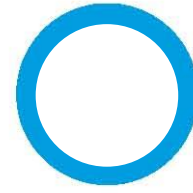


## Memo



**Aan:** Leden BGT ORK  
**Van:** Sweco, Stowa  
**Betreft:** Handreiking bomen op een dijk  
**Datum:** 2 juni 2020  
**Projectnummer:** 479.271  
**Projecttitel:** NWO, Bomen

---

# Hoofdstuk 1: Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Binnen het Ontwikkelingsprogramma zijn een aantal activiteiten uitgevoerd gericht op bomen op waterkeringen. Deze activiteiten beschouwden zowel de waterbouwkundige aspecten als beleidsmatige of juridische aspecten. De resultaten zijn afzonderlijk gerapporteerd. Deze notitie vormt een integratie van die activiteiten en beschrijft een rode draad. Sweco heeft deze notitie opgesteld in opdracht van STOWA.

## 1.2 Doel

De kern van deze notitie is een handelingsperspectief voor het omgaan met bomen op dijken. Daarbij worden aanknopingspunten gegeven voor het beoordelen van bomen op een dijk. De bijlagen bij deze notitie bevatten de rapportage van enkele onderliggende acties die in het kader van deze studie zijn uitgevoerd (door derden).

De beoordeling van de situatie waarin een boom op een dijk staat wordt ingedeeld in vier situaties aan de hand van de veiligheid en belevingswaarde van de boom. Vervolgens wordt aan de hand van de situatie een mogelijk handelingsperspectief beschreven.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft het kader van deze notitie; wat de effecten zijn van bomen op de waterkering en hoe bomen ingedeeld kunnen worden om deze te beoordelen.

Hoofdstuk 3 beschrijft hoe de veiligheid van de situatie met een boom beoordeeld moet worden en hoe beoordeeld wordt of een boom waardevol is.

Hoofdstuk 4 geeft voorbeelden van de diverse situaties.

Hoofdstuk 5 geeft aanbevelingen over hoe te handelen met bomen op een dijk.

De bijlagen bevatten genoemde rapportages van andere acties, of verzamelde info daaruit.

# Hoofdstuk 2: Kader

## 2.1 Effecten van bomen op de waterveiligheid

Bomen op of nabij een waterkering kunnen effect hebben op de veiligheid van de waterkering. Dit effect kan zowel positief als negatief zijn. In negatieve zin kan de sterkte van een waterkering aangetast worden door bijvoorbeeld een ontgrondingskuil na het omwaaien van de boom of holten in de grond door het weggroten van afgestorven wortels. In positieve zin kan een boom extra sterkte leveren door bijvoorbeeld een extra gewicht in de passieve zone. Zie "Inkadering ontwerp bomen" [6] voor meer effecten van bomen.

Door het USACE (United States Army Corps of Engineers) is een grootschalig literatuuronderzoek uitgevoerd dat concludeert dat de aanwezigheid van een boom op een waterkering kan leiden tot zowel een toe- als een afname van de veiligheid [7]. Bijlage 1 presenteert een samenvatting van dit literatuuronderzoek.

In het International Levee Handbook wordt een aantal mechanismes genoemd waarop de sterkte van een waterkering kan worden aangetast als gevolg van de aanwezigheid van bomen. Samengevat (zie de tabel in bijlage 2, of het ILH zelf) worden de volgende gebeurtenissen of processen benoemd:

- ontgrondingskuil, door het omwaaien van een boom;
- ontstaan van holten en gangen door wortels, speciaal na afsterven daarvan;
- overdracht van windkracht op het grondlichaam;
- concentratie van overstromend of overslaand water;
- aantrekken van (gravende) dieren, door het bieden van beschutting of voedsel;
- belemmeren ontwikkeling goede grasbekleding, door schaduw;
- beschadigen van de bekleding, door wortelgroei cq. bovengronds uitstekende wortels.

In Nederland wordt algemeen geen rekening gehouden met eventuele positieve effecten van bomen, omdat niet gegarandeerd kan worden dat deze positieve effecten ook optreden tijdens de normsituatie. Daarnaast wordt wel rekening gehouden met eventuele negatieve effecten, omdat optreden tijdens de normsituatie niet kan worden uitgesloten [6]. Gezien vanuit de waterveiligheid van een waterkering heeft de afwezigheid van bomen op en nabij een waterkering de voorkeur. Echter, uit het oogpunt van ruimtelijke kwaliteit kan de wens bestaan om bomen op en nabij een waterkering wel toe te laten [6]. In de volgende paragraaf wordt een beoordelingskader opgesteld om bomen op een waterkering in te delen waarbij de veiligheid en de ruimtelijke kwaliteit wordt meegenomen. Aan de hand van deze indeling wordt bepaald hoe met de bomen omgegaan moet worden.

## 2.2 Beschouwde combinaties van bomen op keringen

Voor het beschrijven van een handelingsperspectief voor bomen op en nabij een waterkering is een indeling opgesteld, op basis van twee aspecten:

1. de veiligheid van de situatie waterkering met boom;
2. de waarde van de boom en de locatie van de boom.

Hiermee resulteren vier situaties (tabel 0-1), die de basis vormen voor de beschrijving van het handelingsperspectief.

Tabel 0-1: Indeling in situaties waterveiligheid en waarde boom

Waarde van de boom	Waterveiligheid - dijk met boom voldoet: wel aan de veiligheidseisen	niet aan de veiligheidseisen
Boom is waardevol	Situatie 1	Situatie 3
Boom is niet waardevol	Situatie 2	Situatie 4

# Hoofdstuk 3: Beoordeling waterveiligheid en de waarde van de boom

*Volledigheidshalve wordt de methoden voor het beoordelen van de veiligheid van de situatie met een boom op een waterkering en de waarde van een boom (incl. locatie) kort beschreven in de volgende paragrafen.*

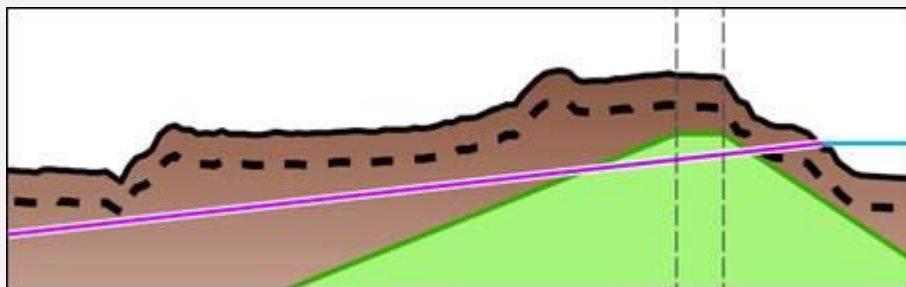
## 3.1 Veiligheid van de situatie

De veiligheidsbeoordeling van bomen op dijken is beschreven in de Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen van STOWA [1]. Deze paragraaf benoemt de belangrijkste punten uit deze leidraad.

De beoordeling van bomen is gebaseerd op de toetsing van het grondlichaam zelf, aangevuld met enkele gegevens betreffende de boom. Dit betreft de locatie, de globale afmetingen van de boom (hoogte), onderlinge afstanden indien meerdere bomen aanwezig zijn en het type boom. Met deze gegevens kan de grootte van de ontgrondingskuil worden geschat<sup>1</sup>. De kans op omwaaien van de boom wordt hierbij niet beschouwd.

### **Voorbeeld Voldoende veilige afmetingen**

Voor een toetsing van begroeiing op de waterkeringen langs een kanaal is een eenvoudige werkwijze gehanteerd. De waterkeringen langs het kanaal is voor het overgrote deel beplant met bomen en struiken. In figuur 3-1 geeft de groene dijk het minimaal benodigde dijkprofiel weer. Het bruine deel geeft het werkelijke dijkprofiel weer. De dijk heeft een veel groter profiel dan minimaal benodigd is. Bij het omwaaien van bomen, met een ontgrondingskuil van 1 meter blijft voldoende restprofiel aanwezig.



*Figuur 0-1: Voldoende veilige afmetingen (groene deel: minimaal benodigde profiel, bruine deel: werkelijke profiel, zwarte stippellijn: restprofiel met ontgrondingskuilen van 1 m)*

*Naast de veiligheidsbeoordeling uit de leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen, bestaat de mogelijkheid om een BomenT toets uit te laten voeren [5]. Dit is een praktische methode om de bomen aan de hand van veldgegevens in te delen in stabiliteit - risicoklassen. Indien in potentie instabiliteitsgevaar is, dan kunnen met de veldgegevens aanvullende stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd.*

<sup>1</sup> Een STOWA inventarisatie van stormschade aan waterkeringen door omgewaaide bomen (gestart in 2005) heeft weinig opgeleverd. Door het uitblijven van significante stormen in de jaren vanaf de start is de inventarisatie uiteindelijk zelfs gestaakt. In overleg met het STOWA – RWS programma PIW is voorgenomen een nieuwe inventarisatie te starten, uit te voeren na iedere significante storm.

### 3.2 Waarde van de boom

In de STOWA-handreiking beplanting op boezemkades worden twee manieren beschreven waarop waarde toegekend kan worden aan een boom [3]. In de volgende paragrafen wordt eerst besproken wat de LNC-waarde (landschap, natuur en cultuurhistorie) is. Vervolgens worden de methoden beschreven hoe de waarde van een boom bepaald kan worden.

#### LNC-waarde

De drie invalshoeken om naar de waarde van beplanting te kijken, zijn landschap, natuur en cultuurhistorie. Naarmate de boom vanuit meerdere invalshoeken waarde heeft, wordt de beplanting nog waardevoller. Onderscheid wordt gemaakt in twee verschillende vormen van waarde, de economisch/functionele waarde en de ruimtelijke waarde. De economisch / functionele waarde is in geld uit te drukken en de ruimtelijke waarde is in maatschappelijk belang uit te drukken.

#### Methodes bepalen waarde van een boom

- Methode 1 TAW-handreiking  
De TAW (Technische Adviescommissie Waterkeringen) heeft een handreiking uitgegeven 'Inventarisatie en waardering LNC-aspecten' [4]. Deze handreiking kan gebruikt worden voor het waarderen van een boom uit oogpunt van LNC-aspecten. Deze methode is vooral een beschrijvende wijze.
- Methode 2 alternatieve methode  
Deze methode is meer getalsmatig [4]. Daarbij moet in acht genomen worden dat ook deze methode nog steeds subjectief is. Deze methode gebruikt drie niveaus om de waardebepaling van de boom concreet te maken. Deze niveaus zijn:
  - o de boom zelf;
  - o de boom op zijn plek in de directe omgeving;
  - o de boom in het landschap.

Op elk niveau worden de aspecten landschap, natuur en cultuurhistorie uitgewerkt. Daarnaast zijn voor elk niveau sub-criteria uitgewerkt, elk sub-criterium krijgt in deze methode een score en een gewicht toegekend.

#### Conclusie

Beide methodes kunnen toegepast worden, waarbij wordt opgemerkt dat beide deels gebaseerd zijn op expert judgement (ofwel: de waarde volgt niet uit een vaste 'formule').

### 3.3 Jurisprudentie

Uit een inventarisatie van jurisprudentie over beplanting op waterkeringen [9] is gebleken dat een rechter met name toetst op zorgvuldigheid, motivering, rechtszekerheid en rechtsgelijkheid. Meer specifiek, een rechter toetst een besluit aan de hand van:

- de wet (waterschapswet, waterwet en de algemene wet bestuursrecht);
- provinciale verordeningen;
- Keur en waterschapsverordening;
- vastgesteld beleid, is een besluit volgens een beleidsregel OF is afwijking van een beleidsregel gerechtvaardigd;
- besluit of beschikking van het waterschap, speciaal de vraag of een goede belangenafweging heeft plaatsgevonden.

De gehele samenvatting van de notitie "Aandachtspunten jurisprudentie beplanting op waterkeringen" is te vinden in 0 [9] alsmede de notitie zelf.

Enkele voorbeelden

**Waterschap Rijnland**

Bij waterschap Rijnland heeft een dijkversterking plaatsgevonden van een dijk die door de voor- en achtertuinen van particulieren liep. De dijk voldoet niet aan de norm, en moest opgehoogd worden met 80 cm tot 1 m. De bomen zouden deze ophoging niet overleven en zijn daarom gekapt. Bij het verwijderen zijn tevens alle wortels verwijderd en zijn ter plaatse van de buitenkruinlijn kleikisten geplaatst. Deze doorkruisen de wortels zodat (holten door) de wortels niet voor kanaaltjes zorgen.

**Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier casus 1**

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft de Westdijk langs de Heerhugowaardpolder versterkt. De kering is circa 7 kilometer lang en langs deze kering stonden 1300 bomen, waarvan 1000 in het buitentalud. De meeste van deze bomen waren op leeftijd en hoger dan 6 meter. In het project is een LNC-waarde bepaling gedaan, hieruit bleek dat geen sprake was van natuurwaarde. Besloten is de meeste van de bomen te verwijderen (circa 1000). Daarbij zijn een aantal bomen gespaard en op 2 meter hoogte gekapt. Conform het herplantingsplan zijn een jaar later hagen aangeplant die niet hoger worden dan 4 meter, niet diep wortelen en makkelijk te snoeien zijn. Deze aanpak is uitvoerig overlegd met de provincie (eigenaar kade) en de betrokken gemeentes, waarbij alle partijen akkoord zijn gegaan met dit kap- en herplantplan.

**Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier casus 2**

Bij de dijkversterking van de Oostdijk en Huigendijk van de Heerhugowaardpolder heeft een onderbermverzwaring plaatsgevonden. Voor het uitvoeren van deze verzwaring zijn circa 30 bomen gekapt, waarbij de stronken zijn weggefreest. Hierbij heeft geen herplanting plaatsgevonden, de Regionale Uitvoeringsdienst (RUD) heeft aan de hand van de uitgevoerde LNC-waardescan bepaald dat dit niet nodig was.

**Waterschap Hollandse Delta**

Bij de dijkversterking langs het Eiland van Dordrecht (primaire kering) zijn circa 150 bomen verwijderd uit de waterkering. Hierbij zijn de bomen omgezaagd en afgevoerd en zijn de stobben en de meeste wortels verwijderd. De bomen zijn herplant in een natuurontwikkelingsgebied binnendijks en langs de nieuwe (teen)sloot (zowel binnen als buitendijks). Voor de versterking is de landschappelijke waarde van de bomen bepaald en is geconcludeerd dat deze waardevol waren. Toch is besloten de bomen te kappen, omdat ze niet aan de voorwaarden van bomen op een primaire kering voldoen. In het project is niet gekeken of bij het uitvoeren van een zwaarder stabiliteitsschermb (dat in het kader van de stabiliteit geplaatst werd) bomen gehandhaafd konden worden. De aanwezigheid van bomen en het hiermee omgaan heeft bij deze dijkversterking kostenverhogend gewerkt.

### *3.4 Herplantplicht*

Onafhankelijk van of een boom waardevol is of niet, geldt een herplantplicht voor bomen. Alleen voor uitzonderingen geldt deze herplantplicht niet. Deze herplantingsplicht is geregeld in het waterschap of in de gemeente waar de dijk gesitueerd is.

# Hoofdstuk 4: Beschouwde situaties met bomen op keringen

In dit hoofdstuk wordt per situatie een beschrijving gegeven hoe gehandeld kan worden in de desbetreffende situatie. Per situatie (zie tabel 0-1) worden een aantal voorbeelden vanuit waterschappen gegeven.

Tabel 0-1: Situatie

Waarde van de boom	De dijk met boom voldoet aan de veiligheidseisen	De dijk met boom voldoet niet aan de veiligheidseisen
De boom is waardevol	Situatie 1 (paragraaf 0)	Situatie 3 (paragraaf <b>Fout!</b> <b>Verwijzingsbron niet gevonden.</b> )
De boom is niet waardevol	Situatie 2 (paragraaf 0)	Situatie 4 (paragraaf 0)

## 4.1 Dijk voldoet aan de veiligheidseisen

Indien de situatie met een boom voldoet aan de veiligheidseisen, zijn verder geen maatregelen ten aanzien van de boom vereist, anders dan regulier beheer en onderhoud inclusief inspectie voldoende. De waarde van de boom en/of locatie zijn dan niet relevant.

### Casus Waterschap Zuiderzeeland

Op een primaire waterkering stonden 75 populieren. Deze vormden geen direct gevaar voor de waterveiligheid. Echter in het kader van goed beheer en onderhoud zijn de bomen verwijderd, omdat deze aan het afsterven waren en daarmee een risico vormden voor de omgeving (vallende takken en/of omwaaien). Er was al een geval bekend waarbij een auto schade had opgelopen. Alle bomen zijn verwijderd, waarbij ze zijn omgezaagd en de stobben met een frees zijn verwijderd. De wortels zijn grotendeels blijven zitten, omdat afsterven van deze wortels geen gevaar vormt voor de waterveiligheid. In het kader van de herplantplicht zijn 40 fruit- en notenbomen in het voorland geplant. Het bevoegd gezag is hiermee akkoord gegaan, de variatie van de fruit en notenbomen werd als verrijking gezien (ondanks dat de populieren als landmark werden gezien).

## 4.2 Dijk voldoet niet aan veiligheidseisen, waardevolle boom en/of locatie

In deze situatie voldoet de boom op de dijk niet aan de veiligheidseisen, maar is de boom en/of locatie waardevol. De volgende paragrafen geven weer hoe in elke situatie gehandeld kan worden.

### Waardevolle locatie

Als alleen de locatie waardevol is, dan kan besloten worden de bomen te verwijderen en (op dezelfde locatie) nieuwe bomen aan te planten op een dusdanige wijze dat de veiligheid wel aan de norm voldoet. Dit kan bijvoorbeeld door de boom in overbreedte (extra brede kruin) of overhoogte (verhoogde berm) aan te brengen.

Opgemerkt wordt dat de benodigde overdimensionering vaak gebaseerd wordt op een marge ten opzichte van het zgn. beoordelingsprofiel, op basis van een aangenomen afmeting van de ontgrondingskuil. Het verdient aanbeveling ook met overige invloeden van de aanwezigheid van een boom rekening te houden (beworteling, schaduw, inspecteerbaarheid).

### **Waardevolle boom**

Als alleen de boom waardevol is, maar niet de locatie dan kan overwogen worden om de boom te verplaatsen. Hierbij moet de overlevingskans van de boom bij het verplaatsen in acht genomen worden.

Alternatief is de boom op de locatie te handhaven, en de veiligheid van de situatie met maatregelen te verbeteren (zie verder par. 4.2.3).

### **Waardevolle boom op een waardevolle locatie**

Als een boom op een locatie waardevol is, dan dient gestreefd te worden de boom op die locatie te handhaven. De veiligheid van de dijk (met boom) dient dan te worden verhoogd, zodanig dat de boom zich buiten het beoordelingsprofiel bevindt. Dit kan bijvoorbeeld door een constructie in de dijk aan te brengen, zoals een damwand. Dergelijke maatregelen leiden tot extra kosten. Voor zo ver bekend bestaat geen duidelijk afwegingskader om een acceptabele hoogte van de kosten te bepalen. Dit is ook locatie- of regio specifiek, het sparen van een waardevolle boom in een 'kale' stedelijke omgeving zal anders worden gewaardeerd dan een (eveneens waardevolle) boom in een bosrijk landelijk gebied.

Maatregelen aan de kering dienen geen bedreiging te vormen voor de overlevingskans van de boom. Hierbij moet bijvoorbeeld gedacht worden aan de aantasting van wortels en nadelige invloed op de vochtinhouding.

## ***4.3 Dijk voldoet niet aan veiligheidseisen, boom en locatie niet waardevol***

In deze situatie voldoet de dijk niet aan de veiligheidseisen, maar is de boom niet waardevol evenmin als bomen op die locatie. Dit resulteert in het verwijderen van de bomen. Vanuit de herplantingsplicht geldt (vaak) dat de bomen op een andere locatie (terug-) geplaatst moeten worden.

Bij het verwijderen van bomen moet rekening worden gehouden met het verwijderen van de wortels. In het ILH [8] beschrijft een buitenlandse aanpak (in box 4.23) waarbij wordt voorgeschreven dat wortels groter dan 13 mm in diameter altijd verwijderd moeten worden. Een andere aanpak is het snoeien van de boom tot een minimum. Hierbij blijft de boom wel leven en wordt het verrotten van wortels voorkomen.

### **Casus Watergraafsmeer**

Na de afschuiving in Wilnis (augustus 2003) is in opdracht van Waterschap Amstel Gooi en Vecht door Waternet een inventarisatie uitgevoerd van mogelijk andere veiligheidsproblemen op de boezemkaden. Na deze inventarisatie bleek dat voor 12 bomen sprake was van een veiligheidsprobleem. In oktober 2003 is voor deze bomen een kapvergunning aangevraagd, deze werd echter in februari 2004 geweigerd. Dit heeft geleid tot een langdurende affaire. Uit deze affaire zijn een conclusies getrokken hoe in het vervolg gehandeld kan worden in het geval geen kapvergunning verleend wordt. Deze conclusies beschrijven hoe een waterschap een gemeente of stadsdeel kan bewegen om een kapvergunning te verlenen. Welke stappen open staan in het geval dat de gemeente/het stadsdeel weigert om de aangevraagde kapvergunning te verlenen. Hoe een afweging plaatsvindt tussen het belang van veiligheid tegen overstroming en de belangen van landschap, natuur en cultuur. Verder wordt beschreven wie verantwoordelijk is voor het aanvragen van de kapvergunning.

De volledige casus over Watergraafsmeer is te vinden in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

## Hoofdstuk 5: Literatuur

- [1] Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen, STOWA, Module: Introductie met bijlagen, 2015.
- [2] Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Waterkeringen, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007.
- [3] Handleiding voor beplanting op en nabij boezemkaden, STOWA, 2000.
- [4] Handreiking Inventarisatie en waardering LNC-aspecten, TAW, april 1994.
- [5] BomentoetsT voor waterkeringen, Bomenwacht Nederland.
- [6] Inkadering onderwerp Bomen (NWO), STOWA, 7 april 2017.
- [7] Initial Research into the effects of woody vegetation on levees, USACE, 2011.
- [8] International Levee Handbook, Hoofdstuk 4.5 Vegetation management,
- [9] Aandachtspunten jurisprudentie beplanting op waterkeringen, Andy Krijgsman, Den Haag, 18 oktober 2017.



# Bijlage 1: Literatuur review

*In dit stuk wordt ingegaan op de effecten van bomen op de veiligheid van waterkeringen, beoordeling daarvan en eventuele maatregelen die kunnen worden getroffen. Het dient als informatie voor discussie in de ORK Bgroep Techniek over de nader te zetten stappen cq. de uit te voeren acties inzake het dossier bomen.*

De aanwezigheid van bomen op of nabij een waterkering heeft invloed op de sterkte van de kering, bijvoorbeeld doordat bomen:

- wind vangen, de resulterende kracht op de waterkering kan een extra aandrijving vormen voor een afschuiving;
- wortels hebben, die enerzijds de grond kunnen wapenen en anderzijds (na afsterven en verrotten) doorlatende holten vormen in de grond;
- om kunnen waaien, waarbij de ontgrondingskuil een aantasting vormt van de waterkering;
- grondwater onttrekken aan het dijklichaam en de ondergrond, de resulterende rijping / scheurvorming kan leiden tot een toename van de doorlatendheid en daling van het maaiveld (kruin);
- schaduw geven op de kering, wat leidt tot een slechtere kwaliteit (erosiebestendigheid) van de grasmat;
- beschutting geven waaronder dieren op zomerse dagen kunnen schuilen, wat leidt tot beschadiging van de grasmat (lagere erosiebestendigheid)

Overige consequenties van de aanwezigheid van bomen zijn bijvoorbeeld:

- het belemmeren van inspecties, zowel onder reguliere omstandigheden (verminderd zicht) als tijdens normsituaties met harde wind (gevaar voor omwaaien voor inspecteurs of verminderde toegankelijkheid van de kering na omwaaien);
- het bemoeilijken van beheer & onderhoud werkzaamheden, m.n. maaien van gras;
- wortels schade kunnen veroorzaken aan harde bekleding<sup>2</sup>;
- vervormingen van de grond nabij de boom, wat kan leiden tot holten rond of langs de wortels;
- het vormen van een aantrekkelijk habitat (of voedsel), wat kan leiden tot het aantrekken van schadelijke dierlijke activiteiten<sup>3</sup>.

De bijlage geeft enkele interessante resultaten uit literatuuronderzoek door het USACE weer. Enkele bevindingen:

- veel onderzoek betreft de toename van de sterkte van grond door wortels, waarbij wordt geconcludeerd dat de sterkte inderdaad toeneemt;
- de toename van de sterkte wordt vooral in verband gebracht met een afname van erosie (door langsstromend en overslaand water) van rivieroeveren en een afname van verschuivingen van berghellingen;
- de omvang en 'architectuur' van het wortelstelsel varieert, afhankelijk van standplaatsfactoren als taludhelling, dominante windrichting, gelaagdheid/heterogeniteit van de grond / het kadelichaam, vochtigheid, nutriënten;
- onderzoek naar de invloed op de stabiliteit richt zich vooral op berghellingen en rivieroeveren, waarbij tevens het beperken van verzadiging van de grond een belangrijk voordeel is van bomen (door de verdamping);
- andere genoemde voordelen zijn de reductie van golfbelasting;
- een erkend nadeel is opstuwning van de waterstand door bomen in stroombed;
- een toename van het gevaar voor interne erosie door de effecten van wortels (direct door 'hydraulic fracturing' en indirect na afsterven en verrotten).

---

<sup>2</sup> Wortels kunnen ook schade geven aan andere aanwezige NWO's, maar dat is uit oogpunt van waterveiligheid niet relevant

<sup>3</sup> Met name relevant voor gravende dieren, zoals bevers, muskusratten, muizen

Een groot onderzoek door het USACE [USACE, 2011] concludeerde dat de aanwezigheid van een boom op een waterkering kan leiden tot zowel een toe- als afname van de veiligheid. Of sprake is van een positieve of negatief effect is niet eenduidig, evenmin als het kwantificeren daarvan. Dit komt onder andere omdat dit erg afhankelijk is van lokale kenmerken van de waterkering en de boom.

Voor Nederland geldt algemeen dat bij de beoordeling van de veiligheid van regionale waterkeringen:

- geen rekening wordt gehouden met eventuele positieve effecten van bomen; *omdat onvoldoende gegarandeerd kan worden dat deze tijdens het optreden van de normsituatie daadwerkelijk aanwezig zijn;*
- wel rekening wordt gehouden met eventuele negatieve effecten van of gebeurtenissen met bomen; *omdat de aanwezigheid of het optreden daarvan tijdens de normsituatie niet kan worden uitgesloten (mogelijk is het optreden zelfs gecorreleerd aan het optreden van de normsituatie: harde wind, slappe grond door verweking);*

Samengevat wordt gesteld dat de aanwezigheid van bomen op of nabij een waterkering de standzekerheid van een waterkering kan aantasten, en daardoor leidt tot onzekerheden in de toestand en sterkte van de waterkering tijdens de normsituatie. Een verdedigbare waterbouwkundige reden om bomen op een waterkering te accepteren is niet aangetroffen, terwijl de aanwezigheid van een boom in potentie een gevaar op schade en slachtoffers vormt

Geconcludeerd wordt dat strikt geredeneerd vanuit de veiligheid van een waterkering de afwezigheid van bomen op of nabij een waterkering de voorkeur heeft, om de genoemde (eventuele) negatieve effecten en onzekerheden te voorkomen.

Echter, uit oogpunt van ruimtelijke kwaliteit bestaat de wens toch bomen op of nabij waterkeringen toe te staan. Het toestaan van bomen op of nabij waterkeringen vraagt om een beoordelingskader, waarbij tevens dient te worden beschikt over een zgn. handelingsperspectief. Onderstaand wordt hier nader op ingegaan.

#### Beoordelingskader

Het huidige beoordelingskader richt zich op het doorsnijden van een ontgrondingskuil (na omvallen) door het minimaal benodigde profiel<sup>4</sup>. Deze beoordeling kent uitgangspunten ten aanzien van:

1. de omvang van de ontgrondingskuil en resulterende verstoringszone;
2. de acceptatie van een (beperkte) aantasting van het benodigde profiel (op basis van de verhouding van zo'n aantasting versus breedte waarover faalmechanisme optreedt: m.n. relevant bij stabiliteit);
3. de kans op omvallen van een boom tijdens een hoogwater (voor niet-permanent waterkerende keringen).

Ad.1 De huidige beoordelingsmethode geeft beperkte aanwijzingen voor de grootte van de ontgrondingskuil, en een vuistregel voor het bepalen van de verstoringszone. Een aanwijzing voor optimalisatie van de grootte van de ontgrondingskuil en de verstoringszone worden niet gegeven.

Ad.2 De huidige beoordelingsmethode houdt al (pragmatisch) rekening met de beperkte invloed van een geringe aantasting van de waterkering in relatie tot de afmeting van een glijvlak. Een nadere onderbouwing is denkbaar, de mogelijkheden voor een significante optimalisatie lijkt beperkt.

Ad. 3 De huidige beoordelingsmethode gaat niet in op de kans op omvallen cq. het ontstaan van de ontgrondingskuil. Dit is in het verleden wel eens voorgesteld (Bomenwacht, Fugro). Aandachtspunt hierbij is wel de betrouwbaarheid van een dergelijke voorspelling of inschatting van de kans. Speciaal het representatief zijn van bijbehorende testen ('omtrekproeven') vraagt aandacht, wanneer die tijdens niet-maatgevende omstandigheden zijn uitgevoerd (o.a. vanwege afwijkende waterspanningen/effectieve spanningen in de grond).

<sup>4</sup> Hierbij is sprake van verschillende definities, het zgn. beoordelingsprofiel volgens de Cie. Boertien (REF) en de minimaal benodigde profielen volgens het VTV (-2006) en de LTVRW (2015).

Potentiele vervolgacties t.a.v. beoordelingskader:

- nadere invulling bepaling en/of optimalisatie van de omvang van een ontgrondingskuil en verstoringszone;
- nadere onderbouwing 3D in vigerende aanpak Leidraad;
- verkenning mogelijke / haalbare optimalisatie bij een verdere beschouwing 3D effecten;
- invulling beoordeling kans op omvallen tijdens normsituaties (voor permanent waterkerende keringen geldt dan als vervanging een beoordeling van de situatie 'omvallen bij streefpeil').

#### Handelingsperspectief

*Richt zich op bestaande bomen. Uitgangspunt is (beleid waterkeringbeheerder) dat aanplant van nieuwe bomen in het beoordelingsprofiel wordt voorkomen. Let wel: dit staat wel degelijk nieuwe bomen toe, maar in een veilige overhoogte t.o.v. het benodigde profiel van de waterkering (= buiten het zgn. profiel van vrije ruimte).*

Indien uit een beoordeling volgt dat een boom de veiligheid van een waterkering dusdanig nadelig beïnvloedt dat de waterkering door de aanwezigheid van de boom niet meer voldoet aan de gestelde veiligheidsnorm, resteren 3 opties:

1. kappen van de boom;
2. kappen van de boom, en nieuwe aanplant in overhoogte;
3. handhaven boom en realiseren vervangende waterkering.

Ad.1 Dit betreft situaties waarin de boom (bomen) zelf niet van bijzondere waarde is en geen of beperkte waarde heeft uit oogpunt van ruimtelijke kwaliteit (LNC).

Ad.2 Dit betreft situaties waarin de boom (bomen) zelf niet van bijzondere waarde is, maar de aanwezigheid van de boom (bomen) op de betreffende locatie wel bijdraagt aan het landschappelijke beeld en/of de ruimtelijke kwaliteit (dit kan als solitaire boom of als lijnelement).

Om nieuwe aanplant te faciliteren/stimuleren verdient het wellicht aanbeveling om aanwijzingen te specificeren voor het dimensioneren van een veilige waarde voor de benodigde overhoogte.

Ad.3 Dit betreft situaties waarin de boom / bomen zelf van bijzondere waarde heeft, en toegevoegde waarde heeft uit oogpunt van ruimtelijke kwaliteit (LNC), Dit vergt een afwegingskader van de kosten van de aanvullende maatregelen versus de 'baat' van het handhaven van de boom. Een dergelijk kader bestaat niet. Opgemerkt wordt dat een dergelijk kader qua criteria uiteindelijk om regionaal maatwerk zal vragen.

Potentiele vervolgacties t.a.v. handelingsperspectief:

1. methode voor kwantitatief / objectief specificeren van de waarde van een boom / bomen uit oogpunt van ruimtelijke kwaliteit (verlengde STOWA Handreiking Beplanting ...);
2. opstellen afwegingskader kosten voor handhaven boom (a.d.h.v. 10 'good practices?');

Ad.1 Meerdere methoden zijn (wereldwijd) in gebruik voor het bepalen van de waarde van een boom (o.a. Methode Raad en NVTB – Nederland, Uniforme Methode voor Waardebepaling van bomen – België, Methode Koch – Duitsland, methode Norma Granada – Spanje/Portugal, CTLA Trunk Formula Method – USA, Standard Tree Evaluation Method – Nieuw Zeeland/Verenigd Koninkrijk, Methode Burnley – Australie). Dit betreft echter vooral methoden om de geldelijke waarde van een boom te bepalen (bijv. voor het verhaal van schade).

Voor de bepaling van de waarde uit oogpunt van LNC zijn een algemene Handreiking [TAW, 1994], de Leidraad Rivieren (bijlage 5) en specifiek voor beplanting de STOWA handreiking [STOWA, 2000] beschikbaar.

#### **Referenties:**

STOWA, 2000. Bomen op en nabij waterkeringen, STOWA rapport 2000-04  
TAW, 1994. Handreiking Inventarisatie en waardering LNC-aspecten een methode voor beschrijving van en betekenisgeving aan de LNC-aspecten bij de dijkversterking.  
USACE, 2011. Initial Research into the effects of woody vegetation on levees.

## **Bijlage Enkele referenties uit het literatuuronderzoek naar bomen**

Uit: Literature review – Vegetation on Levees, USACE, 2010.

### **Temporal and spatial variability in root reinforcement of streambanks: Accounting for soil shear strength and moisture**

Author: Pollen, N.

**Abstract\*:** Riparian vegetation exerts a number of mechanical and hydrologic controls on bank stability, which can affect the delivery of sediment to channels. Estimates of root reinforcement of soils have commonly been attained using perpendicular root models that simply sum root tensile strengths and consider these as an add-on factor to soil strength. A major limitation of such perpendicular models is that tensile strength and resistance is wrongly considered independent of soil type and moisture, and therefore variations according to these bank properties are omitted in conventional models. In reality, during mass failure of a streambank, some roots break, and some roots are pulled out of the soil intact; the relative proportions of roots that break or pull out are determined by a combination of soil moisture and shear strength. In this paper, an equation to predict the frictional resistance of root-soil bonds was tested against field data collected at Long Creek, MS, under two soil moisture conditions. The root pullout equations were then included in the root-reinforcement model, RipRoot, and bank stability model runs for Goodwin Creek, MS, were carried out in order to examine the effects of spatial and temporal variations in soil shear strength and rooting density, on streambank factor of safety. Model results showed that at smaller root diameters breaking forces exceeded pullout forces, but at larger root diameters pullout forces exceed breaking forces. The threshold diameter between root pullout and root breaking varied with soil shear strength, with increasing soil shear strength leading to a greater proportion of roots failing by breaking instead of pullout. Root reinforcement estimates were shown to reflect changes in soil shear strength, for example, brought about by variations in soil matric suction. Resulting Factor of Safety (FS) values for the bank during the period modeled ranged from 1.36 to 1.74 with 1000 grass roots/ m<sup>2</sup>, compared to a range of 0.97 to 1.37 for the nonvegetated bank. Root reinforcement was shown to increase bank stability under the entire range of soil moisture conditions modeled. However, the magnitude of root reinforcement varied in both space and time as determined by soil shear strength and soil moisture.

### **Estimating the mechanical effects of riparian vegetation on stream bank stability using a fiber bundle model**

Author: Pollen, N., and A. Simon

**Abstract\*:** Recent research has suggested that the roots of riparian vegetation dramatically increase the geomechanical stability (i.e., factor of safety) of stream banks. Past research has used a perpendicular root reinforcement model that assumes that all of the tensile strength of the roots is mobilized instantaneously at the moment of bank failure. In reality, as a soil-root matrix shears, the roots contained within the soil have different tensile strengths and thus break progressively, with an associated redistribution of stress as each root breaks. This mode of progressive failure is well described by fiber bundle models in material science. In this paper, we apply a fiber bundle approach to tensile strength data collected from 12 riparian species and compare the root reinforcement estimates against direct shear tests with root-permeated and non-root-permeated samples. The results were then input to a stream bank stability model to assess the impact of the differences between the root models on stream bank factor of safety values. The new fiber bundle model, RipRoot, provided more accurate estimates of root reinforcement through its inclusion of progressive root breaking during mass failure of a stream bank. In cases where bank-driving forces were great enough to break all of the roots, the perpendicular root model overestimated root reinforcement by up to 50%, with overestimation increasing an order of magnitude in model runs where stream bank driving forces did not exceed root strength. For the highest bank modeled (3 m) the difference in factor of safety values between runs with the two models varied from 0.13 to 2.39 depending on the riparian species considered. Thus,

recent work has almost certainly overestimated the effect of vegetation roots on mass stability of stream banks.

Observations/Results: Attempts to quantify root reinforcement of soil have been dominated by the use of simple perpendicular root models which simply require knowledge of the tensile strength of the roots, and the cross-sectional area of fibers crossing the shear plane. Perpendicular root models can be considered static models, in that they estimate maximum root reinforcement at a single instance in time, when all of the roots contained in the soil matrix have reached their maximum tensile strength. The assumptions made by static models of root reinforcement therefore overestimate the increased apparent cohesion provided to the soil by a root network, as essentially they simply sum the tensile strengths of all of the roots. Recent work has almost certainly overestimated the effect of vegetation roots on mass stability of streambanks. The new fiber bundle model, RipRoot, provided more accurate estimates of root reinforcement through its inclusion of progressive root breaking during mass failure of a streambank. In cases where bank-driving forces were great enough to break all of the roots, the perpendicular root model overestimated root reinforcement by up to 50%. The estimates of root reinforcement from RipRoot were much more accurate than those calculated using the simple perpendicular root model equations.

\* Pollen, N., and A. Simon. Estimating the mechanical effects of riparian vegetation on stream bank stability using a fiber bundle model. *Water Resources Research* 41, W07025, doi:10.1029/2004WR003801, 2005.

Copyright [2005] American Geophysical Union. Reproduced/modified by permission of American Geophysical Union.

### **Tree uprooting: Review of types and patterns of soil disturbance**

Author: Schaetzl, R.J., S.R. Burns, T.W. Small, and D.L. Johnson

Abstract\*: This paper reviews the process of tree uprooting, examines the classification of pit and mound microtopography and assesses the effects of tree uprooting on soil mixing and genesis. The processes by which soil-horizon clasts are mixed as they slump off the root plate, and the ultimate patterns of soil horizonation within mounds, are primary foci of the paper. Longevity of tree-throw mounds can exceed 2000 years, making these landforms more lasting features than is often assumed. Because of their great longevity, the pits and mound formed by uprooting have lasting effects on soil morphology. Soils of these microsites often classify in different soil orders or suborders than do adjacent, less disturbed soils. The importance of tree uprooting to mass movement processes is examined. In some areas, uprooting may be the primary mass wasting mechanism. Nonetheless, estimates of the amount of sediment moved and the net distance of transport vary greatly and may in some cases be overestimated.

Observations/Results: Pits and mound formed by uprooting have lasting effects on soil morphology.

Recommendations: Future uprooting research should be performed at larger scales and over longer time periods.

\* Reprinted with permission from *Physical Geography*, Vol. 11, No. 3, pp. 277-291. ©Bellwether Publishing, Ltd., 8640 Guilford Road, Suite 200, Columbia, MD 21046. All rights reserved.

### **Missouri River Flood of 1993: Role of woody corridor width in levee protection**

Author: Allen, S.B., J.P. Dwyer, D.C. Wallace, and E.A. Cook

Objective(s): This research investigated relationships between levee damage and woody corridor after a major flood event

Observations/Results: Forty-one percent of levee failures occurred in areas with no woody corridor, while 74% and 83% of failures occurred where woody corridor widths were less than 300 ft and less than 500 ft, respectively. Median failure lengths with a woody corridor present were 50.3% shorter than median failure lengths with no woody corridor present. Levees without failures had significantly wider median woody corridor widths than levees that failed.

Recommendations: A woody corridor between the riverbank and primary levee helps to reduce or prevent flood related damage to levees.

### **Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability**

Author: Simon, A., and A. Collison

Abstract: Permission to publish abstract was not obtained.

Objective(s): This paper presents results from an experiment in which the hydrologic and mechanical effects of four riparian tree species and two erosion-control grasses were quantified in relation to bank stability.

Observations/Results: Vegetation increases soil strength due to the tensile strength and spatial density of roots. Tree roots were found to increase soil strength by 2 to 8 kiloPascals (kPa) depending on species, while grass roots contributed 6 to 18 kPa. Following a very dry antecedent period, the mechanical effects of the tree cover increased  $F_s$  by 32%, while the hydrologic effects increased  $F_s$  by 71%. For grasses, the figures were 70% for mechanical effects and a reduction of  $F_s$  by 10% for the hydrologic effects. Following a wetter than average antecedent period, the mechanical effects of the tree cover to increase  $F_s$  by 46%, while hydrologic effects added 29%. For grasses, the figures were 49% and -15%, respectively. Following a wetter than average antecedent period, the hydrologic effects of the tree cover reduced bank stability, though this was always offset by the stabilizing mechanical effects.

Recommendations: This study highlights the need to select riparian vegetation based on hydrologic as well as mechanical and ecological criteria.

### **The effect of riparian tree roots on the mass-stability of riverbanks**

Author: Abernethy, B., and I.D. Rutherford

Abstract\*: Plants interact with and modify the processes of riverbank erosion by altering bank hydrology, flow hydraulics and bank geotechnical properties. The physically based slope stability model GWEDGEM (General WEDGE Method) was used to assess how changes in bank geotechnical properties due to the roots of native Australian riparian trees affected the stability of bank sections surveyed along the Latrobe River. Modeling bank stability against mass failure with and without the reinforcing effects of River Red Gum (*Eucalyptus camaldulensis*) or Swamp Paperbark (*Melaleuca ericifolia*) indicates the root reinforcement of an otherwise unstable bank section can raise the factor of safety from  $F_s$ -1.0 up to about  $F_s$ -1.6. The addition of roots to riverbanks improves stability even under the worst-case hydrological conditions and is apparent over a range of bank geometries, varying with tree position. Trees growing close to potential failure plane locations, either low on the bank or on the floodplain, realize the greatest bank reinforcement. Objective(s): The objective was to assess how changes in bank geotechnical properties due to the roots of native Australian riparian trees affected the stability of bank sections surveyed.

Observations/Results: Vegetation plays a major role in stabilizing riverbanks and moderating erosion, but botanical factors are rarely considered in traditional bank stability analyses. Bank erosion on the lower Latrobe River is the result of a combination of lateral and vertical scour at the bank toe followed by mass failure of the overlying bank portions. The presence of mature trees on the banks increases bank stability against mass failure by reinforcing the bank sediment with roots.

Recommendations: Trees growing close to potential failure plane locations, either low on the bank or on the floodplain, realize the greatest bank reinforcement.

\* Reprinted from Earth Surface Processes and Landforms 25, B. Abernethy, and I. D. Rutherford, The effect of riparian tree roots on the mass-stability of riverbanks, 921-937, 1999, with permission from John Wiley and Sons Ltd.

### **Rooting of trees in earth dikes: Morphology of tree root systems on slope and risks for embankments**

Author: Zanetti, C., M. Vennetier, P. Meriaux, and P. Royet

Abstract\*: Although the positive effects of woody root systems on slope stabilization were shown many times these conclusions are however not directly transposable with the cases of dikes. Trees' rooting in earth dikes generates two types of risks: internal erosion which is related to root existence in earth embankments, and external erosion (slopes and crest) which is often related to trees uprooting. In order to characterize the incidence of woody root systems on the structure and the durability of the embankment dikes, it is necessary to observe the characteristics of woody root systems for representative species (poplar, black locust, oak, ash, maple).

Objective(s): The objective was to study the effects of tree roots on dikes (levees).

Observations/Results: Generic qualitative observations were listed; no results were quantified.

### **Effects of woody vegetation on sandy levee integrity**

Author: Shields, F.D., Jr., and D.H. Gray

Objective(s): The objective was to study the effects of woody vegetation on the integrity of a sandy levee.

Observations/Results: Allowing woody shrubs and small trees on levees would provide environmental benefits and enhance structural integrity without the hazards associated with large trees such as wind throwing. Vertical distribution of roots in the sandy levee reflected site adaptation. The disappearance of roots with depth was observed more gradual than reported by other workers working in western grasslands. Root area ratio computed from profile wall samples are indicative of root distributions in vertical planes, but root distributions across major slip surfaces are more important for slope stability. Woody vegetation has been kept off of earthen embankments because of the potential for piping initiated along living or dead roots. Woody species, which have larger roots at depth than herbaceous plants, are also more effective in preventing deeper-seated sliding. Infinite slope analyses indicated increasing root area ratio from 0.01% to 1% increased the factor of safety from less than one to more than seven. Circular arc analyses indicated that even the lower measured root concentrations sufficed to increase safety factors for arcs with maximum depths of about 1 m from less than 1 m to about 1.2 m.

Recommendations: Levee maintenance standards that permit woody shrubs and small trees would benefit the environmental and would enhance levee integrity without the hazards associated with large trees such as wind throwing.

## **Effect of grass, legume, and tree roots on soil shearing resistance**

Author: Waldron, L.J., and S. Dakessian

Abstract\*: Plants enhance soil stability against downslope mass movement through the removal of soil water by transpiration and by the mechanical reinforcement of their roots. To assess the magnitude of this reinforcement, direct shear measurements were made on 0.25-m-diam cylindrical soil columns packed both homogeneously and in layers which simulated water and/or root-impeding horizons. In all cases, the matric potential was adjusted to zero before shearing. Twelve plant species were used including seven grasses: *Phalaris tuberosa*, *Lolium rigidum*, *Dactylis glomerata*, *Bromus mottis*, *Sorghum bicolor sudanense*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*. Two legumes were used: *Vicia dascarpa*, *Medicago saliva*, and two trees were used: *Pinus ponderosa* and *Quercus agrifolia*. The ratio of the shear resistance at 25-mm displacement of the rooted and unrooted specimens was used as a measure of root reinforcement. Roots of several grasses planted in early fall and sheared the following spring gave about a threefold increase in shear resistance at the 0.3-m depth in homogeneous saturated clay loam. In the same material, roots of oak produced a similar increase only after 3-years' growth. One-year-old alfalfa produced a fourfold increase. At the 0.45-m depth at the interface between soil and a dense gravel-sand mixture simulating weathered rock, yellow pine gave a 1.5-fold increase after 16 months and a 2.5-fold increase after 52 months. Harding grass was almost equally effective after only 7 months. In almost all cases where roots increased soil shear resistance, the resistance continued to increase beyond 25-mm displacement so that the selection of 25-mm displacement was conservative, i.e., it may underestimate the root reinforcing effect. Factor of safety calculations for shallow planar slides using measured shear strengths show that plant roots can make large increases in slope stability.

Objective(s): The objective was to assess the magnitude of the root reinforcement effect related to slope stability.

Observations/Results: Roots of some grass species planted in early fall produced approximately threefold increases in soil shear resistance. Roots of Ponderosa pine and oak produced shear resistance increase comparable to alfalfa and other vigorous grasses after longer growth periods. The factor of safety calculations used to measure values of soil shear resistance at 25-mm displacement show that roots have the potential for significantly increasing the stability of shallow soils on steep slopes.

The general conclusion from reports of vegetation removal effects on slide frequency, engineering analyses, and laboratory strength measurements of rooted soil is that plants significantly increase the stability of soil on slopes.

Recommendations: A model or concept of root reinforcement in which roots of small trees, legumes, and grasses are treated as flexible linear elements is useful in analyzing slope stability.

\* Formal permission not required. Covered under Fair Use in Title 17 of the US Code.

## **Soil reinforcement by roots: Calculation of increased soil shear resistance from root properties**

Author: Waldron, L.J., and S. Dakessian

Abstract\*: A root-soil model developed previously has been extended to predict the amount of increase in soil shear resistance (root reinforcement) produced by stretching, slipping, and breaking roots of various sizes. We measured Young's moduli, tensile strengths, and diameters of pine and barley roots, finding that both moduli and strengths decreased with increasing root diameter. These data and root diameter distributions in the shear zone of 0.25-m-diam (pine) and 0.1-m-diam (barley) soil columns were applied to the model. Comparisons of model simulations with experiments showed that the strength



of the soil-root bond is the most important unmeasured model parameter. Its value, rather than root strength, limited root reinforcement in saturated clay loam with both plant species and was of the order of 25 g/cm<sup>2</sup>.

Objective(s): The objective was to predict the amount of increase in soil shear resistance (root reinforcement) produced by stretching, slipping, and breaking roots of various sizes.

Observations/Results: Young's moduli and tensile strengths decreased with increasing root diameters. Comparisons of model simulations with experiments showed that the strength of the soil-root bond is the most important unmeasured model parameter. Its value, rather than root strength, limited root reinforcement in saturated clay loam with both plant species and was of the order of 25 g/cm<sup>2</sup>.

\* Formal permission not required. Covered under Fair Use in Title 17 of the US Code.

### **The shear resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil**

Author: Waldron, L.J.

Abstract\*: Mechanical reinforcement, which stabilizes soil on slopes, has been attributed to plant roots. To measure such reinforcement, direct shear tests were made on 25-cm-diam root permeated soil columns. Roots of alfalfa (*Medicago sativa*), barley (*Hordeum vulgare*), and yellow pine (*Pinus ponderosa*), each increased the shear resistance of homogeneous and compacted layers of silty clay loam at 30-cm depth. One-year-old alfalfa had a much greater reinforcing effect than pine trees 16 months after transplanting or barley at its maximum growth. Barley had a greater effect in the clay loam than the pine, but its effectiveness decreased as depth increased from 15 to 30 to 45 cm. Alfalfa roots were more effective than either pine or barley roots increasing the resistance to shearing between a dense gravel-sand layer (simulating weathered rock) and the overlying soil, increasing shearing resistance to as much as five times that of fallow soil. A model is presented of soil reinforced by non-rigid roots. Calculations are given of slope safety factor increases from root reinforcement.

Objective(s): The objective was to determine if plant roots aid in mechanical reinforcement of soil on slopes.

Observations/Results: Alfalfa roots in the homogeneous clay loam had a larger reinforcing effect than young European alder trees (*Alnus glutinosa*). Alder roots increased soil shear resistance at the 20-cm depth by 83.7 g/sq cm compared to 100 g/sq cm for alfalfa at 30-cm depth. Root reinforced silt may be analyzed as if it were a composite material in which fibers of high tensile strength are embedded in a matrix of lower tensile strength, similar to the concept of reinforced earth. Roots may be strained beyond elastic limits or they may break or slip through the soil.

\* Reprinted from Soil Science Society of America Proceedings 41, L.J. Waldron, The shear resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil, 843-849, 1997, with permission from the Soil Science Society of America.

### **The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architectures: A review**

Author: Reubens, B., J. Poesen, F. Danjon, G. Geudens, and B. Muys

Abstract\*: Empirically and intuitively, architectural features seem to determine the effect of root systems on erosion phenomena and an effort is therefore made here to link both aspects. Still, the research to underpin this relationship is poorly developed. A variety of methods are available for detailed root system architectural measurement and analysis. Although, generally time-consuming, a full 3-D architectural description followed by analysis in software such as AMAPmod offers the possibility to extract relevant information on almost any root system architectural characteristic. Combining several methods of measurement and analysis in a complementary way may be a useful option, especially in a

context of modeling. The contribution of plant root systems to slope stability and soil erosion control has received a lot of attention in recent years. The plant root system is an intricate and adaptive object, and understanding the details of soil-root interaction is a difficult task. Although the morphology of a root system greatly influences its soil-fixing efficiency, limited architectural work has been done in the context of slope stabilization and erosion control, and hence it remains unknown exactly which characteristics are important. Many of the published research methods are tedious and time-consuming. This review deals with the underlying mechanisms of shallow slope stabilization and erosion control by roots, especially as determined by their architectural characteristics. The effect of soil properties as well as the relative importance of different root sizes and of woody versus non-woody species is briefly discussed.

**Objective(s):** The objective was to review and comment on the influence of root systems on slope stability and erosion control. This review deals with the underlying mechanisms of shallow slope stabilization and erosion control by roots, especially as determined by their architectural characteristics.

**Observations/Results:** Although the mechanical and hydrological mechanisms of soil-root interaction are rather well described for simple processes such as sheet, rill or interrill erosion, this knowledge is almost nonexistent for complex processes such as gully erosion. This hampers understanding the importance of root system architecture for these processes. This leaves, therefore, an open question as to whether detailed architectural analysis is worth the effort in research focusing on soil erosion control and slope stability. Even though the relative importance of many of these root characteristics may turn out to be limited in the end, the recent development of fast and accurate measurement and analysis methods makes the effort of further detailed investigation worthwhile.

**Recommendations:** Three-dimensional digitizing methods provide a tremendous potential for in-depth study of the effects of as good as any root system architectural characteristic. Models should be further fed with field data to represent reality in an accurate way, and model results should then again be validated with data from field studies and highly controlled experiments.

\* Reprinted from *Trees* 21. Reubens, J. Poesen, F. Danjon, G. Geudens, and B. Muys, The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architectures: A review, B385-402, 2007, with permission from Springer.

## **Hydraulic fracturing in embankment dams**

Author: Sherard, J.L.

**Abstract\*:** Examines evidence for concentrated leaks through impervious sections in earth dams and embankments caused by hydraulic fracturing. Hydraulic fracturing is a tensile separation along an internal surface in an earthen embankment or dam. The effective stress on this surface approaches zero; that is, the neutral or pore water pressure equals the total confining stress. These surfaces become the locus for fractures that are jacked open by pore water pressures during hydraulic loading. No preexisting fractures, holes, or other void volume defects are required, and the problem only becomes manifest when water levels rise on one side of an embankment. This hydraulic fracturing is facilitated by differential settlement and internal stress transfer within an earthen structure. Usually these concentrated leaks do not cause erosion either because the velocity is too low or because the leak discharges into an effective filter. Subsequently, the leakage channel is squeezed shut by softening or swelling of the embankment materials forming the walls of the crack.

**Objective(s):** The objective was to determine to what extent hydraulic fracturing in earth dams occurs and can cause internal erosion or seepage problems.

**Observations/Results:** The study showed there is sufficient evidence to conclude that concentrated leaks occur commonly through impervious sections in earth dams and

embankments by hydraulic fracturing without it being observed, even in dams which are not subjected to unusually large differential settlements. This action probably occurs to some degree in most embankment dams. Low, homogeneous embankments or dams (without internal filters or drains) are particularly vulnerable to hydraulic fracturing following the first hydraulic loading. Low embankments tend to have lower vertical (confining) stresses to counter internal pore water pressures. Levees along stream channels fall into this category. One, low earthen (unvegetated) dam that Sherard inspected developed a concentrated leak, and erosion tunnels (pipes) 225 m long under a 50:1 hydraulic gradient when the reservoir head acting on the upstream (outboard) face of the dam was not more than 4 m. This relatively low head and gradient initiated the hydraulic fracturing.

Recommendations: Hydraulic fracturing is yet another potential cause of internal erosion and through seepage in earthen embankments. Hydraulic fracturing does not require the presence of roots or root holes. This damage mechanism should be investigated as an alternative explanation to alleged piping caused by roots.

\* Reprinted from Journal of Geotechnical Engineering 112(10), J.L. Sherard, Hydraulic fracturing in embankment dams, 905-927, 1986, American Society of Civil Engineers, with permission from Springer.

### **SLIP4EX – A program for routine slope stability analysis to include the effects of vegetation, reinforcement, and hydrological changes**

Author: Greenwood, J.R.

Abstract\*: SLIP4EX is a straightforward computer program developed in connection with the European Union (EU) funded ECOSLOPES project for routine stability analysis and the assessment of the contribution of vegetation to slope stability. The slope section is drawn up and dimensions and parameters are fed into the Microsoft Excel-based program for stability calculations and comparisons of Factors of Safety using different methods of analysis. The background and assumptions involved in the derivation of each of the methods is briefly described. The simplicity of the program enables the user to understand the nature of the analysis, explore the parameter assumptions made, and compare the different methods of analysis. Soil reinforcement by geosynthetic layers or anchors, and vegetation effects of enhanced cohesion, changed water pressures, mass of vegetation, wind forces, and root reinforcement forces are readily included in the analysis. The program is freely available on request from the author.

### **Soil pipes and slope stability**

Author: Pierson, T.C.

Abstract: Permission to publish abstract was not obtained.

Objective(s): To investigate the influence of soil pipes with different orientations and degrees of drainage (e.g., closed, partially blocked, or open at their downstream end) on the flow regime and phreatic surface, and ultimately on the stability of a slope.

Observations/Results: Results of the model runs indicate that closed soil pipes occurring in hillslope soils, when filled with water, will cause large localized increases in soil water pressure. This decreases soil shear strength locally and may increase the chance of slope failure. In shallow soils, pipes do not have to be particularly long for relatively large pore pressures to develop. Often the pressures generated at the end of a pipe can exceed those achieved by total saturation of the soil matrix.

Recommendations: Results of the study are applicable to soil pipes formed by penetrating roots that die and decay, leaving open (or partially open) tubular passage-ways. The orientation of the pipes and extent of drainage (open or closed) also play a role.

## **The effects of vegetation on the structural integrity of sandy levees**

Author: Gray, D.H., A. MacDonald, T. Thomann, I. Blatz, and F.D. Shields, Jr.

**Abstract:** Current Corps of Engineers guidelines for levee maintenance and operation limit vegetation on levee embankments to sod forming grasses of 2- to 12-in. height to provide for the structural integrity, inspectability, and unhindered flood fight access. These standards allow just enough vegetation on levees to provide soil-holding capacity. Exceptions are made to allow taller woody vegetation on overbuilt levee sections. Such standards are justified by the absence of data, which clearly establish the relationship between properties of vegetation on levees and structural impairment of the levees. In many areas of the country, however, these standards result in a significant loss of riparian habitat and may be impractical due to local climatic conditions. Prior to the revision of these standards, engineering guidance must be developed to account for vegetal components of the geotechnical system.

**Objective(s):** The objective was to investigate relationships between vegetation and structural integrity of river levees. A specific objective was to determine the distribution of roots within levee embankments and the influence of roots on soil properties of the levee embankments. Information will be used to develop engineering criteria for vegetation (particularly woody) on levee embankments.

**Observations/Results:** (1) No evidence in the field study that vegetation affected the hydraulic conductivity or porosity. (2) Roots reinforce the soil and increase the shear strength in a measurable manner. (3) Woody plants are more deeply rooted and more effective in preventing deeper seated sliding. (4) Grasses and herbaceous groundcover provided greater amounts of roots at very low depths (<6 in.) than did woody plants. Lateral plant roots were restricted to, and modified, mainly in the first few feet between the surfaces of a levee. Root area ratios did not exceed 2% and generally decreased approximately exponentially with depth. Most of the root biomass was concentrated in the top 2 ft. Voids and pedotubules (infilled holes or conduits) were also mapped in the vertical faces of the trenches at each site. No voids clearly attributable to plant roots were observed.

Plant roots reinforce the levee soil and increase shear strength in a measurable manner. A shear strength increase or root cohesion can be estimated from the root biomass per unit volume or alternatively from the root area ratio. Both infinite slope and circular arc stability analyses were performed on the landward and riverward slope for steady seepage and sudden drawdown conditions, respectively. These analyses showed that even low root concentrations as measured along selected transects in the sandy levee sufficed to make the slope more secure under "worst case" scenario conditions.

### **Recommendations**

- (1) Conduct additional full excavations around trees to determine if vertical rooting is predominant orientation in sandy levees. Very few large, lateral roots were exposed in the trench faces at the live oak site.
- (2) Conduct gravimetric root biomass assays in conjunction with profile-wall surveys to see if the later adequately accounts for the presence of root fibers less than 1 mm in diameter. The latter size class is probably underestimated in the profile-wall survey method.
- (3) Conduct hydraulic conductivity testing with large, double ring infiltrometers in order to determine if near surface portions of a levee are modified by the presence of vegetation. Permeability/density tests on small volume samples do not adequately reflect macroscopic hydraulic properties of levee soils, i.e., the influence of large void volume defects, such as animal burrows, pedotubules, or root holes.
- (4) Develop 3-D seepage analysis technique to model adequately the effects of pipes, holes, or large voids on the seepage regime and the danger of internal erosion.
- (5) Conduct similar field studies in levees made of cohesive soils and compare results with those obtained for sandy levees.
- (6) Conduct studies in regions where climatic conditions are more humid and the vegetation spectrum is different from the semi-arid conditions of central California.

## **Vegetation and the structural integrity of levees: Results of field investigations**

Author: MacDonald, A., D.H. Gray, T.G. Thomann, I.W. Blatz, and F.D. Shields, Jr.

Objective(s): The objective was to present the preliminary results of a field study of the effects of vegetation on a Sacramento River levee. Current CE guidelines for levee maintenance and operation limit vegetation on levee embankments to sod-forming grasses, 2 to 12 in. high, to provide for structural integrity, inspectability, and unhindered floodfight access. These standards allow just enough vegetation on levees to provide soil-holding capacity. Such standards are justified by the absence of data that clearly establish the relationship between the properties of vegetation on levees (size of individual plants, plant density, and rooting structure, or the ecology of locally common species assemblages), and the structural impairment of levees.

Observations/Results: Stability analyses showed that the roots stabilized shallow, critical failure surfaces. Seepage analyses showed that, if the levee skin is less permeable than the core (i.e., if intuitively the permeability is proportional to the root-area ratio, RAR), the seepage discharge zone enlarged and greater exit gradients at the downstream face resulted. However, the actual effect of vegetation on the levee permeability is not known.

Data obtained from these excavations generally confirm rooting patterns noted in the horticultural and plant physiology literature. The majority of roots for shrubby species are confined to the top meter of the soil, although isolated roots may be found somewhat lower. Additional excavation around an oak stump showed a taproot of 0.5-m diam at 1.4 m below the levee surface, with lateral roots of 0.1 m still intact after more than 20 yr of decay. Numerous root casts were observed where the woody material was replaced with sand while the bark remained intact, suggesting that voids from roots do not generally persist in these sandy levees.

Recommendations: Exceptions to the Corps standards allow taller or woody vegetation on overbuilt levee sections only. In many areas of the country, however, these standards cause significant loss of riparian habitat and may be impractical for the local climatic conditions. Before revising the Corps standards, however, additional knowledge must be developed regarding vegetal components of the geotechnical system.

# Bijlage 2: ILH tekst over aantasting waterkeringen door bomen

*Tabel 0-1: Summary of potential deterioration mechanisms associated with woody vegetation on levees (bron: table 4.9 [8])*

<b>Deterioration process</b>	<b>Role of woody vegetation</b>	<b>Potential levee damage mechanisms affected (see Chapter 3)</b>
Blowover/overturning	The overturning or blowover of a large tree may remove a large section of a levee or adjoining ground during a flood event. If on the waterside, the resulting pit may leave the levee susceptible to scour.	External erosion, slope instability, and internal erosion (caused by through-seepage, underseepage, and piping)
Root penetration	Roots, especially when decayed, may alter soil permeability or concentrate seepage along root paths.	External erosion and internal erosion (caused by through-seepage, underseepage, and piping).
Woody vegetation weight and wind loading	The adverse effects of woody vegetation weight and wind loading is transferred to a levee slope.	Slope instability (slip surfaces may be deeper than extent of root penetration)
Scour flows	Woody vegetation may cause concentrations or eddies in waterside or overtopping flows.	External erosion
Burrowing	Woody vegetation may attract burrowing animals into a levee.	Internal erosion
Discouraging adequate growth of grass and turf	Woody vegetation may prevent adequate growth of grass and turf by blocking sunlight, absorbing nutrients and moisture or releasing chemicals that act as herbicides, resulting in bare, exposed soil on levee surfaces.	External erosion
Damage to the revetment	If the revetment was not designed for vegetation, the growth of roots and stems may move and loosen the stones, or rigid levee protection elements such as asphalt, grouted stone, or concrete slabs, thus affecting the revetment's interlocking characteristics.	External erosion

# **Bijlage 3: Aandachtspunten jurisprudentie beplanting op waterkeringen**

## **A. Inleiding**

Deze notitie is een uitvloeisel van het verzoek van Robin Biemans en Henk van Hemert om inzicht te geven in jurisprudentie over beplanting op waterkeringen. Op zo'n kort en bondig mogelijke wijze wordt in deze notitie aan dit verzoek tegemoet gekomen. Allereerst zal worden ingegaan op de juridische beoordelingsmethodiek die waarneembaar is bij de geraadpleegde rechterlijke uitspraken. Vervolgens zullen aandachtspunten in het kader van dijkversterking, dijkbeheer en gedogen aan de orde komen en tenslotte is in de bijlage de geraadpleegde jurisprudentie in verkorte vorm opgenomen. Deze jurisprudentie gaat over beplanting op waterkeringen. Enkele uitspraken gaan over bebouwing al dan niet met beplanting en waterlopen met de noodzaak tot vrijhouden van de onderhoudsstrook. Dit is gedaan vanwege het versterken van inzicht in het voorliggende vraagstuk. Veelal toetst de rechter aan beginselen en met name het zorgvuldigheids-, motiverings-, rechtszekerheid- en rechtsgelijkheidsbeginsel. Desgewenst kan deze notitie over het vraagstuk van beplanting op waterkeringen nader worden toegelicht (gesprek, inleiding, workshop e.d.).

## **B. Juridische beoordelingssystematiek**

In de uitspraken is zichtbaar dat aan de hand van de wet(geving), reglementaire taakstelling, keur en beleid de rechter de toetsing verricht over het besluit (vergunningverlening, weigeren vergunning, handhavingssanctie) in het concrete geval.

### **1. Wet**

#### **Waterschapswet, artikel 1**

*Waterschappen zijn openbare lichamen welke de waterstaatkundige verzorging van een bepaald gebied ten doel hebben.*

*De taken die tot dat doel aan waterschappen zijn of worden opgedragen betreffen de zorg voor het watersysteem en de zorg voor het zuiveren van afvalwater op de voet van artikel 3.4 van de Waterwet.*

*Daarnaast kan de zorg voor een of meer andere waterstaatsaangelegenheden zijn of worden opgedragen.*

*De zorg voor het watersysteem, bedoeld in het tweede lid, omvat mede het voorkomen van schade aan waterstaatswerken veroorzaakt door muskus- en bevorratten.*

#### **Waterwet: artikel 2.1 en artikel 6.21**

*De toepassing van deze wet is gericht op:*

*a. voorkoming en waar nodig beperking van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste, in samenhang met*

*b. bescherming en verbetering van de chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen en*

*c. vervulling van maatschappelijke functies door watersystemen.*

*Een vergunning wordt geweigerd, voor zover verlening daarvan niet verenigbaar is met de doelstellingen in [artikel 2.1](#) of de belangen.*

### **Algemene wet bestuursrecht: artikel 3.4 en artikel 4.84**

*Het bestuursorgaan weegt de rechtstreeks bij het besluit betrokken belangen af, voor zover niet uit een wettelijk voorschrift of uit de aard van de uit te oefenen bevoegdheid een beperking voortvloeit. De voor een of meer belanghebbenden nadelige gevolgen van een besluit mogen niet onevenredig zijn in verhouding tot de met het besluit te dienen doelen.*

*Het bestuursorgaan handelt overeenkomstig de beleidsregel, tenzij dat voor een of meer belanghebbenden gevolgen zou hebben die wegens bijzondere omstandigheden onevenredig zijn in verhouding tot de met de beleidsregel te dienen doelen.*

### **2. Provinciale verordening (reglement, waterverordening/omgevingsverordening)**

De bevoegdheid tot het opheffen en het instellen van waterschappen, tot regeling van hun gebied, taken, inrichting, samenstelling van hun bestuur en tot de verdere reglementering van waterschappen behoort aan provinciale staten. (artikel 2 Waterschapswet).

**Maatgevend: Reglement voor het desbetreffende waterschap en geldende provinciale waterverordening**

### **3. Keur/waterschapsverordening**

Waterwet verklaart nadere bepalingen omtrent de watervergunning mede van toepassing op de krachtens de verordening van een waterschap vereiste vergunningen.

Verscheidene verbods- en gebodsbepalingen met ontheffingen-/vergunningenstelsel.

**Maatgevend: geldende keur en keurbepalingen.**

### **4. Beleid**

Het bestuursorgaan handelt overeenkomstig de beleidsregel, tenzij dat voor een of meer belanghebbenden gevolgen zou hebben die wegens bijzondere omstandigheden onevenredig zijn in verhouding tot de met de beleidsregel te dienen doelen (artikel 4:84 Awb).

Maatgevend: Door rechter wordt aan de hand van het bestreden besluit getoetst of er wel of geen sprake is van bijzondere omstandigheden die nopen tot afwijking van het vastgestelde beleid.

Handelen in overeenstemming met vastgestelde beleidsregels, tenzij afwijking van het beleid in het concrete geval gerechtvaardigd is.

**Maatgevend: Diverse beleidskaders waterschappen.**

### **Diverse rechtens houdbare beleidsuitgangspunten, w.o.:**

- a. Profiel van vrije ruimte ten behoeve van dijkverbetering en inrichting van beschermings- en kernzones zijn waterstaatkundige belangen;
- b. beleid is erop gericht het onderhoud van de watergang zoveel mogelijk vanaf de kade uit te voeren;
- c. zonebeleid b.v wel bebouwing toestaan in kustplaatsen;
- d. uitstervingsbeleid niet onredelijk;
- e. Technische leidraden ENW.
- f. Vastgestelde beleidsregels voor aanvraag van de watervergunning van toepassing, maar niet anticiperen op latere beleidsregel.
- g. Bescherming waterstaatkundige belangen uitgangspunt bij de beslissing omtrent verlenen watervergunningen, maar belangen van natuur en landschap en belangen van aanliggende grondeigenaren en gebruikers van percelen moeten daarbij wel voldoende in aanmerking te worden genomen;
- h. Beschikbaarheid van voldoende grond om beplanting buiten de vrij te houden zone te plaatsen kan (een van de) reden(en) zijn tot weigering vergunning

### **5. Besluit/beschikking**



Het bestuursorgaan weegt de rechtstreeks bij het besluit betrokken belangen af, voor zover niet uit een wettelijk voorschrift of uit de aard van de uit te oefenen bevoegdheid een beperking voortvloeit.

Handelen in overeenstemming met de wet, reglement/provinciale verordening, beleid, redelijke en rechtens houdbare belangenafweging (de doorslaggevendheid van waterstaatkundige belangen?!), waarbij onder bijzondere omstandigheden kan worden afgeweken van beleid. **Zie bijlage "jurisprudentie beplanting (en bouwen) op waterkeringen"**.

## C. Aandachtspunten

### **Dijkversterking**

- Profiel van vrije ruimte mag in principe worden vrijgehouden om waterstaatkundige belangen nu en in de toekomst te beschermen in verband met onderhoud, stabiliteit, erosiebestendigheid;
- Terecht algemeen uitgangspunt dat ondergrond van de dijk bij de beheerder van de waterkering dient te berusten.
- Verwerving gronden voor dijkversterking dient gebaseerd te zijn op noodzaak voor een goede uitvoering van het dijkverbeteringsplan (inclusief onderhoudsstroken en stabiliteitsbermen). In dat kader uit een oogpunt van goed dijkbeheer gewenst dat de waterkeringsbeheerder bij de uitvoering van de noodzakelijke verbeteringswerkzaamheden en nadien bij het onderhoud van de dijk niet afhankelijk is van de medewerking van particuliere grondeigenaren. Vestigen van een erfdienstbaarheid is ontoereikend gezien de gebruiksbeperkingen die noodzakelijk zullen zijn met het oog op een goede bereikbaarheid van de waterkering.

### **Dijkbeheer**

- Bomen op kade verhinderen doelmatig onderhoud, beginselplicht tot handhaving, terechte last onder dwangsom tot verwijdering aanplant, legalisatie niet mogelijk in verband met stabiliteit van de kade;
- Beleid en beleidsvrijheid om in het kader van taakuitvoering het onderhoud van de watergang zoveel mogelijk vanaf de kade uit te voeren;
- Beroep op gelijkheidsbeginsel gaat niet op nu het perceel waarnaar wordt verwezen een bijzondere positie inneemt; beroep op gelijkheidsbeginsel kan alleen slagen als er daadwerkelijk sprake is van een gelijk geval.
- Zone waar beplanting niet is toegestaan voldoende geduid door middel van keur, legger, plaatsing van linten;
- Feit dat oude knotwilgen ter plaatse tot dusverre geen schade aan polderkade hebben veroorzaakt onvoldoende waarborg dat deze bomen ook in de toekomst de waterkerende functie niet zullen aantasten;
- Beleidsvrijheid om onderscheid te maken in kernzone en beschermingszones;
- Beplantingsbeleid ook mogelijk voor niet direct waterkerende dijken met een waterkerende functie;

### **Gedogen**

- Noodzaak tot onderhoud van het dijktaalud niet aannemelijk en aantoonbaar als waterschapsbestuur zich gedurende lange tijd (w.o. 30 jaar) hieraan niets gelegen heeft liggen.
- Gelijkheidsbeginsel: risico als vergunning wordt geweigerd of handhavend tegen beplanting wordt opgetreden, terwijl er gelijke situaties in de nabijheid bestaan die worden gedoogd (= door de vingers worden gezien).
- Gedogen is toelaatbaar als er sprake is van een tijdelijke situatie die te legaliseren is door alsnog vergunning te verlenen of er de aantoonbare intentie is van het waterschapsbestuur om daartegen alsnog te gaan optreden.

## D. Jurisprudentie beplanting (en bouwen) op waterkeringen

### **Dijkversterking**

- a. Grondverwerving noodzakelijk voor een goede uitvoering van het dijkverbeteringsplan en in het bijzonder voor de aanleg van onderhoudsstroken en stabiliteitsbermen. Vanuit het oogpunt van goed beheer is het ongewenst dat de beheerder van de waterkering bij de uitvoering van de noodzakelijke verbeteringswerkzaamheden en nadien bij het onderhoud van de waterkering afhankelijk is van de medewerking van particuliere grondeigenaren. Vestigen van een erfdiensbaarheid ten behoeve van het waterschap ontoereikend gelet op de gebruiksbepalingen die noodzakelijk zullen zijn met het oog op een goede bereikbaarheid van de waterkering. Verwijdering bomen in kernzone dijk toelaatbaar, omdat aantasting stabiliteit waterkering door wortels en door schaduwwerking van de bomen de erosiewerende vegetatie zich minder goed zal kunnen ontwikkelen aannemelijk wordt geacht. Kapvergunning geeft terecht voldoende duidelijk aan welke bomen wel en welke bomen niet gepakt mogen worden. Aanvulling voorschriften kapvergunning (registratieplicht, herplantingsplicht) leidt echter tot onzorgvuldige voorbereiding en derhalve strijd met artikel 3:2 Awb (ABRvS, 10-02-2000, ECLI:NL:RVS:2000:AN6308).
- b. Projectplan "dijkverbetering Diefdijklinie" om deze waterkering te laten voldoen aan de desbetreffende veiligheidsnorm. Plaatsing van een stabiliteitsscherm ter hoogte van de woning van appellant noodzakelijk vanuit het oogpunt van waterveiligheid, maar leidt tot verwijdering van beplanting (w.o. karakteristieke fruitboom). Oude fruitbomen worden zoveel mogelijk gespaard, maar in sommige gevallen onvermijdelijk om een of meerdere fruitbomen te rooien. Aan belang van instandhouding fruitboom wordt geen doorslaggevend gewicht toegekend (ECLI:NL:RVS:2012:BW4554).

### **Dijkbeheer**

- a. Beplantingen binnen de kernzone en onderhoudsstrook in strijd met de keur; beleid is erop gericht het onderhoud van de watergang zoveel mogelijk vanaf de kade uit te voeren; bomen op kade verhinderen doelmatig onderhoud, omdat door de beplanting het te verrichten onderhoud langs de ringvaart zal moeten worden onderbroken; oplegging last onder dwangsom tot verwijdering aanplant terecht; vanwege de binnen de onderhoudsstrook aanwezige beplanting niet mogelijk met een kleine kraan onderhoudswerkzaamheden uit te voeren; overeenkomst tussen betrokkene en waterschapsbestuur dat een klein aantal bomen die zich voordien aldaar bevonden mochten blijven staan; legalisatie voor het overige niet mogelijk i.v.m. veiligheid en stabiliteit van de kade; geen sprake van strijd met gelijkheidsbeginsel, omdat er bij de beplanting op andere percelen sprake is van een bijzondere positie dan wel tegen recentelijk aangebrachte beplantingen binnen de onderhoudsstrook wordt dan wel zal worden opgetreden (ABRvS 21-01-2005, ECLI:NL:RVS:2005:AS3897)
- b. Terechte oplegging last onder bestuursdwang tot verwijdering beplanting binnen vijf meter vanaf de insteek van een beek op een perceel te Putten; strijd met de keur, geen vergunning, beginselplicht tot handhaving, tenzij bijzondere omstandigheden zich hiertegen verzetten o.m. vanwege een concreet uitzicht op legalisatie. Ook kan van handhavend optreden in een concrete situatie worden afgezien als handhavend optreden zodanig onevenredig is in verhouding tot de daarmee te dienen belangen; geen strijd met het rechtszekerheidsbeginsel ook al heeft het waterschapsbestuur door plaatsing van linten zichtbaar gemaakt waar de zone ligt waarbinnen geen beplanting

mag worden aangebracht; geen aanleiding om aan te nemen dat ook met beplanting onderhoud op dezelfde wijze en tegen dezelfde kosten kan worden uitgevoerd als zonder beplanting (ABRvS, 06-02-2013, ECLI:NL:RVS:2013:BZ0784).

- c. Bij het verlenen van een ontheffing komt aan het college een grote mate van beleidsvrijheid toe. Bij de beslissing over het verlenen van de ontheffing dient de bescherming van waterstaatkundige belangen voorop te staan. Het vrijhouden van het profiel van vrije ruimte ten behoeve van dijkverbetering en de inrichting van beschermings- en kernzones zijn waterstaatkundige belangen. Carport binnen profiel van vrije ruimte en daarmee in strijd met de door de keur beschermde waterstaatkundige belangen. De aanwezigheid van andere permanente gebouwen doet hieraan niet af. Beroep door het waterschapsbestuur op de noodzaak tot onderhoud van het talud van het dijklichaam kan niet zonder meer nu het college zich hier gedurende de afgelopen dertig jaar niets aan gelegen heeft laten liggen. Beleidsregels van na de aanvraag die soepeler zijn doordat onderscheid wordt gemaakt tussen kern- en beschermingszones zijn niet van toepassing (ABRvS, 28-01-2004, ECLI:NL:RVS:2004:AO2427).
- d. Geen vergunning voor fruitbomen en fruitstruiken op hoofdwaterkering, een indirect primaire waterkering. Juiste afweging door waterschapsbestuur van veiligheidsrisico's tegen cultuur-historische- en landschappelijke waarden gedaan. Uitstervingsbeleid niet onredelijk. Dit beleid houdt in, dat bestaande beplanting voor de levensduur wordt gedoogd, doch nieuwe diepwortelende beplanting (zoals fruitbomen) niet toelaatbaar wordt geacht binnen een zone van zes meter uit de teen van de primaire waterkering. Dit is gebaseerd op de door de TAW (thans: ENW) opgestelde leidraad over de aanwezigheid van beplanting op dijken. Zuiderlingedijk heeft weliswaar niet direct waterkerend, maar vervult wel degelijk een waterkerende functie. Beplanting bevindt zich beneden de MHW. Berekende de-inundatietijd ongeveer 2000 uur. Waterschapsbestuur heeft voldoende aannemelijk gemaakt, dat onder maatgevende omstandigheden bij een zijdelingse afleiding van het inundatiewater de aanwezigheid van de in het geding zijnde beplanting op het buitentalud zal leiden tot sterke uitschuring van de dijk, waardoor de stabiliteit en de erosiebestendigheid van de dijk zullen worden aangetast. Waterschapsbestuur heeft bovendien terecht beplantingsbeleid afgezet tegen het veiligheidsrisico. Ook is er een haalbaar alternatief voor de rechthebbende op de beplanting, doordat betrokkene rondom zijn woning over meer dan voldoende grond beschikt om buiten de verboden zone aan zijn wens om fruitbomen te planten kan voldoen (ABRvS, 18-04-1996, ECLI:NL:RVS:RVS:1996:AN5087).
- e. Aanzegging bestuursdwang tot verwijdering dan wel te verplaatsen jonge wilgen op polderkade langs de binnenboezem op een afstand van ten minste 7 meter vanuit de buitenkruinlijn. Profiel van de polderkade voldoet slechts aan de gestelde minimumeisen op grond van de keur om een deugdelijke waterkerende functie van de kade te waarborgen. Daardoor onvoldoende ruimte boven het grondwater voor de ontwikkeling van een voldoende zwaar en gezond wortelstelsel en gevaar voor omwaaien bestaat ook al worden ze regelmatig geknot en gesnoeid. Omwaaien zal gelet op plaats en omvang van de wortelkluit een doorbraak van de polderkade kunnen veroorzaken met een schade van niet te voorspellen omvang tot gevolg. In het feit dat de oude knotwilgen ter plaatse tot dusverre geen schade aan de polderkade hebben veroorzaakt ziet de Afdeling Bestuursrechtspraak onvoldoende waarborg dat deze bomen ook in de toekomst de waterkerende functie van de polderkade niet zullen aantasten. Het gedeelte polderkade waar zich de beplanting bevindt zal moeten worden verzwaard. Waterschapsbestuur heeft bij de besluitvorming in voldoende mate de

belangen van natuur en landschap in aanmerking genomen. Plaatsing van de beplanting kan worden toegestaan, indien een extra berm wordt aangebracht of de kruin van de polderkade wordt verbreed. Bomen kunnen ook op een afstand van ten minste 7 meter vanuit de buitenkruinlijn van de polderkade worden geplaatst. Bomenrij op slechts 1 meter uit de buitenkruinlijn vormt bovendien een belemmering voor de inspectie van de waterkerende toestand van en het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan de polderkade (ABRvS, 09-02-1995, ECLI:NL:RVS:1995:AN4264).

- f. Weigering watervergunning door waterschapsbestuur voor het uitbreiden van het terras van een duinkiosk onder verwijzing naar keurbepalingen en beleidsregels. Beleidsregels geven aan, dat het waterschapsbestuur het beleid en beheer van zijn waterkeringstaak primair uitvoert vanuit veiligheidsdoelstellingen. Ook toekomstige ontwikkelingen zoals zeespiegelstijging meegewogen. Nevenfuncties mogen geen nadelig effect hebben op het waterkerend vermogen van de dijk. Bij het beoordelen van aanvragen om een watervergunning is de veiligheid van het achterland leidend. In de hoofdnota van het beheersplan waterkeringen is de strategische visie neergelegd en de uitgangspunten voor het beheer en onderhoud. In afzonderlijke deelnota's zijn bepaalde aspecten nader uitgewerkt en zijn afgeleide doelstellingen geformuleerd.

Het waterschapsbestuur heeft in navolging van het rijksbeleid "Dynamisch handhaven van de kustlijn" het beleidsdocument voor de kust tussen Den Helder en IJmuiden vastgesteld. Het beleid is gericht op het waarborgen van de veiligheid en op behoud en ontwikkeling van natuur en landschap met mogelijkheden tot verstuiwing. Bij permanente bebouwing wordt onderscheid gemaakt tussen bebouwing in de kernzone en de beide beschermingszones. Zeer terughoudend beleid voor bebouwing in de kernzone, doordat in principe geen nieuwe of grootschalige uitbreiding van bestaande bebouwing wordt toegestaan m.u.v. bouwen binnen een bebouwingscontour in een kustplaats. Maatwerkbeleid bij elke aanvraag voor bebouwing in de beschermingszone, o.m. doordat bouwen op de waterkering als minder schadelijk wordt beoordeeld dan bouwen in de waterkering. In dit concrete geval gehandeld in overeenstemming met vastgesteld beleid. Bovendien komt aan de mogelijkheden van de exploitant om zijn bedrijf in omvang verder te ontwikkelen in dat geval minder gewicht toe dan aan het algemeen belang bij een veilige waterkering (ECLI:NL:RBHAA:2011:BU7937).

### **Gedogen (twee verschillende betekenissen: 1. Dulden 2. Door de vingers zien)**

Opleggen gedoogplicht (plicht om te dulden) om machines, materieel en materialen ten behoeve van werkzaamheden ter behartiging van de waterhuishouding door of vanwege het waterschap toe te laten onder oplegging van een dwangsom. Waterschapsbestuur wil ten onrechte in strijd met een vaste gedragslijn jaarlijks in plaats van tweejaarlijks het onderhoud ten behoeve van de waterhuishouding vanaf zijn perceel laten verrichten en het maaisel jaarlijks op zijn perceel deponeren. Dit omdat enkele eigenaren van aanpalende percelen aan de overzijde van de sluit in strijd met de keur geen strook hebben vrijgehouden, waardoor het onderhoud niet tevens vanaf die zijde van de sloot kan worden verricht en het waterschapsbestuur deze onrechtmatige situatie ten onrechte in stand heeft gelaten. Bovendien heeft het waterschapsbestuur in strijd met het eigen beleid om het verrichten van onderhoud vanaf één zijde van een waterloop slechts dan te laten plaatsvinden met een schriftelijke toestemmingsverklaring van de betreffende eigenaar en/of gebruiker en dat zo'n verklaring in dit concrete geval door de betrokkene niet is ondertekend.

De hoogste bestuursrechter stelt vast dat het algemeen belang is gediend met handhaving en in geval van overtreding van een wettelijk voorschrift het bevoegde bestuursorgaan in de regel gebruik moet maken van zijn sanctiemogelijkheden (last onder bestuursdwang of een last onder dwangsom). Van handhaving kan worden afgezien als bijzondere omstandigheden hiertegen verzetten. Dat kan zich voordoen als een concreet uitzicht op legalisatie bestaat of handhavend optreden zodanig onevenredig is dat in verhouding tot de daarmee te dienen doelen hiervan behoort te worden afgezien. Het waterschapsbestuur heeft ten onrechte onvoldoende gemotiveerd waarom het heeft besloten af te wijken van de door hem gehanteerde vaste gedragslijn, niet is opgetreden tegen de in strijd met de keur aanwezige beplanting in de onderhoudsstrook en niettemin een sanctie heeft opgelegd in het jaar waarin betrokkene niet aan de beurt was om met de gedoogplicht te worden belast.

**Den Haag, 18 oktober 2017**  
**Mr. A(ndy) Krijgsman**

# Bijlage 4:

## Casus Watergraafsmeer

### Feiten

Na de afschuiving in Wilnis (augustus 2003) is in opdracht van AGV door Waternet (destijds nog: Dienst Waterbeheer en Riolering) een inventarisatie uitgevoerd van mogelijke andere veiligheidsproblemen op de boezemkaden. Daarbij kwamen onder mee de bomen op de Ringvaartdijk van de Watergraafsmeer in beeld, mede vanwege geconstateerde scheurvorming. Al in oktober 2003 is bij het Stadsdeel Oost-Watergraafsmeer vergunning aangevraagd voor de kap van bomen. Deze kapvergunning is februari 2004 door het Stadsdeel geweigerd. In de navolgende jaren werd dit een slepende affaire. Niet alleen omdat er meerdere onderzoeken zijn uitgevoerd (in opdracht van Waternet en in contra-expertise in opdracht van het Stadsdeel) met het doel om het veiligheidsprobleem van de bomen te onderbouwen, maar ook omdat het Stadsdeel eigenaar is van de ondergrond van de Ringdijk(en daarmee ook van de daarop aanwezige bomen), wat leidde tot een discussie welke overheid (AGV of het Stadsdeel) verantwoordelijk was om de kapvergunning aan te vragen.

Uit een in opdracht van het Stadsdeel door Oranjewoud uitgevoerd onderzoek bleek dat er voor 12 bomen sprake was van een veiligheidsprobleem. In dit rapport werd ook aangegeven dat 3 van deze 12 bomen behouden zouden kunnen blijven door hun toestand blijvend te monitoren en door het nemen van snoeimaatregelen door het Stadsdeel. De resterende 9 'bomen' bestonden uit 4 bomen bij de Middenweg en uit 3 bomen, een struik en een uitgelopen stronk bij de Nobelweg. Voor deze 9 bomen is juni 2009 namens AGV bij het Stadsdeel kapvergunning aangevraagd. Door het Stadsdeel is aan de Hoofdstedelijke Bomenconsulent (Centrale Stad Amsterdam) advies gevraagd over de aangevraagde kapvergunning. In maart 2010 heeft het Stadsdeel per brief gemeld dat overwogen werd om voor de 4 bomen bij de Middenweg geen kapvergunning te verlenen. In april 2010 heeft AGV aan het Stadsdeel gemeld dat deze 4 bomen een veiligheidsprobleem vormen en daarom niet behouden kunnen blijven (en dat het Stadsdeel verantwoordelijkheid voor de veiligheid tegen overstroming naar zich toehaalt als de kapvergunning alsnog zou worden geweigerd). Op 1 februari 2011 (bijna 8 jaar na het eerste formele contact dus) heeft het Stadsdeel een besluit genomen over de kapvergunning: deze is verleend voor de 3 bomen, een struik en een uitgelopen stronk bij de Nobelweg, maar is afgewezen voor de 4 bomen bij de Middenweg. Als eigenaar van de ondergrond van Ringdijk (en daarmee ook van de daarop aanwezige bomen) heeft het Stadsdeel op 28 februari 2011 aan AGV toestemming verleend om de verleende kapvergunning te gebruiken.

### Vragen:

- Hoe kan een waterschap een gemeente of stadsdeel bewegen om een kapvergunning te verlenen? Welke stappen staan er open in het geval dat de gemeente/het stadsdeel weigert c.q. uitstelt om de aangevraagde kapvergunning te verlenen?

*Antwoord: Belangrijk is dat het waterschapsbestuur op basis van een plan in de rol van initiatiefnemer handelt. Het projectplan Waterwet kan worden ingezet als er sprake is van aanleg of wijziging van een waterkering met inbegrip van sanering van beplanting door of vanwege het waterschap (zie art. 5.4 Waterwet). In dat plan zal de probleemstelling een prominente plaats moeten innemen. Wat is het veiligheidsrisico van de beplanting op en nabij waterkering? Ook is het van belang om de noodzaak van verwijdering van de beplanting goed te onderbouwen met het oog op:*

- *de doelstellingen van de Waterwet en in het bijzonder het voorkomen en beperken van het risico van overstromingen en wateroverlast (zie art. 2.1 Waterwet);*

- de reglementaire taak van het waterschap zoals neergelegd in de Waterschapswet (art. 1, lid 2) en het provinciale reglement voor het waterschap;
- het beplantingsbeleid van het waterschap.

*In deze casus is het waarschijnlijk niet mogelijk om de gecoördineerde projectprocedure voor waterstaatswerken in te zetten (art. 5.5 e.v. Waterwet). Deze procedure heeft als voordeel dat de voor de uitvoering van het plan benodigde vergunningen zoals een omgevingsvergunning voor kappen desnoods door de provincie de medewerking van de gemeente kan worden gevorderd (zie art. 5.8, lid 2 Waterwet).*

*Als niet van de gecoördineerde projectprocedure gebruik kan worden gemaakt dan vraagt het waterschapsbestuur alle benodigde vergunningen aan bij de bevoegde gezagen en in dit geval de gemeente. De aanvraag om een omgevingsvergunning voor kappen bevat als onderbouwing het projectplan. Deze onderbouwing bevat ten minste een beschrijving van het betrokken werk en de wijze waarop dat zal worden uitgevoerd. Ook een beschrijving van de te treffen voorzieningen, gericht op het ongedaan maken of beperken van de nadelige gevolgen van de uitvoering van het werk. In deze casus uiteraard gericht op de beplanting die verwijderd moet worden en de beplanting die kan worden gehandhaafd.*

- Hoe vindt bij het verlenen van een kapvergunning de weging plaats tussen het belang van veiligheid tegen overstroming en de belangen van landschap, natuur en cultuur? Maakt een gemeente/stadsdeel zich medeverantwoordelijk voor de veiligheid tegen overstroming op het moment dat aan dit aspect een ondergeschikt gewicht wordt toegekend in de besluitvorming over een aangevraagde kapvergunning?

*Antwoord: Als er door het waterschapsbestuur wordt gehandeld als initiatiefnemer die een project uitvoert op basis van een projectplan Waterwet is de positie van het waterschap sterk. Belangrijk is dat het waterschap een goed verhaal heeft met het oog op de doelstellingen van de Waterwet en het veiligheidsrisico in dit concrete geval. Het waterschap wil het project uitvoeren met het oog op voorkoming en waar nodig beperking van overstromingen en wateroverlast (zie art. 2.1, lid 1 onder a Waterwet). Zij doet dit in samenhang met de vervulling van maatschappelijke functies door watersystemen (zie art. 2.1, lid 1 onder c).*

*Stel dat de boezemkade mede een recreatieve functie heeft dan ligt het op de weg van het waterschap de belangen bij handhaving van de bomen mee te wegen en zoveel mogelijk schade te voorkomen of te beperken, zoals zij dit geval ook doet. In deze casus komt het waterschap na weging uit op de verwijdering van 4 bomen. Als de gemeente de vergunning weigert dan ligt het voor de hand dat het waterschap bezwaar maakt tegen het weigeringsbesluit en zo nodig beroep instelt bij de rechtbank en desnoods hoger beroep bij de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State. Het projectplan met onderbouwing en de benodigde toestemmingen van bevoegde gezagen (i.c. de gemeente of een rechterlijke uitspraak) moet afdoende worden geacht om het project te realiseren.*

- Hoe kan tot een heldere lijn worden gekomen tussen publiekrechtelijke besluiten en privaatrechtelijke belangen? Wie is verantwoordelijk voor het aanvragen van een kapvergunning: het waterschap of de eigenaar van de (grond waarop de) te kappen bomen (staan).

*Antwoord: Het waterschapsbestuur is als initiatiefnemer voor het project verantwoordelijk voor het aanvragen van een kapvergunning. Op grond van het door het waterschapsbestuur vastgestelde projectplan voorzien van de vereiste onherroepelijke vergunningen kan vervolgens het werk worden uitgevoerd. In dit geval betekent dat het verwijderen van de vier bomen. Het waterschapsbestuur kan desnoods de eigenaar van de grond een gedoogplicht opleggen (zie art. 5.24 Waterwet). De Waterwet geeft de beheerder (lees: waterschapsbestuur) de bevoegdheid om tegen de wil van de rechthebbende op de grond de aanleg of wijziging van een waterstaatswerk en de daarmee verband houdende werkzaamheden uit te voeren, wanneer naar zijn oordeel de belangen van die rechthebbende(n) onteigening niet vorderen. In dit geval lijkt mij onteigening te ver gaan.*

Kort nawoord.

Van belang voor de spelregels die gelden is welke rol het waterschapsbestuur vervult. Is het waterschap:

- a. Initiatiefnemer die met behulp van een projectplan Waterwet het werk uitvoert.
- b. Of als bevoegd gezag voor vergunningverlening of handhaving op grond van de keur bij het beoordelen van activiteiten van derden in het watersysteem of
- c. adviseur van andere overheden in het kader van de watertoets in het kader van de Wet op de ruimtelijke ordening.