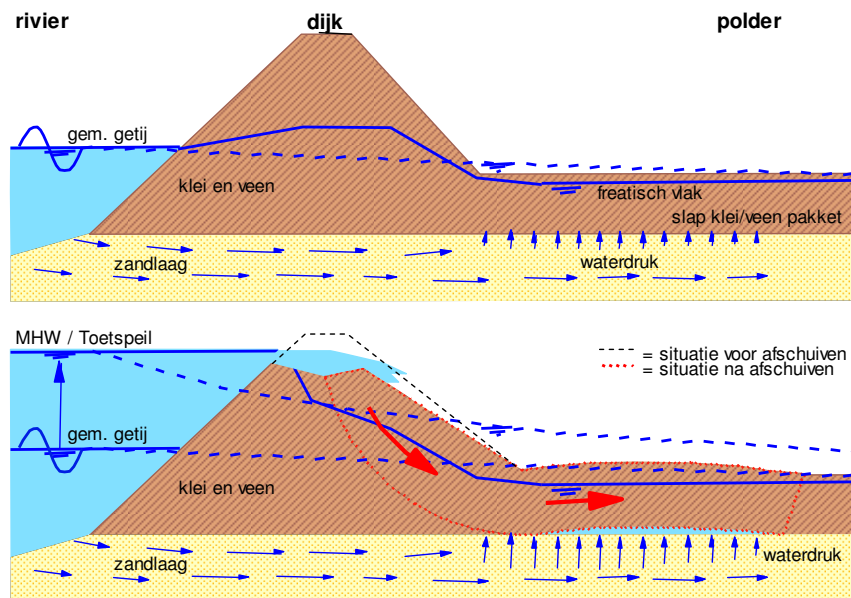


Waarom worden er verschillende constructies in de dijk aangebracht?

In de dijk worden verschillende constructies aangebracht om de faalmechanisme te voorkomen. Het soort constructie dat aangebracht wordt is afhankelijk van de aanwezige ruimte en het soort faalmechanisme. Voor een verder uitleg

Het relevante faalmechanisme van de dijk op dit specifieke traject is onder andere afschuiving door opdrijven. Daarbij loopt de waterdruk in de waterdoorlatende zandlaag onder de dijk op, als gevolg van een extreem hoge rivierwaterstand (Maatgevend Hoog Water). Het water in de zandlaag staat namelijk in verbinding met het rivierwater. Dit is geschetst in de eerste doorsnede in onderstaande figuur.

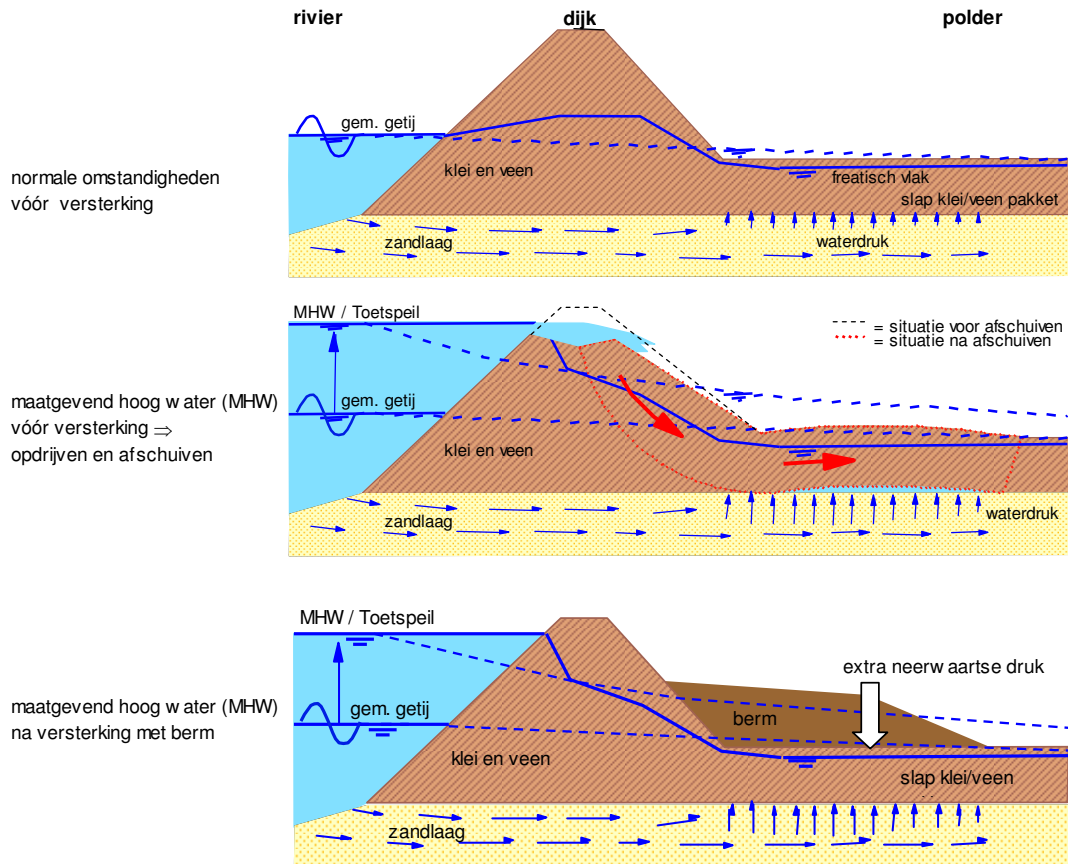


Als de rivierwaterstand stijgt, stijgt ook de waterdruk in de zandlaag. De druk loopt zelfs zo ver op dat de grond aan de polderzijde omhoog wordt gedrukt. Het gewicht van deze grond is namelijk zeer laag vanwege het grote aandeel veen in de bodem. Dit is weergegeven in de tweede doorsnede. Doordat het klei- en veenpakket aan de polderzijde omhoog wordt gedrukt, verliest de grond zijn sterkte. Wanneer de sterkte zodanig afneemt dat het talud bezwijkt onder het gewicht van de dijk, is er sprake van een afschuiving.

Om te voorkomen dat de dijk gaat afschuiven, zijn oplossingen bedacht. Deze oplossingen worden hierna beschreven. Als eerste wordt besproken het aanbrengen van een berm, vervolgens een meer ingrijpende oplossing, een verankerde damwand en, tenslotte, de meest ingrijpende oplossing, een diepwand.

Mogelijkheid 1: Berm (voorkeur)

De meest effectieve en simpele manier om dit mechanisme tegen te gaan is het aanbrengen van extra gewicht aan de binnenzijde van de dijk. Dit is in de onderste doorsnede weergegeven. Door het gewicht van de berm kan de grond niet meer omhoog worden gedrukt en behoudt de dijk zijn stabiliteit.



Voordelen van een berm

Het aanbrengen van een berm heeft sterk de voorkeur bij dijkversterkingen boven constructieve maatregelen zoals damwanden of diepwanden. Dit heeft meerdere redenen. Ten eerste is het een relatief eenvoudige en veilige maatregel die zeer gemakkelijk uitvoerbaar is. Het effect van een berm is meestal groot en goed voorspelbaar door middel van berekeningen. Daarnaast is een berm in de toekomst gemakkelijk aan te passen indien een eventueel verdere versterking van de dijk noodzakelijk mocht zijn. Dit is over het algemeen een belangrijk uitgangspunt omdat toekomstige aanpassingen niet ondenkbaar zijn. De berm past daarom goed in het streven naar een 'robuust' ontwerp van de waterkering.

Alleen in gevallen waar fysiek niet voldoende ruimte beschikbaar is voor een berm in verband met bebouwing of andere obstakels van grote waarde, worden alternatieve versterkingsmethoden toegepast.

Optimalisatie bermafmetingen

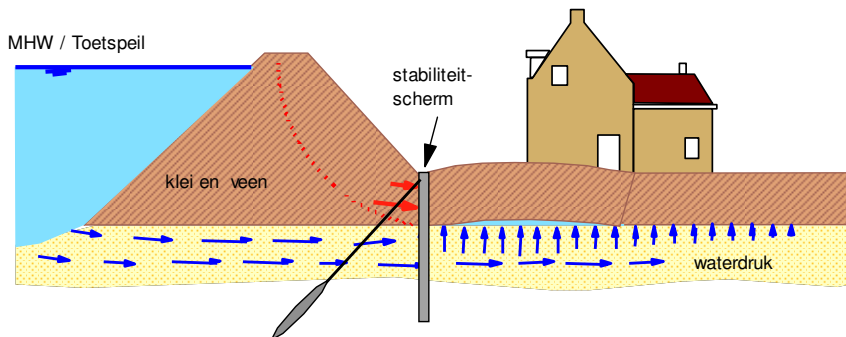
De betreffende stukken berm zijn zover mogelijk geoptimaliseerd. Er is rekening gehouden met de zetting tijdens de uitvoering, die een positief effect op de benodigde bermafmetingen heeft. In de uitvoeringsplanfase zal de te verwachten zetting aan de hand van aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek nog nauwkeuriger worden bepaald. Hier zal echter niet veel rek meer inzitten en de bermbreedte zal dan ook niet significant verkort kunnen worden.

Mogelijkheid 2 - Verankerde damwand (aan 1 zijde van de dijk bebouwing)

Het aanbrengen van een berm is niet altijd mogelijk. De voornaamste reden van de complexiteit van de dijkversterking langs de Lek in de Krimpenerwaard is de aanwezigheid van lintbebouwing op en naast de dijk. Het aanbrengen van een berm is daarom op veel plaatsen niet mogelijk. Daarom zijn er verschillende alternatieven afgewogen, waaruit een verankerde damwand op veel trajecten als meest geschikte oplossing naar voren is gekomen.

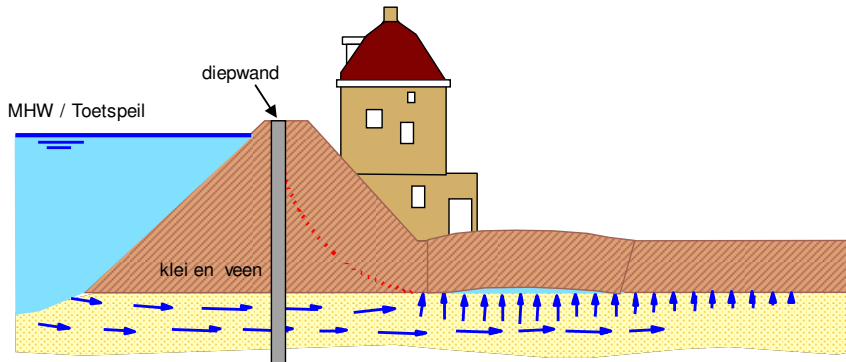
De damwand wordt bij voorkeur in de binnenteen geplaatst (onderaan het talud aan de polderzijde). Hier is de krachtswerking optimaal en voldoet een relatief lichte damwand, dat wil zeggen een staalprofiel met kleinere afmetingen. Bovendien is de benodigde planklengte kleiner dan wanneer de damwand in de kruin wordt geplaatst, omdat de kruin nu eenmaal 4 tot 6 m hoger ligt dan de binnenteen. Tenslotte is het om uitvoeringstechnische redenen veel beter om de damwanden zoveel mogelijk in de teen te zetten. De damwand kan dan namelijk korter en lichter zijn, waardoor het inbrengen gemakkelijker gaat en er minder zware apparatuur kan worden gebruikt. Dit is ook gunstig voor het uiteindelijke hinder- en trillingsniveau tijdens het inbrengen. In het dijklichaam zelf zitten vaak veel hardere klei- en puinlagen waar de damwand moeilijk doorheen te krijgen is.

Het principe van de verankerde damwand is in onderstaande figuur geschetst. Op locaties waar geen ruimte is voor een berm in verband met bebouwing wordt de damwand aan de binnenwaartse zijde van de dijk geplaatst. De optimale locatie is in de teen, maar wanneer ook daar geen ruimte is kan de wand in het binnentalud of zelfs in de binnenkruin worden geplaatst. De wand voorkomt dat het dijklichaam kan afschuiven wanneer de steun van het achterliggende grondmassief wegvalt door opdrijven tijdens extreem hoog water. De damwand alleen is niet sterk genoeg om het hele gewicht van de achterliggende dijk te ondersteunen. Daarom wordt de bovenkant van de wand gefixeerd met ankerstangen, die onder een hoek van circa 45 graden de vaste zandlaag onder de dijk in worden geboord.



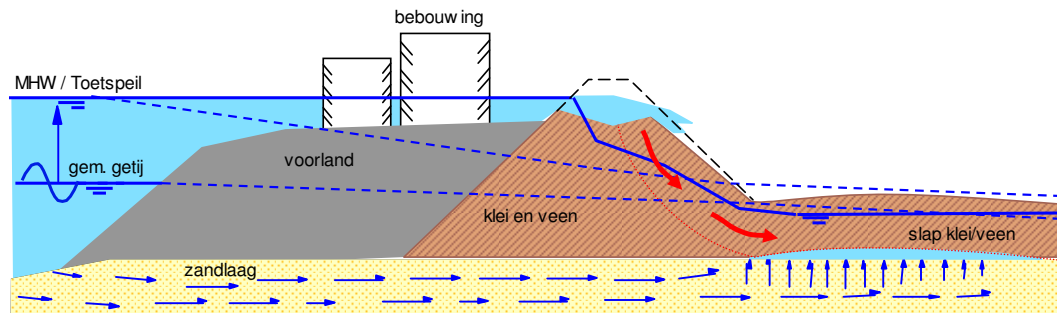
Mogelijkheid 3 – Diepwand (beide zijde bebouwing)

Wanneer ook in de binnenteen en in het binnentalud onvoldoende ruimte is om een damwand te plaatsen, of als er geen ruimte is om de ankerstangen aan te brengen, is een diepwand vaak nog de enige oplossing. Een diepwand is een gewapende betonnen muur, die in de grond wordt gevormd, zie de onderstaande doorsnede. Eerst wordt er een sleuf gegraven, die vervolgens wordt volgestort met beton. De diepwand is ongeveer 1 meter dik en kan veel meer krachten opnemen dan een stalen damwand en heeft daarom geen verankering. Een diepwand is echter een zeer kostbare oplossing en wordt alleen toegepast als andere oplossingen geen soelaas bieden.



Erosiescherm (buitenzijde bebouwing)

Het brede voorland (buitendijks gebied) dat ter plaatse van sectie F2.2 aanwezig is, heeft nauwelijks effect op het bovenbeschreven mechanisme. De waterdoorlatende zandlaag loopt door onder het voorland tot in de rivier. De waterdruk in de zandlaag aan de polderzijde is daarom ook hier afhankelijk van de rivierwaterstand en bij MHW is de veiligheid nog steeds onvoldoende. Bij MHW staat het voorland op het betreffende traject grotendeels onder water, dus als de kruin het begeeft, heeft het water vrij spel.



Daarnaast hoort het voorland niet tot de waterkering. Bij extreem hoog water en de bijbehorende stroomsnelheden is het gevaar voor afslag en erosie van het voorland (inclusief bebouwing) aanzienlijk. Hier moet altijd rekening mee worden gehouden.

In het dijkversterkingsplan is aangegeven dat daar waar nodig maatregelen zullen worden getroffen die bestaan uit het erosiebestendig maken van het buitentalud door middel van een bekleding of het toepassen van een erosiescherm ter plaatse van de buitendijkse bebouwing. Voor een aantal in het dijkversterkingsplan genoemde panden zijn maatregelen in de vorm van erosieschermen nodig. Deze erosieschermen worden in principe uitgevoerd als onverankerde damwandschermen in de buitenkruinlijn van de dijk. Hoog in de buitenkruinlijn is de beste locatie voor de erosieschermen omdat het buitentalud juist afslaat bij maatgevend hoogwater.