2000-04_bomen-waterkeringen

stowa

tichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Bomen op en nabij waterkeringen, achtergrondenrapport

2000 04

Eerste versie

stowa

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Bomen op en nabij waterkeringen, achtergrondenrapport

2000 04

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Telefax 030 232 17 66
E-Mail stowa@stowa.nl
http://www.stowa.nl

Publicaties en het publicatie-overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment
Postbus 1110
3330 CC Zwijndrecht
tel. 078 - 629 33 32
fax 078 - 610 42 87
e-mail: hff@wxs.nl
internet: ww.stowa.nl
ISBN 90-5773-084.7

TEN GELEIDE

Op boezemkaden en op primaire waterkeringen is in de loop der tijd een situatie gegroeid waarbij bomen en andere beplanting worden aangetroffen, ondanks het feit dat deze aanwezigheid uit oogpunt van veiligheid en uit beheer- en onderhoudsoverwegingen vaak minder wenselijk kan worden geacht. De keuze of de begroeiing wordt verwijderd, of (onder voorwaarden) kan worden gehandhaafd wordt, bij gebrek aan een heldere afwegingsmethodiek, in de praktijk soms gemaakt in een weinig doorzichtelijk maatschappelijk spanningsveld. Echter, ook in een situatie waarin een beheerder meer armslag heeft om zelf beslissingen te nemen is hij gebaat bij een beleidsondersteunend instrument om een maatschappelijk verantwoorde beslissing te kunnen nemen en om voor toekomstige beplantingsaanvragen een gefundeerde afweging te kunnen presenteren met betrekking tot het al dan niet verlenen van een vergunning.

Hierin is een duidelijke omslag in denken merkbaar. In de situatie voor de rapporten van de Commissie Boertien (1994) werd beplanting op een dijk in de technische wereld eenzijdig gezien als een bedreiging voor de veiligheid. Na de rapporten van de commissie Boertien werd duidelijk dat bij de dijkverbeteringen meer oog voor de bestaande waarden en belangen moest bestaan. Zeker bij de waterschappen die sindsdien dijken hebben versterkt, is de aandacht voor dit gedachtegoed toegenomen. Wel is hierdoor des te dringender de vraag naar duidelijke richtlijnen ontstaan.

Naast het beoordelen van bestaande situaties is (bij versterkingswerkzaamheden vanwege natuurwaarde-compensatie of gestelde vragen door MER-commissies, bij vergunningaanvragen, voor maatschappelijke belangengroepen, cultuur-technische bureaus of de besturen van waterschappen), een beoordelingsmethodiek voor nieuwe bomen en andere beplanting gewenst.

Tenslotte zou, door de nadruk enkelzijdig te leggen op het aspect veiligheid, en het gebruik van het woord 'problematiek' in de hierboven gegeven inleiding, de indruk kunnen ontstaan dat beplanting eenzijdig wordt beschouwd als 'een probleem' en een 'nadelige invloed'. Dit is niet zo. Er wordt in dit rapport nadrukkelijk ingegaan op de waarde en de waardering voor bomen en beplanting. Het is mogelijk zelfs zo dat bepaalde beplanting bij de juiste standplaatsfactoren de sterkte van een dijk of kade kan vergroten. Dit is een aspect dat ook in deze studie aan de orde komt.

Commentaren uit de diverse gremia zijn zo goed mogelijk in deze **Eerste versie** verwerkt. Over het onderzoek wordt samenhangend gerapporteerd in:

STOWA-rapportnr. 2000-04	Bomen op en nabij waterkeringen, achtergrondenrapport; (ISBN 90.5773.084.7)
STOWA- rapportnr. 2000-05	Handreiking voor beplanting op en nabij boezemkaden; (ISBN 90.5773.085.5)
STOWA- rapportnr. 2000-06	Handreiking voor beplanting op en nabij primaire waterkeringen. (ISBN 90.5773.086.3)

Er zal een vervolgonderzoek komen waarbij in een vijftal pilotprojecten voor verschillende situaties wordt bekeken of de handreikingen in de praktijk werken, en welke zaken voor verbetering vatbaar zijn. Ook zullen enkele onderzoeksonderwerpen die op de kortere termijn oplosbaar zijn worden opgepakt. Dit zal naar verwachting binnen een jaar leiden tot een volgende versie van de handreikingen en het achtergrondenrapport. Deze zal worden aangeduid als Groene versie, met als doel de beheerders en toezichthoudende instanties hiermee proef te laten draaien voordat er een Definitieve versie wordt gemaakt.

Het doel van het achtergrondrapport is om de beschikbare informatie te bundelen en hiermee de achtergronden van de op te stellen handreikingen voor beplanting op waterkeringen beschikbaar te stellen voor geïnteresseerden. Ook als over enkele jaren de behoefte bestaat de handreikingen aan te passen aan de op dat moment nieuwste inzichten, is het noodzakelijk om over deze achtergrondinformatie te beschikken. Dit rapport moet daarom worden gelezen als een werkrapport, zonder dat dit leidt tot een afgerond verhaal hoe omgegaan kan worden met beplanting op en nabij waterkeringen. Daarvoor zijn de handreikingen.

Dit onderzoek maakt deel uit van het STOWA onderzoeksprogramma waterkeren en is voor 50% gefinancierd door de waterschappen en voor de andere helft door de Dienst Weg en Waterbouw van Rijkswaterstaat.

De werkzaamheden zijn verricht door T. Stoutjesdijk van GeoDelft, L. Noordman en E. Koot van de Bomenstichting Utrecht (de benodigde kennis over bomen en beplanting), en H. van Kempen van adviesbureau BRO (de invulling van LNC-aspecten).

De werkzaamheden zijn gecoördineerd door een begeleidingscommissie, bestaande uit:

ing. L. C. Vendrik (voorzitter)	Dienst Waterbeheer en Riolering (HHRS AGV)
ir. L. M. Fliervoet	IKC, Natuurbeheer, afdeling Bos
ing. E. C. Hazenoot	Provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu
ir. J. van der Kolff	Hoogheemraadschap van Delfland
ir. L. Linssen	DHV
ir. L. R. Wentholt	STOWA.
ir. P. Wondergem	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

ir. J.M.J. Leenen
Directeur

Utrecht
februari 2001

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 1

2 Bestaande kennis en witte vlekken 5

3 Inventarisatie onder beheerders 7
3.1 Inventarisatie vooraf 7
3.2 Inventarisatie middels enquete-formulier 7
3.3 Inventarisatie onder regionale directies 12
3.4 Inventarisatie zomerstorm 12

4 Literatuur over veiligheid 15
4.1 Inleiding 15
4.2 Dijken – T. Huitema, 1947 15
4.3 Leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies in, op en nabij waterkeringen, TAW, 1976 16
4.4 Leidraden voor rivierdijken (TAW, 1985 en 1989) 17
4.5 Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen, commissie Boertien, 1993 18
4.6 Technisch rapport voor het toetsen van boezemkaden, TAW, 1993 18
4.7 Beoordeling vreemde objecten in waterkeringen, deel bomen, GeoDelft 1991, en Handreiking Constructief ontwerpen, 1994 19
4.8 Hoogwaterrapporten, COW 1982, TAW 1988, 1993 en 1995 23
4.9 Richtlijn voor het bepalen van het veiligheidsniveau van boezemkaden, Fugro, 1998 26
4.10 Technisch rapport Zandmeevoerende wellen, TAW, 1999 27
4.11 Leidraad Toetsen op Veiligheid, 1999 30

5 Bestaande praktijk 32
5.1 Inleiding 32
5.2 Bebouwing en beplanting op waterkeringen, Uitwaterende Sluizen van Hollands Noorderkwartier 32
5.3 Beleidsregels vergunbare activiteiten op dijken, Waterschap Vallei en Eem 34
5.4 Beplantingenbeleid van het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden ten aanzien van primaire en secundaire waterkeringen, 1996 34
5.5 Beplantingsbeleid Tieler- en Culemborgerwaarden, 1999 35
5.6 Notitie Kaden en Waterkeringvreemde elementen, Hoogheemraadschap van Delfland, 1999 39
5.7 Overige waterschappen 43

6 Andere bronnen van informatie 44
6.1 Notitie Vestingwallen te Hellevoetsluis functionerend als waterkering, Waterschap de Brielse Dijkring, 1999 44
6.2 Duitse publicaties 45
6.3 De invloed van vegetatie op de sterkte van grond 47
6.4 Onderzoek bomen bij de waterkeringen 'Achter Ramspol' 47
6.5 Windsnelheden 49
6.6 Iepenziekte, krantenbericht 51
6.7 Omgang met natuur en milieu bij infrastructurele werken, Stevinrapport 21.1.99-16 51

7 Beschouwing uit bomen- en beplantingsoptiek 52
7.1 Inleiding 52
7.2 Gevoeligheid voor windworp 52
7.3 Invloed op grondwaterstand 56
7.4 Maatregelen om bomen te sparen 56
7.5 Onderhoud 56
7.6 Beoordeling van bomen 59

8 Visie vanuit Landschap, Natuur en Cultuurhistorie 62
8.1 Inleiding 62
8.1.1 Kom je aan waterkeringen dan kom je aan Nederland 62
8.1.2 Wat hoort wel en wat hoort niet bij een waterkering 63
8.1.3 Waardering in hoofdlijnen, LNC 65
Aspecten van bomen op waterkeringen 67
8.2.1 Het dwarsprofiel 67
8.2.2 De belijning van de waterkering 68
8.2.3 Het ruimtelijke effect van de boom 69
8.2.4 De omgeving van de waterkering 69
8.3 Beoordeling van bestaande bomen 73
8.3.1 De boom zelf 73
8.3.2 De boom op zijn plek 77
8.3.3 De boom als onderdeel van zijn omgeving 79
8.3.4 Samenhang in de waardering 83
8.4 Beoordeling van de wenselijkheid van nieuwe bomen 85
8.4.1 Waar nieuwe bomen? 85
8.4.2 De lange termijn 86
8.4.3 De rol van het concept in de beleidsvisie 86

9 Veiligheidsaspecten 91
9.1 Inleiding 91
9.2 Erosie 92
9.3 Macrostabiliteit 95

9.4 Piping 101
9.5 Micro-stabiliteit 102

10 Methodiek om de invloed van beplanting op de veiligheid te beoordelen 103
10.1 Beschouwing veiligheid van bestaande beplanting op boezemkaden 103
10.2 Beoordeling veiligheid van bestaande beplanting op boezemkaden 108
10.3 Beoordeling veiligheid van nieuw aan te brengen beplanting op boezemkaden 114
10.4 Beschouwing veiligheid van bestaande beplanting op primaire waterkeringen 115
10.5 Beoordeling veiligheid van bestaande beplanting op primaire waterkeringen 118
10.6 Beoordelen veiligheid nieuw aan te brengen beplanting op primaire waterkeringen 125

11 Beheer, onderhoud en beleid 127
11.1 Inleiding 127
11.2 Bestuurlijk kader 127
11.3 Beheer en onderhoud van waterkeringen 130
11.4 Beleid ten aanzien van beplantingen 133

12 Resumé 137

1 Inleiding

Op boezemkaden en op primaire waterkeringen is in de loop der tijd een situatie gegroeid waarbij bomen en andere beplanting worden aangetroffen, ondanks het feit dat deze aanwezigheid uit oogpunt van veiligheid en uit beheer- en onderhoudsoverwegingen vaak minder wenselijk kan worden geacht. De keuze of de begroeiing wordt verwijderd, of (onder voorwaarden) kan worden gehandhaafd wordt, bij gebrek aan een heldere afwegingsmethodiek, in de praktijk soms gemaakt in een weinig doorzichtelijk maatschappelijk spanningsveld. Echter, ook in een situatie waarin een beheerder meer armslag heeft om zelf beslissingen te nemen is hij gebaat bij een beleidsondersteunend instrument om een maatschappelijk verantwoorde beslissing te kunnen nemen en om voor toekomstige beplantingsaanvragen een gefundeerde afweging te kunnen presenteren met betrekking tot het al dan niet verlenen van een vergunning.

Hierin is een duidelijke omslag in denken merkbaar. In de situatie voor de rapporten van de Commissie Boertien (1994) werd beplanting op een dijk in de technische wereld eenzijdig gezien als een bedreiging voor de veiligheid. Na de rapporten van de commissie Boertien werd duidelijk dat bij de dijkverbeteringen meer oog voor de bestaande waarden en belangen moest bestaan. Zeker bij de waterschappen die sindsdien dijken hebben versterkt, is de aandacht voor dit gedachtegoed toegenomen. Wel is hierdoor des te dringender de vraag naar duidelijke richtlijnen ontstaan.

Naast het beoordelen van bestaande situaties is (bij versterkingswerkzaamheden vanwege natuurwaarde-compensatie of gestelde vragen door MER-commissies, bij vergunningaanvragen, voor maatschappelijke belangengroepen, cultuur-technische bureaus of de besturen van waterschappen), een beoordelingsmethodiek voor nieuwe bomen en andere beplanting gewenst.

Tenslotte zou, door de nadruk enkelzijdig te leggen op het aspect veiligheid, en het gebruik van het woord 'problematiek' in de hierboven gegeven inleiding, de indruk kunnen ontstaan dat beplanting eenzijdig wordt beschouwd als 'een probleem' en een 'nadelige invloed'. Dit is niet zo. Er wordt in dit rapport nadrukkelijk ingegaan op de waarde en de waardering voor bomen en beplanting. Het is mogelijk zelfs zo dat bepaalde beplanting bij de juiste standplaatsfactoren de sterkte van een dijk of kade kan vergroten. Dit is een aspect dat ook in deze studie aan de orde komt.

Door GeoDelft is in 1998 een projectvoorstel betreffende een onderzoek naar bomen op en nabij boezemkades bij de STOWA ingediend. Na beoordeling door de programmacommissie, en in samenspraak met de TAW-coördinator, werd besloten dit onderzoek uit te breiden met bomen op en nabij primaire waterkeringen. Dit heeft in maart 1999 geleid tot opdrachtverlening door de STOWA.
In januari 2000 zijn concepten van dit achtergrondenrapport en de handreikingen voor primaire waterkeringen en voor boezemkaden verschenen. In februari 2000 heeft een workshop plaatsgevonden waar waterschappen, rijks- en provinciale overheden en ingenieursbureaus deze

concepten van hun commentaar hebben voorzien. Aan TAW-Techniek en het IPO-vakberaad Waterkeringen zijn de concepten toegezonden met het verzoek om deze te beoordelen. Dit oordeel is ook ontvangen. Alterra heeft de rapporten op verzoek ook van commentaar voorzien. Tenslotte heeft TAW-Plenair een reactie op de stukken kenbaar gemaakt.

De commentaren uit de diverse gremia zijn zo goed mogelijk in deze Eerste versie en in de Eerste versie van de handreikingen verwerkt. Er zal een vervolgonderzoek komen waarbij in een vijftal pilotprojecten voor verschillende situaties wordt bekeken of de handreikingen in de praktijk werken, en welke zaken voor verbetering vatbaar zijn. Ook zullen enkele onderzoeksonderwerpen die op de kortere termijn oplosbaar zijn worden opgepakt. Dit zal naar verwachting binnen een jaar leiden tot een volgende versie van de handreikingen en het achtergrondenrapport. Deze zal worden aangeduid als Groene versie, met als doel de beheerders en toezichthoudende instanties hiermee proef te laten draaien voordat er een Definitieve versie wordt gemaakt.

De werkzaamheden zijn verricht door T. Stoutjesdijk van GeoDelft, L. Noordman en E. Koot van de Bomenstichting Utrecht (de benodigde kennis over bomen en beplanting), en H. van Kempen van adviesbureau BRO (de invulling van LNC-aspecten).

Volgens het projectvoorstel heeft het onderzoek bestaan uit:

- het in kaart brengen van de bestaande kennis en de witte vlekken in de kennis
- het uitvoeren van een inventarisatie van de problematiek
- de inbreng van een bomen- en beplantingsdeskundige
- het in kaart brengen van LNC waarden
- het ontwikkelen van een methodiek om het aspect veiligheid te kunnen beoordelen
- het in kaart brengen van de aspecten beheer en duurzaamheid
- het verwerken van deze punten tot een praktische handreiking voor de beoordeling van bomen en beplanting op en nabij boezemkaden
- het verwerken van deze punten tot een praktische handreiking voor de beoordeling van bomen en beplanting op en nabij primaire waterkeringen.
- het bijdragen aan kennisoverdracht.

De werkzaamheden zijn gecoördineerd door een begeleidingscommissie, welke heeft bestaan uit:

- ir. L. M. Fliervoet	IKC, Natuurbeheer, afdeling Bos
- ing. R. van Gurp	Hoogheemraadschap van Schieland
- ing. E. C. Hazenoot	Provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu
- ir. J. van der Kolff	Hoogheemraadschap van Delfland
- ir. L. Linssen	DHV
- ing. L. C. Vendrik	Dienst Waterbeheer en Riolering (Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht)
- ir. L. R. Wentholt	STOWA.

- ir. P. Wondergem Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Leeswijzer

Dit rapport kan worden gezien als achtergrondenrapport bij twee separaat op te stellen handreikingen:

- Handreiking voor beplanting op en nabij boezemkaden
- Handreiking voor beplanting op en nabij primaire waterkeringen.

Per hoofdstuk wordt verslag gedaan van één onderdeel van het uitgevoerde onderzoek: bestaande kennis en witte vlekken (Hoofdstuk 2), inventarisatie onder de beheerders (Hoofdstuk 3), inventarisatie van bestaande literatuur over veiligheid (Hst. 4), inventarisatie bestaand beleid (Hst. 5) en informatie uit andere bronnen (Hst. 6). De inbreng van de bomen- en beplantingsdeskundige en van de LNC-deskundige wordt in hoofdstuk 7, respectievelijk 8 behandeld. Hoofdstuk 9 gaat in op de invloed van beplanting op de faalmechanismen van waterkeringen. In hoofdstuk 10 wordt dit uitgewerkt tot een methodiek om de veiligheid te beoordelen. Hoofdstuk 11 gaat in op beheer, onderhoud, beleid en duurzaamheid. In hoofdstuk 12 tenslotte wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste onderdelen die ook na deze studie nog nadere aandacht vragen.

Dit achtergrondenrapport voldoet niet aan de gebruikelijke opbouw van rapporten: een inleiding, een inhoudelijk stuk, en een afgeronde conclusie. Het enige doel van dit rapport is om de beschikbare informatie te bundelen en hiermee de achtergronden van de op te stellen handreikingen voor beplanting op waterkeringen beschikbaar te stellen voor geïnteresseerden. Ook als over enkele jaren de behoefte bestaat de handreikingen aan te passen aan de op dat moment nieuwste inzichten, is het noodzakelijk om over deze achtergrondinformatie te beschikken. Dit rapport moet daarom worden gelezen als een werkrapport, zonder dat dit leidt tot een afgerond verhaal hoe omgegaan kan worden met beplanting op en nabij waterkeringen. Daarvoor zijn de handreikingen.

2 Bestaande kennis en witte vlekken

In het kader van TAW projectgroep B is onder andere een Handreiking Constructief Ontwerpen opgesteld. In deze Handreiking is door GeoDelft de bijdrage geleverd voor de beoordeling van bestaande bomen op de primaire waterkeringen. Later is in de Leidraad Toetsen op Veiligheid deze beoordelingsmethodiek overgenomen.
Deze beide documenten geven ongeveer de huidige stand van de kennis ten aanzien van de beoordeling van bomen op en nabij waterkeringen weer. Daarom is het aangeven van de witte vlekken in deze methodiek een goed uitgangspunt voor dit onderzoek.

Bij de beoordelingsmethodiek kunnen de volgende opmerkingen worden geplaatst, c.q. lacunes in de kennis worden vastgesteld:

- de methodiek is niet zonder meer toepasbaar voor de boezemkaden. Door de hoge freatische lijn en een andersoortige grondslag kunnen andere typen bomen juist wel of niet gedijen op de boezemkaden. Naast dit verschil is er ook verschil in de gevolgen van een eventuele calamiteit bij boezemwaterkeringen en primaire waterkeringen. Ook de hydraulische belasting is bij boezemwaterkeringen en bij primaire waterkeringen verschillend.
- de beoordelingsmethodiek voor de primaire waterkeringen is uitsluitend gericht op bestaande bomen. Naast bestaande beplanting zal de beheerder ook geconfronteerd worden met de vraag in hoeverre nieuwe beplanting acceptabel is. Hiervoor kan een ander uitgangspunt worden genomen. Dit is vergelijkbaar met het onderscheid tussen toetsen (om de vijf jaar) en ontwerpen (langere levensduur).
- de stroomschema's van de Handreiking Constructief ontwerp en de Leidraad Toetsen op veiligheid zijn niet geheel correct. Er wordt daardoor te snel tot goedkeuring overgegaan als de beplanting buiten het beoordelingsprofiel staat, maar wel een bedreiging ten aanzien van macrostabiliteit of piping vormt.
- op waterkeringen komen naast bomen ook struiken en andere vormen van beplanting voor. Deze kunnen met de methodiek niet worden beoordeeld.
- de methodiek is eenzijdig opgesteld vanuit een veiligheidsoptiek. Er zijn echter ook overwegingen uit oogpunt van beheer en onderhoud, andere waarden en functies, die meespelen in de overweging bomen en beplanting wenselijk of acceptabel te achten of niet. De eindbeslissing over de vraag of beplanting in een specifieke situatie toelaatbaar en/of wenselijk is, en toekenning van daarmee gepaard gaande bestedingen, zal ook in de toekomst, naast de beoordeling van de veiligheid, op basis van niet-objectieve waarde-oordelen genomen worden. Het is zaak aan deze keuze een objectieve onderbouwing te geven middels een praktische handreiking hoe met deze problematiek kan worden omgegaan.
- in de methodiek is maar beperkt onderscheid mogelijk in 'geschikte' bomen en 'niet geschikte boomtypen'. Een betere beoordeling van de kans op omwaaien per boomtype en per grondslag, en de gevolgen daarvan in termen van ontgronding, is zowel voor boezemkaden als voor primaire waterkeringen nuttig. De inventarisatie van geschikte boomsoorten en wortelstelsels etcetera is beperkt. De gatgrootte na windworp kan per boomtype verschillend zijn, maar hier kan maar beperkt rekening mee worden gehouden.

- er zijn geen voorschriften gegeven om windkracht en eigen gewicht als factoren die het evenwicht van de waterkering mede bepalen in rekening te brengen.
- de te ontwikkelen handreikingen kunnen tevens dienst doen als eerste aanzet om een beleid ten aanzien van bomen en beplanting op te stellen, cq. te onderbouwen. Dit beleid ten aanzien van beplantingen moet zowel intern als extern gebruikt kunnen worden om helderheid omtrent het gevoerde beheer en het vergunningenbeleid te geven. Het beplantingenbeleid maakt deel uit van het beheerplan waterkeren.
- over de invloed van de grondwaterstand op de standzekerheid van de boom is weinig bekend. Omgekeerd is weinig bekend van de invloed van de boom op de grondwaterstand.
- er zijn in de dijkenwereld geen duidelijke richtlijnen voor beheer en onderhoud van bomen. Hoe moet bijvoorbeeld worden omgegaan met dode bomen, invloed wortelstelsels, etcetera.

Het zal blijken dat sommige punten meer aandacht verdienen dan binnen dit project haalbaar was, of dat het gezien de stand van de kennis, gewoon nog niet haalbaar is om uitspraken te doen. Daarom wordt aan het eind van dit rapport (hoofdstuk 12) een overzicht gegeven van de belangrijkste vraagstukken die na het schrijven van dit rapport en de handreikingen voor boezemkades en primaire waterkeringen nog resten.

3 Inventarisatie onder beheerders

3.1 Inventarisatie vooraf

Uit reacties van waterkeringbeheerders op het onderzoeksvoorstel van GeoDelft kwamen de volgende opmerkingen naar voren:

- het omgaan met een zich geleidelijk uitbreidende begroeiing is een probleem
- er is een publicatie over bomen op de dijk beschikbaar die door de provincie Zuid Holland als voorbeeld gebruikt wordt.
- er wordt verwezen naar lopend onderzoek van de Grontmij over bomen op primaire keringen.
- één beheerder meent dat er al veel over boezemkades is vastgelegd
- genoemd wordt vragen uit de maatschappij over ecologische inrichting met struiken, tot waar bouwen, inrichting recreatief medegebruik
- vragen ten aanzien van het omgaan met bomen: kerven, verankeren, afzagen, uitgraven, herplanten.
- duidelijke criteria worden wenselijk geacht.

3.2 Inventarisatie middels enquete-formulier

Algemeen

Er is een vragenlijst verspreid onder 38 waterschappen. 30 waterschappen hebben deze lijst ingevuld en geretourneerd. In dit overzicht van de resultaten van de inventarisatie wordt per vraag ingegaan op de resultaten.

Heeft het waterschap notities die aangeven hoe met beplanting op waterkeringen wordt omgegaan?

Er zijn 12 waterschappen die aangeven dat er beleidsregels zijn. Daarnaast zijn er 4 waterschappen die aangeven dat in de keur beleidsregels zijn aangegeven. 7 waterschappen hebben (deels vertrouwelijk) een kopie bijgevoegd. Dit beleid varieert tussen 1 pagina tekst tot een boekwerkje van 20 bladzijden met bijlagen.
12 waterschappen geven aan dat er geen vaste beleidsregels zijn.

Hoeveel km primaire waterkering in beheer en hoeveel is daarvan beplant?

Er hebben 25 waterschappen gereageerd met in totaal 2750 km primaire waterkering in beheer. Hiervan is gemiddeld 11 % van de lengte voorzien van beplanting. Het minimum percentage beplanting is 0 %, het maximum 60 %. Bij de onderverdeling naar plaats in het dwarsprofiel blijkt dat zowel in kruin, binnentalud, binnenberm, buitentalud als op het maaiveld binnendijks zowel geïsoleerde bomen als aaneengesloten beplanting voorkomen.
Opgemerkt wordt dat er geen onderscheid is gemaakt in bomen die bewust op een bepaalde plaats staan (bijvoorbeeld bomen waarbij in het dijkverbeteringsontwerp al rekening is gehouden met de veiligheidsaspecten, bijvoorbeeld door bomen in een verhoogde berm te plaatsen) en bomen die nog niet op veiligheid zijn beoordeeld. Het is dus zeker niet zo dat de inventarisatie bedoeld is om 'de omvang van een probleem' te bepalen, maar om een algemeen beeld te schetsen van de aanwezigheid van bomen op en nabij waterkeringen.

	kruin	binnentalud	binnenberm	buitentalud	maaiveld
gemiddeld %	3,1	2,6	5,4	2,1	5,8
minimum %	0	0	0	0	0
maximum %	25	18	20	25	40

Uit de tabel blijkt dat de binnenberm en het maaiveld de meest voorkomende plaatsen voor beplanting zijn. Het buitentalud is de minst voorkomende categorie.

Hoeveel km boezemwaterkering in beheer en hoeveel is daarvan beplant?

Er hebben 14 waterschappen gereageerd met in totaal 3567 km boezemwaterkering in beheer. Hiervan is gemiddeld 25 % voorzien van beplanting. Het minimum percentage beplanting is 2 %, het maximum 70 %. Bij de onderverdeling naar plaats in het dwarsprofiel blijkt dat zowel in kruin, binnentalud, binnenberm, buitentalud als op het maaiveld zowel geïsoleerde bomen als aaneengesloten beplanting voorkomen.

	kruin	binnentalud	binnenberm	buitentalud	maaiveld
gemiddeld %	5,4	6	9,6	2,8	1,8
minimum %	0	0	0	0	0
maximum %	20	50	50	21	9,5

Uit de tabel blijkt dat beplanting op boezemkades frequent voorkomt op de binnenberm, het binnentalud en de kruin. Op het buitentalud en het maaiveld wordt minder beplanting aangetroffen.

Vergeleken met de primaire waterkeringen komt op boezemkades gemiddeld twee maal zoveel beplanting voor, en staat de beplanting meer op de kruin en het binnentalud.

Welke activiteiten pleegt het waterschap m.b.t. beheer en onderhoud van bomen en beplanting ?

Omschrijving	Aantal maal genoemd
Schouw/inspectie op bomen derden	12
Schouw/inspectie eigen bomen	13
Snoeien/knotten	18
Ontheffingen/vergunningen/voorwaarden stellen bij vergunningen	9
Kappen/verwijderen/uitsterfbeleid (zo mogelijk)	15
Handhaving	7
Herplanten/aangepaste beplanting plaatsen buiten waterkering	5
Zaailingen/spontane groei verwijderen	2
Gezamenlijk beheer met gemeente/ Centraal Boombeheer/SBB	2
Iepenziektecontrole en bestrijding	2
Boomkorven plaatsen	1
Wilgenopslag verwijderen	1
Toetsen volgens LTV	1
Nemen van constructieve maatregelen (schermen, klei) om bomen te handhaven	1
Extra aandacht bij hoogwater	1
Geen	4

Uit de inventarisatie en uit bovenstaande tabel blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen individuele waterschappen. Een enkel waterschap pleegt 'gericht onderhoud vanuit de ecologische gedachte', een beperkt aantal waterschappen besteed aandacht aan herplanten en nieuwe aanplant buiten de waterkering, maar er is ook een aantal dat een min of meer actief uitsterfbeleid heeft.
De nadruk van de activiteiten op het gebied van beheer en onderhoud ligt op inspectie, snoeien/knotten en kappen/verwijderen van bomen. Vergunningverlening en handhaving worden ook redelijk frequent genoemd.
Tenslotte zijn er 4 waterschappen die in het geheel niets doen aan beheer en onderhoud. Dat zijn overigens waterschappen waar volgens de opgave slechts in beperkte mate beplanting voorkomt, dus waarschijnlijk zijn daar ook weinig problemen mee.

Wordt er onderscheid gemaakt tussen primaire waterkeringen en boezemwaterkeringen?

De meeste waterschappen hebben ofwel primaire waterkeringen in beheer ofwel boezemwaterkeringen. Van de waterschappen die beide hebben geven 4 aan geen onderscheid te maken, en 6 waterschappen geven aan dat er bij boezemwaterkeringen minder streng wordt opgetreden dan bij primaire waterkeringen.

Hoe vaak vindt inspectie plaats en wordt daarbij extra op beplanting gelet?

Bij 18 waterschappen vindt inspectie plaats tijdens de schouw (1 à 2 maal per jaar). 12 waterschappen voeren frequenter (4 maal per jaar tot wekelijks) inspectie uit.

10 waterschappen letten hierbij speciaal op beplanting. 20 waterschappen nemen de beplanting alleen in algemene zin mee tijdens de inspectie.

Wat doet het waterschap met dode/zieke bomen?

Het antwoord op deze vraag is veelal kort: rooien, verwijderen, cq. de eigenaren aanschrijven en laten verwijderen. In deze categorie vallen 23 waterschappen.
De wijze waarop de bomen worden verwijderd wordt veelal in het midden gelaten. Twee waterschappen noemen 'kappen en de wortelstobbe kapot frezen'. Twee waterschappen noemen 'verwijderen en gat opvullen met klei'.
De overige waterschappen hebben ofwel geen bomen op de waterkering, treden alleen op als de situatie gevaarlijk wordt of doen niets.

Welke wensen/opmerkingen heeft u ten aanzien van dit onderzoek ?

Omschrijving	Aantal maal genoemd
Meer informatie over positieve of negatieve effecten/invloed bomen	3
Behoefte aan duidelijke regels/beleid/richtlijnen voor vergunningverlening	10
Behoefte aan duidelijke regels/richtlijnen voor toetsen bestaande bomen	14
Toespitsen regels/beoordeling op boomtype	7
Informatie over voorwaarden in vergunning om bomen toe te kunnen staan	1
Informatie over maatregelen om bomen te kunnen handhaven	2
Spanningsveld natuur versus veiligheid uitwerken	1
Invloed van rooien bomen op perforatie/doorlatendheid/kwel kade/dijk	2
In hoeverre kunnen struiken worden toegestaan	1
Inzicht in overslagcriteria bij beplanting/invloed op erosiebestendigheid	2
Kapstok voor beplantingenbeleid	5
Invloed bomen op doorlatendheid/lekkages/piping	3
Mogen bomen op pipingberm/welke overhoogte is nodig	2
Invloed bomen op verweking	1
Richtlijnen/handreikingen voor inspectie en monitoring	1
Richtlijnen/handreikingen voor beheer en onderhoud	1
Richtlijnen/handreikingen voor medegebruik	1
Hoe strikt zijn regels voor geïsoleerde beplanting	1
Invloed van bomen op wateronttrekking en lokaal extra zettingen	1
Toespitsen op boezemkaden	1
Geen	6

In totaal zijn 60 wensen geformuleerd, die zijn onder te verdelen in 20 categorieën. In het oog springt dat er kennelijk grote behoefte is aan duidelijke richtlijnen voor enerzijds toetsen en anderzijds vergunningverlening. De wens om meer in te spelen op boomtype wordt ook meermalen genoemd, en 5 keer wordt de wens kenbaar gemaakt om deze studie ook als eerste aanzet voor een beplantingenbeleid te kunnen gebruiken.

Zijn er in de praktijk problemen met beplanting?

Omschrijving	Aantal maal genoemd
Onderhoud/beheerskosten	5
Afwaaiende takken	1
Overdracht gevoerde beleid aan burgers/te weinig onderbouwing besluiten/handhaving en discussie	6
Schade door beweging van bomen	1
Schade door wateronttrekking en lokale zettingsverschillen (scheuren)	2
Geen duidelijke richtlijnen wat wel of niet acceptabel is t.a.v. veiligheid	2
Spanningsveld tussen natuur en veiligheid	2
Beoordeling bij boezemkaden	1
Beperking van inspectiemogelijkheid bij hoogwater cq. aaneengesloten beplanting	3
Staan in de weg bij verbeteringswerkzaamheden/onveilig maar mag niet weg	5
Vegetatie onder beplanting is slecht - door schaduwwerking - door vochtonttrekking - bij regen of zonneschijn gaat vee onder de bomen staan	8
Problemen met stabiliteit en piping	5
Problemen met bomen op buitentalud, voorland	1
Problemen met doorlatendheid/rottende wortels	1
Laaghangende takken geven hinder voor verkeer/baggerwerk	1
Veel drijfvuil na hoogwater rond beplanting	1

Er worden in totaal 45 bezwaren genoemd. Een deel hiervan is op te vatten als nadelen die de beheerders in beplanting zien, zonder dat dit direct tot concrete problemen leidt. Duidelijk is wel dat er kosten zijn voor beheer en onderhoud, dat de beplanting een obstakel kan vormen bij inspectie en versterkingswerkzaamheden en dat de vegetatie onder de bomen minder goed is. Een ander probleem is dat het moeilijk is over te brengen waarom bepaalde beslissingen nodig zijn als daar geen helder en vastgesteld beleid achter staat.

Ziet het waterschap ook voordelen in de aanwezigheid van beplanting?

Omschrijving	Aantal maal genoemd
Waterstaatkundig niet, landschappelijk wel	15
Beplanting kan groei waterplanten beperken	1
Wortelstelsel houdt grond bij elkaar bij golfslag	4
Beplanting kan positief werken op fauna, broedplaats vogels en vlinders	3
Windvang	1
Recreatieve waarde	1
Minder plantengroei door schaduw	1
Vermindering inwaai meststoffen	1
Bomen horen van oudsher bij het dijklandschap	1
Belangen aanwonenden: tuinen en beschutting	1
Beplanting op voorland kan dienen als golfbreker: golfbelasting en oploop minder	1
Nee	7

De beheerders zien minder voordelen dan nadelen aan beplanting. 7 beheerders zien helemaal geen voordelen, 15 andere beperken zich tot de landschappelijke waarde.

3.3 Inventarisatie onder regionale directies

In een vrij laat stadium is de inventarisatie uitgebreid naar de regionale directies van Rijkswaterstaat, aangezien ook die waterkeringen in beheer hebben. Zes regionale directies zijn aangeschreven. Hieruit zijn geen nieuwe of andere inzichten verkregen.

3.4 Inventarisatie zomerstorm

Algemeen

Naar aanleiding van een vraag van TAW-Plenair is een enquête uitgevoerd onder de waterschappen om inzicht te krijgen in de gevolgen van de ernstige zomerstorm van 29 mei 2000. In deze periode staan de bomen vol in het blad, en zou verwacht worden dat de gevolgen van een storm groter zijn dan in het winterseizoen, als de bomen kaal zijn. Van de 37 aangeschreven waterschappen hebben er 20 gereageerd. Eén waterschap heeft het formulier wel geretourneerd maar niet ingevuld.

Overall beeld en aard van de schade

Negen waterschappen omschrijven de schade als nihil, 4 als klein, 4 als matig en slechts 2 als groot. Dit is een enigszins vertekend beeld, omdat de storm niet over het gehele land zwaar is

geweest, en omdat enkele waterschappen hebben gereageerd die nauwelijks bomen op of nabij de waterkering hebben.

Bij vergelijking van de gevolgen van deze zomerstorm met de gevolgen van een vergelijkbare winterstorm vinden 6 waterschappen dat deze groter is, 7 dat deze gelijk is en 2 dat de gevolgen kleiner zijn. Hierbij zal ook een rol spelen dat de storm plaatselijk windkracht 9 of 10 is geweest, en elders in Nederland misschien 6 Beaufort.

Bij het schadebeeld wordt het volgende gevonden:

Bomen omgewaaid	6 waterschappen
Takken afgebroken	12 waterschappen
Stam afgeknapt	4 waterschappen

Het meest voorkomende schadebeeld is, conform de verwachting, afgebroken takken. Daarnaast blijkt zowel het omwaaien van bomen als het afknappen van de stam voor te komen.

Verdere bijzonderheden

Een aantal waterschappen geeft een nadere omschrijving van de ontstane schade en aanvullende opmerkingen:

- takken afgebroken bij populier, es en wilg
- veel jonge aanplant is scheefgewaaid, moet rechtgezet worden
- over het algemeen waren de omgewaaide bomen populieren (abelen)
- 1 boom (popel) met wortel en al omgewaaid, diameter van de ontgronding circa 3 meter, diepte ongeveer 70 cm
- diverse bomen zijn scheefgewaaid, en de grondslag ter plaatse van de boom is hierdoor los
- één van de oorzaken van de geringe schade is te vinden in een aantal vergelijkbare stormen in juni 1998 en juni 1999, waarbij al een natuurlijke selectie had plaatsgevonden. Met name in de eerste junistorm zijn behoorlijk wat bomen (met name populieren) omgewaaid en afgeknapt.
- de grote bomen op de waterkering staan er nog allemaal. Alle bomen die zijn omgewaaid stonden langs een weg, niet op de dijk. Er zijn wel jonge boompjes scheefgewaaid. Deze bomen zijn al eens eerder scheefgewaaid. Het vermoeden is dat als dat eenmaal is gebeurd, de bomen moeilijk stabiel verankeren in de grond.
- Een iep van circa 30 jaar oud op het binnentalud/binnenberm van de primaire waterkering is omgewaaid. De ontgronding is ongeveer 1 meter diep, het gat is 1,75 m in diameter. De grond bestaat uit klei, de grondwaterstand is ongeveer 1,5 m beneden maaiveld. De wortels zijn deels uit de grond getrokken, deels afgebroken. Hierbij wordt de opmerking geplaatst dat enkele jaren geleden een zeer hoge waterstand in de dijk werd geconstateerd. Na het aanbrengen van drainage is deze verlaagd. Door de hoge grondwaterstand zijn de wortels niet erg diep.

- Één waterschap meldt dat circa 25 bomen zijn omgewaaid en circa 10 afgeknapt. De bomen stonden op de stabiliteitsberm. Het betreft betrekkelijk jonge populieren (4 jaar oud) van 4 à 5 meter hoog.
- Enkele bomen buitendijks omgewaaid. Het waren wilgen, 8 meter hoog, 20 jaar oud, in klei. De stamdiameter was ongeveer 30 cm, de kroonbreedte 5 meter. De wortels met een diameter van 10 cm zijn uit de grond getrokken. De ontgronding is 2 meter diep met een diameter van 5 meter. De grondwaterstand bedraagt 1 meter min maaiveld. Ter plaatse waren naastliggende wilgen (knot) verplant en de grondslag van de omgewaaide bomen geroerd.
- Een waterschap meldt een omgewaaide els, circa 15 jaar oud, circa 25 meter uit de buitenteen van de dijk. De boom stond in klei, langs het water, waardoor de grondwaterstand fluctueert met de buitenwaterstand. De diepte van de ontgronding is 1 meter, de diameter 3 à 4 meter.
- Schade (takken) veelal bij oudere populieren, bij een enkel exemplaar is een gedeelte van de stam afgebroken. Van de bomen die binnendijks staan, veelal op overhoogte, is geen schade geconstateerd.
- Bij 2 populieren is de stam door stamrot afgeknapt. De bomen waren ongeveer 20 meter hoog en circa 40 jaar oud. De stamdiameter bedroeg 60 cm, de kroondiameter tussen 4 en 6 meter. Bij 15 tot 20 % van de bomen zijn takken afgewaaid. De grondwaterstand is ongeveer maaiveld min 1,5 meter.
- Een waterschap heeft onderscheid gemaakt in 4 werkgebieden. In het ene werkgebied is de schade groter dan bij een winterstorm, in een ander juist kleiner. Dit hangt wellicht ook samen met de stormintensiteit. Enkele populieren van 30 tot 40 jaar, een hoogte van 30 meter en een stamdikte (omtrek) van 1,5 à 1,8 meter zijn omgewaaid, van enkele exemplaren is de stam afgeknapt. Ook zijn er knotwilgen (circa 20 jaar, 8 meter hoog, stamomtrek 60 cm), maar daar zijn alleen takken van afgewaaid. In een ander werkgebied zijn eveneens enkele populieren omgewaaid en afgeknapt (15 à 20 jaar oud, 15 à 20 meter hoog, stamomtrek ongeveer 1 meter). Het laatste werkgebied kende geringe schade: enkele populieren (10-20 jaar, 15-20 meter hoog en stamomtrek 1 meter) zijn omgewaaid en toppen uitgewaaid.

4 Literatuur over veiligheid

4.1 Inleiding

De literatuur over bomen op en nabij waterkeringen die in dit hoofdstuk wordt behandeld bestaat uit TAW-publicaties die vooral gericht zijn op de veiligheid van de waterkering. Let wel: veelal wordt aangegeven wat er destijds in de diverse leidraden is opgenomen. Dit hoeft niet te stroken met de huidige inzichten!

Er is naar meer gekeken dan alleen de veiligheidsrichtlijnen. In Hoofdstuk 5 wordt ingegaan op bestaande beleidsnotities van de waterschappen. Hoofstuk 6 gaat in op andere bronnen van inlichtingen. Literatuur die direct over bomen, boomsoorten en de invloeden op het gedrag van bomen gaan worden in hoofdstuk 7 geïntegreerd.

4.2 Dijken – T. Huitema, 1947

Dit boek is een soort voorloper van de TAW-Leidraden. Over bomen op zeedijken wordt opgemerkt:

"Bomen zijn op de belopen en de kruin ontoelaatbaar. Bij storm zwiepen ze heen en weer en maken de grond rondom de wortels los. Hoogstens zouden er langs de landzijde van de binnenberm mogen staan, maar ook daar ziet men ze zelden.
Wel zijn slaperdijken, zowel langs de kruin als op de belopen, soms met opgaand hout, struiken of vruchtbomen beplant. Men neemt dan aan, dat de dijk wel nimmer water zal moeten keren en mocht dat onverhoopt nog eens het geval worden, dat er dan gelegenheid zal zijn de bomen zo nodig om te hakken of af te zagen. Geheel zonder risico is dat natuurlijk niet.
Op de bermen van deze dijken doen de bomen niet veel kwaad. Struikgewas, knotwilgen enz. kunnen soms zelfs nuttig zijn voor demping van golfslag."

Over bomen op rivierdijken wordt het volgende gezegd:

"Bomen op de kruin en op de belopen kunnen oorzaak zijn dat bij harde wind scheuren in de grond ontstaan en de dijk voor water meer toegankelijk wordt of afkalving wordt bevorderd. Menigmaal heeft men zich dan ook genoodzaakt gezien, bij hoog water en storm de bomen met de meeste spoed te vellen, echter zonder dat men meteen alle bezwaren kon ondervangen. De boomwortels maken de grond vaak ondicht, vooral als ze na het afsterven of rooien van de bomen vergaan.
Onder dichte boomkruinen, vooral als deze laag hangen, is de grasnerf niet dicht en is de kans op afslag van het beloop vergroot. Hier en daar treft men, b.v. op de buitenberm en soms in het buitenbeloop bomen aan, waarvan de takken bijna op het beloop hangen. Na een hoge rivierstand blijkt dan veelal onder iedere boom afslag te zijn ontstaan, terwijl het beloop overigens geheel onbeschadigd bleef.

Is beplanting op de dijk steeds nadelig, aan de rivierzijde van de buitenberm zijn bomen en vooral meerjarig griendhout veelal nuttig, daar ze de golfslag dempen en de dijk soms beschermen tegen ijsgang."

4.3 Leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies in, op en nabij waterkeringen, TAW, 1976

Technische aspecten

Hieronder volgt een opsomming van de vele, meer of minder belangrijke nadelen die volgens deze Leidraad uit 1976 aan beplanting in, op en nabij waterkeringen kunnen zijn verbonden.

"1. De krachten door de werking van de wind op de beplanting in het grondlichaam uitgeoefend, kunnen de goede samenhang van de waterkering en daarmee het waterkerend vermogen aantasten. Meer dan eens is schade toegebracht aan onze waterkeringen tengevolge van het omwaaien van in en nabij deze keringen aanwezige bomen met hun vaak wijdvertakte wortelstelsel.

2. In geval van afsterven tengevolge van bijvoorbeeld het aanbrengen van een afdekkende kleiophoging of het omhakken van de boom of struik, kan het wortelstelsel tot verrotting overgaan en inhomogeniteiten of holle ruimten in het dijklichaam doen ontstaan. Hierdoor kan de grondwaterstroming op moeilijk te controleren wijze ongunstig worden beïnvloed. Het wortelstelsel dient daarom voor zover zulks in het belang is voor een goede waterkering te worden opgeruimd. Zo zal het nadeel van grondroering in bepaalde gevallen zwaarder moeten wegen dan het nadeel van de aanwezigheid van wortels.

3. Een eventuele profielverzwaring van de waterkering kan door de aanwezigheid van beplanting worden bemoeilijkt.

4. De kwaliteit van de grasmat onder een beplanting zal als gevolg van de minder goede groeicondities slechter zijn. Bovendien zal het onderhoud van de grasmat door de aanwezigheid van de beplanting bemoeilijkt worden.

5. Een doelmatig toezicht op de staat van de waterkering zal in het algemeen worden bemoeilijkt. Ook kan beplanting er de oorzaak van zijn dat in geval van een calamiteit de betrokken plaats moeilijk bereikbaar is.

6. Door de aanwezigheid van beplanting wordt de kans groter dat konijnen, muizen en ander gedierte in de waterkering gaan graven en deze perforeren.

7. Op buitendijks voorland kunnen bomen en griendhout een gunstige invloed hebben, doordat ze golven dempen en, bij rivierdijken, deze kunnen beschermen tegen ijsgang. Ter plaatse van een beplanting in het buitentalud is geconstateerd dat bij hoogwater ontgronding van het talud optreedt (turbulentie)."

"Conclusies

Het verdient in het algemeen aanbeveling de waterkering beplantingsvrij te houden, opdat de wortels niet in de waterkering zelf kunnen doordringen. Het niet hiertoe overgaan is slechts dan verantwoord als kan worden aangetoond dat het waterkerend vermogen van de waterkering niet wordt aangetast.
Is bijvoorbeeld tegen het binnentalud van een waterkering een grondlichaam aangebracht, dat geen bijdrage levert aan de vereiste waterkerende functie, dan zou in dit grondlichaam beplanting kunnen worden toegelaten zolang de wortels buiten het normale waterkeringsprofiel blijven.
Voor bomen en andere vegetatie in het dijkprofiel, waarvan de verwijdering op grote bezwaren zou stuiten, dient door middel van een onafhankelijk, deskundig rapport een oordeel te worden verkregen over de vitaliteit van de bomen, de te verwachten schade bij omwaaien enz., waarna een objectieve afweging van de belangen mogelijk is. Bij handhaving van de beplanting dienen zodanige maatregelen te worden genomen, dat geen afbreuk wordt gedaan aan het waterkerend vermogen."

4.4 Leidraden voor rivierdijken (TAW, 1985 en 1989)

Bij nieuw aan te brengen beplanting na dijkversterking geeft Leidraad 1 uit 1985 in hoofdstuk 12.3.1. de volgende overwegingen:

"- buitentalud en kruin dienen, als primair waterkerend onderdeel van de dijk, vrij te blijven van beplanting om een goede grasmat te bevorderen, perforatie van de waterkerende kleilaag te voorkomen, en onderhoud en inspectie goed mogelijk te maken; dit geldt zeker bij zanddijken afgedekt met klei.
- In afsluitende kleilagen in het voorland, die essentieel zijn voor het ontwerp, mogen geen perforaties kunnen ontstaan door diepgaande wortels of omvallende bomen.
- Waar uittredend grondwater uit het binnentalud verwacht wordt, dient geen beplanting te worden aangebracht, vanwege mogelijke concentraties van grondwaterstroming en eventuele uitspoeling van gronddeeltjes.
- Op binnendijkse bermen en maaiveldophogingen kan zonodig beplanting worden toegestaan, mits dit niet het gevaar kan opleveren van perforaties in het waterkerende grondprofiel van dijk en berm. Gedacht kan worden aan oppervlakkig wortelende struiken en kleine boomsoorten, zoals fruitbomen, op een extra grondaanvulling. Diepwortelende en hoge, zware bomen worden hier afgeraden, mede met het oog op de vaak erg lage korrelspanningen die in deze zone bij hoge rivierwaterstanden aanwezig zijn, waardoor scheefzakken en omvallen niet denkbeeldig is."

Leidraad 2 uit 1989 voegt niets toe aan datgene wat in Leidraad 1 is gesteld, behalve dat er naar moet worden gestreefd de diversiteit van de vegetatietypen zoveel mogelijk te handhaven.

4.5 Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen, commissie Boertien, 1993

De Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen voegt als commentaar aan de Leidraden voor rivierdijken toe:

"- Het aanbrengen van een extra grondaanvulling op de binnendijkse bermen ten behoeve van beplanting is ons inziens uit technisch oogpunt meestal niet noodzakelijk. Door plaatselijke ontworteling wordt de functie van de berm doorgaans niet aangetast.
- In het accepteren van beplanting (bomen en struiken) op het buitentalud en in de kruin is Leidraad 1 zeer strikt. Het is niet duidelijk of beplanting in het binnentalud van een kleidijk wel of niet acceptabel wordt geacht. Een en ander wordt niet in verband gebracht met het theoretisch profiel. Naar onze mening zou uit een oogpunt van veiligheid beplanting buiten het theoretisch profiel toegestaan kunnen worden. Wel moet onderkend worden dat de aanwezigheid van beplanting hoge beheer- en onderhoudkosten impliceert. Bij beplanting op het buitentalud zullen deze kosten extra hoog zijn vanwege, door het ontbreken van een goede grasbedekking, te verwachten schade door erosie.
- De aanwezigheid van bomen wordt afhankelijk van onder andere de plaats als problematischer gezien dan die van bebouwing. Uit probabilistisch oogpunt is de kans van omwaaien van een boom ten opzichte van inundatiekans erg groot. Zeker op locaties waar slechts een dunne afdekkende kleilaag op een zandkern aanwezig is, is dit een bedreigende gebeurtenis."

4.6 Technisch rapport voor het toetsen van boezemkaden, TAW, 1993

Citaat:

"Bomen en hakhout kunnen een nadelige invloed hebben op het waterkerend vermogen van de kade, door:

- het ontstaan van grote gaten in het kadelichaam door het omwaaien van bomen
- het ontstaan van doorgaande holle ruimten door het afsterven van wortels
- het verweken van de bodem door het bewegen van de stam
- aantasting van de kade door dieren in beschutting van ontoegankelijke begroeiing
- erosie van het kadeoppervlak door het ontbreken van een beschermende grasmat in geval van een dichte begroeiing

Kaden met bomen en hakhout zijn zonder nader onderzoek niet goed beoordeelbaar. Een uitzondering vormt een kade met een zeer ruim profiel, waarbij het niet goed denkbaar is dat bovengenoemde effecten het waterkerend vermogen significant kunnen aantasten.

Per geval zal een beoordeling nodig zijn of de beplanting een negatief effect kan hebben op de stabiliteit van de kade. In voorkomende gevallen kan men in de vergunning eisen opnemen ten aanzien van het onderhoud en de maximaal toegestane hoogte van bomen."

4.7 Beoordeling vreemde objecten in waterkeringen, deel bomen, GeoDelft 1991, en Handreiking Constructief ontwerpen, 1994

Algemeen

In eerste instantie is in dit onderzoek gekeken naar het veiligheidsaspect van de beoordeling van bomen op waterkeringen. Er is volgens een foutenboom (figuur 4.1) gekeken naar mogelijke faalmechanismen.

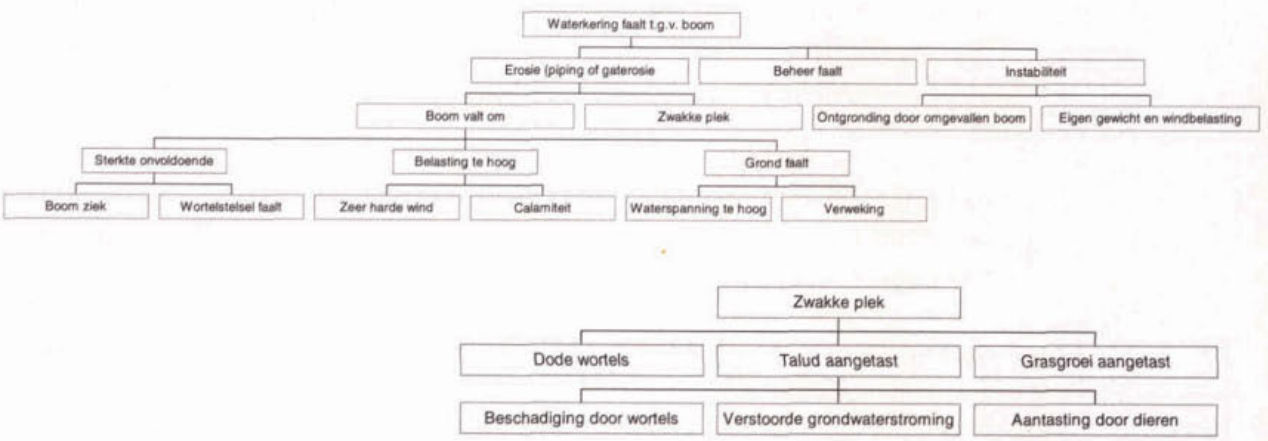
Citaten

"De verschillende aspecten beïnvloeden elkaar. Of een zieke boom blijft staan of wordt verwijderd is bijvoorbeeld ook een beheersaspect."

"Het ontwortelen van een boom zal meestal geen inundatie tot gevolg hebben. Dit hangt af van factoren als belastingen, reststerkte, geometrie en waterspanningen."

"De invloeden van bomen op waterkeringen kunnen zich in verschillende vormen voordoen: als levende boom, als dode boom en als gat ten gevolge van een ontwortelde boom.

Voor een dode boom is het gevaar dat wortelresten gaan verrotten en gangen en gaten gaan vormen. Uit verschillende onderzoeken zijn dergelijke gangenstelsels gevonden die meters diep kunnen gaan. Dit kan de micro-stabiliteit en piping (zandmeevoerende wellen) ongunstig beïnvloeden. Dit rechtvaardigt de conclusie dat wortelresten binnen het profiel van de waterkering zoveel mogelijk geruimd moeten worden.



Figuur 4.1 Foutenboom voor bomen

Ten gevolge van golfoploop en golfoverslag kan rond de boom een erosiepunt ontstaan waardoor het dijkprofiel wordt aangetast. Bij buitendijkse bomen kan bovendien ontgronding door langsstroming ontstaan.

Bij een dode boom beïnvloeden de wortelresten de hydrologische aspecten en het mogelijk optreden van piping. De eigenschappen van bekledingslagen veranderen door grondscheuren, wortels, oppervlakteverstoring (geen grasmat) en lagere dichtheden van toplagen."

"Door de aanwezigheid van bomen kunnen er extra belastingen op het dijklichaam optreden waarmee in het reguliere ontwerp of stabiliteitsbeschouwing geen rekening is gehouden. Deze belastingen zijn:

- verminderd tegenwerkend moment door ontgronding bij omwaaien van de boom. Er wordt gerekend met een ontgrondingskuil van 1 meter diep en met een omvang die gelijk is aan de kroonprojectie van de boom.
- extra belasting door eigen gewicht van bomen. Het eigen gewicht van bomen is af te schatten op basis van diameter, hoogte en soortelijk gewicht.
- windbelasting (zowel statisch als dynamisch). De boom ondervindt door de wind een bepaalde stuwdruk. Deze stuwdruk wordt als volgt berekend:

$$P = 0{,}5 \bullet \rho \bullet C_d \bullet V^2$$

waarin P de stuwdruk in kN/m^2 is, C_d de luchtweerstandcoëfficiënt en V de windsnelheid. Waarden voor C_d variëren van 0,1 (relatief open bomen) tot 0,5 (gesloten bladerdek). Windsnelheden kunnen variëren tussen een gemiddelde windsnelheid van 24 m/s bij windkracht 9 tot extreme waarden van 44 m/s bij windkracht 12. Globale berekeningen voor de bepaling van de faalkans van een boom hebben volgens de Handreiking Constructief ontwerpen geleid tot waarden van $2 \cdot 10^{-3}$/jaar.

- beïnvloeding freatische lijn. Onder normale omstandigheden zal de waterconsumptie van de boom tot een plaatselijk lagere waterstand kunnen leiden. Dit is gunstig voor de stabiliteit. Onder extreme condities (neerslag, overslag) kan ter plaatse van de boom, door verstoring van de grond (lagere dichtheid, scheuren, wortels, geen grasdek) echter juist een lokaal hogere grondwaterstand het gevolg zijn. Dit heeft een negatieve invloed op de macrostabiliteit.
- een hogere freatische lijn kan ook betekenen dat microstabiliteit (afdrukken van kleilaag op het binnentalud of uitspoelen van deeltjes een probleem wordt. Als de boom op het binnentalud staat en ontworteld raakt, dan kan ook dat aanleiding zijn voor micro-instabiliteit."

Er zijn oriënterende stabiliteitsberekeningen uitgevoerd om na te gaan hoe groot de invloed van deze factoren op de stabiliteit is:

situatie	Stabiliteitsfactor
nulsituatie zonder boom	1,46
ontgronding in binnenteen 1 m diep	1,38
windbelasting (100 kNm)	1,41
verhoging freatische lijn (0,5 m)	1,41

Door driedimensionale effecten zal de invloed van een alleenstaande boom op de veiligheid tegen afschuiven in het algemeen niet zo groot zijn. Dit kan veranderen als het om een hele rij bomen gaat.

"De aanwezigheid van bomen kan ook tot extra sterkte leiden:

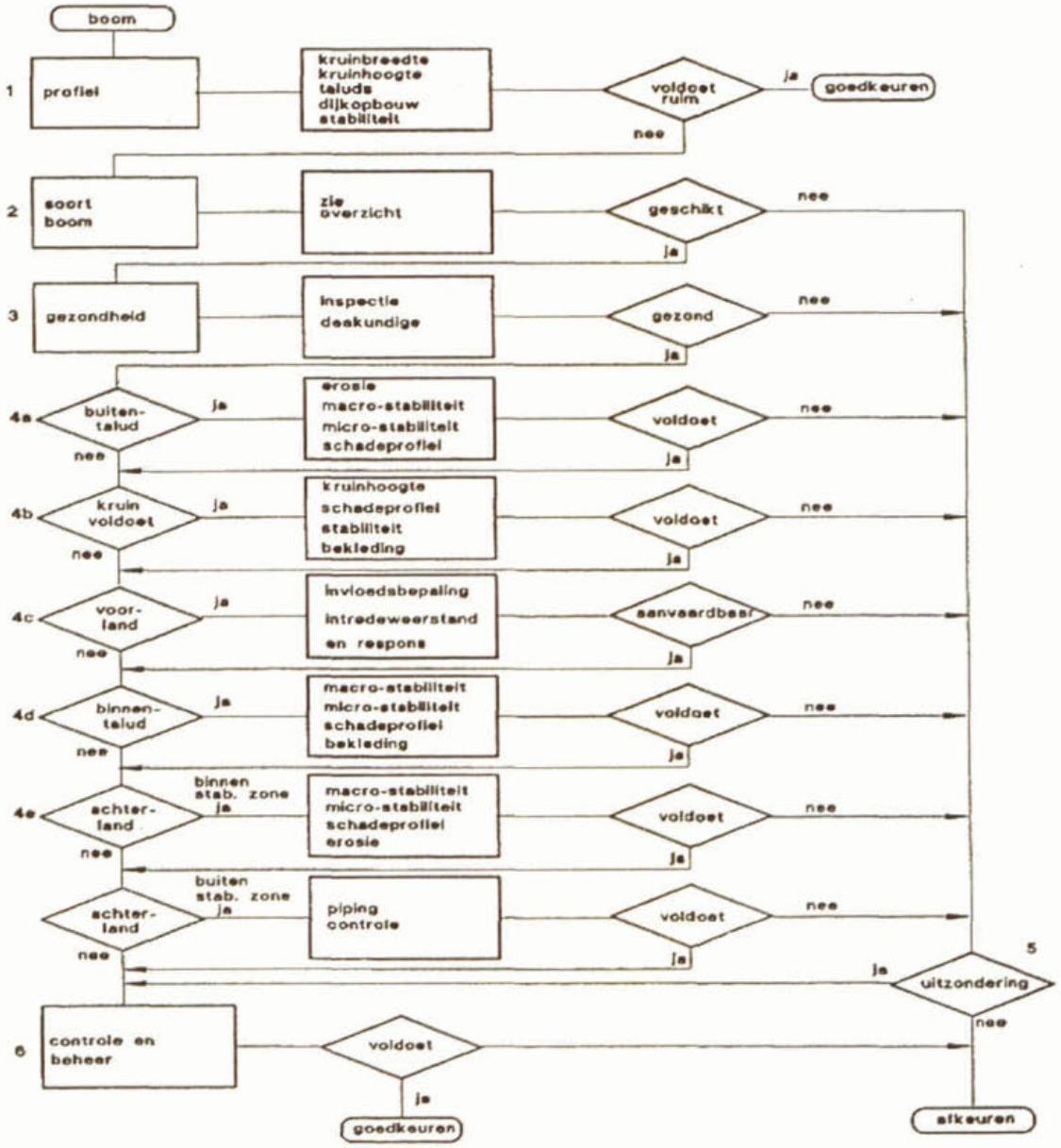
- Door de aanwezigheid van wortelstelsels zal de grond enigszins gewapend zijn. Dit gedrag is te beschrijven door de cohesie te verhogen en de hoek van inwendige wrijving hetzelfde te laten. De verhoging van de cohesie is afhankelijk van de soort grond en de soort boom. De meest voorkomende waarden (onder andere op kleiige gronden) liggen op 3 à 5 kN/m^2."

"Bij bomen in het voorland en in het achterland kan bij dunne afdekkende kleilagen intrede- of uittredepunten voor grondwaterstroming ontstaan. Dit beïnvloedt de mogelijkheid van het optreden van piping. Bij de beoordeling van piping zal dan met een verkorte kwelweglengte rekening moeten worden gehouden."

"Bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van bomen op en nabij de waterkering speelt het begrip reststerkte een grote rol. Met het begrip reststerkte wordt bedoeld dat de boom kan falen, maar dat dit niet direct tot falen van de waterkering hoeft te leiden, omdat ook als de boom omwaait een restprofiel achterblijft. Voor de reststerkte is het van belang of zich een nieuwe stabiele situatie in kan stellen en of het resterende profiel voldoende veiligheid biedt tegen inundatie."

In de Handreiking Constructief ontwerpen is ook gekeken naar biologische factoren (wortelstelsels, boomtypen). Deze worden in het hoofdstuk Inbreng bomen en beplantingsdeskundige verder behandeld.

Om tot een systematische beoordelingsmethodiek te komen is een stroomschema opgesteld:



In een aantal stappen wordt bekeken of tot goedkeuring dan wel afkeuring wordt gekomen:

- *Profiel*: er wordt een netto profiel aangegeven, het beoordelingsprofiel, die de waterkerende functie kan vervullen en waar de boom inclusief wortelstelsel geen deel van uitmaakt. Binnen dit netto profiel moet een voldoende dikke en doorlopende kleibekleding aanwezig zijn.
- *Boomsoort*: uit de literatuur zijn een aantal boomsoorten gevonden die tot een goede ontwikkeling kunnen komen op kleigronden en die redelijk bestand zijn tegen wisselende grondwaterstanden en wortelrot. Dit zijn voorwaarden om bomen toe te laten op de waterkering. De volgende soorten zijn gevonden: grauwe els, zilverspar, wilg, winter- en zomereik, populier, berk, es, esdoorn, haagbeuk, iep.

- *Gezondheid:* er worden alleen gezonde en vitale bomen toegestaan. Dit zal door een deskundige beoordeeld moeten worden.
- *Locatie:* in de beoordeling wordt onderscheid gemaakt naar de plaats van de boom in het dwarsprofiel: voorland, buitentalud, kruin, binnentalud, achterland binnen de stabiliteitszone en achterland buiten de stabiliteitszone. Afhankelijk van de plaats moet beoordeeld worden op erosie, macro-stabiliteit, micro-stabiliteit en piping.

In gevallen waarbij de beoordeling tot afkeuren leidt is er de mogelijkheid tot het goedkeuren van een bepaalde situatie bij uitzondering. Eis hierbij is dat dit gebeurt op basis van een gefundeerd oordeel of door aanpassing van de situatie aan de aanwezigheid van een boom (bijvoorbeeld door het toepassen van een speciale constructie of door het profiel aan te passen (overdimensioneren)). Een uiterste mogelijkheid is om het risico van een niet goedgekeurde boom af te wentelen naar controle en beheer, door in geval van calamiteiten adequaat te reageren met zandzakken, afdekfolies en dergelijke.

4.8 Hoogwaterrapporten, COW 1982, TAW 1988, 1993 en 1995

In boeken als "Inventarisatie markante verschijnselen aan rivierdijken opgetreden tijdens de hoge rijnafvoer van januari 1982", "Water tegen de dijk, 1988", "Water tegen de dijk, 1993" en "Druk op de dijken, 1995"geeft de TAW (vroeger COW, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen) de ervaringen en bevindingen tijdens hoogwaters en extreme regenval weer. Dit is een belangrijke bron van informatie over de vraag of er in de praktijk problemen ontstaan door de aanwezigheid van beplanting op en nabij waterkeringen.

In de "Inventarisatie van markante verschijnselen aan rivierdijken opgetreden tijdens de hoge rijnafvoer van januari 1982" is ook gekeken naar de gebeurtenissen die betrekking hebben op de aanwezige beplanting. Gedurende het hoogwater zijn geen hoge windsnelheden opgetreden (6 Beaufort of minder). Er wordt niet of nauwelijks gewag gemaakt van problemen met beplanting. Er is sprake van één wel in een boomgaard, maar omdat er veel meer wellen zijn geconstateerd op andere plaatsen, mag hieruit niet worden geconcludeerd dat dit een verband zou houden met afgestorven wortels die gangen in de ondergrond veroorzaken. Verder wordt van een meidoornhaag aan de buitenzijde van de buitenkruinlijn vermeld dat (in tegenstelling tot een voorgaand hoogwater) er geen erosie is opgetreden, omdat er een harde bekleding op het buitentalud is aangebracht. Bij een voorgaand hoogwater is waarschijnlijk vooral langs de meidoornhaag erosie opgetreden, terwijl de meidoornhaag zelf misschien juist erosie tegengaat.

In "Water tegen de dijk, 1988" wordt enige aandacht besteed aan de invloed van beplanting:

"Een veel omstreden punt bij dijkverbetering is doorgaans de begroeiing. Het verdient aanbeveling een waterkering zoveel mogelijk vrij te houden van begroeiing door bomen en struiken. Met name beplanting op de dijk moet vermeden worden. Naast perforatie van de waterkerende kleilaag veroorzaakt een dergelijk obstakel extra turbulentie terwijl door schaduwwerking de ontwikkeling van een grasmat sterk wordt geremd (zie foto nrs.: 57, 58, 63)."

Deze drie foto's geven schadebeelden weer van erosie rondom bomen op het buitentalud. Naast deze foto's wordt in de tekst nog een keer melding gemaakt van plaatselijke schade als gevolg van een slecht ontwikkelde grasmat en wervelingen in het water ter plaatse van bomenrijen dicht aan de buitenteen van de dijk.

In "Water tegen de dijk, 1993" staat de volgende opmerking:

"Een oud slecht onderhouden populierenbosje bij Vianen langs de Lek bleek de pipinglaag doorboort te hebben. Langs de wortels van de bomen trad veel kwel naar buiten. Tevens kwamen hier wellen voor. Het gebiedje was totaal verweekt. Omdat er geen wind stond zijn er geen bomen omgewaaid. De beheerder overweegt de bomen om te zagen."

Verder wordt geen melding gemaakt van problemen met beplanting. Dit is evenmin het geval in "Druk op de dijken, 1995".

4.9 Richtlijn voor het bepalen van het veiligheidsniveau van boezemkaden, Fugro, 1998

Dit rapport is geen officieel TAW-rapport, maar dit geeft wel de richting aan voor de manier waarop naar verwachting het bepalen van het veiligheidsniveau van boezemkaden in de nabije toekomst uitgevoerd zal worden. De methodiek sluit aan bij het gedachtegoed van de TAW-marsroute.
De methode is ontwikkeld door de Werkgroep Normering Boezemkaden op initiatief van de Provincie Zuid Holland. Het rapport is ook ter beoordeling bij de TAW ingebracht en naar verluidt vrijwel ongewijzigd gebleven.

De methode is ontwikkeld vanuit de wens om de mate van veiligheid te kunnen differentiëren naar de economische waarde van het te beschermen gebied. Grote polders, die grote schade ondervinden bij inundatie, bijvoorbeeld stedelijke gebieden, worden op een hoger veiligheidsniveau gehandhaafd dan kleine polders met bijvoorbeeld alleen agrarisch gebruik. De ontwikkelde eisen voor toetsing zijn gekoppeld aan 5 veiligheidsklassen, waarvan klasse I de minst veilige is, klasse III overeenkomt met de veiligheid behorend bij de vigerende ontwerppraktijk, en klasse V de meest veilige is.
In het rapport wordt aanbevolen bij het ontwerpen van kade-versterkingen (dit is anders dan toetsen) uit te gaan van een hoger veiligheidsniveau. Bij toetsen wordt uitgegaan van "geen trendbreuk", met andere woorden: er wordt aangesloten bij het bestaande veiligheidsniveau. Uit berekeningen van een economisch optimaal veiligheidsniveau blijkt volgens het Fugro-rapport dat dit bestaande veiligheidsniveau aan de lage kant ligt, gezien vanuit de optiek van het economisch optimum.

Tabel 2 uit het rapport geeft het veiligheidsniveau bij toetsen (kade-eisen bij afkeuren). Deze tabel wordt hier overgenomen.

kade-klasse	normstelling overlopen/overslag	normstelling stabiliteit	genormeerde schadeberekening
	overschrijdingsfrequentie N_{MBP} [1/jaar]	schadefactor binnentalud [-]	gevolgschade [Mfl]
I	1/10	0,80	< 17,5
II	1/30	0,85	17,5 - 55
III	1/100	0,90	55 - 175
IV	1/300	0,95	175 - 550
V	1/1.000	1,00	550 >

Bij versterken kan het gewenste veiligheidsniveau bepaald worden uit een economisch optimum. Vervolgens wordt de bijbehorende schadefactor voor het binnentalud bepaald uit tabel 4 van het Fugro-rapport. Ook deze tabel 4 wordt hier overgenomen:

$P_{o,st}$ [1/jaar]	schadefactor [-]
0,1	0,80
0,05	0,83
0,01	0,90
0,005	0,92
0,001	0,99
0,0005	1,02
0,0001	1,08
0,00005	1,11
0,00001	1,17

4.10 Technisch rapport Zandmeevoerende wellen, TAW, 1999

Het Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen geeft een aantal richtlijnen waarvan verwacht wordt dat deze een veilig uitgangspunt vormen. Deze richtlijnen zijn bedoeld als aandachtpunten bij het ontwerpen. Bij toetsen kunnen ruimere uitgangspunten worden gehanteerd, waarbij met name plaatselijke ervaringen een rol kunnen spelen. De volgende tekst is hieruit overgenomen.

"In het algemeen zijn bomen binnen de kritieke kwelweglengte (het gebied tussen het intredepunt en het uittredepunt voor piping) niet toegestaan als deze:

- niet gezond is of niet goed kan worden onderhouden
- niet voldoende ruimte heeft om een volwaardig wortelstelsel te ontwikkelen
- niet geschikt is voor locale omstandigheden.

Na het afsterven of rooien van bomen binnen de kritieke kwelweglengte dient het wortelstelsel te worden verwijderd.

Voorland

Zeedijken
Bomen in het voorland zijn bij zeedijken niet toegestaan gezien de grote kans op erosie en ontworteling.

Benedenrivierengebied
1. De kleilaag in het voorland, voor zover er zich wortels in bevinden mag niet in rekening worden gebracht. De kleilaag beneden een niveau van 1 meter beneden de grondwaterstand mag wel in rekening worden gebracht. De grondwaterstand dient hierbij gelijk genomen te worden aan de laagste rivierwaterstand die in de afgelopen 50 jaar gedurende een aaneengesloten periode van een maand of langer is opgetreden.
2. Indien het bomen betreft die bij de ontwerpwaterstand niet of nauwelijks boven water steken, hoeft de dikte van de kleilaag niet te worden gereduceerd.
3. Indien aangetoond kan worden dat de kans op ontwortelen tijdens een hoogwater te verwaarlozen is, kunnen de richtlijnen voor dijken in het bovenrivierengebied worden gevolgd.

Bovenrivierengebied
1. Indien de kleilaag tot meer dan een meter beneden de grondwaterstand aanwezig is, zijn bomen in het voorland toelaatbaar. De grondwaterstand dient hierbij gelijk genomen te worden aan de laagste rivierwaterstand die in de afgelopen 50 jaar gedurende een aaneengesloten periode van een maand of langer is opgetreden.
2. Een solitaire boom in het voorland is toelaatbaar. Kleinere boomgroepen of rijen bomen zijn eveneens toelaatbaar voor zover deze minder dan circa 20 % van het voorland beslaan. In het beheersplan dient te worden opgenomen, dat de wortels van afgestorven of verwijderde bomen dienen te worden verwijderd. Bij de beoordeling dient tevens de kans op ontworteling door ijsgang beschouwd te worden. Als deze kans groot is, dan zou de kleilaag ter plaatse van de bomen niet in rekening mogen worden gebracht.
3. In de overige gevallen mag het voorland niet in rekening worden gebracht, tenzij:
   - de doorlatendheid van de kleilaag vanaf maaiveld tot een meter beneden de grondwaterstand wordt gereduceerd; de reductie varieert van 0 indien 20 % van het voorland met bomen is bedekt, tot 50 % indien het voorland totaal met bomen is bedekt. Ook hier geldt de opmerking over ijsgang, zoals onder punt 2 is vermeld. Wortels van afgestorven of verwijderde bomen dienen te worden verwijderd.
   - op basis van nader onderzoek de invloed van bomen verder gespecificeerd kan worden.

Achterland

Zeedijken en benedenrivierdijken

Bij deze dijken zal tijdens het optreden van de ontwerp-waterstand een extreem hoge windsnelheid optreden. Ontworteling wordt daarom wel in beschouwing genomen.

1. Indien na ontworteling van de boom geen gevaar voor opbarsten bestaat, dan zijn bomen toegestaan binnen de kritieke kwelweglengte. De diepte van de ontgrondingskuil wordt hierbij gelijk aan 2 m gekozen, tenzij deze diepte meer nauwkeurig kan worden ingeschat op basis van de locale omstandigheden
2. In de overige gevallen zijn bomen in het achterland, binnen de kritieke kwelweglengte, in principe niet toegestaan.
3. Buiten de kritieke kwelweglengte worden ten aanzien van piping geen eisen gesteld. Wel dient rekening te worden gehouden met een toename van de kwel en met een toename van de kans op welvorming, al dan niet zandmeevoerend.
4. Van bovenstaande richtlijnen kan worden afgeweken indien door specifieke beoordeling aannemelijk gemaakt kan worden dat er geen verhoogde kans op piping aanwezig is.

Bovenrivierdijken

1. Indien de kleilaag tot meer dan een meter beneden de grondwaterstand aanwezig is, zijn bomen in het achterland toelaatbaar. De grondwaterstand dient hierbij gelijk genomen te worden aan de laagste grondwaterstand die in de afgelopen 50 jaar gedurende een aaneengesloten periode van een maand of langer is opgetreden. De grondwaterstand kan worden ingeschat op basis van beheerspeilen van het waterschap of de rivierwaterstand.
2. In andere gevallen zijn solitaire bomen of kleinere boomgroepen of –rijen toelaatbaar.
3. Grotere groepen bomen zijn niet toelaatbaar binnen de kritieke kwelweglengte.
4. Buiten de kritieke kwelweglengte worden ten aanzien van piping geen eisen gesteld. Wel dient rekening te worden gehouden met een toename van de kwel en met een toename van de kans op welvorming, al dan niet zandmeevoerend.
5. Van bovenstaande richtlijnen kan worden afgeweken indien door specifieke beoordeling aannemelijk gemaakt kan worden dat er geen verhoogde kans op piping aanwezig is

Pipingberm

De beoordeling van bomen op een pipingberm verloopt gelijk aan die voor bomen in het achterland. Indien het gewenst is om bomen te planten op een pipingberm, terwijl dat volgens de beoordeling bij het achterland niet is toegestaan, dan kan een overhoogte worden aangebracht, zodanig dat bij ontworteling geen opbarsten op zal treden. De diepte van de ontwortelingskuil dient hierbij te worden ingeschat, afhankelijk van het soort boom.

Bomen in en op het dijklichaam

Bomen op het onderste deel van de taluds worden beoordeeld volgens de richtlijnen bij bomen bij voorland en achterland. Overigens hebben bomen op het dijklichaam geen invloed op piping.

Nieuwe beplanting

Het is van belang de omstandigheden bij het planten zo te kiezen, dat de boom en met name de wortels, zich gedurende zijn gehele levensduur kan ontwikkelen. Hiervoor zijn de volgende aspecten van belang:

- Het gebied waarin de wortels komen te groeien dient gelijkmatig en niet al te zeer verdicht te zijn. De groei van de wortels verminderen zodra deze meer verdichte grond tegenkomen. Dit is met name van belang bij beplanting op een berm. In de meeste gevallen zal de berm bij aanleg goed verdicht worden, waarna voor de boom een plantgat gemaakt wordt. De beworteling zal zich dan voornamelijk tot dit plantgat beperken. Indien dit niet voldoende is voor de betreffende boom, bestaat een verhoogde kans op ontwortelen. Dit kan worden voorkomen door het bermmateriaal minder te verdichten. Ter compensatie van het gewicht zal mogelijk een iets verhoogde aanleghoogte aangehouden moeten worden.
- De afstand tussen de bomen onderling dient dusdanig gekozen te worden dat de bomen voldoende ruimte hebben om uit te groeien. Indien dit niet het geval is, zullen de bomen op een gegeven moment uitgedund moeten worden. De overgebleven bomen hebben dan een beperkte wortelkluit en bovendien een verhoogde windbelasting. De kans op ontworteling is dan groter.
- Het soort boom dient te zijn afgestemd op de locale omstandigheden als grondsoort, grondwaterstand en overstromingen.

Beheer

In de gegeven richtlijnen voor bomen is er van uitgegaan dat er alleen gezonde bomen binnen de kritieke kwelweglengte voorkomen. De volgende richtlijnen voor beheer zijn daarom in alle gevallen van toepassing:

- zieke bomen dienen te worden verwijderd
- bomen die vanwege locale omstandigheden zoals de grondsoort of grondwaterstand niet optimaal kunnen uitgroeien dienen te worden verwijderd
- in alle gevallen dienen de wortels te worden verwijderd van bomen die zijn afgestorven of die om een andere reden zijn verwijderd
- bij forse snoei zal een deel van het wortelstelsel kunnen afsterven. In verband met de waterkeringstechnische eisen is dit ongewenst. Door regelmatig te snoeien kan dit worden voorkomen."

4.11 Leidraad Toetsen op Veiligheid, 1999

De methodiek om bomen te beoordelen van de Leidraad Toetsen op veiligheid is sterk verwant aan de methodiek van de Handreiking Constructief ontwerpen. Dit geldt zeker voor de groene versie van 1996. In de definitieve versie van augustus 1999 zijn een aantal zaken aangepast op basis van de huidige inzichten. Dit wordt in de begeleidende tekst duidelijk:

"Het meest voor de hand liggende faalmechanisme bij aanwezigheid van bomen is het ontwortelen, waarna snelle erosie tot bresvorming kan leiden. Bij de toetsing staat dit mechanisme centraal; de boom wordt geacht bij ontworteling een gat te slaan met een diameter van maximaal circa 4 meter en een diepte van 1 meter.

Bomen op een dijk staan op meestentijds droge bodem en hebben daarom een diepgaand wortelstelsel. Zeker bij verschralingsbeheer en op zandige ondergrond wordt een uitgebreid wortelstelsel gevormd hetgeen bijdraagt aan de verankering. Onder deze omstandigheden zal een boom eerder afbreken dan omwaaien. Verder is gebleken dat windworp alleen plaatsvindt bij een vrij grote verhouding hoogte-stamdiameter (groter dan circa 60). Vrijstaande bomen en laanbomen hebben vrijwel altijd een kleinere hoogte-stamdiameter verhouding. Bomen die zijn opgegroeid op dijken (en niet later als grote boom zijn geplant) zijn aangepast aan de standplaats. Samenvattend kan worden gesteld dat omwaaien van (geschikte en gezonde) bomen op een dijk in het bovenrivierengebied tijdens maatgevend hoogwater niet aannemelijk is. Dichter naar de kust, waar maatgevende omstandigheden gepaard gaan met extreme windsnelheden, is dit natuurlijk wel mogelijk. Bomen in voor- en achterland wortelen minder diep in verband met hogere grondwaterpeilen.

Onder bomen is het minder licht. Dit kan het ontstaan van een goede grasmat verhinderen. De boomwortels geven echter een aanvullende bescherming tegen erosie, zeker onder de kruin. In het overgangsgebied naar de grasmat is de gezamenlijke erosiebestendigheid van grasmat en boomwortels te beoordelen met de methode voor gras, die begint met een beoordeling op ervaring. In principe kan daarmee ook een struweel worden beoordeeld. Onderscheid moet worden gemaakt tussen recente beplantingen (jonger dan 4 jaar) en oudere begroeiingen; recente beplantingen worden niet getoetst.

Afgestorven wortels kunnen als aanzet tot gangen in de waterkering ook een aanleiding zijn voor falen van de kering. Het voorkomen hiervan is echter een punt van het dagelijkse beheer en valt daarom niet onder de veiligheidstoetsing.

5 Bestaande praktijk

5.1 Inleiding

Er zijn voor primaire waterkeringen vigerende stukken die in de praktijk worden toegepast. Bij versterken en toetsen van primaire waterkeringen zijn dit de technische leidraden van de TAW, de technische rapporten en de Handreiking Constructief ontwerpen.
Voor boezemwaterkeringen en bij vergunningverlening, zowel bij boezemkaden als bij primaire waterkeringen, geldt in het algemeen dat in veel mindere mate vaststaat hoe hier mee om te gaan.
Uit de enquête onder de waterschappen blijkt dat er in beperkte mate sprake is van vaststaand beleid. In een deel van de gevallen zal de beoordeling of iets toelaatbaar is persoonsgebonden zijn. In andere gevallen is een beleid in de loop der tijd gegroeid en wordt (onuitgesproken) ook zo uitgevoerd. Waarschijnlijk is er sprake van veel ad-hoc beslissingen en wellicht dat de geconstateerde behoefte aan duidelijke richtlijnen hier ook uit is gegroeid. Verder zal in veel gevallen de keur enkele algemene richtlijnen geven.

Op dit algemene beeld zijn uitzonderingen. Deze worden in dit hoofdstuk op hoofdlijnen behandeld.

5.2 Bebouwing en beplanting op waterkeringen, Uitwaterende Sluizen van Hollands Noorderkwartier

De vraag is: hoe beïnvloedt de beplanting de waterkering?

Doel van de nota is een te voeren beleid te formuleren ten aanzien van nieuw aan te leggen beplanting en bestaande beplanting en het handhaven/verkrijgen van de gewenste situatie. Dus ook: nieuwe beplanting toestaan als dat functioneel is.

Onder beplanting wordt verstaan elke begroeiing anders dan gras of kruiden. M.a.w. de grotere elementen als struiken en bomen.

Stabiliteit

Bezwijkmechanismen:

- overloop/overslag
- glijcirkel binnentalud
- piping
- micro-stabiliteit
- glijcirkel buitentalud
- erosie buitentalud

"De dijk is het eigenlijke grondlichaam + ondergrond + strook aan weerszijden daarvan".

Nadelen

Genoemd worden:

- Het freatisch vlak kan worden beïnvloed.
- Afdekkende lagen kunnen worden doorsneden door wortels.
- Wind kan leiden tot omwaaien van bomen en de daarmee gepaard gaande ontgronding.
- Ook zonder omwaaien vormen de bomen een extra belasting op de dijk.
- Bij afsterven rotten de wortels en ontstaan holle ruimtes. Hierdoor wordt de grondwaterstroming beïnvloed. Wortels dienen daarom te worden opgeruimd als dat in het belang van een goede waterkering nodig is.

Beheer en onderhoud

Genoemde punten:

- Realisatie van toekomstige dijkversterking wordt belemmerd.
- Goede inspectie wordt bemoeilijkt/arbeidsintensiever.
- Onderhoud (maaien grasmat) wordt bemoeilijkt.
- Schaduw belemmert grasgroei.
- Beplanting kan plaats bieden aan schadelijke dieren (konijnen, ratten, muizen) die gaten en holen graven en bovendien moeilijker zijn te ontdekken.

Aanpak

Toetsing en inventarisatie zijn uitgangspunt voor de beoordeling van bestaande beplanting, maar vormen ook de referentie voor toe te laten beplanting (beleid).

Nieuwe beplanting

Er blijven altijd risico's. Dus tenzij deze risico's zijn afgedekt wordt geen nieuwe beplanting toestaan.

Bestaande beplanting

Bestaande beplanting heeft vaak belevingswaarde en is hierdoor niet zomaar te verwijderen. Voor oudere, karakteristieke beplanting zijn constructieve maatregelen mogelijk. Verder zoveel mogelijk verwijderen.

5.3 Beleidsregels vergunbare activiteiten op dijken, Waterschap Vallei en Eem

"Artikel 8 van de Keur geeft aan, dat het verboden is binnen kernzones en beschermingszones langs waterkeringen te graven, beplantingen of (bouw)werken aan te brengen, zaken op te slaan of vee te houden. Dijkgraaf en Heemraden kunnen ontheffing verlenen van de verbodsbepalingen. Uitgangspunt voor de vergunningverlening is, dat iedere activiteit waarvoor vergunning verleend wordt in principe een zwak punt in de waterkering is, dat bij hoogwater extra gecontroleerd dient te worden. Om deze reden is het noodzakelijk dit aantal punten te beperken. Het verlenen van een vergunning is daarom alleen toelaatbaar indien er een goede reden voor de activiteit is en de veiligheid van de waterkering zo goed mogelijk wordt gewaarborgd.

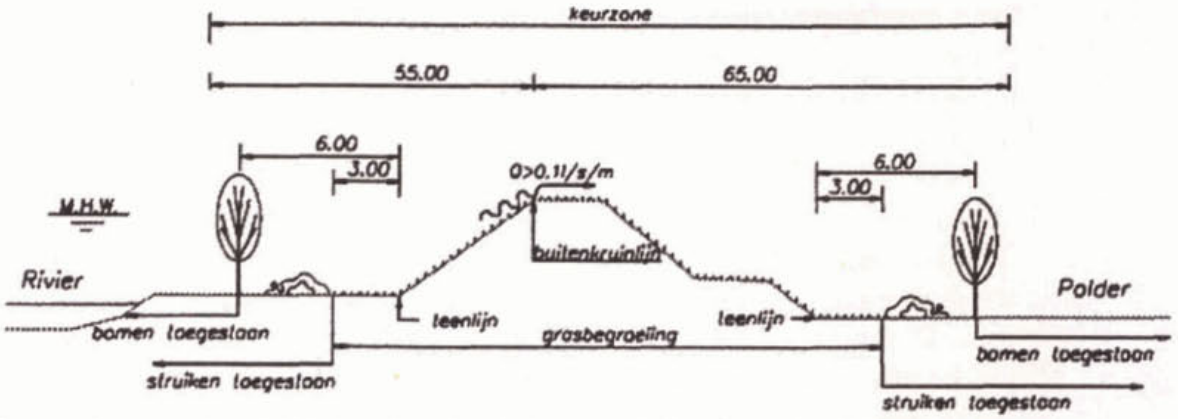
Veel eenvoudige activiteiten zijn in principe toelaatbaar op voorwaarde dat ze aan bepaalde eisen voldoen. Voor de in de beleidsregels genoemde activiteiten kan in de toekomst zonder meer vergunning worden verleend. Het spreekt voor zich, dat ook bij deze vergunningen met gezond verstand moet worden beoordeeld of er bijzondere omstandigheden zijn, die bijzondere eisen stellen aan de vergunning. Zaken die niet in de opsomming voorkomen zullen steeds opnieuw moeten worden beoordeeld op hun consequenties voor de waterkering.

Beplanting

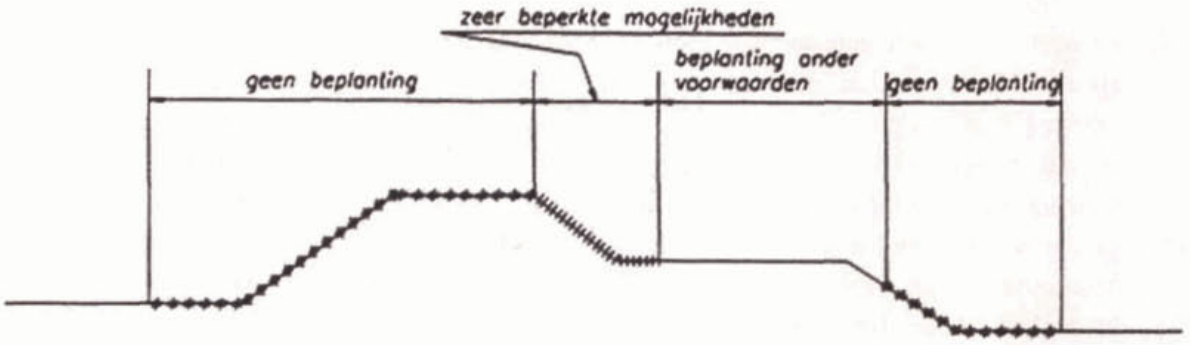
- Binnen de kernzone + 2,5 m aan weerszijden hiervan dient een aaneengesloten begroeiing, die niet diep wortelt (grasland), te worden gehandhaafd. Opgaande beplanting is niet toegestaan. Ook bloembedden en onbegroeide oppervlakken zijn niet toelaatbaar.
- Vanaf 2,5 m uit de teen van de dijk mogen struiken en planten (met relatief ondiepe wortels) worden geplant.
- Vanaf 5 m uit de teen van de dijk mogen diep wortelende struiken en bomen worden geplant."

5.4 Beplantingenbeleid van het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden ten aanzien van primaire en secundaire waterkeringen, 1996

De nota is bedoeld om belanghebbenden inzicht te verschaffen in het gevoerde beleid. Ten aanzien van primaire waterkeringen is het huidige beleid dat in principe geen struikvormende en als zodanig te onderhouden niet diep wortelende gewassen worden toegestaan binnen een zone van 3 meter uit de teen van de dijk (zie figuur). Bomen en overige diepwortelende beplanting worden niet geduld binnen een afstand van 6 meter uit de teen van de dijk. Voor wat betreft het beleid ten aanzien van bestaande beplanting wordt opgemerkt dat van oudsher aanwezige beplanting die niet voldoet aan het beplantingsbeleid wordt gedoogd voor de levensduur ervan.



Ten aanzien van nieuw beleid wordt onderscheid gemaakt in primaire en secundaire waterkeringen, direct waterkerend of niet direct waterkerend, en dijken die al zijn versterkt en nog niet versterkte dijken. Voor ieder type waterkering kan een verschillende beleid worden geformuleerd. Op hoofdlijnen komt dit neer op het volgende schema:



Vervolgens wordt dit voor de Alblasserwaard voor de bestaande te onderscheiden gevallen meer in detail uitgewerkt. De notitie besluit met de wijze waarop de belangenafweging plaatsvindt en geeft een beslisboom waarmee een vergunningaanvrager zelf kan beoordelen of een aanvraag kans van slagen heeft.

5.5 Beplantingsbeleid Tieler- en Culemborgerwaarden, 1999

Een recent voorbeeld van een beplantingenbeleid is dat van de Tieler- en Culemborgerwaarden. GeoDelft heeft voor een deel hiervan in 1998 advies gegeven.

Uitgangspunten voor de toelaatbaarheid van nieuwe beplanting zijn:

- de bestaande beoordelingsmethodieken gaan uit van bestaande situaties en hebben iets van gedogen van bepaalde situaties in zich. Het beleid ten aanzien van nieuwe beplanting zal daarom ten minste net zo streng of zelfs strenger moeten zijn dan voor bestaande beplanting.

- in het beleid kunnen uit technisch oogpunt aanvullende maatregelen voorgeschreven worden.
- bij voorkeur worden uitzonderingen niet toegestaan.
- in het geval van een zanddijk met een afdekkende kleilaag kan aanvullend advies over geschikte boomsoorten noodzakelijk zijn. Dit geldt overigens ook voor een dijk die bestaat uit een oude kleikern, maar die binnenwaarts is verzwaard met zand.
- de beoordeling van de toelaatbaarheid moet zo veel mogelijk door eigen mensen gedaan kunnen worden, en zo min mogelijk specialistische inbreng vergen.
- indien toestemming wordt gegeven voor beplanting, dan kan de 'planter' verplicht worden adequaat onderhoud te plegen. De betreffende aanplant zal tevens in de jaarlijkse dijkschouw meegenomen moeten worden.

In principe wordt met 'bomen' relatief grote opgaande bomen bedoeld, en niet allerlei gecultiveerde, klein blijvende, boomsoorten.
Struiken hoeven alleen op de mogelijkheid dat piping optreedt en op erosie (ontbreken van een erosiebestendige toplaag door ontbreken van grasbedekking) te worden beoordeeld.

Er moet onderscheid gemaakt worden in alleenstaande bomen en een rij bomen. Of een boom als een enkele boom kan worden beschouwd of deel uitmaakt van een rij bomen is afhankelijk van de afstand tussen de stammen in relatie tot de omvang van de kruin. Uit landschappelijk oogpunt wordt vaak gekozen voor rijbeplanting. In het algemeen wordt hiervoor een plantafstand van 8 à 10 meter aangehouden. Uit technisch oogpunt wordt voor grote bomen geadviseerd om bomen op een afstand minder dan 30 meter van elkaar als een rij bomen te beschouwen. Deze maat houdt enerzijds verband met de mogelijkheid dat de kruin van de boom breder kan worden dan 10 meter, en anderzijds met het feit dat een eventueel optredend glijvlak minimaal ongeveer 30 meter breed zal zijn (evenwijdig aan de dijk).
Voor relatief lage bomen, smalle bomen of bomen met een smalle kruin kan eventueel wel een afstand van 10 meter worden gehanteerd.

Er wordt onderscheid gemaakt in toegestane overslagdebieten:

- kleiner of gelijk aan 0,1 l/s/m': geen erosie
- kleiner of gelijk aan 1 l/s/m': wel erosie, maar beheersbaar
- groter dan 1 l/s/m' (de categorie 10 l/s/m'): erosie is een probleem.

Daarna wordt onderscheid gemaakt in de locatie in het dwarsprofiel:

- *Voorland:* als voorland hoeft in principe alleen het gedeelte beschouwd te worden dat binnen de stabiliteit- of pipingzone valt. Op deze twee aspecten wordt beoordeeld, alsmede op erosie. Voor nieuwe beplanting wordt geadviseerd binnen een strook ter breedte van het hoogteverschil tussen buitendijks maaiveld en de dijktafelhoogte + 0,5 meter geen bomen te accepteren (stabiliteit en erosie). Enkele bomen zijn acceptabel bij kleidikten in het voorland groter dan 1,5 m, een rij bomen bij kleidikten groter dan 3 meter (piping).

- *Buitentalud inclusief buitenberm:* geen beplanting accepteren
- *Kruin:* in principe geen bomen accepteren. Een uitzondering kan gemaakt worden voor relatief klein blijvende boomsoorten die voor de gevel van een woning staan, en niet hoger dan de woning worden.
- *Binnentalud:* beoordelen op macrostabiliteit en erosie.
- *Binnenberm:* met een binnenberm wordt zowel een pipingberm als een stabiliteitsberm bedoeld. Er wordt beoordeeld op macrostabiliteit, piping en erosie. Ten aanzien van erosie wordt onderscheid gemaakt in breedte van de berm, enkele boom of rij bomen en het overslagdebiet.
- *Achterland:* als achterland hoeft in principe alleen het gedeelte beschouwd te worden dat deel uitmaakt van de stabiliteits- of pipingzone. Er wordt beoordeeld op macrostabiliteit en piping. Bij macrostabiliteit is het van belang of er wel of geen opdrijven van het achterland aan de orde is. Uit oogpunt van beheer en onderhoud wordt aanbevolen ten minste een strook van 4 meter uit de binnenteen van de waterkering beplantingsvrij te houden.

Om het geaccordeerde beleid in de praktijk uit te kunnen dragen en zo nodig af te dwingen is een overkoepelende handhavingsnota waterkeringen voorzien.

Het Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden constateert de laatste 10 jaar een minder terughoudende tendens bij het toestaan van beplanting op waterkeringen. Bij de dijkverbeteringen heeft men daarom, waar mogelijk en gewenst, de bestaande beplanting gehandhaafd en op tevoren geselecteerde plaatsen langs het dijktraject grote aantallen bomen, heesters en struiken aan te planten in het kader van de landschappelijke inpassing van de verbeteringswerken.

Voordat tot ontheffing van de keurbepalingen wordt overgegaan wordt getoetst aan de volgende criteria:

- het functioneren van de waterkering wordt niet geschaad (het veiligheidsniveau wordt niet aangetast)
- de beheersinspanning van het polderdistrict neemt niet onevenredig toe (het toezicht op de beplanting en de dijk en/of het onderhoud van de waterkering staan in verhouding tot de te creëren situatie)
- de eigendomsverhouding wordt gerespecteerd (de aanplant vindt in principe niet plaats op grond in eigendom bij het polderdistrict)
- het landschapsbeeld van de dijk met omgeving wordt niet onevenredig aangetast (het behoud of herstel van het lokale dijklandschap wordt nagestreefd).

Voor de meeste gevallen kan een medewerker van het polderdistrict met de beoordelingsmethode tot een oordeel komen. Voor complexere situaties kan deskundig advies noodzakelijk zijn. Dit wordt overlegd met de aanvrager van een vergunning, die dit onderzoek voor eigen rekening kan laten uitvoeren, of de aanvraag in kan trekken. Ook eventuele aanberming met klei om de situatie aanvaardbaar te maken komt niet ten laste van het

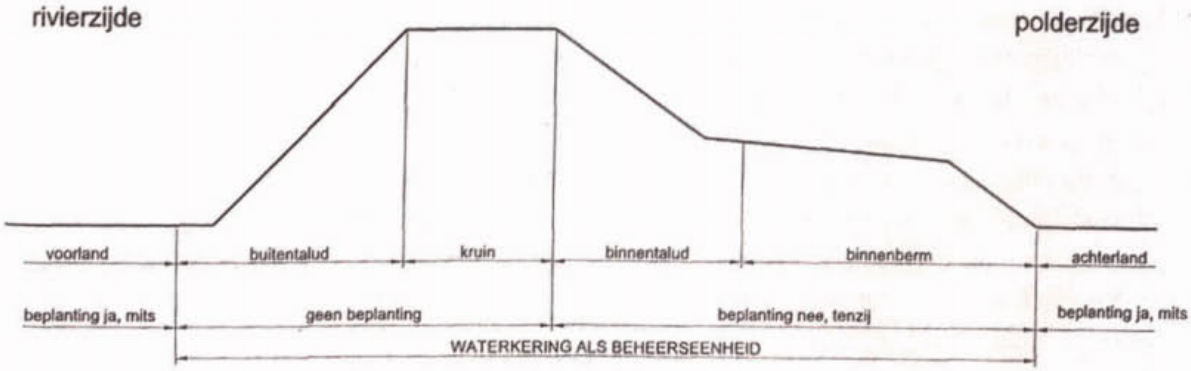
polderdistrict. In de af te geven ontheffing kunnen tenslotte voorwaarden opgenomen worden ten aanzien van bemesten, snoeien en rooien van de aanplant.

Hoewel het bij de technische beoordeling mogelijk is uit te gaan van een denkbeeldig profiel met kleinere afmetingen (beoordelingsprofiel) is het vanuit beheersoogpunt beter en duidelijker om uit te gaan van het fysiek aanwezige dijklichaam.

Het veiligheidsniveau van de aanwezige waterkering staat voor het polderdistrict niet ter discussie. Daarnaast spelen, op basis van haar taakopvatting, een aantal andere overwegingen een rol:

- naast het beplantingenbeleid is er een beleid ten aanzien van de grasbekleding, waaraan ook nevenfuncties worden toegekend. Het beheer is gericht op het ontwikkelen en instandhouden van een soortenrijke vegetatie. De aanwezigheid van bomen kan door schaduwwerking een negatieve invloed hebben op de overige vegetatie.
- er is ook een kostenaspect: beheer, onderhoud en inspectie mogen niet onevenredig toenemen.
- bij calamiteiten kan beplanting een obstakel vormen.
- omdat onlangs de dijkversterkingen zijn afgerond, en de landschappelijke inpassing hiervan is verzorgd, wordt in principe geen nieuwe aanplant toegestaan op eigendom van het polderdistrict.
- of nieuwe aanplant als landschapselement een waardevolle toevoeging is wordt beoordeeld aan de hand van de landschapsvisie uit het ontwerp-dijkverbeteringsplan en het gemeentelijke landschapsbeleidsplan. Deze beide bronnen geven de huidige karakteristiek van dit specifieke deel van het rivierengebied, met daarnaast de gewenste ontwikkeling. Eventueel kan op een hoger schaalniveau het streekplan of het beleidsplan voor de uiterwaarden geraadpleegd worden. Zonodig zal hierover afstemming plaats hebben met de betrokken overheden en de terreinbeheerder.

De nota Beplantingenbeleid is inmiddels bestuurlijk vastgesteld, aangezien het een uitwerking van de keur betreft, en vervolgens gepubliceerd op grond van de Algemene wet bestuursrecht. Beleidsregels als deze hoeven echter niet de procedure van een inspraakverordening te doorlopen. Het polderdistrict heeft een publieksvriendelijke brochure om deze beleidsregels naar de betrokken ingelanden uit te dragen.



Toelaatbaarheid beplanting op primaire waterkering

5.6 Notitie Kaden en Waterkeringvreemde elementen, Hoogheemraadschap van Delfland, 1999

De notitie is van toepassing op de boezemkaden, en niet op de primaire waterkering. In hoofdstuk 2 van de notitie wordt een goede beschrijving gegeven van de uitgangspunten. In hoofdstuk 4 van de notitie wordt de beplanting behandeld. Dit hoofdstuk wordt hier overgenomen. Om verwarring te voorkomen is de paragraafnummering weggelaten.

"Beplanting

Bij beplanting wordt onderscheid gemaakt naar bomen en hakhout enerzijds en andersoortige beplanting anderzijds.

Bomen en hakhout

Nadelige invloed op waterkerend vermogen

a. Kans op omwaaien

Deze kans is het grootst bij hoog opgaande bomen. De mate van risico wordt onder meer bepaald door de verhouding tussen enerzijds de windvangende oppervlakte en de hoogte van het zwaartepunt daarvan en anderzijds de bewortelingsdiepte, alsmede de bewortelde oppervlakte. Afhankelijk van de plaats van de boom en de omvang van de wortelkluit in relatie tot die van de waterkering kan omwaaien van de boom met wortelkluit en al direct doorbraak van de waterkering betekenen dan wel een inleiding tot afschuiving en daaropvolgende doorbraak zijn. Voor verankering van opgaande bomen in de grond is een bewortelingsdiepte van minstens 0,60 m nodig. Bij geknotte bomen en hakhout kan worden volstaan met minimaal 0,45, respectievelijk 0,30 m. De bewortelingsdiepte wordt doorgaans bepaald door de ontwateringsdiepte, omdat wortels zich meestal niet in een permanent met water verzadigde grondzone zullen ontwikkelen. Onderkend wordt dat dit niet voor alle boomsoorten geldt. Uitzondering is onder andere de els.

Uitgaande van een voorgeschreven minimum waakhoogte van waterkeringen van veelal niet meer dan 0,50 m à 0,60 m en ook overigens minimale afmetingen, zal het duidelijk zijn dat, in

verband met de geringe ontwateringsdiepte, bomen op waterkeringen een risico van betekenis met zich mee kunnen brengen. Onder het binnentalud is de ontwateringsdiepte doorgaans nog geringer dan op de kruin. Hieruit volgt dat bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van bomen op waterkeringen onder meer moet worden nagegaan of boven de grondwaterzone en buiten het profiel dat voor de stabiliteit van de waterkering minimaal is vereist (beoordelingsprofiel) voldoende ruimte voor ontwikkeling van een goed wortelpakket beschikbaar is.
Als die ruimte ontbreekt kan daarin vaak worden voorzien door de aanleg van een berm.
Voor een goede wortelontwikkeling is naast voldoende ontwatering overigens ook nodig:

- een goede luchthuishouding in de bodem
- voldoende opneembare voedingstoffen.

b. ontstaan van doorgaande holle ruimten door afsterven van wortels
Wortels die achterblijven na afsterven of rooien van een boom of hakhout kunnen verteren en op den duur aanleiding geven tot het ontstaan van doorgaande aders van sterk doorlatend materiaal, met andere woorden tot toenemende porositeit van de waterkering. De mogelijk hiermee gepaard gaande verhoging van de freatische waterstand in de waterkering of lekkage kan de oorzaak van kadebreuk zijn. Dit risico is niet geheel weg te nemen, maar kan wel worden verminderd door verbreding van het kadelichaam, waardoor onder meer de kwellengte wordt vergroot.

c. verweken van de bodem door beweging van de stam
Een boom wordt door wind in beweging gebracht. Hoe hoger de boom en hoe groter de kroon, hoe meer beweging. Door die beweging ontstaat in de grond, rondom de boom, ruimte, waardoor regenwater in de bodem kan dringen. Het gevolg hiervan is dat bij regenval de grond rondom de boom zal verweken, de (niet diep reikende) wortels minder houvast krijgen en de kans op omwaaien toeneemt. Naarmate de beworteling beter is, zal dit risico kleiner zijn. Van belang is derhalve een goede ontwateringsdiepte (zie onder a.).

d. aantasting waterkering door dieren in beschutting van ontoegankelijke begroeiing
Hierbij moet worden gedacht aan het graven van holen en/of gangen door verschillende diersoorten, die in een ruige, betrekkelijk hoog opgaande begroeiing een aantrekkelijk leefmilieu vinden. Ontoegankelijke begroeiing is op een waterkering daarom niet toelaatbaar. De kans op doorbraak is groter naarmate het kadeprofiel kleiner is.

e. erosie van het waterkeringoppervlak door het ontbreken van een beschermende grasmat
Door schaduwwerking kan zich onder een dichte begroeiing van hakhout of bij een dichte boombezetting geen goede grasmat ontwikkelen. Ook het daartoe noodzakelijke maaiwerk, zo er al gras kan groeien, is niet mogelijk. De bodem is dan niet voldoende beschermd tegen erosie door neerslag of overslaand water (bij sterke golfaanval). Als voor erosie niet behoeft te worden gevreesd (bijvoorbeeld bij waterkeringen met zeer flauwe taluds) of door de erosie de veiligheid van de waterkering niet in gevaar komt (bijvoorbeeld bij waterkeringen met een ruimer profiel dan minimaal noodzakelijk is) en het erosieproces goed onder controle gehouden kan worden, behoeft het ontbreken van een goede kruidenrijke grasvegetatie op zich geen onoverkomelijk

bezwaar te zijn. De moeilijkheid kan dan echter schuilen in de uitoefening van controle op een dicht begroeide kade.

Mogelijkheid tot controle

Een verwilderde en daardoor dichte, ontoegankelijke (hakhout)begroeiing biedt een goed beschut leefgebied aan diersoorten als muskusratten, woelratten, muizen, mollen, e.d. Als gevolg van de ontoegankelijkheid van de waterkering is geen controle mogelijk op schade door graverij van deze dieren. Hierdoor komt de veiligheid van de waterkering direct in gevaar. Ook controle op de vereiste afmetingen wordt dan ernstig bemoeilijkt.

Mogelijkheid tot uitvoering van onderhoud

a. Schade aan bomen bij kade-ophoging
Ophoging van de grond rondom de stam heeft een nadelige invloed op de gezondheid van de boom. Bij een ophoging met 0,25 m of meer is de kans groot dat de boom sterft. Omdat een waterkering, afhankelijk van de samenstelling, meer of minder frequent moet worden opgehoogd staat de gezondheid van daarop aanwezige bomen regelmatig onder druk. Als een boom ten gevolge hiervan sterft, blijven de wortels (ook na het frezen van de stobbe) grotendeels achter, met de eerder geschetste nadelige gevolgen vandien.
In geval van een uit landschappelijk oogpunt waardevolle boombeplanting op een waterkering kan de nadelige invloed van kade-ophoging op de toestand van de beplanting een belemmerende factor vormen bij de uitvoering van onderhoud aan de waterkering. Derhalve dient te worden vermeden dat bomen worden geplaatst in de zone, waar regelmatig ophoging moet plaatsvinden.

b. bemoeilijking van waterkering-onderhoud door aanwezigheid van bomen of hakhout
Bomen of hakhout op waterkeringen zijn obstakels die het onderhoud aan de waterkering bemoeilijken. Tot op zekere hoogte kan de methode van onderhoud aan de aanwezigheid van beplanting worden aangepast, hetgeen in het algemeen met verhoging van kosten gepaard gaat.

Economie van beheer en onderhoud

a. extra onderhoudskosten
Eerder is reeds aangegeven dat de aanwezigheid van begroeiing door haar belemmerende invloed op de uitvoering van ophoogwerkzaamheden in het algemeen een kostenverhogende invloed heeft op het kade-onderhoud.
Bij waterkeringen, waarvan de bovenste lagen uit veengrond bestaan, heeft het onttrekken van grondwater door bomen en de daaruit voortvloeiende verlaging van de grondwaterstand extra oxidatie van het veen en derhalve daling van de kruin en de taluds tot gevolg. Dit leidt tot de noodzaak van extra kadeonderhoud (met het eerder aangegeven nadeel voor de bomen).

b. extra toezichtskosten
De eerder beschreven risico's brengen de noodzaak met zich mee om een waterkering met bomen of hakhout intensiever te inspecteren dan een waterkering zonder dergelijke begroeiing.

Ook het belang van een goede gezondheid van bomen en hakhout op kaden voor de veiligheid van de waterkering vraagt aandacht. Regelmatig zullen degenen die belast zijn met de verzorging van de bomen, moeten worden gewezen op de noodzaak om de maatregelen te treffen die voor de gezondheid van de beplanting – en daarmee voor de veiligheid van de waterkering – nodig zijn.

Andersoortige beplanting

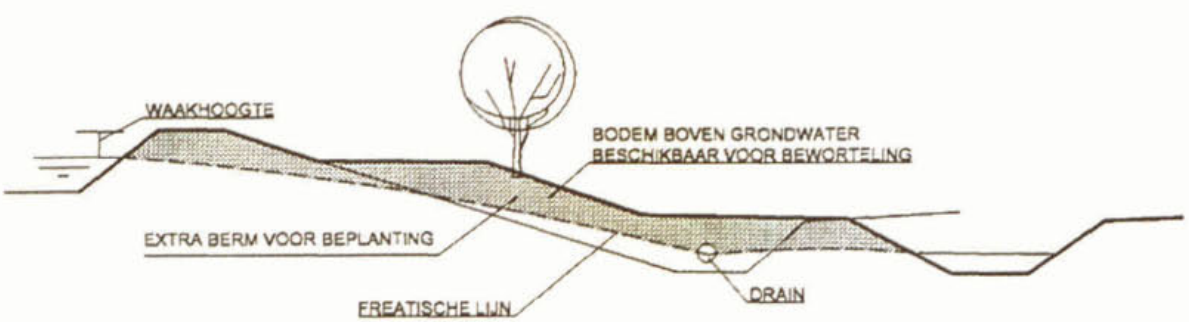
Plaatsing op het kadeoppervlak van groenten, siergewassen of andere beplanting, anders dan gras (eventueel vermengd met kruiden) brengt de volgende nadelen met zich mee:

- de bodem is niet volledig bedekt en doorworteld, waardoor deze gevoelig is voor erosie door neerslag of eventueel golfoverslag;
- door frequente bewerking van de bovenste grondlaag is het oppervlak extra gevoelig voor erosie;
- mogelijke aantasting van de waterkering door graverij van dieren in beschutting van begroeiing;
- bemoeilijking van controle op de staat van de waterkering;
  complicering van de uitvoering van het kadeonderhoud, omdat de begroeiing vóór eventuele ophoging in het kader van de uitvoering van buitengewoon onderhoud moet worden verwijderd.

Ten aanzien van de criteria gelden dezelfde overwegingen als vermeld onder 'bomen en hakhout', 'mogelijkheid tot controle', 'mogelijkheid tot uitvoeren onderhoud' en 'economie van beheer en onderhoud'.

Compenserende maatregelen

Om nadelige effecten te voorkomen dient nieuwe beplanting in ieder geval buiten het beoordelingsprofiel gezet te worden. Bij bomen en hakhout gaat de voorkeur uit naar het verbreden van de waterkering; bij andersoortige beplanting kan er mee worden volstaan de waterkering op grotere afmetingen dan uit oogpunt van waterkering is vereist, te brengen. Bij dit laatste moet worden voorkomen dat een en ander leidt tot belemmeringen bij het beheer en onderhoud van de waterkering."



In hoofdstuk 10 van de notitie van het Hoogheemraadschap van Delfland wordt dit uitgewerkt in een zin dat er aan een aantal voorwaarden moet worden voldaan (controle, toezicht, onderhoud, hinder en kosten, buiten beoordelingsprofiel), maar dat er onder die voorwaarden mogelijkheden zijn om beplantingen toe te staan. Deze beplantingen zullen dan bij voorkeur niet op de kruin of het binnentalud gevonden worden, maar bijvoorbeeld op een verhoogde berm (zie figuur).

5.7 Overige waterschappen

Er is nog één waterschap dat vertrouwelijk het conceptbeleid heeft toegezonden. De overige waterschappen hebben of een beknopt of geen apart beplantingenbeleid. De verwachting is dat in veel gevallen in de Keur wel enkele bepalingen zullen staan met de strekking dat het aanbrengen of rooien van beplantingen binnen de keurzone of beschermingszone niet zijn toegestaan, of pas op een bepaalde afstand uit de teen van de waterkering.

6 Andere bronnen van informatie

6.1 Notitie Vestingwallen te Hellevoetsluis functionerend als waterkering, Waterschap de Brielse Dijkring, 1999

Bij het doorzoeken van het archief om informatie ten behoeve van de toetsing te verzamelen kwam het Waterschap tot de ontdekking dat in de vestingwal als gevolg van de watersnoodramp van 1953 een drietal gaten waren geslagen. Door mondelinge informatie van de heer ing. R. Haverkamp, destijds technisch adviseur van het Hoogheemraadschap van Voorne blijkt dat de doorbraak van de vestingwal grotendeels te wijten viel aan het omwaaien van bomen op de vestingwal met (boomwortel)ontgronding.
Overigens bleven de gevolgen beperkt door de aanwezigheid van een hoog voorland: het water zakte op een gegeven moment beneden het niveau van dit voorland.

"De foto is genomen direct na de watersnoodramp van 1953 en toont een deel van de vestingwal van Hellevoetsluis waarop bomen stonden. Nog zichtbaar zijn de omgewaaide bomen en de bres in de vestingwal waar doorheen water is gestroomd. Volgens informatie is de bres ontstaan door het omwaaien van de bomen. Door het hoog liggende voorland binnen de vestingwal is er geen stroomgat ontstaan en heeft het water door de bres gestroomd gedurende de tijd dat de waterstand in het Haringvliet hoger stond dan het voorland."

6.2 Duitse publicaties

Via een krantenbericht werd duidelijk dat ook in Duitsland onderzoek gedaan is naar de invloed van bomen op waterkeringen. Door de heer B. Schuppener van de Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) zijn een aantal publicaties en een Merkblatt (vergelijkbaar met een TAW handreiking) ter beschikking gesteld. Hierin staan een aantal interessante zaken die hier kort behandeld worden.

De publicaties vallen in twee categorieën uiteen:

- een deel gaat over de toelaatbaarheid van beplanting op dammen
- een deel gaat over de bijdrage van beplanting aan de sterkte van het binnentalud.

Toelaatbaarheid van beplanting

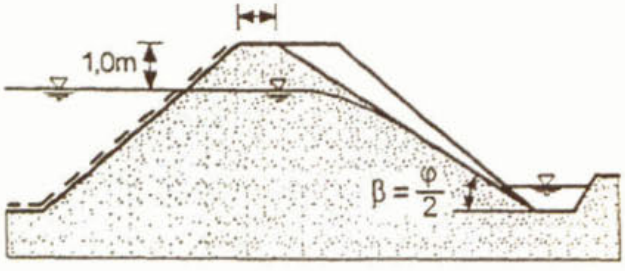
De situatie die wordt bekeken is vergelijkbaar met die van boezemkaden: er is sprake van een continu hoge waterstand aan de buitenzijde van de dam. In de beschouwingen worden vier belastingklassen onderscheiden:

I hoogwater (n=1,3)
II bouwfase (n=1,2)
III hoogwater met een bijzondere last: bijvoorbeeld een drainage die niet werkt, een boom die omwaait of er is extra lekkage door dode wortels van bomen (n=1,1). In normale omstandigheden (klasse I) is dit niet het geval. Omdat de kans dat dit optreedt kleiner is, maar de belasting hoger, mag aan een lagere veiligheidsfactor worden getoetst.
IV extreme last: bijvoorbeeld hoogwater met een drainage die niet werkt en een boom die omwaait (n=1). Omdat de kans dat dit optreedt klein is mag aan een lagere veiligheidsfactor worden getoetst.

Bomen op een dam vallen onder belastingklasse III of IV en mogen aan een lagere veiligheidsfactor worden getoetst.

Bij belastingklassen III en IV is er bovendien sprake van een bewezen binnenwaartse stabiliteit als wordt voldaan aan een "mindestquerschnitt" (een soort beoordelingsprofiel):

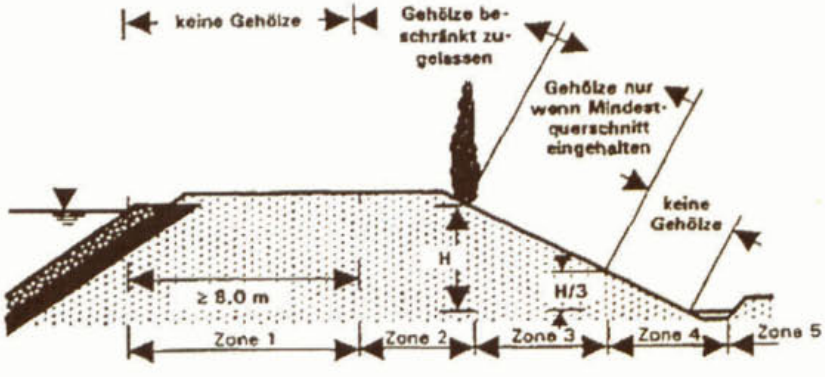
- een kruin van 5 meter breed in belastinggeval III en van 2 meter breed in belastinggeval IV
- een binnentaludhelling van $\phi/2$.



Ten aanzien van de toelaatbaarheid van bomen heeft men voorzien in een zonering:

- zone 1: 8 m vanaf de waterlijn: geen beplanting toegestaan
- zone 2: de rest van de kruin tot aan het binnentalud: bomen met een hoogte kleiner dan 25 m en struiken die voorkomen op een soortenlijst (tabel 3) zijn toegestaan
- zone 3: het bovenste 2/3 deel van het binnentalud: bomen met een hoogte kleiner dan 25 m en struiken die voorkomen op een soortenlijst (tabel 3) zijn toegestaan, mits de bedekkingsgraad minder dan 50 % is.
- zone 4: het onderste derde deel van het binnentalud: geen beplanting toegestaan
- zone 5: vanaf de teen van het binnentalud tot een strook van 10 meter daarbuiten: bomen kleiner dan 25 m en struiken die voorkomen op een soortenlijst (Tabel 4)
- zone 6: vanaf 10 meter uit de binnenteen: bomen groter dan 25 m zijn hier ook toegestaan, mits deze voorkomen op een soortenlijst (tabel 5).

De tabellen zijn hier niet apart opgenomen, maar zijn wel door de Bomenstichting bekeken.



Woeldieren moeten worden verdelgd, aangezien deze veel risico teweeg brengen met graverij. De graafgaten moeten worden opgevuld. Er mag ook geen aaneengesloten bebossing voorkomen, aangezien dat inspectie hierop onmogelijk maakt en woeldieren beschutting biedt.

Bijdrage beplanting aan de sterkte

Bij betrekkelijk ondiepe afschuivingen van het binnentalud kan volgens de Duitse publicaties de invloed van doorworteling van de ondergrond in rekening worden gebracht, en ook een niet te verwaarlozen positief effect op de stabiliteit hebben. Voor gras resulteert dit in een extra

schijnbare cohesie c = 5 kPa over een diepte van 20 cm waar zich de wortels bevinden. Voor grotere wortels van bomen en struiken heeft men trekproeven op de wortels gedaan, waarbij de wortels min of meer als grondanker functioneren. Bovendien heeft men laboratoriumproeven gedaan. Men komt op een gemiddelde waarde voor alle boomsoorten van 6 MPa (3 tot 7 MPa) over de bovenste 30 cm van het wortelstelsel. Hierin is nog verder onderscheid mogelijk naar boomsoort en waterverzadiging. De benodigde trekkracht neemt af als de waterverzadiging toeneemt. Uit dit soort getallen zou wellicht ook af te leiden zijn bij welke windkracht de boom omwaait.
Er is een voorbeeldberekening waarbij de stabiliteitsfactor toeneemt van 1,07 naar 1,15 voor een ondiepe glijcirkel en van 1,15 naar 1,27 voor een diepere glijcirkel, waarbij de bomen overigens wel op een gunstige plaats ten opzichte van de glijcirkel staan. Er moet wel sprake zijn van een aaneengesloten rij bomen.
Of dit in Duitsland een geaccepteerde werkwijze is, lijkt twijfelachtig aangezien dit in de beoordelingsnormen nergens terugkomt. In het Merkblatt staat wel een schijnbare cohesie vermeld voor gras, maar niet voor andere beplanting.

6.3 De invloed van vegetatie op de sterkte van grond

In een publicatie "The influence of vegetation on soil strength" van twee Israëlische onderzoekers, Operstein en Frydman (2000), wordt ingegaan op de bijdrage van wortelstelsels aan de stabiliteit van taluds. Volgens deze publicatie (er zijn overigens nog aanzienlijk meer publicaties op dit terrein) worden bomen gebruikt om de stabiliteit van taluds te verhogen, in plaats van dat men angst heeft dat de bomen de oorzaak van falen zouden zijn. Om de bijdrage van de wortels aan de schuifsterkte te onderzoeken zijn trekproeven op wortels uitgevoerd, is gekeken hoeveel kracht het kost om wortels uit de grond te trekken, en zijn schuifproeven uitgevoerd op grondmonsters met wortels daarin. Deze laatste proeven zijn misschien het interessantst. De schuifproeven (direct shear) werden uitgevoerd op grondmonsters met een diameter van 20 cm. De schuifsterkte van de grond werd een factor 2 tot 5 hoger door de wortels. Dit is echter wel afhankelijk van grondsoort en de beworteling.

6.4 Onderzoek bomen bij de waterkeringen 'Achter Ramspol'

In de Zwolse Courant van 27 juli 1999 stond het volgende bericht:

"Op het dijkvak Zwolle-Genemuiden langs het Zwartewater hoeven veel minder bomen te worden gerooid dan aanvankelijk de bedoeling was. Leek het er aanvankelijk op dat enkele honderden bomen het loodje zouden leggen, nu kan dat aantal tot vele tientallen beperkt blijven. Globaal wordt in vergelijking met het oorspronkelijk rooiprogramma ongeveer de helft gered. 'De veiligheid staat voorop. We hebben elke boom stuk voor stuk bekeken en zijn tot de conclusie gekomen dat de helft kan blijven staan', aldus dijkgraaf Sybe Schaap van het waterschap Groot Salland in een nadere toelichting in de vergadering van het algemeen bestuur, waarop het dijkverbeteringsplan Spooldersluis-Genemuiden aan de orde kwam.

Het sparen van een aantal bomen is te danken aan ingrijpen van Gedeputeerde Staten van Overijssel. Het radicale plan van het waterschap kon de toets der kritiek niet doorstaan. Nader overleg leerde dat er inderdaad niet zo drastisch hoeft te worden ingegrepen, zonder dat de veiligheid gevaar zou lopen. Het algemeen bestuur legde zich daar schoorvoetend bij neer. Enkele leden zeiden liever te hebben gezien dat alle bomen uit veiligheidsoverwegingen verwijderd zouden worden.
Bomen kunnen inderdaad een gevaar voor de veiligheid betekenen. 'Meer loof, meer beweging, meer kans op scheuren', vatte Schaap samen. Het betreft een breed assortiment bomen. Het gaat om elzen, wilgen, populieren, iepen, vlieren, kastanjes, essen en fruitbomen, om maar eens wat te noemen. Elke boom is nauwkeurig bekeken op ouderdom en eventueel gevaar voor de veiligheid. Dat onderzoek resulteerde uiteindelijk in het sparen van een groot aantal bomen, zonder dat er met de veiligheid wordt gemarchandeerd. Het 20 kilometer lange dijkvak Spooldersluis (bij Zwolle)-Genemuiden is een onderdeel van het dijkverbeteringsproject achter Ramspol. In het totaal pakt het waterschap langs het Zwartewater, de Vecht en de Sallandse weteringen zo'n 115 kilometer waterkering aan."

Bij het toepassen van de toetsingsregels uit de Leidraad Toetsen op Veiligheid bleek dat een groot deel van het bestaande bomenbestand als onvoldoende zou worden beoordeeld. Vanuit de optiek van het waterschap (zo min mogelijk bomen in de waterkeringszone) betekende dat deze bomen moesten verdwijnen. Bewoners uit de streek langs dit dijkvak waren van mening dat (een deel van) de bomen best op de dijk gehandhaafd zou kunnen worden (ook vanuit veiligheidsoogpunt). Daarbij speelt dat de bestaande begroeiing over een lange reeks van jaren is gedoogd. Hierdoor zijn bomen met een ouderdom tot meer dan 100 jaar op de waterkering aanwezig. Sommige bomen en bosschages zijn belangrijke dragers van ecologische waarden en/of landschapswaarden.

Door de Grontmij is de problematiek nader geanalyseerd. Bij de toetsing werden de volgende probleempunten geconstateerd:

- het beoordelingsprofiel impliceert dat alle bomen op het buitentalud in principe verwijderd moeten worden tenzij anders bewezen kan worden;
- er wordt impliciet vanuit gegaan dat er altijd risico is op windworp;
- de kwalificatie van geschikt boomtype is niet altijd toegesneden op de praktijk (bijvoorbeeld verschil tussen kleidijken en zanddijken);
- stap 4a, de vraag: is ontworteling mogelijk is inconsistent met stap 1 waarbij impliciet wordt aangenomen dat dit mogelijk is. Ook bij oordeelsvorming over het al dan niet stabiel blijven nadat een gat is ontstaan (reststerkte) zijn meerdere vragen te stellen;
- het toetsingschema voorziet niet in een beheerdersoordeel op basis van ervaringsgegevens en standplaats van de begroeiing.

Vervolgens is er onderzoek gedaan naar de daadwerkelijke kans op windworp en de omvang van ontgronding bij ontworteling:

Ad 1: Wat is de daadwerkelijke kans op windworp bij stormomstandigheden?

Hiervoor is navraag gedaan bij beheerders van rijkswegen, dijkbeheerders in Zeeland, beheerders van stedelijk groen en deskundigen. Hieruit kwam als beeld naar voren:

- Ontwortelen is een zeldzaam fenomeen en als het optreedt is er meestal sprake van bijzondere omstandigheden (boom niet vitaal, plotseling sterk wijzigende grondwaterstand, ondiepe permanente waterstand, graafactiviteiten, zoutschade langs wegen). Uit wetenschappelijk onderzoek is bekend dat de reactiekracht van de boom plus wortels ongeveer gelijk kan zijn aan de sterkte van de stam, dus een boom kan ook afbreken in plaats van omvallen. Ook wordt genoemd dat de verhouding tussen stamhoogte-stamdiameter groter moet zijn dan 60 wil windworp op kunnen treden. In bosbestanden vindt windworp plaats als bomen in trilling komen gelijk aan hun eigenfrequentie. Het risico van windworp is echter niet specificeerbaar in een kansverwachting uit te drukken. Hiernaar is nog geen onderzoek gedaan.
- de conclusie wordt getrokken dat de kans op windworp *per boom* kleiner is dan de norm van 1/1250 of 1/2000 per jaar als de boom ter plaatse is opgegroeid, vitaal is, een goede verhouding tussen hoogte en stamdiameter heeft en er geen graafwerkzaamheden in de nabijheid zijn uitgevoerd.

Ad. 2: Wat is de omvang van de ontgronding bij windworp?
Volgens de gevraagde personen knappen de wortels vrij dicht bij de stam af. Daardoor blijft de ontgronding beperkt van omvang. Voor populieren met een stamdiameter van 60 à 70 cm bedraagt de ontgronding volgens opgave 1,5 à 2 m^3. De conclusie is dat de ontgronding in ieder geval aanmerkelijk kleiner is dan in de Leidraad is aangegeven (1 meter diep en even breed als de kroon van de boom).

Over de beoordelingsmethoden is door waterschap, provincie en TAW gediscussieerd. De uiteindelijke uitkomst van het onderzoek was dat een groot aantal bomen gespaard konden blijven.

6.5 Windsnelheden

De kans op windworp is gerelateerd aan windsnelheden. Het KNMI heeft hiervoor een indeling die als volgt is opgezet:

Windkracht [Beaufort]	Omschrijving KNMI	Gem. wind-snelheid	Kenmerken
6	krachtig	10,8 – 13,8 m/s	grote takken bewegen
7	hard	13,9 – 17,1 m/s	bomen bewegen
8	stormachtig	17,2 – 20,7 m/s	twijgen breken af
9	storm	20,8 – 24,4 m/s	takken breken af
10	zware storm	24,5 – 28,4 m/s	bomen ontwortelen
11	zeer zware storm	28,5 – 32,6 m/s	uitgebreide schade aan bossen
12	orkaan	> 32,6 m/s	niets blijft overeind

Om hier een kansenschatting van te maken is een windsnelheidsfrequentieverdeling nodig. Deze kan worden ontleend aan het Polytechnisch zakboekje. Hierin wordt een Weibull cumulatieve verdeling voor de windsnelheid gegeven:

$$F(v) = 1 - e^{-(\frac{v}{A})^C}$$

Hierin is v de windsnelheid, en C en A zijn vormparameters die per locatie kunnen verschillen:

Station	C	A [m/s]
Beek	2,01	4,83
Deelen	1,87	4,91
Den Helder	2,00	8,55
Eelde	1,74	5,07
Eindhoven	1,86	4,89
Gilze	1,68	4,44
H. v. Holland	1,76	6,92
Schiphol	1,86	6,36
Soesterberg	1,98	4,44
Twente	1,85	4,21
Vlissingen	1,95	6,67
Volkel	1,75	4,62

Als voorbeeld worden in onderstaande tabel de overschrijdingsfrequentie van windsnelheden voor de locatie Schiphol gegeven. Met overschrijdingsfrequentie wordt hier niet bedoeld het aantal maal per jaar dat deze gebeurtenis optreedt, maar het gedeelte van de tijd dat de windsnelheid boven een bepaalde waarde uitkomt. Aan zee zullen deze frequenties hoger liggen, in het bovenrivierengebied lager.

Windsnelheid	Overschrijdingsfrequentie
10 m/s	$9{,}8 \cdot 10^{-2}$
15 m/s	$7{,}2 \cdot 10^{-3}$
20 m/s	$2{,}2 \cdot 10^{-4}$
25 m/s	$2{,}9 \cdot 10^{-6}$
30 m/s	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$
35 m/s	$4{,}4 \cdot 10^{-11}$

Op 3 december 1999 stormde het met een windkracht 10. Volgens een krantenbericht is het in de jaren negentig 7 keer eerder voorgekomen dat het gedurende een uur met windkracht 10 heeft gewaaid. Hieruit kan worden afgeleid dat de kans op voorkomen van windkracht 10 voor de jaren negentig gelijk was aan 8 maal/(10 jaar·365 dagen·24 uur) = $9 \cdot 10^{-5}$.

6.6 Iepenziekte, krantenbericht

In november 1999 verscheen een bericht in de kranten over de iepenziekte.

Zonder maatregelen verdwijnt de iep

UTRECHT – Als de huidige trend doorzet, zijn er over tien jaar geen iepen meer in Nederland. Door de iepziekte verdwijnen jaarlijks 100 000 van deze oer-Hollandse bomen. De iep is een van de weinige boomsoorten die zeer goed gedijen in kustprovincies.

Het iepenbestand in Nederland bedraagt nog circa 1 miljoen iepen. In de noordelijke provincies zijn er nog wel veel iepen, in Zeeland zijn veel iepen inmiddels bezweken aan de ziekte. De iepenziekte is een bijzonder lastig te bestrijden probleem. De oorzaak van de ziekte is de spintkever die een schimmel overbrengt. Deze spintkever kan zich binnen een radius van circa 10 km verplaatsen. Daarom heeft het bestrijden van de ziekte alleen zin als alle overheden, instanties en particulieren binnen die straal samenwerken. Alle iepen moeten regelmatig worden gecontroleerd, waarbij een zieke iep te herkennen is omdat de bladeren vergelen. De zieke iepen moeten worden verwijderd en vernietigd, of de schors moet van de boom gehaald worden en vernietigd. De spintkever legt zijn eitjes namelijk onder de schors.

6.7 Omgang met natuur en milieu bij infrastructurele werken, Stevinrapport 21.1.99-16

Van de kosten van schade aan het wegdek door boomwortels zijn geen cijfers bekend. Het gaat vrijwel altijd om secundaire wegen met een dunne asfaltlaag (fietspaden). Schade wordt veroorzaakt door "zoekende" boomwortels die in de verdichte bodem onder wegen alleen tussen de zandlaag en het wegdek kunnen groeien en daarom ook juist schade veroorzaken. Deze schade is daarom altijd dwars op de weg. Schade aan wegen kan goed worden voorkomen door een goed geplaatst verticaal wortelscherm of door gebruik van een laag puin of ander grof materiaal van 20-30 cm direct onder het asfalt.

De schade aan riolen en secundaire wegen wordt met name veroorzaakt door populier en in mindere mate ook door wilg, witte acacia, iep en berk. Maar ook andere boomsoorten veroorzaken incidenteel schade aan wegen en riolering. Het is opmerkelijk dat de meeste schade veroorzakende boomsoorten behoren tot de zogenaamde pionierssoorten. Waarom juist deze soorten meer schade veroorzaken is nog onbekend. Net zo belangrijk of mogelijk zelfs belangrijker als de soort boom, zijn de standplaatsfactoren voor het optreden van schade. Bomen die in een te kleine ruimte zijn geplaatst zullen altijd, ongeacht de soort boom, problemen veroorzaken doordat het wortelstelsel naar ruimte zoekt.

7 Beschouwing uit bomen- en beplantingsoptiek

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen de vragen die aan de bomen- en beplantingsdeskundige (Bomenstichting Utrecht) zijn voorgelegd en de daarop geleverde antwoorden aan de orde. Deze kennis zal in de praktische handreikingen geïntegreerd in het totale verhaal worden. Niet alle gestelde vragen zijn (binnen het kader van dit project) oplosbaar.
De gepresenteerde standpunten zijn opgesteld vanuit de visie van de Bomenstichting Utrecht. De Bomenstichting is hiervoor gevraagd vanwege de veelal praktische en concrete aard van de adviezen die worden verleend. Er kunnen verschillen in visie bestaan met de meer wetenschappelijk georiënteerde instanties (bijvoorbeeld Alterra en IKC Natuurbeheer). Deze instanties zijn wel zo veel mogelijk betrokken bij de uitvoering van dit project.

7.2 Gevoeligheid voor windworp

Welke boomsoorten zijn gevoelig of minder gevoelig voor windworp?
In onderstaande lijst zijn die boomsoorten opgenomen, die voor aanplant op dijken of op de dijktaluds geschikt kunnen zijn. Dit is een indicatieve lijst. De besproken diepwortelende bomen, wortelen in het algemeen diep op die grondsoorten die dit toelaten. De worteldiepte hangt ook samen met de grondwaterstand. De groeiplaatsomstandigheden kunnen een sterke invloed hebben op het bewortelingspatroon van een boom op een bepaalde groeiplaats hebben, in zowel positieve als negatieve zin. Omwaaien van bomen kan veel te maken hebben met ongunstige groeiplaatsfactoren.

Bomen met een min of meer oppervlakkig wortelstelsel en daardoor min of meer windworpgevoelig:

	Boomhoogte in meters	Levensverwachting jaar
Canadese populier (Populus Canadensis)	20 - 25	100 – 120 jaar
Zwarte populier	15- 20	100 – 120 jaar
Witte en Grauwe abeel (P. alba, P. canescens)	20 - 25	80 – 100 jaar
Berk (Betulus)	15 - 20	60 – 70 jaar
Paardenkastanje (Aesculus) [1]	12 - 25	200 – 300 jaar
Haagbeuk (Carpinus) [3]	15 - 20	150 – 250 jaar
Hemelboom (Ailanthus) [2]	15 - 20	80 – 120 jaar
Krentenboompje (Amelanchier) [1]	4 - 6	70 – 80 jaar
Zilveresdoorn (Acer sacharinum) [1]	20 - 25	80 – 150 jaar
Trompetboom (Catalpa) [2]	10 - 15	100 – 175 jaar
Struikhazelaar (Corlylus avelana) [1, 2, 3]	5 - 7	60 – 70 jaar
Meidoorn (Crataegus) [1]	5 - 7	80 – 100 jaar
Beuk (Fagus) [1, 2, 3]	25 - 30	100 – 250 jaar
Amberboom (Liquidambar) [1, 2]	15 - 20	80 – 100 jaar

Bomen met een diepgaand wortelstelsel en daardoor minder gevoelig voor windworp:

	Boomhoogte in meters	Levensverwachting jaar
Eik (Quercus, diversen)	20 - 30	250 – 500 jaar
Moeraseik (Q. palustris) [4]	20	80 – 500 jaar
Amerikaanse eik (Q. rubra)	25	80 – 500 jaar
Wintereik (Q. petraea) [3]	20 - 30	250 – 500 jaar
Iep (Ulmus) [1]	25 - 30	200 – 300 jaar
Els (Alnus)	10 - 15	80 – 150 jaar
Es (Fraxinus) [4]	20 - 25	200 – 300 jaar
Esdoorn (Acer), Noorse esdoorn (A. platanoides) [1, 2, 3]	15 - 20	150 – 300 jaar
Gewone esdoorn (A. pseudoplatanes) [1, 3]	20 - 25	150 – 300 jaar
Tamme kastanje (Castanea)	20 - 25	250 – 500 jaar
Netelboom (Celtus) [4]	10 - 15	100 – 120 jaar
Boomhazelaar (Corylus colurna) [1, 3]	15	60 - 80 jaar
Valse Christusdoorn (Gleditsia) (op rijkere gronden) [2]	20	100 – 150 jaar
Walnoot (Juglans)	25	100 – 300 jaar
Goudenregen (Laburnum) (voor brede groenstroken)	4 - 6	80 – 150 jaar
Tulpenboom (Liriodendron) [1, 3]	20 - 25	150 – 250 jaar
(Sier)appel (Malus) [2]	3 - 5	80 – 100 jaar
Watercypres (Metasequioa)	> 20	> 120 jaar[*]
Hopbeuk (Ostrea) [1]	14 - 16	100 – 150 jaar
Plataan (Platanus) [2]	20 - 30	300 – 500 jaar
Ratelpopulier (P. tremula)	10 - 18	60 – 70 jaar
Zoete kers (Prunus avium) [1, 2]	10 - 15	60 – 70 jaar
Vogelkers (Prunus padus)	8 - 12	30 – 50 jaar
Vleugelnoot (Pterocarya)	15	150 – 300 jaar
(Sier)peer (Pyrus) [1]	8 - 12	80 – 100 jaar
Valse acacia (Robinia) [3]	20 - 25	100 – 300 jaar
Schietwilg (Salix alba)	15 - 25	80 – 140 jaar
Honingboom (Sophora) [2, 3]	12 - 16	80 – 150 jaar
Lijsterbes (Sorbus) [1, 3, 4]	8 - 12	60 – 80 jaar
Linde (Tilia) [1]	> 25	500 – 1000 jaar

[1] strooizoutgevoelig
[2] zeewind gevoelig
[3] verdraagt geen hoge grondwaterstand
[4] op niet zware kalkhoudende gronden
[*] boomsoort is recent in Nederland geïntroduceerd

Welke invloed heeft de grondsoort (klei/zand/veen) hierop ?
De grondsoort is in veel gevallen van invloed op de beworteling van bomen. De samenstelling van de klei (zware of lichte), de methode van verwerking (droge of natte omstandigheden, alsmede de mate van verdichting en de pH (zuurgraad) zijn bepalende factoren. Bij zandgronden zijn de korrelgrootte (bij zogenaamde eentoppige zandmengsels is er een betere doorluchting van de grond maar mogelijk sprake van een mindere verankering), de pH en het humusgehalte en de mate van verdichting de bepalende factoren. Voor de veengronden is vooral van belang dat de boomsoort tegen min of meer zure omstandigheden bestand is en er geen sprake is van een te hoge grondwaterstand.

De grondsoort kan op verschillende wijzen van invloed zijn op de ontwikkeling van het wortelgestel van een boom:

- menging van grondlagen. Een messcherpe overgang tussen bodemlagen (bijvoorbeeld klei op zand) kan een barrière vormen voor wortelgroei in de onderlaag;
- de korrelgrootte heeft invloed op de zuurstofdiffusie en nalevering vanuit het grondwater in de ondergrond. Dat betekent dat hoe fijner de korrelgrootte, hoe minder de zuurstofdiffusie en des te minder wortelgroei. Vaak is de capillaire werking voor het naleveren van bodemvocht bij fijne korrels beter dan bijvoorbeeld bij een grofzandige grond;
- het organische stofgehalte van de grond. Een te laag organische stofgehalte heeft bijvoorbeeld een negatieve invloed op de vocht- en voedingshuishouding en daarmee op de wortelontwikkeling. Een te hoog organische stofgehalte kan door verteringsprocessen (met als gevolg zuurstofdeficiëntie) van deze organische stof de grond doen inklinken en de ontwikkeling van wortelgroei remmen;
- de pH van de ondergrond. Een te lage pH heeft een negatieve invloed op de boom en de wortelgroei. Vele soorten groeien minder goed op een zure bodem (bijvoorbeeld veen). Een te hoge pH heeft eveneens een remmende werking op de wortelgroei. Bijvoorbeeld de moeraseik die op grond met een te hoge pH waarde zogenaamde chlorose (bladverkleuring of vergeling) verschijnselen vertoont en zich daardoor minder goed ontwikkeld;
- storende lagen in de ondergrond verkleinen het theoretisch doorwortelbaar profiel. In zware klei wortelen de bomen niet diep. Op zandgrond is de worteldiepte afhankelijk van storende lagen zoals podzol en de hoogte van het grondwater. Op veengrond is de worteldiepte afhankelijk van de grondwaterstand en de boomsoort.

Uiteraard zijn meer factoren van invloed op de ontwikkeling van het wortelgestel. Wellicht ten overvloede worden de volgende genoemd:

- diepte van het grondwater nabij de stamvoet;
- aanwezigheid van kabels en leidingen nabij belangrijke stabiliteitswortels: daardoor is er kans op schade aan de wortels door graafwerkzaamheden
- aantastingen (schimmels en insecten, knaagdieren)
- aanwezigheid van verharding in het theoretisch doorwortelbaar profiel.

Kan een boom windbestendig zijn als deze wortelt in 80 cm klei op zand ?
Afhankelijk van de boomsoort en de samenstelling van de kleilaag op zand is er sprake van een negatieve invloed van de grondsoort op de verankering en daarmee van de windvastheid bij bomen. Een plotselinge overgang van de kleilaag naar het er onderliggende zand zal een dieper gaande beworteling blokkeren. Hierdoor kunnen de grondlagen onder invloed van de worteldruk bij harde wind over elkaar heen schuiven. Daarmee wordt de windvastheid minder. Dit speelt vooral een grote rol indien de oude bovenlaag (het zogenaamde maaiveld) niet is verbroken of verwijderd. Indien de bovenste laag van het oude maaiveld is doorgemengd met een deel van de op te brengen kleilaag, is deze bij niet te hoge grondwaterstanden in de meeste gevallen doorwortelbaar.

Welke invloed heeft de grondwaterstand op de gevoeligheid voor windworp ?
De grondwaterstand of hoge boezemstand heeft zeker invloed op de stabiliteit van bomen. Hoge grondwaterstanden verlagen de wortelgrip in de desbetreffende grond. Vooral oppervlakkig wortelende bomen die hun windvastheid of stabiliteit moeten hebben uit de bovenste grondlagen, verliezen hun grip op natte gronden. Deze natte grond werkt als een soort spons en geeft geen of te weinig houvast. Bij diepwortelende bomen zal dit effect veel minder zijn, tenzij de hoge(re) grondwaterstand langdurig aanhoudt, zodat wortelsterfte optreedt bij bomen die een natte groeiplaats niet verdragen. Dit geldt ook bij een hogere grondwaterstand gedurende een langere periode (meer dan enkele dagen of weken) gedurende het groeiseizoen.

Welke invloed heeft een wisselende grondwaterstand op de gevoeligheid voor windworp ?
Wisselende grondwaterstanden maken het voor veel boomsoorten moeilijker om een optimaal wortelstelsel te vormen. Wortelstelsels verdragen een hogere grondwaterstand meestal wel gedurende een kortere tijd. Vooral bij zogenaamde vlakwortelaars geldt dit laatste minder, omdat een hogere grondwaterstand ook sneller de ondergrondse zuurstofsituatie bij deze bomen zal verslechteren. Daarnaast zal ook de wortelgrip in de bodem bij vlakwortelaars eerder in negatieve zin worden beïnvloed.

Welke invloed heeft een tijdelijk (dagen) verhoogde waterstand op de gevoeligheid voor windworp?
De invloed van een tijdelijke (enkele dagen durende) verhoogde waterstand is een van nature voorkomende toestand in het rivierengebied. Er vallen derhalve bij een volledig met water verzadigde bodem weinig problemen voor de conditie van de bomen te verwachten. Er kan echter bij harde wind en verstoorde bodem een verhoogd risico van windworp bij vooral de vlakwortelaars optreden.

Welke invloed heeft zout grondwater op de gevoeligheid voor windworp?
Zout grondwater heeft bij veel boomsoorten een negatieve invloed op de beworteling. Er zijn slechts enkele soorten die dit min of meer verdragen (Salix, Alnus ?, Fraxinus ?, iep).

Zijn er getallen te geven die de kracht weergeven die nodig is om een boom te ontwortelen (per boomsoort en grondslag) ?
Die getallen zijn mogelijk wel beschikbaar. De zogenaamde trekproef zal op korte termijn het experimentele stadium ontgroeien. Onder andere de firma Omegam uit Amsterdam werkt samen met het IBN-DLO te Wageningen aan verbetering van deze methode.

7.3 Invloed op grondwaterstand

Bomen hebben in zekere zin invloed op de grondwaterstand. Bomen verdampen door allerlei processen in de boom een grote hoeveelheid water, variërend van 500 tot meer dan 1000 liter per m^2 kroonprojectie. Bomen op een grondwaterprofiel (hierbij is de grondwaterspiegel voor de boomwortels bereikbaar) kunnen deze beïnvloeden. De mate waarop is mede afhankelijk van de aanvoersnelheid van dit grondwater en de grootte van de betrokken bomen. Bomen op een zogeheten hangwaterprofiel (afhankelijk van de neerslag) zullen echter geen invloed op de grondwaterstand uitoefenen. Dit waterverbruik van bomen kan een dijk in een drogere staat houden dan het geval zou zijn op een dijk zonder bomen. Ook bij gebouwen gaat dit op. Bij gebouwen waar bomen zijn gekapt treedt regelmatig vochtoverlast op.
In slecht doorlatende gronden, vooral in het westen van het land in de klei- en veengebieden en langs de rivieren, kan een boom een plaatselijke grondwaterstandsverlaging van zo'n 0,75 m veroorzaken. Hierdoor kunnen ook problemen met extra zettingen of ongelijkmatige zettingen optreden.

7.4 Maatregelen om bomen te sparen

Mogelijke maatregelen om minder stabiele bomen te handhaven:

- beperken van kroonomvang en kroonhoogte waardoor de windgevoeligheid wordt verminderd;
- verbetering van standplaatsomstandigheden, waardoor een betere doorworteling en daarmee verankering in het profiel mogelijk wordt;
- herplant op een daarvoor geschikte plaats;
- constructieve maatregelen.

7.5 Onderhoud

Richtlijnen voor 'goed onderhoud' aan bomen
Richtlijnen voor goed onderhoud zijn beschikbaar. Zie de Kwaliteitsrichtlijnen en Besteksvoorwaarden voor de Boomverzorging (KBB) van het NOCB uit Westervoort. Deze richtlijnen zijn te koop bij: NOCB, Postbus 168, 6930 AD Westervoort.

Naast functies en waarden van bomen en de desbetreffende waterkering mag de controle van de conditie en stabiliteit van bomen niet onderbelicht blijven. Bij de beoordeling van de (veiligheid van) bomen dienen naast soort- en standplaatsspecifieke aspecten individuele eigenschappen te

worden meegenomen. Periodieke controle van de conditie en stabiliteit van bomen verdient derhalve sterke aanbeveling. Voor wat betreft de frequentie van controle is een vergelijking te maken met de controle van bomen door gemeenten. Een gemeente is verantwoordelijk voor het waarborgen van de veiligheid, dat wil zeggen het voorkomen van materiële schade en letsel door bomen. Een gemeente die zorgvuldig te werk gaat deelt haar bomen in verschillende risicoklassen in. Criteria voor de indeling van de klassen kunnen zijn: standplaats, ouderdom en de conditie. Zo zal een oude boom langs een drukke invalsweg in de hoogste klasse terechtkomen en nieuwe aanplant langs een landbouwweggetje in een lage klasse. De bomen in een hoge klasse worden bijvoorbeeld eens per jaar gecontroleerd. De bomen in een lage klasse bijvoorbeeld eens per vijf jaar. Let wel: er is hier geen sprake van een statische indeling. Tijdens elke controlebeurt wordt opnieuw beoordeeld wat het tijdstip voor een volgende beoordeling moet zijn en kan de boom in een andere klasse worden ingedeeld. Bij een goede controle hoort tevens een goede rapportage. De geschiedenis van een boom hoort goed te zijn vastgelegd, zodat bijvoorbeeld kan worden gecontroleerd of een wond in de loop der tijd goed overgroeid. Ook externe factoren moeten in deze controlemethodiek worden meegenomen. Stel dat laanbomen bijvoorbeeld vallen in een controlecyclus van vijf jaar, maar na twee jaar worden de wortels tijdens het vervangen van een riool ernstig beschadigd. Dit nieuwe gegeven moet leiden tot een intensievere controle van de desbetreffende bomen.

In het geval van bomen op of rond waterkeringen zou men een vergelijkbare indeling in klassen kunnen voorstellen, gebaseerd op de functie van de waterkering, de boomsoort, de standplaats en de ouderdom en de conditie van de bomen.

De controle van bomen kan gebeuren middels de zogeheten Visual Tree Assessment (VTA) methodiek. Deze methodiek gaat uit van een grondige visuele controle van een boom, waarbij de conditie en de stabiliteit worden beoordeeld.

De beoordeling van de conditie is een momentopname. De boom kan zich tijdelijk in een matige conditie bevinden, maar kan zich –al dan niet met behulp van boomverzorgingsmaatregelen- herstellen. Bij de beoordeling wordt onder andere gekeken naar de kroonopbouw, de takbezetting, de lengte van nieuwe scheuten, de bladbezetting, de knopvorming en de eventuele aanwezigheid van ziekten en aantastingen (insecten, schimmels). Daarnaast wordt gekeken naar aantastingen op stam en stamvoet en indicatoren die kunnen wijzen op wortelsterfte. Indien een boomdeskundige constateert dat de boom in een onomkeerbaar slechte conditie verkeert, moet deze inschatting zwaar meewegen in de uiteindelijke beoordeling of de boom al dan niet verwijderd moet worden.

Naast bovengenoemde biologische kenmerken dient de boom gecontroleerd te worden op symptomen die kunnen wijzen op mechanische defecten. Er moet gelet worden op de aanwezigheid van reparatieweefsel of reactiehout in de kroon, met name de gesteltakken, de stam en de stamvoet. Een dergelijk symptoom geeft aan dat de boom een defect heeft, dat hij door middel van adaptieve groei wil compenseren. Een defect kan wijzen op een verhoogd breukrisico en moet derhalve nader worden onderzocht. Let wel: een defect wil niet meteen zeggen dat een boom breukgevaarlijk is. Een boom in een goede conditie kan zich goed

herstellen van defecten. De nadere controle geschiedt met behulp van een klophamer (rotte plekken klinken doffer dan gezonde plekken) of elektronische apparatuur (impulshamer en/of resistograaf). Daarnaast is er bij twijfel over de stabiliteit nog de mogelijkheid om met een aanwasboor en de zogenaamde fractometer de breuksterkte van de restwand te meten. Stel, er wordt een oude wond aan de stamvoet geconstateerd, dan is het van belang te onderzoeken of de wond voldoende is afgegrendeld en de boom niet te ver is ingerot. De stabiliteit van een ingerotte of holle boom is niet per definitie minder dan van een volledig gezonde boom, mits de restwand van gezond hout maar voldoende dik is. Deze restwanddikte is onder meer te bepalen met behulp van de resistograaf en bij twijfel met een combinatie van aanwasboor en fractometer.

Naast periodieke controle dienen de bomen goed verzorgd en onderhouden te worden. Slechte verzorging vergroot de kans op instabiliteit of windworp. Door ondeskundige snoei kan de kans op windworp onder bepaalde omstandigheden (bomen beschikken over herstelmogelijkheden) worden vergroot. Een bekend voorbeeld is het eenzijdig snoeien van een wilg aan de zeezijde. Door het verwijderen van een deel van de kroon aan één kant verschuift de druk die wordt veroorzaakt door het gewicht van de kroon. De heersende aanlandige wind zorgt er voor dat de wortelkluit aan de zeezijde enigszins wordt opgetild en aan de landzijde naar beneden wordt gedrukt. Met andere woorden: door ondeskundig snoeien wordt de kans op windworp vergroot. De boom uit dit voorbeeld is ook daadwerkelijk omgewaaid.
Een andere vorm van onderhoud is om de boom door snoeien binnen bepaalde afmetingen te houden en hiermee de windgevoeligheid te beperken.

Invloed van verschillende vormen van onderhoud (bemesten, beluchten, snoeien/knotten, dood hout verwijderen, behandelen beschadigingen)
Goed uitgevoerd onderhoud is van essentieel belang voor een goed bomenbestand. Slecht of niet onderhouden bomen kunnen behalve overlast door vallende takken ook schade aan passerend verkeer veroorzaken. Vooral de conditie en daarmee de stabiliteit van de bomen kan hierdoor negatief beïnvloed worden.

Onderhoud per boomsoort
Het onderhoud is per type boom enigszins verschillend. De groeisnelheid en de uiteindelijke grootte, met daarnaast de uiteindelijke takvrij gewenste stamlengte (de zogenaamde opkroonhoogte) is sterk bepalend voor het onderhoud. Een boom die na aanplant vrij kan uitgroeien zonder dat er nog machines onderdoor moeten kunnen rijden is sneller onderhoudsarm dan dezelfde boom langs een drukbereden dijkweg, waarbij over een langere periode begeleidingssnoei noodzakelijk is.

Wat moet je doen met dode bomen ? (uitgraven, afzagen ?)
Dode bomen dienen te worden verwijderd. Dit om mogelijke verspreiding van ziekten (zoals de iepziekte) te voorkomen. Daarnaast is verwijdering gewenst vanuit het oogpunt van veiligheid, aangezien de kans bestaat dat de boom na verloop van tijd toch omwaait en daarmee mogelijk een zwakkere plek in de waterkering veroorzaakt. Uiteraard hangt de mate van beschadiging samen met onder andere de boomsoort, de grootte, de grondwaterstand, de grondsoort, en de

positie ten opzichte van het dijkprofiel. Dode vlakwortelaars op een plaats met een hoge grondwaterstand zullen onder natte omstandigheden makkelijker omwaaien dan dode diepwortelaars.

Verwijdering kan geschieden door afzagen van de boom op maaiveldniveau of het volledig verwijderen van boom en wortelgestel door de wortelkluit uit te frezen. Diverse deskundigen oordelen dat het afzagen van de bomen en het laten zitten van de wortelkluit de voorkeur verdient. Er zijn studies die aantonen dat wortels die verrotten nog een zekere stevigheid bezitten (bron: ir. J. Kopinga, Alterra). Nabij de stamvoet ontstaat mogelijk een groter gat of meerdere gangen in de ondergrond. Verder van de stamvoet af zijn de wortels kleiner en worden deze gaten vroeger of later door natuurlijke processen opgevuld. In dit kader bezien veroorzaakt een mol waarschijnlijk ergere schade door het graven van een uitgebreid gangenstelsel in de bodem.
Verwijderen van de boom betekent dat het dijklichaam ter plaatse wordt open gegraven, wat een plaatselijke verzwakking van de dijk kan veroorzaken, tenzij goede klei wordt aangebracht en goed wordt verdicht. De voor- en nadelen hiervan zullen moeten worden afgewogen.

Hoe kun je ziekte bij bomen vaststellen/beoordelen ?
Ziekte en plagen aan bomen zijn over het algemeen goed door een deskundig boomverzorger te beoordelen. Er zijn nog geen richtlijnen aan de hand waarvan een beheerder zelf kan inschatten wanneer een boom ziek is en hoe erg dat is.

Zijn er getallen te noemen voor de kosten van onderhoud van bomen ?
Met behulp van bijvoorbeeld de Imag-normen zijn onderhoudscijfers voor het boomonderhoud te berekenen. De Imagnormen zijn in een moderne versie "de GWW kostenserie" (volgens de RAW-systematiek) te verkrijgen bij Elzevier te Doetinchem. Dit is een uitgave van 12 delen.

Zijn er bepaalde soorten bomen/beplantingen die aanleiding zijn voor konijnen, ratten, muizen om tussen de wortels te gaan graven ?
Of bepaalde bomen en beplantingen gevoelig zijn voor het aantrekken van muizen, ratten of konijnen is bij de Bomenstichting niet bekend.

7.6 Beoordeling van bomen

Wat is de leeftijdsverwachting per boomsoort ?
Een lijst met levensverwachting van bomen is gegeven in de tabel op bladzijde 50.

Wat zijn de afmetingen van volgroeide bomen (per boomsoort) ?
Zie de tabel op bladzijde50.

Welke boomsoorten zijn goed herplantbaar/verplaatsbaar?
Een lijst met herplantbare bomen is niet direct beschikbaar, maar over het algemeen zijn de meeste boomsoorten goed verplantbaar. Voor soorten met vlezige wortels en/of een beperkte

penwortelachtige wortelstructuur is de verplantbaarheid minder eenvoudig en soms zelfs niet uit te voeren.

Bij welke boomsoorten kan grond om de stam kan worden aangebracht zonder dat de boom doodgaat ?
De min of meer oppervlakkig wortelende soorten (bijv. beuk, berk, haagbeuk) zijn gevoeliger voor grondophoging dan dieper wortelende soorten. Van belang daarbij is de grondsoort (korrelgrootte, lutumfractie en organische stof- en vochtgehalte), de dikte van de op te brengen grondlaag en de verdichting daarvan. De beoordeling hiervan kan het best per geval en per locale situatie door een deskundige worden gegeven.

Is er een methodiek voor waardevaststelling denkbaar waarbij alle aspecten worden meegewogen ?
De waarde van bomen is vast te stellen. De Nederlandse Vereniging van Beëdigde Taxateurs van Bomen (NVBTB) heeft middels de methode Raad, versie 1999, richtlijnen opgesteld voor de waarde van en de schadebepaling aan bomen, te verkrijgen bij NVBTB, postbus 683, 7300 AK Apeldoorn. Dit geldt ook voor het bepalen van de eventuele handelswaarde of de vervangingswaarde. Deze methode wordt algemeen gebruikt voor bomen in het stedelijk groen. Voor bomen met primaire handelsdoeleinden, bosbomen en bomen in onteigeningsprocedures zijn er nog andere methoden.

Welke aspecten betrekt de Bomenstichting bij een individuele beoordeling?
Aspecten voor een individuele beoordeling zijn:

- de vorm en grootte van de boom
- de standplaats van de boom
- de mate waarin de boom beeldbepalend is, cultuurhistorisch van belang is of landschappelijk van belang is
- de conditie en levensverwachting van de boom
- de gezondheid van de boom, het voorkomen van schimmels op of nabij de stam en stamvoet.

Is een lijst met 'waardevolle/bijzondere boomtypen' versus 'algemeen voorkomende' boomtypen mogelijk ?
Algemeen voorkomende soorten zijn: populier, wilg, es, els, berk, haagbeuk, inlandse prunus, meidoorn, linde, zomereik, groene beuk. Minder voorkomende boomsoorten zijn tulpenboom, hemelboom, kleinbladige linde en boomels.

Zijn er boomsoorten die 'horen' bij dijken/kades ? Of boomtypen die (i.h.a.) grote landschappelijke waarde hebben ?
Veel gebruikte bomen op dijken en kades zijn populier, wilg, es, els, walnoot, hoogstamfruitboom en meidoorn.

Zijn struiken/struiktypen 'waardevol'?

Struiken en boomvormende struikvormen vormen een belangrijke historische of ecologische waardevolle aanvulling als dijkbeplanting. Zij kunnen in belangrijke mate de landschappelijke waarde van een dijkvlak bepalen. Door hun geringere hoogte zijn deze groeivormen minder gevoelig voor omwaaien en geven beschutting voor vee en passanten. Deze beplantingsvorm is goed te gebruiken in combinatie met grote bomen.

Welke gunstige invloeden kan een boom hebben ?
De gunstige invloeden van bomen en beplanting zijn:

- beschutting van bewoners, passanten of grazend vee tegen wind, regen en zon;
- demping van geluid;
- positieve invloed op de verkeersveiligheid: waar bomen staan wordt vaak minder hard gereden; wel kan er sprake zijn van een gevaar van afwaaiende takken op de weg;
- esthetische waarde (belevingswaarde): bomen kleden het landschap aan;
- bomen langs of op dijkakkers vormen ecologische verbindingszones voor planten en dieren.

8 Visie vanuit Landschap, Natuur en Cultuurhistorie

8.1 Inleiding

Aan het Bureau BRO is gevraagd een bijdrage te leveren aan het onderwerp 'Bomen op en nabij waterkeringen' vanuit de optiek van landschaps-, natuur- en cultuurhistorische waarden. Het bureau BRO heeft hier, onder andere bij dijkversterkingsprojecten, een ruime ervaring mee. De hoofdopzet van dit stuk is ontleend aan de Handreiking Inventarisatie en waardering van LNC-aspecten van de TAW. Desalniettemin is het mogelijk dat andere LNC-deskundigen (op onderdelen) een andere mening vertegenwoordigen.

8.1.1 Kom je aan waterkeringen dan kom je aan Nederland

Waterkeringen zijn van de Nederlanders

Nederland was grotendeels een moeras en om dat moeras toegankelijk te maken hebben onze voorouders en wijzelf overal waterkeringen aangelegd. Die waterkeringen compartimenteren het water zodat het moeras omgezet kan worden in land. De waterkeringen geven vervolgens toegang tot het land, het land dat wij het lage land noemen; Nederland.

Al bijna 1000 jaar zijn we eraan gewend geraakt dat we alleen gezamenlijk het moeras kunnen bevechten. Onze cultuur, als samenspel van gezamenlijke kennis, zeden en gewoonten, is diep verankerd met de ontginning van het moeras, en wij hebben een maatschappelijk geheugen over de waarde van waterkeringen.
Om het lage land te beheren hebben we organisaties opgericht, de waterschappen. Deze organisaties brachten doelgericht orde in onze samenleving en waren diep verankerd in onze cultuur, omdat zij ons gezamenlijk belang in het land beheerden.

Met de opkomst van de industriële samenleving aan het eind van de vorige eeuw ontstond er een scheiding in Nederland, de 'plattelanders' hadden nog direct belang bij het land, de stedelingen alleen indirect.
Aan het eind van deze eeuw is de scheiding bijna weer opgeheven want het land wordt weer belangrijk, ook voor stedelingen, niet alleen om te wonen maar meer algemeen als leefruimte. En er ontstaat een misverstand. De stedelingen praten over de waarde van bomen op waterkeringen en de waarde van oude gebouwen, zij lijken geen oog te hebben voor de waterhuishoudkundige waarde van waterkeringen. De waterschappen verzwaren waterkeringen en kappen bomen en praten vervolgens over een betere waterkering!

Kom je aan waterkeringen .....

8.1.2 Wat hoort wel en wat hoort niet bij een waterkering

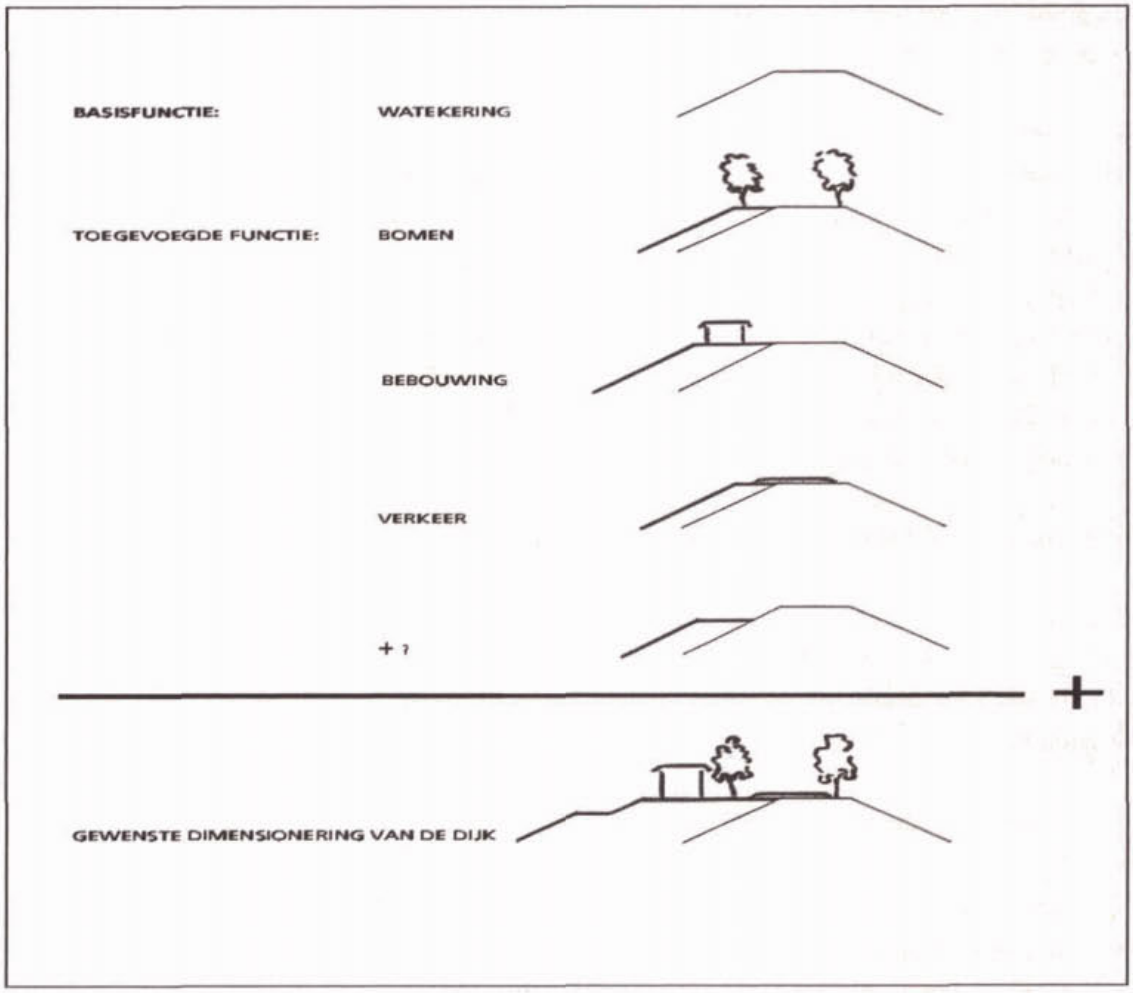
Het is verbazingwekkend om te zien hoe gemakkelijk een waterschap een waterkering met een kruin van 3 meter verbreedt met 4 meter om er een weg overheen te leggen en hoe moeilijk zij zo'n verbreding toepast om twee rijen bomen neer te zetten.

De functie van een waterkering
Waterkeringen zijn in delen van Nederland de 'ruggengraat' van het land, er staan huizen aan, de kavels zijn erlangs ontsloten, er liggen vaak wegen op, etc. Het reduceren van een waterkering tot alleen zijn waterkerende functie zou, met het introductieverhaal van dit hoofdstuk als basis, een breuk met het verleden zijn. En we doen dat dan ook niet. Meestal vinden we dat er, behalve een waterkerende functie, tenminste ook een ontsluitingsfunctie op ligt en soms gaan we verder daarin. Van alle denkbare functies van een waterkering is alleen de waterkerende functie essentieel, alle andere functies zijn keuzes die vanuit andere overwegingen naar voren komen. Andere functies kunnen als essentieel worden ervaren onder voorwaarde dat de veiligheid van de waterkering niet in het geding komt.

De dimensionering van een waterkering
De waterkering wordt gedimensioneerd naar aanleiding van het totaal aantal functies dat eraan gekoppeld wordt. De zuinigste dimensionering is de waterstaatkundige. Het is praktijk geworden alle verruimingen van de dimensionering als 'extra' te beschouwen.
Het zou beter zijn wanneer eerst in kaart zou worden gebracht welke functies en ruimtelijke doelen de waterkering moet vervullen, en vervolgens de waterkering op die functies te dimensioneren én te construeren.
In deze gedachtelijn kan een rij bomen op de kruin van een waterkering net zo'n wezenlijk onderdeel worden van die waterkering als een 7 meter brede weg, en hoeven 'vreemde objecten' niet meer als kunstmatig aanhangsel van de waterkering te worden beschouwd.

Foto: Na de aanleg van de stormvloedkering was de waterkering langs de Hollandse IJssel overgedimensioneerd. Dit opende destijds de weg voor extra functies langs de dijk

Foto: Een waardevolle boom op de waterkering die als 'vreemd object' is behandeld.



Figuur: overzicht van mogelijke functies van een waterkering

8.1.3 Waardering in hoofdlijnen, LNC

Waarde + waarde = waardevoller

Voor ons doel is het bruikbaar om twee fundamenteel verschillende vormen van waarde te onderscheiden:

- Economische/functionele waarde
- Ruimtelijke waarde

Beide vormen van waarde zijn geen vaststaand gegeven, ze zijn aan voortdurende verandering onderhevig

De economische/functionele waarde

Deze vorm van waarde is in geld uit te drukken. Er wordt keihard over onderhandeld. Als bijvoorbeeld de functionele waarde vermindert (neem bijvoorbeeld een pand dat tijdens een dijkversterking in het geding komt) dan komt er onmiddellijk een prijskaartje aan te hangen. De onderhandeling over deze waarde is een 'markt' onderhandeling, alles heeft zijn prijs en ieder

probleem is principieel te compenseren met geld. De belanghebbenden roeren altijd hun mond en proberen er het meeste uit te slepen. Maar niemand hoeft er bang voor de zijn dat deze waarde zomaar verdwijnt.

Ruimtelijke waarde

Deze vorm van waarde is niet in geld maar in maatschappelijk belang uit te drukken. Ook hier wordt intensief over onderhandeld en de waarde is bepaald wanneer verschillende partijen elkaar gevonden hebben in een redelijke en begrijpelijke afweging van belangen. Net als bij de economische waarde moeten er mensen in de samenleving zijn die zich hard maken voor deze vorm van waarde, want alle vormen van waarde bestaat bij de gratie van het belang dat eraan gehecht wordt. De ruimtelijke waarde is niet in geld uit te drukken, maar wel de benodigde inspanning om die waarden te continueren zonder afbreuk te doen aan de primaire eisen aan de waterkering. Dit is dus een beleidsmatige afweging.

Waarde bestaat dus niet op zich maar ontstaat doordat zij toegekend wordt.

Ruimtelijke waarden die we als samenleving belangrijk vinden zijn landschap, natuur en cultuurhistorie, oftewel LNC-aspecten. Door de TAW is een handreiking 'Inventarisatie en waardering LNC-aspecten' uitgegeven waarin de definities van deze begrippen en de waarderingscriteria zijn aangeven:

Voor **landschap** zijn die waarderingscriteria:

- Samenhang tussen de waarneembare elementen en patronen
- Samenhang tussen vorm en functie
- Afleesbaarheid van het natuurlijk systeem
- Afleesbaarheid van de ontwikkelingsgeschiedenis
- Visuele samenhang.

Voor **natuur** (te onderscheiden naar soortniveau en ecosysteemniveau) zijn de criteria

- Kenmerkendheid
- Zeldzaamheid
- Diversiteit
- Kansrijkheid
- Vervangbaarheid

Voor **cultuurhistorie** (te onderscheiden in archeologie, historische geografie, bouw- en kunsthistorie en 'geschiedenis van de plek') zijn de criteria:

- Zeldzaamheid
- Authenticiteit
- Samenhang
- Kenmerkendheid
- Symboliek

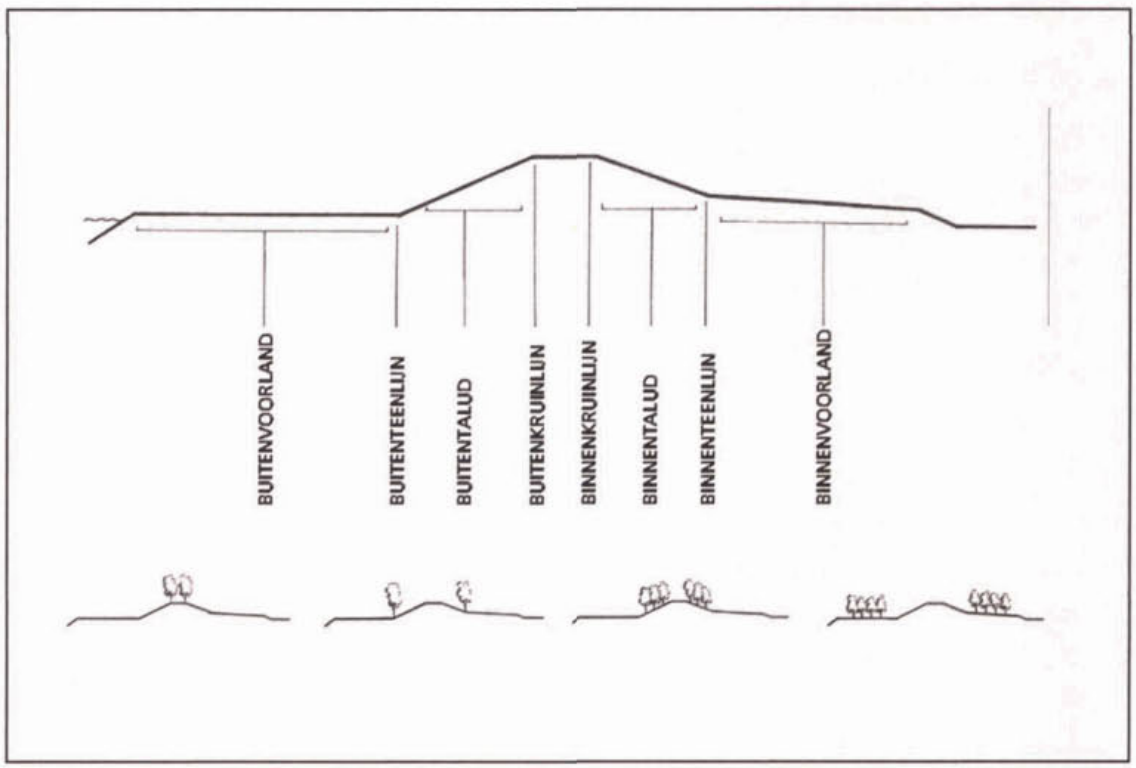
8.2 Aspecten van bomen op waterkeringen

8.2.1 Het dwarsprofiel

Bij primaire waterkeringen maakt het erg veel uit op welke plek in het dwarsprofiel de boom staat. We onderscheiden:

- Buitenvoorland
- Buitenteenlijn
- Buitentalud
- Buitenkruinlijn
- Binnenkruinlijn
- Binnentalud
- Binnenteen
- Binnenvoorland

Vooral voor landschap en cultuurhistorie komt dit heel precies omdat bomen met een doel op een bepaalde positie in het profiel geplaatst zijn.
De vorm van een boezemkade is minder uitgesproken, de kade is klein t.o.v. de boom. We spreken dan ook over bomen op boezemkades



Figuur: De relevante plaatsen in het dwarsprofiel

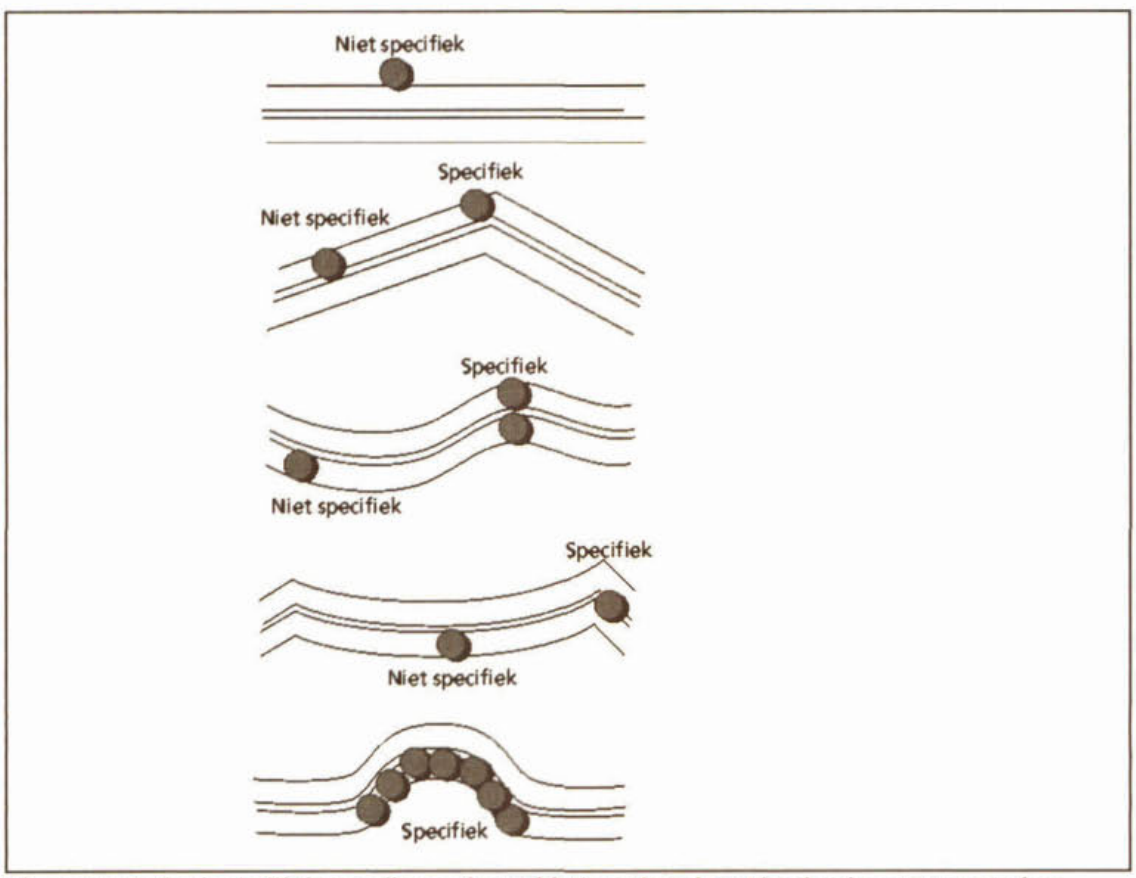
8.2.2 De belijning van de waterkering

Bomen spelen een visueel spel met de lijn van de waterkering.
Voorbeelden zijn:

- Poorteffect: bomen in binnenbocht zodat het vervolg van de waterkering niet zichtbaar is (soms kan één boom dit veroorzaken, soms een groep, soms bomen op een toerit, soms een bos.
- Tunneleffect: bomen aan beide zijden die het beeld van de waarnemer gevangen houden binnen de rij

De kracht van dit visuele effect hangt af van verschillende variabelen: vanuit welk punt is de waarneming, waar staat de boom precies in het dwarsprofiel, op welke manier worden zichtlijnen beïnvloed door de boom, hoe groot is de boom in relatie tot de waterkering, hoe bijzonder en hoe krachtig is de belijning van de waterkering etc.
Relevante waterkeringbelijningen in dit verband zijn:

- De rechtstand
- De knik in de waterkering
- De golvende waterkering
- De schaardijk (alleen de primaire waterkering)
- De omleidingswaterkering

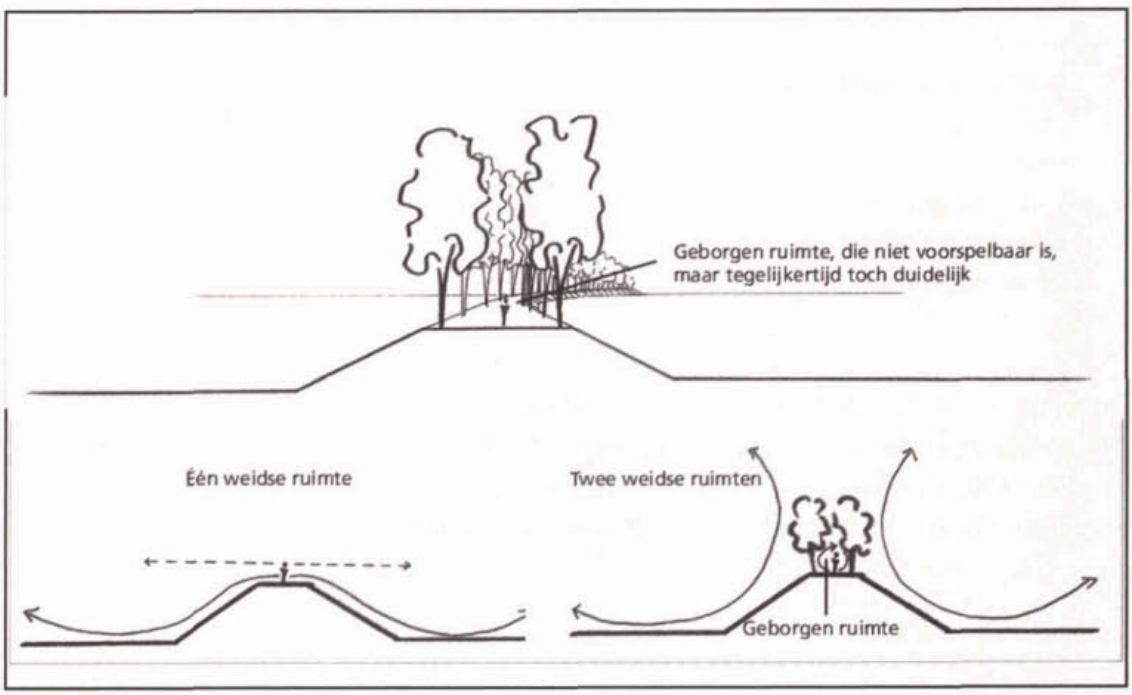


Figuur: waterkeringbelijningen die een bepaald visueel spel met beplantingen veroorzaken.

8.2.3 Het ruimtelijke effect van de boom

In ons platte land hebben dijken en kades een zeer sterk ruimtelijk effect, vooral als ze wat hoger zijn (boven 1,5 meter).

Het meest dramatische is de waarneming vanaf de waterkeringkruin, maar ook bij de waterkeringvoet kan het ruimtelijke effect zeer sterk zijn. Bomen hebben een enorme invloed op die waarneming.



Figuur: analyse van de ruimtevorming in het dwarsprofiel

8.2.4 De omgeving van de waterkering

Omdat waterkeringen de ruggengraat zijn van grote delen van het Nederlandse landschap, zijn ze een essentiële bouwsteen. Bomen op waterkeringen maken de ruggengraat zichtbaar of beter zichtbaar (afleesbaar).

De samenhang tussen de waterkering en de andere bouwstenen van het landschap is maatgevend voor de mate waarin de waterkering daadwerkelijk een ruggengraat is.

Die samenhang kan direct of minder direct zijn [1]bijvoorbeeld:

- Een schaardijk heeft een directe samenhang met de rivier, net als veel boezemkades een directe samenhang hebben met een waterloop.
- Een rivierdijk met voorland heeft vaak een minder directe samenhang met de rivier.

Bouwstenen van het landschap waarmee waterkeringen een directe ruimtelijke samenhang kunnen hebben:

- Waterlopen
- Woningen
- Boerderijen
- Nederzettingen
- Wielen
- Strangen
- Oeverlijnen van andere wateren
- Verkavelingen
- Wegen
- Verdedigingswerken
- Landgoederen (huis/ kasteel met park)
- Hoogwatervrije terreinen
- Etc.

De betekenis van de waterkering als ruggengraat van het landschap neemt toe naarmate die waterkering meer directe samenhang heeft met andere bouwstenen van het landschap. In die gevallen geldt, als vuistregel, dat de afleesbaarheid van het landschap groter wordt als er bomen gekoppeld zijn aan de waterkering (zie ook: beoordelen van de mogelijkheden van nieuwe bomen: de invloed van concepten)

[1] Het gaat hier over de overeenstemming tussen verschillende patronen, b.v. het patroon van de bomen, de waterkering en een waterloop. Patroon is daarbij gedefinieerd als de ruimtelijke verdeling over een bepaalde categorie landschapselementen in het platte vlak. Hoe meer deze patronen op elkaar lijken hoe directer de samenhang is.

Foto: Kade in de Alblasserwaard met verschillende bomen op de kade

De volgende zaken hangen samen: de waterloop, de kade, het pad op de kade, de toegangen naar de kavels en de hekken op de waterkering. In de wijde omgeving is er geen sterker ruimtelijk element met meer samenhang. Bomen op de kade zijn dus waardevol ook al betreft het hier een ratjetoe van soorten

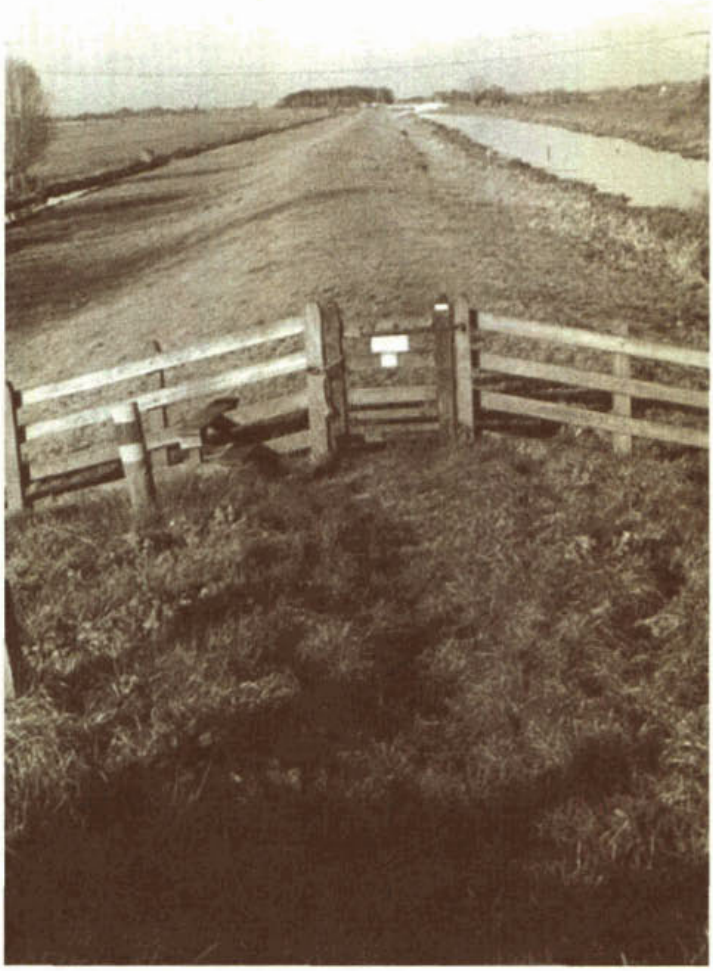


Foto: bijschrift: Deze zijdvang hangt alleen samen met de verkaveling. Vlakbij is de waterkering van de Hollandse IJssel die zeer veel samenhang vertoont. Bomen op de zijdvang zijn niet nodig. Het is zo goed.

8.3 Beoordeling van bestaande bomen

Ten behoeve van de afweging voor het behouden van bestaande bomen dienen ze gewaardeerd te worden (zie 8.1.3).
Bij de beoordeling van bestaande bomen is de **individuele boom uitgangspunt**. De beoordeling vindt plaats op de volgende drie schaalniveaus:

1. De boom zelf
2. De boom op zijn plek
3. De boom als onderdeel van zijn omgeving

De context van de boom wordt belangrijk naarmate het schaalniveau hoger is. Meestal wordt daarmee de beoordeling ook complexer. In dit hoofdstuk zal dit tot uiting komen in de beschrijvingen bij de verschillende beoordelingsdeterminanten.
De opbouw van het hoofdstuk is als volgt:

- De drie schaalniveaus worden na elkaar besproken;
- Per schaalniveau volgt voor alle drie de LNC-aspecten een aparte paragraaf;
- Per aspect worden de beoordelingsdeterminanten genoemd;
- Per beoordelingsdeterminant volgt een beschrijving die uitmondt in een conclusie over wat waarde heeft.

8.3.1 De boom zelf

8.3.1.1 Technische criteria (Bomenstichting)

Determinanten op dit schaalniveau voor dit aspect:

- Leeftijd,
- Toestand,
- Toekomstwaarde,

Leeftijd
Leeftijd is bij bomen een positieve waarde. Een boom die een grote ouderdom heeft bereikt is waardevoller dan een jong boompje.

Conditie
De beoordeling van de conditie is een momentopname. De boom kan zich tijdelijk in een matige conditie bevinden, maar kan zich - al dan niet met behulp van boomverzorgingsmaatregelen – herstellen. Bij de beoordeling wordt gekeken naar de kroonopbouw, de takbezetting, de lengte van nieuwe scheuten, de bladbezetting, de knopvorming en de eventuele aanwezigheid van ziekten en aantastingen (insecten, schimmels). Daarnaast wordt gekeken naar aantastingen op stam en stamvoet en indicatoren die kunnen duiden op wortelsterfte. Indien een boomdeskundige constateert dat de boom in een onomkeerbaar slechte conditie verkeert, moet deze inschatting zwaar meewegen in de uiteindelijke beoordeling of de boom al dan niet verwijderd moet worden.

Toekomstwaarde

Bomen die nog lang te gaan hebben zijn waardevoller dan bomen die hun verwachtte levensduur naderen. In de tabel op bladzijde 52 en 53 is de gemiddelde levensverwachting gegeven. De levensverwachting is echter mede afhankelijk van de standplaats. De grondsoort, de grondwaterstand en de windbelasting spelen een prominente rol. Een els op veen met een hoge grondwaterstand zal gemiddeld minder oud worden dan dezelfde boomsoort op een humusrijke zandgrond. Vooral bij bomen die drogere groeiplaatsen gewend zijn speelt dit een belangrijke rol. Zo worden eiken, platanen, beuken en andere soorten in het westen van Nederland (hogere grondwaterstand) aanmerkelijk minder oud dan dezelfde boomsoorten in het oosten. De levensverwachting per boomsoort is indicatief; veel belangrijker is de levensverwachting van die specifieke individuele boom.

8.3.1.2 Landschap

Determinanten op dit schaalniveau voor dit aspect:

- Beeld
- Kenmerkendheid (soort)
- Zeldzaamheid

Beeld

Het beeld kan het best worden beschreven door de boom op een foto te zetten. De waardering vindt plaats met woorden die een gevoel uitdrukken zoals 'statig', 'markant', 'doorleefd'. Hoe sterker die gevoelens rond de boom zijn hoe waardevoller de boom.
Deze waardering is subjectief, en levert daarom vaak problemen op. Een subjectieve beoordeling door een persoon die sterk bevooroordeeld is over wat hij ziet, is zinloos. Bijna ieder waterkeringbeheerder is bevooroordeeld omdat hij al de problemen (technisch, beheersmatig, vanuit veiligheid etc.) rond de boom te goed kent.
Voor technische mensen is de term 'subjectief' vaak synoniem met 'niet van betekenis'. Dit is jammer, een subjectief oordeel dat algemeen gevoeld wordt is net zo belangrijk als welk objectief oordeel dan ook.

- Waarde heeft: een boom die emoties oproept.

Kenmerkendheid (soort)

Kenmerkendheid ontstaat omdat soorten specifiek aan bepaalde groeiplaatsomstandigheden zijn aangepast of omdat soorten zijn opgenomen in enig functioneel systeem.
Beide vormen van kenmerkendheid komen voor bij waterkeringen zoals:

- Hoogstamfruitbomen op de waterkering omdat de drogere grond hier betere omstandigheden biedt;
- Elzen in het voorland van een verdedigingswerk zodat het maken van loopgraven moeilijker wordt.
- Begin deze eeuw werden veel Nederlandse dijken met iepen beplant. Deze multifunctionele gebruiksboom kan bijna nergens anders planmatig aangeplant worden.

De volgende soorten zijn kenmerkend voor waterkeringen (samenhang tussen waterkeringen en boomsoorten).

Bij primaire waterkeringen, op de waterkering:

- Aesculus hippocastanum (Paardekastanje)
- Tilia x europea (Hollandse linde)
- Juglans regia (Walnoot)
- Populus x canadensis (alle cultivars) (Canadese populier)
- Ulmus x hollandica (geen moderne cultivars) (Hollandse iep)
- hoogstamfruitbomen

Bij primaire waterkeringen, buitendijks

- soorten uit vorige lijst op hogere delen
- Salix (diverse soorten) (wilg)
- Crataegus monogyna (meidoorn)
- Populus (diverse soorten) (Populier)
- Alnus glutinosa (Zwarte els)

Bij primaire waterkeringen, binnendijks

- sterk afhankelijk van functie maar meestal uit bovenstaande lijst + lijst bij hoge terreinen
- Leilinde (Tilia x europea, alleen waaiervormige snoeivorm)
- Fraxinus excelsior (zowel de natuurlijk vorm als cultivars) (es)

Bij boezemkades, op de waterkering:

- Salix alba (Knotwilgen)
- Alnus glutinosa (Zwarte els)
- Salix alba (schietwilg)
- Populus (diverse soorten) (Populier)

Fraxinus excelsior (vooral de natuurlijk vorm) (es)

Bij toegangen (opritten) naar de primaire waterkeringen en bij aan de waterkering grenzende hoge terreinen

- Aesculus hippocastanum (Paardekastanje)
- Tilia x europea (Hollandse linde)
- Juglans regia (Walnoot)
- Ulmus x hollandica (geen moderne cultivars) (Hollandse iep)
- hoogstamfruitbomen
- Quercus robur/ petrea (zomereik/ wintereik)
- Fagus sylvatica (Gewone beuk)
- Fagus sylvatica 'Purpurea' (Bruine beuk)
- Platanus acerifolia (plataan)

‣ Waarde heeft: een boom die kenmerkend is voor zijn plek

Zeldzaamheid
Sommige soorten waren kenmerkend maar zijn of beginnen zeldzaam te worden:
- Ulmus x hollandica (geen moderne cultivars) (Hollandse iep) (zeer zeldzaam)
- Crataegus monogyna (meidoorn) (vooral als haag)
- hoogstamfruitbomen

‣ Waarde heeft: een boom die zeldzaam is

Een volwassen Hollandse iep, die nog gezond is, op de kruin van een primaire waterkering haalt een maximale score (die nog verhoogd kan worden als hij op de andere aspecten ook hoog scoort).

8.3.1.3 Natuur

Determinanten op het schaalniveau van de boom voor dit aspect:
- de mate waarin de boom zelf een biotoop is
- is de boom interessant als genenbron

De mate waarin de boom zelf een biotoop is
(niet hier uitwerken, algemene criteria)

‣ Waarde heeft: een boom die zelf een biotoop is voor andere dieren en planten

Is de boom interessant als genenbron
(niet hier uitwerken, algemene criteria)

‣ Waarde heeft: een boom die als een locale genenbron kan fungeren

8.3.1.4 Cultuurhistorie

Determinanten op het schaalniveau van de boom voor dit aspect:
- Vaste culturele betekenis van de soort
- Geschiedenis van de boom

Vaste culturele betekenis van de soort
Een linde is vaak een markeringsboom

‣ Waarde heeft: een linde die een markeringsboom is

Geschiedenis van de boom
Sommige bomen zijn met opzet op een bepaald moment geplant (kroning etc.) of spelen een rol in de geschiedenis van een plek.

‣ Waarde heeft: een boom met een geschiedenis (bijvoorbeeld een linde)

8.3.2 De boom op zijn plek

8.3.2.1 Landschap

Determinanten op dit schaalniveau voor dit aspect:

- De mate waarin het beeld van de plek wijzigt door het verwijderen van de boom
- De plaats van de boom op het dwarsprofiel
- De mate waarin de plaats van de boom reageert op de lijn van de waterkering
- De mate waarin de boom hoort bij een ander element op of aan de waterkering
- De mate waarin de boom als solitair spreekt
- De omvang van de boom ten opzichte van de omvang van de waterkering

De plaats van de boom op het dwarsprofiel
Bij primaire waterkeringen zijn er gewoonlijk zeer markante punten van het dwarsprofiel: de buitenteenlijn, de buitenkruinlijn, de binnenkruinlijn en de binnenteenlijn. Een boom die op een van deze vier punten staat heeft een uiterst sterke samenhang met zijn plek. Een plaats op de kruin scoort daarbij nog hoger dan aan de binnenteen, vooral ook omdat de waarnemer daar vaak dichtbij staat.

- Waarde heeft: een boom op de kruinlijnen en de teenlijnen (primaire waterkering)

De vraag is of de boom deze plaats behoudt bij aanpassing van de waterkering.

- Waarde heeft: een boom die zijn plaats op de kruin- of teenlijnen behoudt na aanpassing van de waterkering (primaire waterkering)

De mate waarin de plaats van de boom reageert op de lijn van de waterkering
Een individuele boom speelt altijd een visueel spel met de lijn van de waterkering. Soms is dit spel specifiek voor een waterkeringbelijning, bijvoorbeeld wanneer deze in een binnenbocht staat, of bij een knik in de waterkering.
Dit effect speelt zowel bij primaire als boezemkades maar over het algemeen alleen als er een weg of een pad op de dijk of kade ligt.

- Waarde heeft: een boom die de waarneming van de waterkering interessanter maakt doordat hij specifiek reageert op de lijn van de waterkering

De mate waarin de boom hoort bij een ander element op of aan de waterkering
Staat de boom bij een huis, een dijkstoep, een hek, een oprit of een coupure? Zeker wanneer dergelijke elementen bij de waterkering 'horen' (zie ook paragraaf 1.3) versterkt een boom over het algemeen de samenhang en de afleesbaarheid.

- Waarde heeft: een boom bij een kenmerkend element aan de waterkering

Vervolgens kan een boomsoort ook nog eens specifiek bij zo'n element horen bijvoorbeeld: een walnoot en een hoogstamfruitboom op het binnentalud bij een boerderij

een leilinde aan de zuidkant voor een woning
knotwilgen rond een wiel
elzen langs het water etc.

- Waarde heeft: een boomsoort die past bij een kenmerkend element aan de waterkering

De mate waarin de boom als solitair spreekt
Sommige markante bomen zijn vooral belangrijk doordat ze alleen staan.

- Waarde heeft: een boom die als solitair spreekt (geen duidelijke algemene waardering mogelijk)

De omvang van de boom ten opzichte van de omvang van de waterkering
Er moet een zekere mate van evenwicht zijn tussen de maat van de boom enerzijds en de maat van de waterkering anderzijds. Een boom is echter niet snel te klein of te groot. Bij primaire waterkeringen kan het voorkomen dat een boom te klein is (knotwilg) en niet meer past bij een verbeterde waterkering, bij boezemkades kan het omgekeerde voorkomen (Canadese populier op zeer kleine kade)

- Waarde heeft: een boom die qua maat past bij de waterkering. (geen duidelijke algemene waardering mogelijk)

8.3.2.2 Natuur

Determinanten op het schaalniveau van de boom op zijn plek voor dit aspect:
- kenmerkendheid

Kenmerkendheid
In een veengebied
De waterkering biedt droge en stevige standplaats wanneer het om een waterkering in een overigens natte omgeving gaat. Andere soorten worden daardoor mogelijk. Vooral van belang voor diepwortelende, grote soorten in het veengebied.

- Waarde heeft: een, binnen het overheersende locale ecosysteem, afwijkende soort die het bestaande ecosysteem verrijkt.

Boom op buitendijks voorland bij primaire waterkeringen
Resistentie tegen periodieke overstroming (variabelen: overstromingsmoment, periode frequentie). In afnemende volgorde van resistentie: wilg, zwarte populier, Canadese populier, els, noot, fruitboom, kastanje.

- Waarde heeft: een boom die precies is afgestemd op de overstromingkenmerken van de plek.

8.3.2.3 Cultuurhistorie

Determinanten op het schaalniveau van de boom op zijn plek voor dit aspect:

- symbolische betekenis
- onderdeel van historisch-geografisch systeem

Symbolische betekenis
Veel bomen op waterkeringen verwijzen naar het verleden, bijvoorbeeld omdat ze bij een gebouw stonden dat is gesloopt, bij een veerstoep, bij een drenkplaats etc. of omdat ze deel uitmaakten van een vroeger functioneel systeem (knotwilgen, meidoornhagen, hoogstamfruitbomen)

Onderdeel van historisch-geografisch systeem
In principe heeft iedere boom op de kruin van een primaire waterkering een cultuurhistorische waarde. De discussie over het al dan niet planten van bomen op waterkeringen is een historische discussie waaruit in verschillende perioden verschillende conclusies zijn getrokken. Zo werden in de eerste helft van de vorige eeuw in bijna geheel Nederland planmatig alle primaire waterkeringen beplant.

- Waarde heeft: een boom die verwijst naar een element of een gebruik uit het verleden.
- Waarde heeft: een boom op de kruin van een primaire waterkering

8.3.3 De boom als onderdeel van zijn omgeving

Staat de boom in:

- Een rij, (gelijke soort, gelijke maat, gelijke afstand)
- Een lijn (wisselende soort en/of wisselende maat en/of wisselende afstand)
- Een groep (bv boomgaard, erf, wiel, hoog voorland)
- Een bos (of bosje)

dan moet de boom ook in de context van de omgeving beoordeeld worden.

8.3.3.1 Landschap

Op dit schaalniveau moet een onderscheid gemaakt worden naar

- De mate waarin het beeld van een gebied wijzigt door het verwijderen van een boom
- Bomen die in het lichaam van de waterkering staan (tenen, taluds, kruin)
- Bomen die op kruisende lijnen staan (binnen-buiten relaties)
- Bomen die naast de waterkering staan

Determinanten op dit schaalniveau voor dit aspect:
als basis moet worden bepaald:

- De mate waarin de waterkering deel uitmaakt van de omgeving, en al dan niet de 'ruggengraat van het landschap is.

Vervolgens kan worden bepaald:

- De mate waarin de boom op de waterkering bijdraagt aan het zichtbaar maken van de belijning van de waterkering
- De mate waarin de boom op de waterkering deel uitmaakt van een element naast de waterkering
- De mate waarin de boom een dwarsrelatie zichtbaar maakt
- De mate waarin de boom naast de waterkering deel uitmaakt van het element naast de waterkering

De mate waarin de waterkering deel uitmaakt van de omgeving, en al dan niet de 'ruggengraat van het landschap is.

Zoals in de inleiding is aangegeven zijn waterkeringen vaak de 'ruggengraat' van het landschap en maken bomen op waterkeringen deze ruggengraat beter zichtbaar. Dit is de belangrijkste mogelijke waarde van bomen op waterkeringen.

Daarom moet worden bepaald in hoeverre de dijk de ruggengraat vormt, waarbij het gaat over de precieze samenhang van verschillende patronen zoals in paragraaf 2.4 is uiteengezet.

De uitkomst van dit oordeel heeft belangrijke gevolgen voor de overige waarderingen.

- Waarde heeft: bomen die de lijn van een waterkering zichtbaar maken die de ruggengraat van het locale landschap vormt.

De mate waarin de boom op de waterkering bijdraagt aan het zichtbaar maken van de belijning van de waterkering.

Wanneer bomen op de waterkering in een rij of een lijn staan, wordt de belijning van die waterkering zeer sterk zichtbaar, vooral wanneer de bomen hoger zijn dan de waterkering en/ of dicht bij het waarnemingspunt staan.

Dit effect is het sterkste bij een rij bomen. Een rij bomen alleen als rij kan worden gezien als de bomen onderling een duidelijke samenhang vertonen. Variabelen zijn: soort, grootte, plaats op het dwarsprofiel, onderlinge afstand.

De plaats op het dwarsprofiel is vervolgens belangrijk, conform de waarde van een individuele boom op een waterkering.

- Waarde heeft: een boom op een waterkering die deel uitmaakt van een rij of een lijn.

De mate waarin de boom op de waterkering deel uitmaakt van een element naast de waterkering

De waterkering loopt vaak vloeiend over in het gebied eromheen. Bij landgoederen is de waterkering veelal een integraal deel van de inrichting. Bij boerderijen wordt een deel van de waterkering vaak als erf gebruikt en wielen en waterkeringen hangen zo sterk samen dat het een bijna niet los van het ander te zien is.

Als gevolg hiervan loopt beplanting nogal eens door van het voorland het talud op. Landgoedbosjes en hoogstamboomgaarden komen veelvuldig voor. Zeer vaak zijn dit oude en kenmerkende landschapselementen. Hun waarde kan sterk worden aangetast door het verwijderen van een deel van de beplanting.
Het belang van dit soort beplantingen hangt af van het belang van het locale landschap als geheel.

- Waarde heeft: een groep bomen op een dijk die deel uitmaken van een waardevol locaal landschap.

De mate waarin de boom een dwarsrelatie zichtbaar maakt
Met name bij primaire waterkeringen in het bovenrivierengebied zijn er veel binnen/ buitendijkse relaties. Niet zelden zijn deze ouder dan de waterkering. Bomen kunnen dergelijke dwarsrelaties zichtbaar maken.

- Waarde heeft: een rij of een lijn bomen die de binnen/ buitendijkse ruimtelijke relaties zichtbaar maakt.

De mate waarin de boom naast de waterkering een deel uitmaakt van het element naast de waterkering en de ruimtelijke relatie van dat element met de dijk
Wielen, strangen, boezemlanden, boomgaarden, bosjes, etc.. Al deze elementen langs de dijk kunnen beplanting erlangs hebben of bestaan uit beplanting. De waarde van de strip beplanting direct langs de dijk, waarover geoordeeld moet worden hangt globaal af van drie criteria:
1. In hoeverre is het landschap langs de waterkering waardevol
2. Hoe kwetsbaar is het beplantingselement voor het verwijderen van een strip
3. Hoe belangrijk is de afstand tussen de kruin van de waterkering en de beplanting.

Een toelichting op het eerste criterium voert te ver voor dit bestek. De kwetsbaarheid voor het verwijderen van een strook bestaande beplanting hangt sterk af van de omvang van het element. Het verwijderen van enkele procenten zal niet snel een probleem zijn maar het verwijderen van een randbeplanting langs een strang en de waterkering is zeer ingrijpend.

- Waarde heeft: een groep bomen die een essentieel deel uitmaken van een groter beplantingselement langs de dijk

Bij primaire waterkeringen is de afstand tussen de kruin en de beplanting vaak een groot probleem. De taluds zijn vaak groter dan boomkruinen en de ruimtelijke relatie tussen de waterkering en de beplanting wordt sterk aangetast door de beplanting nog verder terug te leggen. Het gaat dan om de ruimtelijke effecten in de lengterichting en de dwarsrichting die bij groepen bomen vaak zeer sterk zijn.

- Waarde heeft: een groep bomen die een ruimtelijk spel speelt met de waterkering.

8.3.3.2 Natuur

Determinanten op het schaalniveau, waarbij de boom een onderdeel van zijn omgeving vormt, voor dit aspect:

- Beïnvloeding ecologische relaties dwars op de dijk
- Beïnvloeding ecologische relaties lang de dijk

Beïnvloeding ecologische relaties

Een waterkering is een bijzonder biotoop omdat het hoog en, vooral de zuidhelling, warm en droog is. Deze bijzondere biotoop komt vooral tot zijn recht in de kruidenvegetatie.
Bomen op waterkeringen kunnen deze bijzondere biotoop verstoren als ze schaduw op de zuidhelling geven.
Aan de andere kant is een waterkering nogal een barrière tussen binnen- en buitendijks. Vooral wanneer er natte bosachtige omstandigheden aan weerszijden zijn kan een droge waterkering zo werken. Bomen kunnen dan de barrière helpen slechten.
Bij boezemkades ligt dit minder gevoelig (minder droog en hoog, vaak geen weg en raster op de waterkering)

- Waarde heeft: een groep bomen die een bijdrage levert aan ecologische relaties dwars op de waterkering.

Beïnvloeding ecologische relaties langs de dijk

Bij dit aspect moet een onderscheid gemaakt worden tussen beplanting langs en beplanting op de dijk.
Zo kan het voorkomen dat aan één zijde van de waterkering een doorgaande bos of bomenstrook staat. Deze strook kan continu of onderbroken zijn maar fungeert bij niet te grote onderbrekingen als ecologische verbindingszone.
Zeldzamer is een dichte beplantingsstrook op de waterkering over grote lengte. Als afwijkend biotoop kan de ecologische betekenis als verbindingszone zeer groot zijn vooral wanneer de waterkering een lager stuk tussen twee hoge gebieden beschermt. Bij primaire waterkeringen heeft de waterkering ook een potentieel als vluchtheuvel voor dieren.

- Waarde heeft: beplanting langs of op een waterkering die een ecologische verbindingsfunctie heeft.

8.3.3.3 Cultuurhistorie

Determinanten op het schaalniveau, waarbij de boom een onderdeel van zijn omgeving vormt, voor dit aspect:

- Onderdeel van historisch-geografisch systeem

Onderdeel van historisch-geografisch systeem

Bijna alle waterkeringen hebben een belangrijke historisch-geografische betekenis. Bij sommige daarvan is de aanwezigheid van bomen essentieel, zoals bij delen van de waterlinies. Bij andere is juist essentieel dat de waterkering niet beplant is.

Vooral bij verdedigingswerken in dijken werden bomen vaak als 'bouwmateriaal' gebruikt en zijn ze een essentieel deel van de constructie van het verdedigingswerk

- Waarde heeft: een boom die onderdeel is van een historisch geografisch systeem

8.3.4 Samenhang in de waardering

Een boom heeft vaak een aantal van bovenstaande waarden gelijktijdig. De totale waarde wordt niet bepaald door het aantal maar door de samenhang tussen de verschillende waarden. Hoe sterker die samenhang is hoe groter de waarde.

De volgende matrix vat de waarderingsdeterminanten samen die in dit hoofdstuk zijn genoemd, uitgesplitst naar primaire waterkering en boezemkade.
De waardebeoordeling kan met de volgende codes worden ingevuld:

X = van toepassing
-- = niet van toepassing

Beoordeling op het niveau van de boom zelf

Hoe waardevol is:	Waardeoordeel voor de primaire waterkering	Waardeoordeel voor boezemkade
• een boom die emoties oproept	X	X
• een boom die kenmerkend is voor zijn plek	X	X
• een boom die zeldzaam is	X	X
• een boom die als een locale genenbron kan fungeren	X	X
• een linde die een markeringsboom is	X	--
• een boom met een geschiedenis	X	X

Beoordeling op het niveau van de boom op zijn plek

Hoe waardevol is:	Waardeoordeel voor de primaire waterkering	Waardeoordeel voor boezemkade
• een boom op de kruinlijnen en de teenlijnen	X	--
• een boom die de waarneming van de waterkering interessanter maakt, doordat hij specifiek reageert op de lijn van de waterkering	X	X

‣ een boom bij een kenmerkend element aan de waterkering	X	X
‣ een boomsoort die past bij een kenmerkend element aan de waterkering	X	X
‣ een boom die als solitair spreekt	X	X
‣ een boom die qua maat past bij de waterkering	X	X
‣ een, binnen het overheersende ecosysteem, afwijkende soort die het bestaande ecosysteem verrijkt	X	X
‣ een boom die precies is afgestemd op de overstromingskenmerken van de plek	X	--
‣ een boom die verwijst naar een element of een gebruik uit het verleden	X	X
‣ een boom op de kruin van een primaire waterkering	X	--

Beoordeling op het niveau van de boom in zijn omgeving

Hoe waardevol is:	Waardeoordeel voor de primaire waterkering	Waardeoordeel voor boezemkade
‣ bomen die de lijn van een waterkering zichtbaar maken die de ruggengraat van het locale landschap vormt	X	X
‣ een boom op een waterkering die deel uitmaakt van een rij of een lijn	X	X
‣ een groep bomen op een dijk die deel uitmaken van een waardevol lokaal landschap	X	X
‣ een rij of een lijn bomen die de binnen/ buitendijkse ruimtelijke relaties zichtbaar maakt	X	--
‣ een groep bomen die een essentieel deel uitmaken van een groter beplantingselement langs de dijk	X	X
‣ een groep bomen die een ruimtelijke spel speelt met de waterkering	X	X
‣ een groep bomen die een bijdrage levert aan ecologische relaties dwars op de waterkering	X	X
‣ beplanting langs of op een waterkering die een ecologische verbindingsfunctie heeft	X	X
‣ een boom die een onderdeel is van een historisch geografisch systeem	X	X

8.4 Beoordeling van de wenselijkheid van nieuwe bomen

8.4.1 Waar nieuwe bomen?

Uit het vorige hoofdstuk blijkt nauwkeurig op welke plekken bomen waardevol zijn en welke bomen dat zouden kunnen zijn. Als geheel is dat hoofdstuk ook te lezen als een pleidooi voor waardevolle beplanting op dijken. Daarin is een groot aantal gradaties te maken variërend van het planten van een paar bomen op een op/afrit tot het aanleggen van een bos over de waterkering met als sublieme middenmoter, bomenrijen op de kruin van een waterkering.

Deze criteria kunnen ook gebruikt worden bij het beoordelen van vergunningaanvragen voor het aanbrengen van nieuwe beplanting. Dit heeft enigzins een ad-hoc karakter: er wordt alleen gereageerd op de omgeving. Het is ook mogelijk hier een actievere rol in te kiezen en van dit vraagstuk een beleidskwestie te maken.

Of er al dan niet bomen geplant worden is, zoals in paragraaf 8.2.1 wordt gesteld, afhankelijk van de functies van de dijk, waarbij alleen de waterkerende functie essentieel is. De vraag is nu welke functies, buiten de waterkerende, gewenst zijn.

Deze vraag kan alleen worden beantwoord door een integrale visie op de waterkering op te stellen, waarin wordt gekeken naar:

- De betekenis van de waterkering als ruimtelijk element in het plangebied:
- De betekenis van de waterkering in zijn directe omgeving:
- Het ontwerp van de waterkering zelf

De verschillende niveaus werken sterk sturend op elkaar. Zo werd in het proefproject Waardenburg bestuurlijk op het niveau van 'de waterkering in zijn omgeving' het landgoed Neerijnen hoog gewaardeerd. Vervolgens werd in het ontwerp iedere boom waardevol en werden kostbare kistdammen aangelegd. Wanneer echter de ruimte zou zijn gegeven om de rol van de waterkering in dat gebied op een hoger schaalniveau te definiëren waren andersoortige oplossingen tevens in aanmerking gekomen zoals een grootschalige reconstructie van het landgoed zelf.

Een dergelijke visie kan onder twee essentieel verschillende randvoorwaarden worden opgesteld:

- De huidige waterkering wordt niet structureel aangepast;
- De huidige waterkering wordt structureel aangepast.

In feite gaat het hier om beplantingsplannen voor waterkeringen zoals die voor de recent verbeterde primaire waterkeringen zijn opgesteld. Deze vertonen echter deels een incidenteel karakter.

8.4.2 De lange termijn

Een belangrijke bijkomende vraag is de lange termijnvraag. Een waterkering wordt gewoonlijk gedimensioneerd op de veiligheidsnormen van dit moment met de waterstandsgegevens van dit moment. De ervaring heeft geleerd dat waterkeringen regelmatig moeten worden aangepast en verzwaard. Over de termijn van de levensduur van een boom kan dat, afhankelijk van de soort, 0 tot 5 keer verzwaring betekenen, twee maal per eeuw voor de primaire waterkeringen, is geen onwaarschijnlijkheid.

Voorgesteld wordt als vuistregel te hanteren dat alleen een ruim overgedimensioneerde waterkering lang levende soorten bevat.

Bij boezemkades speelt dit probleem minder omdat de boomsoorten daar over het algemeen de minder oude zijn.

8.4.3 De rol van het concept in de beleidsvisie

In dit hoofdstuk is de waterkering in principe gezien als de 'Ruggengraat van een deel van het Nederlandse landschap[2]. Dat woord beschrijft op conceptueel niveau de betekenis van de dijk in Nederland waaraan vervolgens de rest van de tekst wordt opgehangen.

Twee andere belangrijke concepten zijn in de afgelopen tien jaar naar voren gekomen en volop gebruikt in de verbetering van de primaire waterkeringen, de 'scherpe grens' en de 'loper'. Wanneer wordt uitgegaan van een van deze concepten valt de beoordeling van beplanting op waterkeringen anders uit. De 'loper' bijvoorbeeld gaat uit van de waterkering als autonoom element in het landschap en, bijvoorbeeld, beplantingen die doorlopen op het talud horen daar niet bij.

De invloed van een concept is erg groot en waakzaamheid is geboden. Uiteindelijk gaat het erom dat de band tussen beheerder en publiek hersteld wordt. Een zorgvuldig omgaan met bomen op waterkeringen kan daarbij helpen.

[2] Er zijn uitzonderingen: zijdvang, Diefdijk, Afsluitdijk, etc.

Beoordeling op het niveau van de boom zelf				
Aspect	gewicht	Boezemkade (B) Primaire waterkering (P)	Score 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10	Beoordeling door: Beheerder (B) Specialist (S)
Leeftijd	1	B + P	◂ ▸ jonge aanplant — hoge ouderdom	B/S
Conditie	2	B + P	◂ ▸ onherstelbaar ziek — gezond	B/S
Toekomstwaarde	1	B + P	◂ ▸ korte restlevensverwachting — lange restlevensverwachting	B/S
Roept het beeld van de boom emoties op	2	B + P	◂ ▸ geen emoties — veel emoties	B/S
Is de soort kenmerkend voor z'n plek	1	B + P	▲ ▲ Kort levende soorten uit de lijst — lang levende soorten uit de lijst	B
Is de boom zeldzaam	1	B + P	▲ ▲ Meidoorn hoogstamfruitboom — iep	B
Is de boom zelf een biotoop	1	B + P	◂ ▸ niet rijk of specifiek — rijk/specifiek	B/S (ecoloog)
Is de boom een genenbron	2	B + P	◂ ▸ niet belangrijk — belangrijk	B/S specifieke boomdeskundige
Is het een linde en een markeringsboom	1	P	◂ ▸ 50 jaar — 100 jaar — 200 jaar of ouder	B/S (cultuurhistoricus)
Is het een boom met een geschiedenis	R	B + P	◂ ▸ geen — veel	B/S (cultuurhistoricus)

Gewichten
1 belangrijk
2 zeer belangrijk
R relatief, afhankelijk van andere schaalniveaus

Beoordelers
B/S globale inschatting door beheerder bij twijfel inschakeling specialist (type specialist benoemd)
Scores:
▲ verwijst naar specifiek punt op de scorebalk
◂ ▸ score nader te bepalen ergens op scorebalk

Beoordeling op het niveau van de boom op zijn plek				
Aspect	Gewicht	Boezemkade (B) Primaire waterkering (P)	Score 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10	Beoordeling door: Beheerder (B) Specialist (S)
Waar staat de boom op het dwarsprofiel	1	P	de boom staat op de teenlijn ... De boom staat op de kruinlijn	B
Behoud de boom de plek op het dwarsprofiel bij verbetering	1	P	nee ... ja	B
Reageert de boom op de lijn van de waterkering	1	B + P	niet specifiek ... specifiek	B/S (landschapsarchitect)
Staat de boom bij een kenmerkend element aan de waterkering	1	B + P	nee ... ja	B/S (landschapsarchitect of cultuurhistoricus)
Past de boomsoort bij dat element	1	B + P	nee ... ja	B/S (landschapsarchitect of cultuurhistoricus)
Past de boom qua maat en schaal bij de waterkering	1	B + P	nee ... ja	B/S (landschapsarchitect)
Verrijkt de boom het lokale ecosysteem	1	B + P	niet ... in hoge mate	B/S (ecoloog)
Is de boomsoort precies afgestemd op de overstromingskenmerken van de plek	1	P	niet ... zeer nauwkeurig	B/S (bomendeskundige)
Verwijst de boom naar een element uit het verleden	R	B + P	niet ... in hoge mate	B/S (cultuurhistoricus)
Staat de boom op de kruin van de waterkering	1	P	ja ... nee	B

Beoordeling op het niveau van de boom in zijn omgeving *				
Aspect	Gewicht	Boezemkade (B) Primaire waterkering (P)	Score 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10	Beoordeling door: Beheerder (B) Specialist (S)
Maakt de boom een belangrijke ordenende lijn zichtbaar(der)	1	B + P	nee ... in hoge mate	S (Landschapsarchtect)
Staat de boom in een rij of een lijn	1	B + P	nee ▲ een lijn ▲ een rij ▲	B
Maakt de boom deel uit van een waardevol lokaal landschap	1	B + P	nee ... in hoge mate	S (landschapsarchitect)
Maakt de boom de binnen-buitendijkse relatie zichtbaar(der)	1	P	nee ... in hoge mate	B/S (landschapsarchitect)
Is de boom essentieel voor een groter beplantingselement langs de dijk	1	B + P	nee ... in hoge mate	B/S (landschapsarchitect)
Levert de boom een bijdrage aan de ecologische relaties dwars op de waterkering	1	B + P	niet ... in hoge mate	S (ecoloog)
Maakt de boom deel uit van een ecologische verbinding langs de dijk	1	B + P	niet ... in hoge mate	S (ecoloog)
Is de boom onderdeel van een historisch-geografisch systeem	1	B + P	niet ... in hoge mate	S (cultuurhistoricus)

* de waardering op dit schaalniveau dient, voor de meeste aspecten, in principe in de vorm van een beleidsplan op voorhand aanwezig te zijn. In dat beleidsplan kan in zones worden aangegeven wat de waarde (aard en belang) van bomen in het algemeen in die zones is.

9 Veiligheidsaspecten

9.1 Inleiding

De methodiek om de veiligheid te beoordelen is voor boezemwaterkeringen niet gelijk aan die voor primaire waterkeringen, maar op grote lijnen ook niet geheel verschillend. Daarom worden eerst enkele algemene punten behandeld, zoals hoe de invloed van beplanting op de waterkerende functie in rekening kan worden gebracht. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt dit omgezet in de feitelijke normstelling, die uiteraard wel verschillend is.

Er zijn verschillen in de situatie bij boezemkaden en bij primaire waterkeringen:

- De aard van de hydraulische belasting is anders. Bij de boezemkaden is altijd een hoge waterstand aanwezig. Mocht er een afschuiving of omwaaien van een boom plaatsvinden, dan valt deze dus ook samen met de aanwezigheid van een waterstand waarbij inundatie op kan treden. Bij primaire waterkeringen is die correlatie veel minder direct. Bijvoorbeeld voor het bovenrivierengebied is de correlatie tussen een hoge waterstand en hoge windsnelheden minder sterk aanwezig. De kans dat omwaaien van een boom samenvalt met een hoge waterstand is dan ook klein. Langs de kust en het benedenrivierengebied kunnen hoge waterstanden en hoge windsnelheden wel gecorreleerd zijn.
- De afmetingen van boezemkaden zijn over het algemeen kleiner dan die van een primaire waterkering. Hierdoor is de schade bij ontwortelen van een boom in het dwarsprofiel relatief groter, en zal een afschuiving eerder leiden tot gevaar voor inundatie.
- De gevolgen van een inundatie zijn bij boezemkaden meestal veel minder dan wanneer een primaire waterkering bezwijkt omdat meestal de inundatiediepte minder is.
- Boezemkaden kunnen uit veen bestaan. Bij primaire waterkeringen komt dit niet voor.
- Bij primaire waterkeringen treden hoogwatercondities op in een periode dat de bomen niet-bladdragend zijn, en dus minder wind vangen. Bij boezemkades is altijd een hoge waterstand aanwezig, ook in de bladdragende periode. Hoog water op de boezem hangt direct samen met extreme neerslag, dat kan ook in het zomerseizoen optreden (bijvoorbeeld juni en september 1998).

De te beoordelen aspecten zijn:

- erosie
- macro-stabiliteit, zowel binnenwaarts als buitenwaarts
- piping
- micro-stabiliteit.

Deze worden in de volgende paragrafen eerst uitgewerkt. Hierna komt de feitelijke beoordeling. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

- beoordelen/toetsen van bestaande beplanting bij boezemkaden
- beoordelen van nieuwe beplanting bij boezemkaden
- beoordelen/toetsen van bestaande beplanting bij primaire waterkeringen
- beoordelen van nieuwe beplanting bij primaire waterkeringen

Toegankelijkheid bij extreme omstandigheden is in zekere zin ook een onderdeel van de mate van veiligheid. Dit wordt echter niet bij veiligheid behandeld (toegankelijkheid is geen faalmechanisme) maar bij beheer en onderhoud.

Verweking van de grond door een bewegende boom is ook wel genoemd als schademechanisme. Verweking verondersteld dat de grond is verzadigd met water, anders kunnen geen waterspanningen worden opgewekt. In normale omstandigheden bevinden de wortels zich echter boven de grondwaterspiegel. In bijzondere omstandigheden zou van verweking sprake kunnen zijn; bijvoorbeeld als door beweging van de wortels langs de wortels water in de grond kan toetreden, of als door extreme regenval de grondwaterspiegel sterk is gestegen. Toch wordt in dit rapport verweking niet als apart faalmechnisme behandeld. Dit heeft twee redenen. Een praktische reden is, dat hiervoor de kennis en de instrumenten ontbreken. De tweede reden is dat verweking van de grond op zich geen faalmechanisme is. Wel zal de boom eerder ontwortelen en is de kans op omwaaien groter geworden. Dit wordt daarom geacht te zijn verdisconteerd in de kans dat een boom omwaait.

9.2 Erosie

Voor het beoordelen van erosie is de plaats van de beplanting in het dwarsprofiel van belang. Onderscheid wordt gemaakt in:

- het voorland
- het buitentalud
- de kruin en het binnentalud
- de binnenberm en het achterland.

De vraag kan worden gesteld of de wortels van bomen en/of struiken een voldoende erosiebestendigheid geven. Dit wordt ook wel genoemd als één van de voordelen van beplanting. Hierover valt niet heel veel fundamenteels te zeggen. Uit observaties in de praktijk zou een beeld kunnen ontstaan waaruit zou blijken dat de bomen de grond bijeen houden, maar er is geen geval bekend waar ter plaatse van een boom geen erosie optreedt en aan weerszijden van deze plek wel. Van het omgekeerde zijn wel voorbeelden bekend: door de aanwezigheid van beplanting komt de grasmat minder tot ontwikkeling en rondom de boom kan sprake zijn van enige stroomconcentratie en extra turbulentie.
Uit theoretisch oogpunt kan worden verondersteld dat de wortels van een boom of struik minder fijnvertakt zijn dan de wortels van een grasmat. In kleiige bodems zal door uitdroging in de loop der tijd een bodemstructuur ontstaan. Deze structuurvorming bestaat er uit dat door uitdroging vochtspanningen in de klei ontstaan die de klei uiteen doet vallen in structuurelementjes (brokjes) die

qua ordegrootte een centimeter (sterk gestructureerd) tot een decimeter (matig gestructureerd) groot zijn. In sterk gestructureerde bodems, vooral nabij het oppervlak, zal de beworteling door bomen daarom mogelijk niet veel bijdragen aan de erosiebestendigheid. Dichter bij de grondwaterstand is de structuurvorming minder (en dus is de klei van zichzelf al minder erosiegevoelig) en kan de doorworteling van de structuurelementjes mogelijk wel een extra bijdrage aan de erosiebestendigheid leveren. De verwachting zou kunnen zijn dat erosie in klei een oppervlakkig verschijnsel is.
In zandige gronden kan weinig bijdrage van een grovere wortelstructuur aan de erosiebestendigheid worden verwacht.
Een ander voorbeeld waarin aan beplanting een gunstige invloed wordt toegekend, is als er een vrijwel aaneengesloten beplanting op het voorland aanwezig is, bijvoorbeeld rietkragen of grienden. In dat geval kan sprake zijn van een golfdempende werking, waardoor erosie van het buitentalud wordt voorkomen. Dit fenomeen speelt zeker een rol, maar als hieraan daadwerkelijk een functie wordt toegekend (het buitentalud zou zonder deze golfdempende werking onvoldoende erosiebestendig zijn) dan dient de beplanting deze functie onder maatgevende omstandigheden kunnen vervullen, en ook als element van de waterkering onderhouden en beheerd moeten worden.

Voorland

De aanwezigheid van beplanting kan, door een plaatselijk minder ontwikkelde grasmat, door stroomconcentratie en door extra turbulentie bij golfwerking, aanleiding zijn tot erosie rondom de beplanting. Ondanks de opmerking dat de wortels de grond juist kunnen samenhouden, is meermalen in de praktijk geconstateerd dat rondom bomen extra erosie optreedt. Ten aanzien van de mate van erosie kan op basis van de bestaande ervaring worden vastgesteld dat de invloed van beplanting op het erosieproces door stroomconcentratie en extra turbulentie bij golfwerking niet verder reikt dan enkele meters. Ook uit hydraulisch oogpunt is dat een geloofwaardige maat: stromingsconcentratie beperkt zich tot ongeveer twee maal de diameter van het omstroomde object. Enige schade is niet ernstig. Er kan een probleem ontstaan indien de erosie ernstiger vormen aanneemt en tot omvallen van de boom aanleiding geeft, al dan niet in combinatie met windbelasting. Ook dit hoeft nog geen probleem te vormen als de boom zo ver van de waterkering is verwijderd dat dit geen invloed heeft op de macrostabiliteit (zie paragraaf 8.3) of als de ontgrondingskuil geen afdekkende lagen doorsnijdt waardoor een kans op piping ontstaat (zie paragraaf 8.4).

Bij het beoordelen van erosie kan verder onderscheid gemaakt worden in de duur en de aard van de belasting en de hoogte van het voorland:

- bomen in een voorland met een hoogte boven de maatgevend hoogwater (MHW)-stand kunnen alleen worden belast door golfoploop.
- beplanting in een voorland beneden de MHW stand wordt belast door stroming en door golven. Er zal extra erosie op kunnen treden.
- in het voorland kan de erosie ten gevolge hebben dat de boom ontwortelt en omwaait of door stromingsdruk wordt omgeduwd. Er ontstaat een ontgronding die vervolgens in grootte toeneemt. In kleigrond speelt dat in beperkte mate, in zandige grond kan dit grotere problemen geven.

Buitentalud

Erosie is vooral een probleem bij beplanting in het buitentalud en in het voorland op korte afstand van de buitenteen. Het aanbrengen, cq. handhaven van beplanting in deze zone is daarom niet wenselijk. Dit houdt niet in dat beplanting hier per definitie ontoelaatbaar is, maar wel dat bij de waterstaatkundige beoordeling het effect van erosie moet worden verdisconteerd. Na afloop van hoogwaters wordt vaak geconstateerd dat rond beplanting in een buitentalud erosieschade is ontstaan in een overigens schadevrij talud.

In het buitentalud kan extra erosie rondom bomen ontstaan en als de boom door de hydraulische belasting en de windbelasting omgaat, zal een ontgronding optreden. In een dijk die bestaat uit een zandkern met een klei-afdekking zal duidelijk zijn dat dit niet toelaatbaar is. In een kleidijk op een relatief beschermde locatie (weinig stroming en lage golfhoogte) met een ruim profiel kan dit wellicht aanvaardbaar zijn, maar over het algemeen zal deze situatie als een risicofactor moeten worden aangemerkt die bij hoge waterstanden extra bewaking nodig heeft, en weinig aanbevelenswaardig moet worden geacht. Daarom is het bij het beoordelen van een bestaande situatie te overwegen bij zeer waardevolle bomen een gedegen onderzoek naar de mogelijke gevolgen van erosie uit te voeren. Bij nieuw aan te leggen beplanting is het uit oogpunt van erosie niet aan te raden beplanting in het buitentalud te tolereren.

Lage bomen en struiken zorgen er voor dat een grasmat zich minder kan ontwikkelen. Hierdoor kan ook eerder afkeuren van de grasbekleding volgen. Ook dit kan een overweging zijn om beplanting op het buitentalud te weren.

Kruin en binnentalud

Ten gevolge van de aanwezigheid van beplanting op de kruin en in het binnentalud kan alleen erosie optreden als er een overslagdebiet groter dan 0,1 l/s/m' is te verwachten. Is dat niet het geval, dan kan de beplanting voor wat betreft het aspect erosie zonder meer worden goedgekeurd.

Bij een groter overslagdebiet wordt de bekleding van de kruin en het binnentalud belast door overstromend en overslaand water. Rondom de beplanting vindt concentratie van de stroming plaats en kan extra turbulentie optreden.
De aanwezigheid van beplanting verstoort door schaduwwerking vaak het ontstaan van een goede grasmat. Onder lage, bladrijke struiken is de grond kaal. Rondom bomen in beweide dijken en kades zijn kale plekken te vinden, doordat vee hier beschutting zoekt.
Deze combinatie van extra belasting en minder goede grasmat zorgt ervoor dat er rondom beplanting extra erosie plaats kan vinden.

Binnenberm en achterland

Beplanting op de binnenberm en in het achterland zal uit oogpunt van erosie niet snel een probleem opleveren. Een deel van het overslaand water zal in het binnentalud infiltreren, de stroomsnelheid van het overslaand water neemt af door wrijving met het binnentalud en de berm en het achterland hebben hooguit een flauw aflopend talud, waardoor de stroomsnelheid nog verder afneemt.

9.3 Macrostabiliteit

De macrostabiliteit (het ontstaan van grootschalige glijvlakken in de ondergrond) kan op drie manieren door de aanwezigheid van beplanting worden beïnvloed:

- het gewicht van de beplanting. Dit kan zowel de gunstige kant uitwerken als de ongunstige kant.
- windbelasting die via de beplanting op de grond wordt overgedragen.
- ontgronding als de boom omwaait.

Gewicht en windbelasting

In het geval de beplanting niet omwaait maar blijft staan moet rekening worden gehouden met windbelasting en met het gewicht van de beplanting. In hoofdstuk 7 is een lijst van de Bomenstichting opgenomen met boomsoorten die minder gevoelig zijn voor windworp.
Het gewicht van beplanting kan redelijk worden geschat aan de hand van de afmetingen en het soortelijk gewicht van verschillende soorten hout.
Het polytechnisch zakboekje geeft als soortelijke gewichten voor hardhout 800 kg/m^3 en 500 kg/m^3 voor naaldhout. Tabel 3.2 van het Polytechnisch Zakboek van het hoofdstuk over hout (materialen, bladzijde 418 van de 41ste druk) geeft meer informatie over de soortelijke massa per houtsoort.
Het gewicht wordt alleen beschouwd als dit de ongunstige kant uitwerkt. Een eventueel gunstig effect kan beter worden genegeerd, want onder maatgevende condities kan de boom omwaaien en worden verwijderd, of worden omgezaagd om de toegankelijkheid te vergroten.

In hoofdstuk 6 is een frequentieverdeling voor de windsnelheid opgenomen. In de leidraden voor bovenrivieren en benedenrivieren zijn eveneens frequentieverdelingen per windrichting gegeven. Deze zijn bruikbaar als de wind specifiek uit een bepaalde richting moet waaien wil er sprake zijn van een ongunstige invloed. Als de windrichting niet uitmaakt, en dat is bij ontwortelen het geval, dan moeten de gegevens voor 'alle windrichtingen' worden gebruikt.

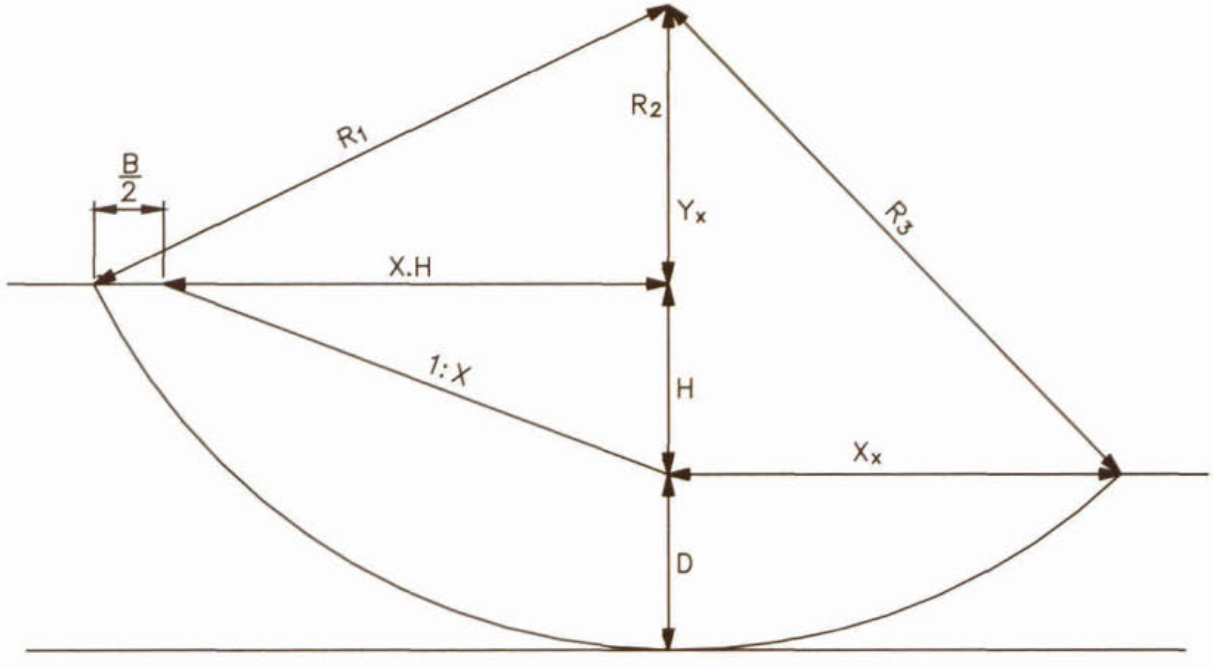
In het bovenrivierengebied zijn de windsnelheden bij maatgevende waterstanden meestal laag. Dit komt omdat het optreden van storm niet gecorreleerd is met hoge rivierwaterstanden. Bij deze lage windsnelheden zullen bomen niet ontwortelen. Er moet wel gekeken worden of combinaties van een lagere waterstand, gecombineerd met een hoge windsnelheid, maatgevend kunnen zijn.

In principe kan de windbelasting op een boom worden vergeleken met de sterkte die de boom aan het wortelstelsel ontleent. Hierover zijn enkele getallen bekend, maar de kennis staat nog redelijk in de kinderschoenen. Op basis van zo'n vergelijking kan dan een indicatie gegeven kunnen worden omtrent bomen die bij gegeven condities een grote kans hebben om te waaien en bomen die blijven staan.

In de huidige benadering worden windkracht en het gewicht van een boom (als die wordt meegenomen in de beschouwing) vaak geconcentreerd gedacht in één dwarsprofiel. Een glijvlak heeft echter al snel een zekere breedte. De invloed van een solitaire boom op het ontstaan van een glijvlak heeft daarom een veel minder grote invloed dan in de huidige benadering wordt aangenomen. Dit betekent dan ook dat de werkelijke invloed van windkracht en gewicht veel minder zijn dan hetgeen nu wordt gehanteerd.
De afmetingen van een glijvlak kunnen bij een boezemkade anders zijn dan bij een primaire waterkering, en bij een samendrukbare bodem anders dan bij een niet-samendrukbare bodem. Deze afmetingen moeten worden gerelateerd aan de afmetingen van het grondlichaam en de dikte van het slappe lagenpakket onder het grondlichaam.

Breedte van een glijvlak

Zie bijgaande definitieschets. Als conservatieve aanname wordt verondersteld dat de glijcirkel precies ter plaatse van de binnenteen de scheiding tussen slappe lagenpakket en het zand snijdt. In dat geval is uit het feit dat de stralen R1 en R2 gelijk moeten zijn af te leiden dat:



Figuur: Definitieschets glijcirkel in het dwarsprofiel

$$y_x = \frac{(0{,}5B + xH)^2 - H^2 - D^2 - 2HD}{2H + 2D}$$

De grootte van de straal is nu te berekenen:

$$R1 = R2 = R3 = y_x + H + D$$

Hierin is:

B	de kruinbreedte
H	de kerende hoogte
D	de dikte van het slappe lagenpakket
X	de cotangens van de taludhelling van het binnentalud

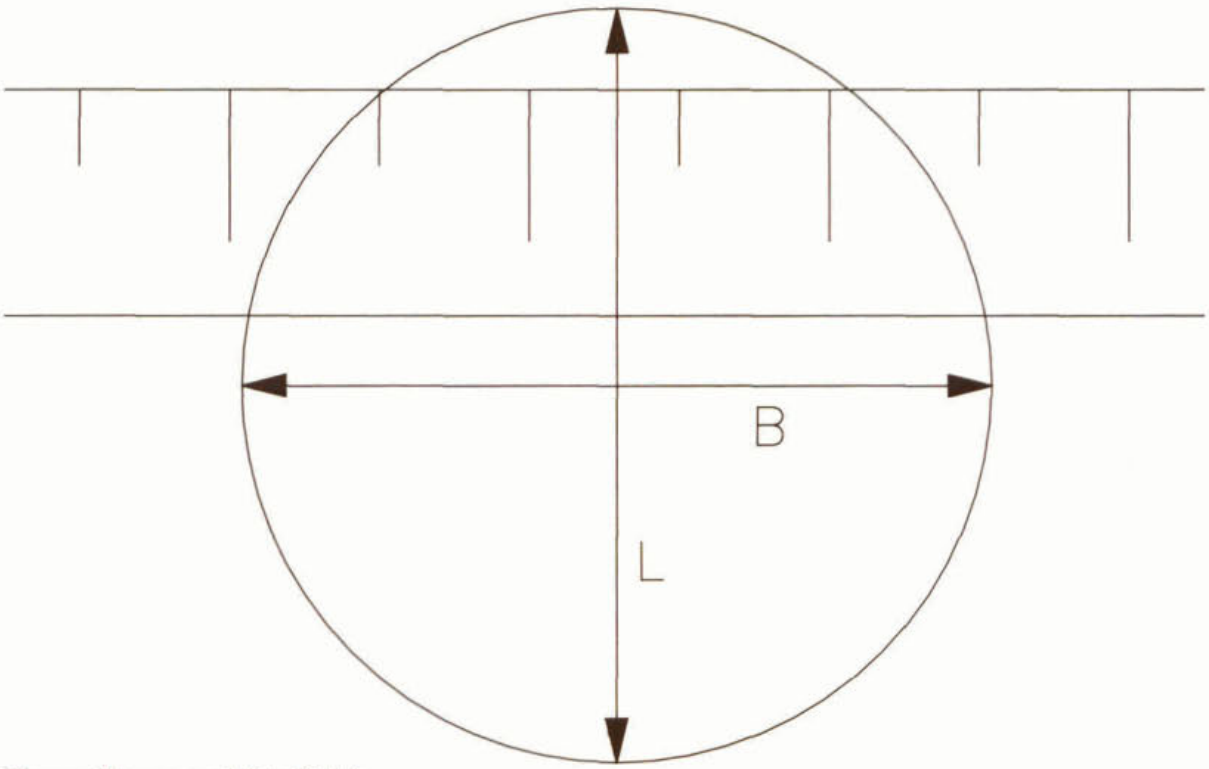
De onbekende afstand x_x is nu te bepalen uit:

$$x_x = \sqrt{R3^2 - (y_x + H)^2}$$

De lengte van het glijvlak in het dwarsprofiel is gelijk aan:

$$L = 0{,}5B + xH + x_x$$

Als vervolgens wordt verondersteld dat de meest ongunstige situatie die we in dit geval kunnen bedenken een 3-dimensionaal glijvlak is die, indien er van de bovenzijde tegenaan wordt gekeken, rond is, dan is de breedte van een glijvlak bij benadering gelijk aan L: B = L.



Figuur: Bovenaanzicht glijvlak

Bomenrijen

Voor bomenrijen kan een vergelijkbare redenering worden gevolgd. Als de onderlinge afstand tussen de bomen dusdanig is dat er meerdere bomen binnen de breedte van een schuifvlak staan, dan kan in de berekening worden uitgegaan van een gelijkmatige verdeling van de krachten op alle bomen binnen deze breedte.

In de meeste, tot nu toe doorgerekende, gevallen blijkt dat de invloed van bomen op de stabiliteit beperkt blijft tot één of hooguit enkele procenten verlaging van de stabiliteitsfactor. De oorzaak hiervan is dat het aangrijpingspunt van de windkracht op de boom vaak betrekkelijk dicht bij het middelpunt van de glijcirkel ligt. Het extra aandrijvend moment (kracht maal arm) is dan beperkt. Indien bovendien rekening wordt gehouden met een reductie op de in rekening te brengen krachten, zoals hierboven is gesteld, dan zal de invloed van windkracht en eigen gewicht van de bomen op de macrostabiliteit verwaarloosbaar klein blijken te zijn, zeker bij solitaire bomen. Bij bomenrijen kan, in geval van twijfel en een marginale stabiliteitsfactor, een berekening worden uitgevoerd.

Schematiseren van een boom in een stabiliteitsberekening

Over de vraag hoe de invloed van een boom die wordt belast door wind moet worden ingebracht in een stabiliteitsberekening is discussie mogelijk. In het computerprogramma MSTAB (stabiliteit bij cirkelvormige glijvlakken) kan een paal met een horizontale kracht worden belast. De invloed op de stabiliteit is dan beperkt tot enkele procenten, maar dat is deels rekentechnisch van aard. Het aangrijpingspunt van de windkracht bevindt zich vaak dicht in de buurt van het middelpunt van de glijcirkel, waardoor het extra moment klein is. Bovendien is de kracht horizontaal, en beschouwt MSTAB steeds verticale lamellen grond. In het computerprogramma MLIFT (stabiliteit bij opdrijven

van het achterland) wordt een horizontaal evenwicht beschouwt en kan de invloed van de boom veel groter zijn. Dit verschil in de rekenmethoden is nog niet bevredigend opgelost.
Om hier inzicht in te krijgen is getracht een goede modellering met het computerprogramma PLAXIS (eindige elementen model) te vinden:

- *eerst als damwand. Het probleem is dan dat deze diep de grond in moet om niet om te vallen. Hierdoor wordt de glijcirkel die ontstaat gedwongen een andere vorm aan te nemen. Bovendien is dit niet helemaal zoals een boom krachten op de ondergrond overbrengt.*
- *vervolgens als damwand die gefundeerd is in een moot grond met grotere sterkte-eigenschappen. Dit heeft invloed op de glijcirkel ook al wordt er geen belasting op de damwand gezet. Door de grotere sterkte en stijfheid geeft de moot grond toch extra sterkte als deze de glijcirkel snijdt. Als dit niet het geval is kunnen er twee situaties optreden. De ene is dat de grond te slap is. De damwand veroorzaakt dan locaal instabiliteit en valt om. In het andere geval is de stijfheid wel voldoende groot en heeft de moot grond de neiging om in zijn geheel te transleren. Ook dat is dus nog niet goed.*
- *een laatste poging kan zijn om de boom als het ware op een plaat te zetten en deze plaat met ankers aan de grond te verankeren..*

Het blijkt een lastig probleem om een goede modellering te vinden. Voorlopig is de conclusie dat het antwoord dat gevonden wordt, veroorzaakt wordt door de wijze van modelleren, maar er is nog geen modellering gevonden die voldoende realistisch lijkt om betrouwbare antwoorden te geven. Het is aan te bevelen hier in een andere context nog aandacht aan te besteden.

Met een eventuele sterkte van het wortelstelsel is maar heel beperkt rekening te houden. Een stelling als 'de wortels wapenen de grond' is ontegenzeggelijk waar, er is zelfs enig idee over hoe groot die extra sterkte zou zijn, maar er zijn verschillende praktische bezwaren die toepassing moeilijk maken. Er is een vraagpunt te zetten bij de betrouwbaarheid van getallen voor extra sterkte. Zijn deze getallen in de winter en in de zomer hetzelfde? Over wat voor oppervlakte bevindt zich deze extra sterkte? Tot hoe diep?
Dit zijn nog vragen, maar het punt is dat het wortelstelsel alleen extra sterkte ten opzichte van het aspect macrostabiliteit levert als de wortels het glijvlak doorsnijden. En een tweede punt is dat de bijdrage van de extra sterkte ten opzichte van een geheel glijvlak beperkt blijft tot het doorwortelde deel en dat is zeker voor een alleenstaande boom vermoedelijk te verwaarlozen.
Er wordt dan ook aanbevolen nog geen rekening te houden met extra sterkte van de grond ten gevolge van de aanwezigheid van wortels tot dit aspect beter is onderzocht.

Ontgrondingskuil

Bepaalde boomsoorten zijn gevoelig voor windworp. Hiervan is een indicatieve lijst van de Bomenstichting beschikbaar. Vooralsnog moet echter voor alle boomsoorten worden gekeken naar het effect van een ontgrondingskuil op de stabiliteit. Als er meer kennis beschikbaar komt zijn er wellicht uitspraken mogelijk over het al dan niet omwaaien danwel afknappen van bepaalde boomsoorten.

Volgens de Handreiking Constructief ontwerpen wordt uitgegaan van een 1 meter diepe ontgrondingskuil met een breedte gelijk aan de boomprojectie (de maximale diameter van de kruin van de boom). Dit is erg conservatief. De redenering hierachter is dat het wortelstelsel even breed is als de boomprojectie, en dat het complete wortelstelsel inclusief grond omvalt. Beide aannamen zijn discutabel, maar wel veilig. De ontgrondingsdiepte en ontgrondingsgrootte zal per boomtype verschillend kunnen zijn, afhankelijk van de worteldiepte en het type wortel (breedwortelend of penwortel). Dat over de gehele breedte van het wortelstelsel grond wordt meegenomen als de boom omwaait is evenmin altijd het geval. Een boom kan ontwortelen als de treksterkte van de wortels wordt overschreden: de wortels worden losgetrokken uit de grond. De ontgrondingskuil zal dan kleiner van afmeting zijn als het wortelstelsel van de boom. Een andere mogelijkheid is dat de wortels de grond goed vasthouden, maar dat de gehele massa van grond plus kluit onderuitgaat door de overdracht van windbelasting op de ondergrond.
In de Leidraad toetsen op veiligheid wordt een ontgrondingskuil van 1 meter diep en 4 meter in diameter verondersteld. Dit lijkt een realistischer benadering dan de benadering van de Handreiking Constructief. Er staan momenteel geen gegevens ter beschikking die een genuanceerdere inschatting van de grootte van de ontworteling per boomsoort mogelijk maken. Voor de ontgrondingskuil is in dit rapport en in de handreikingen gebruik gemaakt van een ontgrondingsbreedte van 4 meter, behalve in de kruin en in het binnentalud, daar wordt aanbevolen een breedte van de ontgrondingskuil ter grootte van de kroonprojectie aan te houden met een minimum van 4 meter. Deze uitzondering wordt gemaakt vanwege de gevoelige plaats van de beplanting: er kan sprake zijn van enkele grotere wortels die weliswaar geen directe ontgrondingskuil veroorzaken, maar wel uit de grond worden getrokken als de boom omwaait. Hierdoor ontstaat een holte in de grond. Aangezien zich dit kan uitstrekken tot dicht bij de waterlijn zou er kwel of zelfs een begin van bresvorming kunnen optreden. Aangezien een bres zich snel kan ontwikkelen is dit niet gewenst.

Vervolgens kan ook bij omwaaiende bomen worden gekeken naar de invloed van een omgewaaide boom op de totale stabiliteit van een glijvlak met een zekere breedte. Als bijvoorbeeld een ontgrondingskuil ontstaat met een zekere diameter, dan beslaat dit een oppervlak die waarschijnlijk kleiner is dan de totale diameter van een glijvlak. Bij de berekening van een glijvlak in een dwarsprofiel kan dan voor de ontgrondingskuil worden volstaan met een gereduceerde ontgronding.

Een zelfde redenering kan worden gevolgd bij bomenrijen. In dat geval is de mogelijke reductie echter minder groot. Bovendien zijn in een bomenrij wortelstelsels van meerdere bomen in elkaar verweven, waardoor bij ontworteling van een boom ook het wortelstelsel van naastgelegen bomen zou kunnen worden opgelicht.

Bij ontgrondingskuilen is nog één aspect van bijzonder belang. Dit betreft de mogelijkheid van opdrijven/opbarsten. Het kan zijn dat ter plaatse van de ontgrondingskuil eerder opdrijven of opbarsten optreedt. Hier moet, ten behoeve van de stabiliteitsbeschouwing, naar worden gekeken. (Methode voor sloten uit de Leidraad toetsen op veiligheid, Katern 5, bijlage 2). Als opdrijven of opbarsten mogelijk is dan kan een ander type berekening noodzakelijk zijn.

Ten aanzien van de normering (de te eisen veiligheidsfactor en de toe te passen materiaalfactoren en schade factoren) is voor de primaire waterkeringen een wettelijke voorgeschreven veiligheidsniveau aangegeven. Bij boezemkades is dit niet het geval. In het geval van boezemkades kan het veiligheidsniveau worden bepaald volgens "Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden", Fugro 1998. De bijbehorende materiaalfactoren kunnen uit het "Technisch Rapport voor het toetsen van boezemkaden", TAW 1993 worden gehaald.

9.4 Piping

Het ontstaan van piping kan op twee manieren worden beïnvloed door de aanwezigheid van beplanting:

- het verkorten van de aanwezige pipinglengte door het mogelijk omwaaien van bomen. Ter plaatse van de ontgrondingskuil kan eerder intreding van water (voorland) of opbarsten en uittreden van water (achterland) optreden.
- het verkorten van de aanwezige pipinglengte door lek langs wortels of door afgestorven en verrotte wortels.

Deze fenomenen spelen alleen bij beplanting in het voor- en het achterland.
De kans op piping wordt rechtstreeks beïnvloed als een ontgrondingskuil het afsluitende slappe lagenpakket doorsnijdt. Hierdoor wordt de aanwezige kwelweglengte verkort.
Als dit niet het geval is moet worden gecontroleerd of opbarsten ter plaatse van een ontgrondingskuil mogelijk is. Is dit beide niet aan de orde, dan is de aanwezigheid van beplanting in principe geen probleem. Hierbij mag rekening worden gehouden met een beperkte breedte van de ontgronding. In de Leidraad toetsen op veiligheid (1999, Katern 5, bijlage 2, paragraaf 2.2.3) zijn regels gegeven voor het beoordelen van opbarsten bij slootbodems. Deze kunnen hier ook worden toegepast.

Bij beplanting in de binnenberm, die een functie heeft als pipingberm moet worden gecontroleerd op opbarsten indien de boom omwaait. Hierbij mag rekening worden gehouden met een beperkte breedte van de ontgronding. In de Leidraad toetsen op veiligheid (1999, Katern 5, bijlage 2, paragraaf 2.2.3) zijn regels gegeven voor het beoordelen van opbarsten bij slootbodems. Deze kunnen hier ook worden toegepast.

In het Technisch Rapport Zandmeevoerende wellen (1999) zijn een aantal richtlijnen opgenomen voor het toelaten van beplantingen bij primaire waterkeringen met het oog op piping. Deze TAW-publicatie is van recente datum en er is geen reden hiervan af te wijken.

Bij boezemwaterkeringen is de situatie anders. Hiervoor zijn nog geen richtlijnen. Het omwaaien van een boom en de gevolgen voor piping kunnen met bovenstaande opmerkingen worden beoordeeld. De invloed van dode wortels en extra kwel die hier het gevolg van is, kan voor een deel met regelmatige inspectie worden onderkend. Bij boezemkaden wijken de dagelijkse omstandigheden niet sterk af van de maatgevende omstandigheden. Als er onder dagelijkse omstandigheden geen aanduidingen zijn van

plaatselijke sterke kwel in het achterland, dan is het nauwelijks denkbaar dat er onder maatgevende condities grote problemen met zandmeevoerende wellen kunnen ontstaan.

Een punt van aandacht is het ontdekken van kwel bij struiken en op plaatsen waar vroeger bomen hebben gestaan. Hier is geen beoordelingsmethode voor te bedenken, en dode wortels vormen hiermee een onzekere factor ten aanzien van de veiligheid. Dit is een reden om uitermate terughoudend te zijn met het toelaten van nieuwe beplanting binnen de pipinglengte indien er sprake is van niet al te dikke slappe lagenpakketten op de eerste watervoerende zandlaag.

9.5 Micro-stabiliteit

Micro-stabiliteit hoeft alleen voor beplanting op het binnentalud te worden beoordeeld, en eventueel ook voor de taluds van de binnenberm en slootkanten. Onder micro-stabiliteit wordt verstaan:

- het uitspoelen van gronddeeltjes in een zandige dijk met een zandig binnentalud door uitstromend water in het binnentalud
- het opdrukken en afschuiven van een afdekkende kleilaag bij een dijk met een zandkern door een hoge freatische lijn in de dijk.

Micro-stabiliteit voor een beplantingsvrije dijk is geen probleem als:

- de dijk of kade uit klei bestaat
- het binnentalud een helling flauwer dan 1 : 5 heeft
- er een goed functionerende drainageconstructie in de binnenteen aanwezig is. Hier hoort echter wel de opmerking bij dat juist de aanwezigheid van beplanting het goede functioneren van een drainageconstructie negatief kan beïnvloeden.

Bij dijken met beplanting in het binnentalud kan deze beplanting de microstabiliteit beïnvloeden. Bij een dijk met een zandkern en een afdekkende kleilaag moet bijzondere aandacht worden besteed aan de mogelijkheid van windworp. De overgang klei op zand kan verhinderen dat de wortels dieper wortelen, en daarom is deze situatie extra gevoelig. Bovendien kan bij windworp de zandkern bloot komen te liggen en in combinatie met een hoge grondwaterstand in de dijk is dat geen wenselijke situatie. Daarom wordt bij voorkeur geen beplanting in het onderste deel van het binnentalud toegestaan. Bomen kunnen gevoelig zijn voor windworp, struikgewas belemmert het detecteren van kwel uit het binnentalud. Bovendien kan door het wegrotten van dode wortels lek ontstaan.
Op de bovenste helft van het binnentalud kan eventueel wel beplanting worden toegestaan.

Bij dijken en kaden die zand in de kern en een zandig binnentalud hebben geldt dat het eventueel omwaaien van de boom een verkorting van de kwelweglengte door de dijk ten gevolge heeft. Omdat een boom de neiging heeft om te wortelen tot op de grondwaterstand, kan bij ontwortelen een situatie ontstaan waarin kwel uit het binnentalud gaat treden en hierbij zand meeneemt. Dit is evenmin een wenselijke situatie te achten.

10 Methodiek om de invloed van beplanting op de veiligheid te beoordelen

10.1 Beschouwing veiligheid van bestaande beplanting op boezemkaden

De beoordeling van de veiligheid van boezemkaden, en meer specifiek de invloed van beplanting daarop, moet uiteraard nauw aansluiten bij de methodiek van het Technisch Rapport voor het toetsen van boezemkaden, TAW, 1993. Er zijn twee belangrijke aandachtspunten:

- voor het vereiste veiligheidsniveau en de daaruit voortvloeiende eisen aan het maatgevend boezempeil (MBP) en de waarde van de schadefactor voor het binnentalud waaraan getoetst wordt, wordt aanbevolen om uit te gaan van de methodiek uit het rapport Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau boezemkaden, Fugro 1998.
- in het Technisch Rapport voor het toetsen van boezemkaden wordt getoetst op de kruinhoogte en op de binnenwaartse macrostabiliteit. Van andere aspecten wordt aangenomen dat deze bij goed beheer en onderhoud geen rol van betekenis spelen. Beplanting kan echter ook invloed hebben op die andere aspecten, zoals erosie, microstabiliteit en kwel door het binnentalud en het ontstaan van opbarsten en piping. Deze invloed kan, ook bij goed beheer en onderhoud, een extra bijdrage leveren aan het inundatierisico. Daarom wordt in de gepresenteerde beoordelingsmethode aandacht aan deze aspecten besteed.

Met betrekking tot de veiligheid en de betrouwbaarheid van het boezemsysteem moet rekening worden gehouden met:

- belasting op de kade ten gevolge van de beplanting
- kans op kadebreuk als gevolg van de aanwezigheid van de beplanting
  - kans op kadebreuk na windworp
  - kans op kadebreuk door instabiliteit van taluds, inclusief de invloed van beplanting daarop
  - kans op kadebreuk door extra erosie van het talud als gevolg van de aanwezigheid van beplanting
  - kans op kadebreuk door het ontstaan van micro-instabiliteit van het binnentalud als gevolg van de aanwezigheid van beplanting.
  - kans op kadebreuk door kanaalvorming/welvorming/toename kwel als gevolg van afgestorven wortels of omwaaien beplanting.
- gevolgen kadebreuk
  - veiligheid voor mens en dier (door inundatie)
  - materiële schade door inundatie
  - daling boezempeil bij kadebreuk
  - niet beschikbaarheid boezemsysteem en de functies daarvan (vaarweg, waterbeheersing, waterkwaliteit)

- gevolgbeperkende maatregelen, bijvoorbeeld compartimentering of secundaire waterkeringen, kostenaspect van instandhouden hiervan.

Ten aanzien van de primaire waterkeringen zijn veiligheidsnormen bekend. Deze worden bij de beoordeling van bomen op en nabij primaire waterkeringen als uitgangspunt genomen.
Ten aanzien van de normering van boezemkaden ligt er een voorstel van de werkgroep Normering boezemkades voor de te hanteren filosofie. Dit voorstel is het uitgangspunt voor de te hanteren veiligheidsbenadering bij boezemkaden.

Gevolgen van kadebreuk

Kadebreuk kan naast directe gevolgen (veiligheid mens en dier en materiële schade) van de overstroming van het achterliggende gebied gevolgen hebben voor de functionaliteit van het gehele boezemsysteem. Als gevolg van het deels leeglopen van de boezem kunnen zich aan de buitenzijde van de boezemkade instabiliteiten voordoen als gevolg van de snel dalende buitenwaterstand. Indicatieve berekeningen geven aan dat bij een snelle daling van het boezempeil met 1 meter vrijwel zeker problemen zullen ontstaan. Het weer op peil brengen van de boezem, zolang deze instabiliteiten nog niet zijn gerepareerd is riskant, zo niet onmogelijk: dit kan weer tot nieuwe kadebreuken leiden. Daardoor zal het functioneren van het boezemsysteem en eventueel het wegverkeer en scheepvaartverkeer ernstig beperkt worden gedurende de reparatie van de afschuivingen. Ook kunnen grote gevolgen voor de waterkwaliteit en de beheersing van waterpeilen in een gebied ontstaan. Dit soort overwegingen onderstreept het belang van het elimineren/beperken van de kans op overstroming. Dit kan in rekening worden gebracht door bij het bepalen van de economische gevolgen van inundatie ook de schade ten gevolge van het niet beschikbaar zijn van het boezemsysteem en de kosten van herstel van schades mee te wegen. Bij boezemkades wordt de buitenwaartse stabiliteit afgezien hiervan op dit moment verder niet als beoordelingscriterium beschouwd.
De gevolgen van kadebreuk kunnen eventueel beperkt worden/blijven door 'gevolgbeperkende maatregelen'. Hieronder kan bijvoorbeeld compartimentering van het boezemsysteem of het in stand houden van secundaire waterkeringen worden verstaan. Dit betekent dan wel dat deze als zodanig worden herkend en onderhouden.

Risicobenadering

In het algemeen wordt met de huidige kennis aangenomen dat bomen op of direct bij de kade een verhoogde kans op kadebreuk geven. Of die kans acceptabel is hangt af van de te verwachten gevolgen van kadebreuk. In "Richtlijn ter bepaling veiligheidsniveau van boezemkaden" wordt de veiligheidsbenadering uitgewerkt voor de kruinhoogte en de binnenwaartse stabiliteit. Het veiligheidsniveau hangt af van de te verwachten schade bij inundatie. Dit wordt verder uitgewerkt in een optredingsfrequentie waarop het maatgevend boezempeil (aspect: kruinhoogte) wordt gebaseerd, en in een waarde voor de schadefactor waaraan de binnenwaartse macrostabiliteit wordt getoetst. In deze filosofie en in de filosofie van het Technisch Rapport voor het toetsen van boezemkaden spelen andere faalmechanismen, zoals zandmeevoerende wellen, micro-stabiliteit, erosie van de

bekleding/oevervoorziening, buitenwaartse stabiliteit, maar ook: bezwijken als gevolg van de aanwezigheid van objecten, geen rol. Dit is in het Technisch Rapport uit 1993 als volgt verwoordt:

"De overige risico-aspecten, nader omschreven in 2.3.2., worden niet expliciet in de beoordeling betrokken. Bij goed beheer en onderhoud mogen ze geen rol van betekenis spelen."

Door nu in deze studie juist wel te gaan kijken naar de invloed van bomen op de veiligheid wordt gebroken met deze filosofie. Het is echter een logische stap:

- voor aspecten als erosie, micro-stabiliteit en piping kan worden gesteld dat, als hier problemen zouden zijn, dit bij normaal onderhoud al lang ontdekt zou zijn, omdat bij boezemkaden de maatgevende waterstand en de dagelijkse waterstand niet heel veel van elkaar afwijken. "Geen rol van betekenis" kan dan worden uitgelegd als een hele kleine kans dat hier problemen mee zijn. Zonder dat deze kans wordt uitgerekend, wordt gesteld dat deze kans 'voldoende klein' is. Zo is er ook een kans op kadebreuk door de aanwezigheid van beplanting. Hiervan is minder stellig te beweren dat dit een verwaarloosbaar kleine kans is, aangezien ook bij goed beheer en onderhoud een boom om kan waaien, of windkrachten op een boom worden overgedragen aan de grond, of een minder goede grasmat aanwezig kan zijn of extra erosie kan ontstaan bij langsstromend water. Daarom levert de aanwezigheid van beplanting een bijdrage aan de totale faalkans van de kade en wordt in dit rapport dan ook als zodanig beschouwd.
- onder goed beheer en onderhoud kan ook worden verstaan: geen bomen laten staan op plaatsen waar deze een te grote extra kans op falen opleveren, bijvoorbeeld geen boom met een breed wortelstelsel op de kruin van een smalle kade. In dat geval moet echter ook worden aangegeven wat 'een te grote kans' is, met andere woorden, wat wel en wat niet toegestaan is uit oogpunt van veiligheid.

Hiermee ontstaat de volgende veiligheidsfilosofie:

- de toelaatbare kans op kadebreuk wordt vastgesteld door de methode uit Richtlijn ter bepaling van veiligheidsniveau van boezemkaden. Hierbij kan additioneel ook rekening worden gehouden met de kosten van het niet beschikbaar zijn van het boezemsysteem en de kosten van het herstel van schade aan de boezemkaden.
- uit de toelaatbare kans op kadebreuk volgen de overschrijdingsfrequentie voor het Maatgevend Boezempeil en de te hanteren schadefactor. Hiermee wordt in feite vrijwel 100 % van de faalkansruimte toegekend aan de aspecten 'kruinhoogte' en 'binnenwaartse macrostabiliteit'.
- de overige faalmechanismen, waaronder kadebreuk door de aanwezigheid van beplanting, moeten nu 'een verwaarloosbaar kleine' kans op optreden hebben. Net als bij de primaire waterkeringen zou hiervoor bijvoorbeeld 1/100 of 1/1000 van de toelaatbare kans op kadebreuk kunnen worden gekozen.

De invloed van beplanting op de veiligheid wordt op twee manieren in deze redenering verwerkt:

- als er beplanting aanwezig is moet voor de binnenwaartse macrostabiliteit worden uitgegaan van de situatie met beplanting. Deze wordt getoetst aan de genoemde schadefactor.
- voor de overige aspecten (invloed van bomen op erosie, microstabiliteit, piping, buitenwaartse macrostabiliteit) moet de invloed van bomen op het ontstaan van deze faalmechanismen in kansen uitgedrukt uiterst klein zijn. Omdat bij de huidige stand van de kennis nog niet al die kansen zijn te berekenen, wordt dit in dit rapport pragmatisch uitgelegd als: "de toetsregels en ontwerpregels moeten dusdanig zijn opgesteld dat het ontstaan van deze faalmechanismen, inclusief de invloed van bomen hierop, redelijkerwijs uitgesloten mag worden geacht."

Op dit moment is het zo dat de verschillende kansen, ook met specialistische ondersteuning, alleen heel globaal kunnen worden aangegeven.

Kans op omvallen boom versus de kans dat de boom blijft staan

De kans dat een boom omvalt hangt mede af van de soort boom, de ouderdom, het gepleegde onderhoud en van de vraag of de beplanting gezond is en de groeiomstandigheden voor met name het wortelstelsel gunstig. Het bepalen van deze kans is nu nog niet goed mogelijk. Uit de literatuur is alleen als aanduiding van de kans dat een boom omwaait een getal van 0,01/jaar tot 0,05/jaar beschikbaar. Voor gunstige boomsoorten (zie de lijst van de Bomenstichting) is deze kans lager, voor ongunstige boomtypen kan deze kans hoger zijn.
De kans dat de boom blijft staan is gelijk aan 1 minus de kans dat de boom omwaait, dus 0,95 à 0,99/jaar.
Bomen kunnen omwaaien bij windkrachten 9 of meer. Windsnelheden behorend bij een windkracht 9 of meer hebben een overschrijdingsfrequentie (tijd dat een windsnelheid wordt overschreden) in de orde van grootte van 10^{-4}, ofwel gemiddeld iets minder dan een uur per jaar. De bovengenoemde kansen op omwaaien van een boom kan dan worden opgevat alsof er ongeveer eens per jaar een storm optreedt met een piek van windkracht 9 of 10, en daarbij waait dan 1 tot 5 % van de bomen om.

Voor laagopgaande bomen en struiken (kleiner dan 3 meter hoog) is de kans op ontworteling door windbelasting verwaarloosbaar klein. Er hoeft dan alleen te worden beoordeeld op de faalmechanismen waarbij de beplanting blijft staan.

Als de kennis verder is ontwikkeld, dan kunnen deze getallen waarschijnlijk worden onderbouwd door:

- de windbelasting op de boom te berekenen volgens de methode van de Handreiking Constructief Ontwerpen. De maatgevende windsnelheid kan aan de gewenste optredingsfrequentie worden gekoppeld door middel van windstatistieken, bijvoorbeeld uit de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken – deel 2, of via het Polytechnisch zakboek, zie ook hoofdstuk 6.
- deze windbelasting kan worden vergeleken met de resultaten van trekproeven om per boomtype een indruk te krijgen van de waarschijnlijkheid dat een boom of een bomenrij omwaait.

Falend beheer en onderhoud

De kans op kadebreuk wordt beïnvloed door de wijze waarop het bomenbestand wordt beheerd en onderhouden. Als zieke en dode bomen niet tijdig worden verwijderd neemt de kans op omwaaien van bomen toe. Goed onderhouden en gezonde bomen hebben een kleinere kans om te waaien.
Een andere factor is de ouderdom van een boom. Als de boom een leeftijd heeft die de verwachte levensduur benadert, dan neemt de kans op omvallen toe, en als de boom op een ongunstige plaats staat, dan is dat reden in te grijpen.
Bij boezemkaden is het, vanwege de vaak beperkte afmetingen van de kaden, van groot belang bij het verwijderen van bomen ook te trachten de wortels ook zoveel mogelijk uit de kade te halen en te vervangen door verdichte grond. Als dit niet wordt gedaan dan wordt de kans op verlies van microstabiliteit door uittredende kwel, of de kans op piping groter. Er zijn bronnen die aangeven dat wortelgangen op natuurlijke wijze snel worden gedicht. Als dat waar is, dan is het uiteraard minder aan de orde om de wortels en wortelgaten op te ruimen. Dit is echter vooralsnog een open vraagstuk. Voorlopig lijkt het aan te raden de grotere wortels rondom de stam in ieder geval op te ruimen en te vervangen door verdichte grond.
De waterdoorlatendheid van losse grond met gaten door rottende of vergane wortels kan dusdanig beïnvloed worden dat het stromingsbeeld wordt verstoord en de macrostabiliteit wordt beïnvloed. Ook hier is het moeilijk om getalswaarden aan te geven. Het is echter van belang om te herkennen dat dit beïnvloedbare factoren zijn: er is een goed beheer en onderhoud noodzakelijk om toegevoegd risico te minimaliseren.

Faalmechanismen

Welke faalmechanismen beschouwt moeten worden hangt af van de plaats van de beplanting in het dwarsprofiel. Dit is weergegeven in tabel 9.1.

Faalmechanisme	Voorland	Buiten-talud	Kruin	Binnen-talud	Binnen-berm	Achterland
Boom waait om						
Piping en opbarsten	•				•	•
Macrostabiliteit			•	•	•	•
Microstabiliteit				•		
Erosie ontgrondingskuil	•	•	•	•	•	•
Boom blijft staan						
Erosie	•	•	•	•	•	•
Piping langs wortels	•				•	•
Macrostabiliteit			•	•	•	•

Tabel 9.1 Plaats van de beplanting en de te beoordelen faalmechanismen

10.2 Beoordeling veiligheid van bestaande beplanting op boezemkaden

Boom waait om: piping en opbarsten

Voorland

Door het omwaaien van de boom ontstaat een ontgrondingskuil. Als er bij boezemkades sprake is van een voorland, dan ligt dit onder normale omstandigheden boven water, anders groeit er geen beplanting. Een hooggelegen voorland levert geen problemen op ten aanzien van piping en opbarsten, ook niet als er een ontgrondingskuil ontstaat. De eis hierbij is dat na ontwortelen van de boom tenminste een 1,5 meter dik afdekkende lagenpakket intact blijft.

Binnenberm

Als de binnenberm een functie heeft als pipingberm, dan kan het ontstaan van een ontgrondingskuil gevolgen hebben voor het functioneren hiervan. Als de stijghoogte hoog genoeg is kan dit opbarsten van de grond ter plaatse van de ontgrondingskuil ten gevolge hebben. Hierop moet worden gecontroleerd door het gewicht van de resterende grondlaag boven het watervoerende pakket te vergelijken met de opwaartse stijghoogte in ditzelfde watervoerende zandpakket.

Achterland

Het ontstaan van een ontgrondingskuil in het achterland kan de verticale pipinglengte verkorten als hierdoor het afdekkende lagenpakket wordt doorbroken of als de dikte hiervan dusdanig wordt verkleind dat opbarsten op kan treden.
Op piping kan worden gecontroleerd middels de bekende regels van Bligh en Lane. Hiernaast geldt als regel dat opbarsten op moet kunnen treden wil piping een probleem vormen. Dit kan worden gecontroleerd door het gewicht van de resterende grondlaag boven het watervoerende pakket te vergelijken met de opwaartse stijghoogte in ditzelfde watervoerende zandpakket. Hierbij mag rekening worden gehouden met een beperkte breedte van de ontgrondingskuil. Rekenregels hiervoor zijn in de Leidraad toetsen op veiligheid (1999, Katern 5, bijlage 2, paragraaf 2.2.3) gegeven.
Als deze methoden geen uitsluitsel geven kan een gedetailleerde beoordeling met methode Sellmeijer worden uitgevoerd. Voor een beschrijving van de betreffende methoden wordt verwezen naar de vakliteratuur.

Boom waait om: macrostabiliteit

Ten aanzien van de binnenwaartse macrostabiliteit wordt geëist dat deze, inclusief de invloed van de beplanting daarop, aan de norm zoals gesteld in de Richtlijnen ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden voldoet. Het is dus niet voldoende om alleen te eisen dat de beplanting buiten een beoordelingsprofiel of restprofiel staat.

Kruin

Bomen in de kruin die de kans lopen om te waaien zijn alleen toelaatbaar als er na het ontstaan van een ontgrondingskuil aan de buitenzijde van de kade een restbreedte van de kruin van tenminste 1,5 meter overblijft. Veiligheidshalve (schade aan de kruin leidt relatief direct tot kadebreuk) dient hierbij uitgegaan te worden van een breedte van de ontgrondingskuil ter grootte van de kroonprojectie, met een minimummaat van 4 meter. De zijhellingen van de ontgronding van 1 meter diep bedragen 1 : 2 in klei, 1 : 4 in zand en 1 : 6 in veen.
Als er vervolgens een ontgrondingskuil ontstaat, maar er blijft een restbreedte van de kruin van meer dan 1,5 meter over, dan zal deze geen negatieve invloed op de binnenwaartse macrostabiliteit hebben: er verdwijnt gewicht uit het aandrijvende gedeelte van de glijcirkel.

Binnentalud

Een ontgrondingskuil in het binnentalud heeft tot gevolg dat er gewicht uit het aandrijvende deel van de glijcirkel verdwijnt. Van dit feit wordt op zichzelf ten aanzien van de macrostabiliteit dan ook geen negatief effect verwacht. Het is echter de vraag of na de ontgronding een restprofiel overblijft dat stabiel is (geen vervolgschade) en voldoende waterkerend vermogen bezit. Dit restprofiel (afgeleid van het beoordelingsprofiel bij primaire waterkeringen) wordt als volgt gegeven:

- een kruinbreedte van tenminste 1,5 meter op het minimum kruinhoogteniveau
- een binnentaludhelling van 1 : 2 in klei, 1 : 4 in zand en 1 : 6 in veen.

Vanwege de gevoelige plaats van de beplanting wordt aanbevolen ook hier uit te gaan van een ontgrondingsbreedte ter grootte van de kroonprojectie, met een minimum van 4 meter.
Als de bomen en struiken inclusief het wortelstelsel buiten dit restprofiel blijven, dan kan tot goedkeuring worden overgegaan.

Binnenberm

De binnenberm kan een functie als stabiliteitsberm vervullen. Als hier een ontgrondingskuil ontstaat kan deze functie in gevaar komen. Er moet een beoordeling plaatsvinden op basis van de verwachte afmetingen van de ontgrondingskuil (1 meter diep en een diameter van 4 meter), waarbij rekening gehouden mag worden met een reductie van de grootte van de ontgrondingskuil van solitaire bomen, respectievelijk een bomenrij, ten aanzien van de totale grootte van het glijvlak (zie paragraaf 9.3).
Er wordt getoetst aan de aan de schadefactor conform de Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden.

Achterland

Een ontgrondingskuil in het achterland beïnvloedt de weerstand tegen een binnendijkse afschuiving. Er moet een beoordeling plaatsvinden op basis van de verwachte afmetingen van de ontgrondingskuil (diepte 1 meter en een diameter van 4 meter) waarbij rekening gehouden mag worden met een reductie van de grootte van de ontgrondingskuil van solitaire bomen, respectievelijk een bomenrij, ten aanzien van de totale grootte van het glijvlak (zie paragraaf 9.3).

Er wordt getoetst aan de aan de schadefactor conform de Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden.

Boom waait om: microstabiliteit

Binnentalud

Bij boezemkaden met een beperkt profiel kan een hoge freatische lijn in de kade aanwezig zijn. Als er een ontgrondingskuil in het binnentalud ontstaat, kan dit aanleiding zijn tot extra kwel, waarbij de mogelijkheid dat hierdoor klei of veen wordt meegenomen niet geheel denkbeeldig is, maar toch voldoende klein mag worden geacht om niet tot oncontroleerbare problemen te leiden. Bij een kade bestaande uit zand met een klei-afdekking is er echter een grote kans dat de klei-afdekking wordt doorbroken, waarna er zand en water uit het binnentalud stromen. Ditzelfde kan optreden als de kade bestaat uit een zandkern met een zandige toplaag. Dit kan alleen worden toegestaan als door metingen (bij dagelijkse omstandigheden) wordt bevestigd dat dit geen probleem kan vormen bij maatgevende omstandigheden. Deze metingen moeten plaatsvinden op een deel van de kade zonder bomen, of er moet rekening mee worden gehouden dat de boom, door vochtonttrekking door de wortels, locaal een grondwaterstandsverlaging kan veroorzaken. Over het algemeen zal het ontstaan van een ontgrondingskuil uit oogpunt van microstabiliteit bij dit type kade alleen toelaatbaar zijn in het bovenste gedeelte van het binnentalud.

Boom waait om: erosie ontgrondingskuil

Voorland

Zoals eerder is aangegeven is bij boezemkaden alleen voorland aanwezig als dit boven het normale boezempeil ligt. Aangezien er bij maatgevend boezempeil dan slechts weinig of geen water op het voorland komt zal er ook weinig of geen extra erosie van de ontgrondingskuil ontstaan. Alleen bij uitzondering, bijvoorbeeld als de bomen dicht bij de buitenkruinlijn staan in een zandige ondergrond, zal dit aspect nadere beschouwing behoeven.

Buitentalud

Er is een smalle strook tussen de buitenkruinlijn en de waterlijn waar bomen en struiken in het buitentalud kunnen staan. Deze bomen staan dan dicht boven de waterlijn en zullen niet diep wortelen. De kans op omwaaien is dan aanwezig. Bovendien kan ontwortelen door stromingsdruk en erosie rondom de boom worden bevorderd. Vervolgens ontstaat een ontgrondingskuil aan de buitenzijde. De eerste vraag die beantwoord moet worden is of er een restbreedte van de kruin van ten minste 1,5 meter overblijft. Als dat het geval is, dan is de volgende vraag welke vervolgerosie door stroming en golven mogelijk is. Bij de huidige stand van de kennis is hier geen eenduidig antwoord op mogelijk. De vervolgerosie is afhankelijk van de stroomsnelheid, de golfhoogte en de grondsoort van de kade. De aanbeveling is om bij brede kaden (meer dan 10 meter breedte aanwezig boven het maatgevend boezempeil) door een specialist een uitspraak te laten doen over de specifiek op die locatie te

verwachten vervolgerosie. Bij smallere kaden en bij achterwege laten van een dergelijk advies zijn bomen in het buitentalud niet toelaatbaar.
Struiken waaien niet snel om. Er kan wel extra erosie ontstaan als bij maatgevend boezempeil rond de struik stroming en golven aanwezig zijn. Dit lijkt echter bij kaden met enige breedte (meer dan 3 meter breedte boven maatgevend boezempeil) een beheersbaar probleem.

Kruin

Bij bomen op de kruin is enerzijds de breedte van de kruin en anderzijds de plaats van de bomen bepalend voor de beoordeling. Na het ontstaan van een ontgrondingskuil moet in ieder geval een restbreedte van de kruin van meer dan 1,5 meter overblijven. Als de bomen zo dicht bij de buitenkruinlijn staan dat de ontgrondingskuil in contact komt met het buitenwater, dan geldt hier hetzelfde als voor het buitentalud. Als er echter 1,5 meter kruinbreedte of meer aan de buitenzijde van de kade overblijft, en er is een overslagdebiet van minder dan 0,1 l/s/m', dan is er geen reden om aan te nemen dat er vervolgschade door erosie zal ontstaan. In dat geval zijn de bomen toelaatbaar. Dit restprofiel (vergelijkbaar met het beoordelingsprofiel bij primaire waterkeringen) kan worden gesteld op:

- een kruinbreedte van tenminste 1,5 meter op het minimum kruinhoogteniveau
- een binnentaludhelling van 1 : 2 in klei, 1 : 4 in zand en 1 : 6 in veen.

Als de bomen en struiken inclusief het wortelstelsel buiten dit restprofiel blijven, dan kan tot goedkeuring worden overgegaan. Bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' kan vervolgschade ontstaan en zijn de bomen niet toelaatbaar, tenzij er aangetoond kan worden dat er altijd voldoende restprofiel overblijft.

Binnentalud

Bomen op het binnentalud leiden niet tot vervolgschade door erosie na ontworteling als het overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/s/m'. Bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' kan vervolgschade ontstaan en zijn de bomen niet toelaatbaar, tenzij er voldoende restprofiel overblijft. Dit restprofiel is bij de beoordeling van beplanting op de kruin beschreven.

Binnenberm

Bomen op de binnenberm leiden niet tot vervolgschade door erosie na ontworteling als het overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/s/m'. Bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' kan wellicht vervolgschade ontstaan, maar is de stroomsnelheid van het water afgenomen door wrijving met het binnentalud en is de hoeveelheid water eveneens minder doordat er water in het binnentalud infiltreert. Bovendien is de taludhelling van de binnenberm flauw. Dit zijn redenen om aan te nemen dat verdere erosie van een ontgrondingskuil op de binnenberm nauwelijks aan de orde kan zijn. Er van uitgaande dat overslagdebieten veel groter dan 1 l/s/m' bij toetsing van een boezemkade niet zal worden toegelaten is er dan geen reden om de aanwezigheid van beplanting op de binnenberm ten aanzien van het aspect erosie af te keuren.

Achterland
Bomen in het achterland zijn uit oogpunt van erosie toelaatbaar. Voor de redenatie kan worden verwezen naar het gestelde bij de binnenberm.

Boom blijft staan: erosie

Voorland
Bij boezemkades is alleen sprake van voorland als dit boven normaal boezempeil ligt. Er kan daarom alleen sprake zijn van een erosieprobleem als het voorland beneden maatgevend boezempeil liggen, of als er golven zijn die het voorland overspoelen. Als dit niet het geval is, dan is erosie ook geen probleem. Als de bomen of struiken wel worden omspoeld door water, dan kan rondom de beplanting erosie ontstaan. Deze erosie zal zich beperken tot een straal van enkele meters rond de beplanting, en een diepte van enkele decimeters. Daarom zijn bomen en struiken op een afstand van 5 meter en meer op het voorland aanvaardbaar te achten.

Buitentalud
Bomen en struiken op het buitentalud kunnen aanleiding zijn voor extra erosie tijdens maatgevende omstandigheden. Hier geldt echter min of meer hetzelfde als voor bomen op het voorland. Als er erosiegevoelig materiaal aan de buitenzijde van de kade aanwezig is, dan kan rond de waterlijn erosie ontstaan, waardoor de kruinbreedte verminderd. Daarom zijn bomen en struiken in het buitentalud alleen op brede kaden (meer dan 10 meter breedte boven maatgevend boezempeil) aanvaardbaar, tenzij aangetoond kan worden dat eventuele erosie beperkt blijft tot aanvaardbare afmetingen.

Kruin
Bij een overslagdebiet minder dan 0,1 l/s/m' zijn bomen en struiken op de kruin uit oogpunt van erosie geen probleem. Bij grotere overslagdebieten kan extra erosie rondom de begroeiing ontstaan. Deze extra erosie zal een straal hebben van enkele meters. Daarom is in dat geval beplanting alleen toegestaan als de kade breed genoeg is (meer dan 10 meter breedte boven maatgevend boezempeil), zodat in ieder geval voldoende restbreedte overblijft waar de invloed van de beplanting niet meer merkbaar is.

Binnentalud
Bij een overslagdebiet van minder dan 0,1 l/s/m' is erosie niet aan de orde. Analoog aan de beoordeling als een boom omwaait, kan voor een boom in het binnentalud die blijft staan, worden gesteld dat bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' extra erosie rondom de beplanting kan ontstaan. Bomen zijn niet toelaatbaar, tenzij voldoende restprofiel overblijft. Dit restprofiel is bij erosie als gevolg van het omwaaien van een boom gegeven.

Binnenberm
Bomen en beplanting op de binnenberm zijn toelaatbaar uit oogpunt van erosie. Voor de redenatie wordt verwezen naar het betreffende stuk onder 'Bomen waaien om: erosie ontgrondingskuil'.

Achterland

Bomen en beplanting in het achterland zijn toelaatbaar uit oogpunt van erosie. Voor de redenatie wordt verwezen naar het betreffende stuk onder 'Bomen waaien om: erosie ontgrondingskuil'.

Boom blijft staan: piping

Binnenberm en achterland
Langs de wortels van beplanting kan eventueel kwel uit een watervoerende zandlaag plaatsvinden. Voorwaarde is dat de wortels contact maken met deze zandlaag. Dit kan worden beoordeeld door het normale grondwaterniveau te vergelijken met de diepteligging van de watervoerende zandlaag. Als de watervoerende zandlaag meer dan 0,5 meter onder het normale polderpeil ligt, dan kan de situatie worden goedgekeurd.

Boom blijft staan: macrostabiliteit

Ten aanzien van de binnenwaartse macrostabiliteit wordt geëist dat deze voldoet aan de norm zoals gesteld in Richtlijnen ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden. Het is dus niet voldoende om te eisen dat de beplanting buiten een beoordelingsprofiel of restprofiel blijft.

Kruin
Een boom op de kruin vangt wind. Deze wind wordt via de stam en de wortels overgebracht op de ondergrond. Er is daarom sprake van een extra belasting die in principe bij de beschouwing van de macrostabiliteit moet worden meegenomen. De wijze waarop dit in de berekening moet worden gemodelleerd wordt in paragraaf 9.3 behandeld. Omdat de berekening plaatsvindt in een dwarsprofiel mogen de over te brengen krachten worden gereduceerd omdat een eventuele afschuiving een zekere breedte zal hebben, en gemiddeld genomen dus niet even zwaar wordt belast als in de dwarsdoorsnede met de boom erin het geval is. De mate van reductie hangt af van de breedte van een potentieel schuifvlak. Dit staat eveneens in paragraaf 9.3 beschreven .
Als de boom op de kruin staat heeft het eigen gewicht van de boom een negatieve invloed op de stabiliteit. Het is daarom aanbevelingswaardig om dit gewicht in de berekening mee te tellen. Het gewicht mag op dezelfde manier gereduceerd worden als de krachten ten gevolge van de wind.

Binnentalud
Zie onder Kruin.

Binnenberm
Zie onder Kruin.

Achterland
Zie onder Kruin.

10.3 Beoordeling veiligheid van nieuw aan te brengen beplanting op boezemkaden

Bij nieuw aan te brengen beplanting op boezemkaden gelden in principe dezelfde beoordelingsaspecten als bij het beoordelen van bestaande beplanting. Er zijn echter vier grote verschillen:

- Om een duurzaam beleid te kunnen voeren moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid om toekomstige kadeversterkingen uit te kunnen voeren. Dit houdt in dat het toestaan van beplanting met een lange levensduur binnen het profiel van een toekomstige kadeversterking niet altijd verstandig beleid is. Bij het bepalen van het profiel van toekomstige kadeversterkingen zal rekening gehouden moeten worden met eventuele hogere boezempeilen dan nu het geval is en met maaivelddaling.
- In de beoordeling van bestaande beplanting is inherent opgenomen dat de aanwezigheid van de beplanting een *extra* risico met zich meebrengt, maar dat dit (voor de levensduur van de beplanting) aanvaardbaar kan worden geacht als aan bepaalde voorwaarden is voldaan. De aanwezigheid van de beplanting kan leiden tot schade aan de waterkering, maar deze schade leidt niet onmiddellijk tot falen van de waterkering. In deze formulering zit besloten dat de aanwezigheid van beplanting uit oogpunt van veiligheid ongewenst is, maar dat bestaande beplanting gedoogd kan worden als deze 'niet onmiddellijk leiden tot falen van de waterkering'. Er is sprake van een 'beheersbare situatie'. Het is dus niet zonder meer toegestaan om nieuwe beplanting met dezelfde toetsingsregels te beoordelen als voor bestaande beplanting wordt gehanteerd. Er kunnen strengere criteria worden gehanteerd, waarbij beplanting in de kernzone terughoudend moet worden beoordeeld.
- Bij het vaststellen van de minimale kadehoogte en de binnentaludhelling wordt aangeraden om uit te gaan van de strengere eisen voor kadeverbetering zoals deze zijn gegeven in Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden.
- Piping en microstabiliteit kunnen worden beïnvloed door open ruimtes die zijn ontstaan doordat er vroeger beplanting in de waterkering of in het achterland heeft gestaan. Om dit in de toekomst te voorkomen is dat, tot er meer kennis beschikbaar komt, een reden om nieuwe beplanting in het onderste deel van het binnentalud niet wenselijk te achten (microstabiliteit) en beplanting binnen de pipingzone alleen bij dikkere slappe lagenpakketten toe te staan.

Het beleid dat gevoerd wordt ten aanzien van beplanting op waterkeringen is hiermee met het oog op de veiligheid anders dan bij bestaande beplanting. Het verschil zal, naast de veiligheidsbeoordeling, vooral ook aan de beleidsmatige kant gemaakt worden.
Aan de beleidsmatige kant wordt in hoofdstuk 11 verder aandacht gegeven.

Desgewenst kunnen per te beoordelen aspect 'invloedsgrenzen' worden bepaald. Deze invloedsgrenzen geven aan binnen welke grenzen in een bestaand dwarsprofiel beplanting kan worden toegestaan. Uit combinatie van de verschillende invloedsgrenzen ontstaat een beeld van wat er wel en

niet kan worden toegestaan uit oogpunt van veiligheid. Met deze invloedsgrenzen kan worden aangegeven waar op het voorland en op het achterland de grenzen van de kernzone liggen voor wat betreft beplanting.

10.4 Beschouwing veiligheid van bestaande beplanting op primaire waterkeringen

Algemeen

De beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen, en meer specifiek de beoordeling van de invloed van beplanting daarop, zoals deze in deze paragraaf wordt gepresenteerd, is bedoeld als een uitgebreidere en verbeterde versie van de toetsing van bomen volgens de Leidraad Toetsen op Veiligheid (1999). De Leidraad Toetsen op Veiligheid en de Handreiking Constructief ontwerpen geven vrijwel dezelfde beoordelingsmethode. Hierin speelt het begrip 'beoordelingsprofiel' een prominente rol.

In deze paragraaf wordt getracht een systematisch overzicht te geven van alle relevante aspecten ten aanzien van de invloed van beplanting op de veiligheid, en hieraan een even systematische beoordeling te koppelen. Hierbij komt het beoordelingsprofiel wel ter sprake, maar krijgt dit begrip een minder prominente plaats in de beoordeling.

De gekozen benadering lijkt sterk op die bij boezemkades. Er wordt alleen gewerkt met een andere veiligheidsnorm, en vergeleken met de situatie bij boezemkaden worden de beoordeling van bomen in het voorland en in het buitentalud verder uitgewerkt.

Een verder onderscheid tussen primaire waterkeringen en boezemkaden is dat bij boezemkaden ook bij dagelijkse omstandigheden een hoge waterstand in de boezem aanwezig is, terwijl bij primaire waterkeringen storm (omwaaien van bomen) niet gecorreleerd hoeft te zijn met een hoge waterstand. Dit is met name in het bovenrivierengebied een onderscheidende factor. De gevolgen van omwaaien van een boom leiden dan minder direct tot falen van de waterkerende functie.
De hydraulische belasting op primaire waterkeringen kan verder worden onderscheiden in:

- zee- en meerdijken: een betrekkelijk kortdurende hoge waterstand en een hoge golfbelasting
- het benedenrivierengebied: invloed van getij en storm, waardoor een betrekkelijk korte hoogwaterpiek optreedt, maar meestal een beperkte golfbelasting. Het optreden van een hoogwaterstand kan in het benedenrivierengebied echter wel samenhangen met storm.
- het bovenrivierengebied met een langdurige hoogwater-afvoergolf en een meestal beperkte golfaanval en windbelasting. Hoogwaterstanden en stormomstandigheden zijn niet of zwak gecorreleerd.

Risicobenadering

In het algemeen geven bomen op of direct bij de waterkering, als gevolg van een mogelijke ontworteling bij een storm (windworp), en ten aanzien van de macrostabiliteit, microstabiliteit piping en erosie een verhoogde kans op falen van de waterkering. Of die kans acceptabel is hangt af van de te verwachten gevolgen hiervan. In de Wet op de Waterkering wordt dit uitgedrukt in overschrijdingsfrequenties. Deze overschrijdingsfrequenties worden in de vigerende leidraden uitgewerkt tot een methodiek waarbij de overschrijdingsfrequentie van een dijkring wordt toegekend aan het aspect overloop en overslag (kruinhoogte) en waarbij andere faalmechanismen gegeven deze maatgevende belasting een 'verwaarloosbaar kleine kans van optreden' moeten hebben. Deze 'verwaarloosbare kleine kans van optreden' wordt wel uitgelegd als 1/100 van de normfrequentie. In de vigerende leidraden is dit verder uitgewerkt in een stelsel van partiële veiligheidsfactoren (modelfactoren, materiaalfactoren, rekenen met karakteristieke waarden voor grondparameters). Hiervan wordt in dit rapport niet afgeweken.

Op dit moment is het zo dat de verschillende kansen, ook met specialistische ondersteuning, alleen heel globaal kunnen worden aangegeven. Een complicerende factor is bovendien dat de kansen op falen van de waterkering door de aanwezigheid van beplanting wordt bepaald door de optelsom van de kansen op falen van de waterkering als gevolg van alle, binnen een dijkring aanwezige, beplanting. Deze twee factoren betekenen dat toepassing van dit denkmodel in de praktijk nog niet mogelijk is. De pragmatische benadering voor de huidige adviespraktijk is daarom dat 'verwaarloosbaar kleine kansen' worden vertaald in deterministische eisen waarvan verondersteld mag worden dat deze inderdaad een verwaarloosbaar risico opleveren.

Kans op omvallen boom versus de kans dat de boom blijft staan

De kans dat een boom omvalt hangt mede af van de soort boom, de ouderdom, het gepleegde onderhoud en van de vraag of de beplanting gezond is en de groeiomstandigheden voor met name het wortelstelsel gunstig. Het bepalen van deze kans is nu nog niet goed mogelijk. Uit de literatuur is alleen als aanduiding van de kans dat een boom omwaait een getal van 0,01/jaar tot 0,05/jaar beschikbaar. Voor gunstige boomsoorten (zie de lijst van de Bomenstichting) is deze kans lager, voor ongunstige boomtypen kan deze kans hoger zijn.
De kans dat de boom blijft staan is gelijk aan 1 minus de kans dat de boom omwaait, dus 0,95 à 0,99/jaar.
Bomen waaien om bij windkrachten 9 of meer. De kans op windkracht 9 is in de orde van grootte van 10^{-4}. Dit gaat (afhankelijk van de kadeklasse) al aardig in de richting van 1/100 tot 1/1000 maal de normfrequentie voor het maatgevend boezempeil. Als er dan maar weinig bomen op de boezemkaden van een polder staan, dan kan dit leiden tot de uitspraak dat de schademechanismen bij omwaaien van een boom buiten beschouwing mogen worden gelaten, aangezien de kans op omwaaien al voldoende klein is.

Voor laagopgaande bomen en struiken (kleiner dan 5 meter hoog) is de kans op ontworteling door windbelasting verwaarloosbaar klein. Er hoeft dan alleen te worden beoordeeld op de faalmechanismen waarbij de beplanting blijft staan.

Als de kennis verder is ontwikkeld, dan is het denkbaar dat deze getallen kunnen worden onderbouwd door:

- de windbelasting op de boom te berekenen volgens de methode van de Handreiking Constructief Ontwerpen. De maatgevende windsnelheid kan aan de gewenste optredingsfrequentie worden gekoppeld door middel van windstatistieken, bijvoorbeeld uit de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken – deel 1 of deel 2, of via het Polytechnisch zakboek, zie ook hoofdstuk 6.
- deze windbelasting kan worden vergeleken met de resultaten van trekproeven om per boomtype een indruk te krijgen van de waarschijnlijkheid dat een boom of een bomenrij omwaait.

Falend beheer en onderhoud

De kans op falen van de waterkering wordt beïnvloed door de wijze waarop het bomenbestand wordt beheerd en onderhouden. Als zieke en dode bomen niet tijdig worden verwijderd neemt de kans op omwaaien van bomen toe. Goed onderhouden en gezonde bomen hebben een kleinere kans om te waaien.
Een andere factor is de ouderdom van een boom. Als de boom een leeftijd heeft die de verwachte levensduur benadert, dan neemt de kans op omvallen toe, en als de boom op een ongunstige plaats staat, dan is dat reden in te grijpen.
Ook bij primaire waterkeringen is het aan te bevelen bij het verwijderen van bomen te trachten de wortels zoveel mogelijk uit de waterkering te halen en te vervangen door verdichte grond. Als dit niet wordt gedaan dan wordt de kans op verlies van microstabiliteit door uittredende kwel, of de kans op piping groter. De waterdoorlatendheid van losse grond met gaten door rottende of vergane wortels kan dusdanig beïnvloed worden dat het stromingsbeeld wordt verstoord en de macrostabiliteit wordt beïnvloed. Vanwege de overwegend forse afmetingen van primaire waterkeringen (ten opzichte van bijvoorbeeld boezemkaden) is de invloed op het totale stromingsbeeld van water in en door de dijk waarschijnlijk beperkt, maar ten aanzien van piping kan een wortelgang waaruit de wortels zijn verdwenen dienen als uittredepunt.
Ook hier is het moeilijk om getalswaarden aan te geven. Het is echter van belang om te herkennen dat dit beïnvloedbare factoren zijn: er is een goed beheer en onderhoud noodzakelijk om toegevoegd risico te minimaliseren.

Faalmechanismen

Welke faalmechanismen beschouwt moeten worden hangt af van de plaats van de beplanting in het dwarsprofiel. Dit is weergegeven in tabel 9.2.

Faalmechanisme	Voorland	Buiten-talud	Kruin	Binnen-talud	Binnen-berm	Achterland
Boom waait om						
Piping en opbarsten	•				•	•
Macrostabiliteit	•	•	•	•	•	•
Microstabiliteit				•		
Erosie ontgrondingskuil	•	•	•	•	•	•
Boom blijft staan						
Erosie	•	•	•	•	•	•
Piping	•				•	•
Macrostabiliteit	•	•	•	•	•	•

Tabel 9.2 Plaats van de beplanting en de te beoordelen faalmechanismen

10.5 Beoordeling veiligheid van bestaande beplanting op primaire waterkeringen

Boom waait om: piping en opbarsten

Voorland

Door het omwaaien van de boom ontstaat een ontgrondingskuil. Bij de beoordeling hiervan speelt de vraag hoe diep de ontgrondingskuil is en hoe dik het afdekkende slappe lagenpakket. Het wortelstelsel van bomen strekt zich uit tot op de normale grondwaterspiegel. Als het slappe lagenpakket zich overal ter plaatse van de boom beneden dit niveau uitstrekt, dan heeft dit geen invloed op het intredepunt voor piping.

Als bij ontworteling van de boom het slappe lagenpakket wordt doorsneden, en het voorland ligt op een niveau beneden de hoogwaterstand, dan kan hier water intreden, dat locaal voor hogere stijghoogtes in het watervoerende zandpakket kan zorgen. Of dit acceptabel is kan in eerste instantie worden gecontroleerd door het intredepunt voor piping ter plaatse van de boom te leggen en de normale pipingregels toe te passen. Als hiermee niet tot goedkeuring kan worden gekomen, en de wens om de boom te handhaven is aanwezig, dan zijn er optimalisaties mogelijk door de methode Sellmeijer toe te passen of door middels grondwaterstromingsberekeningen na te gaan hoe groot de invloed van een ontgronding met beperkte afmetingen op het 3-dimensionale stromingsbeeld naar verwachting is.

Binnenberm

Als de binnenberm een functie heeft als pipingberm, dan kan het ontstaan van een ontgrondingskuil gevolgen hebben voor het functioneren hiervan. Als de stijghoogte hoog genoeg is kan dit opbarsten van de grond ter plaatse van de ontgrondingskuil ten gevolge hebben. Hierop moet worden

gecontroleerd door het gewicht van de resterende grondlaag boven het watervoerende pakket te vergelijken met de opwaartse stijghoogte in ditzelfde watervoerende zandpakket.
Bij het bepalen van de mogelijkheid van het opbarsten van de bodem van een ontgrondingskuil kan, net als dit voor slootbodems wordt gedaan, rekening gehouden worden met spanningsspreiding en een beperkte breedte van de ontgronding. Deze methodiek wordt in de Leidraad toetsen op veiligheid, katern 5, bijlage 2, gegeven.

Achterland
Het ontstaan van een ontgrondingskuil in het achterland verkort kan de verticale pipinglengte verkorten als hierdoor het afdekkende lagenpakket wordt doorbroken of dusdanig wordt verminderd dat opbarsten kan optreden. Hierop kan worden gecontroleerd middels de bekende regels van Bligh en Lane. Hiernaast geldt als regel dat opbarsten op moet kunnen treden wil piping een probleem vormen. Dit kan worden gecontroleerd door het gewicht van de resterende grondlaag boven het watervoerende pakket te vergelijken met de opwaartse stijghoogte in ditzelfde watervoerende zandpakket. Als deze methoden geen uitsluitsel geven kan een gedetailleerde beoordeling met methode Sellmeijer worden uitgevoerd. Voor een beschrijving van de betreffende methoden wordt verwezen naar de vakliteratuur.
Bij het bepalen van de mogelijkheid van het opbarsten van de bodem van een ontgrondingskuil kan, net als dit voor slootbodems wordt gedaan, rekening gehouden worden met spanningsspreiding en een beperkte breedte van de ontgronding. Deze methodiek wordt in de Leidraad toetsen op veiligheid, katern 5, bijlage 2, gegeven.

Boom waait om: macrostabiliteit
Ten aanzien van de binnenwaartse en buitenwaartse macrostabiliteit, inclusief de invloed van beplanting daarop, wordt geëist dat deze voldoet aan de normen die worden gesteld in de vigerende leidraden. Het is dus niet voldoende om te eisen dat de beplanting, inclusief wortelstelsel, buiten een beoordelingsprofiel blijven.

Voorland
Als een boom in het voorland omwaait ontstaat een ontgrondingskuil. Dit betekent dat de macrostabiliteit van het buitentalud inclusief de invloed van het ontstaan van de ontgronding moet worden beoordeeld. Hierbij mag in de stabiliteitsberekening worden gereduceerd voor de beperkte oppervlakte van de ontgronding ten opzichte van de breedte van een schuifvlak. Er wordt getoetst aan de schadefactor voor de buitenwaartse stabiliteit van primaire waterkeringen volgens de vigerende leidraden.

Buitentalud
Afhankelijk van de plaats van de boom heeft een ontgronding op zich in het buitentalud geen ongunstige invloed op de buitenwaartse macrostabiliteit. Er wordt gewicht weggenomen uit het aandrijvende deel van de glijcirkel. Het is echter de vraag of er na de ontgronding een nieuw, voldoende stabiel buitentalud aanwezig is, of dat er opvolgende kleinschalige instabiliteiten op kunnen treden. Afgezien hiervan vormt de ontgronding een aangrijpingspunt voor verdere erosie (zie betreffende tekst).

Er kan in dit geval niet gewerkt worden met een 'beoordelingsprofiel': deze kennis is nog niet ontwikkeld. Al met al is er sprake van een doorgaans onwenselijke situatie, waarbij alleen in uitzonderingsgevallen, ondersteund door een gedegen studie, een uitzondering gemaakt kan worden om bomen op het buitentalud toelaatbaar te achten.

Kruin

Bomen in de kruin die de kans lopen om te waaien zijn alleen toelaatbaar als er na het ontstaan van een ontgrondingskuil aan de buitenzijde van de waterkering een restbreedte van de kruin van tenminste 3 meter overblijft. Aan de buitenzijde mag geen ontgronding worden toegestaan, vanwege het gevaar van voortschrijdende erosie die de restbreedte van de kruin aantast. Vanwege de gevoelige plaats van de beplanting wordt in dit geval aanbevolen een breedte van de ontgrondingskuil aan te houden die gelijk is aan de kroonprojectie van de boom, met een minimumbreedte van 4 meter. Verder moet na de ontgronding rekening worden gehouden met het ontstaan van secundaire glijvlakjes. De boom, inclusief de aangegeven afmetingen van de ontgronding moeten buiten een beoordelingsprofiel vallen met:

- een restkruinbreedte van tenminste 3 meter op dijktafelhoogte
- binnentaludhellingen van 1 : 2 in klei en 1 : 4 in zand.

Als er vervolgens een ontgrondingskuil ontstaat, dan zal deze geen negatieve invloed op de binnenwaartse macrostabiliteit hebben: er verdwijnt gewicht uit het aandrijvende gedeelte van de glijcirkel.

Binnentalud

Een ontgrondingskuil in het binnentalud heeft tot gevolg dat er gewicht uit het aandrijvende deel van de glijcirkel verdwijnt. Van dit feit wordt op zichzelf ten aanzien van de macrostabiliteit dan ook geen negatief effect verwacht. Het is echter de vraag of na de ontgronding een restprofiel overblijft dat stabiel is (geen vervolgschade) en voldoende waterkerend vermogen bezit. Om dit te beoordelen wordt gebruik gemaakt van het beoordelingsprofiel. Dit profiel wordt als volgt gegeven:

- een kruinbreedte van tenminste 3 meter op dijktafelhoogte
- een binnentaludhelling van 1 : 2 in klei, 1 : 4 in zand

Vanwege de gevoelige plaats van de beplanting wordt ook hier aanbevolen om uit te gaan van een ontgronding met een breedte gelijk aan de kroonprojectie van de boom, maar minimaal 4 meter.
Als de bomen en struiken inclusief het wortelstelsel buiten dit beoordelingsprofiel blijven, dan kan alsnog tot goedkeuring worden overgegaan.

Binnenberm

De binnenberm kan een functie als stabiliteitsberm vervullen. Als hier een ontgrondingskuil ontstaat kan deze functie in gevaar komen. Er moet een beoordeling plaatsvinden op basis van de verwachte afmetingen van de ontgrondingskuil, waarbij rekening gehouden mag worden met een reductie van ten gevolge van de beperkte grootte van de ontgrondingskuil van solitaire bomen, respectievelijk een

bomenrij, ten aanzien van de totale grootte van het glijvlak (zie paragraaf 8.3). Voor de breedte van de ontgrondingskuil mag 4 meter worden aangehouden.
Er wordt getoetst aan de aan de schadefactor conform de vigerende leidraden voor primaire waterkeringen.

Achterland
Een ontgrondingskuil in het achterland beïnvloedt de weerstand tegen een binnendijkse afschuiving. Er moet een beoordeling plaatsvinden op basis van de verwachte afmetingen van de ontgrondingskuil, waarbij rekening gehouden mag worden met een reductie ten gevolge van de beperkte grootte van de ontgrondingskuil van solitaire bomen, respectievelijk een bomenrij, ten aanzien van de totale grootte van het glijvlak (zie paragraaf 8.3). Voor de breedte van de ontgrondingskuil mag 4 meter worden aangehouden.
Er wordt getoetst aan de aan de schadefactor conform de vigerende leidraden voor primaire waterkeringen.

Boom waait om: microstabiliteit

Binnentalud
Bij primaire waterkeringen wordt als stelregel gehanteerd dat microstabiliteit in kleidijken en in zanddijken met een binnentaludhelling flauwer dan 1 : 5 geen probleem geeft. Als er in het binnentalud een ontgrondingskuil ontstaat doordat een boom omwaait, dan is erosie door uittredend kwelwater niet geheel denkbeeldig, maar de kans op oncontroleerbare problemen mag voldoende klein worden geacht. In dijken met een zandkern en een smal profiel kan een hoge freatische lijn in de dijk aanwezig zijn. Als er een ontgrondingskuil in het binnentalud ontstaat, kan dit aanleiding zijn tot extra kwel. Bij een dijk bestaande uit zand met een klei-afdekking is er een grote kans dat de klei-afdekking wordt doorbroken, waarna er zand en water uit het binnentalud stromen. Bij een dijk met een zandkern en een zandige toplaag is deze kans eveneens groot.
Over het algemeen zal het ontstaan van een ontgrondingskuil uit oogpunt van microstabiliteit bij dit type dijk alleen toelaatbaar zijn in het bovenste gedeelte van het binnentalud en in kleidijken.
Als beoordeling wordt uitgegaan van het beoordelingsprofiel. Als de boom inclusief het wortelstelsel buiten dit beoordelingsprofiel valt, dan zal een optredende erosie buiten dit beoordelingsprofiel blijven: klei erodeert maar blijft boven het erosiepunt vrij steil overeind staan (helling 1 : 2), terwijl dit bij zand 1 : 4 kan worden (ongeveer $\phi/2$).

Boom waait om: erosie ontgrondingskuil

Voorland
Een boom in het voorland valt in principe altijd binnen het beoordelingsprofiel, aangezien voor de buitenzijde van de waterkering geldt dat het beoordelingsprofiel gelijk is aan het fysiek aanwezige buitentalud. Voor een hoog en breed voorland kan een uitzondering worden gemaakt: er mag dan gebruik worden gemaakt van het afslagprofiel, zoals omschreven in de Handreiking Constructief Ontwerpen. Dit afslagprofiel is afgeleid van een evenwichtsprofiel zoals dat in zand ontstaat bij hoge

golfaanval. Aan de zee- en meerkust, waar sprake is van een aanzienlijke golfaanval, lijkt dit nog wel redelijk, hoewel de vraag gesteld kan worden of dit ook van toepassing is op klei. In het rivierengebied, met veelal beperkte golfaanval is dit afslagprofiel waarschijnlijk zeer conservatief, en zal eventuele erosie eerder door stroming dan door golven ontstaan. Over een minder conservatieve benadering wordt nagedacht. Tot er een geaccepteerde methode hiervoor beschikbaar is kan worden aangeraden in specifieke gevallen specialistische hulp te zoeken om een betere inschatting van de werkelijk te verwachten erosie te verkrijgen.

Buitentalud

Een ontgrondingskuil in het buitentalud levert directe schade op aan de waterkering. Dit is veelal niet toelaatbaar.

Indien de wens bestaat om de bomen te handhaven en er is sprake van een ruim profiel kan, vooral als er sprake is van een kleidijk, specialistische hulp worden gezocht om een uitspraak te laten doen over de specifiek op die locatie te verwachten vervolgerosie en verdere instabiliteiten. In het rivierengebied mag de kans op succes groter worden geacht dan bij zee- en meerdijken. In het algemeen moet bij gebrek aan kennis een conservatief oordeel worden gegeven.

Kruin

Bij bomen op de kruin is enerzijds de breedte van de kruin en anderzijds de plaats van de bomen bepalend voor de beoordeling. Na het ontstaan van een ontgrondingskuil moet in ieder geval een restbreedte van de kruin van meer dan 3 meter overblijven. Als de bomen zo dicht bij de buitenkruinlijn staan dat de ontgrondingskuil in contact komt met het buitenwater, dan geldt hier hetzelfde als voor het buitentalud. Als er echter 3 meter kruinbreedte of meer aan de buitenzijde van de kade overblijft, en er is een overslagdebiet van minder dan 0,1 l/s/m', dan is er geen reden om aan te nemen dat er vervolgschade door erosie zal ontstaan. Dit wordt beoordeeld aan de hand van het beoordelingsprofiel:

- een kruinbreedte van tenminste 3 meter op het minimum kruinhoogteniveau
- een binnentaludhelling van 1 : 2 in klei en 1 : 4 in zand

Als de bomen en struiken inclusief het wortelstelsel buiten dit beoordelingsprofiel blijven, dan kan tot goedkeuring worden overgegaan. In dat geval zijn de bomen toelaatbaar.

Bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' kan vervolgschade ontstaan en zijn de bomen niet toelaatbaar, tenzij aangetoond kan worden dat er altijd voldoende restprofiel overblijft. In dat geval is wel bijzondere aandacht nodig voor het fenomeen afschuiven van het binnentalud door golfoverslag, maar dat is zonder de aanwezigheid van beplanting ook het geval.

Binnentalud

Bomen op het binnentalud leiden niet tot vervolgschade door erosie na ontworteling als het overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/s/m'. Bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' kan vervolgschade ontstaan en zijn de bomen niet toelaatbaar, tenzij er voldoende restprofiel overblijft. Dit beoordelingsprofiel is bij de beoordeling van beplanting op de kruin beschreven.

Binnenberm

Bomen op de binnenberm leiden niet tot vervolgschade door erosie na ontworteling als het overslagdebiet kleiner is dan 0,1 l/s/m'. Bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' kan wellicht vervolgschade ontstaan, maar is de stroomsnelheid van het water afgenomen door wrijving met het binnentalud en is de hoeveelheid water eveneens minder doordat er water in het binnentalud infiltreert. Bovendien is de taludhelling van de binnenberm flauw. Dit zijn redenen om aan te nemen dat verdere erosie van een ontgrondingskuil op de binnenberm nauwelijks aan de orde kan zijn. Er van uitgaande dat overslagdebieten veel groter dan 1 l/s/m' niet zullen worden toegelaten is er dan geen reden om de aanwezigheid van beplanting op de binnenberm ten aanzien van het aspect erosie af te keuren.

Achterland

Bomen in het achterland zijn uit oogpunt van erosie toelaatbaar. Voor de redenatie kan worden verwezen naar het gestelde bij de binnenberm.

Boom blijft staan: erosie

Voorland

Bomen en struiken in een voorland kunnen zorgen voor extra erosie rond deze beplanting door concentratie van stroming, extra turbulentie bij golfwerking en een minder ontwikkelde grasmat/begroeiing onder de beplanting. In termen van 'extra' erosie blijft deze invloed beperkt tot een zekere zone rondom de beplanting. Beplanting die op een afstand van meer dan 10 meter uit de buitenteenlijn wordt aanvaardbaar geacht uit oogpunt van erosie.

Buitentalud

Bomen en struiken op het buitentalud kunnen aanleiding zijn voor extra erosie tijdens maatgevende omstandigheden. Indien de wens bestaat om de bomen te handhaven en er is sprake van een ruim profiel kan, vooral als er sprake is van een kleidijk, specialistische hulp worden gezocht om een uitspraak te laten doen over de specifiek op die locatie te verwachten vervolgerosie. In het rivierengebied mag de kans op succes groter worden geacht dan bij zee- en meerdijken. In het algemeen moet bij gebrek aan kennis een conservatief oordeel worden gegeven. Bovendien moet de mogelijkheid dat erosie alsnog leidt tot omvallen van de boom in beschouwing worden genomen.

Kruin

Bij een overslagdebiet minder dan 0,1 l/s/m' zijn bomen en struiken op de kruin uit oogpunt van erosie geen probleem als deze blijven staan. Bij grotere overslagdebieten kan extra erosie rondom de begroeiing ontstaan. Deze extra erosie zal een straal hebben van enkele meters. Daarom is in dat geval beplanting alleen toegestaan als de kruin breed genoeg is (meer dan 10 meter breedte boven dijktafelhoogte), zodat in ieder geval voldoende restbreedte overblijft waar de invloed van de beplanting niet meer merkbaar is.

Binnentalud
Bij een overslagdebiet van minder dan 0,1 l/s/m' is erosie niet aan de orde. Analoog aan de beoordeling als een boom omwaait, kan voor een boom in het binnentalud die blijft staan, worden gesteld dat bij overslagdebieten groter dan 1 l/s/m' extra erosie rondom de beplanting kan ontstaan. Bomen zijn niet toelaatbaar, tenzij voldoende restprofiel overblijft. Dit beoordelingsprofiel is bij erosie als gevolg van het omwaaien van een boom gegeven.

Binnenberm
Bomen en beplanting op de binnenberm zijn toelaatbaar uit oogpunt van erosie. Voor de redenatie wordt verwezen naar het betreffende stuk onder 'Bomen waaien om: erosie ontgrondingskuil'.

Achterland
Bomen en beplanting in het achterland zijn toelaatbaar uit oogpunt van erosie. Voor de redenatie wordt verwezen naar het betreffende stuk onder 'Bomen waaien om: erosie ontgrondingskuil'.

Boom blijft staan: piping

Voorland
Langs de wortels van beplanting kan eventueel kwel naar de watervoerende zandlaag plaatsvinden. Voorwaarde is dat de wortels contact maken met een watervoerende zandlaag. Tussen de worteldiepte van de beplanting en de ligging van de eerste watervoerende zandlaag moet een niet waterdoorlatende laag van ten minste 0,5 meter liggen. Is dit niet het geval dan is een gedetailleerde beoordeling mogelijk van de hoeveelheid toetredend water en de invloed daarvan op de te verwachten potentiaal. Deze invloed is waarschijnlijk klein als er geen sprake is van min of meer aaneengesloten beplanting.

Binnenberm
Langs de wortels van beplanting kan eventueel kwel uit een watervoerende zandlaag plaatsvinden. Voorwaarde is dat de wortels contact maken met deze zandlaag. Dit kan worden beoordeeld door het normale grondwaterniveau te vergelijken met de diepteligging van de watervoerende zandlaag. Als de watervoerende zandlaag meer dan 0,5 meter onder het normale polderpeil ligt, dan kan de situatie worden goedgekeurd.

Achterland
Zie onder binnenberm.

Boom blijft staan: macrostabiliteit
Ten aanzien van de binnenwaartse en buitenwaartse macrostabiliteit, inclusief de invloed van beplanting daarop, wordt geëist dat deze voldoet aan de normen die worden gesteld in de vigerende leidraden. Het is dus niet voldoende om te eisen dat de beplanting, inclusief wortelstelsel, buiten een beoordelingsprofiel blijven.

Voorland

Een boom in het voorland vangt wind. Deze wind wordt via de stam en de wortels overgebracht op de ondergrond. Er is daarom sprake van een extra belasting die in principe bij de beschouwing van de macrostabiliteit moet worden meegenomen. Op de wijze waarop dit in de berekening moet worden gemodelleerd wordt ingegaan in paragraaf 9.3. Omdat de berekening plaatsvindt in een dwarsprofiel mogen de over te brengen krachten worden gereduceerd omdat een eventuele afschuiving een zekere breedte zal hebben, en gemiddeld genomen dus niet even zwaar wordt belast als in de dwarsdoorsnede met de boom erin het geval is. De mate van reductie hangt af van de breedte van een potentieel schuifvlak. Het schatten van de breedte van een schuifvlak wordt eveneens beschreven in paragraaf 9.3.
Als de boom in het voorland staat heeft het eigen gewicht van de boom waarschijnlijk een positieve invloed op de stabiliteit. Het is daarom aanbevelingswaardig om dit gewicht niet in de berekening mee te tellen.
De macrostabiliteit inclusief de invloed van beplanting daarop wordt getoetst aan de veiligheidsfactoren conform de vigerende leidraden.

Buitentalud
Zie onder voorland. Er kan een berekening met en een berekening zonder gewicht van de boom worden gemaakt. De ongunstigste situatie is maatgevend.

Kruin
Zie onder buitentalud.

Binnentalud
Zie onder buitentalud.

Binnenberm
Zie onder buitentalud.

Achterland
Zie onder voorland.

10.6 Beoordelen veiligheid nieuw aan te brengen beplanting op primaire waterkeringen

Bij nieuw aan te brengen beplanting op primaire waterkeringen gelden in principe dezelfde beoordelingsaspecten als bij het beoordelen van bestaande beplanting. Er zijn echter drie grote verschillen:

- Om een duurzaam beleid te kunnen voeren moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid om toekomstige dijkversterkingen uit te kunnen voeren. Dit houdt in dat het toestaan van beplanting binnen het profiel van een toekomstige dijkversterking niet altijd verstandig beleid is. Dit profiel wordt 'profiel van vrije ruimte' genoemd. Bij het vaststellen van de kruinhoogte en de binnentaludhelling wordt aangeraden om in het benedenrivierengebied en bij zee- en meerdijken

rekening te houden met zeespiegelrijzing (orde van grootte van 80 cm per eeuw) en maaivelddaling (orde van grootte 20 cm per eeuw). Gezien de beleidslijn Ruimte voor de rivier kan er van worden uitgegaan dat toekomstige dijkversterkingen normaal gesproken in binnenwaartse richting plaats zullen vinden.

- In de beoordeling van bestaande beplanting is inherent opgenomen dat de aanwezigheid van de beplanting een *extra* risico met zich meebrengt, maar dat dit (voor de levensduur van de beplanting) aanvaardbaar kan worden geacht als aan bepaalde voorwaarden is voldaan. De aanwezigheid van de beplanting kan leiden tot schade aan de waterkering, maar deze schade leidt niet onmiddellijk tot falen van de waterkering. In deze formulering zit besloten dat de aanwezigheid van beplanting in principe uit oogpunt van veiligheid ongewenst is, maar dat bestaande beplanting gedoogd kan worden als deze 'niet onmiddellijk leiden tot falen van de waterkering'. Er is sprake van een 'beheersbare situatie'. Vanwege dit feit is het niet onredelijk om bij het vaststellen van de toelaatbaarheid van nieuw aan te leggen beplanting vanuit beleidsoverwegingen uit te gaan van strengere eisen dan bij het beoordelen van bestaande beplanting. Bij nieuw aan te brengen beplanting kan in een beleid er vanuit worden gegaan dat nieuwe beplanting geen extra risico's ten aanzien van de waterkering met zich mee mag brengen. Beplanting wordt alleen in gevallen waarin dat afdoende kan worden aangetoond toegestaan. Dit uitgangspunt kan worden verlaten als door komend onderzoek blijkt dat bomen kunnen bijdragen aan de sterkte.
- Piping en microstabiliteit kunnen worden beïnvloed door open ruimtes die zijn ontstaan doordat er vroeger beplanting in de waterkering of in het achterland heeft gestaan. Om dat in de toekomst te voorkomen is dat een reden om nieuwe beplanting in het onderste deel van het binnentalud niet wenselijk te achten (microstabiliteit) en beplanting binnen de pipingzone alleen bij dikkere slappe lagenpakketten toe te staan.

Het beleid dat gevoerd wordt ten aanzien van beplanting op waterkeringen is hiermee met het oog op de veiligheid anders dan bij bestaande beplanting. Het verschil zal, naast de veiligheidsbeoordeling, ook aan de beleidsmatige kant gemaakt worden.
Aan de beleidsmatige kant wordt in hoofdstuk 11 verder aandacht gegeven.

Desgewenst kunnen per te beoordelen aspect 'invloedsgrenzen' worden bepaald. Deze invloedsgrenzen geven aan binnen welke grenzen in een bestaand dwarsprofiel beplanting kan worden toegestaan. Uit combinatie van de verschillende invloedsgrenzen ontstaat een beeld van wat er wel en niet kan worden toegestaan uit oogpunt van veiligheid. Zo kan bij voor- en achterland beter worden aangegeven waar de kernzones ten aanzien van beplanting liggen.

11 Beheer, onderhoud en beleid

11.1 Inleiding

De in dit hoofdstuk behandelde opmerkingen ten aanzien van 'een te voeren beheer, onderhoud en beleid' met betrekking tot het omgaan met bomen en beplanting bij waterkeringen hebben geen enkele status, en dat is maar goed ook. Het is niet de bedoeling een keuze hierin dwingend aan waterkeringbeheerders op te leggen. Iedere beheerder maakt zijn of haar eigen keuzes.
Toch wordt in dit hoofdstuk ingegaan op het maatschappelijk en bestuurlijk kader waarbinnen de beheerder moet functioneren. Dan wordt duidelijk dat de beheerder in dit hoofdstuk een ondersteunend instrument kan vinden om het beleid, zoals dat voor zijn of haar waterschap wenselijk wordt geacht, in het bestuurlijk traject te laten bevestigen, en daarmee de benodigde middelen zeker kan stellen. De keuze hoe ver men hierin wil gaan is opnieuw aan de beheerders zelf.

11.2 Bestuurlijk kader

Het waterschap is primair verantwoordelijk voor het beheer van de waterkeringen, inclusief de daarop aanwezige elementen zoals bomen en beplanting die de waterkerende functie kunnen beïnvloeden.

De provincie heeft een toezichtshoudende taak. Verder is de provincie verantwoordelijk voor normstelling ten aanzien van boezemkaden. Door provinciale verordeningen kunnen zaken met betrekking tot de waterkeringen worden voorgeschreven.

Het rijk heeft het oppertoezicht, en vaardigt wetten uit, bijvoorbeeld de Wet op de Waterkering (1996). In de Wet op de Waterkering wordt een vijfjaarlijkse toetsing van de primaire waterkeringen voorgeschreven en wordt het vereiste beveiligingsniveau gegeven.

Gemeentes zijn verantwoordelijk voor de ruimtelijke ordening. Het waterschap kan te maken hebben met gemeentelijke bestemmingsplannen.

Tenslotte heeft een waterschap te maken met particulieren en belangenorganisaties. Particulieren kunnen eigenaar of pachter van grond binnen de leggergrenzen zijn, of gedeeltelijk onderhoudsplichtig. Verder zijn burgers de belangrijkste gebruikers van de dijken (veiligheid, maar ook wonen, werken (veeteelt), verkeer, recreatie) en in die zin de klanten van het waterschap. Belangengroepen kunnen zich inzetten voor LNC-waarden.

Binnen dit maatschappelijk kader heeft het waterschap een eigen verantwoordelijkheid. Ten aanzien van beplantingen is het aan te bevelen het handelen van het waterschap vast te leggen in een beplantingenbeleid. Doel van zo'n beleid is om belanghebbenden (particulieren, bedrijven, andere

overheden en belangenorganisaties) inzicht te verschaffen in de wijze waarop het waterschap met beplanting en met vergunningaanvragen omgaat.
Citaat uit het Beplantingsbeleid van de Alblasserwaard: "Het verschaffen van inzicht is overigens temeer van belang, doordat de beleidsinzichten omtrent de nadelige gevolgen van beplanting voor de waterkering zijn bijgesteld. De algemene maatschappelijke tendens tot opwaardering van waarden als landschap, natuur en cultuurhistorie (de zogeheten LNC-waarden) als gevolg van de achteruitgang van het milieu is sinds het begin van de 90-er jaren steeds sterker voelbaar geworden op het gebied van de waterkeringszorg. Als voorbeelden kunnen worden genoemd de toenemende behoefte om in het kader van de rivierdijkversterkingen meer middelen beschikbaar te stellen voor het ontzien van LNC-waarden en het plegen van natuurbouw en de rapportages van de door de Minister van Verkeer en Waterstaat ingestelde Commissie Boertien over de toetsing van de uitgangspunten in het kader van rivierdijkversterkingen. Het opheffen van de drempels voor het uitvoeren van milieueffectrapportages bij rivierdijkversterkingen bij Besluit m.e.r. 1994 is in dit teken ook een duidelijk teken voor de opwaardering van LNC-waarden. Daarnaast mag niet onvermeld blijven, dat het hoogheemraadschap door mee te werken aan de totstandkoming van de Landschappelijke Ontwikkelingsvisie bij de versterking van de Zuiderlekdijk ervaring heeft opgedaan met het terdege rekening houden met LNC-waarden bij het besluitvormingsproces. Het is onder andere in deze visie, dat grote waarde wordt gehecht aan de dijk als herkenbaar (cultuurhistorisch) element in het landschap. Voorts kunnen nog worden genoemd de diverse recent totstandgekomen c.q. gewijzigde milieuwetten (o.a. de nieuwe Wet bodembescherming, de Wet milieubeheer) en beleidsnota's ter zake (Structuurschema Natuur en Landschap, Structuurschema Groene Ruimte etc.). Ook de inwerkingtreding van de Deltawet grote rivieren en de Wet op de Waterkering en de vaststelling van het Deltaplan grote rivieren mogen in dit verband niet buiten beschouwing blijven. Immers, daarin is expliciet opgenomen dat bij het tot stand brengen van het dijkversterkingsplan rekening moet worden gehouden met alle bij de uitvoering van het plan betrokken belangen, waaronder die van landschap, natuur, cultuurhistorie, volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieu, overeenkomstig de aanbevelingen van de Commissie Toetsing Uitgangspunten Rivierdijkversterkingen (Boertien I)."

Juridische aspecten

De provincies belasten de waterschappen bij reglement met de waterkeringszorg. Het beplantingsbeleid van een waterschap vormt onderdeel van deze waterkeringszorg, voor zover het beplanting betreft op of nabij waterkeringen die bij het waterschap in beheer zijn. De zorg voor de waterkering omvat mede de instandhouding en, voor zover het waterschap niet zelf onderhoudsplichtig is, het toezien op de instandhouding in voortdurende waterkerende staat van de waterkering.
Om dit belang juridisch te kunnen beschermen heeft het waterschap een keur vastgesteld. De keur is een verordening waarin ge- en verbodsbepalingen staan opgenomen. In de keur staat bijvoorbeeld dat het niet is toegestaan om binnen de keurgrenzen bomen te planten. Ontheffing van dit verbod is mogelijk indien daarvoor een vergunning door dijkgraaf of bestuur wordt afgegeven. Bij het afgeven van vergunningen dient willekeur te worden vermeden. Dit is mogelijk aan de hand van een beplantingenbeleid. Het handelen zonder vergunning is illegaal en kan zo nodig worden bestraft door

middel van bestuursdwang. Dit betekent dat het dagelijks bestuur illegale beplanting kan laten verwijderen tegen de wil van de betrokkene en op diens kosten.
Naast deze zaken is de beheerder gehouden om de verschillende belangen af te wegen. Over de uitkomst van die belangenafweging kan verschil van mening ontstaan. Gezien dit feit is de volgende jurisprudentie van belang:

"De Raad van State verwacht immers dat het op de weg van de overheid ligt om bij de afweging van belangen waar redelijkerwijs mogelijk te betrekken de vraag hoe kan worden voorkomen dat de belangen van derden ten gevolge van de uitvoering van het werk kunnen worden geschaad, al beroepen die derden zich niet op belangen waarop het vereiste van vergunning ziet (uitspraak Raad van State d.d. 21 augustus 1984, AB 1984, nr. 542). *Hieruit blijkt dat de Raad van State vergaande procedurele eisen stelt aan besluiten tot vergunningverlening.*

De Raad van State is tevens de mening toegedaan, dat op het waterschap de verplichting rust om na te gaan of het risico van schade of gevaar door de aanwezigheid van beplanting zich daadwerkelijk voordoet. *Op voorhand de stelling betrekken, dat het hebben van beplanting op onder meer gereconstrueerde dijken vanwege toekomstige precedentwerking nimmer kan worden toegestaan, is voor de Raad van State niet aanvaardbaar.* Onderzoek naar de schadelijkheid van beplanting wordt door de Raad van State ten allen tijde mogelijk geacht. Hierdoor kan worden voorkomen dat risicovolle beplanting zal moeten worden gehandhaafd.
Het hanteren van een algemeen beleidsuitgangspunt bij de belangenafweging dat waterkeringen bij reconstructies in beginsel beplantingsvrij moeten worden gemaakt en gehouden wordt evenwel door de Raad van State onderschreven (uitspraak Raad van State d.d. 7 december 1993, GO3.91.0584)."

Bomen kunnen het onderwerp zijn van geschillen in de publiekrechtelijke sfeer. Het publiekrecht regelt de verhoudingen tussen overheid en burgers, en tussen overheden onderling.
Een eerste vraag is: wie is eigenaar van een boom ? Bomen behoren net als huizen bij de onroerende goederen: de bomen zijn onlosmakelijk met de grond verbonden. De eigenaar van de grond is dus ook eigenaar van de bomen.
Deze regel geldt niet als aan iemand een recht van opstal is verleend. Het recht van opstal is het recht om gebouwen, werken en beplantingen in eigendom te hebben op de grond van iemand anders. Een pachter die opstalrecht heeft kan een beplanting aanleggen die dan zijn eigendom blijft. Heeft de pachter geen opstalrecht en legt hij een beplanting aan, dan wordt die beplanting eigendom van de eigenaar van de grond.

De eigenaar van de boom is in principe ook verantwoordelijk voor beheer en onderhoud. Als door nalatigheid schade ontstaat (er is sprake van uitwendig zichtbare gebreken) en daardoor ontstaat schade dan is de eigenaar van de boom aansprakelijk. Bij schade als gevolg van storm, bij een overigens goed onderhouden bomenbestand, kan de eigenaar niet aansprakelijk worden gesteld. Dat is overmacht.

Veel gemeenten hebben een kapverordening, waarin het kappen en verwijderen van bomen aan regels is gebonden. De gemeente heeft een publiekrechtelijke taak, waarin landschapsschoon en het

algemeen belang van openbaar groen meespelen. De kapverordening verbiedt het vellen van bomen (zowel binnen als buiten de bebouwde kom) zonder de toestemming van de gemeente. Aan het verlenen van vergunning kunnen voorwaarden worden verbonden. Een veel toegepaste voorwaarde is de herplantplicht. De vergunning kan worden geweigerd ter bescherming van landschapsschoon of om andere redenen van milieubeheer.
Verder dient afstemming plaats te vinden met gemeentelijke bestemmingsplannen. Buiten de bebouwde kom is de Boswet (20 juli 1961, Stb. 256) van toepassing. De wet heeft tot doel het instandhouden en uitbreiden van het bosareaal. Op individuele bomen is de wet daarom niet van toepassing.

Het Rijksrivierenreglement (28 juni 1937, Stb. 576) verbiedt bomen te planten op dijken zonder vergunning van of vanwege de minister van Verkeer en Waterstaat. De HID heeft de bevoegdheid bomen (beplantingen) die een gevaar vormen voor de dijk (en wat daartoe behoort) te laten verwijderen.

In de Waterstaatswetgeving worden zaken betreffende beplantingen op dijken en oevers geregeld. De waterschappen kunnen binnen hun keur beplantingsvrije zones bepalen langs waterlopen ten behoeve van de oeverbescherming en het onderhoud van de waterloop.

Een laatste, juridisch aspect is het gestelde in de Wet op de waterkering, en in aansluiting daarop in de Leidraad toetsen op veiligheid. De beheerder van primaire waterkeringen is wettelijk verplicht zijn waterkeringen op veiligheid te toetsen. Een onderdeel hiervan is de toetsing van de invloed van bomen op de waterstaatkundige toestand.

11.3 Beheer en onderhoud van waterkeringen

De activiteiten die een individueel waterschap pleegt op het gebied van beplanting kunnen sterk verschillend zijn, zie ook paragraaf 3.2 met de resultaten van de inventarisatie. Voor een beheerder is het van belang om deze activiteiten zichtbaar te maken, en de verwachtte inspanning (capaciteit en kosten) helder te maken. Dit betreft bijvoorbeeld:

- de toetsing van bestaande beplanting
- schouw/inspectie eigen bomen
- schouw/inspectie op bomen derden
- ontheffingen/vergunningen
- handhaving
- snoeien, knotten, zaailingen/spontane groei verwijderen, wilgenopslag verwijderen, dood hout verwijderen, behandelen beschadigingen, opkronen, etcetera
- iepenziekte en controle
- (laten) verwijderen zieke en dode bomen
- constructieve maatregelen om bomen te handhaven
- het ontwikkelen van beheerplannen, beplantingenbeleid.

Door deze activiteiten zichtbaar te maken en in het bestuur te brengen worden deze activiteiten onderdeel van de beheersactiviteiten en kunnen hiervoor de middelen worden vrijgemaakt.

Bij het onderhouden en aanbrengen van beplanting kan worden ingespeeld op de specifieke eigenschappen van bomen. Dit levert op termijn een beter beheersbare situatie op. Ten aanzien van de beheerbaarheid spelen meerdere aspecten een rol:

- Veiligheid: door snoeien en goed onderhoud kan de kans op windworp worden beperkt
- De fysieke beheerbaarheid: toegankelijkheid van en voldoende zicht en ruimte op de kade om onderhoud en inspectie uit te kunnen voeren en het uitvoeren van noodmaatregelen mogelijk te maken
- De bestuurlijke beheersbaarheid: precedentwerking wordt voorkomen door een helder en naar buiten uitgedragen beleid te voeren. Het zal duidelijk zijn dat de beheersbaarheid afneemt door meer uitzonderingen toe te staan.
- Duurzaamheid: toekomstige versterkingen moeten mogelijk blijven. Pas daarom alleen geschikte boomtypen op de juiste plaats toe. Houdt ook bij vergunningverlening rekening met de mogelijkheid om te sturen ten aanzien van geschikte boomtypen en de plaats waar beplanting wordt toegestaan.
- Afstand tot kabels en leidingen minimaal 2 meter, liefst 5 meter, om schade door wortels te voorkomen, plus de hinder die bij graafwerk door wortels wordt veroorzaakt. Omgekeerd geeft graafwerk schade aan de wortels van de boom. De afstand van 2 tot 5 meter is een vuistregel, waarbij bedacht moet worden dat dit gekoppeld is aan de boomsoort. Afhankelijk van de beperkingen ter plaatse zijn er 'creatieve' en acceptabele mogelijkheden denkbaar binnen de genoemde afstand.
- Wortels van beplanting kunnen de werking van een drainage beïnvloeden. Daarom geniet het de voorkeur om de beplanting te plaatsen op plaatsen dusdanig dat het wortelstelsel de drainage niet bereikt.
- Beplanting, met name de pionierssoorten, naast een weg of fietspad hebben de neiging onder de weg door te groeien en het wegdek op te drukken. Hierop kan worden geanticipeerd door ofwel geen beplanting toe te passen, wortelschermen te plaatsen, een geschikter type beplanting te kiezen of de fundering van de weg aan te passen.

<u>Bomen en kabels en leidingen</u>

Mogelijke problemen die kunnen optreden:

- Door graafwerkzaamheden worden stabiliteitswortels beschadigd: stabiliteit van de boom neemt af, het gevaar voor windworp neemt toe.
- Door graafwerkzaamheden wordt het wortelstelsel beschadigd: de conditie van de boom vermindert door gebrek aan voedingsstoffen en water en door schimmelinfecties. Op termijn gaan veel bomen hieraan dood.
- Door werkzaamheden worden de stam en takken beschadigd.
- Door bronbemaling droogt de boom uit.
- Door hevige wind werken de wortels in de grond en drukken leidingen op.

- Haarwortels vinden hun weg in oude leidingen via een lek en veroorzaken verstoppingen.
- Wortelopdruk of 'wurging' van leidingen door groei van de wortels.

Bomen en kabels kunnen eigenlijk niet dezelfde ruimte delen. Het is voor alle partijen veel veiliger en prettiger als in de ontwerpfase wortels en kabels uit elkaar worden gehouden. Met worteldoek of mantelbuizen worden zowel wortels als kabels beschermd door te voorkomen dat ze in elkaars buurt komen.

In de bestaande situatie wordt de ruimte echter vaak gedeeld. Bovendien worden tot op de dag van vandaag nog steeds veel kabels en leidingen door wortelstelsels heen gelegd (glasvezelkabels!).

Wie is aansprakelijk voor welke schade? Een belangrijke vraag is: wie was er eerst? Wie bomen plant op leidingen of wie leidingen door bomen heen legt vraagt om problemen. Bij schadezaken is het eigenaar tegen veroorzaker. Waterschappen kunnen dus alleen schade verhalen als ze eigenaar zijn van de bomen en aangetoond kan worden wie de schade heeft veroorzaakt. Schade aan bomen komt vaak pas later boven water, bijvoorbeeld door conditievermindering. Daarom is het van belang dat bij werkzaamheden foto's worden gemaakt en toezicht wordt gehouden. Bij veel schadezaken is er sprake van gedeelde aansprakelijkheid. De rechter bepaalt dan wie welk gedeelte van de schade betaalt.

Bij schade aan kabels door bomen kan het waterschap als beheerder wel aansprakelijk zijn, als het waterschap nalatigheid kan verweten worden doordat bijvoorbeeld de bomen op de kabels zijn geplant of als een verwaarloosde boom omwaait. Het waterschap is echter niet aansprakelijk voor een lekkend riool, normale wortelgroei, of stabiliteitsproblemen die bij normaal beheer en een regelmatige boomcontrole niet aan het licht zijn gekomen.

Het waterschap is vaak niet de eigenaar van de bomen. Dit vermindert de mogelijkheid om voorwaarden te stellen aan werkzaamheden aan kabels en leidingen of schade aan bomen te verhalen op het nutsbedrijf. Het is zinvol om hierin nauw samen te werken met de betreffende gemeente, die wel dergelijke voorschriften kan geven. De gemeente moet werk aan kabels en leidingen gedogen, maar voor dat werk is in beginsel een (opbreek-)vergunning nodig. De gemeente kan boombeschermende voorschriften verbinden aan deze vergunning. Als de gemeente eigenaar is van de bomen is zij degene die zonodig schade kan verhalen op het nutsbedrijf. Hierbij wordt de waarde van de boom getaxeerd. Er zijn gespecialiseerde boomtaxateurs.

Het waterschap is bevoegd tot het waarborgen van de veiligheid en de zorg voor de waterhuishouding. Als hierin een relatie is met de boom, bijvoorbeeld als er gegronde reden is om te verwachten dat een grote boom op de teen van een dijk windworpgevoelig wordt door de werkzaamheden, heeft het waterschap hier wel degelijk iets over te zeggen. Er zijn hierover bepalingen opgenomen in de Waterschapskeur.

Het waterschap is overigens niet bevoegd om beslissingen te nemen aangaande het kappen van bomen als er geen relatie is met bovengenoemde taak. Het waterschap kan alleen het kappen van een boom gelasten als er gegronde reden is om aan te nemen dat deze boom de waterkering in gevaar brengt. In

alle andere gevallen vallen bomen op dijken onder het gemeentelijk kapverbod. Als een beheerder van het waterschap het nodig vindt om een boom te kappen moet er dus een kapvergunning worden aangevraagd bij de gemeente.

Zowel in het belang van veiligheid als de gezondheid van de bomen is het raadzaam als waterschappen erop staan dat het tracé van nieuw aan te leggen kabels en leidingen buiten de groeiplaats van bomen blijft. Waar dit niet mogelijk is, kan gebruik worden gemaakt van sleufloze technieken.

Eén en ander is terug te vinden in Bomen en wet (Visser, 1995). In 2001 wordt een nieuwe, geheel herziene druk uitgegeven door de Bomenstichting. Ook van deze versie is Mr. B.M. Visser de auteur.

11.4 Beleid ten aanzien van beplantingen

Het waterschap verricht werkzaamheden voor beheer en onderhoud van de waterkeringen. Hierin is een tendens waarneembaar dat dit steeds meer richting rationalisering gaat. In de toekomst zal dit uitmonden in een situatie dat ieder waterschap een Beheerplan Waterkeren moet hebben. In dit Beheerplan wordt voor ieder beleidsterrein de visie van het waterschap weergegeven. Zo kan er ook een hoofdstuk, of module, instaan over het beleid ten aanzien van bomen en beplanting op en nabij de waterkeringen.

Als aanzet voor de beheersvisie is het nodig een inventarisatie te maken van reeds aanwezige en potentiële functies en waarden. Op basis van analyse hiervan en de visie op de mogelijke en wenselijke ontwikkelingen, wordt in het beheerplan vastgelegd wat de plannen voor het beheer zijn, inclusief financiering en verantwoordelijkheden.
Het beheerplan is nuttig om intern bij het waterschap de gang van zaken en de visie vast te leggen, zodat er gehandeld wordt vanuit een consistente visie, en minder op basis van ad-hoc besluiten hoeft te worden gereageerd. Maar het beheerplan is ook extern een sterk communicatiemiddel. Ook naar buiten toe is het goed te kunnen laten zien dat achter bepaalde acties een consistent beleid zit.

Het beleid kan worden onderscheiden in een beleid ten aanzien van bestaande beplanting en beleid bij nieuw aan te leggen beplanting. Een verder onderscheid is mogelijk tussen primaire waterkeringen en boezemwaterkeringen, indien van toepassing. Ook ten aanzien van regionale waterkeringen is een beleidsvisie mogelijk.

De keuze of bomen worden behouden of bomen worden verwijderd kan gemaakt worden aan de hand van de visie en de kennis van het bestaande bomenbestand: welke waarde wordt toegekend aan bomen in een specifieke situatie (beleidsmatige beslissing). Overwegingen hierbij zijn:

- wat staat er in het bomenbeleid (wat is de beheersvisie van het waterschap)
- welke afwegingen worden gemaakt in de afweging tussen kosten en waarden van het behouden cq. toestaan van beplantingen (beleidsmatige keuze).

In deze keuzen speelt ook de bestuurlijke beheersbaarheid een rol: op het beleid zijn uitzonderingen mogelijk, maar het spreekt vanzelf dat frequent afwijken van het beleid een claim legt op de beleidshandhaving. Dit pleit er voor het aantal uitzonderingen te beperken, ook vanwege de precedentwerking die van het toestaan van uitzonderingen uitgaat.

Het uitgangspunt van het beleid zal de veiligheid dienen te zijn: dit beantwoord aan de missie van het waterschap. Dit geeft een tweetal overwegingen:

- Indien onvoldoende veilig: afweging of beplanting wordt gehandhaafd of niet:
  - Waarden
  - Aspecten van beheer, onderhoud en beleid.
- Indien veilig eveneens afweging of boom wordt gehandhaafd of niet:
  - Waarden: wat is de toegevoegde waarde van de beplanting
  - Aspecten van beheer, onderhoud en beleid.

Een beleidsplan kan een actieve invalshoek kiezen (zelf voortouw nemen en sturen) of passief (reageren op ontwikkelingen). Actief houdt in:

- Maak in een vroeg stadium een beplantingenbeleid: definieer streefbeelden voor de gewenste toestand en koppel daaraan gewenste acties.
- Inventariseer en toets het huidige bomenbestand.
- Ontwikkel korte termijn visie: welke maatregelen zijn nodig of wenselijk?
- Ontwikkel lange termijn visie: gewenste landschapstypen en gewenste boomsoorten; waardevolle bomen op de juiste plaats. Probeer de bestaande situatie naar de gewenste streefbeelden te ontwikkelen. Hierbij is overleg nodig met andere belanghebbenden met betrekking tot de openbare ruimte en het ruimtegebruik (bijvoorbeeld gemeenten, particulieren, bestaande milieu- en actiegroepen).

Passief houdt in:

- Formuleer een terughoudend beleidsuitgangspunt: streven is om geen of zo min mogelijk beplanting op de waterkering toe te laten.
- Reageer in principe terughoudend op aanvragen nieuwe beplanting en hanteer een actief uitstervingsbeleid.

In dit rapport wordt geen voorkeur uitgesproken. Het zal echter duidelijk zijn dat een actief beleid op den duur betere overlevingskansen heeft dan een passief beleid.

Een planmatig beplantingenbeleid houdt ook in dat wordt aangegeven welke financiën, middelen en capaciteit noodzakelijk zijn om het geformuleerde beleid waar te maken. Dit heeft alleen voordelen: met de bestuurlijke instemming wordt de technische dienst er van verzekerd dat deze financiën, middelen en capaciteit ook daadwerkelijk beschikbaar moeten worden gesteld; zo niet, dan moet het bestuur de doelstellingen bijstellen.

Eén onderdeel van het beleid moet zijn de duurzaamheid. Met duurzaamheid wordt bedoeld dat de waterkerende functie duurzaam moet kunnen worden vervuld. Aan de kust, de meren, de estuaria, het benedenrivierengebied en bij boezemkaden moet rekening worden gehouden met toekomstige dijk- en kadeverbeteringen in verband met zeespiegelrijzing en maaivelddaling. Het toestaan van nieuwe beplanting met een lange levensduur binnen het profiel van een toekomstig te verwachten profielverzwaring is daarom vaak niet verstandig, tenzij de beplanting goed herplantbaar is.

Mogelijkheden om bestaande bomen te sparen bij het ophogen van kaden en dijken zijn het aanbrengen van ophoogmateriaal rond de bomen, het tijdens het ophogen mee omhoog brengen van de bomen en het verplanten van bomen. De overlevingskansen zijn afhankelijk van boomtype, conditie en de beoogde ophoging ter plaatse van de boom. Wilgen, populieren en essen hebben goede overlevingskansen in een ophoging, andere boomsoorten zoals beuk of esdoorn niet. Voorwaarde is dat vóór de ophoging de grasmat wordt verwijderd, aan het oppervlak de oude en de nieuwe grond goed wordt vermengd en dat de nieuwe grond hooguit matig wordt verdicht, zodat zich ook in de opgebrachte grond weer nieuwe wortels kunnen vormen die waar nodig de functie van wortels die eventueel afsterven kunnen overnemen. Afhankelijk van de grondwaterspiegel kan het oude wortelstelsel afsterven.
Daarnaast kan worden gedacht aan constructieve oplossingen om bomen te sparen.
De overlevingskansen van bomen bij een tweede ophoging zijn twijfelachtig. Dit is alleen een probleem bij bomen met een hoge levensverwachting.

12 Resumé

Hoofdstuk 2 van dit achtergrondenrapport behandelt de witte vlekken in de kennis die voorafgaand aan deze studie werden geconstateerd en die aanleiding waren om deze studie uit te gaan voeren. Achteraf is het daarom nuttig om na te gaan of al deze punten nu zijn opgelost, en zo niet, waar in de toekomst nog de voornaamste onzekerheden, onbekendheden en onderwerpen voor nadere studie liggen.

Per punt wordt een kort resumé gegeven:

- er is in deze studie en in de handreikingen een methodiek voor boezemwaterkeringen gegeven. Dit punt is opgelost.
- er is in deze studie en in de handreikingen een methodiek voor het beoordelen van nieuwe beplantingen opgenomen. Ook in dit punt is derhalve voorzien.
- er is een iets andere benadering ten aanzien van de veiligheid gepresenteerd. Hiermee is het probleem zoals dat in de Handreiking Constructief ontwerpen en in de Leidraad Toetsen op Veiligheid werd geconstateerd opgeheven.
- de rol van struiken wordt niet uitdrukkelijk als apart item behandeld, maar wel hier en daar genoemd. Van omwaaien van kleine struiken is geen sprake; de beoordeling van die struiken verloopt voor wat betreft de veiligheidsaspecten in grote lijnen volgens de methode voor bomen, maar dan alleen de onderdelen waarbij de boom blijft staan. Ten aanzien van de macrostabiliteit vormen struiken geen probleem. Bij het bepalen van de LNC waarden zullen de meeste struiken laag scoren.
- met de afwegingsmethodiek uit de handreikingen worden naast de veiligheid ook de LNC waarden en de overwegingen uit oogpunt van beheer, onderhoud en beleid meegewogen. In deze behoefte is voorzien.
- er is aandacht geschonken aan 'geschikte boomtypen' en 'niet geschikte boomtypen'. Het is echter zeker zo dat hier nadere uitwerking aan gegeven kan worden, omdat hierin ook de grondsoort en de grondwaterstand en de invloed hiervan op wortelstelsel, de gatgrootte na windworp, de kans op windworp afhankelijk van de boomsoort en de standplaatsfactoren nog onbekende factoren zijn.
- er is gekeken naar de manier om de invloed van de boom (gewicht en windbelasting) op de macrostabiliteit op de juiste manier in rekening te brengen. Dit is een lastig vraagstuk gebleken, waarnaar nog een nader onderzoek nodig zal zijn.
- de handreikingen en wellicht elementen uit dit achtergrondenrapport zijn bruikbaar als eerste opzet voor een beplantingenbeleid. De systematiek leent zich er in principe voor om waterschapsbreed als rationele beheersmethode te dienen. Of een waterschap hiervan gebruik wil maken of niet staat uiteraard vrij.
- over de invloed van de boom op de grondwaterstand en omgekeerd de invloed van de grondwaterstand op de stabiliteit van de boom is in dit rapport (kwalitatief) ingegaan. Om hier kwantitatief meer over te zeggen is nadere studie noodzakelijk.
- in de veiligheidsbeoordeling komt tot uitdrukking hoe met waterkeringen van klei, zand of veen kan worden omgegaan. Dit onderscheid komt expliciet tot uitdrukking in de

beoordelingsprofielen en bij microstabiliteit, impliciet zit de invloed van de opbouw van de waterkering en de ondergrond in de stabiliteitsbeoordeling. Bij het beoordelingsprofiel van veen kan de vraag worden opgeroepen of deze niet beter onderbouwd kan worden: er is een helling 1 : 6 genomen die afkomstig is uit het Technisch Rapport Boezemkaden, maar waarvan geen onderbouwing bekend is. Bij zand en klei is hier beter over nagedacht.

- er zijn richtlijnen voor beheer en onderhoud vanuit een optiek van het verzorgen van bomen. Op enkele zaken, zoals omgaan met dode wortels, invloed wortelstelsels, wordt in dit rapport (in kwalitatieve zin) ingegaan. Het is denkbaar dat bij de waterschappen behoefte bestaat om richtlijnen op te stellen die specifieker zijn en die zijn toegespitst op het onderwerp beheer en onderhoud van bomen op en nabij waterkeringen.

Afgezien van deze punten die vooraf al werden geconstateerd, zijn onderwerpen die mede naar aanleiding van het uitvoeren van deze studie naar voren zijn gekomen:

- in de toekomst zal worden gestreefd naar een veiligheidsbenadering die meer en meer naar een probabilistische aanpak gaan. Hiertoe moeten eerst de gereedschappen beschikbaar komen om de kansgebeurtenissen in te vullen waarbij de waterkering faalt ten gevolge van de aanwezigheid van beplanting. De kennis is nu nog niet zo ver dat dit mogelijk is.
- mede hierdoor wordt een pragmatische, deterministische aanpak noodzakelijk die 'zeker veilig' is. Hierdoor wordt de veiligheidsbenadering door sommigen als streng of zelfs te streng ervaren. Er is echter kennisontwikkeling nodig ten aanzien van de bezwijkmechanismen, ten aanzien van de kans dat die bezwijkmechanismen ook echt optreden, en ten aanzien van de kans dat dit tot falen van de waterkering leidt voordat een scherpere veiligheidsbeoordeling mogelijk wordt.

Referenties

Achtergronden bij de richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden, Fugro M 0293, maart 1998

Afwegingsmethodiek renovatie-alternatieven blokkenbekledingen Zeeland, conceptrapport, Projectnr. 80633, Oranjewoud, december 1996

Basisrapport Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, April 1997.

Baumchirurgie und Baumpflege, Dr. A. Bernatzky, 1973

Bebouwing en beplanting op dijken, Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier, oktober 1990.

Beleidsregels vergunbare activiteiten op dijken, Waterschap Vallei en Eem.

Beoordeling van vreemde objecten in waterkeringen, deel Bomen, Grondmechanica Delft, CO-309350/57, augustus 1991

Beplantingenbeleid van het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden ten aanzien van primaire en secundaire waterkeringen, juni 1996

Beplantingenbeleid primaire en secundaire waterkeringen, Polderdistrict Tieler- en Culemborgerwaarden, Adviesnota september 1998

Bijzondere oplossingen voor dijkverbetering Zaltbommel, Het Waterschap, 2000/13

Bomen en wet ,Mr. B. M. Visser, 1995 (In 2001 nieuwe uitgave door de Bomenstichting)

Bomen op de dijk, Mooi maar soms ook gevaarlijk, Hoogwatermagazine 2, Februari 2000

Die statische Berechnung der Bauweise Lebend Bewehrte Erde, Dr.-Ing. B. Schuppener, Geotechnik 18 (1994), S204-213, 1994

Dijken, T. Huitema, 1947

Dijkverbetering Maasbandijken, Projectnota/MER, DHV/H+N+S Landschapsarchitecten, januari 1998

Druk op de dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1995

Geen rivier zonder dijken met ... bomen, Bomennieuws, voorjaar 2000, Bomenstichting

Grondslagen voor waterkeren. Technische Adviescommissie voor de waterkeringen. Januari 1998.

Handboek Boomveiligheid, Claus Mattheck, Helge Breloer, 1995

Handreiking Beleidsanalyse, TAW, april 1994

Handreiking Constructief Ontwerpen. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Maart 1994.

Handreiking Inventarisatie en waardering LNC-aspecten, TAW, april 1994

Handreiking Ruimtelijk ontwerpen, Dijkversterking als opgave, TAW, april 1994

Het Bomenboek, Johnson, 1975

Inventarisatie markante verschijnselen aan rivierdijken opgetreden tijdens de hoge rijnafvoer van januari 1982, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, S-82.018, juli 1982

Kaden en Waterkeringsvreemde Elementen, Hoogheemraadschap van Delfland, feb. 1999

Lebend Bewehrte Erde. Entwicklung einer neuen Richtlinie zur Sicherung von Böschungen durch Pflanzen, J. Hoffmann, B. Schuppener, Ingenieurbiologie nr. 3, 1997

Leidraad Toetsen op Veiligheid, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Augustus 1999.

Leidraad voor ontwerp, beheer en onderhoud van constructies en vreemde objecten in, op en nabij waterkeringen. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, April 1976
Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 – Bovenrivierengebied. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, September 1985
Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 2 – Benedenrivierengebied. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Oktober 1989
Leidraad Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, April 1997.
Living Reinforced Earth – an ecological method of stabilizing steep slopes, B. Schuppener, J. Hoffmann, Preprint for the proceedings of the XXIIth ECSMGE, Amsterdam, 1999
Merkblatt Standsicherheit vom Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Bundesanstalt fur Wasserbau (BAW), 1998
Modern Arboriculture, Dr. A. L. Shigo, 1981
Natuurlijk bouwen met hout, 33 boomsoorten die zich thuisvoelen in Nederland, Dr. ing. Peter J. Fraanje, 1999
Omgang met natuur en milieu bij infrastructurele werken, Stevinrapport 22.1.99-16, Maart 1999
Principles of the Recommendations: "Stability of Dams for Waterways", H. Armbruster, M. Heibaum and B. Schuppener, Preprint for the proceedings of the XXIIth ECSMGE, Amsterdam, 1999
Richtlijnen beplantingsbeleid Tieler- en Culemborgerwaarden, Grondmechanica Delft, CO-381950/7, april 1998.
Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden, Fugro M-0293, maart 1998
Risico-Analyse: Bomen op boezemkaden in Moordrecht. Grondmechanica Delft, CO-380830/3, April 1998
Stadsbomen vademecum, Deel 1 Beleid en planvorming, uitgave Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen, oktober 1990
Stadsbomen Vademecum deel 2, 3 en 4, IPC Groene ruimte, 1994
Stadsbomen van Acer tot Zelkova, ir. T. M. Janson, 1990
Standsicherheit bei durchwurzelten Uferböschungen, Dr.-Ing. B. Schuppener, Binnenschiffahrt-Zfb Nr.9-Mai 1993
Standsicherheit von Dammen an Bundeswasserstraßen, H. Armbruster, M. Heibaum, B. Schuppener, Binnenschiffahrt –ZfB – Nr. 5, Mai 1999-10-07
Stupsi Explains the Tree, C. Mattheck, 1999
Technisch Rapport voor het toetsen van boezemkaden, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, juni 1993.
Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Maart 1999
The influence of vegetation on soil strength, V. Operstein and S. Frydman, Ground Improvement (2000) 4, 81-89
Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen (Commissie Boertien), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Januari 1993
Toetsing uitgangspunten rivierdijkversterkingen, Deelrapport 4: Functies, waarden en procedures, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, april 1993
Treebiology, Dr. A. L. Shigo, 1986

Treemaintenance, P.P. Pirone, 1978
Use of vegetation in civil engineering, CIRIA, 1990
Verslag over de stormvloed 1953, Rijkswaterstaat, , Staatsdrukkerij- en uitgeversbedrijf 's Gravenhage, 1961
Vestingwallen te Hellevoetsluis functionerend als waterkering, Waterschap de Brielse Dijkring, 1999
Water tegen de dijk, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1988
Water tegen de dijk, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1993
Wood the Optimization of Trees, C. Mattheck, H. Kubler, 1997