

Aan



Van



Kopie

Status

Ter informatie

Concept

Definitief (gereviseerd door   
10.2.e.)

Datum

4 mei 2021

Kenmerk

DT0014327--0-BBSP-  
M-001-0

Pagina

1 | 7

## MARKER WADDEN

### Plan van aanpak beschouwing opgetreden schade aan steenbestoring “Harde Rand”

#### INTRODUCTIE

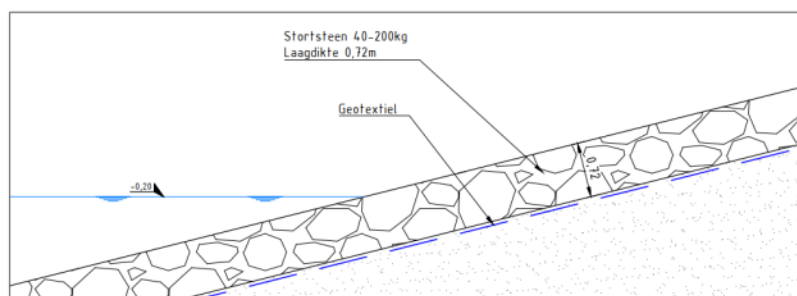
Boskalis is betrokken bij het ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud van de Marker Wadden. Deze eilanden worden deels beschermd door een “Harde Rand” van breuksteen op de noordwestelijke oever. Sinds de aanleg van deze Harde Rand is schade geconstateerd aan de stortsteenbekleding en onderliggend geotextiel. Deze schade is ontstaan aan het zuidelijke deel van de Harde Rand, ter hoogte van het Compartiment Dun Slib, zie ook de situatieschets (figuur 4 aan het eind van deze memo).

Hydronamic, het in-house ingenieursbureau van Boskalis, is gevraagd de mogelijke oorzaak (of oorzaken) van de opgetreden schade te onderzoeken en te adviseren over het herstel en, indien nodig, herontwerp van de oeverbescherming.

Deze memo bevat het plan van aanpak voor deze analyse. De resultaten en conclusies van de studie zullen later worden gepresenteerd in een separaat rapport.

#### TIJDLIJN VAN GEBEURTENISSEN

Het ontwerp van de Harde Rand dateert van begin 2016 (versie 1 van het UO rapport MW-UO-WP-OW02-1, 18-03-2016). Het Uitvoeringsontwerp is gemaakt door Witteveen+Bos in opdracht van Boskalis.



**Figuur 1:** Ontwerp steenbestoring (uit: MW-UO-WP-OW02-1)

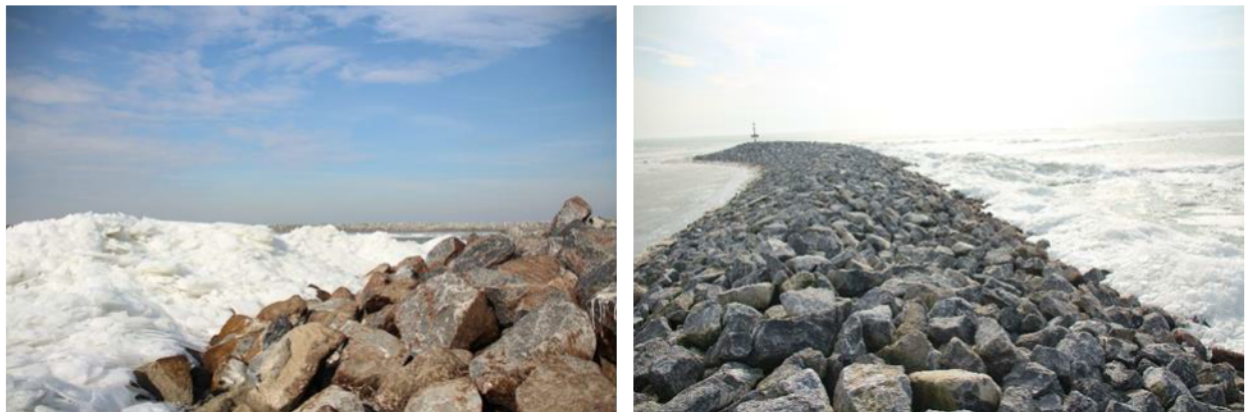
Het ontwerp van de Harde Rand ter plaatse van de opgetreden schade kan worden samengevat als:

- Een zandlichaam op een taludhelling van 1:4, beschermd door:
- Een geotextiel (composiet: primair weefsel met opgestikt licht vlies als bescherming tijdens de uitvoering), met daarop:
- Een steenbestorting 40-200 kg, dik 0.72 m, rechtstreeks aangebracht op het geotextiel zonder wiepenrooster of tussenliggende "vlijlaag".

De constructie van de Harde Rand is uitgevoerd in 2016-2017. In de periode daarna zijn sterke zettingen geconstateerd in de ondergrond van in het deel van de Harde Rand waar nu de schade is opgetreden, en in de zomer van 2018 is de kruin opgehoogd met breuksteen om het opgetreden tekort aan kruinhoogte te compenseren.

De nu geconstateerde schade is in elk geval ontstaan in de periode tussen deze ophoging en november 2020, mogelijk al grotendeels tussen januari 2019 en juni 2019. Op die data zijn inspectie surveys gedaan en op de verschillen tussen deze surveys is de schade duidelijk waarneembaar.

In de periode sinds de uitvoering is de constructie enkele keren is belast door optredende golfcondities. Noemenswaardig is ook de ijsbelasting die in de winter van 2018 is opgetreden (eind februari / begin maart 2018).



**Figuur 2:** Impressie van ijsbelasting winter 2018

## SITE VISIT JANUARI 2021

Op 19 januari 2021 heeft een site visit plaatsgevonden op uitnodiging van Boskalis, in aanwezigheid van een ontwerper van Witteveen+Bos en Hydronamic. Er heeft een schouw plaatsgevonden van het deel van de Harde Rand langs het Compartiment Dun Slib, grofweg tussen KP 1200 en KP 1650.



**Figuur 3:** Impressie van de site visit 19 januari 2021

### OMSCHRIJVING VAN DE SCHADE

Er lijken twee aparte gebieden met schade te zijn, zie ook figuur 4 en 5 aan het eind van deze memo:

- “Locatie A”, dicht tegen de zuidelijke beëindiging van de Harde Rand (rond KP 1600). Hier is de schade waarneembaar hoog op het talud, buiten de golfzone, rond de +1.0 / +1.5 m NAP. De steenbestorting is voor een deel afgeschoven en het onderliggende zandlichaam staat erg steil, voor een deel als ‘verticale klif’ over een beperkte hoogte. Het geotextiel is duidelijk zichtbaar en beschadigd,
- “Locatie B”, verder naar het noorden in de buurt van de compartimenteringsdam langs het Compartiment Dun Slib (rond KP 1300 – 1350). Hier is de schade lager in het profiel, net boven de waterlijn, rond de +0.5 / +1.0 m NAP. Er is een duidelijke verzakking in het profiel waarneembaar die in eerste instantie iets wegheeft van een “S-profiel” zoals verwacht kan worden bij stormschade, alleen veel dieper. Op sommige plaatsen is het doek zichtbaar en beschadigd.

Het geotextiel is op beide plaatsen duidelijk zichtbaar en beschadigd. Het opgestikt vlies (non-woven) lijkt op meerdere plaatsen volledig gescheurd. Het onderliggend primair weefsel (woven) is op sommige plaatsen eveneens gescheurd wat kan leiden tot erosie van het onderliggende zandlichaam.

De schade lijkt zich te concentreren in dit gebied. In het overige deel van de Harde Rand, ten noorden van het Compartiment Dun Slib, is geen noemenswaardige schade aan de steenbekleding geconstateerd.

### HYPOTHESEN TEN AANZIEN VAN DE OORZAAK

Naar aanleiding van de site visit en overleg tussen de aanwezige specialisten is een lijst opgesteld van mogelijke oorzaken (hypothesen) van de geconstateerde schade. Deze hypothesen zullen in het vervolg van dit onderzoek nader worden bestudeerd en eventueel weggestreept, totdat de meest waarschijnlijke oorzaak is achterhaald. De initiële lijst is als volgt:

- **Zettingen van de ondergrond:** Het deel van de Harde Rand waar de schade is opgetreden kent aanzienlijk sterkere zettingen van de ondergrond dan op andere plaatsen. Dit voedt de gedachte dat hierin een oorzaak gezocht moet worden. De werkhypothese is dan dat de zettingen leiden tot sterkte vervormingen in het geotextiel en mogelijke scheurvorming.

De sterkere zettingen in dit gebied kunnen worden verklaard door de dikkere laag holocene afzettingen, zoals geïllustreerd in figuur 4.

- **Ijsbelasting:** De opgetreden situatie met kruierend ijs vormt een extra belasting die niet in het ontwerp is meegenomen. Deze kan de stenen in / over het geotextiel hebben gedrukt wat kan hebben geleid tot mechanische schade aan het doek.
- **Uitvoering tijdens de ophoging:** Ten tijde van de uitvoering van de ophoging in 2018 kan mogelijk mechanische schade zijn veroorzaakt aan het geotextiel. Ook kan het aangebrachte extra gewicht aan stenen een verhoging van de belasting op het geotextiel hebben veroorzaakt
- **Onvoldoende sterkte van het geotextiel:** Het geotextiel is ontworpen als een composiet met primair weefsel (treksterkte > kN/m<sup>1</sup>) met opgestikt vlies (170 gr/m<sup>2</sup>) als opofferingsdoek. In de periode sinds het maken van het Uitvoeringsontwerp zijn de inzichten en richtlijnen ten aanzien van geotextielen onder steenbekledingen veranderd en verscherpt, met name waar het gaat om composiet doeken en rechtstreekse bestorting door relatief zware stenen (40-200 kg). Deze zijn beschreven in een richtlijn (CUR 205), waarvan een concept versie beschikbaar was ten tijde van het Uitvoeringsontwerp, maar ook deze richtlijn staat momenteel weer ter discussie vanwege een aantal negatieve ervaringen met veldproeven en projecten in uitvoering. Op het moment van schrijven van deze memo lopen er enkele initiatieven in het vakgebied om tot een update en verdere verscherping van deze richtlijn te komen. Het zou kunnen dat de in het ontwerp voorgeschreven sterkte van het geotextiel op basis van de toenmalig vigerende richtlijnen (dan wel de interpretatie van het beschikbare concept daarvan) achteraf onvoldoende is geweest. De belasting die is ontstaan door zettingen, ijsbelasting en/of plaatsen van de stenen tijdens de uitvoering kan dan niet voldoende zijn opgenomen.
- **UV belasting:** Het geotextiel is op enkele plekken niet meer volledig bedekt door stortsteen en staat daarmee bloot aan rechtstreekse UV belasting. Dit kan op termijn een verzwakking van het geotextiel veroorzaken. Het is lastig vast te stellen of dit een oorzaak of een gevolg is van de aanwezige schade.
- **Zakken van de teenbestorting:** De schade kan ook zijn geïnitieerd door verzakking van de teen van de constructie. Dit is een veel voorkomende oorzaak van schade aan steenbestortingen en wordt derhalve hier meegenomen, alhoewel het aanwezige schadebeeld hier niet direct aanleiding toe geeft.
- **Breuk van de stenen:** Tijdens de site visit zijn enkele steenfragmenten aangetroffen, die mogelijk van de breuksteen uit de bestorting afkomstig kunnen zijn als gevolg van breuk of slijtage. Deze kan dan weer zijn veroorzaakt door beweging van de stenen als gevolg van golven. De werkhypothese is dan dat fragmenten het geotextiel hebben beschadigd. In het onderzoek zal worden bekeken of de sterkte / slijtvastheid van de stenen minder is dan wat gangbaar is.
- **Stormschade:** Tot slot wordt opgemerkt dat de steenbestorting is ontworpen op enige mate van beweging / schade in stormcondities ( $S_d = 12$  in ontwerpcondities 1/50 jaar, onderhoudslicmiet  $S_d = 7$ ). Het is derhalve niet vreemd dat er profielverandering van de bestorting wordt waargenomen, alhoewel de nu geconstateerde schade aan het onderliggende doek uiteraard buiten het daarbij horende acceptabele schadebeeld valt. Wel kan het zo zijn dat beweging van de stenen in een storm enkele van de bovenstaande oorzaken heeft verergerd.

## PLAN VAN AANPAK

Het onderzoek naar de oorzaak en oplossingen zal langs drie wegen worden uitgevoerd:

- **Bureaustudie:**
  - De specificaties van het geotextiel in het UO zullen opnieuw worden beschouwd in het licht van de op dit moment vigerende versie van de richtlijn (CUR 205), de inmiddels

doorgevoerde officiële errata daarop en de laatste ontwikkelingen in het werkveld ten aanzien van de komende update.

- Indien deze te achterhalen is, zal de geschiedenis van opgetreden stormen sinds de oplevering van de Harde Rand worden bestudeerd om te zien of de daarbij verwachte beweging van de stenen dermate groot is dat deze de opgetreden schade veroorzaakt of verergerd zou kunnen hebben.
- De kwaliteit van de geleverde materialen (breuksteen en geotextiel) ten tijde van de uitvoering zal worden beoordeeld op basis van de geleverde productcertificering, enerzijds om te zien of deze aan de ontwerp-eisen heeft voldaan, en anderzijds om de (sterkte) eigenschappen kwantitatief vast te stellen. Met dit laatste kan eventueel een onderbouwing van de verschillende werkhypothesen gemaakt worden (als deze zich lenen voor een rekenkundige beoordeling).
- **Aanvullende veld / laboratorium onderzoeken:**
  - De ontwikkeling van de teen van de constructie sinds oplevering zal worden beoordeeld op basis van de hydrografische survey(s) die in de tussentijd zijn uitgevoerd.
  - De gebruikte breuksteen zal worden onderzocht op sterkte eigenschappen, met name breuksterkte (UCS) en slijtage ( $M_{DE}$ ), in het laboratorium van Boskalis. Dit wordt gedaan om een dubbelcheck te hebben op de eigenschappen en niet volledig afhankelijk te zijn van de door de leverancier opgestelde productcertificaten.
- **Gesprekken met experts:**
  - Een gesprek met de geotechnisch ontwerper om te achterhalen in welke mate inderdaad excessieve zettingen van de ondergrond hebben plaatsgevonden ten opzichte van de andere locaties langs de Harde Rand, in welke mate deze inmiddels zijn afgenomen en hoe deze verklaard kunnen worden.
  - Gesprek met expert(s) ten aanzien van geotextiel, vanuit de leverancier, om te achterhalen in hoeverre de sterkte van het doek een oorzaak zou kunnen zijn, wat de huidige status is van de ontwikkelingen in het werkveld ten aanzien van de nieuwe richtlijnen, en (indien hier verder aanleiding toe blijkt te zijn) wat de aanbevelingen zijn ten opzichte van een eventueel herstel en herontwerp.

## HUIDIGE STAND VAN ZAKEN

Ten tijde van het schrijven van deze memo:

- Heeft de hydrografische survey plaatsgevonden en zijn de resultaten beschikbaar.
- Is het laboratoriumonderzoek naar de eigenschappen van de breuksteen in gang gezet. Voorlopige resultaten ten aanzien van de breuksterkte zijn beschikbaar; de onderzoeken naar slijtage kennen een langere doorlooptijd.
- Hebben de eerste gesprekken met de experts plaatsgevonden.

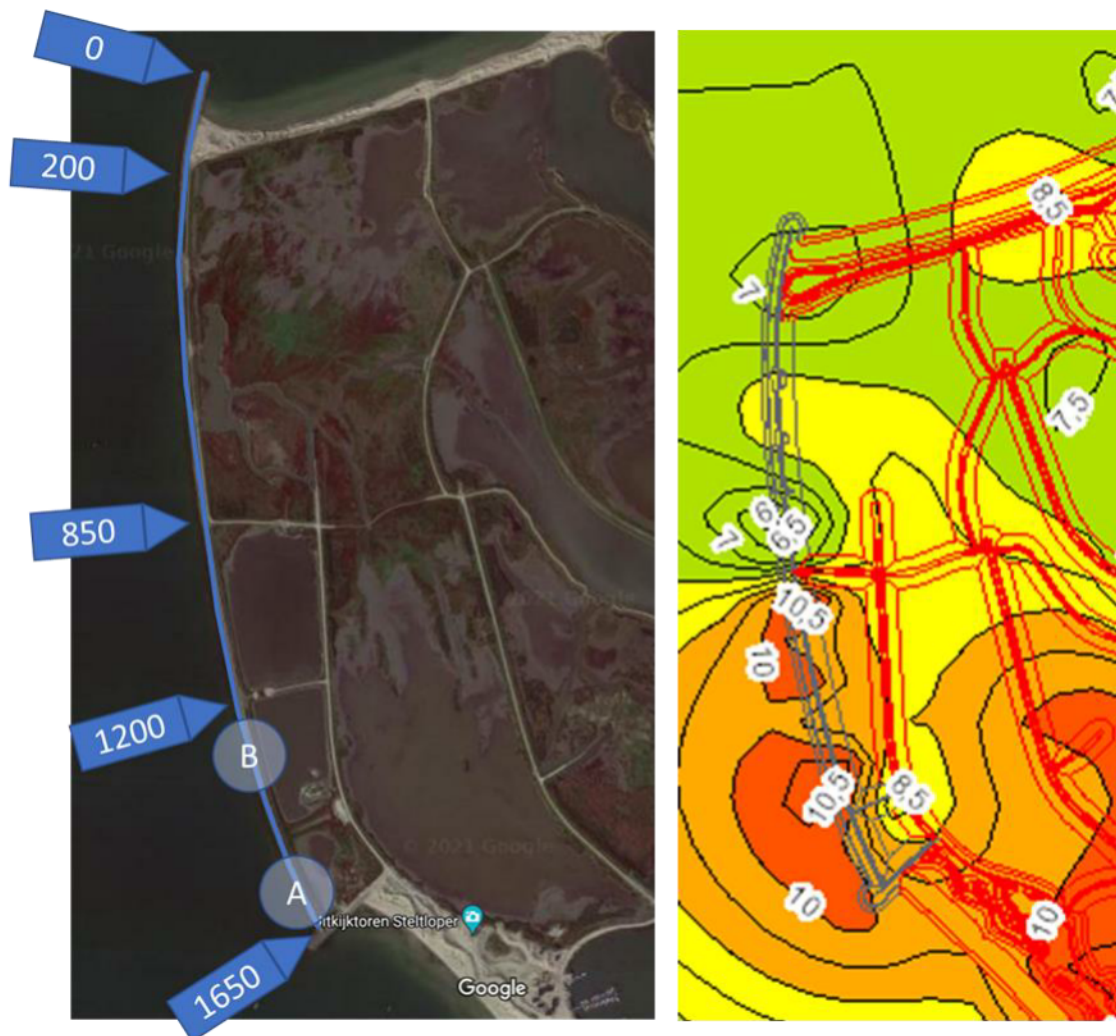
## VERVOLGPLANNING

Zodra deze onderzoeken volledig zijn afgerond zullen de resultaten worden teruggekoppeld naar de ontwerper van Witteveen+Bos waarna een gezamenlijk eindverslag zal worden gemaakt. We stellen voor een tweede site visit / schouw te laten plaatsvinden ter validatie van de getrokken conclusies. Dit kan bijvoorbeeld worden gekoppeld aan de voorgenomen schouw in het kader van het Beheer- en Inspectieplan. Deze staat voorlopig gepland voor mei / juni 2021.

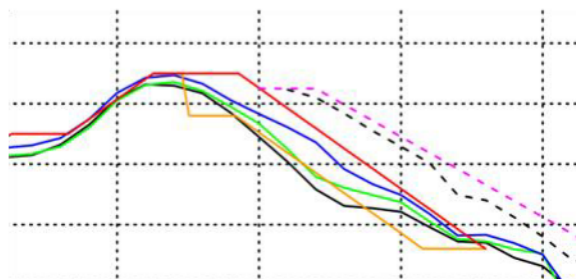
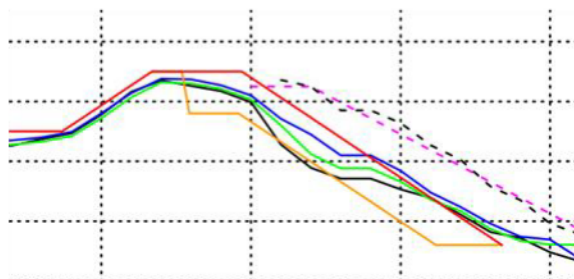
Het is daarmee de verwachting dat een eindrapport ergens aan het begin van de zomer 2021 kan worden gepresenteerd. In dit verslag zullen worden opgenomen:

- Een gedetailleerd verslag van de schouw van 19 januari en de eventuele tweede schouw

- Een systematische beoordeling van de genoemde hypothesen en aanwijzing van de meest waarschijnlijke oorzaak
- Een advies ten aanzien van herstel van de opgetreden schade, inclusief herontwerp van de bestorting als de conclusies daartoe aanleiding geven, bijvoorbeeld het toepassen van een ander geotextiel of een wijziging van de constructie-opbouw.
- Een advies ten aanzien van de robuustheid van de delen van de Harde Rand waar de schade niet is opgetreden en, indien de conclusies daartoe aanleiding geven, een aanpassing van het inspectie- en onderhoudsregime.



**Figuur 4:** Overzicht van de Harde Rand met indicatieve kilometrerings en schadelocaties (links) en laagdiktes Holocene afzettingen (rechts)



**Figuur 5:** Illustratie van schadebeeld locatie A (KP 1600 - links) en locatie B (KP 1300 – rechts). Op de survey tekeningen is de schade te zien als het verschil tussen de blauwe lijn (januari 2019) en de zwarte lijn (november 2020). De tussenliggende groene lijn is van juni 2019.