

Toepassing van zogenaamde  
groensteen of doorgroei-  
steen als taludbekleding  
op rivierdijken

A-83.028

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen  
ir. J.J.W. Seijffert  
december 1983

Inhoud:	blz.
1. Vraagstelling	1
2. Inleiding	2
3. Verzakken van de bekleding langs een talud	3
4. Uitlichten van blokken loodrecht op het talud	4
5. Uitspoelen van materiaal rond de stenen	5
6. Toepassing van doek onder de stenen	7
7. Toepassing van doorgroeisteen zonder gras	8
8. Conclusies	9

Toepassing van zogenaamde groensteen of doorgroeisteen als taludbekleding op rivierdijken A-83.028.

### 1. Vraagstelling

De directie Gelderland en district Zuidoost van de directie Waterhuishouding en Waterbeweging hebben zich tot het COW gewend met enkele vragen, betrekking hebbend op het gebruik van zogenaamde groensteen of doorgroeisteen op taluds van rivierdijken.

Doorgroeistenen zijn stenen van cementbeton met een regelmatig patroon van verticale cilindervormige openingen (met vierkante of ronde doorsnede) die 25 à 40% van het oppervlak open laten. Aan de bovenzijde zijn vaak nog enige sleufvormige verdiepingen aangebracht.

Bij zeedijken worden ze wel toegepast als bekleding in een smalle strook op de overgang tussen meer dichte harde bekledingen en de bekleding van gras op klei. Op rivierdijken worden ze soms over een groter deel van het dwarsprofiel als bekleding toegepast.

Veelal worden de stenen gevuld met grond en ingezaaid met gras.

De gestelde vragen zijn, kort samengevat:

1. Moeten, ten behoeve van de stabiliteit, eisen worden gesteld aan de minimale horizontale afmetingen?
2. Is het nuttig om tussen steen en ondergrond een kunststofdoek toe te passen om uitspoelen van onderliggend materiaal tegen te gaan, wat in het bijzonder voor vers werk van belang is?
3. Soms worden doorgroeistenen toegepast zonder opvulling van de gaten of met een vulling van grind of kleine slakken. Soms worden de blokken gezet op een laag grof korrelig materiaal. Is een dergelijke toepassing zinvol?

Er is nog geen gericht onderzoek gedaan naar de effectiviteit van doorgroeisteen en de inzichten die vanuit de ervaring bestaan zijn allerm minst éénvoudig. Om deze reden zal getracht worden om vanuit de ervaringen bij het onderzoek naar de stabiliteit van taludbekleding van gezette steen en vanuit ervaringen met bekledingen van gras op klei een beschouwing te geven van toepassingsmogelijkheden van doorgroeistenen. Deze beschouwing richt zich op de weerstand van de bekleding tegen erosie door stroom en golven. Andere redenen om deze stenen toe te passen (b.v. voor de berijdbaarheid met materieel) worden hier niet besproken.

## 2. Inleiding

Een impliciete aanname in de vraagstelling is dat een gevulde en met gras begroeide doorgroeisteen sterker is dan alleen een grasmat. Dat dit het geval is staat echter nog niet met zekerheid vast. Enerzijds kan men stellen dat de vele overgangen beton-gras - beton nadelig zijn voor de sterkte van de grasmat, anderzijds is er veel voor te zeggen dat de starre betonstructuur van de stenen een bescherming biedt tegen erosie door stroom en golven van het in de holten van de steen aanwezige gras met klei.

Voorshands zal worden aangenomen dat het laatstgenoemde effect het eerste overheerst en dat een bekleding van doorgroeisteen met klei en gras sterker kan zijn dan een enkele grasmat op klei.

Om hierover meer uitsluitel te verkrijgen zou gericht onderzoek gedaan moeten worden bestaande uit inventarisatie van ervaringen, modelonderzoek op ware grootte met uit dijken gestoken proefstukken en wellicht het aanleggen van proefvakken. Ook moet onderzocht worden welke eigenschappen de sterkte van een grasmat bepalen. Naar dit laatste wordt momenteel door het COW onderzoek verricht ten behoeve van gras op zeedijken.

Om de verschillende in de vraagstelling genoemde toepassingen te kunnen beoordelen is het nodig om idee te hebben op welke wijze de bekleding met doorgroeisteen kapot kan gaan. Op grond van de resultaten die de laatste paar jaar zijn verkregen bij het onderzoek naar taludbekledingen van gezette steen en recentelijk bij erosieproeven met gras is daarover wel een beschouwing op te zetten.

Uitgaande van een bekleding, waarbij de blokken in een aansluitend patroon zijn gezet (in vierkant of in half steeds verband), worden allereerst de volgende mogelijkheden onderscheiden.

1. verzakken van de bekleding langs het talud, waarbij ook kans bestaat op voorover zakken van de stenen (vooral bij steile taluds).
2. uitlichten van blokken in een richting loodrecht op het talud door golfkrachten.
3. uitspoelen van materiaal onder de bekledingsblokken door golven en stroom.

### 3. Verzakken van de bekleding langs een talud

Indien een taludbekleding van betonblokken aan de onderzijde onvoldoende wordt ondersteund bestaat er kans dat de blokken gaan verschuiven. Hoe steiler een talud hoe sterker uiteraard dit effect is. Het verzakken gaat vaak gepaard met scheefzakken of licht voorover kantelen van de blokken. Hierdoor ontstaan holle ruimten onder de blokken en wordt het oppervlak van het talud onregelmatig. Dit heeft tot gevolg dat stroming en water dat langs het talud stroomt t.g.v. brekende golven of scheepsgolven meer vat krijgen op de blokken en de ondergrond terwijl ook krachten loodrecht op het vlak van het talud kunnen optreden.

Het is zeer de vraag of men aan blokken in de taludbekleding de eis moet stellen dat ze onder deze omstandigheden nog geheel stabiel blijven. Een goede teenconstructie moet altijd mogelijk zijn en is, zeker op de lange duur, effectiever.

Een vergelijkbaar effect treedt op als op een steil talud blokken worden toegepast die relatief hoog zijn t.o.v. de horizontale afmetingen en deze, b.v. om ze gemakkelijk te kunnen plaatsen, met enige onderlinge tussenruimte worden gelegd. De blokken kunnen dan, tenzij de voegen met korrelig materiaal zijn gevuld, iets naar beneden schuiven en een kantelende beweging maken.

Om deze reden zou voor de stenen met een dikte van 10 à 12 cm een minimum aan de horizontale afmetingen gesteld moeten worden, waarbij  $0,40 \times 0,40 \text{ m}^2$  een logische maat lijkt. De stabiliteit tegen uitlichten door overdrukken, die hierna wordt besproken, wordt door de horizontale afmetingen niet direct beïnvloed.

#### 4. Uitlichten van blokken loodrecht op het talud

Voor het uitlichten van blokken in een richting loodrecht op het vlak van het talud is de eenvoudigste benadering die van een enkel losliggend blok. Aangezien dit een vrij ongunstige situatie is die echter wel een reële kans van vóórkomen heeft biedt deze een bruikbare referentie voor beoordeling van de sterkte.

Uit het modelonderzoek naar taludbekledingen van gezette steen dat de laatste jaren is uitgevoerd blijkt dat het uitlichten van een blok veelal optreedt door drukverschillen die in het golfdal ontstaan kort voor en na het breken van de golf. Hierbij is bepalend voor de stabiliteit de verhouding tussen de doorlatendheden van de bekledingslaag en van de funderingslaag. Een doorlatende ondergrond zoals een laag grof grind kan het ontstaan van overdrukken onder de steen bevorderen, waardoor de steen eruit gelicht kan worden. Een grote doorlatendheid van de stenen kan dit effect neutraliseren. Een open doorsnede van 25 à 40% is in het algemeen voldoende om te voorkomen dat zelfs bij tamelijk open funderingslagen te grote overdrukken ontstaan. Bij een dikte van de blokken van 0,10 à 0,15 m mag zeker worden verwacht dat bij golven tot  $H_s = 0,5$  à  $0,75$  m geen uitlichten door dit soort overdrukken op zal treden.

Bij grotere golven gaan ook andere mechanismen een rol spelen (zoals de druk van de brekende golftong), maar met dergelijke golfhoogten behoeft bij rivierdijken nauwelijks rekening te worden gehouden.

De conclusie kan zijn dat doorgroeisteen op taludhellingen 1:3 voldoende stabiel zijn tegen uitlichten door brekende golven mits ze aansluitend en vlak zijn gelegd. Hoewel er nog geen proeven met steilere taludhellingen zijn uitgevoerd wordt verwacht dat ook de stabiliteit op taluds 1:2,5 en 1:2 nog heel behoorlijk zal zijn.

## 5. Uitspoelen van materiaal rond de stenen

Het verzakken van blokken kan worden voorkomen (zie 3.) en uitlichten van blokken door golfwerking is erg onwaarschijnlijk (zie 4.). Daarom lijkt de maatgevende wijze van stabiliteitsverlies van doorgroeistenen die waarbij het materiaal onder de blokken wordt weggespoeld, waardoor ze hun steun en samenhang verliezen. Men moet hierbij denken aan langdurige, niet te zware aanval door stroom en golven. Inzaai met gras lijkt een goede oplossing om dit te voorkomen.

Bij bespoelen met golven is er grote kans dat de bovenlaag van het gras extra beschadigt op de overgangen beton-gras-beton. Dit lijkt bij aanval van beperkte duur (enkele weken) geen groot bezwaar omdat de belangrijkste weerstand tegen erosie geboden moet worden door het samenstel van wortels en klei in de bovenste wortellaag. Er moet dan ook bevorderd worden dat deze wortellaag zich optimaal ontwikkelt in de openingen van de staan en vlak onder de steen. Dit kan door de gaten in de steen te vullen met het teelaarde met een kruimelstructuur of gescherfde grond (bij voorkeur klei) die goed aansluit op de eronder liggende klei, zodanig dat geen discontinuïteit ontstaat waar de wortels niet doorheen groeien.

Indien het bovenste gras weg-erodeert moet vervolgens de in de gaten opgewekte turbulentie, die al veel geringer is dan die boven de stenen, door de daarin aanwezige wortellaag worden weerstaan. Hiervoor zullen de gaten geen grotere diameter moeten hebben dan iets meer dan de halve steendikte (bij stenen van 12 cm dikte zo'n 6 à 8 cm). Ter vermindering van uitslijping van klei via doorgaande voegen moeten de stenen zo tegen elkaar aan gelegd worden dat geen ruime verticaal langs het talud doorlopende voegen ontstaan.

Vermeden moet worden dat er een kleilaag op de stenen terecht komt omdat de kans dan groot is dat het gras het merendeel van de wortels boven de stenen laat groeien. In dat geval ontstaat er een op de stenen liggende grasmat die onvoldoende in de ondergrond is verankerd en die er bij golfaanval af kan scheuren, waarna de eronder liggende vrijwel onbeschermde klei bloot komt te liggen. Dan dreigt uit- en onderspoeling door wind- en scheepsgolven en stroom.

Om deze reden is het de vraag of de sleuven die vaak in het oppervlak worden aangebracht wel gunstig werken. Overwogen zou kunnen worden om de stenen ondersteboven toe te passen, of de sleuven weg te laten omdat holle ruimtes onder de blokken ook nadelig voor de stabiliteit kunnen zijn.

De doorgroeisteen met gras moet vooral gezien worden als een samenwerking van twee materialen waarbij de wapenende structuur van de steen de wortellaag van het gras beschermt tegen de eroderende werking van stroom en golfaanval.

Opgemerkt kan worden dat de bescherming van de grasmat ook

effectief is tegen schade door drijvende voorwerpen zoals lege vaten, boomstammen, en drijvende koelkasten, die veel schade aan de grasmat kunnen aanbrengen.

Voor een goede bescherming van de kleilaag onder de stenen blijft de grasmat in de gaten van de stenen een essentiële rol vervullen. Van de stenen alleen kan wel enige vertraging van de erosie van de klei verwacht worden, maar gezien de grootte van de gaten in de stenen mag hier niet erg veel van verwacht worden. Dit leidt tot de conclusie dat doorgroei-stenen pas tot hun recht komen op plaatsen waar de grasmat voldoende gelegenheid krijgt om zich te ontwikkelen.



## 6. Toepassing van doek onder de stenen

Het toepassen van fijnmazig kunststof doek onder de stenen zou wellicht de erosie van de eronder liggende klei kunnen vertragen. De gedachte is dat dit vooral gunstig werkt in de beginperiode waarin de grasmat nog erg kwetsbaar is. Indien men daarvoor doek kiest dat zo fijn is dat het kleideeltjes tegen houdt zal dit echter als barrière voor de graswortels gaan werken.

De toepassing van doek lijkt dus niet goed verenigbaar met het doel een goede erosiebestendige grasmat te kweken.

Elke grasmat heeft enige tijd nodig om sterkte tegen erosie op te bouwen. Enig risico van beschadiging in de kwetsbare periode lijkt nauwelijks te voorkomen. Om dit te beperken lijkt het het meest logisch terug te grijpen naar de bekende middelen om een grasmat op een talud tijdelijk te beschermen: Besproeien met kleefmiddelen en inzaaien met snel opkomende, kort levende grassoorten of andere gewassen.

Om de beloopbaarheid van de klei tijdens de aanleg van de taludbekleding te verbeteren, wordt soms kunststofdoek met een grote maaswijdte toegepast. Aangezien dit de grasgroei niet nadelig zal beïnvloeden lijkt een dergelijke toepassing van kunststofdoek niet nadelig voor de uiteindelijke sterkte. Ook van jute-doek, dat vrij snel verteert, zou een dergelijke werking verwacht mogen worden.

## 7. Toepassing van doorgroeisteen zonder gras?

Indien men de doorgroeisteen wil toepassen zonder toepassing van gras op klei zal men naar andere middelen moeten zoeken om de ondergrond (waarin veelal toch zand en/of klei aanwezig is) vast te houden. Als mogelijkheden zijn dan denkbaar grofkorrelig materiaal en filterdoek.

Filterdoek is meestal niet klei-dicht en blijft kwetsbaar als het direct onder de stenen wordt toegepast. Door waterbeweging en uitspoeling uit de gaten kan het doek in de gaten vrij komen te liggen en gaan klapperen, wat slijtage tegen de betonranden kan veroorzaken en tot materiaalverplaatsing onder het doek kan leiden. Het lijkt daarom een vrij kwetsbare constructie. Als grof korrelig materiaal wordt toegepast kan dit door de gaten worden weggespoeld. Bij de proeven op ware grootte en de Deltagoot trad uitspoeling van grind veel eerder op (d.w.z. bij lagere golfhoogten) dan instabiliteit van de stenen zelf.

Men zou dus grind moeten kiezen dat zo grof is dat het niet door de gaten heen kan. Voor de bescherming van een ondergrond van klei of zand is dan óf een zeer dikke laag of een gegradeerde filteropbouw nodig. Voor die gevallen zijn er waarschijnlijk veel effectievere taludbekledingen dan doorgroeisteen op een filterlaag mogelijk. Op plaatsen waar het gras zich niet optimaal kan ontwikkelen leidt de toepassing van doorgroeisteen derhalve tot onlogische constructievormen.

Zuilen en Haringmanblokken zijn, bijvoorbeeld toegepast op een laag grind of split, door hun geringere doorlatendheid individueel wat minder stabiel dan door groeistenen. Bij een dikte van minstens 15 cm (normale beton) zullen ze echter tot een golfhoogte van  $H_g = 0,50$  m zeker stabiel zijn en bij 20 cm tot  $H_g = 0,65$  à  $0,70$  m.

Vulling van de gaten in de doorgroeistenen met grof korrelig materiaal laat weinig mogelijkheden voor de ontwikkeling van een goede grasmatt met wortelstelsel. Bovendien is dit materiaal, zeker indien ook onder de stenen een doorlatende laag aanwezig is, gevoelig voor uitspoeling. Ook in dit geval ontstaat dus een onlogische constructievorm.

## 8. Conclusies

1. Hoewel de stabiliteit van doorgroeistenen niet erg gevoelig is voor de horizontale afmetingen van de individuele steen is het toch verstandig om zekere minimale afmetingen, zoals b.v. 0,40 x 0,40 m<sup>2</sup> aan te houden. Hierbij behoort evenwel de eis dat de stenen goed aansluitend en vlak worden gelegd, zonder doorgaande voegen en met een goede ondersteuning aan de teen. Blokken met ongeveer gelijke dikte en soortelijk gewicht en met niet minder dan 25% openingen zullen dan ongeveer gelijkwaardig zijn.
2. Kunststofdoek tussen doorgroeisteen en ondergrond kan in de beginperiode gunstig werken. Het is echter strijdig met de ontwikkeling van een goede grasmat en conventionele methoden om een grasmat tot ontwikkeling te laten komen verdienen dan ook de voorkeur.
3. Toepassing van korrelig materiaal in en onder de stenen verdraagt zich niet met het kweken van een goede grasmat en leidt op zich zelf gezien tot een onlogische constructie waarvoor betere alternatieven voorhanden zijn. Hierbij kan men denken aan diverse zuilen of betonblokken van 0,15 à 0,20 m dikte.
4. Het logische toepassingsgebied van doorgroeistenen is daar waar een goede grasmat tot ontwikkeling kan komen.