

▷ Duurzaam zetsteen bij een dijkversterking



Eenvoudiger dan gedacht!

Geschreven door Regina Havinga (programmadirectie HWBP) en Mark Postma (RWS – Water, Verkeer en Leefomgeving) in 2019 – aangevuld door Peter-Paul Ooms (projectleider Marktkansen, Koninklijke Martens Groep) in 2023.

Opdrachtgevers van Rijkswaterstaat en waterschappen gaan aan de slag met duurzaamheidsdoelstellingen bij dijkversterkingen. Met de verduurzaming van beton valt veel CO₂winst te behalen. Vooral duurzaam zetsteen is veelbelovend én relatief eenvoudig toe te passen bij een dijkversterking, zo heeft Projectbureau Zeeweringen ervaren. Het kennisblad van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) biedt projectteams handvatten om duurzaam zetsteen ook toe te passen en bevat een overzicht van de beschikbare onderzoeken en testen.

Waarom duurzaam zetsteen?

De doelstellingen voor verduurzaming zijn de afgelopen jaren steeds concreter geworden door bijvoorbeeld het Klimaatakkoord, Green Deal Duurzaam GWW en het Betonakkoord. Deze akkoorden bevatten ambitieuze doelstellingen voor onder andere CO₂-reductie. Duurzamere afwegingen bij dijkversterkingen kunnen hier een grote bijdrage aan leveren. Beton is een veelgebruikt materiaal bij dijkversterking, bijvoorbeeld in de vorm van zetsteen. Bij de traditionele productie van beton wordt cement als bindmiddel gebruikt en bij de productie daarvan komt veel CO₂ vrij. Alternatieven zijn echter steeds meer voorhanden. Daarmee kunnen projectteams op een relatief eenvoudige manier bijdragen aan CO₂-reductie. Het is een van de manieren om invulling te geven aan het doel om duurzaamheid structureel te borgen in de projecten. En het is tevens goed voor de GWW-sector, want binnen het programma kunnen ervaringen opgedaan worden met duurzaam beton, die nuttig zijn voor de hele sector.



Wat is duurzaam zetsteen?

Zetsteen verduurzamen kan op verschillende manieren, er bestaat dus geen definitie. Een marktstudie onder vertegenwoordigers van betonproducenten en betonleveranciers geeft een beeld van de mogelijkheden en de stand van zaken.

- de sector werkt aan vervanging van primaire grondstoffen door toeslagstoffen,
- er is ervaring opgedaan met dimensionering van de betonblokken: kan een kleiner betonvolume van het blok hetzelfde resultaat halen? Zeker! Het Hillblock bijvoorbeeld bevat 30% minder beton door de vorm van de zetsteen aan te passen met vergelijkbare of betere resultaten,
- cementvrij beton is al toegepast in stoeptegels, in enkele fietspaden en ook in zetsteen zijn enkele proeven uitgevoerd. Bij cementvrij beton wordt het cement vervangen door geo-polymeren,
- een mogelijkheid is om zetsteen extra sterk te maken en te leasen, waarna het bij eventuele vervanging elders kan worden ingezet.

Wanneer maak je de keuze voor duurzaam zetsteen?

De afweging voor duurzaam zetsteen maak je bij voorkeur zo vroeg mogelijk, dus al in de verkenning of planuitwerking. In de verkenningfase kun je bijvoorbeeld globaal onderzoeken of hergebruik van de bestaande dijkbekleding mogelijk en wenselijk is. Ook kun je in deze fase in de uitvraag naar het ingenieursbureau eisen opnemen voor duurzaamheid. In de planuitwerkingsfase kun je dit nader uitwerken en de milieueffecten van verschillende materiaalkeuzes nader (laten) berekenen. In de voorbereiding op de realisatiefase kun je vervolgens eisen voor duurzaamheid meegeven in de aanbesteding richting aannemer.

Hoe kun je duurzaam zetsteen toepassen bij dijkversterking?

Allereerst zijn er twee keuzemogelijkheden: hergebruik van de bestaande bekleding of nieuwe bekleding. Hieronder volgt een opsomming van deze mogelijkheden en de beschikbare onderzoeken en testen.

1. Overweeg hergebruik van de bestaande bekleding

Vaak gaat het bij een dijkversterking om verbetering van een bestaande dijk. In zo'n situatie is al bekleding aanwezig. Hergebruik kan gewenst zijn uit milieu-, of kostenoverwegingen. Ontwerpberekeningen langs het dijktraject geven informatie op welke locaties hergebruik technisch mogelijk is (zie www.deltaexpertise.nl, Handreiking Dijkbekledingen, Deel 2 Steenbekledingen, Rapport Rijkswaterstaat 2015, blz. 227)

2. Maak duurzame materiaalkeuzes bij nieuwe bekleding

Op plekken waar hergebruik niet mogelijk is, moet nieuwe bekleding worden toegepast. Hier liggen mogelijkheden om meer duurzame materiaalkeuzes te maken. Vanuit overwegingen van waterveiligheid zijn stabiliteit en ruwheid van zetsteen van belang. Daarnaast heeft zetsteen ecologische potentie. Deze aspecten zijn onderzocht voor o.a. drie vernieuwende, meer duurzame typen zetstenen: Basalton, Hydroblock en Hillblock.

Stabiliteit en ruwheid

Van belang bij de afweging voor duurzaam zetsteen is hoe dijkbekleding vanuit waterveiligheidsoogpunt presteert op stabiliteit en ruwheid. Stabiliteit gaat over het ondervangen van de krachten die op het talud worden overgedragen door golfbelasting en belasting door stroming. Ruwheid is onder andere van belang bij het remmen van de golfoploop.

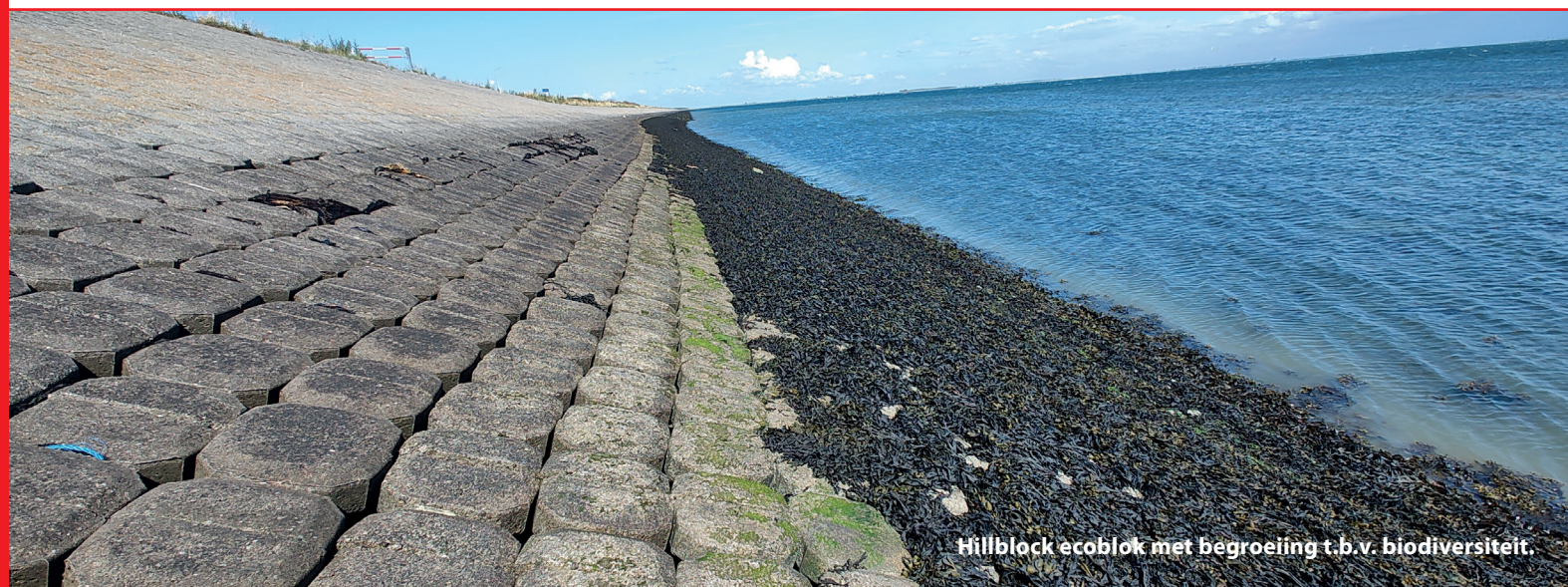
Rijkswaterstaat, POV-Waddenzeedijken (Project Overstijgende Verkenningen van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)) en Projectbureau Zeeweringen hebben voor verschillende typen zetsteen experimenteel schaalonderzoek laten uitvoeren naar deze factoren in de Schelde- en Deltagoot. De onderstaande uitkomsten kunnen gebruikt worden bij ontwerpkeuzes en de afweging en uitvraag van duurzaam zetsteen daarbij.

- **stabiliteit.** De stabiliteitsfactoren varieerden sterk en zijn onder andere afhankelijk van de vorm en de filterlaag. De factoren zijn opgenomen in het rekenmodel Steentoets. Anno 2019 scoort het Hillblock de hoogste stabiliteitsfactor van alle geteste zetstenen.



Open ruimte tussen diverse Hillblocks in de dijk van Stavenisse.

- **ruwheid.** De ruwheidscoëfficiënten bij een toplaag op beton varieerden tevens, afhankelijk van golfhoogte en zetsteen tot ca. 0,75. Hierbij geldt: hoe ruwer het oppervlak van een totale dijk, bijvoorbeeld door aanwezige holtes, hoe lager de coëfficiënt en dus hoe groter de remming van de golven. Deze coëfficiënten zijn te gebruiken om golfoverslag en golfoploop te berekenen, waarmee de benodigde kruinhoogte kan worden bepaald.
- bij de ruwheid is ook gekeken naar de plaatsing van de zetsteen. Daarbij is gebleken dat een andere plaatsing – bijvoorbeeld een dambordpatroon van lage en hoge zuilen – een reductie van de golfoploop oplevert. Hiervoor zijn tevens verschillende coëfficiënten bepaald. Weliswaar wordt bij een dambordpatroon van zetsteen meer beton gebruikt, maar door de vermindering van de golfoploop kan de dijk wellicht lager worden uitgevoerd. Een lagere uitvoering betekent minder materiaalgebruik. Een afweging van kosten, brandstofverbruik en emissie CO₂ bepaalt dan de ontwerpkeuze. Bovendien neemt de berijdbaarheid van een dijk voor inspectiedoeleinden serieus af in het voorbeeld van een dambordpatroon.



Hillblock ecoblok met begroeiing t.b.v. biodiversiteit.

Ecologische potentie van zetstenen

Zetsteen biedt ook mogelijkheden voor natuur. Eigenschappen van de dijkbekleding die invloed hebben op de flora en fauna zijn de aanwezigheid van holtes en spleten tussen de stenen, het vermogen van de steen om water vast te houden en de ruwheid van het betonnen oppervlak. Een voorbeeld voor het vergroten van ruwheid van individuele zetstenen is een ecotop. Zo'n ecotop-laag bestaat uit bijvoorbeeld lavasteentjes die op de kop van een zuil worden geplakt. Zo'n laag houdt vocht vast en bevordert de aanhechting van plantengroei.

Projectbureau Zeeweringen van Rijkswaterstaat heeft in de Zeeuwse wateren verschillende testen uitgevoerd. In de Koude- en Kaarspolder (project uit 2008) heeft de bekleding onder andere bestaan uit betonzuilen met ecotop en een overlaging met ecotop. In Sint Annaland is in 2015 een pilot uitgevoerd met allerlei verschillende soorten ecotoppen. De ervaringen waren positief.



Haringmanblok (voorzijde) en Haringmanblok met ecotop.

Neem duurzaamheid op in de uitvraag

In beide gevallen – hergebruik of nieuwe bekleding – is het raadzaam om duurzaamheid in de uitvraag mee te nemen. De duurzaamheid van een product wordt berekend met DuboCalc. Dit is een software-tool, gebaseerd op de levenscyclusanalyse (LCA) die de milieueffecten van het materiaal- en het energiegebruik berekent vanaf de winning van primaire grondstoffen tot en met de verwijdering en mogelijkheden van hergebruik of om te recyclen. Het resultaat wordt in één getal uitgedrukt: de MKI-waarde (Milieu Kosten Indicator). Hoe lager de MKI-waarde, hoe beter het product scoort in de EMVI-beoordeling.

Projectbureau Zeeweringen heeft al wat ervaringen met gunnen op duurzaamheid. In 2011 besloot Projectbureau Zeeweringen om duurzaamheid bij aanbestedingen te waarderen, op basis van de EMVI-principes. De uitdaging voor de markt was: a) beton van een duurzamere samenstelling produceren of b) minder beton toepassen. Deze ambitie heeft geleid tot twee innovaties, de ontwikkeling van Hydroblock (Haringman Betonwaren) met een nieuwe betonsamenstelling en de ontwikkeling van Hillblock (Martens beton) dat ongeveer 30% minder beton bevat en tevens ook logistieke voordelen oplevert.

Projectbureau Zeeweringen heeft negen projecten geëvalueerd. Bij ieder project is een ambitie voor de MKI-waarde aan de markt gevraagd. In bijna alle projecten bleek de markt in staat om een zetsteen te produceren met een lagere MKI-waarde dan de ambitiewaarde. Omgerekend naar een MKI-waarde per ton zetsteen bleek dat ongeveer € 7,-/ton is gevraagd. Dit betekent dat je als opdrachtgever bereid bent om € 7,- meer te betalen per ton zetsteen als de opdrachtnemer duurzamer beton gebruikt. Uiteindelijk hoefde er maar € 4 extra voor betaald te worden. Dit betekent dat de markt veel goedkoper duurzamer zetsteen kon produceren dan verwacht.



Stabiliteitsproef Deltagoot Hillblock.

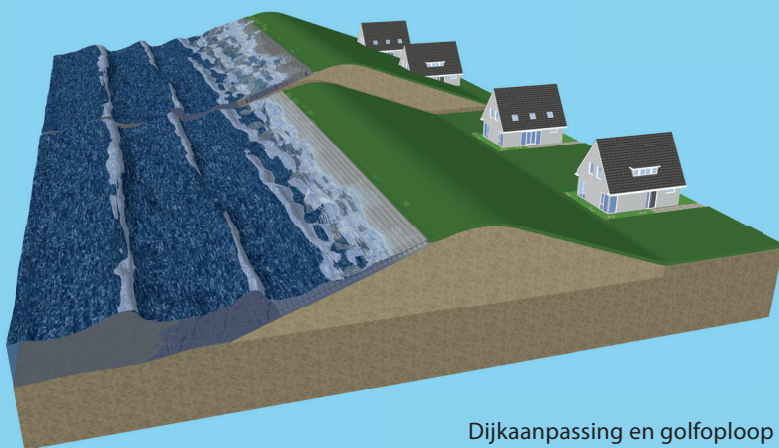
Tenslotte is de hoogte van zetstenen in combinatie met een hoge stabiliteit een voordeel wat nog beter kan worden benut. Zetstenen worden in de Deltagoot getest met grote golven: lange golven, korte golven, golven snel achter elkaar of juist met meer tussentijd. Zo wordt onderzocht hoe een dijk van zetstenen zich zou houden als er golven op los worden gelaten die maar eens per 100 of 1000 jaar voorkomen. Zetstenen met een hoge stabiliteitsfactor kunnen lager uitgevoerd worden en tóch dezelfde bescherming bieden tegen golfslag én onderdruk vanuit de dijk.

Concluderend

Het halen van de doelstellingen uit het Klimaatakkoord, de Green Deal Duurzaam GWW en het Betonakkoord vraagt om grote inspanningen. Ook bij de dijkverbeteringsprojecten liggen behoorlijke kansen om onder andere CO₂-reductie en ecologie mee te nemen in de ontwerpkeuzes. Daarbij is de toepassing van duurzaam zetsteen een relatief makkelijke manier om te leren en stappen te zetten richting 100% duurzaam beton en/of aanzienlijk lagere MKI-waardes door minder beton toe te passen met toch hetzelfde veiligheidsresultaat.

Hillblocks zijn in het bijzonder opgevallen om hun stabiliteit zodat een dijkbekleding met Hillblocks in een lagere hoogte uitgevoerd kan worden. Dit scheelt materiaal en dat brengt daarmee ook veel CO₂winst met zich mee. De unieke golfremmende kwaliteiten van het Hillblock zorgen er bovendien voor dat golven meer geremd worden zodat dijken bij renovatie of herinrichting minder of zelfs niet verhoogd hoeven te worden. En dat scheelt enorm veel grondverzet, materiaal, tijd en geld én CO₂uitstoot.

Dus: **duurzaam zetsteen bij een dijkversterking loont!**



Dijkaanpassing en golfoploop met Hillblock (voorgond) en zonder Hillblock.

