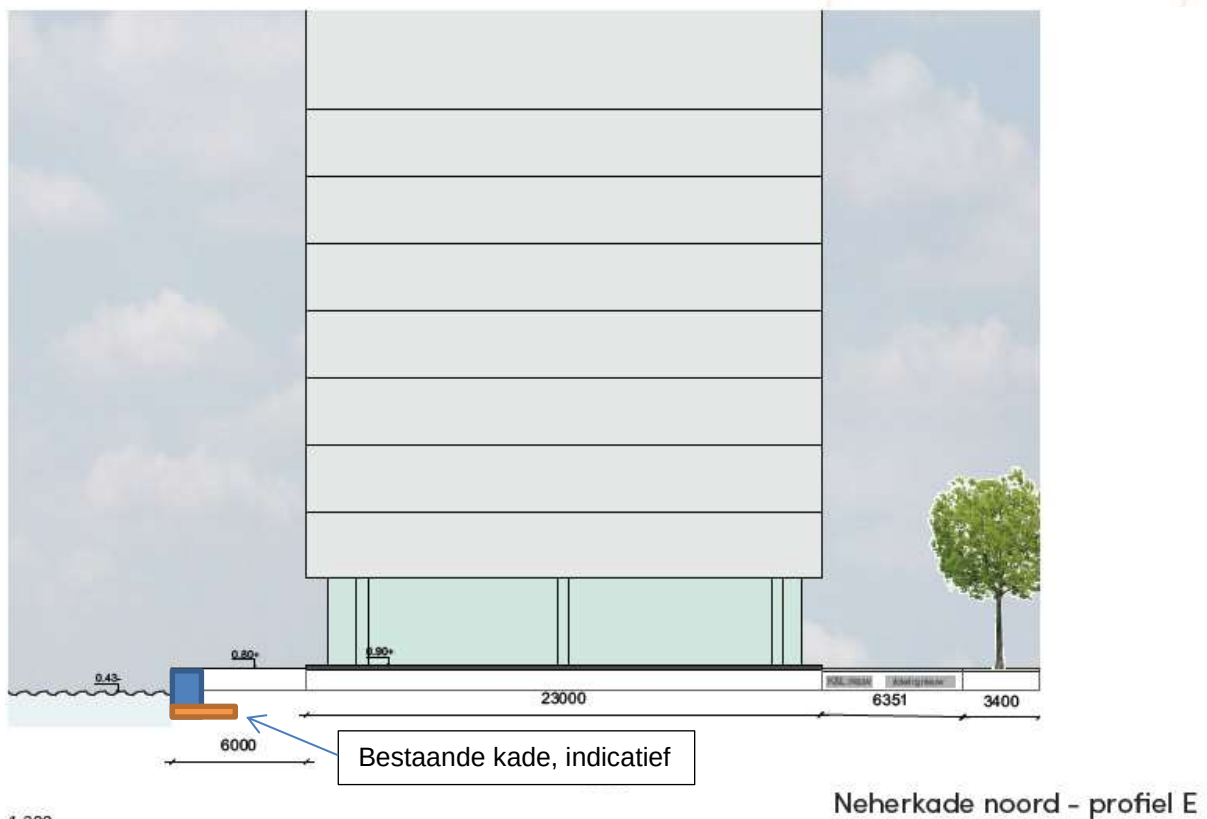
Beschaduwning door andere hogere vegetatie en het instorten van de huidige kade zijn de grootste bedreigingen voor de huidige populatie.

Op de kademuur groeien naast de schubvaren nog meer planten en ook enkele boompjes. Afhankelijk van de soorten kunnen deze op termijn een negatieve invloed hebben op de populatie schubvarens en het duurzame voortbestaan van de populatie bedreigen. Door schaduwwerking van grotere planten en bomen wordt de temperatuur lager waardoor de groeiplaats ongeschikt(er) wordt. Daarnaast zorgen wortels van (met name) bomen er voor dat de basaltblokken uit elkaar gedruwd worden, hierdoor raken de voegen los en verdwijnen. Tevens nemen bomen veel vocht op, waardoor een groeiplaats ongeschikt kan raken.

Als gevolg van wind-, water- en vorstwerking raakt de kadeconstructie langzaam in verval. Over het algemeen is dit gunstig voor allerlei soorten muurflora, wanneer het verval echter dusdanig groot is dat de kade bezwijkt zal ook de groeiplaats verdwijnen.

2.4 Toekomstige situatie

Door de opdrachtgever is een rapport met de ontwerpen van de toekomstige bebouwing verstrekt (Figuur 2.3). Ter plaatse van de groeiplaats van de schubvarens is een hoge toren voorzien op 6 meter uit de kade, zie onderstaande figuren.



Figuur 2.3. Toekomstige situatie.



Figuur 2.4. Beschaduwung groeiplaats in de nieuwe situatie.

De bebouwing blijft voldoende uit de kade zodat deze behouden kan blijven. Bij het versterken van de kade geeft de toekomstige bebouwing beperkingen aan de mogelijke versterkingen van de kademuur. Deze beperkingen zijn in de TOM opgenomen. Geen van de varianten maken de nieuwbouw onmogelijk maar vroegtijdige afstemming is noodzakelijk.

Naar verwachting heeft de verminderde bezonning in de ochtenduren (Figuur 2.4) geen negatief effect op de schubvaren; de groeiplaats is op het westen georiënteerd, zodat deze ook in de huidige situatie alleen in de middag en avonden zon ontvangt.

Duurzaam behoud groeiplaats Petroleumhaven

Het doel is de populatie schubvarens samen met andere karakteristieke muurflora te behouden en een duurzaam voortbestaan te garanderen. Hiervoor is het niet alleen nodig de huidige groeiplaats zo veel als mogelijk te sparen, maar is het ook noodzakelijk om het deel van de kade waar nu nog geen varens groeien geschikt te maken als toekomstige groeiplaats.

Het behouden van de huidige groeiplaats en het geschikt maken van de delen die voor een duurzaam voortbestaan moeten zorgen kan op verschillende manieren. In het vervolg van de rapportage worden drie voorkeursvarianten afgewogen (hoofdstuk 4 en 5) en uitgewerkt (hoofdstuk 6 en 7).

2.4.1 Bouwtechnische situatie

De huidige staat van de kademuur is voor de gemeente de voornaamste reden over te gaan tot het nemen van herstelmaatregelen. De kade is in slechte staat, als er geen herstel plaats vindt stort de muur op korte termijn in, waarschijnlijk binnen 2 tot 5 jaar. Dit betreft met name het voegwerk wat de samenhang van de blokken moet borgen. Ook de dekstenen liggen los en zijn in een enkel geval reeds verdwenen. De bosopslag op de kade en direct achter de kade zorgt voor een acuut probleem. Onder de muur is een dragende constructie van palen aanwezig. Deze palen zijn in redelijke staat, er is wel sprake van degradatie maar geen schade door overbelasting of reeds bezweken palen. Uit inspectierapporten blijkt dat de bestaande constructie geen schade vertoont door overbelasting of gebreken, zie inspectierapport Nebest 22638 d.d. 7 juni 2013 (conclusie blz. 11) en rapport 95019431 IbDH d.d. 29-09-2015. Bij gelijkblijvend gebruik wordt de restlevensduur van de hoofdconstructie op 25 tot 50 jaar geschat, de huidige bovenbelasting is te dragen met verlaagde belastingfactoren (lagere veiligheid).

Uit rapporten van de gemeente blijkt wel dat de weerstand tegen afglijden en de kantelveiligheid onvoldoende zijn. Mogelijk als gevolg van een onbekende voorziening aanwezig (wisselbalk), hiervoor is een constructieve versterking vereist.

De conclusie uit de berekeningen van de gemeente moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden omdat uit de inspectie geen schades zijn waargenomen. Indien er geen schades zijn is de kademuur in staat geweest de belastingen uit het vroegere gebruik te dragen. Er is geen reden om aan te nemen dat de weerstand tegen afglijden en de kantelveiligheid in de tijd zijn afgenomen. Hierdoor is het aannemelijk dat de kade nog steeds de belastingen kan dragen.

Om een beter inzicht te krijgen in de draagkracht wordt geadviseerd een meer gedetailleerde 3d berekening te maken om de sterkte in detail te controleren. Hierbij zou meer inzicht in de kadeconstructie verkregen worden als een deel wordt gesloopt en vervangen door een nieuwe kademuur.

Benodigde maatregelen

Uit de opnames blijkt dat de volgende maatregelen op korte en lange termijn nodig zijn:

Korte termijn 2-5 jaar:

- Herstel metselwerk
- Verwijderen bomen en struiken in en naast kademuur
- Bevestigen deksloof

Lange termijn 25-50 jaar:

- Vervangen paalfundering (verticaal draagvermogen)
- Vervangen keermuur (kantelveiligheid)

Bij een verandering in functie of belasting als gevolg van de woningbouw zijn direct maatregelen noodzakelijk om de veiligheid te kunnen garanderen. Bij het afwegen van de varianten dienen de oplossingen op deze constructieve argumenten beoordeeld te worden.

Ook de keuze van verhardingen dient afgestemd te worden op de groeiplaats, het regenwater dient geïnfiltreerd te worden. Een gesloten bestrating is niet mogelijk.

3 WERKWIJZEN MITIGATIE

3.1 Algemeen

In Nederland komen (beschermde) muurvegetaties vaak voor op plekken waar scheuren zijn ontstaan of waar het metselwerk onder invloed van het weer en belasting door verkeer poreus en slecht is geworden. Deze slechte stukken moeten soms gerepareerd worden om instorten van de muur te voorkomen. Ingrepen hebben meestal als doel het renoveren of vervangen van beschadigde/verweerde muren. Hierbij worden scheuren en verweerde voegen (de groeiplaatsen dus) gevuld en opnieuw gevoegd of worden hele constructies vervangen.

Er zijn meerdere methoden ontwikkeld voor de omgang met muurflora tijdens werkzaamheden. De effectiviteit wisselt echter sterk en bij de meeste methoden moet rekening gehouden worden met een significant verlies aan exemplaren. Hieronder zijn de verschillende mogelijkheden voor mitigatie beschreven, waarbij aangegeven wordt wat de voor- en nadelen zijn en welke ervaringen er mee zijn.

3.2 Groeiplaats Petroleumhaven

Voor de groeiplaats in de Petroleumhaven geldt dat deze ongeveer 20 meter kademuur omvat. Deze twintig meter gemetselde muur kan tijdens de renovatie niet worden vervangen voor een nieuwe muur. Ook het onderhoud is lastig. Bijvoorbeeld het opnieuw voegen is hier niet mogelijk omdat het de planten sterk negatief zal beïnvloeden. Werkzaamheden aan de deksloven zijn mogelijk mits de watertoevoer gegarandeerd is, zowel tijdens als na de werkzaamheden.

3.3 Mogelijkheden voor mitigatie

Zoals uit het ecologisch profiel blijkt is de schubvaren een kritische soort die specifieke eisen stelt aan zijn omgeving. Met name warmte, kalkgehalte en vochttoevoer zijn belangrijke factoren. Het blijkt niet eenvoudig om exact inzicht in hoe deze factoren samen zorgen voor een geschikte groeiplaats bij de schubvarens in Den Haag. Uit de literatuurstudie en de interviews die we hebben uitgevoerd komen niet veel praktijkvoorbeelden naar voren waarbij de effectiviteit van bepaalde mitigerende maatregelen specifiek voor schubvarens zijn beschreven.

Door dit algemeen gebrek aan ervaring met mitigerende maatregelen voor schubvarens, de kritische eisen die de soort stelt en het ontbreken van inzicht in de exacte standplaatsfactoren zijn de mogelijkheden voor mitigatie beperkt. Werkzaamheden waarbij aan de constructie gewerkt wordt en groeiplaatsen uitgenomen of gestut worden brengen te veel risico met zich mee. Het is wenselijk te kiezen voor mitigatie met zo min mogelijk invloed en met een bewezen effectiviteit voor andere muurflora. In ecologisch opzicht is de meest optimale mitigatie een combinatie van behouden groeiplaats met minimale maatregelen en het geschikt maken van de overige kademuur.

Tabel 4-1. Samenvatting mogelijkheden mitigatie.

Methode	Periode	Uitvoering	Terugplaatsen	Kans op succes
Laten staan groeiplaats met minimaal beheer	-	-	-	Op korte termijn, maar niet duurzaam.
Wolkenmethode	oktober-mei	Groeiplaatsen niet aantasten maar in zone rondom werken	-	Grote kans van slagen.
Stutten en inmetelen groeiplaats	oktober-mei	Groeiplaatsen stutten en behouden op locatie tijdens werkzaamheden.	Muurdeel in nieuwe constructie	Matig, grote kans op uitdroging en beschadiging.
In depot plaatsen muurdeel	oktober-mei	Voorzichtig uithalen Vocht toelaten	Muurdeel in nieuwe constructie	Matig, grote kans op uitdroging en beschadiging.

3.3.1 Groeiplaats niet aantasten, enkel kleinschalig beheer

Gekozen kan worden om geen grootschalige werkzaamheden uit te voeren aan de kademuur maar alleen kleinschalige maatregelen uit te voeren. Voorbeeld van een kleinschalige maatregelen is het verwijderen van bosopslag om beschaduwning en verdere aantasting van de kademuur te voorkomen.

Voordelen

- Groeiplaatsen blijven op korte termijn behouden. Zonder aanvullende maatregelen is het echter geen duurzame oplossing omdat de kade op de lange termijn zal instorten waardoor de gehele populatie zal verdwijnen. Niets doen leidt uiteindelijk dus ook tot verlies van de schubvaren op deze locatie. In zekere zin is niets doen dus geen mitigatie.

Nadelen

- Op lange termijn instortingsgevaar waardoor groeiplaats kan verdwijnen;
- Niet meer voldoen aan bouwkundige functie.

Ervaring/effectiviteit

Er zijn geen gegevens bekend van projecten waarbij deze methode gemonitord is. Maar het is aannemelijk dat aangezien er geen ingrepen plaatsvinden die de standplaatsfactoren veranderen deze methode gunstig is. In ieder geval op de korte termijn, voor de lange termijn leidt deze methode tot het verdwijnen van muurplanten.

3.3.2 Groeiplaatsen sparen tijdens renovatie (Utrechtse wolken-methode)

Bij restauratie is het mogelijk te werken volgens de Utrechtse wolkenmethode. Bij deze methode worden de groeiplaatsen gespaard en blijven als een soort wolken behouden. De omliggende muur wordt wel gerenoveerd. Hierbij worden de voegen ruw afgewerkt en wordt een kalkrijk en zacht mortel gebruikt om uitbreiding van de muurflora te faciliteren.

De toepasbaarheid van deze methode is sterk afhankelijk van de manier waarop de planten groeien en in welke mate van verval de groeiplaatsen zijn.

Werkwijze/aandachtspunten

- Markeren van de groeiplaatsen en goed overleg met aannemer en uitvoerder;
- Werkzaamheden alleen uitvoeren op enige afstand van groeiplaats;
- De planten tijdens de werkzaamheden goed beschermen tegen vallend puin en beschadiging door werkmateriaal;
- Geschikt kalkrijk mortel gebruiken op plekken waar gerestaureerd wordt zodat deze op termijn geschikt worden als groeiplaats;
- In de periode oktober-mei, dus buiten het groeiseizoen.

Voordelen

- Groeiplaatsen blijven met hun oorspronkelijk standplaatsfactoren behouden;
- Overige muurdelen worden geschikt voor vestiging.

Nadelen

- De keuze voor de mortelsamenstelling en de praktische uitvoering bepalen het succes van deze methode, als dit verkeerd gaat kan het oppervlak aan potentiële groeiplaatsen afnemen;
- Groeiplaatsen worden niet gerenoveerd, deze lopen dus kans om alsnog in te storten;
- Over het algemeen is deze methode niet toepasbaar bij het vervangen van constructies.

Ervaring/effectiviteit

Uit monitoring van de effectiviteit van deze methode op twee locaties in Utrecht blijkt dat de resultaten wisselend, maar over het algemeen positief zijn. Op beide locaties nam de steenbreekvaren sterk toe, bleef de muurvaren stabiel of nam sterk af (62 ex. voor 10 ex. 10 jaar later), nam de muurleeuwenbek aanvankelijk af om vervolgens weer toe te nemen. Schubvaren kwam hier niet voor. Deze methode betreft de meest succesvolle tot nu toe in Nederland. Er vond echter vooralsnog geen uitbreiding plaats naar de gerenoveerde delen.

3.3.3 Groeiplaatsen stutten en inbouwen bij vervangen constructie

Deze methode lijkt een beetje op de wolkenmethode, het grote verschil is dat de gehele muurconstructie vervangen wordt en de groeiplaatsen tijdelijk gestut worden.

Werkwijze/aandachtspunten

- Markeren van de groeiplaatsen en goed overleg met aannemer en uitvoerder;
- Het muurdeel met beschermde varens stutten en op de zelfde plek behouden tijdens de werkzaamheden;
- De planten tijdens de werkzaamheden goed beschermen tegen vallend puin en beschadiging door werkmateriaal;
- Geen grond verwijderen achter het muurdeel, of het voldoende vochtig houden.
- Vochtvoorziening in toekomstige situatie garanderen, dit kan bijvoorbeeld door:
 - Niet afsmeren achterzijde muurdeel;
 - Uitsparingen in betonwand, waardoor contact met grondlichaam ontstaat;
 - Middels plastic pijpjes of geperforeerde rasters vochttoevoer van hemelwater garanderen;
 - Watergeefstelsel installeren.
- Geschikt kalkrijk mortel gebruiken op plekken waar gerestaureerd wordt zodat deze op termijn geschikt worden als groeiplaats.
- In de periode oktober-mei.

Voordelen

- Groeiplaatsen blijven behouden op locatie en worden niet op depot geplaatst.

Nadelen

- Met name de vochtuithouding zal waarschijnlijk toch als gevolg van de nieuwe constructie veranderen;
- De muurdelen kunnen makkelijk beschadigen tijdens de werkzaamheden waardoor verlies kan optreden.

Ervaring/effectiviteit

Voor deze methode zijn geen projecten gevonden waarbij de resultaten gemonitord zijn.

3.3.4 Uitnemen en op depot plaatsen van stukken muur inclusief planten

In deze variant worden groeiplaatsen zorgvuldig uitgenomen en tijdelijk op depot geplaatst, om vervolgens na vervangen van de constructie ingemetseld te worden. Het heeft de voorkeur het uitnemen, opslaan en terugplaatsen van de stukken muur in de periode van oktober tot mei te doen. Voor een exacte omschrijving van de maatregelen is gebruik gemaakt van het boekje Beschermde planten (Maes, 2011) en verschillende ervaringen in de praktijk.

Figuur 4-1. Overzicht transplantatieproeven in Utrecht, de resultaten zijn weinig positief.

Gewone Eikvaren - Polypodium vulgare					
experiment: adres/jaar	vóór restauratie	1985	1989/1991	1996	2000
Drift 27 (12)		25	6	-	7
Kr. Nieuwegracht 62 exp.I		60	-	-	8
Kr. Nieuwegracht 62 exp.II		10	10	-	13
Muurvaren - Asplenium ruta-muraria					
experiment: adres/jaar	vóór restauratie	1985	1989/1991	1996	2000
Drift 27 (12)		10	0	0	0
Kr. Nieuwegracht 24		60	3	10	6
Kr. Nieuwegracht 48-50	>300	6	7	3	8
Kr. Nieuwegracht 52-52A		65	1	2	0
Kr. Nieuwegracht 62 exp.I		13	-	7	2
Kr. Nieuwegracht 62 exp.II		10	8	7	6
Oudegracht 234	zeer veel	8	-	20	64
Steenbreekvaren - Asplenium trichomanes					
experiment: adres/jaar	vóór restauratie	1985	1989/1991	1996	2000
Kr. Nieuwegracht 24		8	2	15	10
Tongvaren - Asplenium scolopendrium					
experiment: adres/jaar	vóór restauratie	1985	1989/1991	1996	2000
Oudegracht 230A		(7)	2	8	1

(I) : experiment waarbij varens in het bestaande metselwerk zijn gehandhaafd;
- : geen waarneming verricht.

Werkwijze/aandachtspunten

- Muurdelen met varens voorzichtig uitzagen en omwikkelen met staaldraad zodat ze niet uit elkaar vallen;
- Op depot plaatsen in vergelijkbare omstandigheden als huidige groeiplaats (vochttoevoer/beschaduwning);
- Zorgen voor constante vochtvoorziening door bijvoorbeeld met de achterzijde tegen aarde aan te leggen;
- Uitvoeren buiten groeiseizoen om kans op succes te maximaliseren;
- Vochtvoorziening behouden in nieuwe constructie(zie 2.3.3);

Voordelen

- De groeiplaats inclusief substraat blijft behouden;
- Minder kans op beschadiging tijdens werkzaamheden omdat het elders opgeslagen wordt.

Nadelen

- Tijdens transport veel kans op beschadigen;
- Op depot grote kans op uitdroging;
- Standplaatsfactoren veranderen waarschijnlijk toch als gevolg van nieuwe constructie.
- Huidige staat van metselwerk is slecht, in feite allemaal losse basalt blokken, groot risico voor instorting tijdens transport

Ervaring/effectiviteit

In de gemeente Delft zijn een aantal schubvarens verplaatst, deze zijn echter niet teruggeplaatst maar hebben elders een nieuwe groeilocatie gekregen. De resultaten waren positief, er trad maar een klein verlies op (niet exact bijgehouden). De samenstelling van het mortel is samen met een historisch restaurateur bepaald. In figuur 4-1 zijn de resultaten van een aantal transplantatieproeven in Utrecht weergegeven. Op de groeiplaatsen kwamen de soorten gewone eikvaren, muurvaren, steenbreekvaren en tongvaren voor. Er zijn geen resultaten voor de schubvaren. Te zien is dat de resultaten van transplantatie niet erg gunstig zijn. er moet rekening gehouden worden met een substantiële terugval in aantal. Wel blijkt dat de groeiplaatsen geschikt blijven en in de loop der jaren langzaam bevolkt worden.

4 BOUWKUNDIGE MOGELIJKHEDEN

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de bouwtechnische mogelijkheden voor het versterken van de kademuur uitgewerkt, waarbij tevens de mogelijkheden voor mitigatie zijn geïntegreerd. Hierbij is het belangrijkste criterium dat de populatie schubvarens op een duurzame manier te behouden is, dit houdt tevens in dat de soort zich kan uitbreiden om het voortbestaan van de populatie op de lange termijn waarborgen. Ook niets doen met minimaal onderhoud leidt uiteindelijk tot het verdwijnen van de populatie en is daarom niet duurzaam.

Er is voor gekozen zeven bouwkundige varianten voor het behouden van de ecologische functionaliteit naast elkaar te leggen en op basis van een puntenscore de drie varianten met de hoogste score nader uit te werken. In dit hoofdstuk worden de zeven varianten kort beschreven en afgewogen.

De argumenten voor de keuze matrix zijn afgestemd op de situatie. De ecologische argumenten wegen hierbij zwaarder. Ook de constructieve veiligheid, draagvermogen van de kade, weegt zwaar. Verder zijn omgeving en toekomstig gebruik mee gewogen in de matrix.

De weging vindt kwalitatief plaats. Er zijn geen constructieve berekeningen gemaakt en geen kostenramingen. Geadviseerd wordt deze aanvullende berekeningen te maken bij de short list van de varianten.

4.1.1 Trade off matrix

Voor de kade zijn meerdere alternatieven beschouwd. De alternatieven worden in volgende paragrafen beschreven.

Om de verschillende alternatieven te wegen is een Trade Off Matrix (TOM) opgesteld. In de TOM staan de beschouwde alternatieven naast elkaar. In de linkerkolom staan de argumenten waarop de alternatieven gescoord worden. In de kolom onder de alternatieven is de score van de variant per argument opgenomen met een motivatie van de score.

De factoren hebben verschillende weegfactoren gekregen van 1 tot 5. De ecologische argumenten hebben een gewicht van 5 omdat deze het zwaarst wegen. Naast de ecologische argumenten wegen ook de constructieve argumenten zwaar mee; deze hebben een weegfactor 3 gekregen.

Voor de constructieve argumenten is gekozen voor de verticale draagkracht en de kantelveiligheid omdat deze in de rapportages als onvoldoende beoordeeld zijn. De ecologische argumenten betreffen de eisen die de schubvaren stelt aan de groeiplaats. De argumenten betreffen de mate waarin voldaan wordt voor de lange termijn en de risico's tijdens de bouwfase.

Onder de aspecteisen zijn diverse argumenten genoemd die van belang zijn bij de definitieve oplossing. Een van de deze eisen betreft de toekomstvastheid van de oplossing in relatie met de toekomstige bebouwing.

Onder de aspecteisen zijn ook enkele raakvlakken benoemd. De weegfactor hiervoor is laag omdat deze niet doorslaggevend zijn. Ook de risico's hebben een lage weegfactor gekregen omdat deze argumenten al min of meer verwerkt zijn in de overige argumenten.

Als laatste argument zijn de kosten opgenomen.

Om de kosten te wegen zijn 5 categorieën benoemd:

- 5: < 2,5 k€/m
- 4: 2,5 tot 5 k€/m
- 3: 5 tot 10 k€/m
- 2: 10 tot 15 k€/m
- 1: >15 k€/m

Omdat de kosten per m¹ sterk afhankelijk zijn van de totale omvang van het werk dient dit slechts als indicatie beschouwd te worden.

De genoemde kosten zijn exclusief:

- Aannemersopslagen (28%)
- Engineering
- K&L werken
- Vergunningen/ leges
- Milieukundige maatregelen
- Historisch onderzoek (archeologie, NGE etc.)

4.2 Alternatievenweging

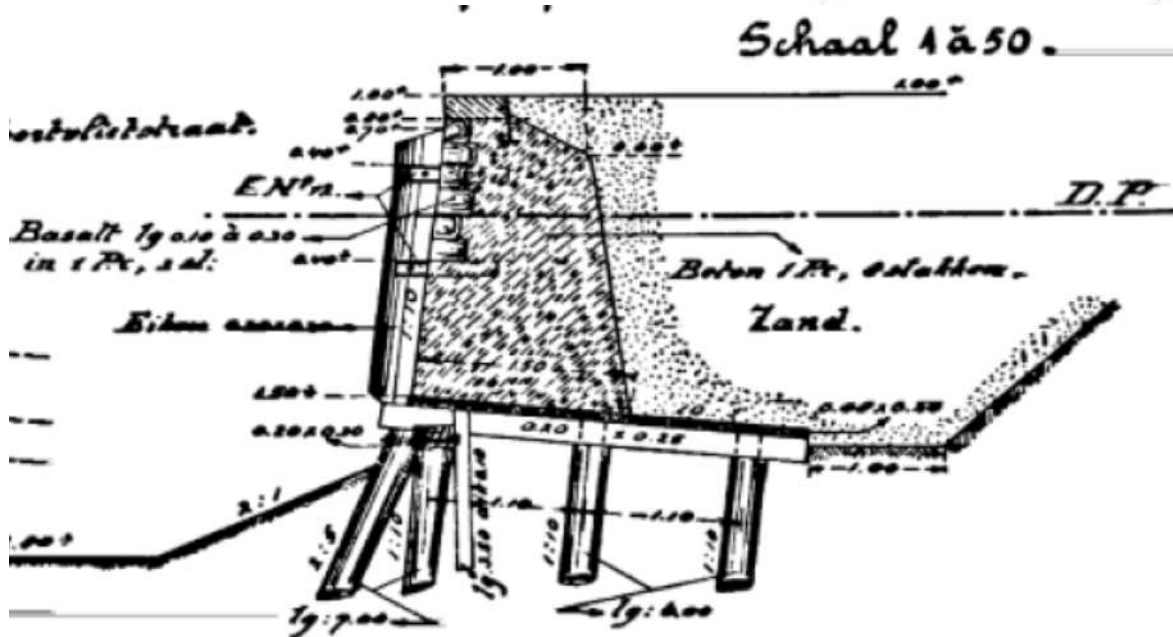
4.2.1 Behouden groeiplaats met minimaal onderhoud

De meest minimale, maar functionele optie is het niet aantasten van de huidige groeiplaats met minimaal onderhoud voor de rest van de kademuur.

De huidige dragende constructie blijft behouden. Door regelmatig kleinschalige werkzaamheden uit te voeren wordt de kademuur (dus exclusief de constructie) langzamerhand geheel hersteld.

De werkwijze houdt in dat de omgeving van groeiplaats van de schubvaren (en andere muurplanten) onderhouden wordt terwijl de actuele groeiplaats onaangetast blijft. Door het onderhoud wordt de omgeving geschikt zodat de soorten de mogelijkheid hebben zich naar de omgeving te verplaatsen.

Op termijn zullen de huidige groeiplaatsen verdwijnen, maar hebben de soorten zich over de kademuur verspreid zodat een duurzaam voortbestaan verzekert is.



Voordelen

- Weinig risico voor de muurplanten

Nadelen

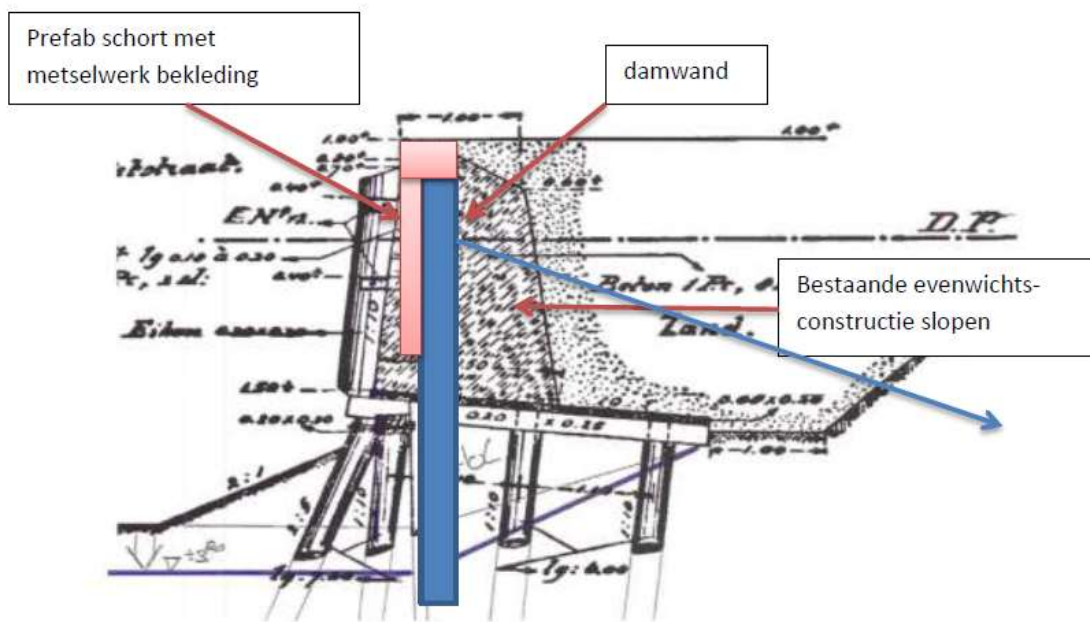
- Langdurig onderhoud (kostbaar);
- Geen verlenging levensduur bestaande kadeconstructie;
- Op termijn als nog grootschalig onderhoud voor de constructie;
- Risico dat de soorten zich niet vestigen buiten de huidige groeiplaatsen.



4.2.2 Bouwtechnisch meest eenvoudige oplossing nieuwbouw

De hieronder beschreven variant is bouwtechnisch de meest eenvoudige nieuwbouw variant. De huidige kadeconstructie wordt vervangen door een damwand met een nieuw metselwerk ervoor. De huidige groeiplaats van de schubvaren wordt gespaard zodat vanaf deze locatie kolonisatie van de nieuwe structuur kan plaatsvinden.

Tussen de te behouden kade en de nieuwe kade dient een overgang gemaakt te worden. De meest voor de hand liggende methode is het opnemen van een vleugelwand (dwarsscherm). De aansluiting dient grond dicht te zijn.



Werkvolgorde:

1. Ontgraven wand
2. Slopen betonconstructie
3. Slopen (deel) houten ontlastvloer
4. Heien damwand
5. Aanbrengen verankering
6. Aanbrengen prefab schort
7. Aanvullen en bestraten

Voordelen

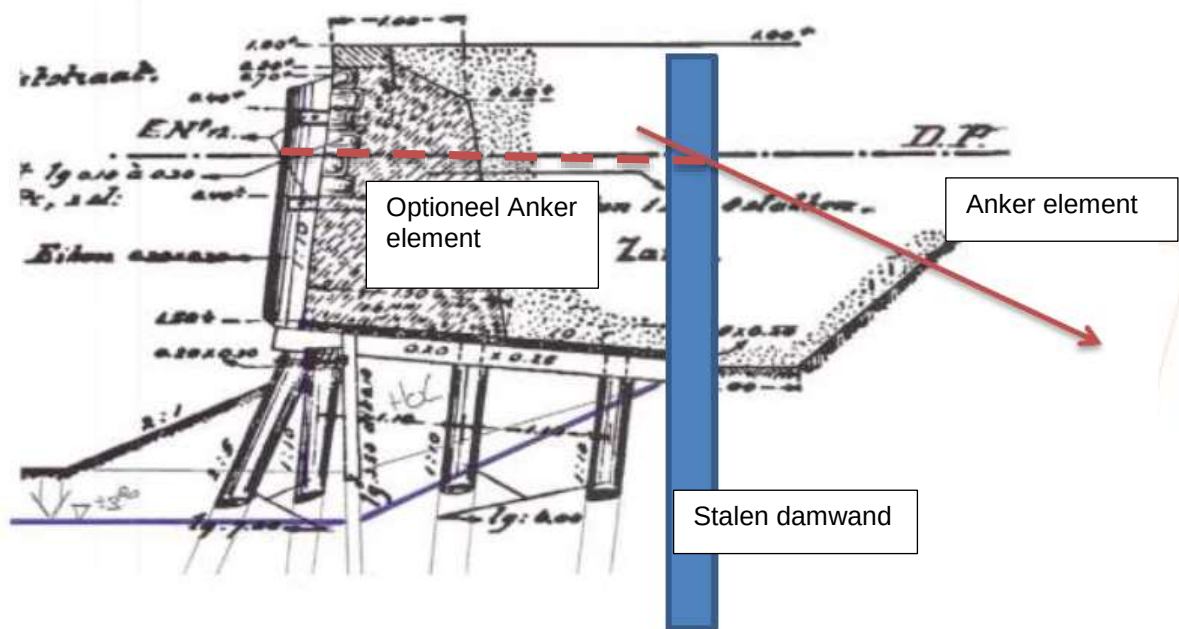
- In voorzet wand kunnen groeiplaatsen gecreëerd worden
- Bouwtechnisch eenvoudig

Nadelen

- Zeer groot risico voor muurplanten, kans op vestiging van de schubvaren in nieuwe muurdelen is erg laag.

4.2.4 Verankerde damwand achter de wand

Op enige afstand achter de bestaande kademuur wordt een damwand aangebracht. Deze nieuwe damwand neemt de horizontale gronddruk weg op de bestaande kade muur. Om de bestaande wand te ontlasten dient deze verankerd te worden met grondankers of leganker aan de nieuwe damwand.



Figuur 5-4. Werkwijze verankeren damwand.

Voordelen

- Snelle goedkope methode
- Geen extra belasting op bestaande kademuur

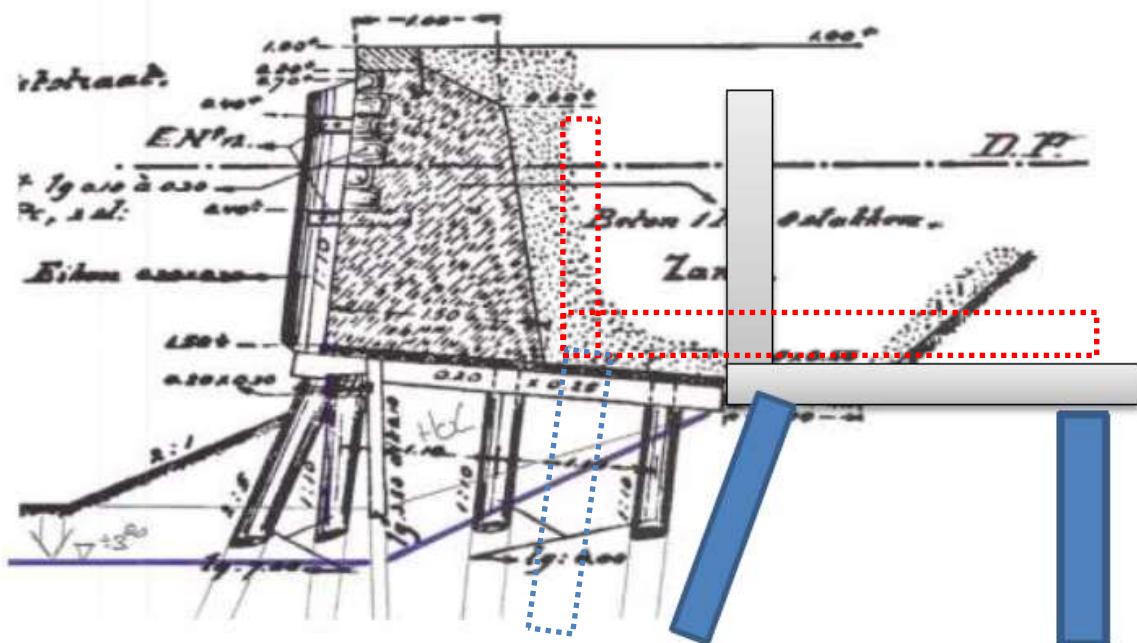
Nadelen / Risico's

- Trillingen bij inbrengen (Beheersmaatregel trillingsvrij aanbrengen);
- Geen verlenging levensduur bestaande kadeconstructie, hiervoor kan een extra verankering worden aangebracht;
- Mogelijke onderbreking van het vocht transport.
- Beperking gebruik terrein door ankers

4.2.5 Keerwand met ontlastvloer

Achter de kade wordt een stabiele keerwand aangebracht. Hiertoe wordt de grond achter de kade ontgraven waarna een betonnen keerwand wordt aangebracht. De horizontale gronddruk op de bestaande keerwand wordt hierdoor verminderd. Ter plaatse van de keerwand en in het gebied er achter kan de bovenbelasting worden opgevoerd.

Gezien de beperkte beschikbare breedte kan ook gekozen worden om de kade muur gedeeltelijk over de bestaande kademuur heen te bouwen. De bestaande kademuur kan hierbij verankerd worden aan de betonnen keerwand. Op deze wordt extra draagvermogen gecreëerd zodat de kade meer belastbaar is. Nadeel hierbij is dat de palen door de bestaande ontlastvloer gemaakt moet worden wat extra risico's voor de bestaande wand geeft.



Figuur 5-5. Werkwijze keerwand met ontlastvloer.

Voordelen

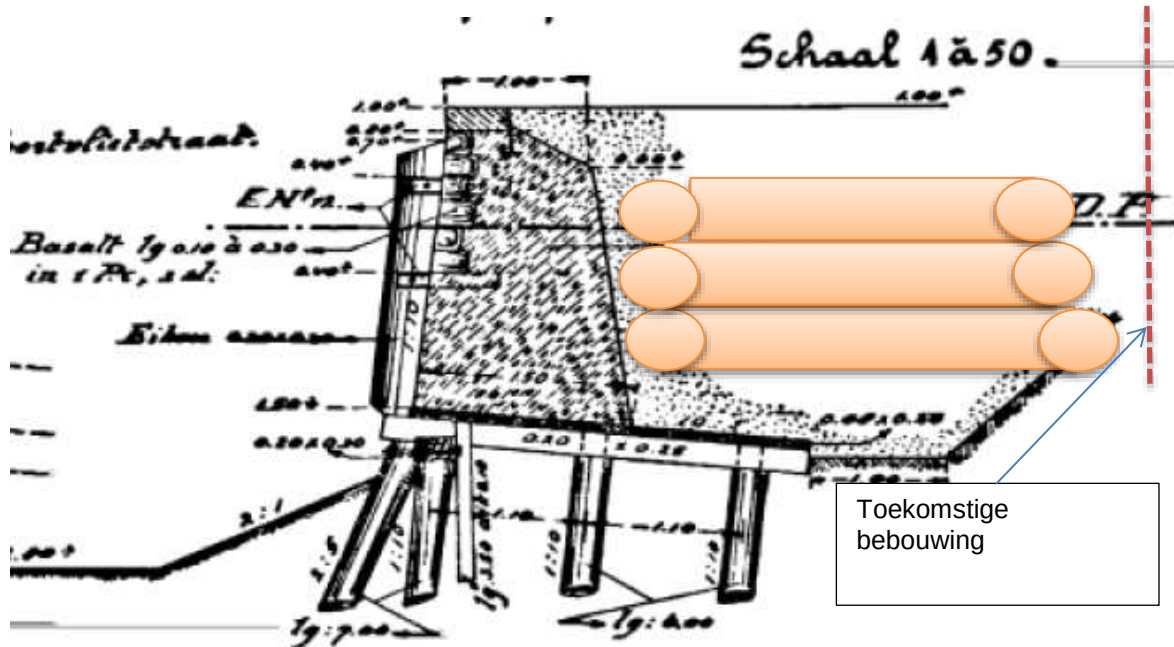
- Solide oplossing

Nadelen

- Intensieve uitvoering met bemaling, groot risico voor de varens.
- Kade blijft kritisch

4.2.9 Gewapende grond

Door het aanbrengen van gewapende grond (geotextiel) wordt de bestaande kademuur ontlast. Na realisatie is er geen wijziging in de vochtthuishouding van de kademuur.



Voordelen

- Eenvoudige oplossing
- Vergroot kantelveiligheid en afschuifweerstand
- Grotere vrijheid voor toekomstig gebruik, hogere terreinbelastingen direct achter de kade mogelijk

Nadelen

- Intensieve uitvoering met bemaling, groot risico voor de varens.

5 KEUZE VOORKEURSALETERNATIEVEN

5.1.1 Trade-off matrix

Op basis van de voor- en nadelen van elke mogelijke uitwerking is een keuze gemaakt voor de drie voorkeursalternatieven. Deze keuze is gemaakt door voor alle van belang zijnde factoren een score en wegingsfactor toe te kennen in een trade-off matrix. Hierbij is zowel gekeken naar de ecologische factoren, de bouwtechnische kant als de gebruiksfase. In bijlage 1 is de trade-off Matrix (TOM) weergegeven, de samenvatting hiervan staat in tabel 6-1.

De scores zijn gebaseerd op een 5 puntensysteem, waarbij 5 het hoogst en 1 het laagst is. Omdat niet alle criteria even zwaar meewegen in de keuze is per criteria een weging toegevoegd. De ecologische criteria hebben de zwaarste weging gekregen (5). De voorkeursvarianten zijn gekozen op basis van de eindscore.

In de matrix zijn alleen de technische uitwerkingen beoordeeld die vooraf als ecologisch relevant zijn gezien. Dus de werkwijzen waarbij geen onnodige risico's te verwachten zijn en de huidige groeiplaats van de schubvaren zoveel mogelijk ongemoeid blijft.

Tabel 6-1. Samenvatting van de trade-off matrix, zie bijlage 1 voor de scores.

Omschrijving onderdeel:	Uitvoering / constructie methode						
	Variant 1, Behoud groeiplaats met minimaal onderhoud	Variant 2, Verankerde damwand	Variant 3, Keerwand met ontlastvloer	Variant 4, Verankering bestaande constructie	Variant 5, Versterken met stalen buispalen	Variant 6, Verankering bestaande constructie	Variant 7, Gewapende grond
Score / eendoordeel:	164	125	122	145	113	138	144

5.1.2 Voorkeursalternatieven

Uit de matrix komen de volgende drie varianten als meest gunstige naar voren:

- Variant 1, behoud groeiplaats met minimaal onderhoud;
- Variant 4, verankerde kademuur;
- Variant 7, het toepassen van gewapende grond.

Voor alternatief 4 en 7 geldt eveneens dat onderhoud aan de kade dient te worden uitgevoerd. De varianten betreffen de aanvullende maatregelen om de bestaande kademuur te versterken of te ontlasten. In het volgende hoofdstuk zijn deze drie alternatieven verder uitgewerkt.

6 UITWERKING VOORKEURSVARIANTEN

6.1 Optimalisatie groeiplaats

Voor de kademuur die thans niet bezet is door de schubvaren, is het belangrijk deze te optimaliseren zodat kolonisatie mogelijk is. Alleen door uitbreiding van de huidige groeiplaats is het duurzame voortbestaan te garanderen. Door de gehele kademuur geschikt te maken (houden) voor muurplanten is de kans op succesvolle vestiging het grootste.

Voor de optimalisatie zijn de volgende maatregelen benodigd:

- Niet aantasten huidige groeiplaats schubvaren (circa 20 meter van de kademuur).
- Bij de reparatie wordt mortel gebruikt met een gunstige samenstelling voor de schubvaren. Een in de praktijk geschikt bevonden mortel bestaat uit 16 delen zand: 8 delen kalk en 1 deel tras. De pH-waarde van dit kalkspecie (pH 8-9) is voor muurplanten geschikt. Het is mogelijk ook interessant om een monster te nemen van de voegen waar de planten nu groeien, deze samenstelling kan dan nagebootst worden voor toepassing bij de reparaties.
- De voegen dienen ruw afgewerkt te worden zodat sporen beter blijven liggen en er eerder verwerking optreedt en organisch materiaal wordt ingevangen;
- Het is waardevol om een monster te nemen van de voegen waar de schubvarens nu groeien, deze samenstelling kan dan toegepast worden voor de reparaties;
- Door een bodemonster te nemen van het grondlichaam achter de groeilocatie kan bepaald worden of door overslag van (kalkrijk) zand, grind en betonmortel de bepalende standplaatsfactoren zijn ontstaan;
- Overwogen kan worden om gericht enkele planten te verplaatsen of sporen te verzamelen en uit te smeren om vestiging elders op de kademuur te stimuleren. Voor het duurzame voortbestaan kan dit een positief effect hebben. Het verplaatsen van planten is risicovol en zorgt altijd voor uitval, daarom gaat de voorkeur uit naar het uitsmeren van sporen.

Deze aanbevelingen zijn van toepassing op alle alternatieven zoals hieronder besproken.

6.2 Variant 1, behouden groeiplaats met minimaal onderhoud

Bij deze variant worden geen werkzaamheden uitgevoerd aan de constructie van de kade, alleen de kademuur wordt stapsgewijs hersteld. De huidige kadeconstructie is van dusdanige kwaliteit dat dit kan. Deze variant heeft voor de schubvaren de voorkeur, omdat de kans op succes het grootste is. Voor de schubvaren (en andere muurplanten) is het belangrijk dat het minimale onderhoud wordt uitgevoerd om de groeiplaats geschikt te houden. Hierdoor krijgen de muurplanten de kans om zich op de muur uit te breiden. Als de huidige groeiplaatsen verdwenen zijn kunnen deze gerestaureerd worden.

Het handhaven van de bestaande kademuur zonder aanvullende maatregelen voor versterking of ontlasting is alleen mogelijk indien aangetoond kan worden dat de constructieve veiligheid niet in geding komt. Hiervoor is nader onderzoek naar de constructie van de kademuur nodig. Deze variant wordt mogelijk geacht omdat tijdens de inspectie geen constructieve gebreken aan fundering zijn vastgesteld. Alleen op basis van een herberekening wordt de conclusie getrokken dat de kade constructief niet voldoet op kantelveiligheid. De keerconstructie is echter van (ongewapend) beton en heeft geen schade zodat de kantelveiligheid niet afgenomen is ten op zichten van de oorspronkelijke situatie. Ook de paalfundering vertoont geen zichtbare schade. Aangenomen mag worden dat in de oorspronkelijke situatie de belasting hoger was dan in de toekomstige situatie zodat de kade voldoet. Om dit aan te tonen wordt geadviseerd een uitgebreide 3D-berekening op te zetten. Hierin dient de belasting uit een reddingsvoertuig van de brandweer beschouwd te worden. Mogelijk kan extra onderzoek aan de kade extra inzicht verschaffen in de werkelijke constructie waaraan extra draagkracht ontleend kan worden.

6.2.1 Benodigde maatregelen

Deze variant vereist geen grootschalige bouwtechnische ingrepen. In feite bestaat het bouwtechnische deel ook uit onderhoud. De volgende maatregelen zijn benodigd:

- Reparatie bestaande voegen
- Vervangen deksloven
- Aanbrengen waterdoorlatende mat zodat infiltratie mogelijk blijft
- Verwijderen bosopslag
- Handhaven open bekading

Repareren voegen

De voegen worden alleen in geval van dreigende instorting gerepareerd. Het voegen wordt kleinschalig uitgevoerd waarbij, conform de wolkenmethode, minimaal 1 meter afstand tot de bestaande groeiplaatsen gehandhaafd wordt. In een later stadium kunnen dan de voegen op de huidige groeiplaats gerepareerd worden. Om de vochtthuishouding zo stabiel mogelijk te houden worden de onderste voegen met een hard cement afgewerkt. Hierdoor wordt capillaire werking, met als gevolg een te natte en daarmee ongeschikte groeiplaats, tegengegaan..

Vervangen deksloven

De kapotte deksloven dienen vervangen en vastgezet te worden met een zachte kalkmortel.

Aanbrengen waterdoorlatende mat

Uit de beschrijving van de groeiplaats is naar voren gekomen dat de watervoorziening van de schubvaren afkomstig is van infiltrerend regenwater. Door het onderhoud bestaat de kans dat deze waterstroom onderbroken wordt. Daarom dient onder de deksloven een waterdoorlatende mat aangebracht te worden.

Ook dient achter de kade een zone van tenminste drie meter aanwezig te zijn waar water kan infiltreren. Dit kan door hier een groene zone te handhaven, of door te kiezen voor een waterdoorlatende (half) verharding.

Verwijderen opslag van bomen

Om beschaduwing en verdere verslechtering van de kademuur tegen te gaan worden bomen en ongewenste vegetatie die in de voegen groeien verwijderd.

6.3 Variant 4, verankerde kademuur

Zowel bouwtechnisch als ecologisch heeft deze variant de voorkeur voor het duurzame voortbestaan van de schubvaren. De volgende maatregelen zijn daarbij nodig. Het onderhoud van de kademuur (basalt) is het zelfde als bij variant 1, alleen vindt grootschalig onderhoud plaats aan de kademuur. De verankering heeft tot doel het naar voren komen van de kademuur te voorkomen. Nadeel is dat de boringen en verankering tot lokale verstoring van de muur en daarmee voor de muurplanten leidt.

De verankeringen komen onder de toekomstige bebouwing. Hierdoor dient de fundering van de toekomstige bebouwing hierop ontworpen worden. Door een grote ankerafstand, 3 tot 5 m, te kiezen worden de randvoorwaarden beperkt.

6.3.1 Benodigde maatregelen

De volgende maatregelen zijn benodigd:

- Aanbrengen verankering
- Vervangen deksloven
- Verwijderen bosopslag
- Repareren voegen

Aanbrengen verankering

Met een tussenruimte van 2 a 3 meter worden ankers in de kademuur geplaatst. Het plaatsen gebeurt door middel van boringen tot in het zandlichaam achter de kade. Hierbij is tevens een gording vereist voor de stabiliteit van de muur.

Vervangen deksloven

De kapotte deksloven dienen vervangen en vastgezet te worden met een zachte kalkmortel. Bij de vervanging van de deksloven dient rekening gehouden te worden met het benodigde vochttransport van de ondergrond naar de varens toe. In de detaillering dient mogelijk een drainage voorziening opgenomen te worden.

Verwijderen opslag van bomen

Om beschaduwing en verdere verslechtering van de kademuur tegen te gaan worden bomen en ongewenste vegetatie die in de voegen groeien verwijderd.

Reparatie kademuur

De delen van de kademuur waar geen muurplanten staan worden helemaal opnieuw gevoegd, de delen waar planten staan alleen als het mogelijk en nodig is. Deze werkzaamheden vinden bij voorkeur in de periode oktober-mei plaats, dit is de minst kwetsbare periode.

Om de vochtbehouding zo stabiel mogelijk te houden worden de onderste voegen met een hard cement afgewerkt. Hierdoor wordt capillaire werking, met als gevolg een te natte en daarmee ongeschikte groeiplaats, tegengegaan. Onder de deksloven wordt een waterdoorlatend matje geplaatst om de vochtvoorziening te garanderen.

6.4 Variant 7, gewapende grond (geotextiel)

Zowel bouwtechnisch als ecologisch heeft deze variant voordelen voor het duurzame voortbestaan van de schubvaren. De maatregel gaat uit van het ontlasten van de bestaande kademuur door het zandlichaam achter de kademuur te stabiliseren. Het geotextiel neemt de horizontale krachten op, waardoor de kademuur deze niet hoeft te absorberen. Het onderhoud aan de muur is het zelfde als in de voorgaande varianten.

De constructie kan aangepast worden aan de bestaande bebouwing en vormt hierdoor geen beperking aan de nieuwbouw. Om het risico van de bemaling te beperken moet de constructie bij voorkeur boven de grondwaterstand blijven.

6.4.1 Benodigde maatregelen

De volgende maatregelen zijn benodigd:

- Aanbrengen geotextiel
- Vervangen deksloven
- Verwijderen bosopslag
- Repareren voegen

Aanbrengen geotextiel

Voor het aanbrengen van het geotextiel dient de zone achter de kademuur ontgraven te worden. Daarna wordt de grond teruggeplaatst inclusief het geotextiel.

Vervangen deksloven

De kapotte deksloven dienen vervangen en vastgezet te worden met een zachte kalkmortel. Bij de vervanging van de deksloven dient rekening gehouden te worden met het benodigde vochttransport van de ondergrond naar de varens toe. In de detaillering dient mogelijk een drainage voorziening opgenomen te worden.

Verwijderen opslag van bomen

Om beschaduwing en verdere verslechtering van de kademuur tegen te gaan worden bomen en ongewenste vegetatie die in de voegen groeien verwijderd.

Reparatie kademuur

De delen van de kademuur waar geen muurplanten staan worden helemaal opnieuw gevoegd, de delen waar planten staan alleen als het mogelijk en nodig is. Deze werkzaamheden vinden bij voorkeur in de periode oktober-mei plaats, dit is de minst kwetsbare periode.

Om de vochtuishouding zo stabiel mogelijk te houden worden de onderste voegen met een hard cement afgewerkt. Hierdoor wordt capillaire werking, met als gevolg een te natte en daarmee ongeschikte groeiplaats, tegengegaan. Onder de deksloven wordt een waterdoorlatend matje geplaatst om de vochtvoorziening te garanderen.

6.5 Algemene aandachtspunten gebruiksfase

Voor beide varianten geldt dat in de gebruiksfase rekening gehouden moet worden met enkele handelingen die het duurzaam voortbestaan van de populatie in de weg kunnen zitten. Het gaat hierbij om de volgende punten:

- Een zone van drie meter vanaf de kademuur hanteren als invanggebied regenwater (Catchement), hier binnen geen verharding van grondlichaam of plaatsing van zwaar materieel;
- Geen recreatieve voorzieningen ter plaatse van de groeiplaats, bijvoorbeeld aanlegsteigers, zwemtrapjes etc;

7 LITERATUUR

Anonymous, 1998, Inventariserend onderzoek Petroleumhaven. LB970824 rap.10. 12 februari 1998.

NWC (z.d.) Ecologisch werkprotocol voor het verplaatsen van beschermde muurplanten, NWC, Dordrecht. www.nwcadvies.nl/Protocollen/Muurplanten.pdf

http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=flora_nl_v2&id=235

<https://www.naturetoday.com/intl/nl/nature-reports/message/?msg=19904>

www.muurplanten.nl

Interviews

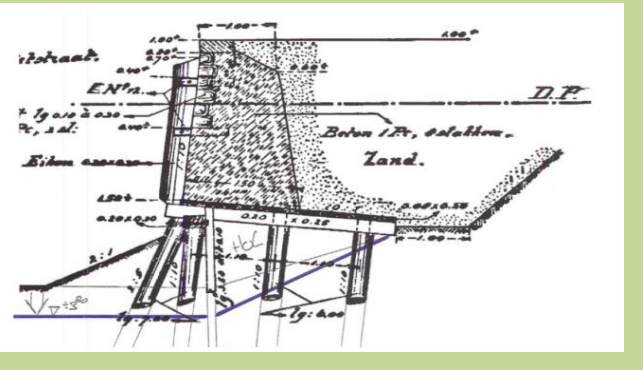
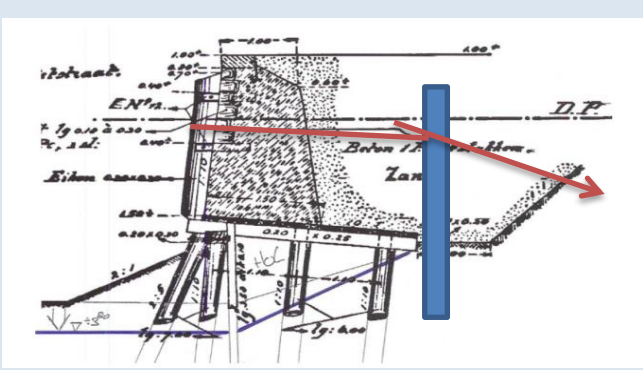
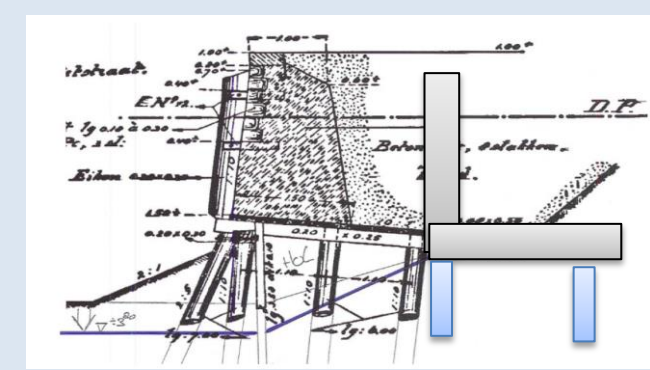
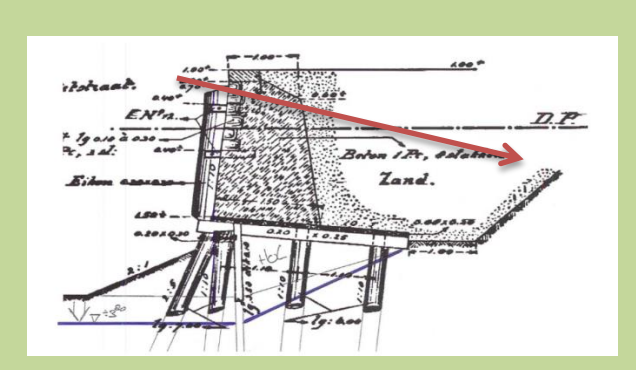
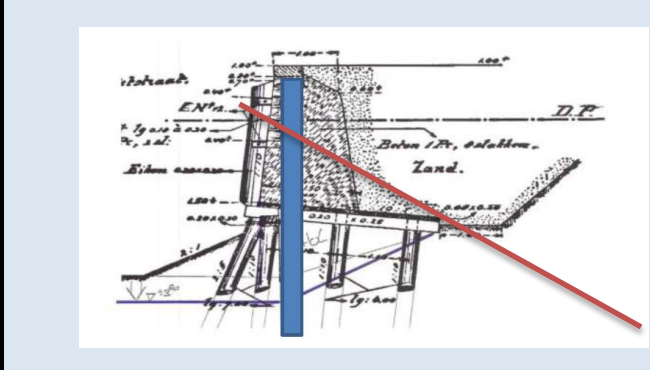
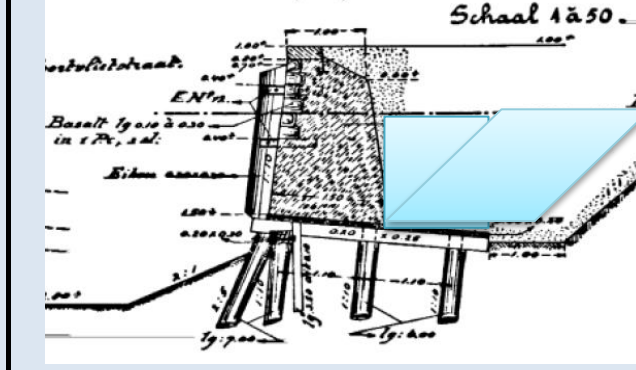
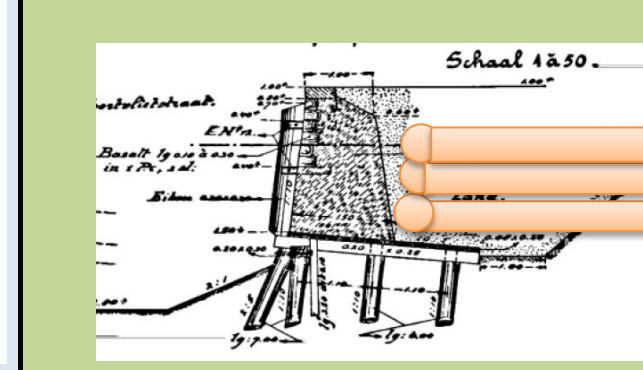
Voor specifieke kennis over muurplanten hebben gesprekken plaatsgevonden met de volgende personen:

- Dhr. Remko Andeweg, Bureau Stadsnatuur Rotterdam
- Dhr. Johan. Mees, Stadsecoloog 's Hertogenbosch
- Mw. Diny Tubbing, Gemeente Delft
- Dhr. Wim de Haan, Ecologische Adviesbureau De Brabantse Wal.

Alle personen worden bedankt voor hun medewerking.

BIJLAGE 1



Rev. 1 d.d.		Barende Brug projectnummer:	154493	Trade-off Matrix						
Omschrijving onderdeel:				Uitvoering / constructie methode						
				Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6	Variant 7
										
				Behoud kademuur met onderhoud	Verankerde damwand	Keerwand met ontlastvloer	Verankeren bestaande kademuur	versterken met stalen buispalen	Ontlasten met EPS	Gewapende grond (geotextiel)
Criterium			Gewicht							
Relevante Eisen	Toelichting		3	2	3	3	3	4	4	4
Keren grond	Horizontale belasting		Dit is bij herstel voegwerk en nader onderzoek naar de constructie en gedetailleerde herberekening in 3d model	Voldoet maar bestaand constructie wordt niet verbeterd	Voldoet maar bestaand constructie wordt niet verbeterd	Voldoet maar bestaand constructie wordt slechts deels verbeterd	Voldoet maar bestaand constructie wordt niet verbeterd	Voldoet maar bestaand constructie wordt niet verbeterd	Voldoet maar bestaand constructie wordt niet verbeterd	Voldoet maar bestaand constructie wordt slechts deels verbeterd
Dragen boven belasting	Belasting volgens uit gebruik									
Ecologie										
Vochthuishouding			5	5	3	3	4	3	2	3
Vochthuishouding gewaarborgt in eindsituatie en tijdens uitvoering				Toestroom blijft gehandhaaft	Toestroom gedeeltelijk geblokkeerd	Toestroom gedeeltelijk geblokkeerd	Toestroom blijft gehandhaaft	Toestroom lokaal geblokkeerd	Toestroom gedeeltelijk geblokkeerd	Toestroom gedeeltelijk geblokkeerd
Invloed op groeiplaats schubvaren			5	5	3	3	4	2	3	3
kans op aantasting gedurende de werkzaamheden en daarna				er vinden geen werkzaamheden plaats	Mogelijk enige beïnvloeding na afronding werkzaamheden	Mogelijk enige beïnvloeding na afronding werkzaamheden	Weinig tot geen beïnvloeding	Sterke invloed tijdens en na de ingreep	Mogelijk enige beïnvloeding na afronding werkzaamheden	Mogelijk enige beïnvloeding na afronding werkzaamheden
effectiviteit van maatregel			5	5	4	2	4	2	4	4
behouden huidige populatie na ingreep (zonder uitbreiding)				geen negatieve invloeden, hooguit verbering door beheer	werkzaamheden achter de kademuur	werkzaamheden achter de kademuur	werkzaamheden achter de kademuur	Werkzaamheden vlak avchter de kademuur		Werkzaamheden vlak avchter de kademuur
kans op duurzaam behoud populatie			5	4	4	4	4	4	4	4
Huidige groeiplaats en uitbreiding naar de rest van de kademuur				Op korte termijn is behoud gegarandeerd maar voor een duurzaam behoud op lange termijn moeten aanvullende maatregelen getroffen worden.	Op lange termijn is behoud te verwachten	Op lange termijn is behoud te verwachten	Op lange termijn is behoud te verwachten	Op lange termijn is behoud te verwachten	Op lange termijn is behoud te verwachten	Op lange termijn is behoud te verwachten
Aspect eisen										
Trillingen			3	3	2	3	3	2	4	4
Gevaar voor instorten kademuur				met herstel voegwerk is er geen gevaar op instorten.	Trillingsvrij aanbrengen	Aandacht voor heien palen	Trillingsvrij aanbrengen	Trillingsvrij aanbrengen	zware machines	Zwae machines
Toekomstige functie			3	3	3	4	3	3	4	4
Beperkingen aan toekomstig gebruik				Aantonen draagkracht met 3d herberekening	Ankers en damwand vormen mogelijke belemmering. Ankers tussen de palen van de nieuwe bebouwing opnemen.	Vrije zone kade aanpassen aan de toekomstige bebouwing.	Ankers en damwand vormen mogelijke belemmering. Ankers tussen de palen van de nieuwe bebouwing opnemen.	Ankers en damwand vormen mogelijke belemmering. Ankers tussen de palen van de nieuwe bebouwing opnemen.	Ruimte afhankelijk van EPS	Ruimte beslag afhankelijk van geotextiel
Vormgeving			2	5	4	5	4	4	5	5
Visueel / Esthetisch / Monumentenzorg				Oude karakter blijft behouden.	Gording toepassen		Gording toepassen		Oude karakter blijft behouden.	Oude karakter blijft behouden.
Hinder			1	5	2	1	3	2	2	2
				kortdurende werkzaamheden		Langdurige uitvoering			groot gebied ontgraven	groot gebied ontgraven
Uitvoering (maakbaarheid)			1	4	2	2	4	2	3	3
Uitvoeringstijd				Alleen noodzakelijk onderhoud: verwijderen begroeiing	Zware machines en trillingsvrij aanbrengen	Zware machine en bemaling	Aanbrengen vanaf het water. Maatregelen tijdens uitvoering	Boren door bestaande muur en fundering geeft extra risico's	Eventueel bemaling geeft risico's	Eventueel bemaling geeft risico's
Zware of lichte machines				herstel voegwerk						
Raakvlakken	Raakvlak ID		1	3	2	3	2	3	3	3
Toekomstige nieuwbouw				Oude karakter blijft behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.	Oude karakter blijft grotendeels behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.	Oude karakter blijft behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.	Oude karakter blijft grotendeels behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.	Oude karakter blijft grotendeels behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.	Oude karakter blijft behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.	Oude karakter blijft behouden hetgeen goed past bij monumentale kraan.
Monumentale kraan				Doorvaart ongewijzigd	Doorvaart ongewijzigd	Doorvaart ongewijzigd	Doorvaart ongewijzigd	Doorvaart ongewijzigd	Doorvaart ongewijzigd	Doorvaart ongewijzigd
scheepvaart										
Risico's	Risico ID		1	3	2	2	3	2	3	3
Geld (duurzaamheid/hoeveelheid staal)				Uitkomst herberekening kan leiden tot extra maatregelen				Veel onbekende technische punten in bestaande kade		
Planning			1	5	3	2	3	2	3	3
				Alleen noodzakelijk onderhoud: verwijderen begroeiing	Ankers en damwanden vragen doorlooptijd	Langdurige uitvoering	Onzekerheden in bestaande constructie	Veel onbekende technische punten in bestaande kade	snele uitvoering,	Snelle uitvoering
herstel voegwerk										
Kwaliteit			1	1	3	3	3	3	3	3
Trillingen, instorten				Risico: sterkte kademuur kan niet rekentechnisch onderbouwd worden.	Trillingsvrij aanbrengen	complexe uitvoering	Trillingsvrij aanbrengen	Trillingsvrij aanbrengen		
behoud varens tijdens bouwsituatie			1	4	2	1	3	2	2	2
					Schade bestaande fundering		Schade bestaande fundering			
					Zware machines en trillingsvrij aanbrengen.		Aanbrengen vanaf het water. Maatregelen tijdens uitvoering	Boren door bestaande muur en fundering geeft extra risico's	Tijdelijk slechte vochthuishouding	Tijdelijk slechte vochthuishouding
Ankers vanaf water					Ankers vanaf water					
Omgeving			2	3	2	3	3	3	3	3
Inpassing monument										
Kostenraming			1	4	3	2	3	1	2	3
Indicatie van de kosten per m op basis van raming				€2.500,= tot € 5.000,=	€5.000,= tot € 10.000,=	€10.000,= tot € 15.000,=	€5.000,= tot € 10.000,=	> € 15.000,=	€10.000,= tot € 15.000,=	€5.000,= tot € 10.000,=
Score / eindoordeel:				164	125	122	145	113	138	144

BIJLAGE 2



ATKB kan u tevens van dienst zijn met:

BODEM

- Verkennend en nader (asbest) bodemonderzoek
- Partijkeuringen grond, bagger en niet vormgegeven bouwstof
- Opstellen saneringsplannen, bestekken conventionele en in-situ landbodemsaneringen
- Begeleiding, evaluatie van conventionele en in-situ landbodemsanering
- Non destructief bodemonderzoek (grondradar)
- Second opinions
- Monitorings- en nazorgplannen
- Juridisch advies bodemzaken
- Beleidsondersteuning
- Civieltechnisch onderzoek naar asfalt, zand en klei
- Coördinatie archeologisch onderzoek
- Coördinatie asbestonderzoek gebouwen

ECOLOGIE

- Soortgericht onderzoek (o.a. vleermuizen, amfibieën, vogels)
- Toetsingen aan natuurwetgeving
- Ecologisch werkprotocol en begeleiding
- Vegetatiekarteringen
- Hydrobiologisch onderzoek
- Waterplantenonderzoek en ecoscans
- Visstandbemonstering
- Vismigratieonderzoek (vistelemetrie, pit-tag)
- Actief Biologisch Beheer
- Visserijmanagement
- Visbeheerplannen
- Beleidsstudies, beheerplannen en adviezen
- BREEAM-NL (gecertificeerd duurzaam bouwen)
- BREEAM-NL PLUS (duurzaamheid en milieuvergunning)

WATER&RUIMTE

- Kwalitatief en kwantitatief waterbodemonderzoek
- Baggerplan en werkplan baggerwerk
- Directievoering, toezicht en begeleiding baggerwerken
- Inrichting en beheer grondwatermeetnetten
- Grondwatermonitoring (grondwaterstand en -kwaliteit)
- Onderzoek en monitoring oppervlaktewaterkwaliteit
- Watervraagstukken
- Coördinatie/opstellen bemalingsplannen
- Watertoetsen en waterparagrafen
- Meldingen en vergunningen
- Coördinatie/opstellen ruimtelijke onderbouwing
- Saneringsplan en bestek waterbodemsanering
- Begeleiding en evaluatie van waterbodemsanering
- BREEAM-NL (gecertificeerd duurzaam bouwen en gebiedsontwikkeling)
- BREEAM-NL PLUS (duurzaamheid en milieuvergunning)