

Ecologische ontwikkeling in Rotterdamse Stadshavens door technische ingrepen in het watersysteem

“Duurzaamheid door toepassing van restmateriaal in de Keilehaven”



Afstudeerrapport

Versie
Definitief

Opdrachtgevers
Stadsontwikkeling Rotterdam
Hogeschool Rotterdam

Opstellers
Arjan Blok
Mark Crucq

Begeleiders
A.M. Mol
W.J.J.M. Kuppen

Datum
25 februari 2015

Colofon

Titel: Ecologische ontwikkeling in Rotterdamse Stadshavens door technische ingrepen in het watersysteem

Ondertitel: Duurzaamheid door toepassing van restmateriaal in de Keilehaven

Opleiding: Civiele Techniek

Auteurs

Arjan Blok
Mark Crucq

E-mail

blokarjan@hotmail.com
mrcrucq@hotmail.com

Studentnummer

0806569
0839209

Begeleiders

Dhr.W.J.J.M. Kuppen
Dhr. A.M. Mol

E-mail

w.j.j.m.kuppen@hr.nl
am.mol@rotterdam.nl

Instelling

Hogeschool Rotterdam
Stadsontwikkeling Rotterdam

Rotterdam, 25 februari 2015

Hogeschool Rotterdam

Instituut voor Gebouwde Omgeving (IGO)
G.J. de Jonghweg 4-6
3015 GG Rotterdam



Stadsontwikkeling Rotterdam

Cluster Stadsontwikkeling
Afdeling Waterbouw & Civiele Infra
Wilhelminakade 179
3072 AP Rotterdam



Gemeente Rotterdam
Stadsontwikkeling

Titel

Ecologische ontwikkeling in Rotterdamse
Stadshavens door technische ingrepen
in het watersysteem

Ondertitel

Duurzaamheid door toepassing van
restmateriaal in de Keilehaven

Versie

Definitief

Datum

25-2-2015

Voorwoord

In het kader van de afronding van de studie "Civiele Techniek" aan de Hogeschool Rotterdam(HRO) is er een afstudeerproject uitgewerkt in de vorm van een eindrapport.

Het eindrapport gaat over "Ecologische ontwikkeling in de Rotterdamse Stadhavens door technische ingrepen in het watersysteem" in het kader van het programma "Natuurvriendelijke oevers Rotterdam".

De ingrepen moeten zorgen voor een verbetering van de zeer beperkte natuurlijke en ecologische kwaliteit in de rivier de Nieuwe Maas en havenbekkens van de gemeente Rotterdam.

Naast de verbetering van de ecologie moet een ingreep samengaan met het stimuleren van hergebruik van bouwstoffen en restmateriaal wat voor kostenbesparing en verduurzaming zorgt.

Het afstudeerproject met het opgestelde eindrapport is gemaakt in opdracht van Stadsontwikkeling Rotterdam (SO) op de afdeling Waterbouw & Civiele Infra onder begeleiding van Dhr. A.M. Mol.

Het eindrapport is een overzicht van het afstudeerproject en bestaat uit diverse berekeningen, tekeningen, uitwerkingen en verkregen eindresultaten. De rest van de onderbouwende informatie en achtergrondinformatie bevindt zich in de bijlagen waar in het eindrapport naar wordt verwezen.

Wij willen onze dank in het bijzonder uitspreken naar de volgende personen:

- Dhr. A.M. Mol (Stadsontwikkeling Rotterdam)
- Dhr. J. Peters (Stadsontwikkeling Rotterdam)
- Dhr. J.L.M. van Leeuwen (Stadsontwikkeling Rotterdam)
- Dhr. W.J.J.M. Kuppen (Hogeschool Rotterdam)

Tevens willen we alle personen bedanken die ons geholpen hebben met het verschaffen van hun kennis, informatie en advies voor het eindrapport.

Rotterdam, 25 februari 2015

Arjan Blok
Mark Crucq

Samenvatting

Door de verplaatsing van de havenactiviteiten richting het westen verliezen steeds meer Rotterdamse Stadshavens hun nautische functie. Het gevolg hiervan is dat deze verouderde Stadshavens in de toekomst anders kunnen worden ingericht. Hierbij wordt tegelijk bekeken hoe men de ecologische kwaliteit van de oevers langs de Nieuwe Maas kan verbeteren voor betere leefomstandigheden voor macrofauna en vis in de vorm van natuurvriendelijke oevers. Een belangrijke eigenschap van deze natuurvriendelijke oevers wordt, naast het creëren van luwte en ondiepte, het creëren van meer getij oppervlak waar het nu langs de Nieuwe Maas door de steile en steenachtige oevers aan ontbreekt. Eén van de potentiële stadshavens is de Keilehaven in het Rotterdamse Merwe-Vierhavensgebied. De Keilehaven is een relatief lang, smal havenbekken waar nog enkele activiteiten plaatsvinden, zoals de overslag van huisvuil en het aanmeren van de Watertaxi en partyboten aan de drijvende steiger.

Het creëren van luwte is in de Keilehaven makkelijker te realiseren dan in andere stadshavens omdat andere stadshavens vaak groter zijn en daar dus vaak meer stroming en wind aanwezig is.

De Keilehaven en de rest van het Merwe-Vierhavensgebied zullen in de toekomst een metamorfose ondergaan en in enkele decennia worden omgevormd tot leefbaar woon- en werkgebied.

Deze toekomstvisie en de ambitie voor een verbeterde ecologie zorgen ervoor dat de Keilehaven in aanmerking komt voor technische ingrepen in de vorm van een natuurvriendelijke oever. De aanwezigheid van een grote hoeveelheid restmateriaal, zoals grond, grof puin en slib, in de regio Rotterdam kan worden benut om deze ingrepen op een duurzame én financieel aantrekkelijke manier te realiseren.

De huidige activiteiten in de Keilehaven zorgen er echter wel voor dat er een beperkte ruimte beschikbaar is voor een natuurvriendelijke oever. De meest geschikte plek voor het creëren van een natuurvriendelijke oever is aan het einde van de Keilehaven naast de Benjamin Franklinstraat. Dit maakt dat er vijf verschillende natuurvriendelijke oevers in de Keilehaven te realiseren zijn, namelijk in de vorm van een:

- | | |
|-----------------|-------------|
| 1. Langsoever | 4. Eiland |
| 2. Getijdenbaai | 5. Langsdam |
| 3. Schiereiland | |

Twee van deze ontwerpprincipes geven als beste invulling aan het verbeteren van de ecologie en de leefbaarheid, namelijk de langsoever en het schiereiland.

De kosten van beide ontwerpen worden geraamd op circa € 1.000.000, -, waarop flink kan worden bespaard wanneer restmateriaal wordt toegepast. Beide ontwerpen zijn gericht op het genereren van veel getij oppervlak en het verbeteren van de leefbaarheid. Het hoogteverschil tussen diepte en ondiepte kan worden opgevangen door een damwand. Het toepassen van een damwand neemt de minste ruimte in beslag waardoor er zoveel mogelijk getij oppervlak kan worden gecreëerd.

Door de onvoorspelbare constructieve eigenschappen van het toe te passen restmateriaal is het een mogelijke oplossing om de ontwerpen met geotubes uit te voeren. De verwachte verplaatsingen in de ondergrond door het aanbrengen van grond in de Keilehaven zullen geen negatieve gevolgen veroorzaken voor de omliggende bebouwing.

De langsoever is vanuit ecologisch oogpunt de beste optie omdat het lange, flauwe talud richting de zonzijde gesitueerd kan worden. Naast de langsoever blijft ruimte beschikbaar voor waterverkeer van en naar de drijvende steiger van de Watertaxi.

Het schiereiland vormt een mooi verlengstuk van de gedempte Keilehaven wat ten goede komt aan de verbetering van de leefbaarheid en levert tegelijk veel getij oppervlak op.

Ondanks dat het hergebruik van restmateriaal opbrengsten genereert, leveren de ontwerpen geen geld op.

Een verplaatsbare natuurvriendelijke oever is een mogelijkheid om een Stadshaven met een onzekere toekomst toch ecologisch op te waarderen en te voorzien van getij oppervlak.

Dit kan in de vorm van een steunende oever wat bestaat uit bijvoorbeeld een opgelegd ponton (constructie) op geotubes en de bestaande glooiing. Dit is een tamelijk dure oplossing maar de constructie kan wel eenvoudiger worden verplaatst dan natuurvriendelijke oevers bestaande uit grond.

Summary

The Stadshavens of Rotterdam lose their main function by moving the harbor activities mainly throughout the west of Rotterdam. Because of this event a possibility arises to arrange another course for the older Stadshavens.

When changing the purpose of the harbor, there are also ecological factors to be considered like macro fauna and fish. For example by making nature-friendly banks.

One important qualification, next to making sure there is enough lee and shoal, is creating more tide surface at places where necessary along the Nieuwe Maas.

One of the most potential harbours in the city for this project is the Keilehaven in the Merwe-Vierhavens of Rotterdam.

At the long, stretched Keilehaven there're a few activities taking place every day like transshipment of garbage and making use of the floating jetty by the Watertaxi and party boats.

Creating lee in the Keilehaven is more easy to realize comparing to other bigger harbours in the city which have more wind- and stream activities.

The Keilehaven and the rest of the Merwe-Vierhavens will be transformed in the future and become an area for living and working purposes.

This ambition for a better ecologic environment makes that the Keilehaven will be technically transformed to a nature-friendly bank.

Rotterdam features a large amount of residual materials like soil, silt and coarse rubble which can be used to realize the transformation so it can be a financial attractive and lasting project.

Because the Keilehaven is still in use, there is a certain part available to be transformed.

The most suitable place to create a nature-friendly bank is at the end of the Keilehaven, next to the Benjamin Franklinstraat.

There are five different designs to realize in this workspace, meaning:

1. Langsoever
2. Getijdenbaai
3. Schiereiland
4. Eiland
5. Langsdam

The 'langsoever' and the 'schiereiland' are the most promising designs to develop the ecology and livability in this area. Each design will cost approximately € 1.000.000,-, which can be strongly reduced when residual materials are applied.

The height difference between deepness and shoal can be solved by creating a sheet pile. Creating a sheet pile ensures the biggest tide surface.

When using residual materials there is no knowing about the contents of the material. That's why one of the solutions can be too built with geotubes.

There will be no negative effects occur for the surrounding buildings by realizing the design during all the phases of the project.

When the 'langsoever' is selected, it will be the best ecologic option because it can be located at the most sun-catching place. Traffic by water is still possible to the Benjamin Franklinstraat when realizing this option.

The 'schiereiland' generates the most tide surface and can be used as an extension piece of the already covered Keilehaven.

In spite of residual materials can be used to generate additional income, these designs aren't profitable.

A mobile nature-friendly bank is a good solution for upgrading the ecology and increase tide surface in city harbours with an unsure future.

To use a propping bank, that is made of a pontoon supported by geotubes and the existing edge, may be a rather expensive solution but this construction can be easily replaced comparing to natural banks made of soil.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	7
1.1 Probleemstelling, doelstelling en hoofdvraag	8
1.2 Projectgrenzen	9
2. Keilehaven	10
2.1 Geschiedenis	10
2.2 Huidig gebruik	10
2.3 Geometrische en hydraulische gegevens	11
2.4 Toekomstvisie	12
2.5 Omgeving	13
2.6 Omgevingsfactoren	14
2.7 Overige factoren in werkgebied	16
3 Eisen & randvoorwaarden	17
3.1 Eisen aan de oever	17
3.2 Eisen met betrekking tot leefbaarheid	18
3.3 Gebruik restmateriaal	19
4 Varianten onderzoek	24
4.1 Ontwerpprincipes	24
4.2 Toelichting ontwerpprincipes	24
4.3 MCA	27
4.4 Uitkomsten MCA en Workshop	28
4.5 Vooroevers	28
5 Langsoever	30
5.1 Het ontwerp	30
5.2 Toelichting ontwerp	31
5.3 Effecten op de omgeving	33
5.4 Geraamde kosten langsoever	34
5.5 Langsoever met geotubes	35
6 Schiereiland	36
6.1 Het ontwerp	36
6.2 Toelichting ontwerp	37
6.3 Effecten op de omgeving	39
6.4 Vooroever damwand	42
6.5 Geraamde kosten schiereiland	43
6.6 Schiereiland met geotubes	44
7 Generalisatie andere havengebieden	45
7.1 Inleiding	45
7.2 Varianten verplaatsbare oevers	45
7.3 Steunende oever	48
7.4 Toetsing steunende oever	50
7.5 Geraamde kosten steunende oever	51

8	Conclusie	52
8.1	Kostenoverzicht	53
9	Aanbevelingen	54
	Literatuurlijst	55

Bijlagen indeling

Bijlage nr.	
1	Plan van Aanpak
2	Glooiingen en kademuren
3	Kabels en leidingen
4	Dieptekaart
5	Boring
6	Sondering
7	Vissamenstelling
8	Hydraulische -, geometrische -, en grondgegevens
9	Ontwerpprincipes vaste oevers
10	Ontwerpprincipes generalisatie andere havens
11	MCA (Multi Criteria Analyse)
12	Tekening lichte dam Benjamin Franklinstraat
13	Tekening langsoever
14	Tekening schiereiland
15	Tekening steunende oever
16	Houtsnippers proef
17	Plaxis rapport langsoever
18	Plaxis rapport schiereiland
19	Plaxis rapport lichte dam Benjamin Franklinstraat
20	Kostenraming langsoever
21	Kostenraming schiereiland
22	Kostenraming steunende oever
23	Vooroever
24	MatrixFrame rapport ponton
25	Sterkteberekeningen steunende oever
26	Notulen
27	Logboek
28	Bodemonderzoek Keilehaven
29	Ontwerpen met geotubes
30	Begrippenlijst
31	Reflectie, competenties en bedrijfsbeoordelingen

1. Inleiding

In de afgelopen eeuw heeft er veel verandering plaatsgevonden in de haven van Rotterdam. Door de groeiende wereldeconomie zijn de afmetingen van schepen toegenomen en nieuwe havengebieden ontwikkeld. Hierdoor heeft Rotterdam haar positie als belangrijke havenstad weten te behouden. Het gevolg van deze ontwikkelingen is dat de meeste havenactiviteiten de afgelopen eeuw vanuit de binnenstad zijn verdwenen en naar het westen zijn verplaatst.

Door de verschuiving van oost naar west binnen de regio Rotterdam, krijgen de oude Stadshavens rondom de binnenstad in de toekomst mogelijk een andere functie. Deze verschuiving is bovendien de oorzaak dat het beheer van deze Stadshavens geleidelijk wordt overgedragen van het Havenbedrijf Rotterdam (HbR) naar de Gemeente Rotterdam. Het HbR is normaal gesproken de erfpachtbeheerder van havengebieden in Rotterdam.

Nu bestaan deze Stadshavens voornamelijk uit steile, steenachtige oevers en diepe bodems wat resulteert in een zeer geringe natuurlijke en ecologische kwaliteit.

Enkele van deze Stadshavens staan op de planning om te worden getransformeerd naar stedelijk gebied.

Voor de ontwikkeling van de natuurlijke en ecologische kwaliteit van deze Stadshavens hebben enkele partijen, eind 2013, het programmteam "Natuurvriendelijke oevers Rotterdam" opgericht.

Het programmteam bestaat uit de volgende partijen: Stadsontwikkeling Rotterdam (SO Rotterdam), HbR, Rijkswaterstaat (RWS), Wereld Natuur Fonds (WNF), Ecoshape en de Provincie Zuid-Holland. Het programmteam heeft als doel:

"In de praktijk realiseren van natuurvriendelijke oevers in de gemeente Rotterdam, langs de rivier of in havenbekkens waarbij de aanleg van natuurvriendelijke oevers een bijdrage levert aan een goed bereikbare haven, een aantrekkelijke en klimaatbestendige stad en een schone en ecologisch waardevolle rivier". (*Literatuurlijst; rapport nr. 16*)

Het bereiken van dit doel wordt versterkt door te focussen op hergebruik van reststoffen en bouwmaterialen. Het effectief verwerken van deze materialen in de natuurvriendelijke oevers kan, naast verduurzaming en vermindering van de CO₂ uitstoot, een flinke kostenbesparing opleveren.

Voor het realiseren van het doel is geld beschikbaar door de verschillende wensen en ambities van de betrokken partijen, zoals de verplichting van RWS om in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) vijf kilometer natuurvriendelijke oever te realiseren langs de Nieuwe Maas.

(*Literatuurlijst; rapport nr. 16*)

Het programmteam heeft naar aanleiding van het doel al diverse studies uitgevoerd. Uit deze studies is onder andere gebleken welke Stadshavens kansrijk zijn om getransformeerd te worden, zodat de natuurlijke en ecologische kwaliteit verbeterd. Eén van deze kansrijke gebieden is de Keilehaven in het Merwe- Vierhavensgebied in Rotterdam.

De gemeente Rotterdam wil het Merwe-Vierhavensgebied in de toekomst transformeren tot een aantrekkelijker woon- en werkgebied. Hiernaast wil de gemeente Rotterdam een betere groene verbinding tussen de haven en de stad.

Naar aanleiding hiervan is de vraag ontstaan, vanuit SO Rotterdam, naar technische ingrepen in de vorm van een natuurvriendelijke oever in de Keilehaven voor de verbetering van de ecologie en leefbaarheid waarbij dit gecombineerd kan worden met het hergebruik van restmateriaal.

1.1 Probleemstelling, doelstelling en hoofdvraag

De vervolgstap die relevant is voor dit afstudeeronderzoek is het formuleren van een probleemstelling, doelstelling en hoofdvraag. Om de geformuleerde doelstelling te kunnen behalen is er een hoofdvraag opgesteld.

1.1.1 Probleemstelling

In de Stadshavens van Rotterdam is de natuurlijke en ecologische kwaliteit ondergeschikt gebleven door steile en steenachtige oevers en een gebrek aan ondiepte en luwte.

1.1.2 Doelstelling

Het verbeteren van de condities in de Stadshavens van Rotterdam zodat de ecologische kwaliteit en leefbaarheid verbeterd.

1.1.3 Hoofdvraag

Hoe kunnen technische ingrepen voor in de Keilehaven van Rotterdam worden ontworpen, met als doel dat er een geschikte basis ontstaat voor een natuurlijke en ecologische leefomgeving door onder andere het toepassen van zoveel mogelijk restmateriaal en het creëren van zoveel mogelijk getij oppervlak, voldoende luwte en ondiepte daarbij lettend op leefbaarheid, economische haalbaarheid en ruimtelijke inpassing?

1.2 Projectgrenzen

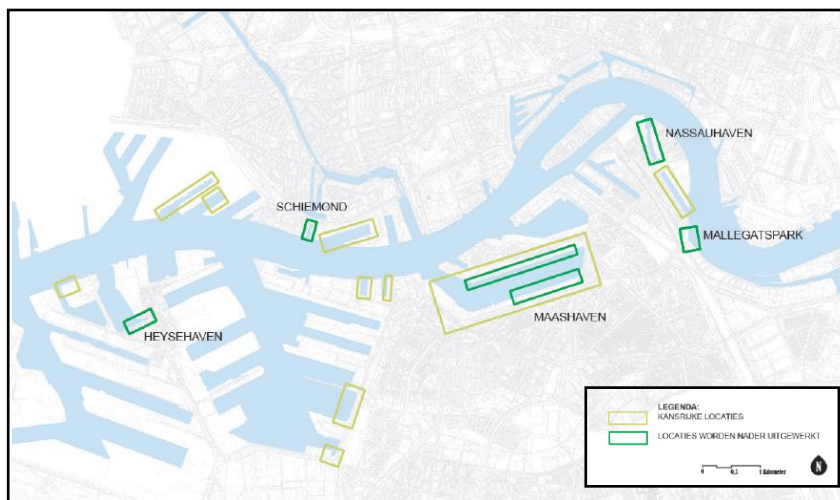
Voor het realiseren van de reeds gestelde doelstelling en het compleet uitwerken van de daarbij horende onderzoeken wordt er gewerkt binnen bepaalde projectgrenzen. Deze projectgrenzen voorkomen dat bepaalde belangrijke onderdelen onvoldoende worden meegenomen en zorgen ervoor dat het onderzoek op de betreffende locatie voldoende diepgang krijgt.

Het project richt zich op het Rotterdamse havengebied. Door studies vanuit het programmteam "Natuurvriendelijke oevers Rotterdam" zijn de kansrijke havengebieden bepaald langs de Nieuwe Maas in Rotterdam. In deze kansrijke havengebieden wil het programmteam de natuurlijke en ecologische kwaliteit verbeteren door ingrepen in het watersysteem.

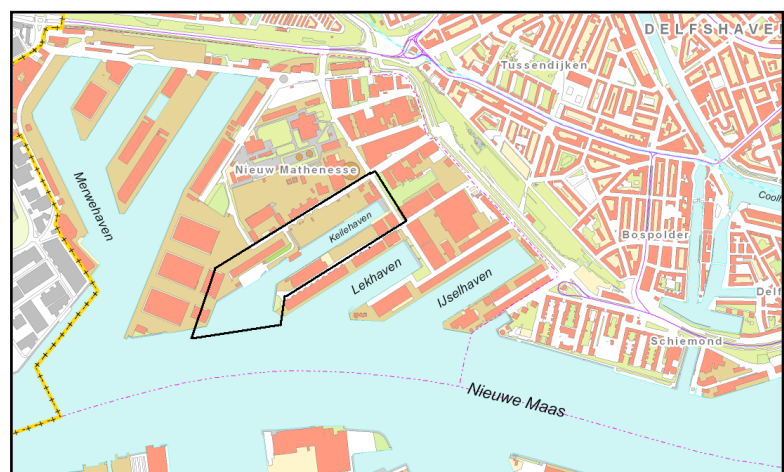
Onder de kansrijke havengebieden bevindt zich het Merwe- Vierhavensgebied. Deze Stadshavens zullen op de langere termijn worden getransformeerd naar woon- en werkgebied. De Keilehaven is in dit gebied het meest potentiële havenbekken voor de verbetering van de natuurlijke en ecologische kwaliteit doordat de Keilehaven zijn nautische functies voor het grootste gedeelte heeft verloren. Het project zal zich daarom vooral met de Keilehaven en de directe omgeving bezighouden.

Er bestaat een kans dat de uitkomsten van dit onderzoek voedingsbodem kunnen zijn voor andere kansrijke gebieden. De projectgrens van het programmteam 'Natuurvriendelijke oevers Rotterdam' is daarom aangenomen.

Het project richt zich voornamelijk op het civieltechnische vlak van de ingreep in de Keilehaven voor de verbetering van de natuurlijke en ecologische kwaliteit. In het onderzoek worden op natuurlijk en ecologisch gebied voornamelijk de uitgangspunten, eisen en randvoorwaarden bepaald.



*Figuur 1.1 Potentiële Stadshavens
(bron: Modellen voor de kansrijke
locaties Natuurvriendelijke oevers
Rotterdam)*



*Figuur 1.2: Projectgrens Keilehaven
(bron: GisWeb 2.1 Rotterdam)*

2. Keilehaven

2.1 Geschiedenis

De Keilehaven is het meest noordelijk gelegen havenbekken in het Vierhavensgebied. Het Vierhavensgebied bestaat uit de havens: Keilehaven, Lekhaven, IJsselhaven en de Koushaven. De Keilehaven is aangelegd tussen 1912 en 1914 en had een oorspronkelijke lengte van 750 meter. De Keilehaven liep tot 1997, net als de Lekhaven en de IJsselhaven, door tot aan de Vierhavensstraat.



Figuur 2.1: Keilehaven en Lekhaven 1937 (Vertrekhal Oranjelijn historie)

De Lekhaven en de IJsselhaven dienden vooral als overslaghaven van stukgoed. De Koushaven was de kleinste haven en diende voor de detailhandel.

De Keilehaven diende vooral als industriegebied, binnenvaarthaven en op- en overslagterrein.

In 1997 is een gedeelte in de Keilehaven aan de oostelijke zijde voor een deel gedempt. Eerst is de Benjamin Franklinstraat doorgetrokken doormiddel van een licht gewicht dam bestaande uit onder andere gecomposteerde houtsnippers in schanskorven, EPS-blokken (geëxpandeerd polystyreen) en zand.

Het gedeelte van de Benjamin Franklinstraat tot aan de Vierhavensstraat is vervolgens per schip gedempt met grond dat is gebaggerd nabij de Sluisjesdijk te Rotterdam tot circa +0.50 m. N.A.P. Vervolgens is per as met licht verontreinigde grond uit het Merwe- Vierhavensgebied gedempt tot een hoogte van +3.60 m. N.A.P. (Notulen Carel Andriessen 29/1/15)

De Keilehaven is door deze demping ingekort en heeft een huidige lengte van circa 530 meter.

2.2 Huidig gebruik

De Keilehaven wordt tegenwoordig nog maar voor enkele doeleinden gebruikt. Het AVR-vuiloverslagstation gebruikt de Keilehaven voor de overslag van huisvuil. De Watertaxi heeft aan het einde van de Keilehaven een drijvende steiger, welke eveneens gebruikt wordt door partyboten die bezoekers voor de Vertrekhal Oranjelijn afzet.

Bedrijven zoals Opticool en Kunst & Complex die grenzen aan de Keilehaven, hebben de oude panden weliswaar in gebruik maar vervullen geen nautische functies meer in de Keilehaven.

2.3 Geometrische en hydraulische gegevens

2.3.1 Grondopbouw

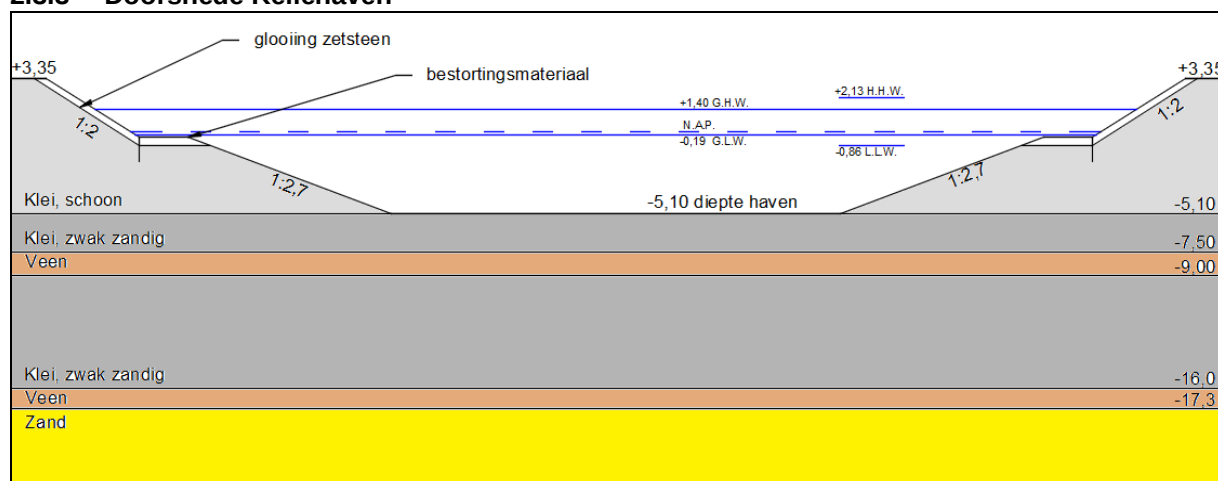
Diepte (m) t.o.v. NAP		Grondsoort
Van	Tot	
+3,00	-5,1	Klei schoon, matig voorbelast
-5,1	-7,5	Klei, zwak zandig, slap
-7,5	-9,0	Veen, niet voorbelast, slap
-9,0	-16,0	Klei, zwak zandig, matig voorbelast
-16,0	-17,3	Veen, matig voorbelast, slap
-17,3	-	Zand, schoon, matig voorbelast

Tabel 2.1 Grondopbouw Keilehaven (Literatuurlijst; Rapport nr. 7)

2.3.2 Gegevens water

Getijhoogtes in meters:	G.L.W.	-0,19 N.A.P.
	G.H.W.	+1,40 N.A.P.
	L.L.W.	-0,86 N.A.P.
	H.H.W.	+2,13 N.A.P. (Literatuurlijst; Rapport nr. 10)
Bodemdiepte Keilehaven gemiddeld:		-5,10 m. N.A.P. (bijlage 4: Dieptekaart)
Contractdiepte Keilehaven:		-4,65 m. N.A.P. (bijlage 2: Glooiingen & kademuren)
Stroomsnelheden water :	0,1 m/s	dicht bij de Nieuwe Maas
	0,04 m/s	dieper in het havenbekken (Literatuurlijst; Rapport nr. 9 pag. 32)
Watertype:	brak	
Waterspiegelstijging tot 2035	0,09 m.	(Literatuurlijst; Rapport nr. 18)

2.3.3 Doorsnede Keilehaven



Figuur 2.2: Huidige situatie Keilehaven
(bijlage 5: Boring in de Keilehaven)

2.4 Toekomstvisie

2.4.1 Ecologisch

Diverse partijen, zoals RWS, SO Rotterdam, HbR en het WNF hebben de ambitie om de oevers van de Nieuwe Maas in diverse stadshavens ecologisch op te waarderen.

RWS heeft door de Kaderrichtlijn Water de doelstelling opgesteld om op termijn 5 kilometer natuurvriendelijke oever langs de Nieuwe Maas te realiseren.

Dit moet uiteindelijk resulteren in een betere waterkwaliteit, meer begroeiing en betere leefomstandigheden voor macrofauna en vis.

2.4.2 Stedelijk

In de toekomst wordt de Keilehaven getransformeerd naar een duurzaam stukje stedelijk gebied met een verleden als havengebied.

Het havengebied Merwe-Vierhavens zal bestaan uit innovatieve woonvormen, zoals drijvende woon- en werkmilieus en de verbindingen met bijvoorbeeld Rotterdam-Zuid en Schiedam zullen worden versterkt door nieuwe oeververbindingen. De harde scheiding tussen de stad en de haven wordt zachter gemaakt door de aanleg van openbare wandel- en fietskades, recreatieruimten, zichtlijnen en groenstroken. De aanleg van het groene Dakpark aan de Vierhavensstraat is hier een duidelijke stap van.

De transformatie van de Vierhavens naar stedelijk gebied met een mix van wonen en stedelijke economie moet bijdragen aan het ontwikkelen van een betere leefbaarheid en beleving van de havenstad. Op lange termijn wordt de Keilehaven een gebied met voornamelijk ruimte voor woningen.

LEGENDA

- Gebiedsgrens
- Gemeentegrens

Functionele hoofdstructuur

- Transformatie naar wonen en stedelijke economie
- Herstructurering met havenrelateerde economie
- Intensivering haven economie
- Transformatie naar onderwijs en creatieve bedrijvigheid
- Zoeklocatie drijvende bebouwing
- Zoeklocatie combinatie drijvende bebouwing + binnenvaart
- Haven economie (zoeklocatie wonen en stedelijke economie na 2030)

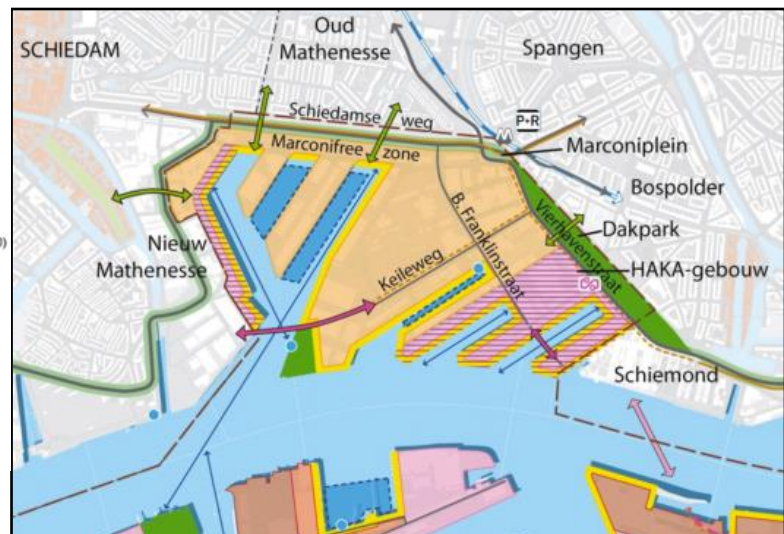
Ruimtelijke hoofdstructuur

- Snelweg
- Stedelijke wegen
- Lokale wegen
- Metrolijn + station
- Tramlijn
- Goederenspoorlijn

Zoekruimte

- Nieuwe Oeververbinding (brug of tunnel)
- Nieuwe ontsluitingsstructuur
- Opwaarderen tot stedelijke weg
- P+R Park & Ride locatie
- Metrostation
- Halte hoogwaardig openbaar vervoer
- Tramlijn
- Verbinding binnendijks- buitendijks voor langzaam verkeer
- Brug voor langzaam verkeer
- Indicatie aanlegplaatsen vervoer over water tot 2025

- Openbare kade
- Gedeeltelijke openbare kade
- Groene dijk
- Rivierpark of groene verblijfsplek
- Zichtlijnen
- Havenpanorama



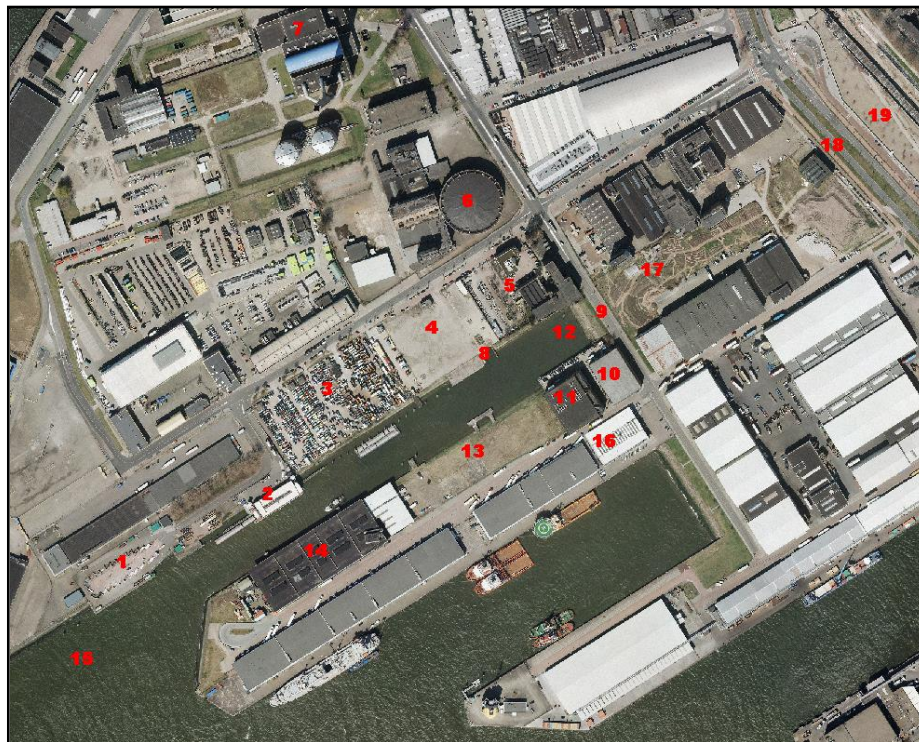
Figuur 2.3 Structuurvisie Stadshavens tot 2025 + doorkijk 2040
(Literatuurlijst; Boeken nr. 17)

2.5 Omgeving

In en om de Keilehaven bevinden zich diverse bouwwerken, bedrijven en activiteiten.

Deze zaken kunnen mogelijk elk hun eigen invloed uitoefenen op de te ontwerpen natuurvriendelijke oever in de Keilehaven.

Onderstaande afbeelding geeft weer welke zaken zich bevinden in de omgeving van de Keilehaven.



Figuur 2.4 Omgevingsfactoren Keilehaven (GisWeb 2.1 Rotterdam)

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. Milieupark Roteb | 11. Opticool B.V. |
| 2. AVR-vuilverslagstation | 12. Drijvende steiger Watertaxi |
| 3. Autohandelaren | 13. Braakliggend terrein (GWR) |
| 4. Braakliggend terrein (GWR) | 14. Katoenvaam |
| 5. Kunst & Complex | 15. Zinker stroomkabels |
| 6. Oude Gasfabriek | 16. Vertrekhal Oranjelijn |
| 7. E.ON energiecentrale | 17. Gedempte Keilehaven |
| 8. E.ON koelwaterinlaat | 18. Vierhavensstraat |
| 9. Lichte dam onder de Benjamin Franklinstraat | 19. Dakpark Vierhavensstraat |
| 10. Voedselbank | |

Enkele van de genoemde zaken in de omgeving hebben direct invloed op de beschikbare ruimte voor de te ontwerpen natuurvriendelijke oever of kunnen worden beïnvloed door een technische ingreep in de Keilehaven.

Deze omgevingsfactoren zijn:

- AVR-vuilverslagstation
- Panden van Kunst & Complex
- Panden van Opticool B.V. en de Voedselbank
- Lichte dam onder de Benjamin Franklinstraat
- Drijvende steiger van de Watertaxi

2.6 Omgevingsfactoren

2.6.1 AVR-vuilverslagstation

Huisvuil uit Rotterdam-Noord en Schiedam wordt via dit overslagstation van vrachtauto's in duwbakken van circa 50 meter overgeslagen. Samen met de duwboot die de duwbakken voortbeweegt heeft deze combinatie een lengte van circa 65 meter. Van deze overslaglocatie wordt verwacht dat deze op korte termijn niet vertrekt uit de Keilehaven en minimaal nog 20 jaar actief blijft op deze locatie.

(Notulen Carel Andriessen 16/10/14)

Hierdoor moet er rekening worden gehouden met dagelijkse aan- en afvoer van duwbakken met huisvuil.

Door het transport van de duwbakken in de Keilehaven moet er rekening worden gehouden met een bepaalde diepgang van de duwbakken ter plaatse van het gedeelte vanaf de Nieuwe Maas tot voorbij het AVR-vuilverslagstation, dusdanig ver dat de duwbakken vanaf beide zijden in het station gevaren kunnen worden. De contractdiepte van -4,65 m. N.A.P dient hierdoor behouden te blijven in de zone vanaf de Nieuwe Maas tot en met 70 meter voorbij het AVR-vuilverslagstation in de Keilehaven.

Het tijdelijk aanmeren van de duwbakken kan worden verplaatst van de noordzijde naar de zuidzijde van het overslagstation.



Figuur 2.5 Het AVR-vuilverslagstation in de Keilehaven (Google)

2.6.2 Panden van Kunst & Complex

Aan de noordwestzijde van de Keilehaven bevindt zich het pand van Kunst & Complex, een toekomstig monumentaal pand aan de Keileweg 27-29.

De fundering van dit bouwwerk mag niet beschadigen door het aanbrengen van ophoogmateriaal in de Keilehaven. Dit zorgt voor een maximaal toegestane verplaatsing van de ondergrond ter plaatse van de funderingsconstructie van dit bouwwerk.



Figuur 2.6 Toekomstig monumentaal pand Kunst & Complex (Google)

- In verband met de kwetsbaarheid van de funderingsconstructie onder het pand van Kunst & Complex op Keileweg 26-28 zijn de toegestane horizontale verplaatsingen in de ondergrond **60 mm**. (Literatuurlijst; Rapporten nr. 7)

- Verticale zettingen in de ondergrond zijn wel toegestaan, mits gelijkmatig. Wanneer ongelijkmatige verticale zettingen optreden ter plaatse van de paalfunderingen van het pand, kunnen ongelijkmatige zettingen resulteren in horizontale krachten ter plaatse van de funderingspalen wat ongewenst is. De funderingspalen zijn enkel bedoeld om verticale krachten op te nemen en zijn dus niet bestand tegen grote horizontale krachten.
(Notulen Rodriaan Spruit 9/12/14)

2.6.3 Panden van Opticool B.V. en de Voedselbank

Aan de noordoostzijde van de Keilehaven bevinden zich de panden van het bedrijf Opticool B.V., Keilestraat 9 en de Voedselbank, Keilestraat 7.

Deze panden worden gebruikt als opslagruimte en kantoorvoorziening.

De funderingen van deze bouwwerken mogen niet beschadigen door het aanbrengen van ophoogmateriaal in de Keilehaven.



Figuur 2.7 Opticool en de Voedselbank (Google)

- In verband met de kwetsbaarheid van de funderingsconstructie onder het pand van Opticool B.V. op Keilestraat 9 en de funderingsconstructie onder het pand van de Voedselbank op Keilestraat 7, zijn de toegestane horizontale verplaatsingen in de ondergrond **90 mm**.
(Literatuurlijst; Rapporten nr. 7)
- Verticale zettingen in de ondergrond zijn wel toegestaan, mits gelijkmatig.
(Notulen Rodriaan Spruit 9/12/14)

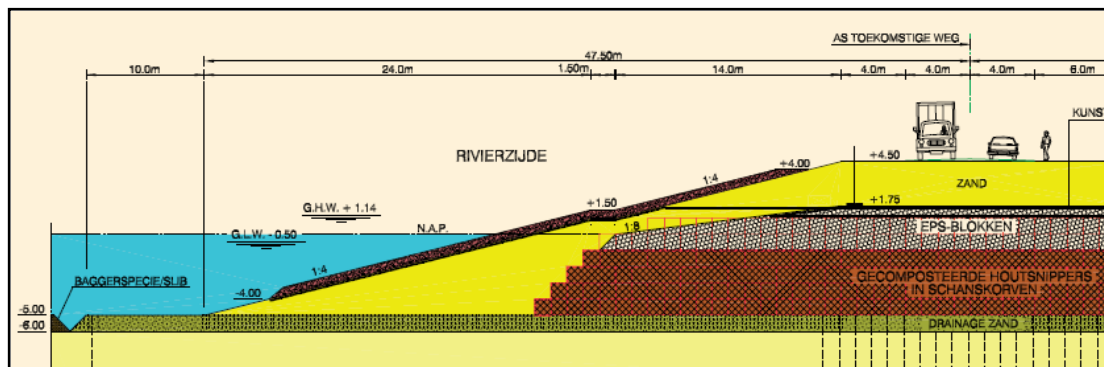
2.6.4 Lichte dam Benjamin Franklinstraat

De Benjamin Franklinstraat is gefundeerd op een dam van licht ophoogmateriaal bestaande uit onder andere houtsnippers in stalen schanskorven en EPS-blokken. Deze dam is destijds geplaatst om de Benjamin Franklinstraat door te trekken en vervolgens het noordoostelijke deel van de Keilehaven te dempen.

De dam is uit licht materiaal vervaardigd zodat er geen ongewenste verplaatsingen in de ondergrond ontstonden voor de nabij gelegen bebouwing, zoals de panden van de Voedselbank, Opticool en Kunst & Complex. Bovendien was er door deze methode geen voorbelasting nodig waardoor het werk snel uitgevoerd kon worden zodat er nog kon worden geprofiteerd van een subsidie.

(Notulen Carel Andriessen 16/10/14)

De schanskorven met houtsnippers zijn dusdanig laag geplaatst, dat bij een lage waterstand de houtsnippers helemaal onder water zullen blijven.



Figuur 2.8 Dwarsprofiel lichte dam Benjamin Franklinstraat (Literatuurlijst; Rapport nr. 12)

Voor de complete dwarsdoorsnede van de Benjamin Franklinstraat wordt verwezen naar bijlage nr. 12: Tekening lichte dam Benjamin Franklinstraat.

Wanneer er in de Keilehaven tot een bepaalde hoogte wordt gedempt ontstaat er zetting wat consequenties kan hebben voor de lichte dam en voor de daarop rustende rijbaan. Zetting in de nabijheid van de lichte dam zou er voor kunnen zorgen dat de lichte dam deels mee zakt.

De zetting van de lichte dam onder de Benjamin Franklinstraat die mogelijk optreedt na het aanbrengen van een demping in de Keilehaven mag de constructie van de rijbaan niet beschadigen. Dit zorgt er voor dat de zetting op die plaats niet meer mag bedragen dan enkele centimeters.

2.6.5 Drijvende steiger Watertaxi

Aan het einde van de Keilehaven bevindt zich een drijvende steiger, grenzend aan de Benjamin Franklinstraat. Deze steiger wordt gebruikt door zowel boten van de Watertaxi als door boten met aan boord gasten die de Vertrekhal Oranjelijn als bestemming hebben.

Het behouden van de bereikbaarheid van de drijvende steiger aan het einde van de Keilehaven heeft de voorkeur. (Notulen mail Johan Quick Programmabureau Merwe-Vierhavens, 11-11-14)
Indien het ontwerp hier geen ruimte voor biedt moet er een alternatieve plek worden aangewezen.

2.6.5.1 Aanmeermogelijkheid voor partyschepen en salonboten Vertrekhal Oranjelijn

Partyschepen en salonboten met als bestemming de Vertrekhal Oranjelijn aan de Benjamin Franklinstraat 501 Rotterdam, gebruiken ook de steiger van de Watertaxi aan het einde van de Keilehaven.

De afmetingen van deze schepen zijn maatgevend voor het garanderen van de bereikbaarheid. De partyschepen en salonboten hebben de volgende afmetingen:

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Salonboot L 22,50 m. x B 5,80 m. x D 2,00 m.2. Partyschip L 40,00 m. x B 5,65 m. x D 1,25 m. |
|--|

(Notulen mail Pegasus Events 18/11/14)

2.7 Overige factoren in werkgebied

2.7.1 Huidige glooiingen

In het werkgebied in de Keilehaven waar een ingreep mogelijk is, bevinden zich nu oevers die bestaan uit glooiingen van zetsteen en puinbestorting. Wanneer een ingreep in de haven zal plaatsvinden door bijvoorbeeld een demping zullen huidige glooiingen op die plaats verwijderd worden. Deze materialen kunnen ergens anders worden gebruikt als oevermateriaal of als bestortingsmateriaal.

2.7.2 Oude houten en betonnen steigers in de Keilehaven

De betonnen en houten steigers in de Keilehaven zijn al geruime tijd buiten gebruik. Aan de steigers is zichtbaar al jaren geen onderhoud meer gedaan en verkeren daarom in slechte staat. Deze steigers vormen tijdens een ingreep in de Keilehaven hoogstwaarschijnlijk een obstakel en worden daarom indien nodig verwijderd.

De kosten van het verwijderen van deze steigers worden meegenomen in de kostenraming.

2.7.3 Koelwaterinlaat E.ON energiecentrale

De oude inlaat voor koelwater van de oude energiecentrale E.ON, bestaande uit stalen damwanden, is gelegd in de Keilehaven en is per eind 2013 buiten gebruik gesteld.

De damwanden zijn echter nog wel aanwezig. Voor een ingreep in de Keilehaven worden de damwanden verwijderd, indien deze in de weg staan.

2.7.4 Sliblaag Keilehaven

Op de bodem van de Keilehaven bevindt zich een sliblaag van 0,5 á 1 meter. Deze sliblaag blijkt uit onderzoek van het HbR, matig tot sterk verontreinigd te zijn. Bij het realiseren van een natuurvriendelijke oever dient deze sliblaag te worden verwijderd. Het vrijkomende slib komt door de mate van verontreiniging in aanmerking om afgevoerd te worden naar de Slufter.

(Notulen mail Edwin van Leeuwen 26-1-15)

De Slufter kan tot circa 2025 als grootschalige bergingslocatie voor vervuild slib worden gebruikt.

3 Eisen & randvoorwaarden

3.1 Eisen aan de oever

De technische ingrepen moeten een basis vormen voor het verbeteren van de ecologie en leefbaarheid in de Keilehaven. Door een technische ingreep wordt er ruimte gecreëerd waardoor de Keilehaven een ecologische opwaardering krijgt en er een verbetering van de leefbaarheid plaatsvindt.

3.1.1 Getij oppervlak

Het getij oppervlak, wat zich bevindt tussen G.L.W. en G.H.W., dient door technische ingrepen in de Keilehaven te worden vergroot.

3.1.2 Flauwe taluds

Flauwe taluds zijn een essentieel onderdeel in een natuurvriendelijke oever.

De taluds van het getij oppervlak dienen flauw genoeg te zijn, flauwer dan 1:8, voor een geleidelijke overgang van land naar water. Binnen de ruimte van de natuurvriendelijke oever mogen zich geen steile wanden of te steile taluds bevinden. *(Literatuurlijst; Rapporten nr. 13)*

Bovendien wordt een brede oever bestaande uit één groter talud hoger gewaardeerd dan aan twee zijden een smallere oever. *(Literatuurlijst; Boeken nr. 13)*

3.1.3 Sterkte tegen erosie

De ontwerpen dienen bestand te zijn tegen erosie, wat kan worden veroorzaakt door stroming en golfslag in het water.

Erosie talud	zand vanaf stroomsnelheid:	0,3 m/s
Erosie talud	klei vanaf stroomsnelheid:	0,8 m/s

(Literatuurlijst; Rapporten nr. 13)

Stroomsnelheid in de havens: 0,04 m/s - 0,1 m/s

Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen erosie optreedt wanneer de oever, bestaande uit zand of klei, wordt gerealiseerd in de Keilehaven.

3.1.4 Levensduur

De minimale levensduur van de natuurvriendelijke oever wordt gesteld op 20 jaar.

3.1.5 Drie oeverzones

De aanwezigheid van drie oeverzones zijn essentieel in een natuurvriendelijke oever en moeten daarom aanwezig zijn,

deze zones zijn:

1. Aquatische zone, *altijd nat*
2. Amfibische zone, *afwisselend nat en droog*
3. Terrestrische zone, *altijd droog*

(Literatuurlijst; Rapporten nr. 13)

In de aquatische zone, de zone waar altijd water is, kunnen vissen uit het gebied van de Nieuwe Maas zich vestigen, foerageren en voortplanten.

De belangrijkste vissoorten waar rekening mee is gehouden, zijn:

1. De Fint
2. De Driedoornige stekelbaars

Op deze soorten wordt ingezet omdat deze getijdenafhankelijke vissoorten die leven in brak water (diadrome soorten) volgens onderzoek schaars voorkomen in het Rotterdamse Merwe-Vierhavensgebied.

(Literatuurlijst; Rapporten nr. 15 & notulen 22/10/14, Olaf van Velthuisen)

3.1.6 Luwte en ondiepte

De aanwezigheid van luwe, ondiepe plaatsen in brak water is belangrijk voor vissen zoals de Fint en de Driedoornige stekelbaars.

Ondiepte zorgt voor meer licht op de bodem zodat vegetatie kan ontstaan en ontwikkelen.

In deze begroeiing kan mogelijk de paai plaatsvinden van de Driedoornige stekelbaars.

(Literatuurlijst; elektr. bronnen nr. 4)

De Fint paait het liefst bij grind- en zandbeddingen die onder invloed van het getij staan, maar waar het water (vrijwel) zoet is.

(Literatuurlijst; elektr. bronnen nr. 4)

De Driedoornige stekelbaars en de Fint hebben beiden behoefte aan stromend water, afgewisseld met rustige, luwe gebieden.

Ondiep water wordt gecreëerd door het aanleggen van een geul op een diepte onder L.L.W. zodat er altijd water aanwezig is voor de vissen

3.1.7 Substraat

De bovenlaag van de natuurvriendelijke oever dient te bestaan uit een geschikt substraat zodat ecologie zich daar kan vestigen, ontwikkelen en begroeiing kan ontstaan.

In en langs de begroeiing kan macrofauna zich ontwikkelen. Naast het creëren van deze ruimte voor begroeiing kunnen er op de natuurvriendelijke oever elementen worden aangebracht zodat macrofauna zich kan vestigen, zoals gestort breekpuin, grindbeddingen (Fint), houten palen, touwen, kabels, etc.

3.2 Eisen met betrekking tot leefbaarheid

Een technische ingreep in de Keilehaven kan een mooie aanvulling zijn op de leefbaarheid in het Vierhavensgebied.

Wanneer een rechtstreekse verbinding wordt gelegd tussen het Dakpark en de (gedempte) Keilehaven, door middel van een brug over de Vierhavensstraat, kan een ingreep in de Keilehaven een mooi verlengstuk zijn van de gedempte Keilehaven.

Ook kan het eventueel bijdragen aan een mogelijke nieuwe verbinding tussen het Merwe-Vierhavensgebied en Schiedam.

De aanleg van een natuurvriendelijke oever moet er tegelijk voor zorgen dat de leefbaarheid en het aanzicht in de Keilehaven wordt verbeterd.

Het ontwerp moet ruimte bieden voor bijvoorbeeld de aanleg van wandelpromenades, nieuwe fietsverbindingen en het moet een plaats worden waar men wil recreëren.

(Literatuurlijst; Boeken nr. 17)

3.2.1 Zachtere overgang tussen stad en haven

De stad als verblijfs- en winkelgebied moet meer worden betrokken bij de haven en haar activiteiten. De harde overgang tussen stads- en havengebied van nu moet worden vervangen voor een zachtere overgang, waarbij de Keilehaven aansluit op de Vierhavensstrip en de omgeving.

(Notulen Jacob van Duijn, Programmabureau Stadshavens 1-10-14)

Door het creëren van droge zones in het ontwerp kunnen mogelijkheden worden gerealiseerd die deze zachte overgang bewerkstelligen.

3.2.2 Zachte overgang tussen hoogteverschillen

Om de hoogteverschillen geleidelijk te overbruggen dient de natuurvriendelijke oever geleidelijk aan te sluiten op de reeds bestaande leefruimte.

Om deze reden dient het ontwerp ter plaatse van de aansluiting op bestaand gebied een hoogte te hebben die aansluit op het bestaande maaiveld.

3.3 Gebruik restmateriaal

Het gebruik van restmateriaal in de natuurvriendelijke oever is een interessante mogelijkheid en kan tevens een kans bieden om vrijkomend restmateriaal in de regio Rotterdam een nieuwe bestemming te geven. Door het restmateriaal een nieuwe bestemming te geven kan duurzaamheidswinst geboekt worden wat past in de visie van de gemeente Rotterdam.

Dit is financieel aantrekkelijk en is tegelijk een duurzamere oplossing dan wanneer materiaal moet worden aangekocht.

3.3.1 Kwantiteit en kwaliteit restmaterialen

Het restmateriaal dat vrijkomt in de gemeente Rotterdam wordt voornamelijk per as getransporteerd en komt vrij door bijvoorbeeld ontgravingen, baggerwerkzaamheden en sloopwerkzaamheden. Als er restmateriaal toegepast wordt in de natuurvriendelijke oever kan dit het beste dicht bij het projectgebied gezocht worden. De transportafstand blijft hierdoor klein wat zorgt voor minder CO₂-uitstoot.

In de gemeente Rotterdam komt jaarlijks aan restmaterialen vrij:

1. 160.000 m³ grond
2. 100.000 m³ grof puin
3. 65.000 m³ slib

(Notulen André Weijenberg, 15/10/14)

Door het gebruik van (één van) deze restmaterialen in het ontwerp kan er een besparing worden gemaakt ten opzichte van de situatie waarbij er (bouw)stoffen worden aangekocht, zoals zand, gebroken puin (menggranulaat) of bewerkte grond. Het gebruik hiervan is dus financieel aantrekkelijk en speelt daarbij in op het beperkte budget voor de realisatie van de natuurvriendelijke oevers.

De keerzijde hiervan is dat het vrijkomen van deze restmaterialen wordt bepaald door de planning en uitvoering van het werk op de herkomstlocaties. Bij het gebruik van restmaterialen tijdens technische ingrepen in de Keilehaven moet er dus wel rekening mee worden gehouden dat het vrijkomen van de restmaterialen grotendeels de planning van de te realiseren natuurvriendelijke oever bepaalt.

De kwaliteit van vrijkomend restmateriaal is constructief van mindere kwaliteit en meer vermengd met andere materialen dan homogene materialen, zoals zand of gezeefde grond. Dit brengt met zich mee dat er mogelijk technische maatregelen moeten worden genomen om stabiliteit te kunnen verkrijgen door hulpconstructies, zoals bijvoorbeeld keerwanden of geotubes.

Voor de toepasbaarheid van deze restmaterialen in oppervlaktewater is een toegekende milieuhygiënische verklaring nodig.

3.3.1.1 Grond

De milieuhygiënische kwaliteit van de vrijkomende grond in de gemeente Rotterdam:

Milieuhygiënische kwaliteit		Percentage	Hoeveelheid
Achtergrondwaarde	(schoon)	23%	36.800 m ³
Wonen	(licht verontreinigd)	60%	96.000 m ³
Industrie	(sterker verontreinigd)	15%	24.000 m ³
Zwaar verontreinigd	(niet toepasbaar)	2%	3.200 m ³

(Notulen mail André Weijenberg 19-1-2015)

In de natuurvriendelijke oever in de Keilehaven kan grond worden verwerkt t/m milieuhygiënische kwaliteit "Industrie". Dit is afhankelijk van de milieuhygiënische kwaliteit van de ontvangende ondergrond.

(Notulen 22-1-1015, Henri Groeneveld, Grond en reststoffenbank)

Wanneer op andere projectlocaties partijen grond vrijkomen, kunnen zij worden gekeurd.

Dit betekent dat er monsters van de grond worden genomen en in laboratoria worden onderzocht.

Wanneer de monsters zijn onderzocht kan er worden bepaald uit welke milieuhygiënische kwaliteit de grond bestaat en of het verwerkt mag worden op de projectlocatie.

Vervolgens kan de grond worden getransporteerd vanaf de herkomstlocatie naar de bestemming waar het in het werk wordt toegepast.

Op locaties waar restmateriaal wordt toegepast is het volgens de wet alleen toegestaan om partijen restmateriaal toe te passen met een vergelijkbare of hoogwaardigere milieuhygiënische kwaliteit ten opzichte van de al aanwezige bodem.

In Rotterdam mag in principe op de waterbodems sterker vervuild restmateriaal worden toegepast dan op de landbodems.

Op basis van de beschikbaar gestelde bodemgegevens uit 2009 door het HbR (*bijlage 28: bodemonderzoek Keilehaven*) is in samenwerking met de Grond- en Reststoffenbank onderzocht tot welke kwaliteit restmateriaal (grond en slib) toegepast mag worden in de Keilehaven.

Uit dit onderzoek is gebleken dat door de huidige bodemkwaliteit in de Keilehaven grond kan worden verwerkt tot en met milieuhygiënische kwaliteit "Industrie". (*Notulen Michaël Hampel, 16/2/2015*)

Bepalende factoren hierbij zijn onder andere het humusgehalte (organisch materiaal) en de hoeveelheid lutum (fracties < 2 µm).

3.3.1.2 Grof puin

Tijdens sloopwerkzaamheden worden puinresten meestal afgevoerd naar een puinbreker.

Hier kunnen de puinresten worden gestort en worden ze verwerkt, door het staal te verwijderen en de brokken te breken tot betongranulaat of menggranulaat. Deze stoffen kunnen weer worden gebruikt als funderingsmateriaal.

Er kan op kosten worden bespaard of opbrengsten worden gegenereerd wanneer grof puin na het vrijkomen direct wordt hergebruikt.

3.3.1.3 Slib

Slib (baggerspecie) wat vrijkomt, kan worden onderverdeeld in de volgende klassen:

Klasse	Toelichting
Achtergrondwaarde	Overall toepasbaar
Klasse A	Vergelijkbaar met milieuhygiënische kwaliteit "Wonen"
Klasse B	Vergelijkbaar met milieuhygiënische kwaliteit "Industrie"
Zwaar verontreinigd	(Niet toepasbaar)

(*Notulen Michaël Hampel, 16/2/2015*)

In de Keilehaven mag aan de hand van de beschikbare bodemgegevens slib tot en met Klasse B worden verwerkt tijdens een ingreep.

(*bijlage 28: bodemonderzoek Keilehaven*)

Tijdens baggerwerkzaamheden in het Rotterdamse havengebied wordt slib van de bodem gebaggerd om de contractdiepte te garanderen. Dit slib moet vervolgens worden afgevoerd naar stortlocaties bij zee of wanneer het vervuild slib betreft naar de Slufter op de Maasvlakte.

Het verwerken van slib in de natuurvriendelijke oever zorgt er voor dat het slib een nieuwe bestemming krijgt en dit genereert tegelijkertijd opbrengsten.

3.3.2 Opbrengsten restmateriaal

3.3.2.1 Grond

De verwerking van grond als restmateriaal kan opbrengsten genereren, afhankelijk van de milieuhygiënische kwaliteit.

Het aankopen van normale (homogene) grond kan circa € 2, - per ton kosten.

De opbrengsten bij het hergebruik van grond zijn:

Milieuhygiënische kwaliteit		Opbrengsten	
Achtergrondwaarde	→	ca.	€ 0, -/ton
Wonen	→	ca.	€ 3, -/ton
Industrie	→	ca.	€ 6, -/ton
Zwaar verontreinigd	→		n.v.t.

(Notulen Edwin Koeijers, 9/12/2014 en mail Edwin Koeijers, 20/1/2015)

Het gebruik van grond met een te zware verontreiniging is niet van toepassing omdat de grond in dat geval het oppervlaktewater alleen maar meer zou vervuilen. Dit is wettelijk verboden en komt bovendien de ecologische kwaliteit niet ten goede.

Voor het ramen van de kosten van de technische ingreep wordt daarom gerekend t/m milieuhygiënische kwaliteit "Industrie".

3.3.2.2 Grof puin

Het verwerken van grof puin als restmateriaal kan circa € 3, -/ ton opbrengsten genereren.

(Notulen André Weijenberg, 15-10-14)

3.3.2.3 Slib

Het verwerken van slib (Klasse B) als restmateriaal kan circa € 4,50/ ton opbrengsten genereren.

(Notulen André Weijenberg, 15-10-14)

3.3.3 Toepassing restmaterialen in ontwerp

3.3.3.1 Grond

Grond kan volgens de volgende methodiek worden toegepast als restmateriaal:

1. Bepalen hoeveelheid benodigde grond in het ontwerp.
2. Bepalen van welke milieuhygiënische kwaliteit de grond minimaal moet zijn, afhankelijk van de aanwezige bodemkwaliteit ter plaatse van de locatie voor het ontwerp.
3. Bepalen hoeveel grond er in de gewenste periode beschikbaar is van de gewenste milieuhygiënische kwaliteit.
4. Indien een restpartij grond, (puin of slib) wordt verwerkt tijdens een ingreep in de Keilehaven moeten keuringen van het materiaal uitwijzen of het geschikt en toegestaan is om te verwerken.

Het onderzoeken naar de constructieve waarde van bijvoorbeeld grond als restmateriaal brengt dusdanig hoge kosten met zich mee dat het niet rendabel is om per vrijkomende partij grond te bepalen of de constructieve eigenschappen voldoen aan de gewenste eigenschappen.

(Notulen Henri Groeneveld, 22-1-15)

Bij het gebruik van grond als restmateriaal wordt gerekend met het soortelijke gewicht van:

- Gemiddeld gewicht grond in-situ 1,7 ton/m³
 - Los gestorte grond 1,5 ton/m³
- (Notulen Henri Groeneveld, Grond- en reststoffenbank, 22-1-1015)*

3.3.3.2 Grof puin

Grof puin is als secundair bouw materiaal toe te passen in het ontwerp, bijvoorbeeld in de vorm van bestortingsmateriaal voor een golfbreker om luwte te creëren of als materiaal om stabiliteit te verkrijgen.

Voor een golfbreker dient rekening te worden gehouden met voldoende stabiliteit van het ontwerp. Dit kan worden bereikt door (beton)puin te gebruiken met voldoende haakweerstand en voldoende gewicht zodat de constructie waarin het puin wordt toegepast voldoende bestand is tegen de krachten die worden veroorzaakt door de heersende stroming en wind- en scheepvaartgolven.

In de Keilehaven zijn de stroming en de golfhoogtes zo laag dat er puin kan worden toegepast met een relatief lage gradering.

Dit betekent dat er relatief kleine stukken puin kunnen worden toegepast.

De kwaliteit en constructieve eigenschappen van de restpartijen puin die vrijkomen zijn echter wel erg afhankelijk van de aard van de projecten waar het puin op dat moment vrijkomt.

3.3.3.3 Slib

Slib is eventueel toepasbaar als materiaal om te dempen in de Keilehaven, echter moeten er wel maatregelen worden genomen in de vorm van hulpconstructies om het slib op te sluiten. Dit kan in de vorm van geotubes of geocontainers.

Dit zijn grote, kokervormige zakken die zijn gemaakt uit geotextiel. De geotubes kunnen op de plaats van bestemming worden gevuld met slib. Het slib kan worden ontwaterd door een ontwateringsmiddel toe te voegen zodat er op deze wijze een grondlichaam ontstaat bestaande uit geotubes gevuld met slib.

Voor het plaatsen van geocontainers wordt een splijtbak gebruikt. Dat is een duwbak of een schip dat zijn lading onder water kan lossen door zichzelf in de lengterichting open te splijten.

De geocontainer wordt in de splijtbak gevuld met bijvoorbeeld slib en opent zich op de geplande bestemming.

3.3.4 Keuze te gebruiken restmateriaal

3.3.4.1 Grond

In de ontwerpen wordt er voor het restmateriaal "grond" gekozen, omdat:

1. Grond als restmateriaal verwerken tijdens de ingreep genereert hoogstwaarschijnlijk de meeste opbrengst, vooral omdat grond met de milieuhygiënische kwaliteit "Industrie" kan worden toegepast met een opbrengst van ca. € 6, -/ ton.
2. Grond is relatief gemakkelijk in de Keilehaven te krijgen doordat het zowel goed via het water als per as aangevoerd kan worden vanaf herkomstlocaties. Bovendien is er bij grond de mogelijkheid om bijvoorbeeld via een baan van rijplaten over de aangebrachte grond te rijden met vrachtauto's en andere voertuigen, wat niet mogelijk is bij slib en grof puin.
3. Grond is eenvoudig verwerkbaar in de natuurvriendelijke oever, omdat het goed is te profileren en in talud is te brengen ten opzichte van slib of grof puin. Grond kan onder water eventueel in geotubes of geotainers worden toegepast zodat de onvoorspelbaarheid van de constructieve eigenschappen wordt opgevangen.
4. Grond is van zichzelf al een geschikt substraat waarop vegetatie zich kan ontwikkelen.

3.3.4.2 Grof puin en slib

De restmaterialen grof puin en slib zijn mogelijk wel toepasbaar in de ontwerpen maar hebben wel nadelen ten opzichte van grond.

3.3.4.3 Nadelen grof puin

1. Zwaar en hard materiaal waardoor de verplaatsingen in de ondergrond groter zullen zijn dan wanneer grond wordt gebruikt. Bovendien ontstaat er met het gebruik van grof puin alleen nog maar meer steenachtige oever langs de Nieuwe Maas.
2. Er is alsnog een dekkende laag grond nodig voor de natuurvriendelijke oever wanneer grof puin als onderlaag zou worden verwerkt tijdens de ingreep.
3. Moeilijk materiaal om de gewenste taluds te realiseren.

3.3.4.4 Nadelen slib

1. Vrijwel alleen toepasbaar in geotubes of geotainers zodat een stabiele constructie wordt gecreëerd. Dit is met los slib (vrijwel) niet mogelijk.
2. Aanvoer slib is vrijwel alleen via het water mogelijk.
3. Jaarlijkse hoeveelheid vrijkomend slib is gering. Wanneer er minder slib vrijkomt dan wat er benodigd is, strookt het aanbod van het slib niet met de vraag.
4. Wanneer slib in geotubes of geotainers wordt verwerkt zodat dit dient als natuurvriendelijke oever, is het alsnog nodig om een afdekkende laag grond als substraat aan te brengen om een ecologisch waardevolle oever te creëren.

4 Varianten onderzoek

4.1 Ontwerpprincipes

Aan de hand van de hoofddoelen, resultaten, uitgangspunten en bepalende omgevingsfactoren zijn er vijf ontwerpprincipes mogelijk in de Keilehaven, namelijk:

1. Langsoever
2. Getijdenbaai
3. Schiereiland
4. Eiland
5. Langsdam

De ontwerpprincipes creëren allen een basis voor verbeterde condities voor de ecologische ontwikkeling en verbetering van de leefbaarheid in en rond de Keilehaven, waarbij dit gecombineerd kan worden met het hergebruik van restmateriaal.

De keuze voor welke ontwerpprincipes verder uitgewerkt zullen worden is gemaakt doormiddel van een Multi Criteria Analyse(MCA) en een workshop.

4.1.1 Uitgangspunten ontwerpprincipes

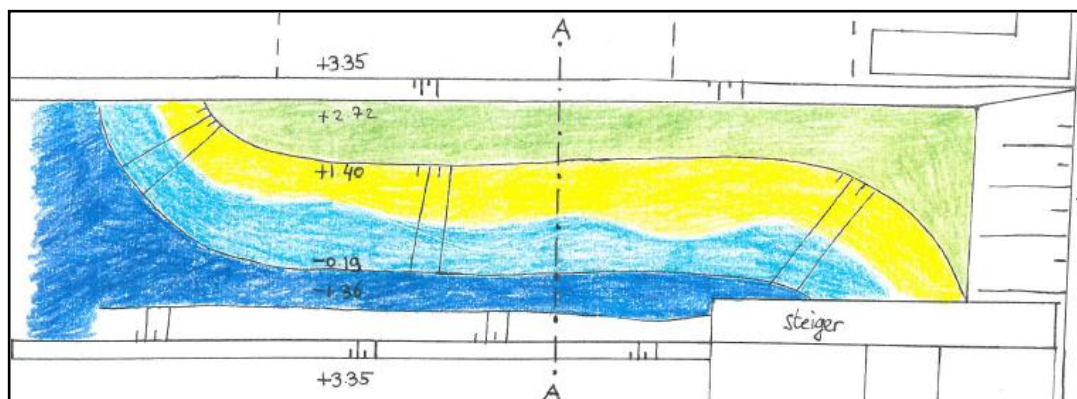
Bepalende hoogtes	Hoogte (m) N.A.P.	Uitleg (m)
Kruinhoogte	+2,72	$2,13 + 0,5 + 0,09 =$ +2,72 N.A.P. (H.H.W. + extra hoogte + waterspiegelstijging)
Gemiddeld hoog water	+1.40	G.H.W.
Gemiddeld laag water	-0,19	G.L.W.
Diepte geul	-1,36	$-0,86 + -0,5 =$ -1,36 N.A.P. (L.L.W.+ extra verdieping)

Tabel 4.1: Uitgangspunten ontwerpprincipes (Literatuurlijst; Rapporten nr.10)

4.2 Toelichting ontwerpprincipes

1. Langsoever

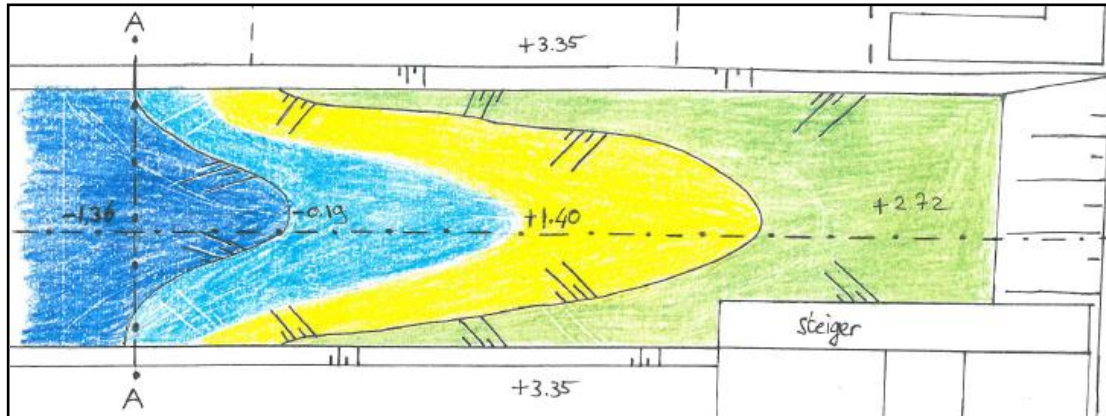
De langsoever is een ontwerpprincipe waarbij de oever in de breedte van de Keilehaven op één oor ligt. Door deze vorm kan één flauw talud gecreëerd worden van de kruinhoogte tot de gewenste ondiepte in de geul van -1,36 m. N.A.P. In de langsoever is de geleidelijke overgang tussen de drie verschillende zones goed mogelijk.



Figuur 4.1 Schets bovenaanzicht langsoever

2. Getijdenbaai

De getijdenbaai is een ontwerp principe waarbij er een baai wordt gecreëerd in de Keilehaven. In deze vorm worden er vanuit het diepste, centraal gelegen punt (-1,36 m. N.A.P.) taluds gemaakt. Deze taluds lopen geleidelijk op in de lengte en de breedte tot de kruinhoogte in de Keilehaven. Door de getijdenbaai ontstaat er een geleidelijke overgang tussen de gedempte Keilehaven en de Nieuwe Maas.

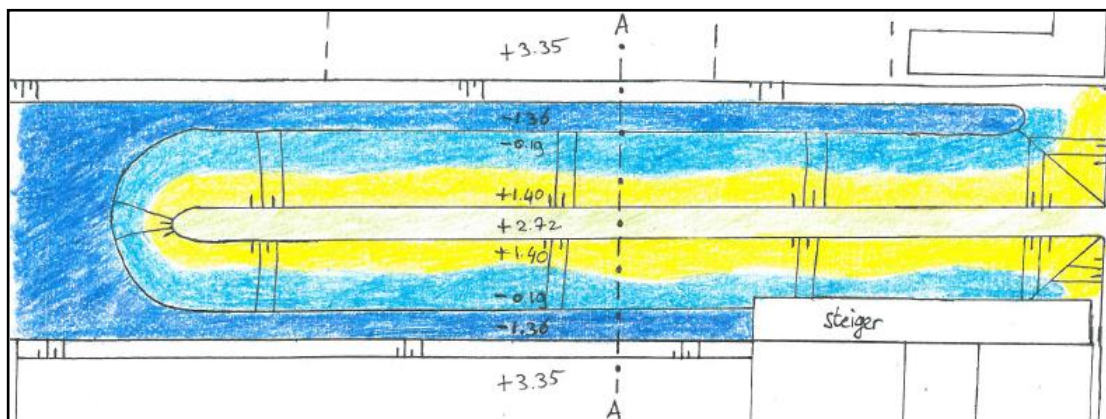


4.2 Schets bovenaanzicht getijdenbaai

Figuur

3. Schiereiland

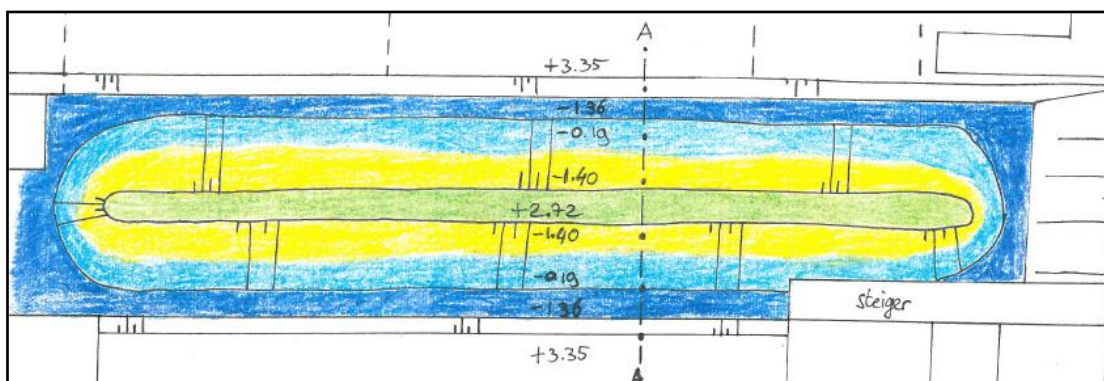
Het schiereiland is een ontwerp principe in de vorm van een landtong waarbij zich aan beide zijden twee geulen bevinden die doorlopen vanaf de Keilehaven tot aan de Benjamin Franklinstraat. De overgang tussen het schiereiland en de twee geulen wordt gevormd door middel van twee taluds. Door de positie en de vorm van het schiereiland is het een verlengstuk van de gedempte Keilehaven.



Figuur 4.3 Schets bovenaanzicht schiereiland

4. Eiland

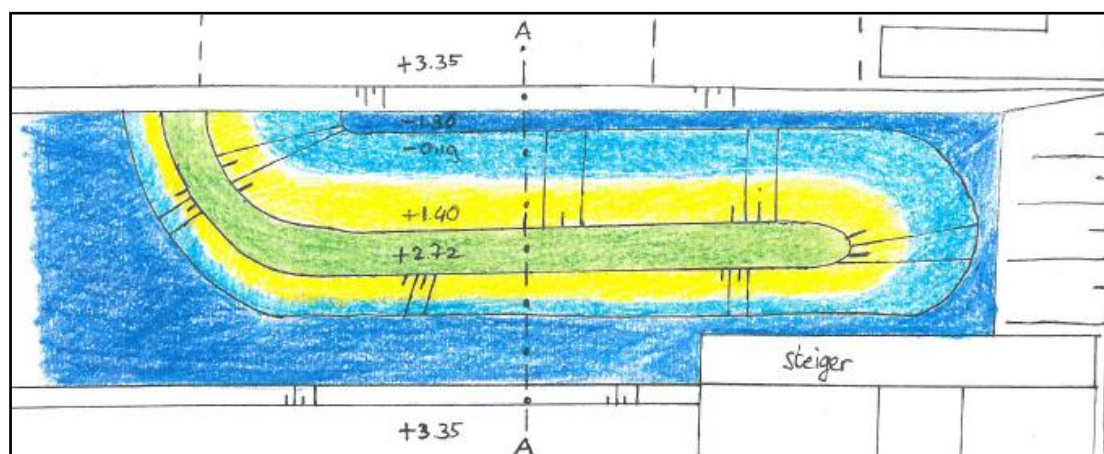
Het eiland is een ontwerp principe die overeenkomt met het schiereiland. De aansluiting op de gedempte Keilehaven is hierin echter niet van toepassing. Rondom het eiland bevindt zich een geul (-1,36 m. N.A.P.) waardoor een losstaand stukje land ontstaat wat niet verbonden is met de omgeving. Vanaf het gehele eiland loopt er een talud geleidelijk af naar de gewenste geuldiepte.



Figuur 4.4 Schets bovenaanzicht eiland

5. Langsdam

De langsdam is een ontwerp principe waarbij de oever zelf kan dienen als beschermende factor tegen wind, golven en stroming. De waterstroom kan alleen aan het einde van de Keilehaven om de natuurvriendelijke oever heen. Vanaf de kruin loopt aan één kant een flauw talud naar de geul. Aan de havenzijde van de oever loopt een steil talud waarop geen getij oppervlak gerealiseerd wordt en waarbij het talud steiler is dan 1:8. Het gevolg hiervan is dat er minder getij oppervlak te behalen valt in vergelijking met de andere vier ontwerp principes.



Figuur 4.5 Schets bovenaanzicht langsdam

4.2.1 Maximaal te behalen getij oppervlak

Ontwerpprincipe	Maximaal getij oppervlak (m ²)
Langsoever	8200
Getijdenbaai	7200
Schiereiland	5200
Eiland	5200
Langsdam	3750

Tabel 4.2 Maximaal te behalen getij oppervlak per ontwerp principe

4.3 MCA

De vijf ontwerpprincipes zijn getoetst aan de hand van een MCA. In de MCA zijn criteria opgesteld voor de toetsing van de ontwerpprincipes. Deze criteria zijn voortgekomen uit de doelen, randvoorwaarden en omgevingsfactoren.

Aan de criteria is een wegingsfactor toegekend naar mate van de prioriteit, waarbij:

- 1: Lage prioriteit
- 2: Gemiddelde prioriteit
- 3: Hoge prioriteit

Aan de ontwerpprincipes zijn punten toegekend per criteria voor de waardering per ontwerp, waarbij:

- 1: Slecht
- 2: Redelijk slecht
- 3: Matig
- 4: Voldoende
- 5: Goed

In de tabel zijn de toegekende factoren per criterium weergegeven, die daarachter toegepast zijn op de puntenverdeling per ontwerpprincipe.

In de volgende tabel is de MCA weergegeven:

In de volgende tabellen is de MCA weergegeven.												
Onderwerp	Criteria	Wegings-Factor										
			1. Langsoever		2. Getijdenbaai		3. Schiereiland		4. Eiland		5. Langsdam	
Ecologie	Getij oppervlak	3	5	15	3	9	2	6	2	6	1	3
	Eén flauw, lang talud	1	5	5	4	4	1	1	1	1	1	1
	Hellingshoek talud	2	5	10	3	6	2	4	2	4	2	4
	Talud op zonkant (zuid)	1	5	5	2	2	3	3	3	3	3	3
	Creëren luwte	2	2	4	1	2	3	6	3	6	5	10
Leefbaarheid	Inpassing omgeving	2	2	4	4	8	5	10	3	6	1	2
	Overgang tussen stad en haven	2	3	6	5	10	5	10	2	4	2	4
Verwachte verplaatsingen ondergrond	Gebouwen Kunst & Complex, Opticool en Voedselbank	2	3	6	1	2	4	8	5	10	4	8
	Benjamin Franklinstraat	2	2	4	1	2	2	4	5	10	5	10
Materiaal	Intensiteit verwerking grond	1	2	2	1	1	3	3	4	4	5	5
	Gebruik bouw materiaal (zoals vooroever)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5
Steiger Watertaxi	Mogelijkheid voor behoud steiger Watertaxi	1	4	4	1	1	3	3	3	3	5	5
Score	Totaalscore per ontwerpprincipe		68		50		61		60		60	

Tabel 4.3 MCA (bijlage 11: MCA)

4.4 Uitkomsten MCA en Workshop

De ontwerpprincipes "langsoever" en "schiereiland" behalen uit de MCA de hoogste score aan de hand van de opgestelde criteria.

Naast de MCA is er een workshop gehouden met betrokkenen van het project met de volgende aanwezigen:

Dhr. W.J.J.M. Kuppen (Hogeschool Rotterdam)	Dhr. J. Quick (Programmabureau Stadshavens)
Dhr. J.L.M. van Leeuwen (SO Rotterdam)	Dhr. M.R. Crucq (Hogeschool Rotterdam)
Dhr. J. Peters (SO Rotterdam)	Dhr. A.J.W. Blok (Hogeschool Rotterdam)

De workshop is gehouden bij Stadsontwikkeling Rotterdam waarbij de ontwerpprincipes "langsoever" en "schiereiland" de voorkeur hebben gekregen na overleg tussen de aanwezigen.

(Notulen Workshop, 11-11-2014)

De langsoever is het geschikte ontwerp waarbij doorvaart mogelijk kan blijven tot de Benjamin Franklinstraat en het ontwerp schiereiland kan als verlengstuk dienen voor de 'gedempte' Keilehaven met een mogelijkheid tot het maken van een wandelpromenade.

Door de uitkomsten van de MCA en de Workshop zullen de ontwerpprincipes "langsoever" en "schiereiland" verder uitgewerkt worden.

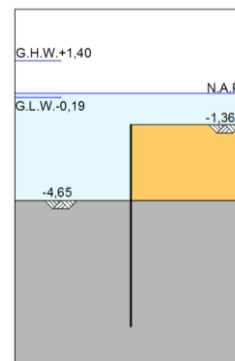
4.5 Vooroevers

In de vijf ontwerpprincipes zijn er constructies nodig voor het creëren van ondiepte. Dit gebeurt in de vorm van een vooroever. Deze vooroever zorgt voor de overgang van de huidige diepte in de Keilehaven naar de gewenste beginhoogte van de natuurvriendelijke oever.

4.5.1 Wand

Door de wandconstructie wordt het verschil tussen de diepte en ondiepte opgevangen.

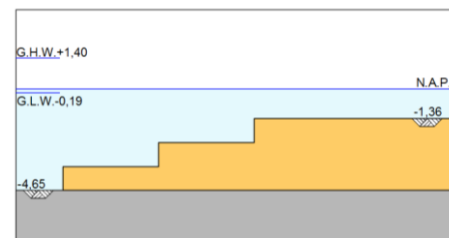
De wand heeft weinig ruimte nodig voor het oplossen van het hoogteverschil tussen diepte en ondiepte, zodat de ruimte voor het getij oppervlak maximaal kan zijn.



Figuur 4.6 Dwarsdoorsnede wand

4.5.2 Trapsgewijs

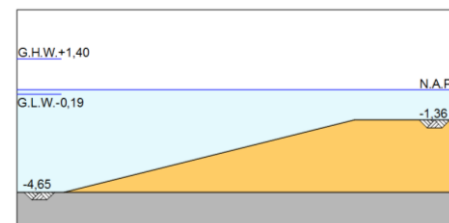
In de trapsgewijze constructie wordt het verschil tussen diepte en ondiepte in lagen gerealiseerd. Er worden meerdere plateaus gecreëerd, zodat er een trapsgewijze constructie ontstaat. Er is wel een bepaalde ruimte nodig voor de overgang van diepte naar ondiepte, zodat er minder ruimte overblijft voor getij oppervlak.



Figuur 4.7 Dwarsdoorsnede trapsgewijs

4.5.3 Talud

Een talud zorgt voor een geleidelijke overgang tussen diepte en ondiepte. Het talud kan worden opgebouwd met los restmateriaal of door hulpmiddelen zoals geotubes. Echter neemt de constructie relatief veel ruimte in, zodat er minder ruimte overblijft voor getij oppervlak.



Figuur 4.8 Dwarsdoorsnede talud

4.5.4 Conclusie vooroever

Om de overgang tussen de huidige diepte in de Keilehaven naar de beginhoogte van de natuurvriendelijke oever te realiseren is er gekozen voor een wand, omdat dit de minste ruimte kost. Het toepassen van een wand resulteert in zoveel mogelijk ruimte voor getij oppervlak. De wand kan bovendien gebruikt worden als waterkering tijdens de aanlegfase.

4.6 Steiger Watertaxi

Door de gezamenlijke voorkeur van de aanwezigen uit de workshop is de keuze gemaakt dat er zowel een ontwerp uitgewerkt wordt waarbij de drijvende steiger van de Watertaxi blijft liggen aan de Benjamin Franklinstraat, als een ontwerp waarbij de drijvende steiger verplaatst moet worden.

Dit resulteert in twee ontwerpen, waarbij:

1. langsoever uitgewerkt wordt met een doorvaartmogelijkheid tot de drijvende steiger Watertaxi aan de Benjamin Franklinstraat;
2. schiereiland uitgewerkt wordt zonder bereikbaarheid van de drijvende steiger Watertaxi en verplaatst moet worden naar een andere locatie

4.6.1 Langsoever met steiger Watertaxi

De langsoever is het ontwerpprincipe welke het best kan inspelen op het scenario dat er doorvaart mogelijk blijft tot de drijvende steiger aan de Benjamin Franklinstraat. De langsoever heeft, ten opzichte van de andere vier ontwerpprincipes, eenmaal de hoogte te overbruggen tussen de diepte van de geul en de hoogte van de kruin, zodat in de smalle Keilehaven ruimte overblijft voor zowel getij oppervlak als waterverkeer.

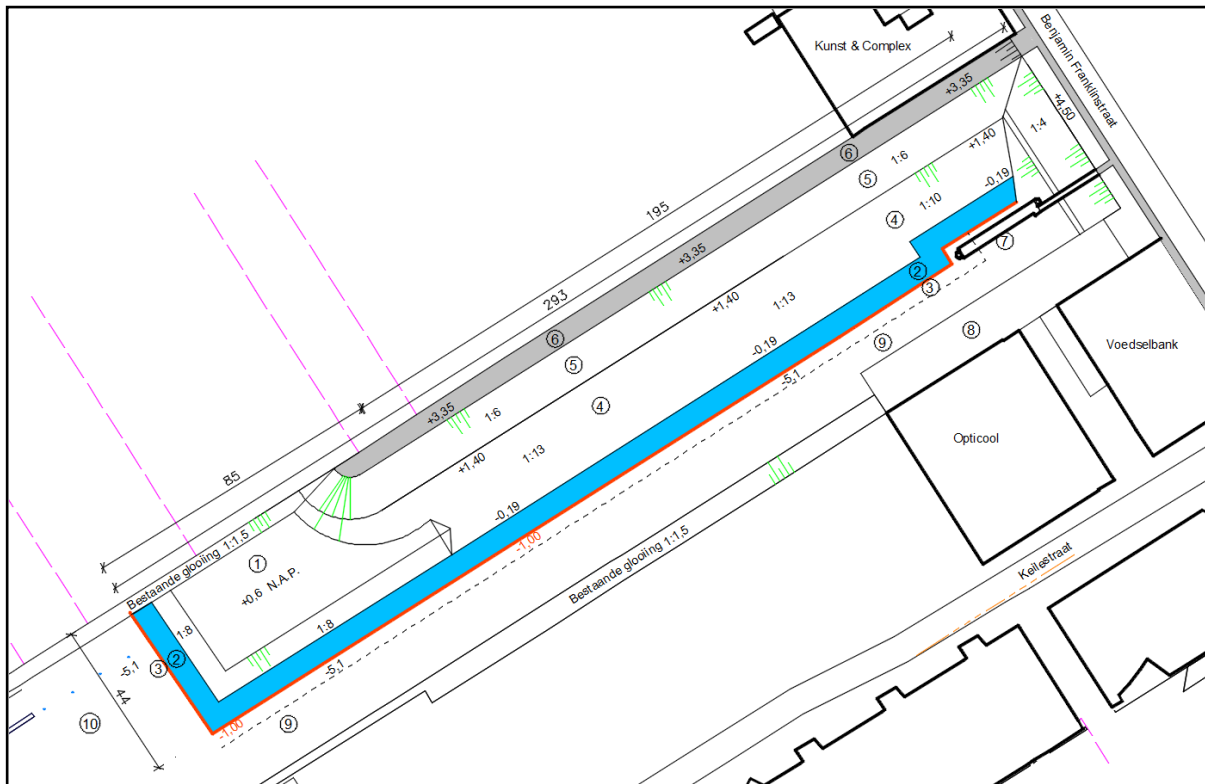
Het ontwerp kan er dusdanig voor zorgen dat de huidige aanmeermogelijkheid behouden blijft voor de Watertaxi's, partyschepen en salonboten bij de Benjamin Franklinstraat.

4.6.2 Schiereiland zonder steiger Watertaxi

Het ontwerpprincipe schiereiland zorgt er voor dat de drijvende steiger van de Watertaxi niet op de huidige locatie kan blijven liggen. Voor deze steiger moet een andere plaats in het Vierhavensgebied worden aangewezen, zodat de bereikbaarheid vanaf het water naar het Vierhavensgebied en de Vertrekhal Oranjelijn in stand blijft.

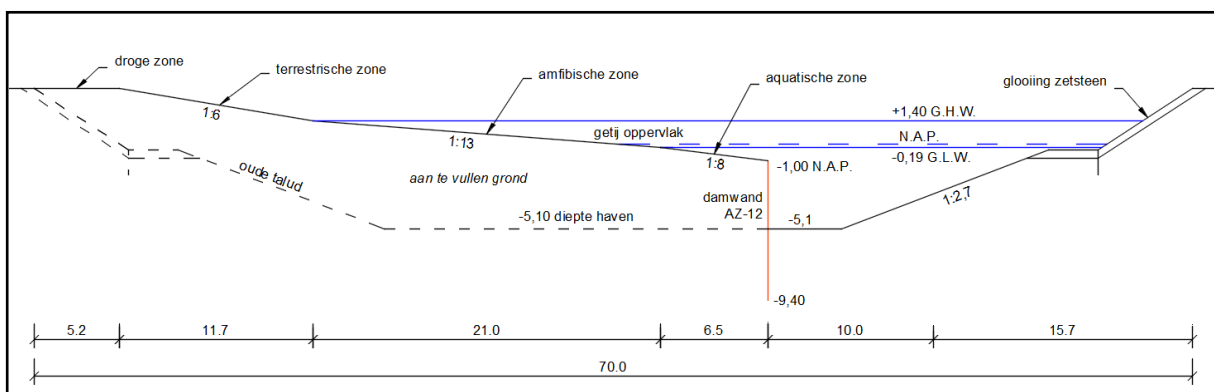
5 Langsoever

5.1 Het ontwerp



Figuur 5.1 Bovenaanzicht langsoever (bijlage 13: Tekening langsoever)

1. Getij oppervlak in de vorm van een plateau (amfibische zone)
2. Geul (aquatische zone) ten behoeve van de vissoorten
3. Damwand als vooroever
4. Getij oppervlak, flauw talud 1:13 (amfibische zone)
5. Terrestrische zone
6. Droge zone (voor bijvoorbeeld een wandelpromenade)
7. Drijvende steiger Watertaxi en partyboten
8. Betonnen steiger Opticool en Voedselbank
9. Doorvaartruimte Watertaxi's en partyboten
10. Invaarruimte voor duwbakken AVR



Figuur 5.2 Dwarsdoorsnede langsoever (bijlage 13: Tekening langsoever)

5.2 Toelichting ontwerp

De langsoever genereert 6142 m² getij oppervlak en 310 meter extra lengte natuurvriendelijke oever. Er kan in de langsoever circa 50.000 m³ grond verwerkt worden.

Het ontwerp van de langsoever behoudt de bereikbaarheid van de drijvende steiger voor de Watertaxi. De doorvaartruimte is afgestemd op de afmetingen van de Watertaxi's, partyschepen en salonboten die er gebruik van zullen maken.

De langsoever ligt met het talud op het zuiden richting de zonzijde, wat zorgt voor de meest gunstige ecologische ontwikkeling op de natuurvriendelijke oever.

De huidige glooiingen aan de zuidzijde en oostzijde van de Keilehaven blijven behouden. De langsoever sluit aan op de noordzijde van de Keilehaven met een droge zone vanaf het maaiveld. Hier is ruimte voor een eventuele wandelpromenade die kan dienen als verlengstuk van de gedempte Keilehaven.

Daarna loopt de oever in verschillende flauwe taluds af naar de vooroever. Op de taluds bevinden zich de ecologische zones, zoals de terrestrische -, amfibische - en aquatische zone.

Aan de zuidwestkant van de langsoever wordt een plateau gerealiseerd voor extra getij oppervlak (amfibische zone).

De vooroever bestaat uit een stalen damwandscherm die de huidige diepte van de Keilehaven en de gewenste ondiepte overbrugd.

Voor de paaicondities van de Fint kunnen de ondiepe bodems (deels) worden bedekt met een dunne laag grind of zand en voor de Driedoornige stekelbaars kan begroeiing ter plaatse van de ondieptes zelf ontstaan of eventueel worden geplant.

5.2.1 Voordelen langsoever

1. Veel getij oppervlak

De langsoever is een ontwerpprincipie waarin relatief veel getij oppervlak gecreëerd kan worden. Dit komt omdat het hoogteverschil tussen de watergeul en de kruin maar één keer overbrugd hoeft te worden, zodat een flauw talud mogelijk is wat resulteert in een lange overgang van nat naar droog.

2. Veel ruimte voor de drie ecologische zones

Doordat bij de langsoever het hoogteverschil overwonnen wordt door één lang talud, heeft dit als gevolg dat er veel ruimte is voor de drie benodigde ecologische zones, namelijk de terrestrische -, amfibische - en aquatische zone. In deze zones kunnen de taluds flauw zijn en de overgang tussen haven en stad zacht en geleidelijk.

3. Talud richting de zonzijde voor optimale vegetatie

De langsoever heeft als voordeel dat het bestaat uit één lang talud. Dit talud kan in z'n geheel in een zo goed mogelijke positie ten opzichte van de zon worden gerealiseerd, zodat de mooiste en rijkste begroeiing ontstaat en lichte plaatsen worden geoptimaliseerd.

(Literatuurlijst; Boeken nr. 13)

Er is aan de noordzijde ter plaatse van het pand van Kunst & Complex plaats voor een wandelpromenade op de droge zone.

Deze wandelpromenade kan bijdragen aan de verbetering van de leefbaarheid.

5.2.2 Uitvoeringsmethode langsoever

1. Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi

De drijvende steiger van de Watertaxi wordt verplaatst richting de steiger van Opticool en de Voedselbank. Dit zorgt ervoor dat de steiger naast de langsoever bereikbaar kan blijven. De drijvende steiger kan vanaf het water worden gedemonteerd en enkele meters verder weer worden opgebouwd. Tijdens de uitvoering kan de drijvende steiger bereikbaar blijven voor de Watertaxi's, partyschepen en salonboten.

2. Verwijderen van de oude steigers, glooiing aan de noordwest zijde en de oude koelwaterinlaat van E.ON

De aanwezige steigerconstructies zullen vóór de aanleg van de langsoever worden verwijderd. Het verwijderen van deze constructies kan gebeuren vanaf het land of het water.

Het slopen van de oude constructies vanaf het land heeft als voordeel dat de oude materialen dan hoogstwaarschijnlijk per as worden afgevoerd.

Vervoer per as geeft meer mogelijkheden om deze restmaterialen op gewenste bestemmingen te brengen. Het lossen van de oude restmaterialen is per as bovendien goedkoper dan het lossen vanaf een schip, waarbij vaak andere machines benodigd zijn.

De glooiing van zetsteen aan de noordzijde moet echter worden verwijderd vanaf het water vanwege ruimtegebrek op het land. Dit is mogelijk met behulp van hetzelfde ponton die gebruikt wordt om de damwanden aan te brengen tijdens de aanleg. De koelwaterinlaat kan vanaf het water worden verwijderd met behulp van dezelfde combinatie die de damwand als vooroever aanbrengt.

3. Verwijderen van de sliblaag op de bodem van de Keilehaven

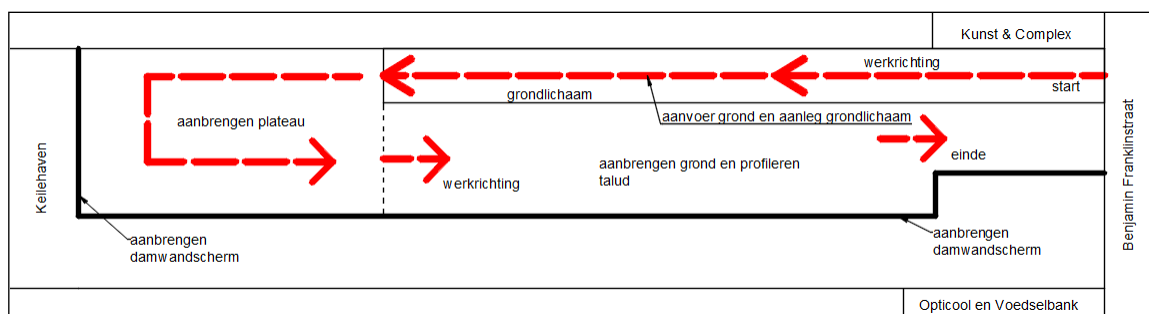
Door het verwijderen van de aanwezige sliblaag ontstaat een stabielere bodem voor het aanbrengen van de grond. Deze sliblaag zou anders kunnen veroorzaken dat wanneer een demping wordt uitgevoerd er afschuiving plaatsvindt en de aangebrachte constructie bezwijkt. Het verontreinigde slib komt in aanmerking om te worden afgevoerd naar de Slufter.

4. Aanbrengen damwand als vooroever

De damwand kan worden aangebracht vanaf een ponton. Om de doorvaartruimte te behouden voor de watertaxi en partyboten, loopt het damwandscherm over de gehele lengte van de langsoever richting de Benjamin Franklinstraat. De damwandplanken met een lengte van 11,40 m. kunnen worden ingebracht tot een hoogte van +2,0 m. N.A.P., zodat er in het werkgebied droog gewerkt kan worden. Bovendien kunnen de sloten van de damwandplanken boven water op deze wijze in elkaar worden geplaatst. De minimale inheidiepte van -9,40 m. N.A.P. is hiermee bereikt zodat er grond tegen de damwand verwerkt kan worden tot de gewenste hoogte.

5. Aanbrengen grond

Vanaf de Benjamin Franklinstraat kan grond per vrachtauto worden aangevoerd. Via het gestorte grondlichaam kunnen de vrachtauto's over een baan van rijplaten verder de haven inrijden en grond storten. Deze aanvoerroute zorgt tegelijk voor een goede verdichting van het permanente grondlichaam. Vervolgens kan het plateau en het talud worden afgewerkt vanaf de damwand richting de Benjamin Franklinstraat.



Figuur 5.3 Schematische weergave uitvoeringsmethode langsoever

6. Damwand verlagen tot gewenste diepte

Nadat de langsoever volledig is geprofileerd kan de bovenkant van de reeds aangebrachte damwand tot de gewenste hoogte van -1,00 m. N.A.P. worden verlaagd. Het aanbrengen van een stalen damwand door middel van een trilblok is onder water mogelijk. (Notulen Ruud Slagter, 2-3-2015)

5.3 Effecten op de omgeving

Het aanbrengen van de langsoever in de Keilehaven heeft consequenties voor de ondergrond. Het gedrag van de ondergrond ter plaatse van de funderingsconstructies van de bebouwing is aan eisen gebonden, zoals:

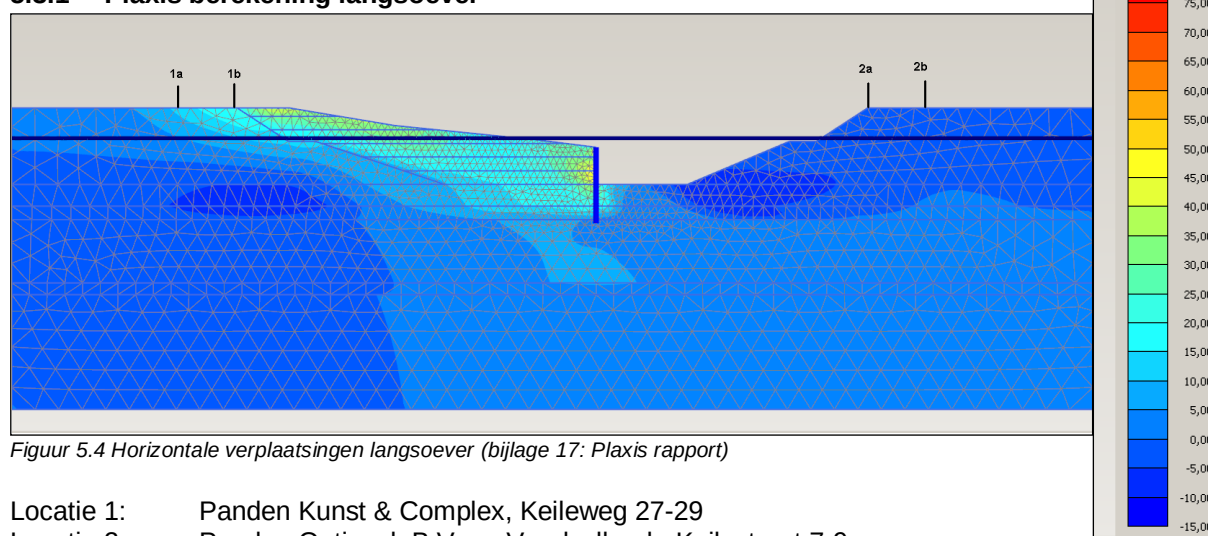
- Beperkte horizontale verplaatsing
- Verticale zetting toegestaan, mits gelijkmatig

Aan te vullen materiaal: grond, soortelijk gewicht 17 kN/m³

Voor het simuleren van de werkelijkheid is er in Plaxis rekening gehouden met:

1. De periode voordat de haven is gegraven en de daardoor ontstane spanning in de ondergrond
2. Het uitgraven van de Keilehaven, dus de ontlasting van de ondergrond
3. Gefaseerd aanbrengen van de langsoever

5.3.1 Plaxis berekening langsoever



Figuur 5.4 Horizontale verplaatsingen langsoever (bijlage 17: Plaxis rapport)

Locatie 1: Panden Kunst & Complex, Keileweg 27-29

Locatie 2: Panden Opticool B.V. en Voedselbank, Keilestraat 7-9

Locatie	Max. toegestane horizontale verplaatsing	Horizontale verplaatsing	Richting van de horizontale verplaatsing in dwarsprofiel	Verticale zetting
1a	60 mm.	15 mm.	→	40 mm.
1b	"	25 mm.	→	40 mm.
2a	90 mm.	10 mm.	←	10 mm.
2b	"	10 mm.	←	10 mm.

Tabel 5.1 Verplaatsingen ten gevolge van de langsoever

Verticale zetting ter plaatse van locatie 1 en 2 is toegestaan, mits gelijkmatig.

- De verticale zetting wordt veroorzaakt door de aangebrachte grond in de Keilehaven. Het gewicht van deze aanvulling zorgt ervoor dat de onderliggende lagen worden samengedrukt.
- De horizontale verplaatsing aan de kant van Kunst & Complex is een gevolg van de verticale zetting door aanbrengen van de langsoever in de Keilehaven. De verticale zetting neemt de nabije omgeving mee naar beneden, zodat hier een horizontale verplaatsing door ontstaat. Aan de kant van Opticool en de Voedselbank is er een glijvlak zichtbaar en vindt hier een geringe horizontale verplaatsing plaats.

5.3.2 Conclusie verplaatsingen langsoever

Door het aanbrengen van de langsoever aan de kant van Kunst & Complex treden er volgens de Plaxis berekeningen onder de fundering van het gebouw zowel horizontale als verticale verplaatsingen op. De horizontale verplaatsing, wat een moment in de palen kan veroorzaken, blijft aan deze zijde van de Keilehaven echter onder de toegestane waarden. Er treedt daarnaast geen ongelijkmatige zetting op, zodat er geen extra horizontale verplaatsingen plaatsvinden die invloed hebben op de funderingspalen.

5.4 Geraamde kosten langsoever

De geraamde kosten voor de aanleg van de langsoever zijn:

circa € 1.124.000, -

Vaste kosten:	Prijs	Eenheidsprijs
- Verwijderen en afvoeren oude elementen uit Keilehaven, zoals steigers, palen, glooiing, slib etc.	€ 207.000, -	
- Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi & aanmeerpalen AVR	€ 55.000, -	
- Aankoop + aanbrengen damwandscherm 314 m.	€ 358.000, -	€ 100, - / m ² (Literatuurlijst; elektronische bronnen M)
- Verwerken grond op locatie	€ 150.000, -	€ 3, - / m ³
- Overige kosten, zoals egaliseren en handelingskosten grondbank	€ 74.000, -	
Variabele kosten:		
- Aankoop grond (50.000m ³)	€ 140.000, -	€ 2, - / ton
- Transport & (tijdelijke) opslag grond	€ 150.000, -	€ 3, - / m ³
Totaal	€ 1.124.000, -	

(bijlage 20: Kostenraming langsoever)

Het transport en de aankoop van de grond zijn factoren waar kostenbesparing kan worden behaald.

Indien grond kosteloos kan worden getransporteerd naar de Keilehaven, bijvoorbeeld vanaf andere projectlocaties op rekening van de afzender, kan er ca. € 150.000, - worden bespaard.

In dat geval kost de ingreep ca. **€ 974.000, -**.

Indien grond als restmateriaal van andere projecten wordt toegepast, kan deze grond kosteloos worden verkregen of zelfs opbrengsten genereren. Dit scheelt aanzienlijk in de kosten voor de langsoever.

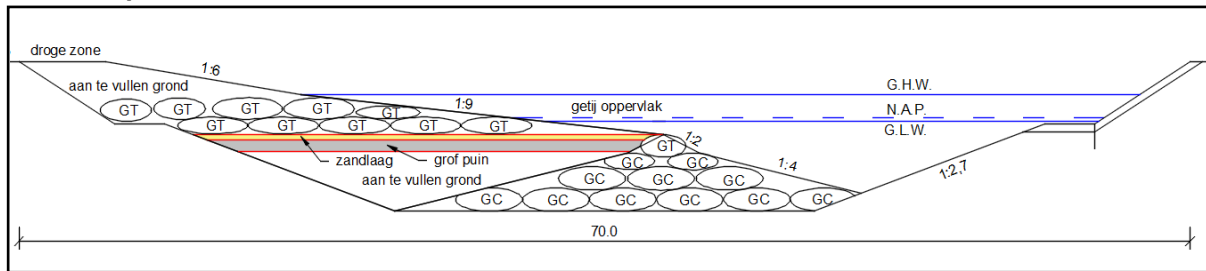
In tabel 5.2 zijn de verschillende gevallen weergegeven.

Prijs grond (milieuhygiënische kwaliteit)	Kosten langsoever	Kosten per m ² getij oppervlak	Kosten per m ¹ getijden oever
€ 2, - / ton (Aankoop)	€ 1.124.000, - (incl. transportkosten)	€ 183, -	€ 3626, -
€ 0, - / ton (Schoon)	€ 835.000, - (excl. transportkosten)	€ 136, -	€ 2694, -
€ 3, - / ton opbrengst (Wonen)	€ 625.000, - (excl. transportkosten)	€ 102, -	€ 2016, -
€ 6, - / ton opbrengst (Industrie)	€ 416.000, - (excl. transportkosten)	€ 68, -	€ 1342, -

Tabel 5.2 Kostenoverzicht langsoever

5.5 Langsoever met geotubes

5.5.1 Opbouw



Figuur 5.5 Dwarsdoorsnede langsoever met geotubes

5.5.2 Toelichting

De langsoever kan worden uitgevoerd met geocontainers en geotubes, gevuld met restmateriaal. Deze geotextielen dienen er voor om te garanderen dat, ondanks de onvoorspelbare constructieve eigenschappen van restmateriaal, alsnog de constructie onder water opgebouwd kan worden. Op de bodem van de haven wordt een vooroever van geocontainers en geotubes gecreëerd welke tegelijk dient als perskade. Achter deze vooroever kan grond worden gestort tot een hoogte van -2,00 m. N.A.P. Restmateriaal zoals grond brengt meer op als het los kan worden gestort dan wanneer het verwerkt moet worden in geotextiel. Boven op deze laag grond kan een puin- en zandlaag voor de stabilisatie van de bovenliggende constructie worden aangebracht, mits onderzoek naar het aangeleverde puin uitwijst dat dit mag worden toegepast op deze locatie. Vervolgens kan tot het hoogwaterpeil evenwijdig in de lengterichting van de haven een rij geotubes worden aangebracht waarop getij oppervlak kan worden gecreëerd. Deze geotubes kunnen worden afgewerkt met grond. Op de geotubes tegen de huidige glooiing aan de oostzijde kan vervolgens een grondlichaam worden aangelegd, eventueel met redelijk kwalitatief restmateriaal, zodat er een talud gemaakt kan worden die aansluit op het bestaande maaiveld.

Alleen onder water en op cruciale plaatsen worden geotubes en geocontainers geplaatst.

5.5.3 Kosten

Uitgangspunten

- | | |
|---|--|
| 1. Toegepast restmateriaal in geotextielen | grond "Industrie" (opbrengst € 6, - /ton) |
| 2. Stabilisatielaag | grof puin (opbrengst € 3, - /ton) |
| 3. Eenheidsprijs aanbrengen geotubes/containers | € 9,50 / m ³ |
| (bijlage 29: Ontwerpen met geotubes, prijsindicatie Edwin Koeijers) | |
| 4. Geocontainers | -aanbrengen bij G.H.W. met splijtbak
-minimale hellingshoek talud 1:4
(Literatuurlijst; Rapporten nr.17) |
| 5. Splijtbak diepgang | -geladen 3,13 m.
-ongeladen 0,82 m.
(Literatuurlijst; elektronische bronnen: N) |
| 6. Geotubes | -aanbrengen bij G.L.W.
-minimale hellingshoek talud 1:2
(Literatuurlijst; Rapporten nr.17) |

Kosten langsoever met geocontainers en geotubes: € 242.000, - (bijlage 29: Ontwerpen met geotubes)

Kosten langsoever met damwand als vooroever: € 416.000, - (bijlage 20: Kostenraming langsoever)

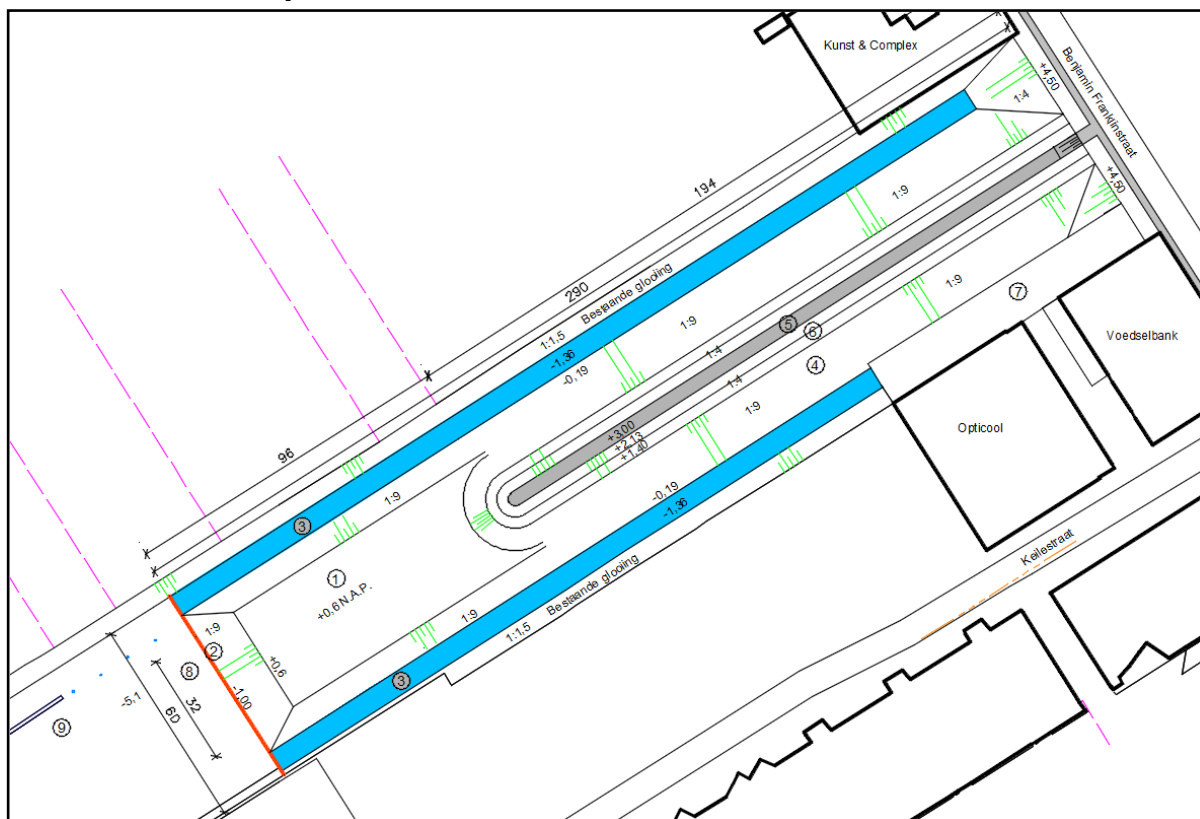
5.5.4 Conclusie

De langsoever opbouwen met geocontainers en geotubes is aanmerkelijk goedkoper dan het ontwerp waarbij een damwand als vooroever wordt toegepast en daar achter losse grond wordt gestort. Ondanks het toepassen van restmateriaal blijft het ontwerp zowel mét als zonder geotubes uiteindelijk nog steeds geld kosten.

Waterverkeer tot de Benjamin Franklinstraat kan nog steeds plaatsvinden bij het gebruik van geotubes in het ontwerp maar de hoeveelheid te genereren getij oppervlak neemt wel af.

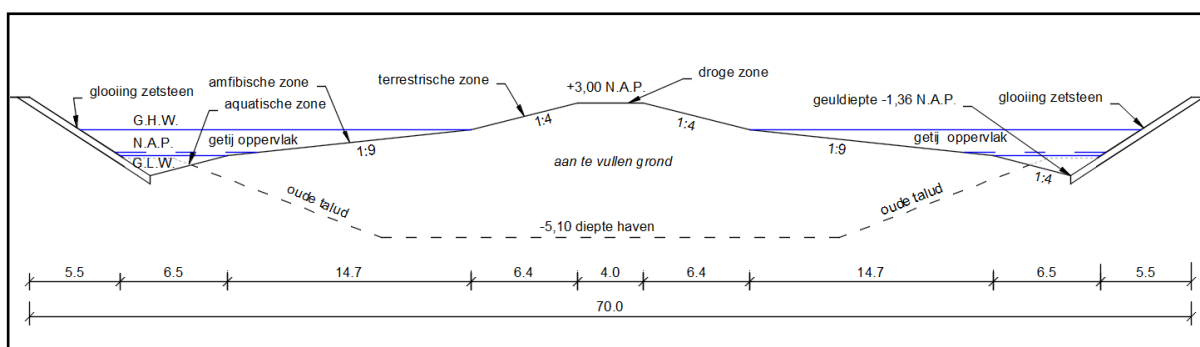
6 Schiereiland

6.1 Het ontwerp



Figuur 6.1 Bovenaanzicht schiereiland (bijlage 14: Tekening schiereiland)

1. Getij oppervlak in de vorm van een plateau (amfibische zone)
2. Stalen damwand als vooroever
3. Geul ten behoeve van de vissoorten (aquatische zone)
4. Getij oppervlak, flauw talud 1:9 (amfibische zone)
5. Droge zone (voor bijvoorbeeld een wandelpromenade)
6. Terrestrische zone
7. Betonnen steiger Opticool
8. Keilehaven, bodemdiepte circa -5,10 m. N.A.P.
9. Invaarruimte voor duwbakken AVR-vuiloverslagstation



Figuur 6.2 Dwarsdoorsnede schiereiland (bijlage 14: Tekening schiereiland)

6.2 Toelichting ontwerp

Het schiereiland genereert 9264 m² getij oppervlak en 600 meter extra lengte natuurvriendelijke oever. Er kan in het ontwerp schiereiland circa 68.000 m³ grond verwerkt worden.

De huidige glooiingen aan beide zijden van de Keilehaven blijven behouden, echter op enkele plekken moet de glooiing worden verwijderd.

Het schiereiland is een verlengstuk van de gedempte Keilehaven en grenst aan de Benjamin Franklinstraat.

Vanaf de Benjamin Franklinstraat loopt de kruinhoogte van het schiereiland een kleine 200 meter de Keilehaven in. Vanaf de kruinhoogte lopen aan beide zijden flauwe taluds af naar de geul. Na 200 meter loopt het droge gedeelte via een talud af naar een plateau.

Dit plateau heeft een hoogte van +0,60 m. N.A.P. en zorgt voor extra getij oppervlak.

Na het plateau loopt er een flauw talud naar de vooroever.

De vooroever wordt gevormd door een stalen damwand over de gehele breedte van de Keilehaven met de bovenzijde op -1,00 m. N.A.P. De bovenzijde van de damwand is op deze manier bij L.L.W. niet zichtbaar boven water. Door de vooroever wordt het hoogteverschil tussen de diepte van de Keilehaven en de natuurvriendelijke oever overbrugd.

Voor de paaicondities van de Fint kunnen de ondiepe bodems (deels) worden bedekt met een dunne laag grind of zand en voor de Driedoornige stekelbaars kan begroeiing ter plaatse van de ondieptes zelf ontstaan of eventueel worden geplant.

6.2.1 Voordelen schiereiland

1. Verlengstuk gedempte Keilehaven

Het schiereiland zorgt voor een ideale overgang tussen de stad en de haven, omdat het kan dienen als een verlengstuk van de gedempte Keilehaven. *(Notulen Workshop 11-11-2014)*

2. Wandelzone en verbindingroute

De kruin van het schiereiland kan dienen als toekomstige wandelpromenade of fietspad en als mogelijke verbindingroute tussen het westelijke deel van het Vierhavensgebied en het Groene Dakpark via een nieuwe brug over de Vierhavensstraat.

6.2.2 Uitvoeringsmethode schiereiland

De werkzaamheden tijdens de uitvoering van het schiereiland zijn grotendeels hetzelfde als bij de langsoever.

Deze werkzaamheden zijn:

1. Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi
2. Verwijderen van de oude steigers, glooiing van de Benjamin Franklinstraat en de oude koelwaterinlaat van E.ON
3. Verwijderen van de sliblaag op de bodem van de Keilehaven
4. Aanbrengen damwand als vooroever
5. Aanbrengen grond
6. Damwand verlagen tot gewenste diepte

De werkzaamheden die verschillend zijn ten opzichte van de langsoever zijn:

1. Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi

De drijvende steiger van de Watertaxi kan worden gedemonteerd en worden verplaatst naar een andere locatie, bijvoorbeeld naar het einde van het schiereiland ter hoogte van het Katoenveem, zodat het Vierhavensgebied voor de Watertaxi bereikbaar blijft.

2. Verwijderen glooiing Benjamin Franklinstraat

De breukstenen op de glooiing van de Benjamin Franklinstraat moeten worden verwijderd. Dit kan gebeuren vanaf het land of het water. Het verwijderen vanaf het land heeft de voorkeur, zodat de breukstenen per as afgevoerd kunnen worden.

3. Aanbrengen damwand als vooroever

Het damwandscherm wordt aangebracht over de gehele breedte van de Keilehaven. De damwandplanken met een lengte van 11,40 m. worden ingebracht tot de bovenkant zich op een hoogte van +2,0 m. N.A.P. bevindt. Zo kan er in het werkgebied droog gewerkt worden.

4. Aanbrengen grond

Het aanvoeren van de grond per vrachtauto kan via de Benjamin Franklinstraat. Langs de Benjamin Franklinstraat wordt eerst een gedeelte gedempt in de breedte van de Keilehaven, zodat er een ruimte voor bijvoorbeeld opslag wordt gecreëerd.

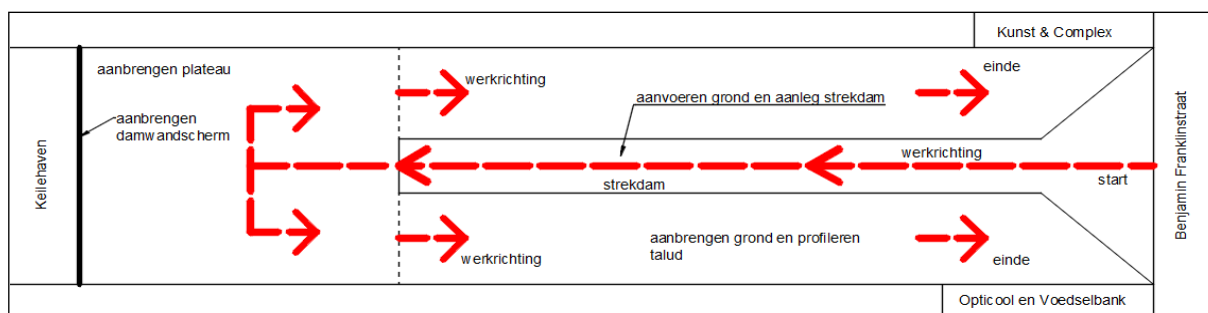
In de vorm van een strekdam wordt in het midden van de Keilehaven in de lengterichting gedempt tot het damwandscherm.

Deze strekdam wordt aangelegd tot maaiveldhoogte en voorzien van een baan van rijplaten.

De strekdam is op deze wijze een goede aanvoerroute voor de grond, waarbij tegelijkertijd het permanente grondlichaam een goede verdichting krijgt door het transport van vrachtauto's.

Vanaf de damwanden wordt de Keilehaven vervolgens over de gehele breedte gedempt tot aan de Benjamin Franklinstraat en wordt eerst het plateau naast de damwanden geprofileerd.

Naast de strekdam kan vervolgens aan beide zijden de gestorte grond worden geprofileerd en afgewerkt richting de Benjamin Franklinstraat.



Figuur 6.3 Schematische weergave uitvoeringsmethode schiereiland

6.3 Effecten op de omgeving

Het aanbrengen van het schiereiland in de Keilehaven heeft consequenties voor de ondergrond. Het gedrag van de ondergrond ter plaatse van de funderingsconstructies van de bebouwing is aan de volgende eisen gebonden, zoals:

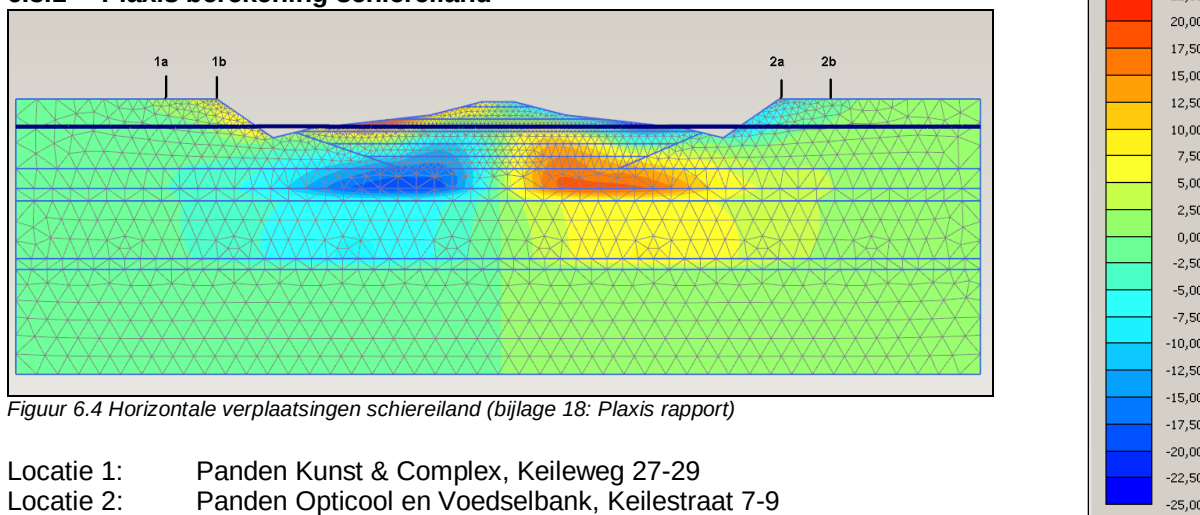
- Beperkte horizontale verplaatsing
- Verticale zetting toegestaan, mits gelijkmatig

Aan te vullen materiaal: grond, soortelijk gewicht 17 kN/m³

Voor het simuleren van de werkelijkheid is er in Plaxis rekening gehouden met:

1. De periode voordat de haven is gegraven en de daardoor ontstane spanning in de ondergrond
2. Het uitgraven van de Keilehaven, dus de ontlasting van de ondergrond
3. Gefaseerd aanbrengen van het schiereiland

6.3.1 Plaxis berekening schiereiland



Figuur 6.4 Horizontale verplaatsingen schiereiland (bijlage 18: Plaxis rapport)

Locatie 1: Panden Kunst & Complex, Keileweg 27-29
Locatie 2: Panden Opticool en Voedselbank, Keilestraat 7-9

Locatie	Max. toegestane horizontale verplaatsing	Horizontale verplaatsing	Richting van de horizontale verplaatsing in dwarsprofiel	Verticale zetting
1a	60 mm.	5 mm.	→	40 mm.
1b	"	7,5 mm.	→	40 mm.
2a	90 mm.	7,5 mm.	←	40 mm.
2b	"	5 mm.	←	40 mm.

Tabel 6.1 Verplaatsingen ten gevolge van schiereiland

Verticale zetting ter plaatse van locatie 1 en 2 is toegestaan, mits gelijkmatig.

- De verticale zetting wordt veroorzaakt door de aangebrachte grond in de Keilehaven. Het gewicht van deze aanvulling zorgt ervoor dat de onderliggende lagen worden samengedrukt.
- De horizontale verplaatsing is een gevolg van de verticale zetting in het midden van de Keilehaven. De verticale zetting neemt de nabije omgeving mee naar beneden, zodat hier een kleine horizontale verplaatsing door ontstaat.

6.3.2 Conclusie verplaatsingen schiereiland

Door het aanbrengen van het schiereiland treden er volgens de Plaxis berekeningen ter plaatse van de funderingen van de gebouwen zowel horizontale als verticale verplaatsingen op. De horizontale verplaatsing, die een moment in de palen veroorzaakt, blijft echter onder de toegestane waarden. Er treedt daarnaast geen ongelijkmatige zetting op zodat er geen extra horizontale verplaatsingen plaatsvinden die invloed hebben op de funderingspalen.

6.3.3 Lichte dam Benjamin Franklinstraat

Een aanvulling met grond in de Keilehaven heeft invloed op de lichte dam onder de Benjamin Franklinstraat. Deze dam is opgebouwd uit lichte materialen zoals EPS-blokken en houtsnippers in stalen schanskorven.

De dam is afgedekt met zand wat dient als ballast tegen opdrijven bij een hoge waterstand. In het verleden is het gedeelte vanaf de Vierhavensstraat tot deze lichte dam in de Keilehaven gedempt met grond, wat resulteerde in een lichte verticale zetting van de lichte dam onder de Benjamin Franklinstraat van 20-30 mm. (Notulen Carel Andriessen, 16/10/14)

Deze zetting heeft geen nadelige gevolgen opgeleverd voor de bovenliggende rijbaan.

6.3.4 Houtsnippers

Voor het modeleren van de houtsnippers in stalen schanskorven is een proefopstelling gemaakt waarbij houtsnippers worden verzadigd met water en vervolgens belast met stenen.

Op deze manier is getracht constructieve gegevens te verkrijgen wat betreft de gecomposeerde houtsnippers.

(bijlage 16: Houtsnippers proef)



Figuur 6.5 Houtsnippers proef

6.3.5 Elasticiteitsmodulus

Uit de proef is een E-modulus (Elasticiteitsmodulus) gebleken van $0,84 \text{ N/mm}^2$.

Er is tijdens de proef echter geen rekening gehouden met het feit dat de houtsnippers in stalen schanskorven zijn verpakt en dat de korven in halfsteensverband zijn opgestapeld.

Voor het simuleren van de lichte dam in Plaxis is allereerst de verkregen E-modulus voor de houtsnippers in stalen schanskorven uit de proef gebruikt. Dit resulteerde echter in een te grote zetting in het model, die niet overeen kwam met de werkelijke zetting uit het verleden.

Vervolgens is de E-modulus veranderd naar een stijvere waarde van 6 N/mm^2 .

(Notulen Rodriaan Spruit, 9/12/14)

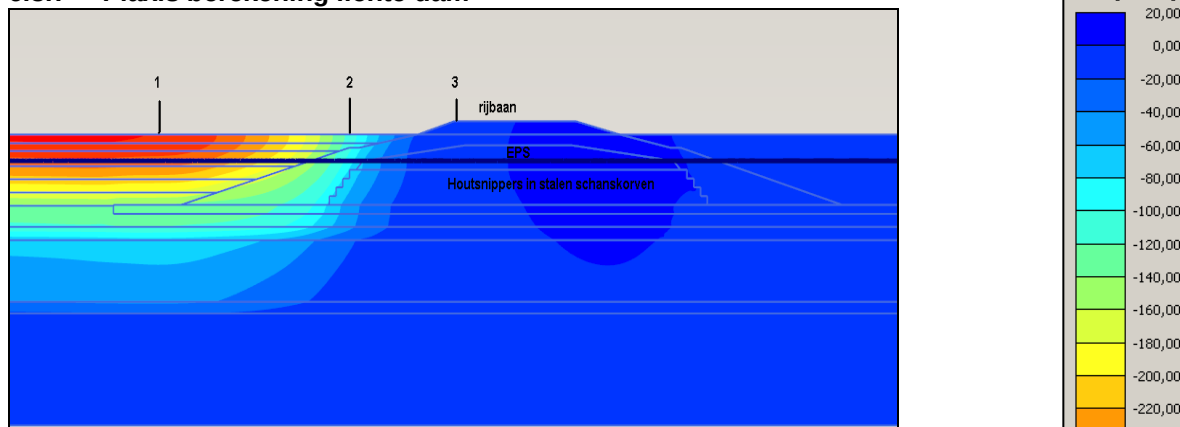
6.3.6 Uitgangspunten lichte dam

Voor het simuleren van de werkelijkheid is er in Plaxis rekening gehouden met:

1. De periode voordat de haven is gegraven en de daardoor ontstane spanning in de ondergrond
2. Het uitgraven van de Keilehaven, dus de ontlasting van de ondergrond
3. Het plaatsen van de lichtgewicht dam
4. Het aanvullen van de gedempte Keilehaven
5. Gefaseerd opbrengen van de grond

Aan te vullen materiaal: grond, soortelijk gewicht 17 kN/m^3

6.3.7 Plaxis berekening lichte dam



Figuur 6.6 Zetting ter plaatse van de Benjamin Franklinstraat (bijlage 19: Plaxis rapport)

Locatie	Zetting	Verplaatsing horizontaal	Richting horizontale verplaatsing in dwarsprofiel
1 Havenzijde	300 mm.	4 mm.	←
2 Glooiing	120 mm.	40 mm.	←
3 Rijbaan	20 mm.	4 mm.	←

Tabel 6.2 Verplaatsingen ter plaatse van de lichte dam ten gevolge van demping Keilehaven

- De verticale zetting wordt veroorzaakt door het aanbrengen van extra gewicht op de ondergrond. Onderliggende lagen worden samengedrukt naarmate er gewicht wordt opgebracht.
- De horizontale verplaatsingen ter plaatse van locatie 2 zijn het gevolg van de verticale zettingen bij locatie 1. De verticale zetting neemt grond van de nabije omgeving mee naar beneden zodat hier een kleine horizontale verplaatsing door ontstaat.

6.3.8 Conclusie zettingen lichte dam

Ter plaatse van de demping aan de havenzijde (locatie 1) kan een flinke verticale zetting tot 300 mm. optreden. Het linker gedeelte van de rijbaan (locatie 3) kan tot circa 20 mm. zakken.

In het verleden zijn zettingen van enkele centimeters aan de rechterzijde van de rijbaan niet schadelijk gebleken voor de wegconstructie.

De verwachte zetting aan de linkerzijde van de rijbaan zal dus naar verwachting ook geen nadelig effect hebben voor de wegconstructie en aanwezige kabels en leidingen.

De rechterzijde van de rijbaan zal niet of nauwelijks zetten, omdat aan deze zijde geen materiaal wordt aangevuld.

6.4 Vooroever damwand

Voor de overgang tussen de diepte van de huidige Keilehaven en de natuurvriendelijke oevers kan een stalen damwand worden gebruikt. Een wand vangt het hoogteverschil direct op, zodat dit resulteert in de meeste ruimte voor getij oppervlak.

Eisen aan de toegestane vervorming zijn niet vastgesteld, omdat het een natuurvriendelijke oever betreft. Eventuele vervormingen van de damwand leveren geen kritieke schade op aan de natuurvriendelijke oever

Stabiliteit van de damwandconstructie is wel vereist en de minimale levensduur van de damwand dient, rekening houdend met corrosie, 20 jaar te zijn.

6.4.1 Uitkomsten D-sheet en Plaxis

Minimaal benodigde lengte damwand:

8,4 m.

Minimaal inheinniveau damwand:

-9,40 m. N.A.P.

Niveau bovenzijde damwand:

-1,0 m. N.A.P.

Maximale vervorming horizontaal:

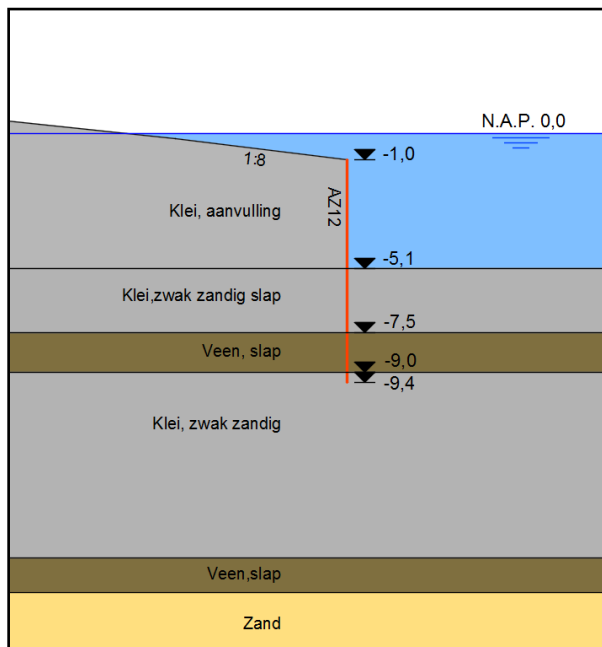
D-Sheet:

13 mm

Plaxis:

80mm

(bijlage 23: Vooroever, bijlage 17: Plaxis rapport)



Figuur 6.7 Situatieschets damwand vooroever

6.4.2 Conclusie

Een damwand met een lengte van 8,40 m. of langer van het type AZ-12 met een staalkwaliteit van S235 kan toegepast worden als vooroever en zal niet bezwijken door de optredende krachten. De damwand is dus stabiel en kan toegepast worden als vooroever in de ontwerpen.

De damwand met een lengte van 8,40 m. vervormt maximaal 80 mm. aan de bovenzijde. Dit heeft voor de natuurvriendelijke oever geen nadelige gevolgen.

Het toepassen van een damwand met een lengte van 11,40 m. zorgt ervoor dat tijdens de uitvoering in het droge gewerkt kan worden.

6.5 Geraamde kosten schiereiland

De geraamde kosten voor de aanleg van het schiereiland zijn:

circa € 1.049.000, -

Vaste kosten:	Prijs	Eenheidsprijs
- Verwijderen en afvoeren oude elementen uit Keilehaven, zoals steigers, palen, glooiing, slib etc.	€ 243.000, -	
- Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi & aanmeerpalen AVR	€ 55.000, -	
- Aankoop + aanbrengen damwandscherm 60 m.	€ 68.000, -	€ 100, - / m ²
- Verwerken grond op locatie	€ 204.000, -	€ 3, - / m ³
- Overige kosten, zoals egaliseren en handelingskosten grondbank	€ 85.000, -	
Variabele kosten:		
- Aankoop grond (68.000 m ³)	€ 190.000, -	€ 2, - / ton
- Transport & (tijdelijke) opslag grond	€ 204.000, -	€ 3, - / m ³
Totaal	€ 1.049.000, -	

(bijlage 21: Kostenraming schiereiland)

Het transport en de aankoop van de grond zijn factoren waar kostenbesparing kan worden behaald.

Indien grond kosteloos kan worden getransporteerd naar de Keilehaven, bijvoorbeeld vanaf andere projectlocaties op rekening van de afzender, kan er ca. € 204.000, - worden bespaard.

In dat geval kost de ingreep ca. **€ 845.000, -**.

Indien grond als restmateriaal van andere projecten wordt toegepast, kan deze grond kosteloos worden verkregen of zelfs opbrengsten genereren. Dit scheelt aanzienlijk in de kosten voor het schiereiland.

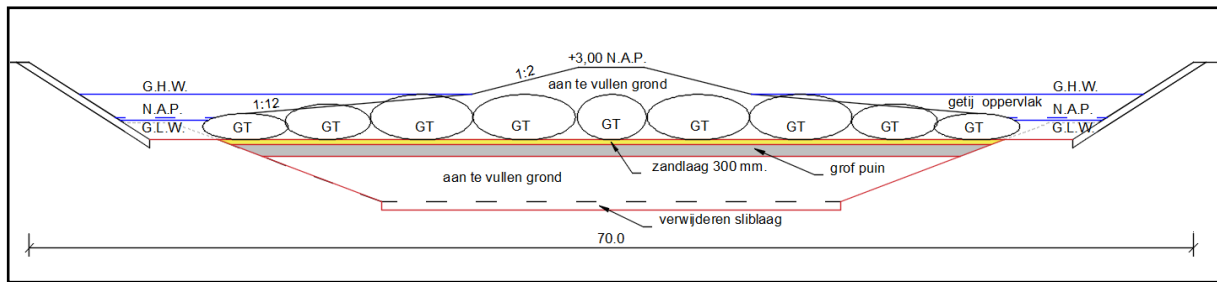
In tabel 6.3 zijn de verschillende gevallen weergegeven.

Prijs grond (milieuhygiënische kwaliteit)	Kosten schiereiland	Kosten per m ² getij oppervlak	Kosten per m ¹ getijden oever
€ 2, - / ton (Aankoop)	€ 1.049.000, - (incl. transportkosten)	€ 113, -	€ 1748, -
€ 0, - / ton (Schoon)	€ 655.000, - (excl. transportkosten)	€ 71, -	€ 1092, -
€ 3, - / ton opbrengst (Wonen)	€ 370.000, - (excl. transportkosten)	€ 40, -	€ 617, -
€ 6, - / ton opbrengst (Industrie)	€ 84.000, - (excl. transportkosten)	€ 9, -	€ 140, -

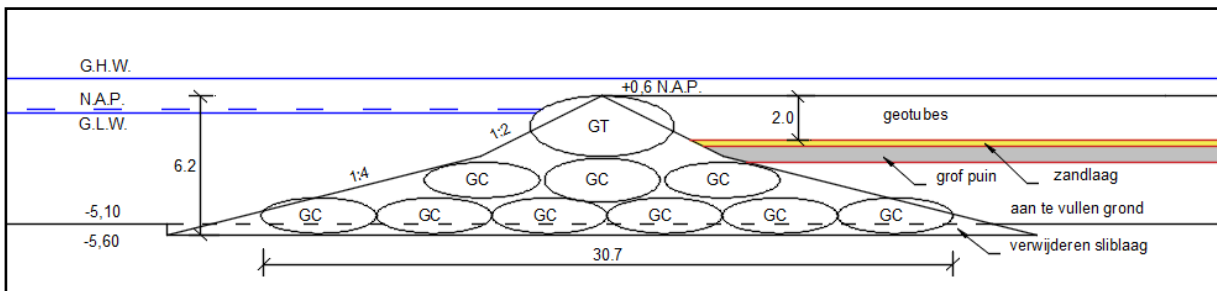
Tabel 6.3 Kostenoverzicht schiereiland

6.6 Schiereiland met geotubes

6.6.1 Opbouw



Figuur 6.8 Dwarsdoorsnede schiereiland met geotubes



Figuur 6.9 Dwarsdoorsnede vooroever met geocontainers en geotubes

6.6.2 Toelichting

Het schiereiland kan worden uitgevoerd met geocontainers en geotubes, gevuld met restmateriaal. Deze maatregelen dienen er voor om te garanderen dat, ondanks de onvoorspelbare constructieve eigenschappen van restmateriaal, alsnog de constructie onder water opgebouwd kan worden. Achter de vooroever van geocontainers, welke dient als perskade, kan losse grond worden gestort tot een hoogte van -2,5 m. N.A.P. met daar bovenop een puin- en zandlaag voor stabilisatie. Vervolgens kan tot het hoogwaterpeil evenwijdig aan de lengterichting van de haven een rij geotubes worden aangebracht.

Op de geotubes kan vervolgens een grondlichaam worden aangelegd, eventueel met redelijk kwalitatief restmateriaal.

6.6.3 Kosten

Uitgangspunten

- | | |
|---|--|
| 1. Toegepast restmateriaal in geotextielen | grond "Industrie" (opbrengst € 6, - /ton) |
| 2. Stabilisatielaag | grof puin (opbrengst € 3, - /ton) |
| 3. Eenheidsprijs aanbrengen geotubes/containers | € 9,50 / m ³ |
| (bijlage 29: Ontwerpen met geotubes, prijsindicatie Edwin Koeijers) | |
| 4. Geocontainers | -aanbrengen bij G.H.W. met splijtbak
-minimale hellingshoek talud 1:4
(Literatuurlijst; Rapporten nr.17) |
| 5. Geotubes | -aanbrengen bij G.L.W.
-minimale hellingshoek talud 1:2
(Literatuurlijst; Rapporten nr.17) |

Kosten schiereiland met geocontainers en geotubes € 256.000, - (bijlage 29: Ontwerpen met geotubes)

Kosten schiereiland met damwand als vooroever € 84.000, - (bijlage 21: Kostenraming schiereiland)

6.6.4 Conclusie

Het schiereiland opbouwen met restmateriaal in geotubes/geocontainers is duurder dan het ontwerp waarbij een damwand als vooroever wordt toegepast en daar achter losse grond wordt gestort. Ondanks de opbrengsten door hergebruik van restmateriaal levert het ontwerp uiteindelijk geen geld op en het gebruik van geotubes maakt de totale kostprijs alleen maar hoger.

7 Generalisatie andere havengebieden

7.1 Inleiding

Wanneer Stadshavens in de toekomst vrijkomen doordat ze hun nautische functies (deels) verliezen zullen deze havens in Rotterdam mogelijk een andere invulling krijgen.

Het verbeteren van de ecologie en de leefbaarheid door onder andere het vergroten van het getij oppervlak in het Rotterdamse havengebied, is een belangrijk doel wat meespeelt bij de nieuwe invulling van deze gebieden.

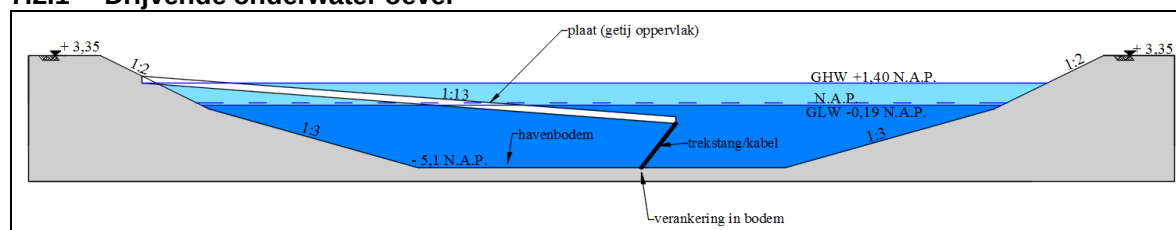
Deze overgang betekent een onzekere periode wat betreft de definitieve vorm voor bepaalde gebieden.

Een mogelijkheid om toch de ecologie te verbeteren in gebieden met een onzekere toekomst is de aanleg van een verplaatsbare natuurvriendelijke oever met getij oppervlak.

7.2 Varianten verplaatsbare oevers

Het vergroten van het getij oppervlak met verplaatsbare oevers is mogelijk in verschillende vormen. Enkele mogelijkheden zijn een "drijvende onderwater oever" of een "steunende oever".

7.2.1 Drijvende onderwater oever

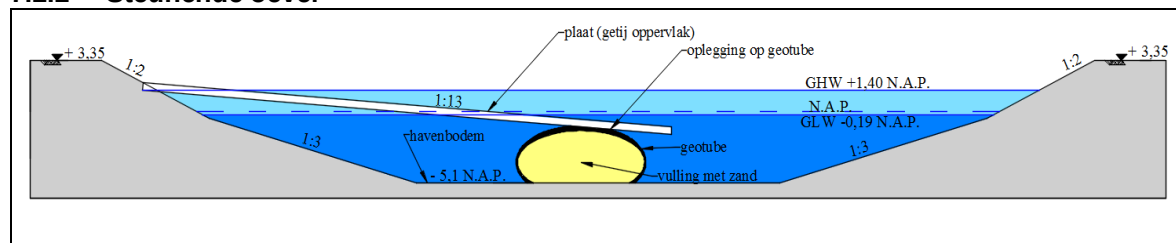


Figuur 7.1 Dwarsdoorsnede principe drijvende onderwater oever

Het principe van de drijvende onderwater oever is dat een stevige, drijvende constructie aan één zijde wordt opgelegd op de bestaande oever en aan de andere zijde onder water wordt gehouden door een verankering aan de bodem in de vorm van een stang of kabel.

Op deze wijze blijft de constructie op de plaats liggen en wordt er getij oppervlak gevormd door de getij wisseling.

7.2.2 Steunende oever



Figuur 7.2 Dwarsdoorsnede principe steunende oever

Het principe van de steunende oever is dat een stevige constructie aan één zijde wordt opgelegd op de bestaande oever en aan de andere zijde wordt opgelegd op een steunpunt wat zich bevindt in het water onder G.L.W.

Dit steunpunt kan in de vorm van een geotube gevuld met zand (figuur 7.2), maar ook in de vorm van bijvoorbeeld palen of betonblokken.

De constructie, inclusief de bovenbelasting, dient zwaar genoeg te zijn om niet op te drijven bij H.H.W., zodat de constructie op de plaats blijft liggen.

7.2.3 Voor – en nadelen verplaatsbare oevers ten opzichte van vaste oevers

Oevertype	Voordelen	Nadelen
Vaste oever opgebouwd met grond of ander (rest)materiaal	1. Mogelijkheid voor het verwerken van restmaterialen waarmee opbrengsten gegenereerd kunnen worden 2. Constructief relatief simpel 3. Relatief goedkoop	1. Moeilijk verplaatsbaar 2. Flinke belastingen op ondergrond waardoor verplaatsingen in de omgeving optreden 3. Vermindering van de waterberging
Drijvende onderwater oever	1. Verplaatsbaar naar andere havens 2. Belasting op ondergrond is klein 3. Waterberging blijft grotendeels behouden	1. Weinig gebruik restmateriaal mogelijk 2. Constructief ingewikkelder 3. Zware constructie benodigd voor opnemen trekkracht tegen opdrijven 4. Stevige plaatconstructie met drijfvermogen benodigd 5. Kostbaar
Steunende oever	1. Verplaatsbaar naar andere havens 2. Belasting op ondergrond is relatief klein 3. Waterberging blijft grotendeels behouden	1. Weinig gebruik van restmateriaal mogelijk 2. Constructief moeilijker dan vaste oevers 3. Stevige plaatconstructie benodigd 4. Kostbaar

Tabel 7.1 Overzicht voordelen en nadelen verschillende oevertypen

7.2.4 Conclusie

Het voordeel van de verplaatsbare oevers is dat ze relatief eenvoudig verplaatsbaar zijn in vergelijking met vaste oevers.

De verplaatsbare oevers zijn mogelijk wel duurder dan vaste oevers als het gaat om de kostprijs per m² getij oppervlak.

De drijvende onderwater oever heeft als nadeel dat er een stevige constructie nodig is om de drijvende constructie bij elke optredende waterstand onder water te houden.

De steunende oever kan worden uitgevoerd door bijvoorbeeld een constructie op twee steunpunten te leggen of bepaalde drijvende elementen af te zinken door ze vol te laten lopen met water.

Dit is makkelijker uitvoerbaar dan een drijvende onderwater oever en wordt daarom uitgewerkt.

7.2.5 Mogelijke toepassingen in steunende oevers

Voor het realiseren van een “steunende oever” met getij oppervlak zijn er verschillende toepassingen mogelijk. Toepassingen waarmee de “steunende oevers” gemaakt worden, moeten zowel verplaatsbaar zijn als zich lenen om er getij oppervlak op te kunnen creëren. Hierbij kan er gebruik worden gemaakt van reeds bestaande gestandaardiseerde gebruiksvoorwerpen.

Enkele mogelijke toepassingen zijn:

1. Ponton

Een ponton is een drijvend platform voor het transport van groot en zwaar materiaal. Een ponton kan gevuld worden met water zodat het afzinkt en komt te liggen op steunpunten. Dit zorgt ervoor dat het als basis kan dienen voor een natuurvriendelijke oever met getij oppervlak.

2. LASH-bakken

LASH-bakken en soortgelijke vormen zijn drijvende containers voor het transport van goederen over het water. De LASH-bakken kunnen, net als pontons, afgezonken worden en als basis dienen voor een natuurvriendelijke oever met getij oppervlak.

3. Containers

Containers zijn metalen kisten die vaak gebruikt worden voor het transport van goederen. Containers zijn zowel via de weg als via het water eenvoudig verplaatsbaar en kunnen op de plaats van bestemming worden afgezonken voor het creëren van een basis voor een natuurvriendelijke oever met getij oppervlak.

4. Stalen damwandplanken /buispalen

Stalen damwandplanken/buispalen worden gebruikt bij grond- en/of waterkerende constructies en zijn goed verplaatsbaar over het water en de weg. De stalen damwandplanken/ buispalen kunnen in de lengte worden gelegd op steunpunten zodat er een basis ontstaat voor een natuurvriendelijke oever met getij oppervlak.

7.2.6 Keuze toepassing ponton

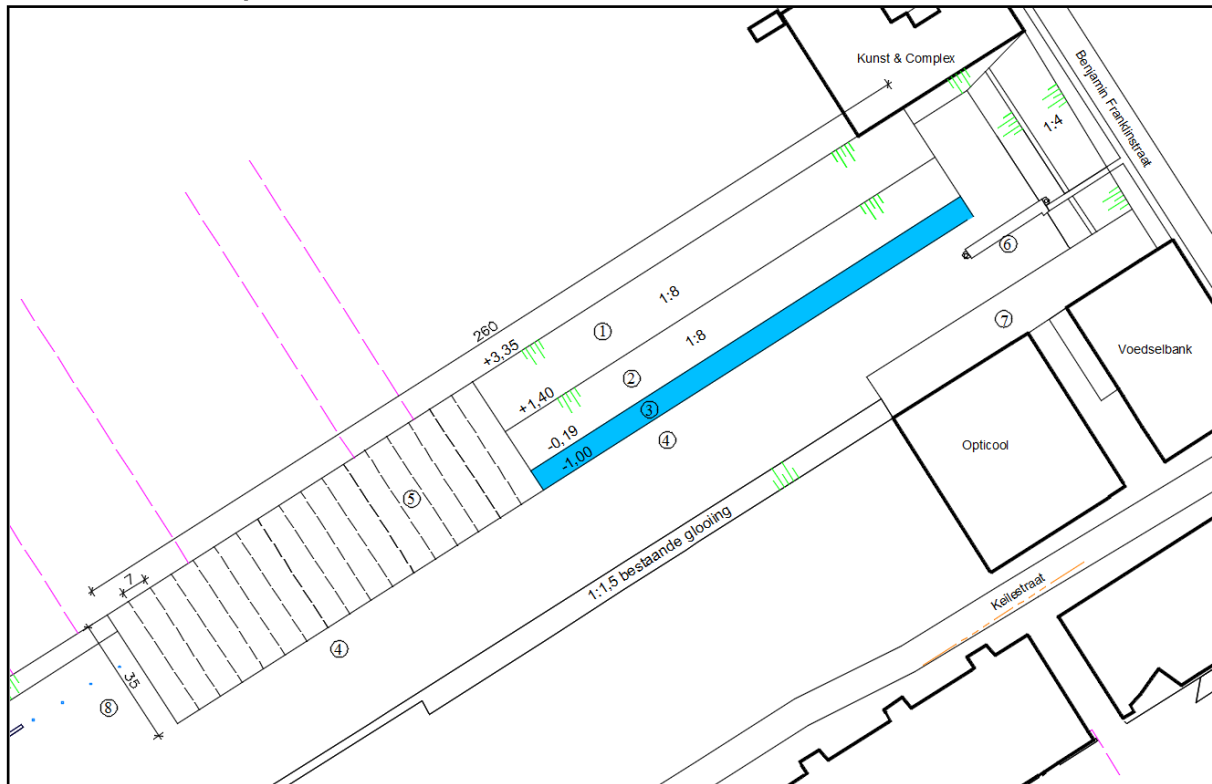
De steunende oever wordt uitgewerkt waarbij een ponton wordt toegepast, omdat een ponton voordelen kent tegenover de andere mogelijkheden.

Een ponton heeft de volgende voordelen:

1. Pontons zijn relatief lang en kunnen hierdoor een grote afstand overbruggen tussen de twee steunpunten, waardoor een flauw talud gerealiseerd kan worden.
2. De hoogte van een ponton is klein in vergelijking met de lengte. De hoogte van een steunpunt (bijvoorbeeld een geotube) kan de hoogte en de gewenste helling bepalen. Bij het afzinken van LASH-bakken of containers op ondiepe bodems zijn de afmetingen wat hoogte betreft bepalend voor de uiteindelijke hoogte van het ontwerp.
3. Een ponton is sterk omdat het is gemaakt om zware lasten te vervoeren. Dit betekent dat een ponton van zichzelf al grote krachten kan opnemen.

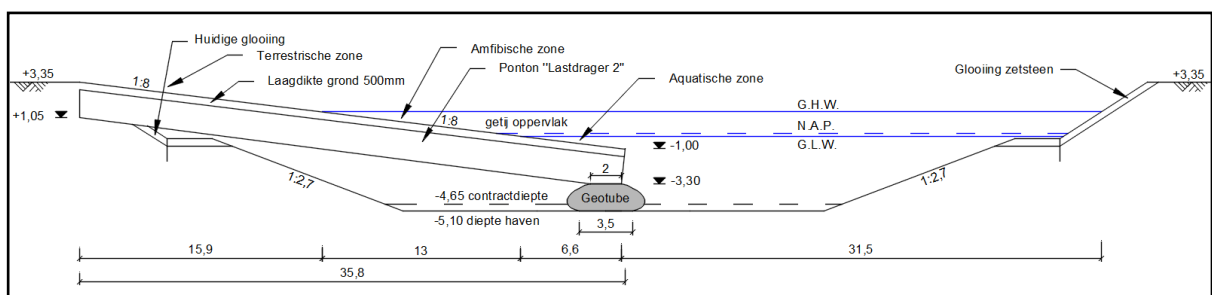
7.3 Steunende oever

7.3.1 Het ontwerp



Figuur 7.3 Boven-aanzicht steunende oever (bijlage 15: Tekeningen steunende oever)

1. Terrestrische zone, talud 1:8
2. Getij oppervlak (amfibische zone), talud 1:8
3. Geuldiepte (aquatische zone), ten behoeve van de vissoorten
4. Doorvaartruimte, bodemdiepte Keilehaven -5,10 m. N.A.P.
5. Pontons type "Lastdrager 2"
6. Drijvende steiger Watertaxi
7. Betonnen steiger Opticool en Voedselbank
8. Invaarruimte voor duwbakken AVR



Figuur 7.4 Dwarsdoorsnede steunende oever (bijlage 15: Tekeningen steunende oever)

7.3.2 Toelichting ontwerp

De constructie van de steunende oever bestaat uit een ponton type "Lastdrager 2" die is opgelegd op een geotube met zandvulling en de huidige glooiing.

(Bijlage 15: Tekening steunende oever)

Door het gebruik van een ponton bestaat de mogelijkheid voor een eventuele verplaatsing van de natuurvriendelijke oever. Om de constructie te laten functioneren als een natuurvriendelijke oever wordt het ponton schuin geplaatst, zodat er een flauw talud ontstaat met een helling van 1:8. Er is gekozen voor een ponton met een dynamische ballast omdat hierin de meest gunstige krachten optreden. Bij hoogwater vult het ponton zich zodat opdrijven wordt voorkomen en bij laagwater stroomt het ponton leeg zodat het totale gewicht vermindert. Dit zorgt er voor dat er zowel op de steunpunten minder kracht wordt uitgeoefend als in het ponton zelf, ten opzichte van de situatie waarbij het ponton altijd met water gevuld zou zijn. Om dit mogelijk te maken moeten er in de onderkant van het ponton openingen gemaakt worden. Door deze openingen vult het ponton zich afhankelijk van het getij met water en drijft hierdoor niet op zodat het blijft steunen op de huidige glooiing en de geotubes.

De steunende oever genereert 3285 m² getij oppervlak en 258 meter extra lengte natuurvriendelijke oever. In het ontwerp van de steunende oever kan circa 4612 m³ grond verwerkt worden. In vergelijking met de andere ontwerpen is de hoeveelheid toepasbaar restmateriaal gering. Daarnaast is er circa 1780 m³ zand nodig voor de opvulling van de geotubes.

De steunende oever is een verplaatsbaar alternatief van het ontwerp "langsoever", met het talud richting het zuiden, waarbij de bereikbaarheid van de drijvende steiger voor de Watertaxi en partyschepen behouden blijft.

7.3.3 Uitvoeringsmethode

1. Verwijderen slib voor ondergrond geotubes

Voordat de geotubes worden aangebracht, wordt op de toekomstige plaats van de geotubes het aanwezige slib verwijderd van de bodem voor een stabielere ondergrond. Slib vormt een onstabiele ondergrond en kan ervoor zorgen dat de geotubes verplaatsen na het aanbrengen.

2. Plaatsen geotubes

De geotubes worden gevuld met zand via een persleiding en gepositioneerd op de gewenste locatie.

3. Aanpassing huidige oever

Voor de plaatsing van het ponton moet een gedeelte van de huidige oever worden verwijderd. Vanaf het land kan de oever worden aangepast en deels worden uitgegraven. Na de plaatsing van het ponton kan de oever worden aangesloten op het maaiveld.

4. Aanbrengen en afzinken ponton

Het ponton wordt aangevoerd via het water. Het ponton wordt daarna op de goede plek gehesen waarna de openingen in het ponton voor het afzinken geopend kunnen worden. Na het afzinken moet het ponton uiteindelijk steunen op de aangepaste oever en de geotubes.

5. Afwerken bovenlaag

Als het ponton is afgezonken kan er worden begonnen met het afwerken van de steunende oever. Afwerking van de bovenlaag ter plaatse van de ondiepe gedeeltes kan mogelijk met grind- of zandbeddingen, zodat er een paaigebied ontstaat voor de Fint.

Voor de Driedoornige stekelbaars is een substraat nodig waarop vegetatie kan ontstaan. Dit kan met losse grond waarbij ervoor gezorgd moet worden dat de afdekkende laag grond op het ponton blijft liggen. Hiervoor kan er aan de randen van het ponton een constructie worden aangebracht in de vorm van bijvoorbeeld een verticale plaat.

De afwerking kan ook met andere methoden, zoals rijshouten matten of Green soilbags (juten zakken, gevuld met grond en zaden), die op het ponton kunnen worden geplaatst waaruit begroeiing kan ontstaan.

7.4 Toetsing steunende oever

De sterkte van de steunende oever met dynamische ballast is getoetst bij L.L.W. Deze situatie is maatgevend omdat bij deze waterstand de grootste oplegkracht en het grootste moment in het ponton optreedt.

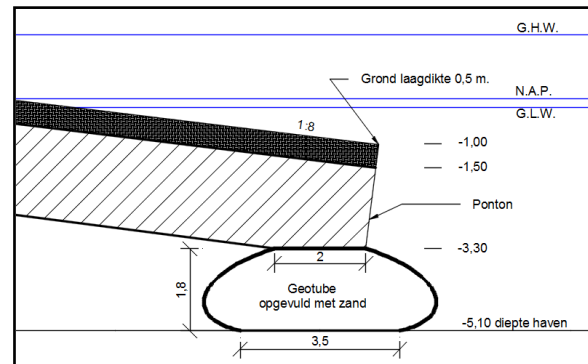
De maatgevende optredende dwarskracht is 262,65 kN en optredend moment is 2204 kNm. Er is voor de toetsing van de steunende oever gekeken naar de volgende drie zaken:

1. Sterkte van het ponton
2. Sterkte van de geotube
3. Effect op de ondergrond onder de geotubes

7.4.1 Sterkte van het ponton

Het ponton wordt aan twee zijden opgelegd, zodat het dient als basis voor een natuurvriendelijke oever. Door belastingen op het ponton treedt er een moment op in het ponton. Het moment zorgt voor een buigspanning dat opgenomen moet kunnen worden door het profiel in het ponton. Voor de toetsing is een profiel aangenomen (om de optredende buigspanning te controleren). Uit de toetsing blijkt dat de doorsnede in het ponton sterk genoeg is om de buigspanning op te nemen.

(bijlage 25: Sterkteberekeningen steunende oever)



Figuur 7.5 Situatieschets ponton opgelegd op geotube

7.4.2 Sterkte van de geotube

Het ponton wordt aan één zijde opgelegd op een met zand gevulde geotube, zodat deze dient als steunpunt. Zand is toegepast, omdat het gunstige en relatief voorspelbare constructieve eigenschappen heeft ten opzichte van restmateriaal. Het geotextiel van de geotube moet de spanningen kunnen weerstaan die optreden tijdens de gebruiksfase.

1. Spanning in geotextiel tijdens gebruiksfase

De maximale spanning in het geotextiel tijdens de gebruiksfase treedt op in de onderkant van de geotube.

Wanneer de geotube wordt uitgevoerd als geocontainer en met een splijtbak wordt aangebracht treden er andere spanningen op in het geotextiel.

2. Spanning in geotextiel tijdens aanbrengen met splijtbak

De maximale optredende spanning is getoetst voor het aanbrengen van de geotube tijdens het aanbrengen vanuit een splijtbak. Als de splijtbak opent en de geotube in het water valt, treedt de maximale spanning op in het geotextiel.

Zowel tijdens het aanbrengen als tijdens de gebruiksfase blijft de spanning in het geotextiel van de geotube onder de maximale toelaatbare spanning. Dit betekent dat het geotextiel voldoende sterk is, zodat de geotube kan worden geplaatst en gebruikt als steunpunt voor de steunende oever.

(bijlage 25: Sterkteberekeningen steunende oever)

7.4.3. Effect op de ondergrond onder de geotubes

De extra belasting door het aanbrengen van de geotubes met het opgelegde ponton veroorzaakt een hogere spanning in de ondergrond. De ondergrond is getoetst op stabiliteit na het aanbrengen van deze belasting. Aan de hand van een sondering in de Keilehaven is de conusweerstand op de bodem van de Keilehaven bepaald.

De conusweerstand is hoger gebleken dan de optredende spanning door de toename van de belasting.

(bijlage 25: Sterkteberekeningen steunende oever)

7.5 Geraamde kosten steunende oever

De geraamde kosten voor de aanleg van de steunende oever zijn:

circa € 1.123.000, -

Vaste kosten:	Prijs	Eenheidsprijs
- Verwijderen en afvoeren oude elementen uit Keilehaven, zoals steigers, palen, glooiing, slib etc.	€ 215.000, -	
- Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi & aanmeerpalen AVR	€ 56.000, -	
- Aankoop pontons	€ 694.000, -	
- Aanbrengen geotubes en pontons	€ 72.000, -	
- Overige kosten, zoals egaliseren en handelingskosten grondbank	€ 38.000, -	
Variabele kosten:		
- Aankoop grond (4600 m ³)	€ 13.000, -	€ 2, - / ton
- Transport & opslag grond	€ 14.000, -	€ 3, - / m ³
- Aanvoer en aankoop zand	€ 21.000, -	€ 6, - / ton
Totaal	€ 1.123.000, -	

(bijlage 22: Kostenraming steunende oever)

De totale kosten worden sterk beïnvloed door de aankoop van de relatief dure pontons. De aankoop van de pontons bedraagt meer dan 50% van de totale kosten.

Voor de aankoop van de pontons is er gerekend met een staalprijs van € 0,25 per kg.

Er kan flink bespaard worden op de kosten als de pontons voor een lagere prijs kunnen worden verkregen. Een kleine verlaging in de prijs per kg staal zorgt al snel voor een flinke daling in de totale kosten van de steunende oever.

Totale kosten omgerekend naar getij oppervlak per m² en m¹

Kosten steunende oever	Kosten per m ² getij oppervlak	Kosten per m ¹ getijden oever
€ 1.123.000, -	€ 342, -	€ 4.353, -

Tabel 7.2 Kostenoverzicht steunende oever

8 Conclusie

Huidige activiteiten in de Keilehaven zorgen ervoor dat alleen het gebied tussen de Benjamin Franklinstraat en het AVR-vuiloverslagstation beschikbaar is om te reconstrueren zodat een basis ontstaat ter verbetering van de ecologische en natuurlijke kwaliteit. Voor deze verbetering is in het bijzonder luwte, ondiepte en getij oppervlak nodig.

In de Keilehaven zijn de huidige condities in het water voldoende luw gebleken. Ondiepte kan gerealiseerd worden door de haven deels te dempen met grond. Geschikte grond afkomstig van andere locaties kan worden toegepast, zodat het financieel aantrekkelijker wordt en duurzaamheidswinst wordt geboekt. Getij oppervlak kan worden gecreëerd door middel van een natuurvriendelijke oever met flauwe taluds en een geleidelijke overgang tussen de natte- en droge zones.

De overgang tussen de bodemdiepte (-5,10 m. N.A.P.) van de Keilehaven en de natuurvriendelijke oever kan worden gemaakt door het aanbrengen van een stalen onverankerde damwand met een minimale lengte van 8,40 meter waarbij de bovenkant van de damwand onder L.L.W. wordt gepositioneerd.

Voor schaarse vissoorten in het Rotterdamse havengebied, zoals de Fint en de Driedoornige stekelbaars wordt een basis gevormd waarop gunstige condities kunnen worden gerealiseerd om hun leefomstandigheden te verbeteren.

Twee ontwerpprincipes voor in de Keilehaven komen als beste naar voren wanneer gelet wordt op de eisen en randvoorwaarden, namelijk de langsoever en het schiereiland.

De langsoever bestaat uit één lang talud richting het zuiden en heeft als voordeel dat er naast de langsoever waterverkeer kan blijven plaatsvinden tot de Benjamin Franklinstraat.

Het schiereiland genereert meer getij oppervlak dan de langsoever en kan een mooi verlengstuk zijn van de gedempte Keilehaven, echter is de Benjamin Franklinstraat dan niet meer bereikbaar voor waterverkeer.

Beide ontwerpen kunnen dienen als verlengstuk van de gedempte Keilehaven en vormen een geleidelijke overgang tussen de stad en het havengebied. De aanleg van recreatieruimte op de natuurvriendelijke oevers, zoals bijvoorbeeld wandelpaden, kan ten goede komen aan de leefbaarheid.

De demping met grond zal verplaatsingen in de ondergrond veroorzaken maar dit zal geen negatieve gevolgen veroorzaken voor de funderingsconstructies van de nabij gelegen bebouwing.

Door een demping in de Keilehaven kan de lichte dam onder de Benjamin Franklinstraat aan de havenzijde circa 20 mm. zakken, wat voor de bovenliggende rijbaan geen nadelige consequenties zal hebben.

Het uitvoeren van beide ontwerpen is mogelijk door de aanvoer van grond per as via een strekdam die tijdens het werk wordt gestort.

De kosten worden voor beide ontwerpen geraamd op circa € 1.000.000, -, gebaseerd op een kostprijs van grond van € 2, -/ton. Bij het gebruik van restmateriaal grond kan er een flinke besparing worden gemaakt op de kosten van de langsoever en het schiereiland.

Bij het gebruik van restmateriaal grond met de milieuhygiënische kwaliteit type "Industrie" is er een kostenbesparing van € 700.000, - mogelijk bij de langsoever. De kosten van de langsoever worden sterk bepaald door de damwand. De kosten voor de aanleg van het schiereiland dalen sterk van ca. € 1.000.000, - naar circa € 84.000, -.

De intensiteit waarmee restmateriaal vrijkomt op de herkomstlocaties bepaalt echter wel grotendeels de planning van de aanleg van de natuurvriendelijke oever.

Het toepassen van geotubes brengt extra kosten met zich mee maar biedt wel een oplossing om, ondanks de onvoorspelbare eigenschappen van restmateriaal, de ontwerpen te kunnen realiseren. Ondanks dat het hergebruik van restmateriaal opbrengsten genereert, kosten de ontwerpen geld.

Door de onzekere, toekomstige invulling van de Rotterdamse Stadshavens is een verplaatsbare natuurvriendelijke oever een mogelijke oplossing wanneer men daar de ecologische kwaliteit wil verbeteren.

Een mogelijkheid voor het verkrijgen van condities voor een verplaatsbare natuurvriendelijke oever met getij oppervlak, is het plaatsen van een ponton op de huidige oever en op een lager gelegen geotube met zandvulling. De bovenzijde van dit ponton moet vervolgens worden afgewerkt met geschikte materialen, zoals grond of rijshouten matten, zodat er een substraat aanwezig is waarop ecologie zich kan ontwikkelen.

De kosten per m² getij oppervlak vallen echter hoger uit dan wanneer een vaste natuurvriendelijke oever uit voordeliger restmateriaal wordt vervaardigd.

8.1 Kostenoverzicht

Type oever	Prijs grond	Kosten per ontwerp	Kosten per m ² getij oppervlak	Kosten per m ¹ getijden oever
Langsoever	€ 2, - / ton	€ 1.124.000, -	€ 183, -	€ 3626, -
	€ 0, - / ton	€ 835.000, -	€ 136, -	€ 2694, -
	€ 3, - / ton opbrengst	€ 625.000, -	€ 102, -	€ 2016, -
	€ 6, - / ton opbrengst	€ 416.000, -	€ 68, -	€ 1342, -
Langsoever geotubes	€ 6, - / ton opbrengst	€ 242.000, -	€ 40, -	€ 781, -
Schiereiland	€ 2, - / ton	€ 1.049.000, -	€ 113, -	€ 1748, -
	€ 0, - / ton	€ 655.000, -	€ 71, -	€ 1092, -
	€ 3, - / ton opbrengst	€ 370.000, -	€ 40, -	€ 617, -
	€ 6, - / ton opbrengst	€ 84.000, -	€ 9, -	€ 140, -
Schiereiland geotubes	€ 6, - / ton opbrengst	€ 256.000, -	€ 28, -	€ 427, -
Steunende oever		€ 1.123.000, -	€ 342, -	€ 4.353, -

Tabel 8.1 Overzicht kosten verschillende oevertypen

9 Aanbevelingen

1. Optimalisatie van de ecologische kwaliteit door afwerking van de ontwerpen

Een ontwerp wat dient als basis voor ecologische verbetering kan vervolgens worden afgewerkt voor het optimaal verbeteren van de ecologie en de leefbaarheid. Hierbij kan worden gedacht aan een specifiek inrichtingsplan voor de afwerking en optimalisatie door bijvoorbeeld aanleg van wandelpaden en vegetatie.

2. Kostenbesparing op de ontwerpen door het gebruik van restmateriaal

Bij de uitvoering van de langsoever of het schiereiland moet er vooraf uitgezocht worden of er op termijn genoeg en goed bruikbaar restmateriaal vrij zal komen bij andere projectlocaties, voordat de uitvoering daadwerkelijk begint. Het gebruik van dit restmateriaal kan een flinke besparing opleveren op de totale kosten.

De Grond- en Reststoffenbank Rotterdam (GRB) zou het beheer van de restmaterialen kunnen uitvoeren. De GRB kan activiteiten op zich nemen, zoals contractvorming, coördinatie, vergunningen regelen en als intermediair tussen de verschillende betrokken partijen dienen.

De aangewezen contactpersoon hiervoor is Dhr. A.R. Weijenberg van Stadsontwikkeling Rotterdam.

3. Ecologische verbetering in andere Stadshavens

Wanneer andere Stadshavens vrijkomen en in aanmerking komen om op ecologisch vlak een opwaardering te krijgen, kan het raadzaam zijn om van te voren te bekijken waar de meest luwe en ondiepe condities aanwezig zijn.

Gebieden waar al weinig stroming heerst, door bijvoorbeeld de gunstige ligging, vereisen minder maatregelen om luwte te verkrijgen.

Stadshavens die van zichzelf al relatief ondiep zijn, kunnen interessant zijn om ondieptes te creëren voor de ecologische verbetering. Door ondieptes worden betere omstandigheden gecreëerd voor begroeiing, vis en macrofauna.

Het ondieper maken van ondiepe Stadshavens kan een besparing in de kostprijs opleveren ten opzichte van diepe Stadshavens. Bovendien veroorzaakt dit minder belasting op de ondergrond, omdat er minder materiaal op de bodem wordt aangebracht dan bij diepere Stadshavens.

4. Verplaatsen drijvende steiger Watertaxi bij het ontwerp “langsoever”

In het ontwerp langsoever zal de verplaatsing van de drijvende steiger naar een andere locatie dan aan de Benjamin Franklinstraat voordelen opleveren. Zo kan de langsoever over de gehele breedte van de Keilehaven worden aangelegd, zodat er betere omstandigheden voor de ecologische kwaliteit ontstaan. Het talud kan flauwer en langer worden gemaakt en er is geen dure damwand nodig om de langsoever en de doorvaartruimte van elkaar te scheiden. De kosten voor de langsoever zullen in dat geval ook lager zijn doordat de vooroever alleen in de breedte van de Keilehaven aangelegd moet worden.

5. Andere toepassingen voor “verplaatsbare oevers”

Een “verplaatsbare oever” ontwerpen met bestaande toepassingen, zoals LASH-bakken, containers of stalen damwandplanken/buispalen kan mogelijkheden bieden ten opzichte van een ponton. De kosten kunnen bij het gebruik van de andere toepassingen lager zijn dan het ontwerp met een ponton, vooral wanneer bepaalde toepassingen overbodig zijn geworden en vrijkomen of niet meer kunnen worden gebruikt voor hun hoofdfunctie.

De constructies moeten echter wel op sterkte en stabiliteit worden getoetst. Een ander belangrijk aandachtspunt is de mogelijke vervuiling die eventueel optreedt wanneer bepaalde elementen worden afgezonken in het water.

Literatuurlijst

Boeken

(Publicatiedatum)

CUR-Serie Natuurvriendelijke oevers:

1. Natuurvriendelijke oevers: Aanpak en toepassingen (1999)
ISBN 9037604609
2. Natuurvriendelijke oevers: Belasting en sterkte (1999)
ISBN 9037604706
3. Natuurvriendelijke oevers: Oeverbeschermingsmaterialen (1999)
ISBN 9037601502
4. Natuurvriendelijke oevers: Fauna (1999)
ISBN 9037604803
5. Natuurvriendelijke oevers: Vegetatie langs grote wateren (1999)
ISBN 9037604900
6. Natuurvriendelijke oevers: Water- en oeverplanten (1999)
ISBN 9037605001

CUR Bouw & Infra

7. Uitvoering van geokunststoffen in de waterbouw (2011)

CUR RISNET

8. Risicobeheersing in het ontwerp (2003)
ISBN 903760322X

9. Stadshavens Rotterdam, (2006)
De historische ontwikkeling van de Waalhaven, Eemhaven, Merwehaven en het Vierhavengebied in kaart, woord en beeld ISBN 906906040X

10. Tabellen voor bouw- en waterbouwkundige (2011)
(R. Blok) ISBN10 9006900265

11. Handreiking natuurvriendelijke oevers – STOWA (2011)

12. Het toepassen van standplaatsen bij planvorming en ontwerp van (september 2011)
natuurvriendelijk oevers ISBN 978.90.5773.521.9

13. Ecochecklist, Trefwoorden Ecologie Rotterdam (uitgave 97)

14. Grondmechanica, Natuur & Techniek (2006)
(IBB/Bouwkunde) (auteur: ir. G. Poptie)

15. Waterbouwkunde, Deel 1: Algemene waterbouwkunde (september 1968)
(auteur: M.J.Fraanje)

16. Eurocode 0: Grondslagen van constructief ontwerp (EN 1990)

17. Stadshavens Rotterdam Structuurvisie (29/9/2011)

18. Pionieren aan de Maas – Merwehaven-Vierhavens (januari 2009)

Rapporten

1. Haalbaarheidsstudie (7/02/2014)
Wat zijn de mogelijkheden om natuurvriendelijke oevers te realiseren bij het Mallegatpark, nabij oude gasfabriek Feijenoord? (Dhr. T.G.J. Haring)
2. Ecologisch herstel van de rivier de Nieuwe Maas (31/1/2014)
Toepassing van natuurvriendelijke oevers en andere ecologische maatregelen ter verbetering van de water- en leefkwaliteit. (Dhr. M. Bol)
3. Ecologisch herstel van de rivier de Nieuwe Maas (28/1/2014)
Toepassing van ecologische maatregelen in de Schiehaven en Sint-Janshaven (Dhr. M. Bol)
4. Stadshavens doen herleven (9/1/2012)
Meerwaarde voor ecologie en stad door de herontwikkeling van Stadshavens (L.Koetsier)
5. Ecologische sleutelfactoren STOWA (2014)
Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen (STOWA)
6. Scan 'Ondergrond Stadshavens Rotterdam (IGWR) (2013)
7. Eisen voor verankering tijdelijke damwanden Noord- en Zuidzijde Keilehaven
Dam in de Keilehaven (97-121/A) (ir. A.A.J.V Hoefnagels) (15/8/1997)
8. "Drijvend groen" (10/6/2014)
Een onderzoek naar de realisatiemogelijkheden van drijvende vegetatie in de rivier de Nieuwe Maas. (Dhr. H.Kok)
9. Verkenning drijvend bouwen in Buitendijks Rotterdam (maart 2011)
Initiatief van gemeente Rotterdam en het havenbedrijf Rotterdam N.V.
10. Hydrometeobundel nr. 4 (1^e druk, 12/2012)
Havenbedrijf Rotterdam N.V.
11. Erosie, sedimentatie en morfologie Afferdensche en Deestsche Waarden
Rijkswaterstaat (A.Z. Visser en J.Sieben) (12-2004)
12. Fruitport, een haven in de groei (juni 2005)
Havenbedrijf Rotterdam N.V. en Ingenieursbureau Gemeentewerken Rotterdam
13. Natuurvriendelijke oevers (april 2010)
Handreiking voor ontwerp, aanleg, inrichting, beheer en onderhoud (L. Vuister)
14. Welstandsparagraaf "de Strip" (augustus 2006)
Afdeling dS+V, afdeling Stedenbouw
15. De visstand in het Rotterdamse havengebied en mogelijke effecten van koelwaterlozingen
(Rijksinstituut voor Kust en Zee) (2000)

16. Modellen voor de kansrijke locaties natuurvriendelijke oevers (19-08-2014)
Rotterdam in kader BRG-middelen.
(modellenstudie ten behoeve van kostenraming door I-bureau Rotterdam en programmteam natuurvriendelijke oevers)
17. Haalbaarheid van de toepassing van geo-zandelementen (15 december 1999)
Project Maasvlakte 2, E. Berendsen
18. Plan MER Stadshavens (22 oktober 2010)
Deelstudie water, Ir. P.Otten

Elektronische bronnen

- a) www.skillcity.nl
- b) http://www.rijkswaterstaat.nl/water/wetten_en_regelgeving/natuur_en_milieuwette/n/kaderrichtlijn_water/
- c) Innoverenmetwater.nl
- d) http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen_en_projecten/vaarwegen/markmeer/natuurlijker_markmeer_ijmeer/metingen_en_experimenten/lopend/
- e) <https://publicwiki.deltares.nl/display/HBTDB/04+Vissen>
- f) http://www.vanderwees.nl/watertransporten/virtual_index.htm?/watertransporten/pontons.htm
- g) <http://www.tencate.com/nl/default.aspx>
- h) <http://www.gis.rotterdam.nl/gisweb2/default.aspx>
- i) <http://nl.wikipedia.org/wiki/Keilehaven>
- j) <http://vertrekhaloranjelijn.nl/historie/1937/222/>
- k) <http://www.vanderwees.nl/nl/watertransporten/materieel>
- l) <http://joostdevree.nl/shtmls/grondspanning.shtml>
- m) <http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/c-grondverzet/c3-ontgraven-met-een-grond-en-waterkerende-constructie/ontgraven-met-kerende-constructie-kosten-grond-en-waterkerende-c8816>
- n) <http://www.deklerkbv.nl/files/16/Splijtbak-Eem.pdf>

Benaderde partijen

- o Gemeente Rotterdam
- o Programmabureau Stadshavens Rotterdam
- o Rijkswaterstaat
- o Havenbedrijf Rotterdam N.V.
- o Wereld Natuur Fonds