

## DIJKEN

Een groot deel van Nederland ligt onder zeeniveau. Dus het gevaar van een overstroming ligt altijd op de loer.

Toch zul je het gevoel hebben dat je in Nederland veilig kunt wonen. Maar om daarvoor te zorgen is vakkundig waterbeheer nodig. Wetterskip Fryslân zorgt voor droge voeten in de provincie Frys-

lân en het Groninger Westerkwartier. Het waterschap zorgt ook voor schoon water en voor voldoende water, daar waar we het nodig hebben.

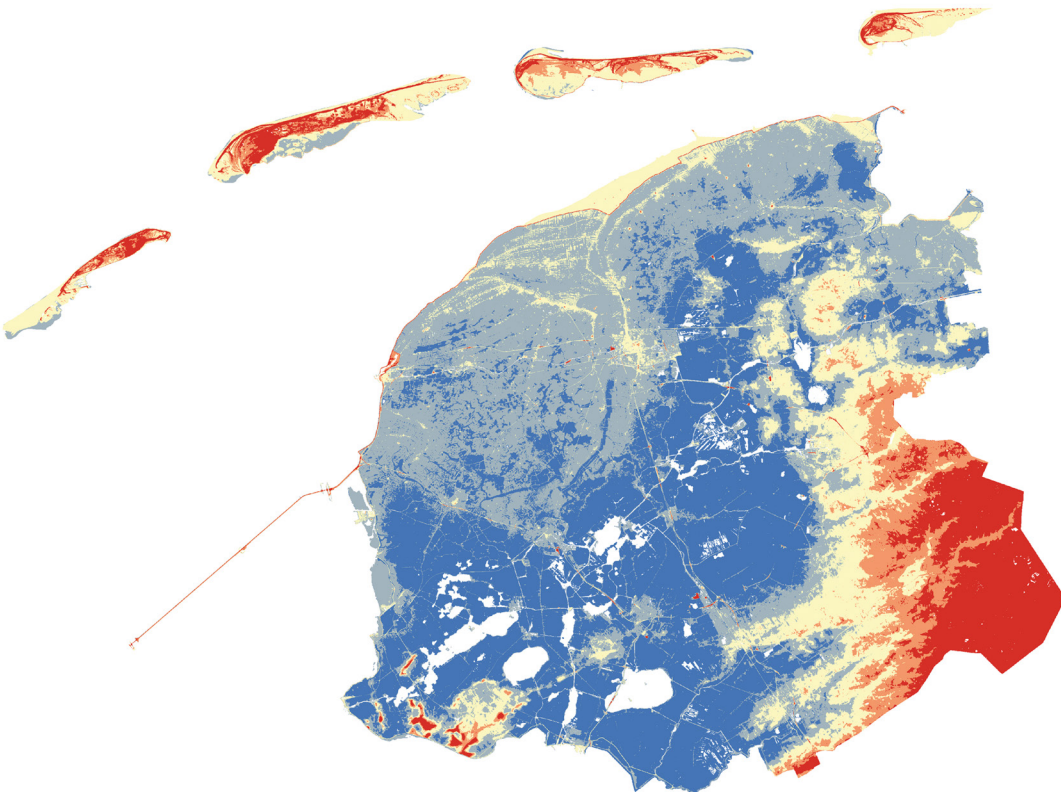
In deze les neem je een kijkje achter de schermen van de wereld van de dijkenbouw. Iets waar Nederlanders erg goed in zijn.

## DIJKEN IN FRYSLÂN

Dijken zijn enorm belangrijk voor onze veiligheid. Zonder dijken, dammen en duinen zou het grootste deel van Nederland en Fryslân onder water lopen. Het blauwe gebied op de kaart zou onder water staan als er geen waterkeringen zijn.

Waar woon jij?

1. Zet een kruisje op de plek waar je woont. Zou jouw huis onder water staan als er geen dijken waren?



## WAT KAN ER MIS GAAN?

De dijken zijn hoog en sterk genoeg om ons te beschermen. Maar er kan van alles gebeuren met een dijk.

Zoek op YouTube naar: "unie van waterschappen waardoor kan een dijk bezwijken".  
Bekijk de filmpjes die daar staan.

2. Beschrijf bij iedere afbeelding wat het probleem is.

a. Golfoverloop en golfoverslag.



b. Afschuiving.



c. Bekleding.



d. Piping.



## KLIMAATVERANDERING

Door klimaatverandering krijgen we ook te maken met heftige weersomstandigheden. Er kan in een hele korte tijd heel veel regen vallen. Of het blijft juist langer dan normaal droog en heet. Ook tijdens zulke extreme weersomstandigheden moeten de dijken overeind blijven.

Klimaatverandering kan de kans op overstromingen verhogen, maar het gevaar van overstromingen bestaat natuurlijk altijd.



Het kan hard waaien in Nederland

3. Welke gevolgen van klimaatverandering verhogen de kans op overstromingen? Licht je antwoord toe.

In het Hoogwaterbeschermingsprogramma werken Rijkswaterstaat en de waterschappen samen om de belangrijkste waterkeringen veilig te maken en te houden. De Nederlandse dijken krijgen regelmatig een soort APK-keuring. Zo blijft ons land goed beschermd tegen overstromingen. Nu én in de toekomst.

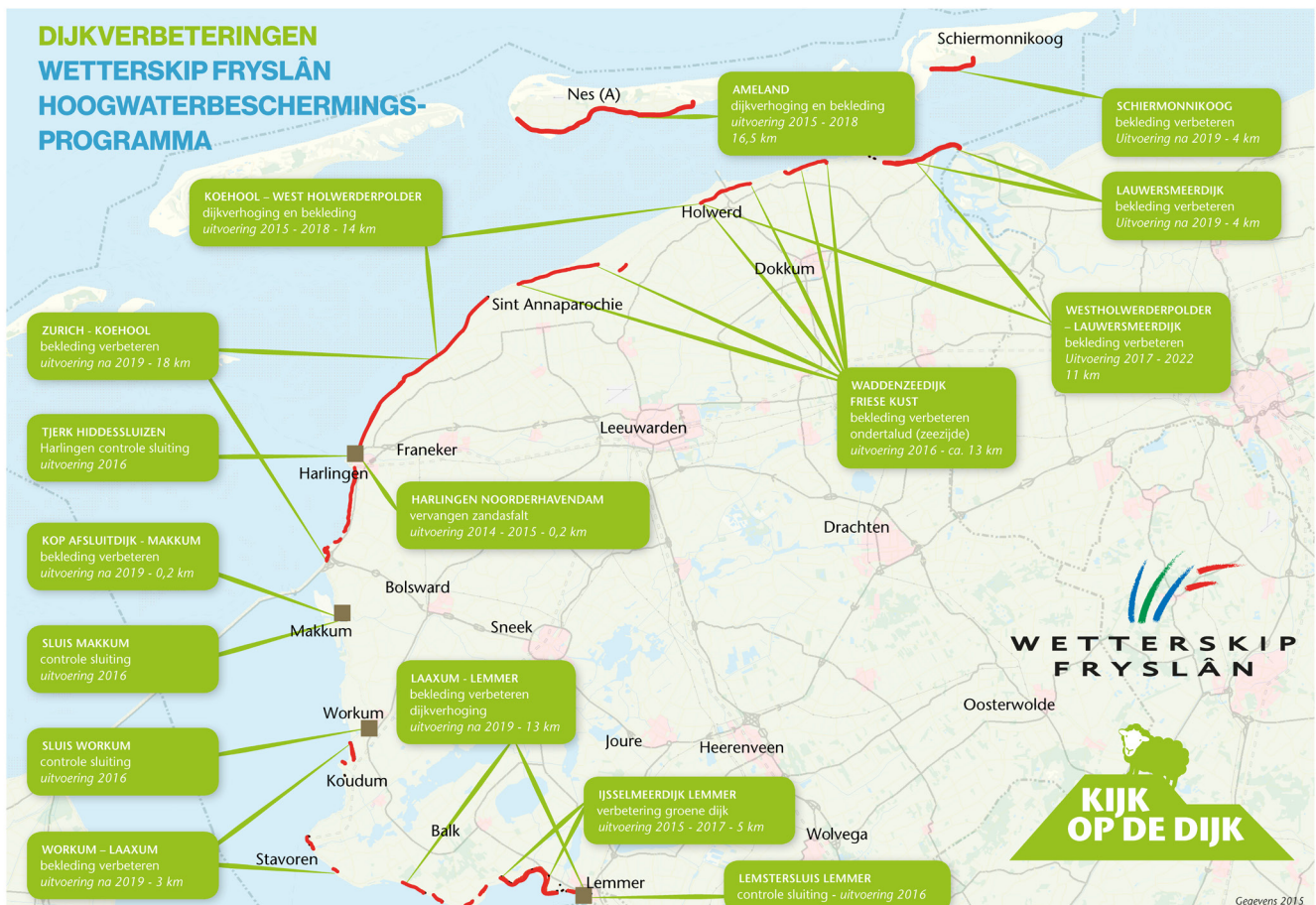
In het gebied van Wetterskip Fryslân voldoet een aantal dijken niet aan de landelijke veiligheidseisen. Die dijken moeten verbeterd worden!

Op de kaart hieronder zie je een overzicht van alle dijkverbeteringen die Wetterskip Fryslân de komende jaren uitvoert. Ook de IJsselmeerdijk bij Lemmer en de Waddenzeedijk op Ameland en het vasteland worden aangepakt. Ze zijn nu nog veilig. Maar volgens de landelijke toets zijn ze niet veilig genoeg om ons de komende vijftig jaar te beschermen. Deze dijken zijn in de toekomst niet hoog genoeg én/óf niet sterk genoeg.

## HOOGWATERBESCHERMINGS-PROGRAMMA

Dijken krijgen het soms zwaar te verduren. Straks nog meer dan nu. We weten nu al dat de dijken over vijftig jaar sterker moeten zijn. Dijken moeten daarom voldoen aan strenge veiligheidseisen. Dat moet ook, want als het misgaat, kan er een ramp ontstaan.

In Nederland is het waterbeheer goed georganiseerd. We vechten al eeuwen tegen het water, het zit in onze genen.



## WERK AAN DE DIJK

Zoals je hebt gezien, kan er heel wat mis zijn met een dijk. Maar voor ieder probleem kun je proberen een oplossing te bedenken. Niet op elke plek wordt voor dezelfde oplossing gekozen. Soms zijn daar economische, geografische of technische redenen voor, maar soms ook cultuurhistorische redenen.

4. Leg uit waarom niet elke oplossing economisch haalbaar is. Geef een voorbeeld.

---

---

5. Leg uit waarom niet elke oplossing geografisch haalbaar is. Geef een voorbeeld.

---

---

6. Leg uit waarom niet elke oplossing technisch haalbaar is. Geef een voorbeeld.

---

---

7. Leg uit waarom niet elke oplossing cultuurhistorisch haalbaar is. Geef een voorbeeld.

---

---

De eerste stap is bij het bouwen van een dijk is, hoe dan ook, dat je precies weet wat het probleem is.

Voordat een dijk ontworpen kan worden, buigen verschillende experts zich erover.

## EXPERTS: ECONOMEN EN GEOGRAFEN

Nederland heeft veel locaties die in meer of mindere mate door water worden bedreigd. Dat komt door de ligging en omgeving van deze locaties.

8. Beschrijf in welke gebieden overstromingsgevaar is.

---

---

Dijken bouwen is duur. Dat doe je dus niet zomaar.

Een dijk kan breken. Maar wat is de kans dat dit gebeurt? Waar en wanneer? En tegen welke prijs wil je dit voorkomen? Economen zijn vooral geïnteresseerd in het risico en de eventuele schade. Ook kijken ze naar wat het kost om de kans te verkleinen dat een dijk het begeeft.

Om te weten wat het water voor schade kan aanrichten, is het belangrijk om te weten hoe de situatie in het achterland is. Het kan bijvoorbeeld zijn dat een sloot of vaart op een bepaald punt vaak overstroomt. Maar als er geen economische activiteit is in de omgeving, dan is dat een risico dat je misschien wel wilt nemen.

Je kunt de waarde van het achterland meten aan de hand van de prijs van de grond.

Die hangt sterk af van de functie van de grond (wonen, industrie, landbouw, natuur enzovoort), maar ook van de ligging (de locatie ten opzichte van bijvoorbeeld grote steden, recreatiegebieden of havens).

9. Leg uit hoe de functie van een gebied van invloed is op de grondprijs.

---

---

---

10. Leg uit hoe de ligging van invloed is op de grondprijs.

---

---

---

Kijk nog eens naar de kaart met de dijkverbeteringsprojecten in Fryslân. Kies een plek op één van de dijken die aangepakt gaan worden. En/of kies een dijk bij jou in de buurt.

11. Welke functies heeft het gebied achter de door jou gekozen dijk? Denk aan: wonen, recreatie, bedrijventerrein, landbouw, natuur enzovoort.

---

---

---

12. Zal de grondprijs in dit gebied ongeveer op het landelijke gemiddelde liggen? Of denk je dat de prijs hoger of lager is? Verklaar je antwoord.

---

---

---

Twee bekende economische mechanismen om te bepalen hoe productie van een goed tot stand komt, zijn het 'marktmechanisme' en het 'budgetmechanisme'.

13. Beschrijf de kern van deze mechanismen? Wat zijn de voor- en nadelen?

---

---

---

---

---

14. Bij welk van deze twee mechanismen speelt de overheid de grootste rol?

---

We onderscheiden in de economie verschillende soorten goederen.

15. Hoe noem je de goederen, zoals dijken, die door de overheid geleverd worden?

---

16. De overheid houdt zich bezig met dijkbouw. Waarom worden dijken door de overheid betaald en niet door de marktsector?

---

---

---



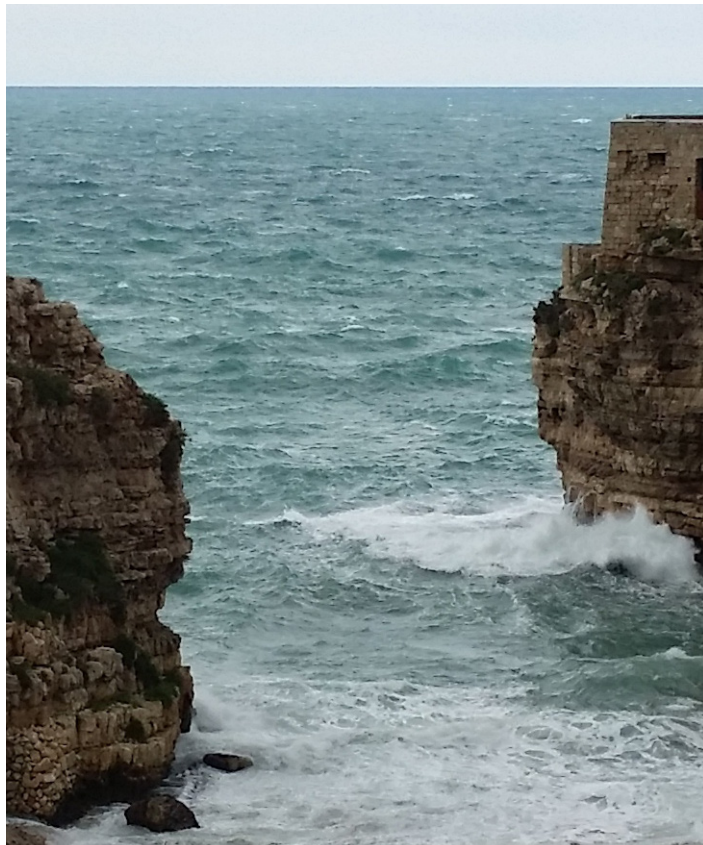
# EXPERTS: NATUURKUNDIGEN EN TECHNICI

Water kan krachtig en onvoorspelbaar zijn. Dat zie je vooral aan golven. Golven zijn niet altijd en overal even hoog en sterk. Er zijn diverse factoren die een rol spelen bij de golfvorming.

Om te weten wat voor schade golven kunnen aanrichten, moet je de golfvorming onderzoeken.

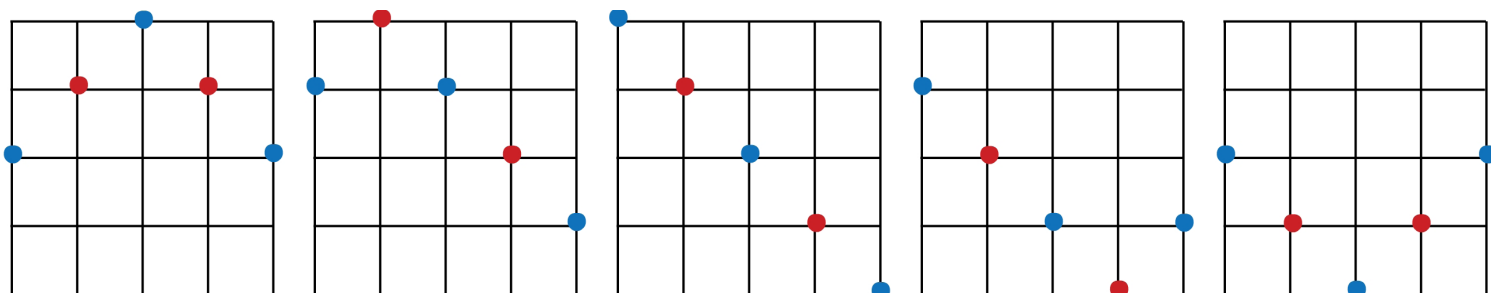
Als er op een bepaalde plek veel kans is op grote krachtige golven, moet je daar een extra sterke waterkering bouwen. Watergolven zijn vergelijkbaar met een zogenaamde 'lopende golf'.

17. Welke serie afbeeldingen laat een lopende golf zien?

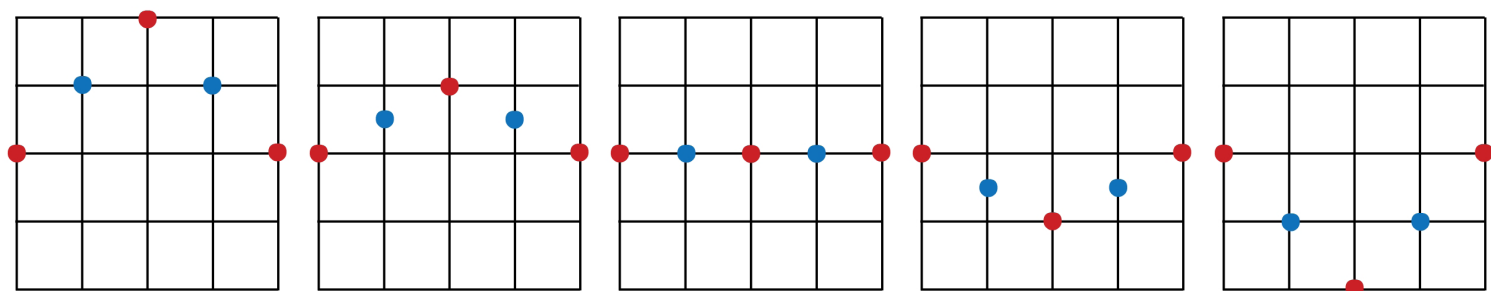


Golven op zee

Serie 1:



Serie 2:



Het verschil tussen de 'standaard' lopende golf en een golf in open water, is dat een golf in open water zich ontwikkelt en steeds groter wordt. Watergolven hebben ruimte (lengte en diepte van het water) nodig om zich te ontwikkelen en er moet een kracht (wind) zijn die het water in beweging brengt.

18. Als je een watergolf kunt vergelijken met een lopende golf, welke bewering is dan juist.

Naarmate de watergolf 'groter' wordt, gaat de voortplantingssnelheid omhoog en daarom:

- Nemen de frequentie en golflengte toe
- Nemen de frequentie en amplitude toe
- Nemen de golflengte en amplitude toe

Naast de golfvorming zijn er meer factoren die water gevaarlijk kunnen maken. Een voorbeeld uit de natuurkunde is de hydrostatische druk. Je weet waarschijnlijk wel dat de druk onder water toeneemt, naarmate je dieper gaat. Je merkt dat aan de druk op je oren, wanneer je naar de bodem van een diep zwembad duikt. Daar is de zogenaamde hydrostatische druk namelijk hoger dan vlak onder de waterspiegel.

19. Hoe groot is de hydrostatische druk op een diepte van 2,50 meter onder de waterspiegel bij zoet water? (Zoek op internet de dichtheid van zoet water op.)

---

20. Hoe groot is de hydrostatische druk op een diepte van 2,50 meter onder de waterspiegel bij zout water? (Zoek op internet de dichtheid van zout water op.)

---

21. Vergelijk je antwoorden. Welke bewering is juist?

Op een diepte van 2,50 meter,

is de hydrostatische druk in een kanaal hoger dan in de zee.

is de hydrostatische druk in een kanaal lager dan in de zee.

Om een goede dijk te bouwen is kennis over de golfvorming en hydrostatische druk dus van belang.

22. Om het water te kunnen tegenhouden, moet de dijk natuurlijk minimaal dezelfde tegenkracht kunnen bieden.

Noem twee manieren om de kracht van een dijk te vergroten.

---

---

23. Noem een reden waarom een dijk bovenop smaller kan zijn dan onderaan.

---

---



De Waddenzeedijk op Ameland

# NADENKEN OVER DIJKEN

De IJsselmeerdijk bij Lemmer wordt over een lengte van 5 kilometer verhoogd. Daar wordt de dijk een meter hoger. De Waddenzeedijk op Ameland wordt over een lengte van 16,5 kilometer versterkt en 35 centimeter hoger. Ook de Waddenzeedijk op het vasteland pakt Wetterskip Fryslân aan. De bekleding wordt verbeterd op verschillende plekken. In totaal over een lengte van ongeveer 13 kilometer.

Bij het ontwerpen van een dijk moet je heel wat keuzes maken. Bijvoorbeeld: hoe hoog en breed moet de dijk zijn? Een dijk zie je vaak alleen van de buitenkant. Dan ziet het eruit als een grote bult waar de schapen graag op grazen. Soms zie je dat er aan één kant stenen tegen de dijk liggen. Maar hoe ziet de dijk er van de binnenkant uit? Welke materialen zijn er gebruikt en waarom? Klei is bijvoorbeeld waterdichter dan zand. Vaak worden meerdere materialen gebruikt.

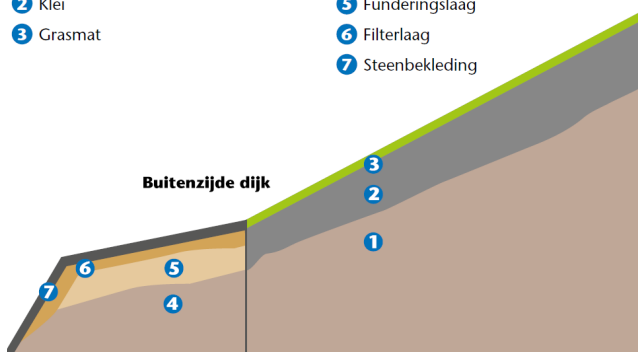
## WAAR BESTAAT EEN DIJK UIT?

Hogere deel boven de asfaltberm

- 1 Zand
- 2 Klei
- 3 Grasmat

Lagere deel onder de asfaltberm

- 4 Zand
- 5 Funderingslaag
- 6 Filterlaag
- 7 Steenbekleding



Je hebt in de vorige opdrachten gezien dat er diverse aspecten een rol spelen tijdens het ontwerpen en bouwen van dijken. Duidelijk is dat er heel wat bij komt kijken. Technische onderzoekers gebruiken computerprogramma's om met zoveel mogelijk factoren tegelijk rekening te houden.

24. Financieel-economisch: beschrijf minimaal vijf kostenposten die een rol spelen bij het ontwerpen en bouwen van een dijk.

---

---

---

---

---

---

25. Geografisch: beschrijf minimaal vier geografische of meteorologische aspecten die een rol spelen bij het ontwerpen en bouwen van een dijk.

---

---

---

---

---

---

26. Technisch: beschrijf minimaal vijf natuur- en wiskundige eenheden, grootheden of wetten/principes die een rol spelen bij het ontwerpen en bouwen van een dijk.

---

---

---

---

---

---





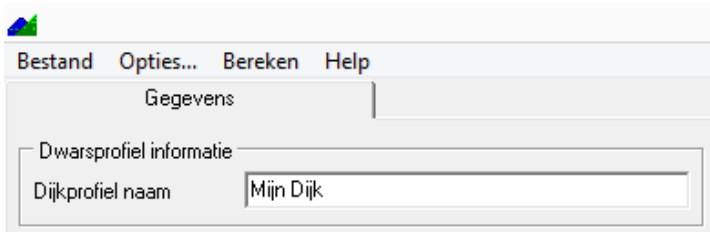
# ONTWERP JOUW OPTIMALE DIJK

Met behulp van het professionele programma PC-Overslag ga je nu zelf een dijk ontwerpen om Ameland veilig te houden.

Ga naar [www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl) en zoek naar PC-Overslag. Download het setup-programma en installeer het op je computer.

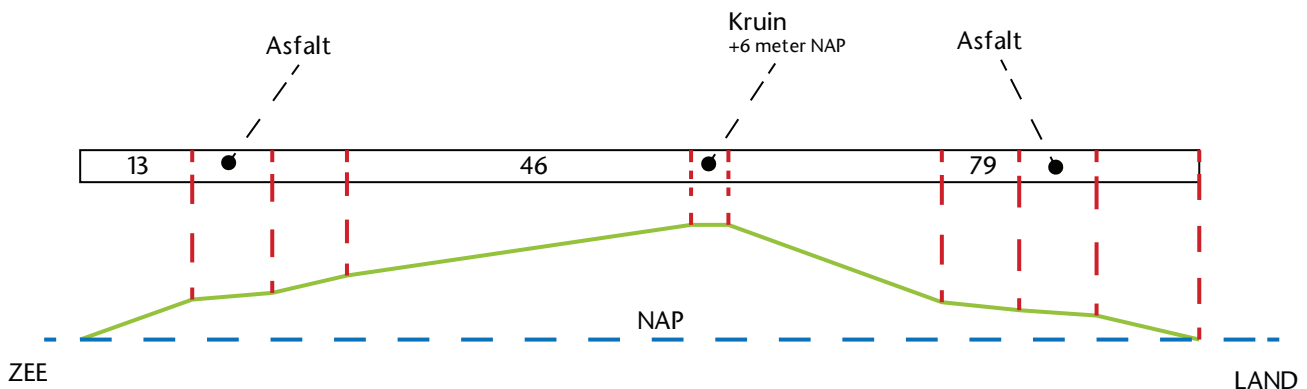
Voordat je zelf aanpassingen kunt doen aan een dijkontwerp, moet je eerst een dijkprofiel aanmaken en enkele basisgegevens invoeren.

Open het programma en verzin een naam voor jouw dijk. Sla je dijkprofiel op.



Onderaan kun je de dijk opbouwen. Dat doe je in verschillende delen (segmenten). De helling van de dijk hoeft namelijk niet overal hetzelfde te zijn en de bekleding ook niet.

Hieronder zie je het dwarsprofiel van een deel van de Waddenzeedijk op Ameland. Dit profiel ga je namaken.



Let op dat het de schaal in het PC-Overslag programma anders is.

Klik in het gedeelte met 'Dwarsprofielsegmenten' op toevoegen. Je ziet vervolgens een schermpje, waarin je de gegevens van een deel van de dijk kunt zetten.

Het beginpunt is 0,0. Dus kies voor X begin én voor Y begin 0.

Y eind bepaalt hoe hoog het segment eindigt. Het verschil tussen X begin en X eind bepaalt de lengte van het segment.

De combinatie van X en Y bepaalt de helling van het talud (het schuine vlak van de dijk).

De eindhoogte van het eerste segment hebben de ontwerpers van deze dijk op NAP + 2,50 meter gezet.

Dit gedeelte is bijna altijd onder water en moet dus de waterkracht kunnen weerstaan. Daarom kies je bij materiaal voor betonblokken zonder opening.

De ontwerpers kozen voor het eerste segment een taludhelling van 0,333. Hierdoor heb je een lengte nodig die drie keer zo groot is als de hoogte.

27. Wat is X eind van segment 1? (Vul X eind en Y eind in en controleer op basis van de taludhelling je antwoord).

Voeg alle negen segmenten toe. Maak gebruik van de gegevens in de afbeelding van het dwarsprofiel en de gegevens hieronder:

Segment 3: X begin = 11,5. X eind = 15,5. Y begin = 2,9. Y eind = 3,7.

Segment 4: X eind = 32.

Segment 6: X eind = 44. Y eind = 2.

Segment 7: X eind = 50. Y eind = 1,28.

Segment 8: Taludhelling is hetzelfde als de andere asfaltstrook, maar dan landinwaarts naar beneden.

Segment 9: X begin = 56. X eind = 62.

De kruin is 2 meter breed.

Bekleding segment 3: Klinkers, beton of gebakken.

Bekleding segmenten 4, 6, 7 en 9: Gras, gezaaid.

28. Wat is de taludhelling van segment 2?

---

29. Wat is de afstand van X begin tot X eind van segment 4?

---

30. Segment 8 dient als asfaltweg. Wat is de breedte van die weg? Rond af op 2 decimalen.

---

Wanneer je met het programma echt wilt gaan rekenen, heb je alleen de segmenten aan de zee kant nodig, tot aan de kruin. Selecteer segment 5 t/m 9 en verwijder deze. (Als je de complete dijk wilt bewaren, sla je deze eerst onder een andere naam op.)

Voor een realistische benadering van de Waddenzeedijk op Ameland vul je de gegevens in met betrekking tot het water en de golven:

Hydraulische parameters		
Significante golfhoogte	Hmo	1,5 [m]
<input checked="" type="radio"/> Spectrale golfperiode	Tm-1.0	6 [s]
<input type="radio"/> Spectrale piekperiode	Tp	6,6 [s]

Golfrichting	$\beta$	90 [°]
Waterstand	SWL	4,5 [m]

Maatgevende stormduur	t <sub>sm</sub>	20000 [s]
Gemiddelde golfperiode	T <sub>m</sub>	6 [s]

Klik op Bereken. En kijk naar het tabblad Visualisatie (dat er nu bij gekomen is). De lijn SWL is de stil water lijn. Dat is het zogenaamde Maatgevend Hoog Water (MHW): de waterstand waarop de waterkering is ontworpen. De lijn z2% laat zien dat de verwachting is dat 2% van de golven die tegen deze dijk orollen tot die hoogte zullen komen.

Vul nu de toekomstige waterstand in bij SWL: 4,8 meter.

De golfhoogte verander je van 1,5 in 1,6. Je gaat nu met een toekomstverwachting rekenen.

Klik nogmaals op Bereken.

Je zult zien dat de 2%-golfoploop nu hoger is dan de dijk. Kortom, dit ontwerp voldoet niet meer. Kijk maar op het tabblad Resultaten naar de benodigde kruinhoogte. Die ligt nu hoger dan 6 meter. Aan jou de taak om dit probleem te verhelpen.



31. Pas een van de segmenten aan om de dijk weer veilig te maken. Beschrijf jouw oplossing.

---

---

32. Je kunt ook de bekleding van de segmenten aanpassen. Gebruik bekledingen met een andere ruwheidsfactor en beschrijf de gevolgen.

---

---



Verschillende vormen van bekleding

In dit voorbeeld ben je uitgegaan van golven die evenwijdig aan de dijk lopen. Bij de golfrichting heb je namelijk  $90^\circ$  ingevuld. Als je  $0^\circ$  invult ga je ervanuit dat de golven loodrecht op de dijk aankomen. In veel gevallen zal de hoek echter anders zijn. In Nederland waait meestal een zuidwestenwind. De windrichting bepaalt in grote mate de richting van de golven. Bekijk de ligging van de Waddenzeedijk ten zuiden van Nes.

Maak een schatting van de hoek van inval op dit punt. Een realistische hoek is tussen 45 en 70 graden. Pas de hoek in het programma aan naar 45 graden en bekijk bij de Visualisatie en de Resultaten wat de gevolgen zijn.

33. Beschrijf de gevolgen en geef een verklaring voor deze gevolgen.

---

---

Met het programma kun je in ieder geval een veilige dijk ontwerpen, maar een optimale dijk moet ook economisch haalbaar zijn en passen in het landschap.

34. Creëer jouw optimale dijk, maar houd er ook rekening mee dat je moet betalen voor materiaal, ruimte, bouw en onderhoud. Maak een technische tekening (in een ander programma, of op papier) van jouw ideale dijk en betrek daarin minimaal vier aspecten waar jij rekening mee hebt gehouden. Schrijf een toelichting, waarin je de keuzes uitlegt.

---

---

---

---

---

## MEER DAN DIJKEN

Dijken beschermen ons tegen het water. Maar je kunt ook leven mét water. Je kunt het water bijvoorbeeld ook meer ruimte geven, in plaats van tegenhouden

35. Denk ook eens na over een leven met water zonder dijken. Een groot deel van het land zou dan onder water staan. Maak een technische tekening en/of kaart van hoe we dan toch ons hoofd boven water en onze schapjes op het droge kunnen houden.

Schrijf waar nodig uitleg bij je tekening. Hou in je tekening rekening met de volgende aspecten:

- Hoe en waar wonen mensen?
- Hoe gaan ze naar school en naar hun werk? (Verkeer)
- Er is veel minder landbouwgrond. Waar halen we ons eten vandaan?
- Wat doe je in je vrije tijd?



Voor Nederland zijn dijken van levensbelang. Daarom weten wij als geen ander hoe we een dijk moeten bouwen. Regelmatig komen mensen uit het buitenland kijken wat wij hier doen om onszelf tegen het water te beschermen. In Nederland werken dan ook de beste waterexperts van de wereld!

Dijken zijn belangrijk, ingewikkeld om te ontwerpen en er komt dus heel wat bij kijken. Kom ook kijken!

Op verschillende plekken kun je de dijkverbeteringen van Wetterskip Fryslân bekijken. Kijk voor meer informatie op [www.kijkopededijklemmer.nl](http://www.kijkopededijklemmer.nl) of [www.kijkopededijkameland.nl](http://www.kijkopededijkameland.nl).

### Colofon

Uitgave: Wetterskip Fryslân

Teksten: Podium

Fotografie: Arthur Smeets, Daniël Hartog en Wetterskip Fryslân WF

Wetterskip Fryslân

Postbus 36, 8900 AA, Leeuwarden

Telefoon: 058 - 2922222

