

FUTURE DIKES

A stylized illustration of a plant with a light blue stem and leaves, and white roots, growing from a dark teal background. The plant is positioned on the right side of the cover, with its roots extending downwards and outwards.

**2
0
2
4**

**STERKE
SOORTENRIJKE
DIJKBEKLEDING**





1500 kilometer aan Nederlandse dijken moet in de komende jaren versterkt worden om te voldoen aan de nieuwe veiligheidsnormen. Een enorme opgave, maar ook een kans. Want waarom zou je de gelegenheid niet aangrijpen om de dijk niet alleen steviger te maken, maar ook beter voor de biodiversiteit én mooier om te zien? In het HWBP- innovatieproject Future Dikes onderzoeken we hoe we Nederlandse dijken kunnen versterken met soortenrijke dijkbekleding.

WAAROM SOORTENRIJKE DIJKBEKLEDING?

ONDERZOEKSVRAAG FUTURE DIKES

Zijn dijken met een soortenrijke dijkbekleding (bloemdijken) net zo sterk als dijken met grasgedomineerde dijkbekleding?

Op meer dan 95% van de Nederlandse dijken groeit voornamelijk gras. Op 3 tot 5% van de dijken ligt een soortenrijke dijkbekleding: een mix van grassoorten en kruidensoorten. Ook wel bekend als een bloemrijke dijk.

Eerder onderzoek doet vermoeden dat een soortenrijke grasbekleding goed bestand is tegen de erosieve werking van overstromend water. Kruiden wortelen over het algemeen dieper dan grassen, en de mix van diepe en ondiepe wortels zorgt voor een stevige wortelmat die de bodemlagen van de dijk bij elkaar houdt. Zowel boven- als ondergronds biedt een soortenrijke vegetatie dan ook een uitstekende eerste beschermlaag.

*Proefvlakken op de dijk worden nauwkeurig ingemeten om later de vegetatie, doorworteling en erosiebestendigheid te onderzoeken.
(Foto Hans de Kroon)*



Daarnaast kan soortenrijke dijkbekleding bijdragen aan het behoud en herstel van biodiversiteit: er is plek voor bijzondere planten- en insectensoorten. Dijken slingeren bovendien door het Nederlandse landschap en kunnen zo een verbindende factor zijn tussen verschillende ecosystemen.

Vanuit het belang van biodiversiteit is er vraag naar meer soortenrijke dijken. Future Dikes wil antwoord geven

op de vraag: Zijn biodiverse, soortenrijke dijken net zo sterk als dijken met een grasgedomineerde bekleding?

Om dit te kunnen onderzoeken, hebben we gekeken naar de relaties tussen vegetatie, bodem en treksterkte van de zode op bestaande soortenrijke dijken. Door middel van treksterktemetingen en golfverslagproeven hebben we onderzocht wat de erosiegevoeligheid van deze grasbekleding is.

WAT VERSTAAN WE ONDER SOORTENRIJKE DIJKVEGETATIE?

Een soortenrijke dijkvegetatie bestaat uit minimaal 30 soorten planten op een oppervlakte van 25 m². De vegetatie bestaat uit grassen en kruiden. Grasachtigen als zeggen, biezen, russen en cypergrassen worden gerekend tot de grassen. De kruiden bestaan uit alle niet-houtige soorten. De variatie in soortenrijkdom bestaat vooral uit een variatie in aantal soorten kruiden: het aantal kruiden is minimaal 20, het aantal grassen is minimaal 10. De bodembedekking door

mei-juni). De bekleding moet ten minste 4 jaar oud zijn en onder regulier dijkbeheer vallen. Er mag geen sprake zijn van kortstondige verandering, verstoring van, of ingreep in de vegetatie op meer dan 5% van het oppervlak.

De bekleding voldoet aan de eis van een gesloten wortelmat (conform BOI2023). Hierbij willen we opmerken dat de visuele beoordeling van de bedekking voor soortenrijke bekledingen vaker dan voor

grasbekledingen 'open' kan zijn, echter doorslaggevend is de dichtheid van de wortelmat. Dit kan worden gecontroleerd door

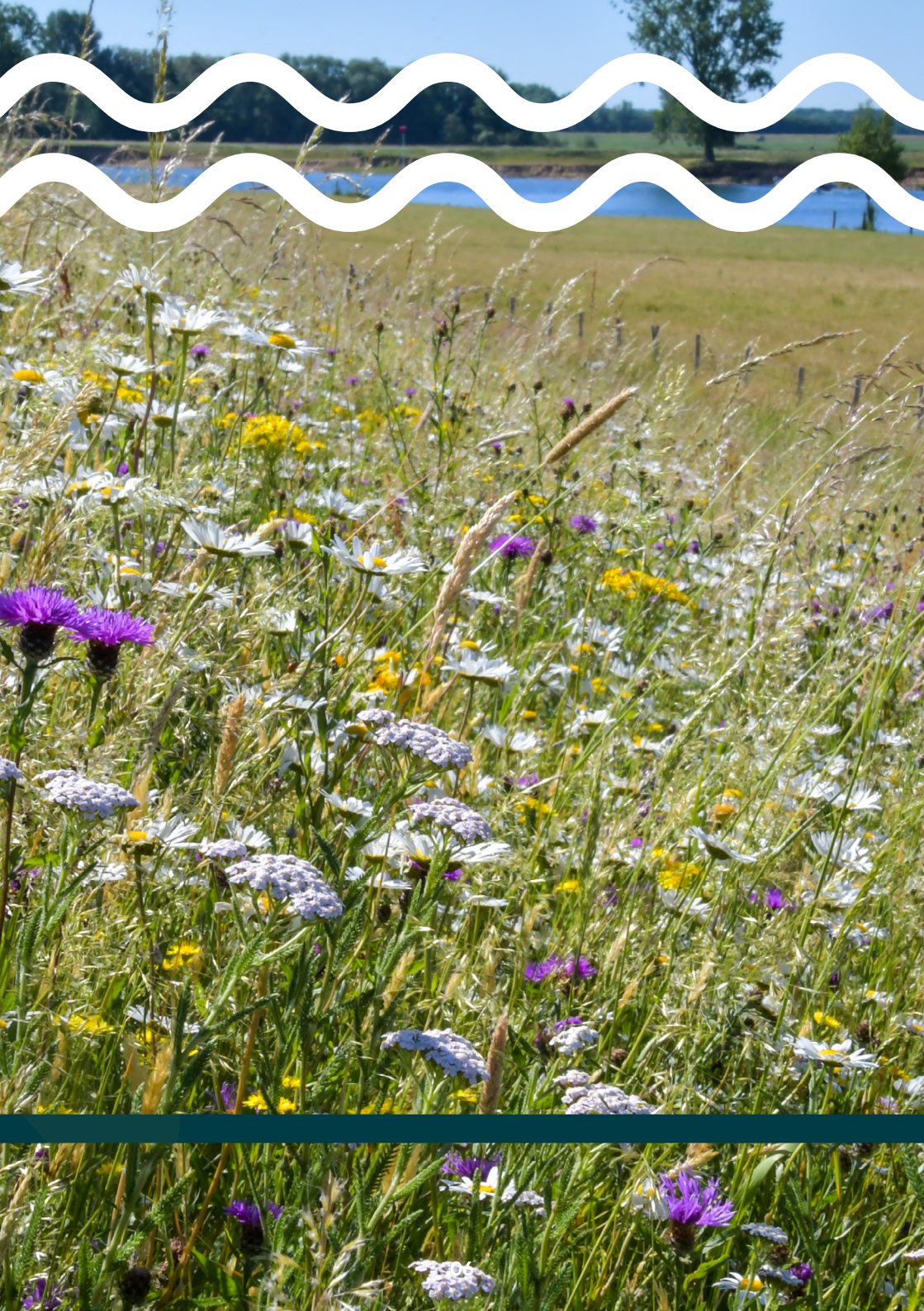
visuele beoordeling en het steken van een plag (zie www.handreikinggrasbekleding.nl).

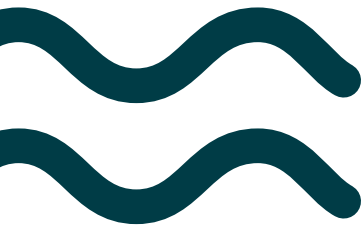
SOORTENRIJKE DIJKVEGETATIE

Een mix van minstens 30 plantensoorten per 25 m², met daarin minimaal 20 kruidensoorten en 10 grassoorten, resulterend in een kruidenbedekking tussen 15% en 80%.

de kruiden is minimaal 15% en maximaal 80% (vastgesteld vóór de eerste maaibeurt, in

Maasdijk bij Balgoij. (Foto Cyril Liebrand)





WAAR VINDEN WE SOORTENRIJKE DIJKVEGETATIES?

Soortenrijke dijkvegetaties komen voor op substraten (bodems) met een lutumgehalte tussen 8-28%, bodem tussen zand en klei in. Dit valt onder de Stiboka classificatie lichte zavel (lutum 8-17,5%) of zware zavel (lutum 17,5-28%; textuurbepaling volgens NEN 5753). Dit komt bijna volledig overeen met de classificatie 'fijne grond' volgens de NEN-EN-ISO 14688. Daarnaast zijn het organische stofgehalte en de korrelgrootteverdeling van de minerale fractie exclusief grind in het substraat (D60/

D10) medebepalend voor een goede ontwikkeling van een soortenrijke vegetatie. Het geschikte substraat voor soortenrijke begroeiingen bevat ruwweg 3-7% organische stof en heeft een D60/D10 zandfractieverhouding tussen 40-200. (zie de figuur hiernaast).

Schematische weergave van de verschillen tussen Gras op zand, soortenrijke dijkvegetatie op zavel en Gras op Klei en het indicatieve overzicht van de relaties tussen bodemeigenschappen, vegetatiekenmerken en erosiegevoeligheid. Soortenrijk op zavel is beproefd in Future Dikes.

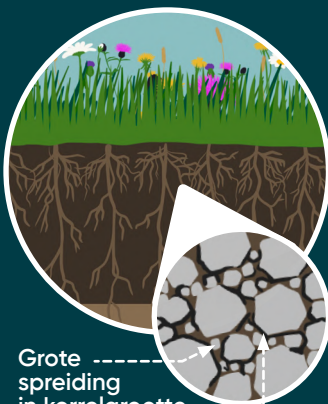
Gras op zand



Grote
uniforme
zandkorrel

Veel ruimte
tussen korrels

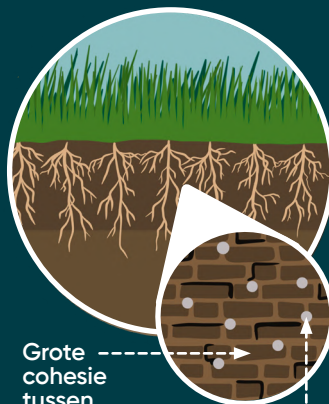
Soortenrijk op zavel



Grote
spreiding
in korrelgrootte

Aggregaatvorming
tussen
zand, lutum en organische
stof

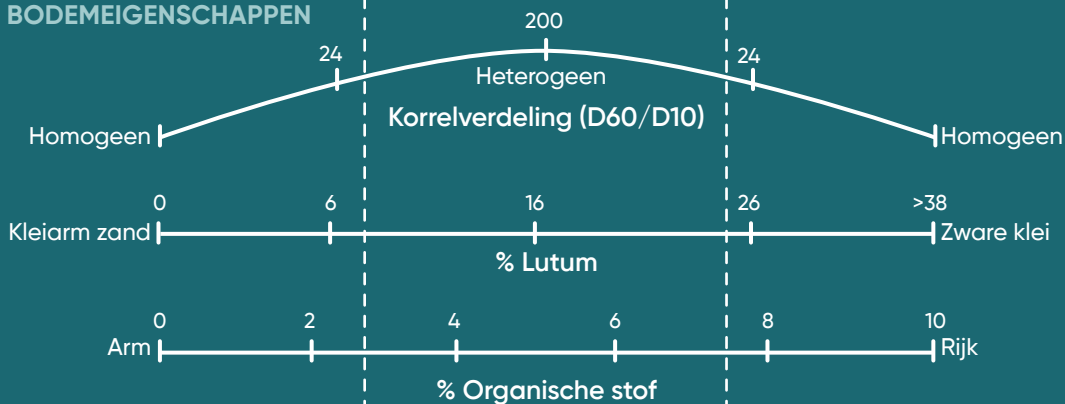
Gras op klei



Grote
cohesie
tussen
kleinmineralen
door elektro-
statische binding

Weinig
minerale
delen

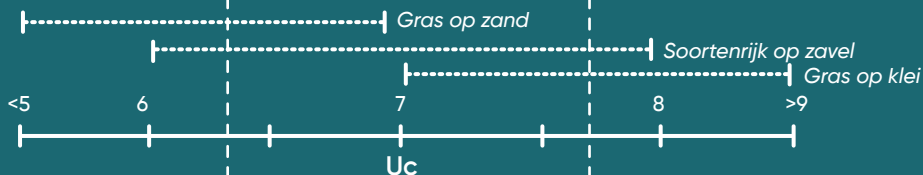
BODEMEIGENSCHAPPEN



VEGETATIEKENMERKEN



EROSIEGEVOELIGHEID



HOE BEÏNVLOEDEN DE VEGETATIE, BODEM EN STERKTE ELKAAR?

Hoe zijn vegetatie-eigenschappen, standplaatsomstandigheden (m.n. de bodem) en sterkte van de soortenrijke vegetatie aan elkaar gerelateerd?

In theorie zijn soortenrijke vegetaties potentieel sterke dijkbekledingen. Op basis van tal van biodiversiteitsstudies in graslanden is de verwachting dat een combinatie van verschillende soorten voor een betere en sterkere doorworteling van de bodem zorgt vergeleken met soortenarmere situaties of monoculturen. De meeste grassen zullen de

bodem uitgebreid doorwortelen tot circa 10 cm diepte, terwijl kruiden met penwortels of juist breed uitstrelende wortelstelsels tot wel een meter diep kunnen reiken. De verschillende wortelstelsels groeien door elkaar heen en raken verknoot, waardoor het een stevige wortelmat wordt.

Ook zorgen wortels voor zuurstof in de bodem en scheiden allerlei stoffen (exudaten) uit die het bodemleven bevorderen. Een mengeling van deze exudaten, vocht en micro-organismen zorgt voor een nog sterkere bodemstructuur door



onder andere verkitting van de bodem. In welke mate dit optreedt, is afhankelijk van de samenstelling van de bodem: de fysische en chemische eigenschappen van de bodem kunnen doorworteling stimuleren of juist afremmen.

Ook het bovengrondse beheer van de vegetatie is van belang voor de sterkte van de zode. Planten die een overmaat aan voedingsstoffen ter beschikking hebben (door bijvoorbeeld bemesting) zullen niet gestimuleerd worden om diep te wortelen. Bovendien zal een overmaat aan voedingsstoffen

concurrentiekrachtige soorten bevoordelen, wat doorgaans leidt tot een soortenarmere begroeiing.

Verschillende soorten grassen en kruiden hebben verschillende wortelstelsels. Samen vormt die ondergrondse diversiteit een verweven en verknoopt wortelnetwerk dat bijdraagt aan de samenhang van de bodem.



Analyse van relaties tussen vegetatie, bodem en sterkte

Binnen Future Dikes hebben we 103 soortenrijke locaties op bestaande rivierdijken langs de Maas, Waal, Rijn en IJssel onderzocht. Op 49 locaties hiervan is uitgebreid bodemonderzoek uitgevoerd waarbij profielen zijn gestoken. Op 20 locaties hiervan zijn grastrekproeven uitgevoerd waarmee de treksterkte van de zode is bepaald. Op dezelfde 20 locaties is de doorworteling bepaald aan de

hand van worteldichtheden in 5 dieptelagen. Op drie van de 20 locaties zijn golfoverslagproeven (6 proefstroken in totaal) uitgevoerd die zijn gebruikt voor de validatie van de grastrekproeven.

Hoe beïnvloeden de vegetatie en de samenstelling van de bodem de sterkte van de dijkbekleding?

Een hogere soortenrijkdom, met name meer soorten kruiden, zorgt voor een betere, voornamelijk fijne, doorwor-



teling van de bodem. De relatie van de kruiden met de doorworteling is afhankelijk van hun dichtheid. Tot een kruidenbedekking van 50% neemt de doorworteling toe. Met de kruidenbedekking boven 50% neemt de doorworteling geleidelijk af. Een kruidenbedekking rond de 50% levert de hoogste worteldichtheid op.

De bodemeigenschappen van de onderzochte soortenrijke dijkvakken die bepalend zijn voor de treksterkte zijn het

lutumgehalte en de capaciteit om water vast te houden (waterretentiecapaciteit). De waterretentiecapaciteit hangt weer sterk af van het lutumgehalte, de verdichtingsgraad en het organische stofgehalte.

De treksterkte is ook gekoppeld aan de doorworteling, met name de dichtheid van de fijne wortels in de ondiepe (0-10 cm) bodemlagen. Grove doorworteling (van bijvoorbeeld grote penwortels) speelt geen significante rol in de hier gemeten treksterkte.

CONCLUSIE

Soortenrijke grasbekledingen zijn het sterkst als ze een groot aantal kruiden bevatten met een significante invloed op de fijne doorworteling, terwijl ze niet in een hoge bedekking voorkomen. Deze bekledingen treffen we aan op bodems waarbij gehalten aan lutum en organische stof zodanig zijn dat waterretentie-capaciteit en fijne doorworteling worden bevorderd.

De grastrekker trekt een zode los uit een soortenrijke dijkbekleding. De zode wordt langs twee of vier zijden losgesneden. Er worden pinnen door de zode geslagen, en de kracht die nodig is om de zode los te trekken is een maat voor de sterkte van de zode.

(Foto Nils van Rooijen)

EROSIEBESTENDIGHEID VAN SOORTENRIJKE DIJKBEKLEDING

De hoofdvraag van het onderzoeksproject Future Dikes was of soortenrijke dijkbekleding net zo sterk is als een grasbekleding zoals beschreven in het BOI2023. Met sterkte bedoelen we hier de erosiebestendigheid, uitgedrukt in een kritische frontsnelheid U_c (m/s). Hoe hoger de kritische frontsnelheid, hoe erosiebestendiger de dijkbekleding.

Uit de resultaten blijkt dat

soortenrijke dijkbekleding een normale verdeling van de kritische frontsnelheid U_c heeft, met een gemiddelde van 7 m/s en een standaardafwijking van 1 m/s. Hierbij hoort de definitie van een soortenrijke vegetatie zoals eerder gegeven, die voorkomt op lichte tot zware zavel. Hiermee presteren soortenrijke bekledingen intermediair tussen open en gesloten zoden op klei (zie tabel hiernaast).



"Uit Future Dikes fase 1 blijkt dat soortenrijke dijkbekleding net zo sterk is als de bekende grasbekleding, maar beter voor de biodiversiteit, én een lust voor het oog. Het HWBP spreekt daarom de ambitie uit om sterke soortenrijke dijken als standaard in te voeren."

- Erik Wagener,
directeur Hoogwaterbeschermingsprogramma

Vanwege de onderscheidende karakteristieken wat betreft erosiebestendigheid, vegetatie- en bodemtypologie, en omdat er geen restricties aan het toepassingsgebied (d.w.z. rivier-, zee-, of meerdijken)

worden geadviseerd, wordt voornamelijk de soortenrijke bekleding als aparte categorie behandeld ten opzichte van de bestaande grasbekledingen in onderstaande tabel.

Gemiddelde Uc en standaardafwijkingen bij verschillende typen vegetatie.

Bekleding	Gemiddeld (m/s)	Standaardafwijking (m/s)
Gras - Gesloten zode op klei	8	1
Soortenrijke vegetatie op zavel - Gesloten	7	1
Gras - Open zode op klei	6	0,75
Gras - Gesloten zode op zand	5,5	1

Overloop en golfoverslag

Voor rivierdijken geldt veelal dat overloop dominant is ten opzichte van golfoverslag. Een soortenrijke bekleding leidt in die gevallen niet tot een significant verschil in benodigde kruinhoogte of faalkans. Voor zee- en meerdijken waar

golfoverslag wel dominant is, geldt dat dit wél leidt tot een significant verschil in benodigde kruinhoogte of faalkans. In enkele cases was dit in de orde van enkele decimeters kruinhoogte.

Het uit de dijk gestoken wortelprofiel wordt door de onderzoekers in lagen opgesneden om de worteldichtheid in verschillende dieptes te onderzoeken. (Foto Nils van Rooijen)

Betrouwbaarheid grastrekproef

De mobiele grastrekproef meet de kracht die nodig is om een zode van 20x20cm los te trekken. Dit is geeft een indicatie voor de erosiegevoeligheid. De betrouwbaarheid van de grastrekproef is in het kader van Future Dikes onderzocht. Hiervoor is gekeken naar zowel soortenrijke bekledingen als naar eerdere onderzoeken naar gras op zand en gras op klei. De omrekening van de treksterkte naar de U_c is aangepast, waardoor de overeenkomst tussen de U_c uit de grastrekproef en de overslagproef is verbeterd.

Een belangrijk voordeel van de grastrekproef is dat in relatief korte tijd een groot aantal metingen uitgevoerd kan worden, welke een voldoende betrouwbaar inzicht geven in de treksterkte en erosiebestendigheid van de grasbekleding. De grastrekker als onderscheidende proef voor verschillende zaadmengsels in Fase 2 van Future Dikes is hiermee mogelijk.

EROSIE METEN

Door herhaalde overslag ontstaat op een gegeven moment schade (erosie). We meten hoe lang het duurt voordat er gaten worden geslagen, en welke hydraulische belasting hiervoor nodig is.

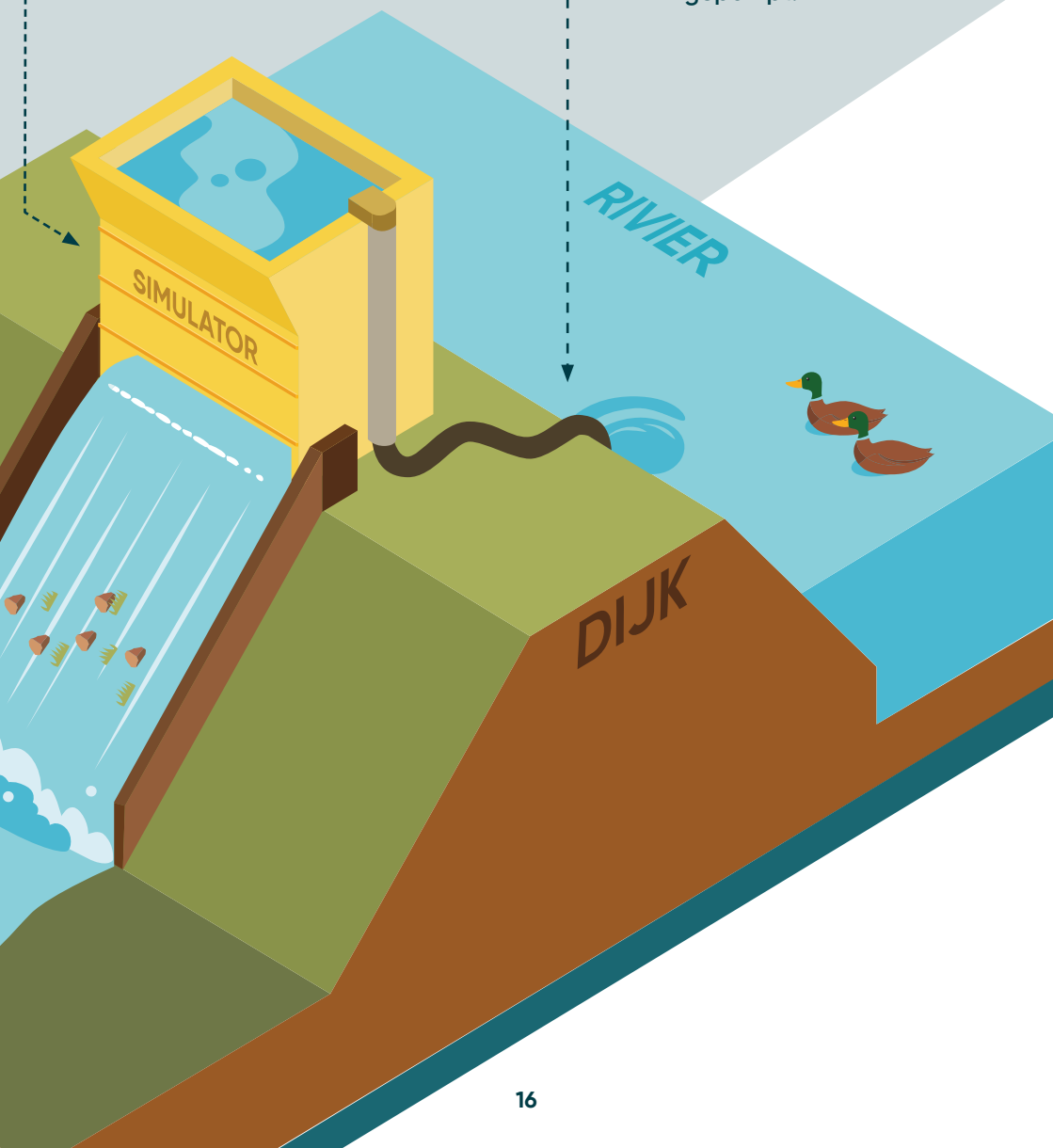


OVERSTROMING

Met het apparaat wordt golfoverslag bij hoog water nagebootst. Er worden duizenden liters water losgelaten over de dijk.

WATER OPPOMPEN

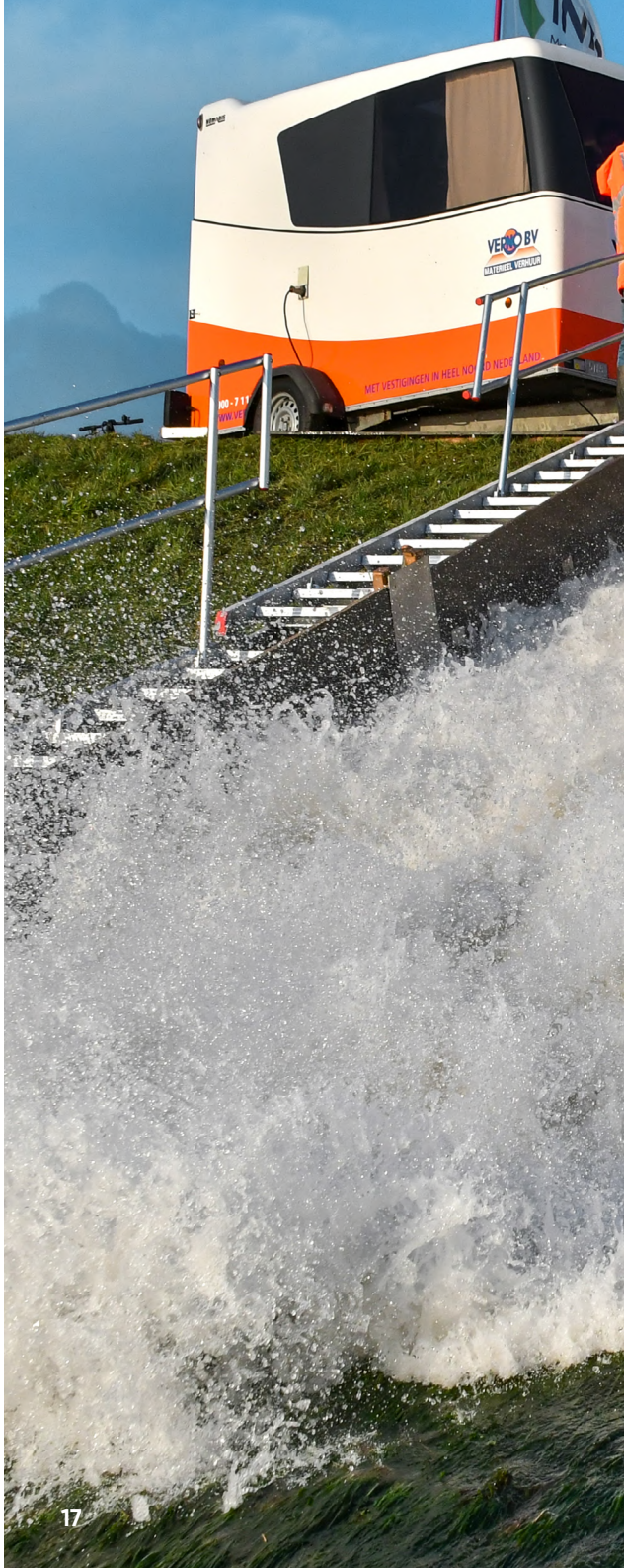
Water uit de rivier wordt een apparaat (simulator) ingepompt.



CONCLUSIE

De erosiebestendigheid van soortenrijke bekledingen wordt bepaald door de beworteling in combinatie met het zavelige substraat. Hierdoor presteren deze bekledingen vrijwel net zo goed als een gesloten grasbekleding op zware klei. Voor rivierdijken is er vanuit het oogpunt van waterveiligheid geen belemmering om een soortenrijke vegetatie te ontwikkelen.

*Impressie van de
golfverslagproef langs de
Maasdijk bij Balgoij.
(Foto Cyril Liebrand)*







HOE LEG JE SOORTENRIJKE DIJKBEKLEDING AAN?

Uit ons onderzoek blijkt dat soortenrijke vegetatie op waterkeringen vooral tot ontwikkeling komen in bodems van lichte tot zware zavel. Indien bij dijkversterking een dergelijke toplaag aanwezig is, is hergebruik van de oorspronkelijke toplaag het meest kansrijk voor een snelle ontwikkeling van een soortenrijke dijkvegetatie. Indien de oorspronkelijke toplaag niet kan worden hergebruikt, dient de nieuwe toplaag te bestaan uit een lichte of zware zavel met voldoende organisch materiaal (3-7%) en een optimale korrelgrootteverdeling van de zandfractie (zie Figuur op pag. 8). Bij het aanbrengen van de nieuwe toplaag dient deze

niet te sterk verdicht te worden. Bij voorkeur dient gezorgd te worden voor een goede aansluiting (lees: geleidelijke overgang in granulaire samenstelling en verdichting) van de toplaag op de onderlaag.

Uitgaande van een nieuw opgezette toplaag, dient er actief ontwikkelbeheer toegepast te worden richting soortenrijke dijkvegetatie, tegelijk met een ontwikkeling van de beworteling en het bodemleven.

In het huidige advies over samenstelling inzaaimengsels, inzaaimethoden en -tijdstippen dat te vinden is op www.handreikinggrasbekleding.nl raden we twee mengsels

aan: Dijken basis Gras (DbG) en Dijken basis Kruiden (DbK). Dijken basis Gras bestaat voor 65% uit de soorten uit het standaard dijkmengsel D1 en voor 35% uit 6 grassoorten die de basis vormen van de toekomstige dijkvegetatie. Dijken basis Kruiden bevat 27 soorten kruiden die algemeen voorkomen op de dijken in Nederland. Voor een bijdrage aan de biodiversiteit is de inheemse herkomst van de kruidensoorten een pré.

Future Dikes onderzoekt hoe deze en andere mengsels van grassen en kruiden de beste wortelontwikkeling geven. In Fase 1 van Future Dikes zijn inzaaiproeven opgestart die in Fase 2 doorontwikkeld worden. We verwachten dat de basis mengsels snel een gesloten grasbekleding en dichte beworteling vormen. Ze hebben ze een dusdanige variatie in soortensamenstelling dat ze ook zo snel mogelijk een soortenrijke dijkvegetatie zullen opleveren. We vergelijken de basismengsels met het soortenarme standaard grassenmengsel (D2), mengsels met minder soorten grassen en kruiden dan de basismengsels, en andere verhoudingen tussen grassen en kruiden.

OPTIMALE INGREDIËNTEN VOOR SOORTENRIJKE DIJKBEKLEDING

- **Toplaag: lichte of zware zavel met voldoende organisch materiaal (3-7%) en een optimale korrelgrootteverdeling van de zandfractie (D60/D10 40-200**
- **Aanbevolen zaaimengsel: Dijken basis Gras (DbG) en Dijken basis Kruiden (DbK)**
- **Kijk voor de meest actuele adviezen op www.handreikinggrasbekleding.nl**

De mengsels zijn op proefdijkjes ingezaaid waarop de ontwikkeling van vegetatie en doorworteling de komende jaren worden gevolgd. Ook worden de proefdijken aan zomerdroogtes blootgesteld en gaan we schade en herstel, opnieuw boven- en ondergronds, in kaart brengen. Dit moet leiden tot een advies voor de beste, meest robuuste en meest kosteneffectieve zaadmengsels voor de ontwikkeling van soortenrijke dijkvegetatie.



HOE BEHEER JE SOORTENRIJKE DIJKBEKLEDING?

Beheer is essentieel bij de ontwikkeling en het behoud van soortenrijke dijkvegetaties. Beheer vormde geen onderdeel van Future Dikes Fase 1, waarin het accent lag op de eigenschappen van soortenrijke dijkvegetatie en de relaties met bodem en sterkte (t.b.v. toetsing). Voor het realiseren van de ambitie om soortenrijke grasbekleding grootschalig te introduceren en in stand te houden is daarom Future

Dikes Fase 2 ontworpen. Doel is dijkbeheerders alle instrumenten in handen te geven om soortenrijke dijken te ontwikkelen en in stand te houden.

In fase 2 van Future Dikes zal het accent liggen op ontwikkelbeheer in de eerste jaren na aanleg van nieuwe dijken, en omvormbeheer van bestaande soortenarme vegetaties. Gegeven de zorgen bij de



"Stel je toch eens voor dat al die duizenden kilometers dijken in Nederland ons naast waterveiligheid ook een prachtige soortenrijkdom aan planten bieden en een walhalla voor onze insecten. Dat kan gewoon, als we als waterschappen onze schouders zetten onder soortenrijke dijken"

- *Els Otterman, bestuurslid Hoogheemraadschap
Stichtse Rijnlanden*



(Foto Cyril Liebrand)

waterschappen zullen we veel aandacht besteden aan droogte. In proeftuin en op dijkvakken gaan we testen of soortenrijke vegetaties beter bestand zijn tegen langdurige droogte dan soortenarme grasgedomineerde begroeiingen. De aanpak zal zijn om met de dijkbeheerders in hun praktijk goede specifieke adviezen te formuleren en tegelijk, door een serie van gerichte experimenten, te

komen tot breed toepasbare toolkits voor beheer en onderhoud, waarbinnen ruimte voor maatwerk is opgenomen. Deze toolkits vormen samen een Toolbox Soortenrijke Dijken die zal worden opgenomen in een 'Handreiking 2.0' (www.handreikinggrasbekleding.nl).





ONZE AMBITIE VOOR FUTURE DIKES FASE 2

Het Hoogwaterbeschermingsprogramma en de waterschappen hebben de ambitie uitgesproken om te komen tot "Sterke soortenrijke dijken als standaard". In fase 2 van Future Dikes willen we deze ambitie realiseren door een aantal samenhangende praktijkexperimenten uit te voeren op nieuwe en bestaande dijken van een aantal waterschappen.

Op het einde van Fase 2 staat niets de ontwikkeling van soortenrijke dijken in de weg. We hebben ervaring opgedaan met ontwikkeling en omvorming, en hebben de beschikking over gevalideerde zaadmengsels die het beste resultaat geven. Hiermee zorgen we samen voor veilige dijken die een bijdrage leveren aan de biodiversiteit en een parel in het landschap zijn. Voor meer informatie over de voortgang van Future Dikes verwijzen we u graag naar www.ru.nl/futuredikes.

*Proefdijkjes op het terrein van de Radboud Universiteit waar de ontwikkeling van verschillende zaadmengsels wordt gevolgd.
(Foto Steven Huls)*

Future Dikes Fase 1 (2022–2024) is een kennis- en innovatieproject van het HoogWaterBeschermsProgramma (HWBP), uitgevoerd in opdracht van Waterschap Rivierenland. Future Dikes Fase 2 (2024–2027) zal worden uitgevoerd in opdracht van de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).



Future Dikes wordt uitgevoerd door

- **Radboud Universiteit** (hoofdaannemer)
- **Wageningen Environmental Research**
- **Universiteit Twente**
- **EurEco** ecologisch onderzoek en advies
- **Lumbricus** Environmental Research and Consultancy
- **Infram-Hyden** Waterbouw Innovatie en Onderzoek
- **Deltares**

Radboud Universiteit



UNIVERSITY OF TWENTE.





In de proefdijkjes zitten transparante buizen waar de wortels overheen groeien. Met een scanner maken we regelmatig opnamen zodat de wortelontwikkeling is te volgen. (Foto Lottie Pohlmann)

Meer informatie over
Future Dikes en de
rapportages van Fase 1
(2022-2024) is te vinden
op

Website Future Dikes, Radboud Universiteit



HWBP De Innovatie Versneller



Handreiking Grasbekleding



Deze publicatie is tot stand gekomen op basis van de
rapporten van het Kennis- en Innovatieprogramma Future
Dikes Fase 1 van het HWBP.



Tekstredactie
**Hans de Kroon, Nils van Rooijen,
Lottie Pohlmann**

Opmaak en vormgeving
Milan Lobik

Druk
dpn rikken, Nijmegen

© Future Dikes team, juni 2024