

## Bouwsteen waterveiligheid

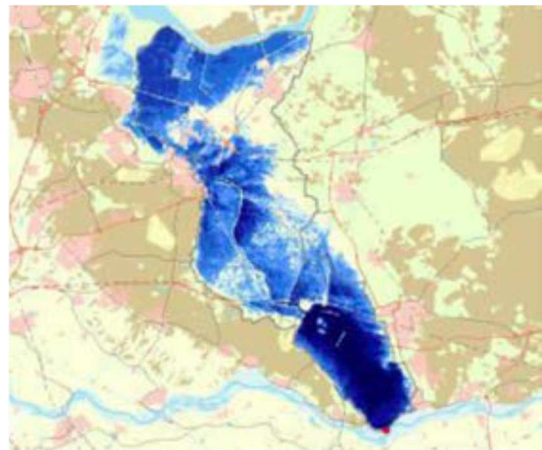
Betrokkenen: Danielle Verhoeven(RWS), Martha Bloemberg, Robert Duiveman, Judica Lookman(Dijkdenkers), Sanne van Mispelaar, Eddy Steenbergen, Mandy Lingeman, Ralph Gaastra, Reindert Stellingwerff, Paul van Breukelen, Peter Boone en Marten Hoeksema(Waterschap Vallei en Veluwe)

Opsteller: Waterschap Vallei en Veluwe

### 1 Doel van de Bouwsteen en maatschappelijk

#### Maatschappelijk belang

De Grebbedijk beschermt de Gelderse Vallei tegen overstromingen vanuit de Nederrijn. Het maaiveldniveau bij de Nederrijn is ca. NAP +10 m. Dit loopt geleidelijk af naar NAP +0 m nabij de randmeren. Bij een doorbraak van de Grebbedijk overstroomt nagenoeg de gehele Gelderse Vallei (zie kaart 3). Hierbij kunnen waterdieptes tot vier meter ontstaan nabij Veenendaal met het risico op veel dodelijke slachtoffers. Een dergelijke overstroming heeft ook grote economische en maatschappelijke gevolgen. De directe economische schade is becijferd op tien miljard euro. De totale schade is berekend op €27 miljard, rekening houdend met de belangrijke infrastructuur (spoorlijnen, A1 en A12) die Oost- en West- Nederland verbindt.



#### Doel

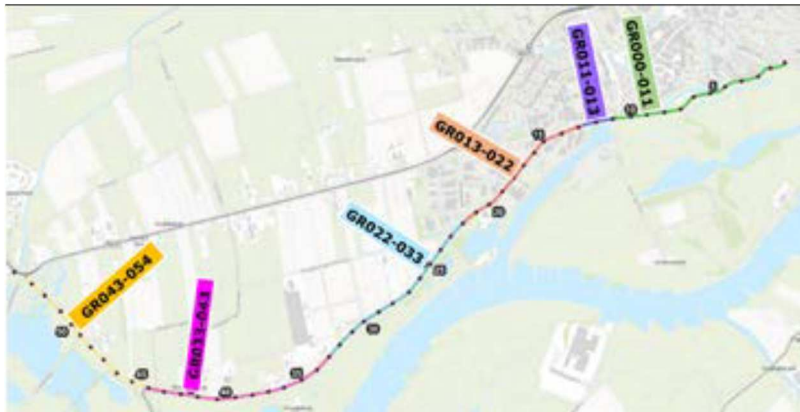
De Grebbedijk(normtraject 45-1) is door het waterschap in de Eerste Veiligheidsbeoordeling als onvoldoende beoordeeld. (wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017). Het Rijk heeft dit oordeel overgenomen. De Grebbedijk staat met hoge prioriteit op het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) 2017- 2022 om te zorgen dat de dijk gaat voldoen aan de geldende veiligheidsnorm.



## 2 Typering van de actuele situatie

### Het gebied

Voor de uitvoering van de nadere veiligheidsanalyse is het dijktracé opgedeeld in 6 hoofdvakken. Bij deze opsplitsing is rekening gehouden met bijvoorbeeld bodemopbouw, geometrie van de dijk (o.a. taludhelling, kruinhoogte en kruinbreedte) en de belastingen (o.a. maatgevend hoogwater, peilvakken, golven).



Vakindeling veiligheidsopgave

#### 1. Dijkpaal 0 tot dijkpaal 11

Dit dijkvak grenst aan de bebouwing van de gemeente Wageningen. Nabij dijkpalen 5–9 is in de laatste dijkversterking klei in het voorland ingegraven. De ondergrond bestaat uit een dunne kleideklaag op zand.

#### 2. Dijkpaal 12 tot dijkpaal 13

Dit betreft de havenkom van de haven bij Wageningen. Tussen de dijkpalen 11 en 13 is een damwandconstructie aanwezig uit vorige dijkversterking. De ondergrond bestaat uit een kleideklaag op zand.

#### 3. Dijkpaal 14 tot dijkpaal 22

In dit dijkvak is aan de buitendijkse zijde een hooggelegen industrieterrein aanwezig. De ondergrond bestaat uit een kleideklaag op zand.

#### 4. Dijkpaal 22 tot dijkpaal 33

Dit dijkvak wordt gekenmerkt door een landelijke omgeving en de aanwezigheid van een gering voorland. Nabij dijkpaal 23 is een damwand aanwezig over korte lengte. De ondergrond bestaat uit een kleideklaag op zand.

#### 5. Dijkpaal 33 tot dijkpaal 43

Dit dijkvak wordt gekenmerkt door een landelijke omgeving met de aanwezigheid van een groot voorland. Nabij dijkpalen 37–38 is in de laatste dijkversterking klei in het voorland ingegraven. De ondergrond bestaat uit een kleideklaag op zand.

#### 6. Dijkpaal 43 tot dijkpaal 54

In dit dijkvak is een breed voorland aanwezig met wisselende waterpartijen. Nabij dijkpaal 49 is een damwand aanwezig uit vorige dijkversterking en een ingraving van klei in het voorland. Tussen dijkpaal 53 en dijkpaal 54 is bij de vorige dijkversterking hier over een grote lengte een kistdam aangebracht. De ondergrond kenmerkt zich door een wisselende dikte van de kleideklaag op zanddikte van de kleideklaag op zand.

## De opgave

Uit de nadere veiligheidsanalyse blijkt dat het 4,5 km van het gehele traject (5,5 km) niet voldoet aan de eisen voor waterveiligheid. In onderstaande tabel worden de resultaten van de veiligheidsoordelen per beoordelingsspoor weergegeven. Deze veiligheidsopgave zal tijdens de verkenningsfase verder worden aangescherpt.

Dijkvak <sup>s</sup>	Dijkpaal	Overloop en overslag (1,0/m/s)	Opbarsten en piping	Macrostabiel binnenwaarts	Macrostabiel buitenwaarts	Stabiliteit Voorland	Microstabiel	Bekleding - Gras	Totaal
GR000-011	1 tm 11	O	O	O	O	V	G	O	O
GR011-013	12 tm 13	O	O	O	O	V	G	O	O
GR013-022 <sup>s</sup>	14 tm 22	G	G	G	G	V	G	G	G
GR022-033	23 tm 27	O	O	O	O	V	G	O	O
	28	G	O	O	O	V	G	O	G
	29 tm 33	O	O	O	O	V	G	O	O
GR033-043	34 tm 43	O	O	O	O	V	G	O	O
GR043-054	44 tm 52	O	O	O	O	V	G	O	O
	53 tm 54	O	G	G	G	V	G	O	O
Onvoldoende [m]		4400	4300	4300	4300	0	0	4500	4500
Voldoende [m]		0	0	0	0	5400	0	0	0
Goed [m]		1000	1100	1100	1100	0	5400	900	900

### Overloop en overslag

De huidige hoogte van Grebbedijk is onvoldoende bij overslagdebiet van 1 l/m/s. Nagenoeg de hele Grebbedijk is te laag. Alleen in dijkvak 3 GR022-033 is dijk op een tweetal locaties net voldoende hoog (dijkpaal 28).

De huidige grasbekleding op het binnentalud is van een matige kwaliteit vooral door de ligging op het noorden. Ook heeft de klei op het binnentalud een beperkte erosiebestendigheid. Vanwege deze combinatie is een overslagdebiet van 1 liter per meter pers seconde aangehouden. In de Nadere Veiligheidsanalyse zijn ook berekeningen gemaakt met hogere overslagdebieten. Indien een hoger overslagdebiet aangehouden wordt, volgt ook een onvoldoende beoordeling van het beoordelingsspoor hoogte door de onvoldoende erosiebestendigheid van de grasmatten.

### Opbarsten en piping

Vijf van de zes beschouwde profielen hebben een opgave voor opbarsten en piping. Dijkvak 13-22 voldoet wel, dit betreft het deel met een hoog en breed voorland. Voor de overige dijkvakken kunnen de kwelwegtekorten oplopen tot circa 60 à 140 m. Deze tekorten zijn vooral ingegeven door strengere rekenregels voor piping (nieuwe regel van Sellmeijer).

### Macrostabiel

Voor het faalmechanisme macrostabiel wordt de dijk gecontroleerd op het afschuiven van het binnen- en buitentalud. Het binnen- en buitentalud van de dijk is vrij steil, op sommige dijkvakken 1:2 à 1:2,5. De dijk voldoet op basis van de huidige berekeningen niet op basis van het vigerende CSSM-model (ongedraineerd rekenen). Indien maatgevende omstandigheden optreden zal de waterkering afschuiven. Door middel van aanvullend gericht grondonderzoek en monitoring kan

in deze oordelen in de verkenningsfase een verfijningsslag gerealiseerd worden en de versterkingsopgave voor stabiliteit binnenwaarts- en buitenwaarts reduceren

#### *Stabiliteit Voorland*

De dijk voldoet op dit mechanisme, op basis van vuistregel en bestortingscriterium.

#### *Microstabiliteit*

Het grondonderzoek toont aan dat de dijk is opgebouwd uit klei. Micro-instabiliteit is dan geen relevant faalmechanisme. Op een aantal locaties is bij de vorige dijkversterking een taluduitbreiding uitgevoerd in zand met daarover een dunne kleilaag.

#### *Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam*

De erosiebestendigheid van de bekleding op het buitentalud is onvoldoende. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt doordat de grasbekleding op het buitentalud van onvoldoende kwaliteit is om de maatgevende golfbelasting te kunnen weerstaan. Rekening houdend met significante golfhoogtes voor de Grebbedijk tussen de 0,8 en 1,0 m voldoet alleen een grasbekleding met een dichte zode. Deze is (nog) niet aanwezig.

### 3 Beleidsmatige en programmatische omgeving

#### Hoogwaterbeschermingsprogramma(HWBP)

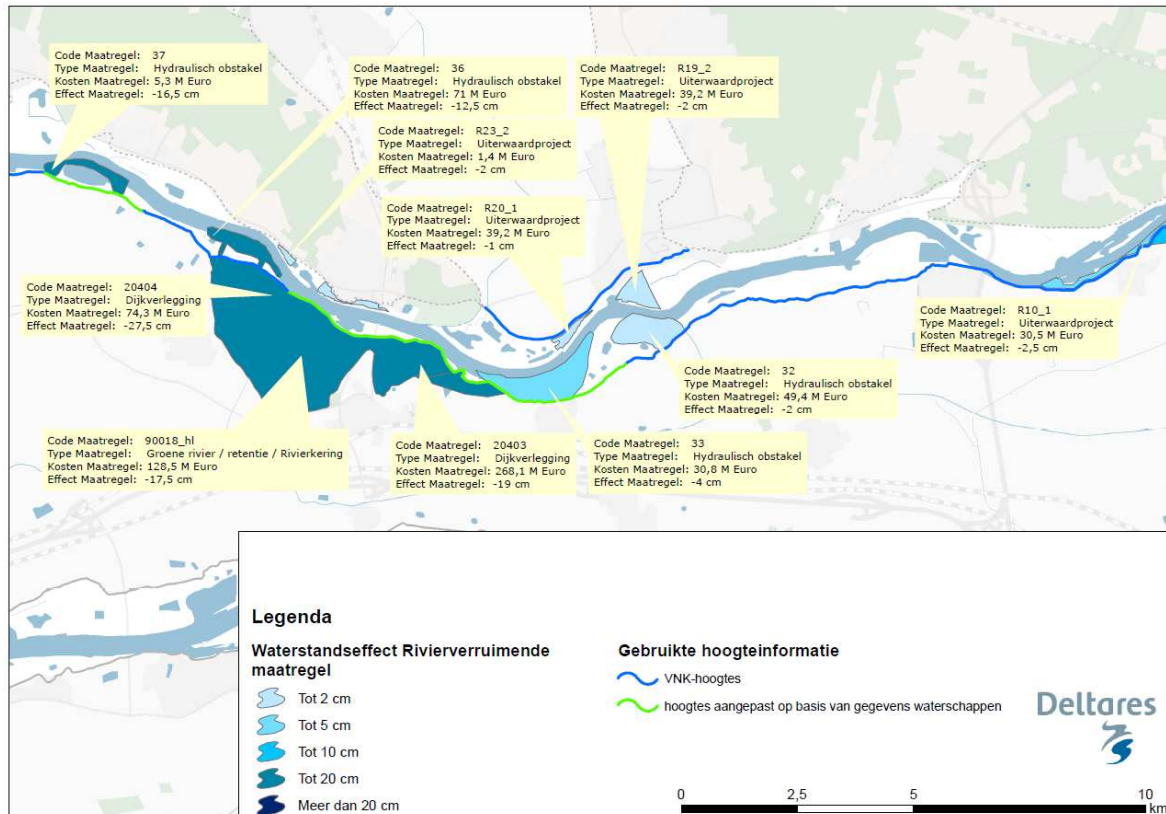
De Grebbedijk staat met hoge prioriteit(Nr 3) op het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)2017- 2022 om te zorgen dat de dijk gaat voldoen aan de geldende veiligheidsnorm. Het HWBP is een programma van rijk en waterschappen en onderdeel van het Deltaprogramma. Het valt onder het uitvoeringsprogramma, het Deltaplan Waterveiligheid.

Rijk en waterschappen hebben afgesproken om voor de aanpak van de verbeteringen een mirt achtige werkwijze te hanteren met de stappen verkenning, planuitwerking en uitvoering. De Grebbedijk heeft bij aanvraag voor financiering van de verkenningsfase de volgende programmeerreeks opgenomen;

Ranking	Naam project	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
3	Grebbedijk	Verkenning				planuitwerking		Realisatie	

## Voorkeursstrategie rivieren Nederrijn-Lek

In de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma rivieren zijn de kansrijke mogelijkheden voor rivierverruiming in de Nederrijn-Lek in kaart gebracht. Deze kansen zijn in onderstaande kaart weergegeven en kunnen bijdragen aan het oplossen van een deel van de veiligheidsopgave.



Bron: opgave2025\_2075\_NRL\_plus\_potentiele rivierverruiming

## Grebbedijk Deltadijk

In het Deltaprogramma is afgesproken om de ambitie Grebbedijk Deltadijk te onderzoeken. Vanuit de waterveiligheidsopgave zijn hiervoor drie benaderingen in beeld:

1. Grebbedijk extra veilig; Er wordt een norm beschouwd die factor 10 veiliger is dan voorgestelde norm, voor zowel hoogte als stabiliteit.
2. Overstroombare dijk, oneindig sterk; Dit is een dijk waar bij normcondities water over de dijk mag lopen maar waarbij de dijk niet mag falen op sterkte, stabiliteit en/of bekleding.
3. Scenario 3 houdt rekening met het niet ontzien van de Nederrijn, ongeacht de afvoer bij Lobith

In de werksessie voor deze bouwsteen zijn de beheersende beelden van wat een deltdijk is geïnventariseerd. Deze zijn te vinden in Bijlage 3.

## Beheerplannen Waterschap

Voor het in stand houden van de waterkeringen heeft waterschap Vallei en Veluwe een aantal plannen die relevant zijn voor de Grebbedijk. Dit zijn:

- Het Asset management plan; beschrijft de concrete vertaling van visie en bedrijfsdoelstellingen naar de impact op assets van de organisatie. Zowel korte (10 jaar) als lange termijn (30 jaar). Zowel voor vervangingen, innovatie, onderhoud en beheer.
- Waterbeheerprogramma 2016-2021: Hierin beschrijft Vallei en Veluwe de uitdagingen zoals klimaatverandering en omgang met grondstoffen waarvoor ze zich gesteld zien en de wijze waarop ze die aangaan.
- Beheerplan watersysteem(2015-2020): Dit plan geeft de kaders en werkwijzen voor behoud van de dijk en is een uitwerking van het waterbeheerprogramma.
- Onderhoudsplan: Hierin zijn locatie specifieke doelen en detailafspraken opgenomen waarmee de kwaliteit van de kering geborgd wordt. Voor de Grebbedijk zijn dit bijvoorbeeld:
  - o Huidig onderhoud door maaien in plaats van schapen voor behoud van de grasmatten
  - o De pilot bloemrijke dijk ter stimulering van vlinders.
  - o Havenstraat: particulier onderhoud grasbekleding

## Beheer en ontwikkelplan Rijkswateren (BPRW)

In het BPRW, beheer- en ontwikkelplan voor de rijkswateren 2016-2021, staat hoe Rijkswaterstaat de komende zes jaar invulling geeft aan het beheer en onderhoud van de infrastructuur en het combineren van de verschillende gebruiksfuncties van het water. Daarnaast geeft het aan wat partners en gebruikers mogen verwachten: werken aan een robuust watersysteem en een duurzaam gebruik ervan.

## 4 Kansen

### Life cycle costing(LCC)

Voor het bepalen van de meest kosten efficiënte levensduur van de dijkversterking zal tijdens de verkenning gebruikt gemaakt worden van LCC methodiek.

### Innovaties

Het Hoogwaterbeschermingsprogramma heeft een innovatietak waarin innovaties worden doorontwikkeld voor toepassing in dijkversterkingsprojecten. Deze innovaties, veelal onderdeel van projectoverstijgende verkenningen(POV), zullen worden meegenomen in de mogelijke oplossingsrichtingen voor de veiligheidsopgave van de Grebbedijk. In de verkenning zal worden onderzocht of de werking van deze innovaties voldoende geborgd is om te voldoen aan de veiligheidsnorm.

Naast de Projectoverstijgende verkenningen voor de faalmechanismen macrostabiliteit en piping zijn voor de Grebbedijk mogelijk ook de POV Voorlanden en POV versterken met gebiedseigen grond van meerwaarde.

Speciaal voor innovaties heeft het hoogwaterbeschermingsprogramma een afwijkende financieringsregeling die uitgaat van 100% financiering van de maatregel uit de gemeenschappelijke dijkrekening.

## 5 Oplossingsrichtingen

### Mogelijke oplossingsrichtingen

In de werksessie van deze bouwsteen zijn mogelijke oplossingsrichtingen geïventariseerd. Dit aan de hand van de faalmechanismen Hoogte(overslag en bekleding), Macrostabieliteit en Piping. Een visuele weergave hiervan is te vinden in bijlage 1, de groslijst per faalmechanisme is te vinden in bijlage 2.

Bij deze mogelijke oplossingsrichtingen is een eerste indicatieve score opgenomen van uitvoerbaarheid, beheerbaarheid, betrouwbaarheid en duurzaamheid van de maatregel. Ook is hier een globale kosteninschatting aan toegevoegd. Hierbij geldt dat de hoogte van het subsidiebedrag van het HWBP voor volgende fasen overeenkomt met de benodigde middelen voor de meest doelmatige oplossing met behoud van de huidige ruimtelijke kwaliteit.

Bijlage 1 Visuele weergave mogelijke oplossingen

Bijlage 2 Ideeën over Grebbedijk-Deltadijk

Bijlage 3 Groslijst oplossingsrichtingen per faalmechanisme





# Macrostabiliteit

M1a: Waterstandsdalende maatregelen

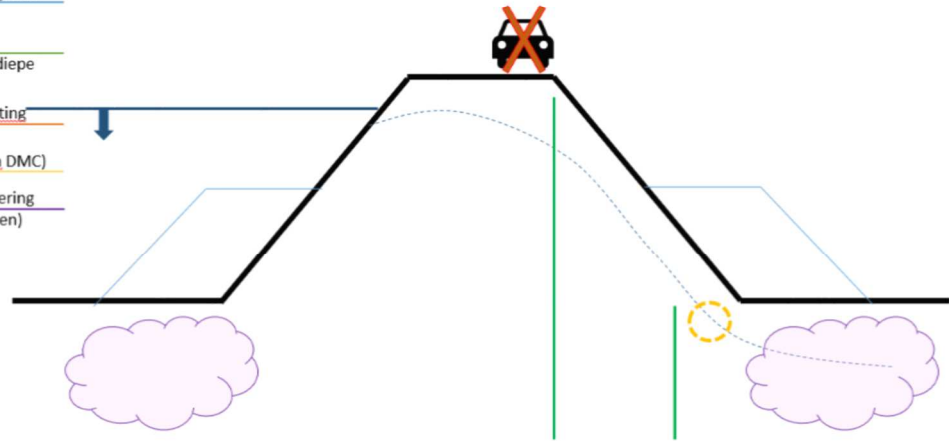
M2a,c: Stabiliteitsberm in grond

M2d,e: Stabiliteitsscherm  
(constructief) Diepe en ondiepe varianten mogelijk

M1b: Verlagen bovenbelasting  
(verkeer)

M1e: Drainagesytemen (oa DMC)

M2d,g: Ondergrondverbetering  
(met materialen of bevroren)



# Piping

P1a: Waterstandsdalende maatregelen

P1b: Verkleinen verval dmv kwelkades of peilopzetten

P2a: Klei ingraven in voorland

P2b: Kwelweglengte verlengen  
dvm berm aanleggen

P1c: Drainagesytemen (oa DMC)

P2c: Kwelscherm

P2d: Verlagen doorlatendheid

P3: Voorkomen dat pipe kan ontwikkelen.

