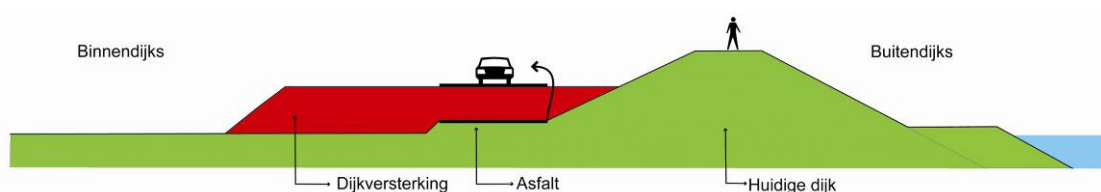


BIJLAGE 7 Principeoplossingen voor de veiligheidsproblemen

In deze bijlage zijn de principeoplossingen beschreven zoals ze ook in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau zijn toegelicht. Belangrijk kenmerk voor de oplossingen in landelijk gebied is dat het oplossingen geheel in grond zijn. Daar waar de oplossing voor stabiliteitsproblemen (en piping) in (alleen) grond niet in te passen is vanwege bijvoorbeeld bebouwing, kan gebruik worden gemaakt van constructieve oplossingen. Daarbij garanderen materialen als beton en staal de stabiliteit. Dit soort oplossingen zijn ruimtebesparend en vereisen maatwerk om een goede balans te vinden tussen kosten en baten. Constructieve oplossingen zijn veelal duurder en minder duurzaam dan oplossingen in grond.

Verzwarend of aanleg van een binnenberm (macrostabiliteit binnenwaarts, piping, microstabiliteit)



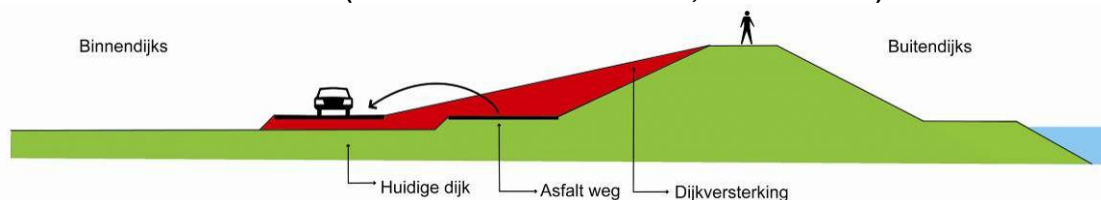
Figuur 9-1 Verzwarend of aanleg van een binnenberm

In het geval dat de dijk een stabiliteitsprobleem kent, kan aan de binnenzijde (richting land) de bestaande binnenberm worden verzwakt. Op locaties waar de dijk nog geen binnenberm heeft, kan deze worden aangebracht. Bij het verzwaken of aanbrengen van een binnenberm kan gevarieerd worden in het aanbrengen van een lange, minder hoge berm of een korte, hoge berm. Het buitentalud blijft intact.

Met de aanleg van een (lange) berm wordt ook de kwelweg verlengd en het uitspoelen van zand vanuit de ondergrond van de dijk tegengegaan. Daardoor is het aanbrengen van een berm ook een effectieve oplossing is voor het veiligheidsprobleem 'piping'.

Een berm kan ook probleemoplossend zijn voor het faalmechanisme micro-instabiliteit. Door het aanleggen van een berm wordt voorkomen dat het grondwater in de dijk van binnenuit naar buiten stroomt en gronddeeltjes meevoert. Wanneer het opdrukken of afschuiven van de toplaag van het binnentalud speelt, kan dit opgelost worden door met de binnenberm een dikkere kleilaag aan te brengen.

Verflauwen van het binnentalud (macrostabiliteit binnenwaarts, microstabiliteit)



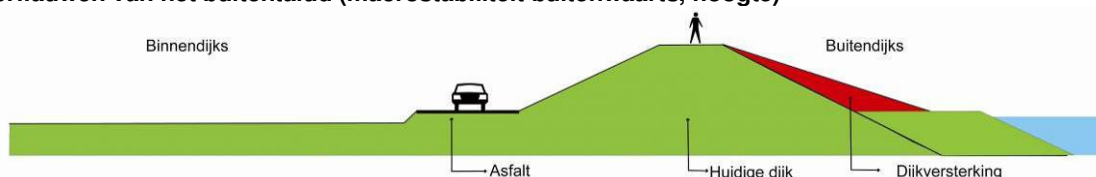
Figuur 1-2 Verflauwen van het binnentalud

In plaats van het aanleggen van een berm kan bij een stabiliteitprobleem aan de binnenzijde (richting land) het talud ook worden verflauwd. Het buitentalud blijft intact. Vaak is deze oplossing bij grotere dijken minder effectief dan het aanbrengen van een berm.

Voor de oplossing van het veiligheidsprobleem 'piping' is voldoende verlenging van de kwelweglengte nodig. Taludverflauwing leidt tot een verlenging van de kwelweglengte, maar is hiervoor minder effectief dan de aanleg van een berm.

Net als bij de aanleg van een binnenberm, kan de verflauwing van het binnentalud zodanig uitgevoerd worden dat deze een oplossing biedt tegen micro-instabiliteit van de dijk.

Verflauwen van het buitentalud (macrostabiliteit buitenwaarts, hoogte)

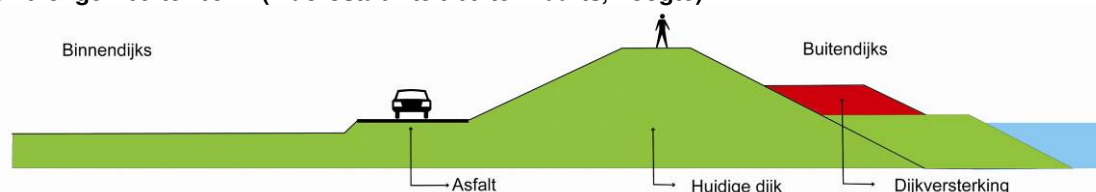


Figuur 1-3 Verflauwen van het buitentalud

Waar buitenwaartse stabiliteitsproblemen aan de orde zijn, kan het minder steil maken van het buitentalud een oplossing bieden. Bij deze taludverflauwing verschuift de teen van het talud buitenwaarts in (of in de richting van) het water. Verbetering van de buitentaludbekleding wordt bij deze oplossing direct meegenomen.

Afhankelijk van de grootte van het kruinhoogtetekort kan verflauwing van het buitentalud ook hier een oplossing voor bieden. Bij een flauwer buitentalud raken de tegen de dijk slaande golven eerder 'uitgeput'. Hierdoor wordt de golfloop tegen de dijk en daarmee de hoeveelheid water die over de dijk slaat beperkt.

Aanbrengen buitenberm (macrostabiliteit buitenwaarts, hoogte)



Figuur 1-4 Aanbrengen buitenberm

Net als in het geval van een stabiliteitsprobleem aan de binnenzijde kan bij een stabiliteitsprobleem aan de buitenzijde een berm worden aangelegd. Ook hier kan gevarieerd worden in het aanbrengen van een lange, minder hoge berm of een korte, hoge berm. In de meeste gevallen kan het bestaande talud boven de berm gehandhaafd blijven. Wanneer de berm slim aangelegd wordt, helpt een buitenberm ook goed de golven te breken, zodat de dijkhoogte kan worden beperkt.

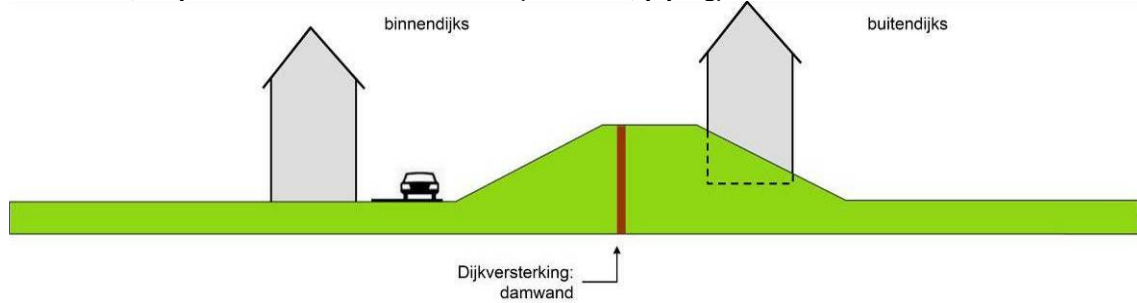
Asverschuiving binnen- of buitenwaarts

Asverschuiving is een maatregel die op zichzelf geen oplossing biedt voor een veiligheidsprobleem, maar kan in combinatie met de verschillende versterkingsmogelijkheden in grond worden toegepast wanneer binnen- of buitendijks te weinig ruimte beschikbaar is voor de versterking.

Wanneer bijvoorbeeld verflauwing van het buitentalud wordt toegepast, zonder asverschuiving, verschuift de buitenteen van de dijk in buitenwaartse richting. Wanneer hier geen ruimte voor is aan de buitendijkse zijde van de dijk, kan de taludverflauwing gecombineerd worden met een *binnenwaartse asverschuiving*.

De buitenteen blijft hierbij op zijn huidige plek en door de verflauwing van het buitentalud verschuiven de kruin en het binnentalud (incl. eventuele berm) binnenwaarts. Andersom kan uiteraard ook; bij dijkversterkingsmaatregelen aan de binnenzijde (binnenberm, verflauwing binnentalud) en ruimtegebrek aan de binnenzijde, kan een buitenwaartse asverschuiving toegepast worden.

Damwand-, diepwand of kistdamconstructie (stabiliteit, piping)

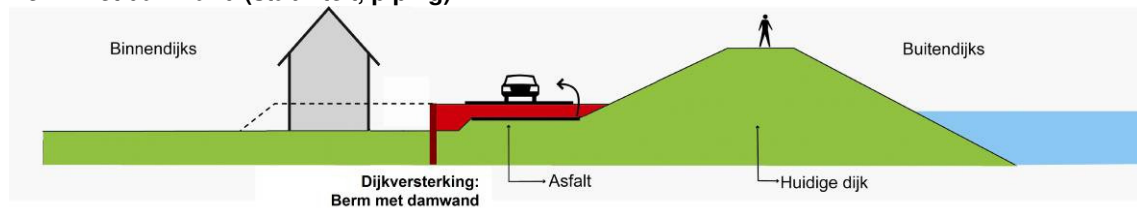


Figuur 1-5 Damwand, diepwand of kistdamconstructie

Op locaties waar te weinig ruimte beschikbaar is voor een versterking in grond, kan een constructieve maatregel een oplossing bieden. Door de aanleg van een constructie wordt voorkomen dat de dijk kan afschuiven en wordt de stabiliteit verbeterd. Om de stabiliteit te garanderen, moet de constructie tot in het Pleistocene zand worden aangebracht. Deze zandlaag begint op een diepte van NAP -7 à -12 m. De constructie blokkeert tevens de stroming van water onder de dijk door, waardoor piping wordt voorkomen. Mogelijke constructieve oplossingen zijn:

- *Damwandconstructie*: deze bestaat uit relatief dunne, flexibele stalen platen. De uiteindelijke stabiliteit is het resultaat van het samenspel tussen de wand en het omliggende grondlichaam;
- *Diepwandconstructie*: deze bestaat uit een wand van gewapend beton. Waar bij de damwand de stabiliteit een samenspel tussen wand en het omliggende grondlichaam is, is een diepwand in principe zelfstandig waterkerend;
- *Kistdamconstructie*: deze bestaat uit twee rijen stalen damwanden, die onderling gekoppeld zijn. Net als een diepwand is een kistdam zelfstandig waterkerend.

Berm met damwand (stabiliteit, piping)



Figuur 1-6 Berm met damwand

Daar waar in onbebouwd gebied een verzwaring van de binnenberm vaak een oplossing is voor de veiligheidsproblemen stabiliteit en piping, kan deze oplossing ter plekke van bebouwing niet zomaar worden doorgezet. De omvang van de bermverzwaring kan worden beperkt door een deel ervan te vervangen door een damwand, waarmee de gewenste dijkstabiliteit wel wordt gerealiseerd maar de bebouwing gehandhaafd kan blijven.

Overige oplossingsrichtingen voor micro-instabiliteit

Zoals toegelicht bij de principeoplossingen 'verzwaring of aanleg van een binnenberm' en 'verflauwen van het binnentalud' kunnen oplossingen voor het probleem van micro-instabiliteit in veel gevallen gecombineerd worden met een oplossing voor het probleem van onvoldoende binnenwaartse macrostabiliteit. Op locaties waar alléén het probleem van micro-instabiliteit speelt, zal hier een aparte oplossing voor nodig zijn. In deze gevallen kan gedacht worden aan het aanbrengen van drainage om te voorkomen dat het freatische grondwater op het binnentalud uit kan treden. Het mogelijk opdrukken of afschuiven van de toplaag van het binnentalud kan verholpen worden door een dikkere kleilaag aan te brengen. In combinatie met het verbeteren van de bekleding van het buitentalud, kan mogelijk ingegrepen worden in de waterhuishouding van het grondlichaam. Dit kan bijvoorbeeld door een minder doorlatende bekleding aan te brengen.

Overige oplossingsrichtingen voor hoogtetekort

Naast aanpassingen aan het buitentalud zoals verflauwen of het aanbrengen van een berm, kan uiteraard ook kruinverhoging een oplossing beiden voor een hoogtetekort van de dijk. Daarnaast kan gedacht worden aan het overslagbestendig maken van de dijk. Het dijktalud aan de landzijde moet dan voldoende sterk worden gemaakt (flauwer, sterkere gras-/klei- of zelfs steenbekleding) en er moet een oplossing worden gevonden voor de afvoer van het overslaande water. Onder extreme omstandigheden kan dan meer golfoverslag worden toegestaan, waardoor de dijk minder hoog hoeft te zijn. Vanwege de verhoogde beheersinspanning die een dergelijke overslagbestendige dijk vraagt én omdat het de vraag is of een dergelijke dijk onder extreme omstandigheden nog veilig kan worden geïnspecteerd, ligt het niet voor de hand dit voor lange dijkttrajecten als oplossing te kiezen. Op korte, specifieke locaties met goede mogelijkheden voor de afvoer van het overslaande water, kan de oplossing wel aantrekkelijk zijn.