

Duurzaam rijshout voor instandhouding kwelders: resultaten van een praktijkproef 1995 - 2000

Onderzoek naar een extensiever onderhoud van rijshoutdammen langs kwelders in de Waddenzee

S.M.G. de Vries & J.J. de Jong

Alterra-rapport 101

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2000

REFERAAT

Vries, S.M.G. de, en J.J. de Jong, 2000. *Duurzaam rijshout voor instandhouding kwelders: resultaten van een praktijkproef 1995 – 2000. Onderzoek naar een extensiever onderhoud van rijshoutdammen langs kwelders in de Waddenzee*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 101. 49 blz. 15 fig.; 12 tab.; 5 ref.

Langs de Friese en Groningse Waddenzeekust liggen de kwelders, waar Rijkswaterstaat ca. 185 km rijshoutdammen beheert. Het jaarlijks onderhoud is zeer arbeidsintensief en dus kostbaar. Daarom wordt gezocht naar alternatieve, goedkopere en milieuvriendelijke, damconstructies en vulmaterialen. In deze studie is onderzocht hoe duurzaam alternatieve houtsoorten zijn en wat de consequenties zijn van het gebruik van alternatieve houtsoorten voor de onderhoudsfrequentie en –kosten. Door middel van een praktijkproef werd het onderhoud van rijshoutdammen gevuld met acht verschillende houtsoorten onderzocht: Tamme kastanje, Robinia, Inlandse eik, Amerikaanse eik, jonge boompjes van Douglas, takhout van oudere Fijnsparren en Amerikaanse vogelkers. Het bleek dat Amerikaanse eik het voordeligst is in het beheer, namelijk f926/100m/jaar bij het prijsniveau van 2000, en een besparing ten opzichte van het huidige beheer kan opleveren van ca 36%. Ook een aantal andere soorten leveren een besparing op, namelijk Douglas (31%), Fijnspar (26%) en Amerikaanse vogelkers (23%). Met name Robinia lijkt gezien de kosten minder geschikt. Aanbevolen wordt in het vervolg de houtsoorten Amerikaanse eik, Douglas (verjonging), Fijnspar (takken van oude bomen) en eventueel Amerikaanse vogelkers gecombineerd te gebruiken waardoor een ruimer aanbod van de takkenbossen ontstaat.

Trefwoorden: Rijshout, hakhout, kwelderwerken, milieuvriendelijk, kustverdediging, kosten.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 58,75 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 101. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2000 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	8
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding van de praktijkproef	13
1.2 Probleemstelling en doelstelling	15
2 Opzet van de praktijkproef	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Opzet van de proef	17
2.3 Planning en fasering	18
2.4 Het onderhoud van de dammen	20
3 Waarnemingen en resultaten	21
3.1 Inleiding	21
3.2 De samenstelling van de bossen	21
3.3 Verwerkbaarheid van de bossen	22
3.4 Kwantitatief criterium voor diameterverdeling van de takken in de bossen	24
3.5 De hoeveelheid bossen in de dam	25
3.6 Hoogteverschil tussen de kop van de paal en de vulling van de dam	26
3.7 Beslissingscriterium voor noodzaak neerzetten en bijvullen	27
3.8 Natuurwaarden van de dammen	28
4 Kosten onderhoud dammen	29
4.1 Resultaten voorafgaande studie	29
4.2 Looptijd van de proef	30
4.3 Berekening van kosten van de verschillende maatregelen	31
4.4 Resultaat kosten onderhoud rijshoutdammen	34
4.4.1 Kosten bij prijsniveau 1993	34
4.4.2 Kosten bij prijsniveau 2000	37
4.5 Conclusie	38
5 Conclusies	39
6 Aanbevelingen	43
7 Referenties	45
Aanhangsel 1 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1996	46
Aanhangsel 2 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1997	47
Aanhangsel 3 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1998	48
Aanhangsel 4 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1999	49

Figuren en tabellen

Figuur 1. Inlandse eik werd van oudsher gebruikt voor de vulling van rijshoutdammen.	8
Figuur 2. Een oude dwarsdam met daarachter de pas aangelegde nieuwe proefdammen.	10
Figuur 3. Langs- en dwarsdammen aan de Groningse kust; duidelijk is de dempende werking van de dammen op de golfslag te zien. Eenzelfde demping treedt ook op in de stroming bij getijdenwisselingen.	13
Figuur 4. Een momentopname van het monitoren van de rijshoutdammenproef.	19
Figuur 5. Rijshoutdam gevuld met jonge douglasboompjes afkomstig van natuurlijke verjonging.	20
Figuur 6. Een op de kwelder aangespoelde bos van onbekende herkomst.	24
Figuur 7. Een geleidelijke overgang van vulling met Inlandse eik (rechts) en Tamme kastanje (links).	26
Figuur 8. Hoogte van de vulling van de dammen ten opzichte van de paalkop voor de verschillende houtsoorten in vijf achtereenvolgende jaren.	27
Figuur 9. De aanwas van grond aan de landzijde (links) is duidelijk waar te nemen. Dit damstuk is gevuld met Amerikaanse eik.	28
Figuur 10. Amerikaanse vogelkers als vulling voor dit damstuk met rechts een spoelgat.	31
Figuur 11. Kosten per 100 meter per jaar voor het onderhoud van rijshoutdammen van verschillende houtsoorten, prijspeil 1993.	34
Figuur 12. Amerikaanse eik strak onder de draad.	38
Figuur 13. Takken van oude bomen van Fijnspar zijn hard en blijken duurzaam in het gebruik als vulling van rijshoutdammen.	41
Figuur 14. Bovenaanzicht van een rijshoutdam gevuld met Amerikaanse eik.	42
Figuur 15. Robinia als vulling voor de rijshoutdammen blijkt een dure oplossing.	44
Tabel 1. Aantal bossen per m ³ voor de toegepaste houtsoorten (Bron: metingen E. Lameijer, Grontmij).	18
Tabel 2. De diametersamenstelling van de bossen.	22
Tabel 3. Totaalsom van de diameter voor de takken dunner of dikker (incl. gelijk aan) dan 2 cm bij bossen die vooraf als goed, "grensgeval" of onvoldoende werden beoordeeld.	25
Tabel 4. Gemiddeld aantal bossen per m ³ en spreiding van het aantal bossen (minimum en maximum aantal uit de drie herhalingen) na bijvulling voor de toegepaste houtsoorten. Deze getallen zijn gebaseerd op door de medewerkers van Rijkswaterstaat aangeleverde informatie.	26
Tabel 5. Gemiddelde onderhoudskosten per 100 m voor de rijshoutdammen, bij verschillende onderhoudsfrequenties en een bosprijs van f6. Het eerste scenario (1,2 bos/m ² jaar) betreft het huidige onderhoud (prijsniveau 1993).	29
Tabel 6. Aanschafkosten voor boshout per houtsoort naar Hekhuis en de Vries (1994) (prijsniveau 1993). De kosten zijn gebaseerd op een plantsoenprijs van f750/1000 stuks.	32
Tabel 7. Aantal bossen per m ³ voor de gebruikte houtsoorten.	33
Tabel 8. Kosten voor reparatie aan spoelgaten gedurende de proefperiode van vier jaar.	35
Tabel 9. Kosten voor eindvulling. Verschillen in kosten tussen de houtsoorten worden veroorzaakt door de aanschafprijs per bos, het volume per bos (zie Tabel 7), de prijs per volume dat daaruit volgt, en de mate waarin de dammen opgevoerd dienen te worden. De kosten voor het verwijderen en aanbrengen van draad.	36
Tabel 10. Kosten voor onderhoud aan rijshoutdammen bij gebruik van verschillende houtsoorten gedurende vier jaar. Kosten in guldens per 100 meter. Prijsniveau 1993.	37
Tabel 11. Procentueel verschil in onderhoudskosten tussen de gemiddelde onderhoudskosten van de proefdammen in dit onderzoek en de gemiddelde onderhoudskosten volgens Hekhuis en de Vries (1994).	37
Tabel 12. Kosten voor onderhoud aan rijshoutdammen bij gebruik van verschillende houtsoorten gedurende vier jaar. Kosten in guldens per 100 meter. Prijsniveau 2000.	38

Woord vooraf

Dit rapport is het resultaat van proefnemingen in de praktijk van rijshoutdammen welke gevuld zijn met acht verschillende houtsoorten en waarbij onderzoek is gedaan naar de mogelijkheden van een extensiever en goedkoper onderhoud van deze rijshoutdammen in de Waddenzee. Door de toepassing van duurzamere houtsoorten zou mogelijk geld bespaard kunnen worden op het onderhoud. De studie is in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland uitgevoerd in de periode mei 1994 tot en met juni 2000.

Aan het onderzoek is meegewerkt door diverse medewerkers van Rijkswaterstaat (speciaal de Dienstkring Waddenzee-Oost van Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland). Hierbij danken wij ieder voor zijn enthousiaste en plezierige medewerking. Naast de medewerkers van Rijkswaterstaat Klaas Haan, Jakob Frankes, Dirk Visser en Frans de Vries voor hun hulp bij het meetwerk en het brengen en halen naar en van de kwelders willen wij Marius van der Stoel en onze collegae Harrie Hekhuis en Kees Dijkema bedanken voor hun inbreng vanaf het prille begin aan dit onderzoek. Onze collega Martijn van Wijk danken wij voor zijn advies bij het financiële deel van dit rapport. De begeleiding van het onderzoek werd uitgevoerd door Jappie van den Bergs en Aante Nicolai.

Het rapport beveelt een aantal voor deze toepassing duurzame houtsoorten aan, waarmee het mogelijk lijkt om de intensiteit van het onderhoud aan de rijshoutdammen te verminderen en daarmee te besparen op kosten.

Sven de Vries & Anjo de Jong

Samenvatting

Langs de Friese en Groningse Waddenzeekust ligt een uitgestrekt gebied van voormalige landaanwinningwerken, tegenwoordig kwelderwerken genoemd. Rijkswaterstaat voert hier in een strook buitendijks gebied met slikken en jonge kwelders onderhoudsactiviteiten uit, met als doel de kwelders te beschermen tegen afslag. De activiteiten bestaan hoofdzakelijk uit het onderhouden van een netwerk van rijshoutdammen. Het beleid van Rijkswaterstaat, gericht op de instandhouding van de kwelders, berust op: het belang voor de natuurwaarden in het Waddenzegebied en op verplichtingen gelegen in contracten met oevereigenaren. De rijshoutdammen vormen een milieuvriendelijke en flexibele oeververdediging van de kwelders.



Figuur 1. Inlandse eik werd van oudsher gebruikt voor de vulling van rijshoutdammen.

Het in stand houden van deze kwelders langs de Friese en Groningse kust betekent het onderhouden van \pm 185 km rijshoutdammen (een dubbele palenrij gevuld met rijshout). Het jaarlijkse onderhoud van de dammen is arbeidsintensief en daardoor relatief kostbaar. Er is gezocht naar alternatieve damconstructies of vulmaterialen die minder onderhoud nodig hebben. Uit een eerdere studie naar alternatieve constructies en vulmaterialen (Hetteema en Boeters, 1992) is gebleken dat de bestaande constructies (dubbele palenrij met vulling) qua onderhoudskosten gunstiger uitvallen dan de onderzochte alternatieven. Uit deze studie werd echter niet duidelijk welke vulmaterialen het meest geschikt zijn, mede omdat er maar een

beperkt aantal vulmaterialen zijn vergeleken. Vulling met hout lijkt, in ieder geval vanuit natuur- en milieuoogpunt, aantrekkelijk.

Bovenstaande studie heeft voor het gebruik van hout als vulmateriaal maar een beperkt aantal alternatieven behandeld. Door het vergroten van de duurzaamheid van het gebruikte vulmateriaal, bijvoorbeeld door de toepassing van meer duurzame houtsoorten dan de tot op heden voornamelijk toegepaste bossen van Essen-, Eiken- en Berkenhout, kan mogelijk de onderhoudsfrequentie of de benodigde bijvulling per onderhoudsbeurt afnemen. Vooral een daling van de onderhoudsfrequentie zou bij dit arbeidsintensieve onderhoud een duidelijke kostenreductie tot gevolg hebben.

In een voorgaande studie (Hekhuis en de Vries, 1994) werden, voordat overgegaan zou worden op praktijkproeven, de voor- en nadelen van de verschillende houtsoorten geanalyseerd. Daarbij werden de volgende onderzoeksvragen behandeld:

- van welke houtsoorten is het spinhout (gezien de toepassing van takken) duurzaam voor toepassing binnen de rijshoutdammen?
- wat is de kostprijs per bos van deze duurzamere soorten bij een teelt geschikt voor structurele levering van de bossen?
- wat is de betekenis van de toepassing van duurzame houtsoorten voor de jaarlijkse onderhoudskosten van de rijshoutdammen?
- hoe moet de structurele van deze bossen worden geregeld?

Hierbij werd tevens geconstateerd dat voor het vergaan van het rijshout in de dammen in hoofdzaak twee processen verantwoordelijk zijn:

- door schimmelaantasting wordt het hout week en bros;
- door druk van het water en betreding (vooral bij het neerzetten van het rijshout) breken vervolgens de takken en spoelen deze uit.

Voor deze toepassing worden daarom houtsoorten als duurzaam beschouwd die weinig tot geen last hebben van schimmelaantasting en die sterk zijn (door een hoge dichtheid van het hout). Uit deze voorstudie kwamen op grond van literatuurgegevens de volgende houtsoorten als meest geschikt naar voren. Tamme kastanje (*Castanea sativa*), Robinia (*Robinia pseudoacacia*), Zomereik of Inlandse eik (*Quercus robur*), Amerikaanse eik (*Quercus rubra*), jonge boompjes van Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), takhout van oudere Fijnsparren (*Picea abies*) en Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*). Van deze soorten werden zowel de Amerikaanse eik als de Zomereik reeds toegepast in de rijshoutdammen. Daarnaast werd tevens gebruik gemaakt van Es (*Fraxinus excelsior*). Besloten werd deze soorten in een praktijkproef met elkaar te vergelijken. Daarmee werden zowel de soorten die reeds gebruikt werden als de “nieuwe” soorten met en tegen elkaar getoetst.

Gezien het voorgaande luidde de onderzoeksvraag voor deze praktijkproef:

Hoe duurzaam zijn de acht houtsoorten Tamme kastanje, Robinia, Amerikaanse vogelkers, Amerikaanse eik, Inlandse eik, Es, Douglas uit natuurlijke verjonging en Fijnspar (takhout) voor toepassing in de rijshoutdammen? Wat betekent dit voor de noodzakelijke onderhoudsfrequentie (bijvullen en neerzetten) en voor de onderhoudskosten van de dammen?

In 1994 is naar aanleiding van de aanbevelingen in het rapport "Duurzaam rijshout voor de kwelderwerken" (Hekhuis & de Vries, 1994) gestart met deze praktijkproef bij Noordpolderzijl in de provincie Groningen. Begin december 1994 zijn de rijshoutdammen aangelegd. Er is gevuld met de eerder genoemde acht houtsoorten. Dit rapport brengt verslag uit van deze praktijkproef.



Figuur 2. Een oude dwarsdam met daarachter de pas aangelegde nieuwe proefdammen.

Bij de aanleg van de dammen die in de praktijkproef opgenomen zouden worden is tevens gelet op een aantal andere factoren die de sterkte en daarmee de duurzaamheid van de rijshoutdammen bepalen. Behalve de houtsoort bepaalt vooral ook de diameter van de tak de sterkte van het hout. In de toen reeds bestaande dammen kon dit laatste duidelijk worden geconstateerd. Een deel van de houtsoorten die in de toenmalige situatie werd toegepast als rijshout, voornamelijk de soorten Es en Berk, zijn qua schimmelwerend vermogen en houtsterkte weinig duurzaam. De destijds gebruikte bossen, vooral de zogenaamde "boshoutbossen", bevatten over het algemeen een groot aandeel takken kleiner dan 2 cm diameter en waren daarmee weinig duurzaam. Deze bossen voldeden ook niet aan de in het bestek gestelde eisen aan de minimum diameter. Er waren daarmee duidelijke aanwijzingen dat door het gebruik van duurzamere houtsoorten en/ of door een betere samenstelling van de bossen (meer takken tussen de 3 en de 6 cm) er minder onderhoud in de vorm van bijvullen en neerzetten noodzakelijk is. De bossen die gebruikt zijn in de proef werden van tevoren beoordeeld op de in het bestek gestelde eisen ten aanzien van de kwaliteit van de gebruikte takken.

Voor alle achtergrondinformatie met betrekking tot de kwaliteit en de prijzen van de bossen van de diverse houtsoorten wordt verwezen naar het IBN-rapport 056 van Hekhuis en de Vries (1994).

Om een zo goed mogelijke vergelijking te kunnen maken tussen alle houtsoorten in de diverse damstukken werd besloten om als uitgangssituatie een gelijke hoogte van alle vullingen te nemen. Ondanks dat de proefdams reeds in 1994 werd aangelegd, werd om die reden niet eerder begonnen met het monitoren dan dat in november/december 1995 alle damstukken min of meer gelijk gevuld waren. In eerste instantie is de hoogte van de vulling gemeten vanaf de onderkant van de dam, maar dit bleek al vrij spoedig niet meer mogelijk toen er verschillen op begonnen te treden tussen de damstukken wat betreft berm aanspoeling en spoelgaten. Besloten is om vanaf dat moment te meten vanaf de bovenkant van de palen. Dit is heel goed mogelijk, aangezien de palen allemaal op gelijke hoogte geplaatst worden.

In het jaar van aanleg zijn er kwantitatieve criteria opgesteld voor de diameterverdeling van de takken in de bossen. Ondanks dat de bossen een natuurproduct zijn en daardoor wisselend van samenstelling is gebleken dat er veel takken dunner dan 2 cm waren. Dit werd als negatief ervaren in de praktijk. Er is een tabel opgesteld met de totaalsom van de diameter voor de takken dunner of dikker dan 2 cm bij bossen die vooraf als "goed", "grensgeval" of "onvoldoende" werden beoordeeld. Het criterium "totaal van de diameters van de takken dikker dan (en gelijk aan) 2 cm moet meer dan 50% van de totaalsom van de diameters zijn" blijkt een goede schatter te zijn voor de kwaliteit van de diameterverdeling van de takken binnen een bos.

Er zijn in de eerste jaren van de proef op basis van eerste indrukken al wel uitspraken gedaan over de diverse houtsoorten. Weliswaar niet zo zeer ten aanzien van de duurzaamheid, maar wel over de verwerkbaarheid van de houtsoorten. Voor Berk werd al snel beslist dat deze soort sneller wordt aangetast.

Ook zijn er criteria uitgewerkt om de noodzaak tot onderhoud te bepalen. Als beslissingscriterium voor het neerzetten wordt de ruimte (in centimeters) tussen de draad en de bovenkant van de bossen gehanteerd (bij het met beide handen stevig aanduwen van de bossen). In eerste instantie wordt ervan uitgegaan dat bij 5-10 cm ruimte (maximaal 10 cm) neergezet moet worden. In 1996 werd deze ruimte voor de verschillende dammen voor het eerst gemeten.

Als de dam meer dan 20 cm is ingeklonken (gemeten t.o.v. paalkop) wordt er bijgevuld. Vullen gebeurt altijd tot op ± 10 cm van de paalkop. Dit betekent dat er wordt bijgevuld als de gemiddelde damhoogte (in het midden gemeten op 3 plaatsen per herhaling) onder de 30 cm gemeten t.o.v. de paalkop is gezakt.

Om een praktische vergelijking te kunnen maken tussen de verschillende houtsoorten met betrekking tot hun duurzaamheid is het niet voldoende uitsluitend te kijken naar de onderhoudsbehoefte van de houtsoorten. Van doorslaggevende betekenis zal zijn hoeveel geld er nodig is de damstukken van de verschillende houtsoorten te onderhouden. Daarom zijn alle kosten per houtsoort berekend voor de aanleg van de dammen, het neerzetten van de draad, de reparatie van spoelgaten en het bijvullen van de damstukken. Dit laatste is tevens berekend voor de fictieve eindvulling. Gebleken is, dat de mate waarin de dammen waren ingezakt van grote invloed zijn op deze kosten, maar dat daarnaast de kostprijs voor aanschaf van het rijshout (per m³ volume) van belang is. Zo bleken bij Amerikaanse vogelkers en Es

de kosten voor eindvulling beperkt door de relatief lage kostprijs (per m³), ondanks dat de dammen veel gezakt waren. De dammen van Douglas waren het minst gezakt, maar door de relatief hoge aanschafkosten (een klein volume per bos voor ongeveer dezelfde prijs) zijn de kosten voor eindvulling toch hoger dan die van Amerikaanse eik.

Het blijkt dat de kosten voor het onderhoud van de rijshoutdammen afhankelijk van de gebruikte houtsoort aanzienlijk kunnen variëren, namelijk van ruim f900 tot ca. f1850 per 100 meter per jaar (prijsniveau 2000). Amerikaanse eik blijkt het goedkoopst in onderhoud, namelijk f926/100/jr. Maar ook bij Douglas, Fijnspar en Amerikaanse vogelkers blijken de kosten voor onderhoud relatief laag.

Omdat het niet verstandig lijkt de werkzaamheden aan de rijshoutdammen in het vervolg uit te voeren met slechts één houtsoort wordt in dit rapport de aanbeveling gedaan hiervoor door elkaar de drie (en eventueel vier) uit deze proef goedkoopst gebleken houtsoorten te gebruiken. Deze zijn (qua onderhoudskosten) in oplopende volgorde: Amerikaanse eik, Douglas (verjonging), Fijnspar (takken van oude bomen) en eventueel Amerikaanse vogelkers. Vanwege de opvallend hoge kosten van Robinia, en de iets minder hoge kosten van Es en Tamme kastanje wordt in dit rapport afgeraden verder nog met deze soorten te werken. De Inlandse eik blijkt ook relatief duur uit te vallen, maar aangezien deze soort tot nu toe het meest werd gebruikt, zal de Inlandse eik in de naaste toekomst nog wel eens gebruikt worden als andere soorten niet direct voorradig blijken te zijn.

Er is jaarlijks een verslag gemaakt van het drie maal monitoren per jaar. Het monitoren gebeurde alle keren door Sven de Vries van Alterra (voorheen IBN-DLO) in samenwerking met Klaas Haan gedurende de eerste jaren en Jakob Frankes daarna, beiden van Rijkswaterstaat, Dienstkring Waddenzee-Oost te Delfzijl. De waarnemingen van het monitoren gedurende deze periode van vier jaar zijn als bijlagen in dit rapport opgenomen. De verslagen van het monitoren zijn op te vragen bij de auteurs van dit rapport.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding van de praktijkproef

Langs de Friese en Groningse Waddenzeekust ligt een uitgestrekt gebied van voormalige landaanwinningwerken, tegenwoordig kwelderwerken genoemd. Rijkswaterstaat voert hier in een strook buitendijksgebied uit. Met behulp van een systeem van langsdammen (loodrecht op de kust) en dwarsdammen (evenwijdig aan de kust) worden de achtergelegen kwelders tegen afslag beschermd. De activiteiten bestaan hoofdzakelijk uit het onderhouden van het netwerk van rijshoutdammen. De rijshoutdammen vormen een milieuvriendelijke en flexibele oeververdediging van de kwelders (Rijkswaterstaat, 1989).



Figuur 3. Langs- en dwarsdammen aan de Groningse kust; duidelijk is de dempende werking van de dammen op de golfslag te zien. Eenzelfde demping treedt ook op in de stroming bij getijdenwisselingen.

Het huidige beleid van Rijkswaterstaat, gericht op de instandhouding van de kwelderwerken, berust op het belang voor de natuurwaarden en verplichtingen gelegen in contracten met oevereigenaren. Bovendien zijn de kwelders van belang als voorland voor de zeedijk (primaire waterkering).

Het belang van het instandhouden van de hier besproken vastelandkwelders voor het natuurgebied de Waddenzee is in de Nota Waddenzee (Planologische Kern Beslissing 1994) en het bijbehorende beheersplan aangegeven. In het beheersplan Waddenzee (1996 - 2001) staat onder andere: "Het huidige areaal aan vastelandskwelders dient

gehandhaafd te worden door middel van actief beheer, als compensatie voor kwelders die door indijkingen verloren zijn gegaan”.

Het in stand houden van deze kwelders betekent het onderhouden van ± 185 km rijshoutdammen (een dubbele palenrij gevuld met rijshout), alsmede het uitvoeren van enig grondwerk. Het jaarlijkse onderhoud van de langs- en dwarsdammen is arbeidsintensief en daardoor relatief kostbaar. Er wordt gezocht naar alternatieve damconstructies of vulmaterialen die minder onderhoud nodig hebben. Er is een studie naar alternatieve constructies en vulmaterialen verricht (Hettema en Boeters, 1992). Uit deze studie blijkt dat de onderhoudskosten van de bestaande constructies (dubbele palenrij met vulling) gunstiger uitvallen dan die van de onderzochte alternatieven. Uit deze studie wordt echter niet duidelijk welke vulmaterialen het meest geschikt zijn, mede omdat er maar een beperkt aantal vulmaterialen is vergeleken. Vulling met hout lijkt, in ieder geval vanuit natuur- en milieuoogpunt (in vergelijking met bijvoorbeeld kunststof en steen), aantrekkelijk.

Bovenstaande studie heeft maar een beperkt aantal alternatieven voor het gebruik van hout als vulmateriaal behandeld. Door het vergroten van de duurzaamheid van het gebruikte vulmateriaal, bijvoorbeeld door de toepassing van meer duurzamere houtsoorten dan de nu toegepaste essen-, eiken- en berkentakken, kan mogelijk de onderhoudsfrequentie of de benodigde bijvulling per onderhoudsbeurt afnemen. Vooral een daling van de onderhoudsfrequentie zou bij dit arbeidsintensieve onderhoud een duidelijke kostenreductie tot gevolg hebben.

In een voorgaande studie (Hekhuis en de Vries, 1994) werden, voordat overgegaan zou worden op tijdrovende en kostbare praktijkproeven, de voor- en nadelen van de verschillende houtsoorten geanalyseerd. Daarbij werden de volgende onderzoeksvragen behandeld:

- van welke houtsoorten is het spinhout (gezien de toepassing van takken) duurzaam voor toepassing binnen de rijshoutdammen?
- wat is de kostprijs per bos van deze duurzamere soorten bij een teelt geschikt voor structurele levering van de bossen?
- wat is de betekenis van de toepassing van duurzame houtsoorten voor de jaarlijkse onderhoudskosten van de rijshoutdammen?
- hoe moet de structurele levering (welke producenten/ aanbieders, leveringsvoorwaarden) van deze bossen worden geregeld?

Hierbij werd tevens geconstateerd dat voor het vergaan van het rijshout in de dammen in hoofdzaak twee processen verantwoordelijk zijn:

- door schimmelaantasting wordt het hout week en bros;
- door druk van het water en betreding (vooral bij het neerzetten van het rijshout) breken vervolgens de takken en spoelen deze uit.

Voor deze toepassing worden daarom houtsoorten als duurzaam beschouwd die weinig tot geen last hebben van schimmelaantasting en die sterk zijn (door een hoge dichtheid van het hout). Uit deze voorstudie kwamen op grond van literatuurgegevens de volgende houtsoorten als meest geschikt naar voren. Tamme kastanje (*Castanea sativa*), Robinia (*Robinia pseudoacacia*), Zomereik (*Quercus robur*), Amerikaanse eik (*Quercus rubra*), Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), takhout van oudere

fijnsparren (*Picea abies*) en Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*). Van deze soorten werden zowel de Amerikaanse eik als de Zomereik reeds toegepast in de rijshoutdammen. Daarnaast werd tevens gebruik gemaakt van Es (*Fraxinus excelsior*). Besloten werd deze soorten in een praktijkproef met elkaar te vergelijken. Daarmee werden zowel de soorten die reeds gebruikt werden als de “nieuwe” soorten met en tegen elkaar getoetst.

1.2 Probleemstelling en doelstelling

Gezien het voorgaande luidt de onderzoeksvraag voor deze praktijkproef:

Hoe duurzaam zijn de acht houtsoorten Tamme kastanje, Robinia, Amerikaanse vogelkers, Amerikaanse eik, Inlandse eik, Es, Douglas uit natuurlijke verjonging en Fijnspar (takhout) voor toepassing in de rijshoutdammen?

Wat betekent dit voor de noodzakelijke onderhoudsfrequentie (bijvullen en neerzetten) en voor de onderhoudskosten van de dammen?

2 Opzet van de praktijkproef

2.1 Inleiding

In 1994 is naar aanleiding van de aanbevelingen in het rapport "Duurzaam rijshout voor de kwelderwerken" (Hekhuis & de Vries, 1994) gestart met deze praktijkproef bij Noordpolderzijl in de provincie Groningen. Begin december 1994 zijn de rijshoutdammen aangelegd. Er is gevuld met de eerder genoemde acht houtsoorten, namelijk Douglas (verjonging), Fijnspar (takken van oudere bomen), Robinia, Tamme kastanje, Amerikaanse eik, Essen, Amerikaanse vogelkers en Inlandse eik (in alle gevallen hakhout).

Bij de praktijkproef moest tevens aandacht worden besteed aan de toetsing van de samenstelling (boomsoorten en minimum diameter van de individuele takken) van de bossen.

Dit rapport brengt verslag uit van deze praktijkproef (zie IBN projectbeschrijving: "Praktijkproef duurzame rijshoutvullingen voor beheer kwelderwerken").

Om op basis van deze praktijkproef goed onderbouwde uitspraken in de richting van het onderhoud van de dammen te kunnen doen is een goede proefopzet, alsmede het monitoren van de ontwikkeling en een evaluatie van de praktijkproef noodzakelijk. Bij de proefopzet moet een nulsituatie (bossen van de beide Eikensoorten en Es) aanwezig zijn om te kunnen vergelijken met de huidige situatie, en van een aantal herhalingen. Dit laatste dient voor de statistische zeggingskracht van de resultaten. Het monitoren van de praktijkproef is enerzijds van belang voor een goede interpretatie van de resultaten, anderzijds om objectief te bepalen wanneer maatregelen als bijvullen en neerzetten nodig zijn.

Een praktijkproef is meteen een goede aanzet tot de invoering en praktijkacceptatie van duurzamere houtsoorten.

2.2 Opzet van de proef

De praktijkproef moest noodzakelijkerwijs meerdere jaren in beslag nemen, aangezien pas na enige tijd duidelijk zou worden hoeveel onderhoud (neerzetten en/of bijvullen) per houtsoort benodigd is. Alleen dan kon beoordeeld worden of de onderhoudsfrequentie verlaagd kan worden bij gebruik van alternatieve houtsoorten als vulling van de rijshoutdammen.

De huidige onderhoudsfrequentie bedraagt 1 maal per 2 jaar. Verwacht werd, dat deze onderhoudsfrequentie bij een aantal houtsoorten verlaagd kon worden naar 1 maal per 3 jaar en gehoopt werd, dat e.e.a. nog goedkoper uit zou vallen, door benodigd onderhoud naar 1 maal per 4 jaar te verleggen. Dit betekende dat het monitoren maximaal zou duren tot 5 jaar na aanleg van de proef (najaar 1994). Na 3 jaar zou een tussentijdse evaluatie plaats vinden waarin duidelijk werd welke soorten duurzamer zijn dan de huidige soorten. Op basis van deze evaluatie werden al voorlopige aanbevelingen gedaan over de geschiktheid van de verschillende

houtsoorten voor praktijktoepassingen. Wanneer geen van de soorten duurzamer zou blijken dan de huidige houtsoorten, zou na 3 jaar de praktijkproef worden beëindigd.

Per soort zal de noodzaak tot onderhoud nauwkeurig gevolgd en beschreven worden. Medewerkers van RWS bepalen, gezien de daar aanwezige specifieke kennis, op welk moment onderhoud (neerzetten en/ of bijvullen) noodzakelijk is. De bepaling van het benodigde onderhoud gebeurt onder begeleiding van het Alterra (voorheen IBN).

Ook gezien de gewenste proefopzet (met drie herhalingen) en de beschikbare lengte aan dammen (1200 meter = 8 (soorten) * 3 (herhalingen) * 50 meter) is de toepassing van 8 houtsoorten ideaal. De 1200 meter wordt verdeeld in 3 blokken van 400 meter (strata). Binnen de blokken van 400 meter worden de acht houtsoorten willekeurig geplaatst door middel van loting. Hiermee zijn plaatselijke verschillen statistisch gezien niet van invloed op de resultaten van de proef.

De aanleg- en onderhoudswerkzaamheden gebeuren door de aannemer. De bossen worden op de werf in Lauwersoog ter beschikking gesteld.

De proef is zo opgezet dat van alle houtsoorten drie herhalingen aanwezig zijn (3 maal 50 meter). Zie voor de ligging bijgevoegde kaart. Doordat voor elke houtsoort een zelfde aantal bossen is aangeschaft en de bossen voor de verschillende soorten verschillen qua diameter zijn jammer genoeg niet alle delen even hoog gevuld. Bij de interpretatie van de uitkomsten van de proef moet hier mee rekeningen worden gehouden. Door de (relatieve) daling t.o.v. de draadhoogte te nemen wordt een goed inzicht verkregen in de noodzaak tot aanzetten of bijvullen.

Tabel 1. Aantal bossen per m³ voor de toegepaste houtsoorten (Bron: metingen E. Lameijer, Grontmij).

Houtsoort	Aantal bossen
Fijnspar	31,8
Douglas	36,9
Amerikaanse vogelkers	24,2
Inlandse eik	27,0
Amerikaanse eik	25,4
Es	21,3
Robinia	33,4
Tamme kastanje	24,8

2.3 Planning en fasering

Fase 1: De proefopzet

Deze fase bevat:

- het opstellen van de opzet van de praktijkproef inclusief het proefschema;
- begeleiding bij de aanleg van de praktijkproef in het aangewezen proefgebied ten oosten van Noordpolderzijl. E.e.a. volgens statistisch opgezet schema door IBN;
- begeleiding door de aannemer bij aanschaf houtsoorten en samenstelling van de bossen;

- beschrijven en vastleggen van de aanleggegevens;
- bij het begin van de proef worden in overleg met de medewerkers van Rijkswaterstaat objectieve criteria opgesteld om de noodzakelijkheid van het onderhoud te bepalen.

Fase 2: Het monitoren

Het monitoren gebeurt jaarlijks 3 maal. Eén maal aan het eind van de winter; één maal gedurende de zomer en één maal aan het begin van de winter. Gezien de kwetsbaarheid van de rijshoutdammen zijn dit de belangrijkste momenten waarop besloten wordt of er (en zo ja, welke) werkzaamheden dienen te worden uitgevoerd. Tijdens het monitoren wordt de ontwikkeling (stevigheid e.d.) van de diverse herhalingen met de 8 verschillende houtsoorten bepaald en vastgelegd. Tijdens het monitoren worden ook de beslissingen genomen t.a.v. noodzakelijk onderhoud in overleg met de medewerkers van Rijkswaterstaat.

Tot deze fase behoort ook de beschrijving van alle uitgevoerde werkzaamheden (bijvullen en neerzetten) aan de dammen. Jaarlijks wordt een beperkt verslag van de ontwikkeling van de proef aan de opdrachtgever verstrekt.



Figuur 4. Een momentopname van het monitoren van de rijshoutdammenproef.

Fase 3: De evaluatie

Na 3 jaar vindt een tussentijdse evaluatie plaats van de praktijkproef. Op basis van deze evaluatie wordt besloten of de proef al of niet wordt voortgezet. De eindevaluatie vindt plaats na maximaal 5 jaar.

2.4 Het onderhoud van de dammen

Een boot met ponton transporteert de rijshoutbossen vanaf de werf te Lauwersoog naar de kwelderwerken. Bij het huidige onderhoud van de rijshoutdammen wordt in het ene jaar een dam neergezet (daarbij worden de takken tussen de palen vastgedrukt en met een draad aangespannen) en in het andere jaar wordt de dam bijgevuld met bossen tot ca. 10 cm onder de paalkop. Jaarlijks wordt er dus ongeveer 50% van de dammen neergezet en 50% bijgevuld. Bij het bijvullen worden gemiddeld 1,2 bossen per meter gebruikt.



Figuur 5. Rijshoutdam gevuld met jonge douglasboompjes afkomstig van natuurlijke verjonging.

3 Waarnemingen en resultaten

3.1 Inleiding

Alvorens de diverse verschillende waarnemingen en resultaten van deze praktijkproef te behandelen worden in deze inleiding een aantal punten genoemd, die mogelijk onbedoeld invloed hebben kunnen uitoefenen op de resultaten van de proef:

Allereerst is reeds bij de aanleg van de proefdammen slechts over een deel hiervan een cunet gegraven. Dit is aan de westzijde gebeurd tot en met dam 446.

Tijdens het bijvullen van de dammen voor de eerste keer eind 1995 (waarmee de dammen op hun uitgangssituatie terecht kwamen) zijn een aantal foutjes gemaakt bij een aantal houtsoorten. Op alle damstukken waar met Eikenhout bijgevoerd diende te worden zat er tevens Berk in de bossen. Dit kan de resultaten t.a.v. Eikenhout negatief beïnvloeden omdat Berkenhout zeer snel afbreekt en als weinig duurzaam bekend is. De damstukken gevuld met verjonging van Douglas zijn bijgevoerd met takken van oudere Douglas bomen en de damstukken gevuld met takken van oude Fijnspar bomen zijn bijgevoerd met verjonging van Fijnspar.

In juni 1999 zijn de damstukken welke gevuld zijn met naaldhout (Fijnspar en Douglas) neergezet. Dit was echter niet de bedoeling. Ondanks dat deze zaken wel van invloed zouden kunnen zijn wordt er om praktische redenen vanaf gezien dit te proberen te verwerken in de resultaten.

3.2 De samenstelling van de bossen

Bij de eerste keuring zijn de bossen van een aantal houtsoorten afgekeurd, namelijk van Fijnspar, Inlandse eik, Tamme Kastanje en Robinia. Bij de tweede keuring werden alle bossen voldoende bevonden in de zin van representatief voor de soort (de haalbare kwaliteit). De kwaliteit van de verschillende bossen is, voor de interpretatie van de resultaten van de praktijkproef, beoordeeld op drie punten:

- de diameter (takdikte) verdeling binnen de bossen;
- de compactheid van de bos;
- vorm van de bossen (rechtheid).

Van elke houtsoort zijn drie willekeurige bossen geanalyseerd op de diameterverdeling van de takken. Er zijn enkele takken dikker dan 6 cm gemeten.

Tabel 2. De diametersamenstelling van de bossen.

Houtsoort	< 2 cm	2-4 cm	≥ 4 cm	Aantal	Aantal twijgen
Fijnspar 1	1	8	0	9	0
Fijnspar 2	4	3	0	7	0
Fijnspar 3	1	8	0	9	0
Douglas 1	2	1	2	5	0
Douglas 2	0	0	3	3	0
Douglas 3	15	0	1	16	7
A. vogelkers 1	20	5	0	25	11
A. vogelkers 2	18	3	0	21	6
A. vogelkers 3	23	4	0	27	16
Inlandse eik 1	16	3	0	19	2
Inlandse eik 2	6	4	0	10	0
Inlandse eik 3	9	3	0	12	0
A. eik 1	8	7	0	15	1
A. eik 2	10	3	1	14	2
A. eik 3	5	9	0	14	2
Es 1	2	2	3	7	1
Es 2	7	10	0	17	1
Es 3	8	7	0	15	0
Robinia 1	9	7	0	16	0
Robinia 2	6	6	1	13	0
Robinia 3	9	8	0	17	0
Tamme Kastanje 1	7	3	2	12	1
Tamme Kastanje 2	10	3	1	14	1
Tamme Kastanje 3	14	5	1	20	2

Als twijgen zijn alle takken dunner dan 1,0 cm genomen. Vooral bij de Amerikaanse vogelkers bossen waren veel twijgen aanwezig.

De bossen met Tamme Kastanje, Robinia, Es en Amerikaanse eik waren recht en compact. De bossen met Amerikaanse vogelkers en Inlandse eik waren weinig compact. De Fijnsparbossen hebben als nadeel dat ze krom zijn, maar deze hebben wel een goede diameterverdeling. De Douglasbossen bevatten een klein aantal relatief dikke stammen. De bossen van Amerikaanse vogelkers, Inlandse eik en Douglas waren jammer genoeg niet vers meer.

In zijn totaliteit werden de bossen van:

- Tamme kastanje, Es, Robinia en Amerikaanse eik als zeer goed beoordeeld;
- Douglas, Fijnspar en Inlandse eik als voldoende beoordeeld;
- Amerikaanse vogelkers als twijfelachtig beoordeeld.

3.3 Verwerkbaarheid van de bossen

Samen met K. Haan (RWS), E. Lameijer (Grontmij) en A. v/d Berg (Firma v/d Stoel) zijn na aanleg van de proef de ervaringen t.a.v. de hanteerbaarheid en verwerkbaarheid van de verschillende houtsoorten op een rij gezet. Daarbij is vooral aandacht besteed aan hanteerbaarheid (transport, leggen) en verwerkbaarheid (geschiktheid als vulmateriaal). Dit resulteerde in het volgende overzicht:

Fijnspar

- door gewicht en het slap (niet stijf) zijn van de bossen zijn 2 man per bos nodig bij het leggen
- de bossen zijn krom, het leggen wordt daardoor moeilijk
- er is moeilijk een strakke dam van te maken
- het is vies werk door de loszittende naalden en door schimmelvorming worden de bossen glibberig en gaan stinken
- weinig houtige vulling, veel naalden
- de relatief ruige bossen zijn moeilijk aan te drukken

Douglas

- ook bij Douglas zijn de naalden lastig maar duidelijk minder dan bij de Fijnspar
- goede bossen en met 1 man te hanteren, goed hanteerbaar qua gewicht en vorm
- goed mee te vullen
- nogal korte bossen wat iets onhandig is bij het leggen, de koppen steken nogal eens uit

Es, Amerikaanse eik, Robinia, Tamme kastanje

- alle vier de houtsoorten leverden prima bossen: recht, lang, goed te verwerken en goed te gebruiken als vulmateriaal
- de enkele stekels op de Robinia (die na het verwijderen van het merendeel van de stekels waren blijven zitten) leverden geen problemen op
- Amerikaanse eik is iets zwaarder dan Es maar dit werd niet als een probleem ervaren

Inlandse eik

- veel takken en ook veel bossen zijn krom een daardoor minder eenvoudig verwerkbaar (meer puzzelen en verleggen)
- de relatief ruige bossen zijn moeilijk aan te drukken
- bossen zijn “hol”

Amerikaanse vogelkers

- minder eenvoudig te verwerken
- de relatief ruige bossen zijn moeilijk aan te drukken
- “holle” bossen

Hierbij dient wel vermeld te worden dat de waarnemingen naar de verwerkbaarheid van de bossen een moment opname betreffen. Voor een aantal van de verwerkte houtsoorten was het de eerste keer dat er bossen geleverd werden. Hiermee was dus nog geen ervaring opgedaan in het verleden.

3.4 Kwantitatief criterium voor diameterverdeling van de takken in de bossen

Het ontbreekt op dit moment aan harde eisen voor de diameterverdeling van de takken in de bossen; ook al staan in het bestek wel een aantal eisen geformuleerd. In de studie "Duurzaam rijshout voor de kwelderwerken" wordt voor de berekeningen net als in de praktijk uitgegaan van diametergrenzen van 2 tot 6 cm. Voor de samenhang van de bossen is het daarbij van belang dat de bossen een gemengde samenstelling qua diameter hebben. Dit betekent dat maar een beperkt deel van de takken 4-6 cm dik mogen zijn.

De bossen zijn echter een natuurproduct en daardoor wisselend van samenstelling; enkele dunne twijgen komen in een flink aantal bossen toch wel voor. Veel takken blijken dunner te zijn dan 2 cm (zie Tabel 2). Waar ligt nu de ondergrens voor de diameterverdeling. Uit de analyses voor het rapport "Duurzaam rijshout voor de kwelderwerken" (Hekhuis en de Vries 1994) en uit diverse gesprekken blijkt het negatieve effect van dunne takken (vooral de twijgen). Een maat moet onzes inziens daarom gebaseerd zijn op het (relatieve) aandeel takken dunner dan 2 cm. De totaalsom van de diameters (som van alle diameters in een bepaalde klasse) is een goede maat voor het aandeel. In overleg met Klaas Haan, Marius v/d Stoel e.a. zijn dezelfde bossen als in Tabel 2 ingedeeld in goede bossen, "grensgeval" bossen en slechte bossen. Van deze bossen is de totaalsom van de diameters onder en boven de 2 cm bepaald.



Figuur 6. Een op de kwelder aangespoelde bos van onbekende herkomst.

Tabel 3. Totaalsom van de diameter voor de takken dunner of dikker (incl. gelijk aan) dan 2 cm bij bossen die vooraf als goed, "grensgeval" of onvoldoende werden beoordeeld.

Houtsoort	Beoordeling	< 2 cm	≥2 cm
Fijnspar 1	Goed	1,5	23,0
Fijnspar 2	Goed	1,9	19,7
Fijnspar 3	Grensgeval	6,7	8,4
Douglas 1	Goed	2,0	16,5
Douglas 2	Onvoldoende	16,6	5,2
Douglas 3	Goed	0	16,6
A. vogelkers 1	Onvoldoende	19,4	9,2
A. vogelkers 2	Onvoldoende	20,3	14,4
A. vogelkers 3	Grensgeval	18,9	14,4
Inlandse eik 1	Onvoldoende	19,2	9,7
Inlandse eik 2	Goed	9,0	11,7
Inlandse eik 3	Onvoldoende	14,1	9,7
A. eik 1	Goed	12,7	19,6
A. eik 2	Goed	4,2	23,2
A. eik 3	Grensgeval	12,9	13,2
Es 1	Goed	1,9	18,7
Es 2	Goed	8,8	29,2
Es 3	Goed	12,4	17,7
Robinia 1	Goed	13,5	18,4
Robinia 2	Goed	9,9	18,6
Robinia 3	Goed	13,7	21,5
Tamme Kastanje 1	Goed	8,2	18,4
Tamme Kastanje 2	Goed	15,6	13,4
Tamme Kastanje 3	Goed	17,6	19,1

Het criterium "totaal van de diameters van de takken dikker dan (en gelijk aan) 2 cm moet meer dan 50% van de totaalsom van de diameters zijn" blijkt een goede schatter te zijn voor de kwaliteit van de diameterverdeling van de takken binnen een bos. Voor 20 van de 21 bossen (die als goed of onvoldoende zijn beoordeeld op basis van expert opinion) kwam het criterium overeen met de expert opinion (alleen bos Tamme kastanje 2 gaf een verschillende uitkomst, de totaalsommen van de diameters liggen hier dicht bij elkaar). Bij de zogenaamde "grensgevallen" liggen de totaalsommen van de diameters relatief dicht bij elkaar.

3.5 De hoeveelheid bossen in de dam

Na de eerste keer bijvullen was de totale hoeveelheid bossen per boomsoort in de dam bekend. Door deze hoeveelheid te delen door de inhoud van de dam kon het gemiddeld aantal bossen per m³ worden bepaald. Om de spreiding aan te geven is in tabel 4 het minimum en het maximum uit de drie herhalingen aangegeven. De inhoud van de dam is berekend uit de vulhoogte (minimaal 1,28 en maximaal 1,86 meter) maal de lengte (variërend tussen 40 en 60 meter) maal de breedte tussen de palen (0,35 m).

Tabel 4. Gemiddeld aantal bossen per m³ en spreiding van het aantal bossen (minimum en maximum aantal uit de drie herhalingen) na bijvulling voor de toegepaste houtsoorten. Deze getallen zijn gebaseerd op door de medewerkers van Rijkswaterstaat aangeleverde informatie.

Houtsoort	Gemiddeld aantal bossen/m ³	Minimum aantal bossen/m ³	Maximum aantal bossen/m ³
Fijnspar	23,3	21,0	25,5
Douglas	28,1	22,0	32,0
Amerikaanse vogelkers	17,7	17,2	18,6
Inlandse eik	27,6	22,8	35,0
Amerikaanse eik	22,3	21,8	23,7
Es	17,5	15,0	19,7
Robinia	27,1	23,5	30,5
Tamme kastanje	23,1	20,8	25,0

Uit tabel 4 blijkt dat er een fors verschil is tussen de soorten, waarbij drie groepen zijn te onderscheiden:

- 17-18 bossen per m³: Es en Amerikaanse vogelkers
- 22-23 bossen per m³: Amerikaanse eik, Tamme kastanje en Fijnspar
- 27-28 bossen per m³: Inlandse eik, Robinia, Douglas

Ook tussen de herhalingen zijn nogal forse verschillen aanwezig bij dezelfde boomsoort, zie bijvoorbeeld Inlandse eik en Douglas. De reden hiervoor is ons niet duidelijk geworden.

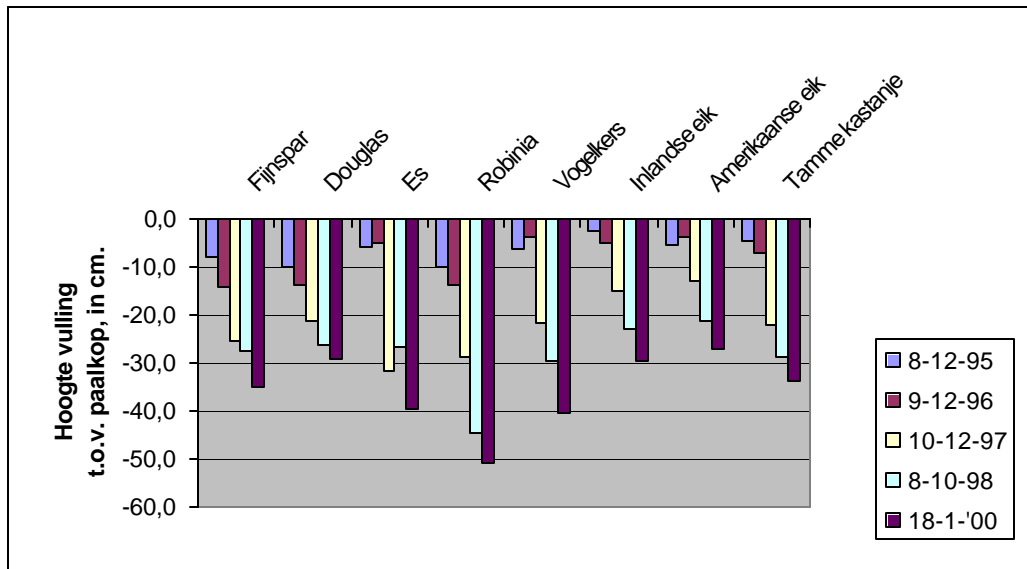


Figuur 7. Een geleidelijke overgang van vulling met Inlandse eik (rechts) en Tamme kastanje (links).

3.6 Hoogteverschil tussen de kop van de paal en de vulling van de dam

In eerste instantie was het de bedoeling als duurzaamheidcriterium mede te gaan werken met de mate waarin de vulling 'inklinkt' gemeten in de afname van hoogte

verschil tussen onderkant en bovenkant van de vulling (inclusief neerzetten). De onderkant van de vulling is echter door het aanslibben moeilijk te bepalen. Vandaar dat gekozen is voor een andere maat die in wezen hetzelfde weergeeft, namelijk het verschil in hoogte tussen de bovenkant van de vulling en de paalkop. In de tabellen welke zijn bijgevoegd als bijlagen zijn de hoogteverschillen tussen vulling en paalkop (gemeten in het midden van de dam) bepaald aan de hand van drie metingen per dam. Deze gegevens leveren de verschuiving in de loop van de jaren en bepalen op welk moment de diverse onderhoudswerkzaamheden nodig zijn. Tevens zijn in deze tabellen een aantal bijzonderheden opgenomen. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8. Hoogte van de vulling van de dammen ten opzichte van de paalkop voor de verschillende houtsoorten in vijf achtereenvolgende jaren.

3.7 Beslissingscriterium voor noodzaak neerzetten en bijvullen

Als beslissingscriterium voor het neerzetten wordt de ruimte (in centimeters) tussen de draad en de bovenkant van de bossen gehanteerd (bij het met beide handen stevig vastdrukken van de bossen). In eerste instantie werd ervan uitgegaan dat bij 5-10 cm ruimte (maximaal 10 cm) neergezet moest worden. In 1996 werd deze ruimte voor de verschillende dammen voor het eerst gemeten.

Als het vulhout in de dam meer dan 20 cm is ingeklonken (gemeten t.o.v. paalkop) dient er te worden bijgevuld. Vullen en bijvullen gebeurt altijd tot op ± 10 cm van de paalkop. Dit betekent dat er bijgevuld wordt als de gemiddelde damhoogte (in het midden gemeten op 3 plaatsen per herhaling) onder de 30 cm gemeten t.o.v. de paalkop is gezakt. Deze criteria zijn gedurende de looptijd van de proef onder praktijkomstandigheden toegepast.

3.8 Natuurwaarden van de dammen

Tijdens het monitoren zijn een aantal keren waarnemingen gedaan en genoteerd, die in feite niet in de proefopzet zaten. Dit betreft in beide gevallen zaken die met een eventuele hogere natuurwaarde te maken zouden kunnen hebben. Ten eerste werd op een zeker moment geconstateerd dat er verschillen optraden in de hoogte van de “bermen” aan de landzijde van de dammen en tevens dat deze verschillen misschien iets te maken zouden hebben met de houtsoorten waar de betreffende damstukken mee gevuld waren. Deze noteringen werden echter niet consequent volgehouden, aangezien er tussendoor ook nog werkzaamheden aan deze “bermen” werden verricht. Zo werd er bijvoorbeeld overtollig slib opgegooid dat afkomstig was van naastliggende uitgediepte geulen.

Ten tweede werd op het eind van de proef geconstateerd dat er verschillen optraden in de begroeiing van de bermen aan de landzijde van de dammen. Ook dit is niet consequent gevolgd en genoteerd, aangezien dit niet een onderdeel was van de proef. In september 1999 werd geconstateerd dat er veel zeekraal en slijkgras opkwam achter vier van de zes naaldhoutdammen. In januari 2000 werd geconstateerd dat er 1-5% kweldergras begroeiing optrad in de bermen van één van de dammen van Vogelkers, Inlandse eik en Douglas en in twee van de bermen van Fijnspar. Omdat deze feiten niet consequent gevolgd zijn zal hieraan verder ook geen conclusie verbonden worden.



Figuur 9. De aanwas van grond aan de landzijde (links) is duidelijk waar te nemen. Dit damstuk is gevuld met Amerikaanse eik.

4 Kosten onderhoud dammen

4.1 Resultaten voorafgaande studie

De voorliggende studie is een vervolg op een studie van Hekhuis en de Vries (1994). Tijdens deze studie, met het oog op de onderhoudskosten, is onderzocht welke houtsoorten duurzaam zijn en zodoende mogelijk een goed alternatief zijn voor de bossen gevuld met essen-, berken-, of eikenhout die doorgaans worden gebruikt. Het onderzoek naar de duurzaamheid is gedaan aan de hand van literatuurstudie (chemische eigenschappen van hout en huidig/historisch gebruik) en 'best professional judgement' van 18 experts uit verschillende landen.

Daarnaast is gekeken naar de mogelijkheden om de verschillende houtsoorten in Nederland te telen en te verwerken tot bossen. Van iedere houtsoort zijn de kosten voor de productie van rijshoutbossen bepaald aan de hand van groei- en opbrengst gegevens, plantsoenkosten en normkosten voor verschillende werkzaamheden. De kosten zijn berekend bij verschillende renteniveaus.

Uit de Studie van Hekhuis en de Vries komt naar voren dat Tamme kastanje, Amerikaanse eik, Robinia, Amerikaanse vogelkers, Douglas en Fijnspar mogelijk geschikte alternatieven zijn voor Eik, Es en Berk. De kosten van de rijshoutbossen blijken ca. f5-6 gulden te zijn, maar wanneer met rente en gederfde inkomsten (i.v.m. verschillende alternatieve gebruiksmogelijkheden van de grond) rekening wordt gehouden kunnen deze prijzen twee maal zo hoog komen te liggen.

Tabel 5. Gemiddelde onderhoudskosten per 100 m voor de rijshoutdammen, bij verschillende onderhoudsfrequenties en een bosprijs van f6. Het eerste scenario (1,2 bos/m/2 jaar) betreft het huidige onderhoud (prijsniveau 1993).

KOSTENPOST	Scenario		
	1,2 bos/m/2 jaar	0,8 bos/m/2 jaar	1,2 bos/m/3 jaar
Bossen (materiaal)	f 420	f 480	f 720
Aanbrengen bossen	f 650	f 440	f 653
Aanbrengen draad	f 370	f 370	f 365
Neerzetten draad	f 150	f 150	f 154
Palen	f 380	f 380	f 575
Overig	f 540	f 450	f 577
Totaal	f 2510	f 2260	f 3044
Totaal gem. per jaar	f 1260	f 1130	f 1015

Aan de hand van de berekende kosten per bos en uitgaand van verschillende onderhoudintensiteiten zijn de kosten voor onderhoud van een aantal scenario's berekend. De uitkomsten hiervan zijn weergegeven in Tabel 5. Alleen de kosten bij een bosprijs van f6 zijn weergegeven aangezien die het meest overeen komen met de werkelijk betaalde prijzen. Bij een prijs per bos van f9 liggen de kosten ca. 10% hoger.

Uit de studie bleek dat bij een verlaging van de onderhoudsfrequentie naar eens per drie jaar een besparing van 19% op de onderhoudskosten kan worden gerealiseerd. Bij een hypothetische onderhoudsfrequentie van eens per vier jaar zou zelfs een besparing van 39% gerealiseerd kunnen worden. Op basis van deze resultaten is besloten de praktijkproef uit te voeren. De financiële resultaten hiervan zijn in de volgende paragrafen weergegeven.

4.2 Looptijd van de proef

In 1994 zijn de rijshoutdammen voor de proef aangelegd. Doordat voor elke houtsoort eenzelfde aantal bossen is aangeschaft en de diameters van de bossen voor de verschillende soorten verschillen zijn toen niet alle damstukken even hoog gevuld. Eind november - begin december 1995 zijn de dammen bijgevoerd tot een zelfde hoogte. In deze studie zijn daarom de kosten berekend over de periode vanaf december 1995 tot januari 2000, wanneer de vulhoogte voor het laatst is gemeten. Voor het berekenen van de kosten is een looptijd gehanteerd van vier jaar.

Prijspeil

De kosten voor de onderhoudsmaatregelen zijn gebaseerd op Hekhuis en de Vries (1994) die uitgaan van het prijspeil van 1993. Aan de hand van deze kosten zijn, uitgaand van een stijging van de kosten per jaar van twee procent, de prijzen voor arbeid en materiaal en de totale kosten voor 2000 berekend. Deze stijging is gebaseerd op de stijging van de lonen bij Staatsbosbeheer in de periode 1993-1998 (Staatsbosbeheer, 1993; Staatsbosbeheer, 1998).

Rente

In economische studies wordt vaak rekening gehouden met het effect van tijd op inkomsten en uitgaven. Gelijke bedragen hebben op een eerder tijdstip een hogere waarde. Om de waarde van inkomsten of uitgaven die op verschillende momenten in de tijd worden gemaakt vergelijkbaar te maken, kan de contante (actuele) waarde van deze bedragen worden berekend met behulp van de disconteringsvoet of rente.

In deze studie is niet gerekend met rente. Er is vanuit gegaan dat de berekende kosten een indicatie van de jaarlijkse gemiddelde kosten geven, ervan uit gaande dat van de betreffende houtsoorten een grote lengte aan dammen wordt aangelegd, waarbij verschillende onderhoudswerkzaamheden zoveel mogelijk in de tijd worden gespreid. Ieder jaar wordt zo een gelijk percentage van de dammen bijgevoerd en neergezet. Op die manier zijn de onderhoudskosten afgezien van prijsstijgingen ieder jaar gelijk. De berekende gemiddelde kosten van de proef over vier jaar geven een indicatie van deze kosten.

4.3 Berekening van kosten van de verschillende maatregelen

Het daadwerkelijke onderhoud van de dammen bestond uit de volgende maatregelen:

- neerzetten van de draad;
- reparatie van spoelgaten;
- palen;
- bijvullen.

Aan het einde van de proef was het vulhout in de dammen tot verschillende niveaus ingezakt. Dit inzakken dient vertaald te worden naar onderhoudskosten. Er wordt daarom een maatregel toegevoegd die in werkelijkheid nog niet is uitgevoerd, namelijk het (fictief) bijvullen van de dammen tot het niveau van het begin van de proef.

In het onderstaande wordt toegelicht hoe de kosten bij de verschillende punten zijn berekend. De bedragen die genoemd worden betreffen steeds de kosten bij het prijsniveau van 1993.

Neerzetten van de draad

Tijdens de proef is herhaaldelijk de draad eenzijdig of tweezijdig neergezet. Voor het neerzetten is een bedrag van resp. $f0,95$ en $f1,60$ per meter gerekend (prijsniveau 1993).

Reparatie van spoelgaten

In een aantal damstukken waren één of meerdere malen spoelgaten ontstaan. Het is niet bekend in hoeverre het ontstaan van deze spoelgaten verband houdt met de gebruikte houtsoort. Mogelijk wordt het ontstaan ervan door toeval bepaald. Daarom is de reparatie (meestal neerzetten, maar in een enkel geval ook bijvullen) ervan als aparte maatregel beschouwd. Daardoor kan hij ook vrij eenvoudig buiten beschouwing gelaten worden.



Figuur 10. Amerikaanse vogelkers als vulling voor dit damstuk met rechts een spoelgat.

Palen

Voor het vernieuwen van palen is voor iedere houtsoort een gelijk bedrag van f1,92 per meter per jaar gehanteerd (f1,42 arbeid- en f0,50 materiaalkosten per m per jaar).

Bijvullen

Aanschaf en verwerken van boshout

De kosten voor het verwerken van boshout zijn berekend aan de hand van het aantal bossen dat is bijgevuld en het aantal meter waarover dit is gebeurd. In een aantal gevallen was het aantal bossen dat werd bijgevuld niet bekend. Hier is het aantal bossen berekend uit het volume per bos en de vulhoogte, lengte en breedte van de dam. Voor het verwerken van de bossen is voor iedere houtsoort f5,44 per bos gerekend (prijsniveau 1993). Voor de aanschafkosten van de bossen is een bedrag gerekend afhankelijk van de houtsoorten (zie Tabel 6). De bosrijzen komen redelijk overeen met de prijzen die in de praktijk voor de bossen worden betaald.

Tabel 6. Aanschafkosten voor boshout per houtsoort naar Hekhuis en de Vries (1994) (prijsniveau 1993). De kosten zijn gebaseerd op een plantsoenprijs van f750/1000 stuks¹.

Houtsoort	Prijs per bos, in f
Fijnspar	4,90 ²
Douglas	4,90 ³
Es	5,90
Robinia	5,90
Amerikaanse Vogelkers	4,90
Inlandse Eik	5,90
Amerikaanse Eik	5,90
Tamme Kastanje	5,90

Er is uiteraard rekening gehouden met het feit dat het volume van de bossen, uitgedrukt in aantal bossen per m³, per houtsoort kan verschillen. Het gemiddelde volume per bos is daarom per soort bepaald uit de vulhoogte, de lengte en breedte van de dammen en het aantal gebruikte bossen bij de aanleg van de dammen. De volumes per bos voor de verschillende houtsoorten zijn weergegeven in Tabel 7.

¹ Hekhuis en de Vries berekende de kosten voor boshout bij verschillende niveaus van rente en gederfde inkomsten voor de teelt van de takken. In deze studie is uitgegaan van de kosten bij teelt zonder rente en gederfde inkomsten.

² Takken van oudere fijnsparren

³ Douglas uit natuurlijke verjonging.

Tabel 7. Aantal bossen per m³ voor de gebruikte houtsoorten.

Houtsoort	Aantal bos/m ³
Fijnspar	23,3
Douglas	28,1
Es	17,5
Robinia	27,1
Amerikaanse Vogelkers	17,7
Inlandse Eik	27,6
Amerikaanse Eik	22,3
Tamme Kastanje	23,1

Het verwijderen en weer aanbrengen van de draad

Voor het verwijderen en aanbrengen van de draad voor het vastzetten van het rijshout is een bedrag van f3,65/m (prijsniveau 1993), gebaseerd op het aanbrengen van gemiddeld 80% oude en 20% nieuwe draad per keer dat wordt bijgevuld. De kosten voor materiaal (draad en krammen) zijn voor iedere dam gelijk en zijn bij 'Eindvulling' opgenomen (zie hieronder).

Eindvulling

De kosten voor eindvulling (tot de aanvankelijke vulhoogte) zijn berekend aan de hand van de bovenstaande kosten voor bijvullen. Echter, door eenvoudigweg de kosten voor het bijvullen tot een bepaalde hoogte te berekenen zijn de kosten bij dammen die weinig gezakt zijn onevenredig hoog. Dit komt doordat een deel van de kosten voor bijvullen niet afhankelijk is van de vulhoogte, namelijk de kosten voor het verwijderen en aanbrengen van de draad. Zo berekend zou bij een dam die slechts weinig is gezakt het volle bedrag voor het verwijderen en aanbrengen van de draad worden gerekend. Daartegenover zou bij een dam die eigenlijk al eerder bijgevuld had moeten worden te weinig worden gerekend voor bij voorbeeld het verwijderen en aanbrengen van de draad.

Daarom is als volgt te werk gegaan: Tijdens de proef zijn besliscriteria opgesteld. Er is gesteld dat er wordt bijgevuld als de dam meer dan 20 cm is ingeklonken. Voor ieder houtsoort is vervolgens aan de hand van de kosten zoals beschreven bij 'Bijvullen', berekend wat de kosten zijn voor het bijvullen van een dam waarbij deze 20 cm verhoogd wordt.

Wanneer nu een dam voor eindvulling x cm verhoogd dient te worden om tot de aanvangshoogte te komen, dan zijn de kosten $x/20$ maal de kosten om de dam 20 cm te verhogen. Dus als de kosten om 20 cm te verhogen f10/m zijn, dan zijn de kosten voor eindvulling voor een dam die 15 cm gezakt is $15/20 * 10 = f7,50/m$.

Bij de kosten voor eindvulling zijn de kosten voor draad en krammen meegerekend. Er is van uitgegaan dat jaarlijks gemiddeld 10% draad vernieuwd dient te worden, zodat gedurende de proef 40% van de draad vervangen dient te worden. Voor nieuw draad en krammen is f1,35/m gerekend (prijsniveau 1993), ofwel f0,54 per meter per vier jaar.

Overig kosten

Er is een toeslag van 20% gerekend op de bovenstaande kosten. Deze toeslag bestaat uit:

3,5 % uitvoeringskosten;

6,5 % algemene kosten;

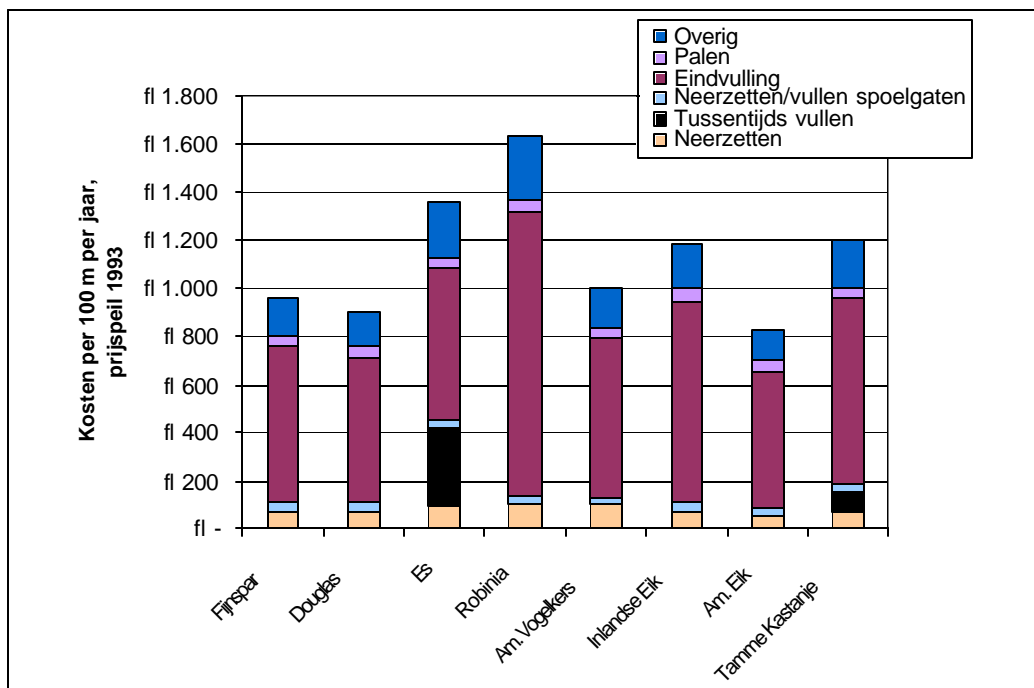
8,5 % winst en risico;

1,5 % stelpost, bijdrage RAW en overig.

4.4 Resultaat kosten onderhoud rijshoutdammen

4.4.1 Kosten bij prijsniveau 1993

Het blijkt dat, gerekend met de prijzen van 1993, de kosten voor het onderhoud van de rijshoutdammen afhankelijk van de gebruikte houtsoort aanzienlijk kunnen variëren, namelijk van ca. f 800 tot ca. f 1600 per 100 meter per jaar (zie Figuur 11). Amerikaanse eik blijkt het goedkoopst in onderhoud, namelijk f 806/100m/jr. Maar ook bij Douglas, Fijnspar en Amerikaanse vogelkers blijken de kosten voor onderhoud relatief laag. Met name Robinia blijkt duur, namelijk f 1607/100m/jr. Tamme kastanje en Inlandse eik nemen wat kosten betreft een tussenpositie in.



Figuur 11. Kosten per 100 meter per jaar voor het onderhoud van rijshoutdammen van verschillende houtsoorten, prijspeil 1993.

De kosten voor het neerzetten verschillen sterk. Met name de dammen van Robinia maar ook van Es, zakte relatief veel in waardoor ze meer neergezet diende te worden.

De dammen van Amerikaanse eik zakte veel minder waardoor de kosten hiervoor beperkt bleven en de kosten slechts de helft van die van Robinia bedragen.

Bij de meeste soorten dienden kleine reparaties uitgevoerd te worden aan spoelgaten, maar dit leidde niet tot hoge kosten. Echter alleen bij Es bleek dit neerzetten/vullen van spoelgaten hogere kosten met zich mee te brengen (zie Tabel 8). Aangenomen wordt dat het voorkomen van spoelgaten niet soortafhankelijk is, maar door omstandigheden bij dammen van de ene houtsoort meer voorkomt dan bij de andere houtsoort. Daarom zijn niet de werkelijk gemaakte kosten per houtsoort voor deze reparaties doorgerekend. In plaats daarvan zijn voor iedere houtsoort de gemiddelde kosten van de reparaties van alle dammen gerekend; f35 per vier jaar.

Tabel 8. Kosten voor reparatie aan spoelgaten gedurende de proefperiode van vier jaar.

Houtsoort	Kosten spoelgaten
Fijnspar	4
Douglas	6
Es	201
Robinia	0
Vogelkers	31
Inl.Eik	0
Am.Eik	7
Tamme Kastanje	29
Gemiddeld	35

Tussentijds bijvullen was bij de meeste dammen niet nodig. Een uitzondering hierop vormen twee van de drie damstukken van Es, die in 1998 bijgevuld dienden te worden. Daarnaast diende een klein stuk (7 meter) dam van Tamme kastanje bijgevuld te worden

Tijdens de proef zij geen werkzaamheden uitgevoerd aan de palen. De kosten die hier zijn opgenomen kunnen gezien worden als afschrijving van de palen en zijn voor iedere dam gelijk.

De kosten voor eindvulling verschillen sterk tussen de dammen doordat de dammen aan het eind van de proef in zeer verschillende mate waren ingezakt. Deze kosten zijn bijvoorbeeld bij Robinia ruim twee maal zo hoog als bij Amerikaanse eik, wat een verschil veroorzaakt van ruim f600/100m/jaar. Met name bij Robinia, maar ook bij waren de dammen sterk gezakt, wat grote kosten met zich meebrengt.

Kosten voor eindvulling worden bepaald door:

- de kosten per volume per houtsoort;
- het volume per bos;
- de mate van het inzakken van de dam.

De kosten voor het verwijderen en aanbrengen van draad en de kosten voor het aanbrengen per bos zijn voor alle houtsoorten gelijk gesteld en hebben dus geen invloed gehad. In de praktijk zouden de kosten voor het aanbrengen van de bossen wel invloed kunnen hebben doordat kleinere bossen sneller aangebracht kunnen

worden dan grotere. Hiermee is in deze studie geen rekening gehouden omdat niet bekend is hoe groot de invloed van de bosgrootte op het werktempo is.

In Tabel 9 is weergegeven hoe de verschillen in kosten voor eindvulling zijn ontstaan. Uiteraard is de mate waarin de dammen zijn ingezakt van grote invloed. Maar daarnaast is het volume per bos van belang doordat dit de kosten per volume bij aanschaf als de kosten beïnvloed. Verder worden de kosten voor het aanbrengen van de bossen groter naarmate de bossen kleiner zijn, doordat meer bossen verwerkt moeten worden. Bij Amerikaanse vogelkers en Es blijven de kosten voor eindvulling, ondanks dat de dammen veel gezakt waren, beperkt door het relatief grote volume van de bossen. De dammen van Douglas zijn het minst gezakt, maar door het relatief hoge kosten per volume zijn de kosten voor eindvulling toch hoger dan die van Amerikaanse eik.

Tabel 9. Kosten voor eindvulling. Verschillen in kosten tussen de houtsoorten worden veroorzaakt door de aanschafprijs per bos, het volume per bos (zie Tabel 7), de prijs per volume dat daaruit volgt, en de mate waarin de dammen opgevuld dienen te worden. De kosten voor het verwijderen en aanbrengen van draad.

Houtsoort	kosten/bos, in <i>f</i> (1993)	aanschafprijs per m ³ , in <i>f</i>	kosten aanbrengen per m ³ , in <i>f</i>	hoogte vulling, in m	kosten vullen, in <i>f</i> /m (1993)
Fijnspar	4,90	114	127	0,26	25,88
Douglas	4,90	138	153	0,19	23,99
Es	5,90	103	95	0,30	25,33
Robinia	5,90	160	147	0,40	47,33
Am. Vogelkers	4,90	87	96	0,34	26,26
Inlandse Eik	5,90	163	150	0,27	33,59
Amerikaanse Eik	5,90	132	121	0,21	22,70
Tamme Kastanje	5,90	136	126	0,29	30,81
Gemiddeld		129	127	0,28	29,49

Het blijkt dat de eindvulling over het algemeen voor het grootste deel bepalend is voor de totale onderhoudskosten, namelijk gemiddeld 80 % van deze kosten exclusief de overige kosten (overhead). Daarnaast worden de kosten voor 9 % gemaakt voor het neerzetten van de draad, 5 % voor het tussentijds vullen en 5 % voor palen. De kosten voor het repareren van spoelgaten bepalen slechts voor 1% de totale kosten.

In Tabel 10 zijn de kosten weergegeven voor het prijsniveau 1993. Door Hekhuis en de Vries werd aangegeven dat de reguliere onderhoudskosten van dammen van Eik en Es *f*1260 per 100 m per jaar bedragen. De kosten voor onderhoud van de dammen met essen- en eikenhout in de praktijkproef zijn respectievelijk 6 % hoger en 8 % lager dan deze kosten, maar gemiddeld komt het goed overeen.

Tabel 10. Kosten voor onderhoud aan rijshoutdammen bij gebruik van verschillende houtsoorten gedurende vier jaar. Kosten in guldens per 100 meter. Prijsniveau 1993.

Kostenpost	Fijnspar	Douglas	Es	Robinia	Am. Vogelkers	Inlandse Eik	Am. Eik	Tamme Kastanje
Neerzetten	298	298	372	402	398	298	197	303
Tussentijds vullen	0	0	1287	0	0	0	0	322
Neerzetten/vullen spoelgaten	35	35	35	35	35	35	35	35
Palen	192	192	192	192	192	192	192	192
Eindvulling	2588	2399	2533	4733	2626	3359	2270	3081
Overig	616	579	917	1065	649	770	533	785
Totaal per 100 m	3730	3503	5335	6426	3899	4653	3226	4717
Totaal per 100 m per jaar	932	876	1334	1607	975	1163	806	1179

In Tabel 11 zijn de relatieve verschillen in kosten weergegeven tussen de regulier beheerde dammen en de dammen in dit onderzoek. De kosten van het onderhoud van de dammen van Amerikaanse eik blijken 36 % lager dan de door Hekhuis en de Vries aangegeven f1260 per 100 m per jaar voor reguliere onderhoud in 1993. Dit komt dicht in de buurt van het meest gunstige scenario dat door Hekhuis en de Vries werd berekend. Douglas, Fijnspar en Amerikaanse vogelkers laten ook zeer gunstige resultaten zien, namelijk besparingen van respectievelijk 31 %, 26 % en 23 %. Voor een aantal soorten zijn de verschillen klein. Daarnaast blijkt dat de dammen van Robinia aanzienlijk duurder zijn dan het huidige beheer waardoor deze soort ongeschikt blijkt.

Tabel 11. Procentueel verschil in onderhoudskosten tussen de gemiddelde onderhoudskosten van de proefdammen in dit onderzoek en de gemiddelde onderhoudskosten volgens Hekhuis en de Vries (1994).

Houtsoort	Besparing
Fijnspar	-26%
Douglas	-31%
Es	+6%
Robinia	+28%
Vogelkers	-23%
Inl.Eik	-8%
Am.Eik	-36%
Tamme Kastanje	-6%

4.4.2 Kosten bij prijsniveau 2000

In Tabel 12 zijn de kosten voor het onderhoud van de dammen voor het prijsniveau 2000 weergegeven, uitgaande van een stijging van de prijzen voor arbeid en materiaal van twee procent per jaar: een stijging van bijna 15% totaal. De stijging heeft uiteraard geen invloed op de relatieve verschillen in kosten tussen de dammen.

Tabel 12 Kosten voor onderhoud aan rijshoutdammen bij gebruik van verschillende houtsoorten gedurende vier jaar. Kosten in guldens per 100 meter. Prijsniveau 2000.

Kostenpost	Fijnspar	Douglas	Es	Robinia	Am. Vogelkers	Inlandse Eik	Am. Eik	Tamme Kastanje
Neerzetten	343	343	427	462	457	343	226	348
Tussentijds vullen	0	0	1478	0	0	0	0	369
Neerzetten/vullen spoelgaten	40	40	40	40	40	40	40	40
Palen	220	220	220	220	220	220	220	220
Eindvulling	2973	2756	2910	5436	3016	3858	2607	3540
Overig	708	665	1053	1224	746	884	612	902
Totaal per 100 m	4284	4024	6128	7382	4479	5345	3705	5419
Totaal per 100 m per jaar	1071	1006	1532	1845	1120	1336	926	1355

4.5 Conclusie

De onderhoudskosten van de verschillende dammen lopen sterk uiteen. Dit wordt voor het grootste deel veroorzaakt door verschillen in de kosten voor het bijvullen. Dammen van Amerikaanse eik, Douglas, fijnspar en Amerikaanse vogelkers blijken het goedkoopst in onderhoud.

De kosten voor dammen van Robinia bleken het hoogst. Dit wordt veroorzaakt doordat de dammen van Robinia sterk ingezakt waren aan het einde van de proef, wat hoge kosten voor eindvulling met zich mee bracht. Daarnaast blijkt ook Es duur, mede doordat tussentijds bijgevuld diende te worden (minder duurzaam). Verder waren de kosten voor het neerzetten/vullen van spoelgaten bij Es hoog in vergelijking met de andere soorten, maar dit heeft slechts een klein effect op de totale kosten.



Figuur 12. Amerikaanse eik strak onder de draad.

5 Conclusies

Voor het vergaan van het rijshout in de dammen zijn in hoofdzaak twee processen verantwoordelijk:

- door schimmelaantasting wordt het hout week en bros;
- door druk van het water en betreding (vooral bij het neerzetten van het rijshout) breken vervolgens de takken en spoelen deze uit.

Voor deze toepassing zijn daarom houtsoorten duurzaam die weinig tot geen last hebben van schimmelaantasting en die sterk zijn (door een hoge dichtheid van het hout). Behalve de houtsoort bepaalt ook de diameter van de tak de sterkte van het hout. In de al bestaande dammen kan dit laatste duidelijk worden geconstateerd. Er zijn daarmee duidelijke aanwijzingen dat door het gebruik van duurzamere houtsoorten en/ of door een betere samenstelling van de bossen (minder dunne takken) er minder onderhoud in de zin van bijvullen en neerzetten noodzakelijk is (Hekhuis en de Vries, 1994).

Om dit onder praktijkomstandigheden te toetsen is door Hekhuis en de Vries in 1994 voorgesteld een praktijkproef aan te leggen bij Noordpolderzijl in de provincie Groningen.

Een dergelijke proef is aangelegd in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Noord-Nederland. Hierbij is de duurzaamheid getoetst van acht houtsoorten, inclusief een aantal aanverwante zaken. Dit betreft de samenstelling en de verwerkbaarheid van de bossen; het opstellen van een kwantitatief criterium voor de diameterverdeling van de takken in de bossen; de hoeveelheid bossen die per houtsoort nodig zijn om de dammen te vullen; het monitoren van het toenemende hoogteverschil tussen de kop van de palen en de vulling van de dam door het geleidelijk inzakken van deze vulling en het opstellen van een beslissingcriterium wanneer neerzetten en/ of bijvullen van de dam noodzakelijk is

Bij de eerste keuring zijn de bossen van een aantal houtsoorten afgekeurd, namelijk van Fijnspar, Inlandse eik, Tamme Kastanje en Robinia. Bij de tweede keuring werden alle bossen voldoende bevonden in de zin van representatief voor de soort (de haalbare kwaliteit). De kwaliteit van de verschillende bossen is, voor de interpretatie van de resultaten van de praktijkproef, beoordeeld op drie punten:

- de diameter (takdikte) verdeling binnen de bossen;
- de compactheid van de bos;
- vorm van de bossen (rechtheid).

De bossen met Tamme Kastanje, Robinia, Es en Amerikaanse eik waren recht en compact. De bossen met Amerikaanse vogelkers en Inlandse eik waren weinig compact. De Fijnsparbossen hebben als nadeel dat ze krom zijn, maar deze hebben wel een goede diameterverdeling. De Douglasbossen bevatten een klein aantal relatief dikke stammen. De bossen van Amerikaanse vogelkers, Inlandse eik en Douglas waren jammer genoeg niet vers meer.

In zijn totaliteit werden de bossen van:

- Tamme kastanje, Es, Robinia en Amerikaanse eik als zeer goed beoordeeld;
- Douglas, Fijnspar en Inlandse eik als voldoende beoordeeld;
- Amerikaanse vogelkers als twijfelachtig beoordeeld.

Ten aanzien van de verwerkbaarheid en de hanteerbaarheid van de bossen bleken Es, Amerikaanse eik, Robinia en Tamme kastanje goed te verwerken en goed te gebruiken als vulmateriaal vanwege de prima bossen: recht, lang en niet te zwaar. Fijnspar en Douglas gaven problemen door de loszittende naalden, die bovendien door schimmelvorming glibberig werden en stonken. In de aanbevelingen van Hekhuis en de Vries werd reeds in 1994 aanbevolen de takken voor het opbossen enige tijd te laten drogen, zodat de naalden dan door uitdroging van de takken konden vallen. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de dammen niet nog eens extra inklinken vanwege het naaldverlies na aanleg. Inlandse eik en Amerikaanse vogelkers waren beide minder goed te verwerken.

Voor de samenhang van de bossen is het van belang dat de bossen een gemengde samenstelling qua diameter van takken hebben. Dit betekent dat maar een beperkt deel van de takken 4-6 cm dik mogen zijn. Ook mogen er niet teveel dunne takken (twijgen) inzitten. De bossen zijn echter een natuurproduct en daardoor wisselend van samenstelling. Een maat moet daarom gebaseerd zijn op het (relatieve) aandeel takken dunner dan 2 cm. De totaalsom van de diameters (som van alle diameters in een bepaalde klasse) is een goede maat voor het aandeel. In onderling overleg zijn bossen ingedeeld in goede bossen, "grensgeval" bossen en slechte bossen. Van deze bossen is de totaalsom van de diameters onder en boven de 2 cm bepaald.

Het criterium "totaal van de diameters van de takken dikker dan (en gelijk aan) 2 cm moet meer dan 50% van de totaalsom van de diameters zijn" blijkt een goede schatter te zijn voor de kwaliteit van de diameterverdeling van de takken binnen een bos.

Na de eerste keer bijvullen was de totale hoeveelheid bossen per boomsoort in de dam bekend. Door deze hoeveelheid te delen door de inhoud van de dam kon het gemiddeld aantal bossen per m³ worden bepaald. Er blijkt een fors verschil te bestaan tussen de soorten, waarbij drie groepen zijn te onderscheiden:

- 17-18 bossen per m³: Es en Amerikaanse vogelkers
- 22-23 bossen per m³: Amerikaanse eik, Tamme kastanje en Fijnspar
- 27-28 bossen per m³: Inlandse eik, Robinia, Douglas

Ook tussen de herhalingen zijn nogal forse verschillen aanwezig bij dezelfde boomsoort, zie bijvoorbeeld Inlandse eik en Douglas.

Het monitoren leverde de verschuiving in hoogteverschil tussen de kop van de paal en de vulling van de dam in de loop van de jaren op. Dit bepaald op welk moment de diverse onderhoudswerkzaamheden nodig waren. Tevens leverde dit de informatie betreffende de duurzaamheid van de verschillende houtsoorten op. In de bijlagen zijn deze hoogteverschillen weergegeven als tabellen. Eveneens zijn in deze tabellen een aantal bijzonderheden m.b.t. de benodigde werkzaamheden opgenomen.

Als beslissingscriterium voor het neerzetten wordt de afstand tussen de draad en de bovenkant van de bossen gehanteerd (bij het met beide handen stevig vastdrukken van de bossen). In eerste instantie werd ervan uitgegaan dat bij 5-10 cm ruimte (maximaal 10 cm) neergezet moest worden. Als de dam meer dan 20 cm is ingeklonken (gemeten t.o.v. paalkop) dient er te worden bijgevuld. Bijvullen gebeurt altijd tot op ± 10 cm van de paalkop. Dit betekent dat wordt bijgevuld als de gemiddeld damhoogte (in het midden gemeten op 3 plaatsen per herhaling) onder de 30 cm gemeten t.o.v. de paalkop is gezakt. Deze criteria zijn gedurende de looptijd van de proef onder praktijkomstandigheden toegepast. Dit blijkt uitstekend te werken in de praktijk.



Figuur 13. Takken van oude bomen van Fijnspar zijn hard en blijken duurzaam in het gebruik als vulling van rijshoutdammen.

In verband met de uiteindelijke keuze met welke houtsoort(en) de dammen in het vervolg aangelegd zullen gaan worden zijn alle kosten per houtsoort berekend voor de aanleg van de dammen, het neerzetten van de draad, de reparatie van spoelgaten en het bijvullen van de damstukken. Dit laatste is tevens berekend voor de fictieve eindvulling. Gebleken is, dat de mate waarin de dammen waren ingezakt van grote invloed zijn op deze kosten, maar dat daarnaast de kostprijs (per m³ hout) van belang is. Daardoor bleven bij Amerikaanse vogelkers en Es deze kosten voor eindvulling beperkt, ondanks dat de dammen veel gezakt waren. De dammen van Douglas waren het minst gezakt, maar door de relatief hoge aanschafprijs (per m³) zijn de kosten voor eindvulling toch hoger dan die van Amerikaanse eik.

Het blijkt dat de kosten voor het onderhoud van de rijshoutdammen afhankelijk van de gebruikte houtsoort aanzienlijk kunnen variëren, namelijk van ruim f900 tot ca. f1850 per 100 meter per jaar bij het prijsniveau van 2000. Amerikaanse eik blijkt het goedkoopst in onderhoud, namelijk f926/100/jr. Maar ook bij Douglas, Fijnspar en Amerikaanse vogelkers blijken de kosten voor onderhoud relatief laag. Met name Robinia blijkt zeer duur met f 1845/100m/jr. Es blijkt daarnaast ook duur mede doordat tussentijds bijgevoerd diende te worden. Daarmee blijkt Es dus tevens ook minder duurzaam te zijn. Tamme kastanje en Inlandse eik nemen wat kosten betreft met ca. f 1350,=/100m/jr een tussenpositie in.

Bij een vergelijking van de kosten van het onderhoud van regulier beheerde dammen en de dammen in dit onderzoek blijken Amerikaanse eik met 36%, Douglas met 31%, Fijnspar met 26% en Amerikaanse vogelkers met 23% aanzienlijk goedkoper in het beheer te zijn. Voor Tamme kastanje, Inlandse eik en Es zijn de verschillen klein, terwijl de dammen van Robinia met 28% hogere kosten aanzienlijk duurder zijn dan de huidige dammen. Een voorzichtige conclusie zou kunnen zijn dat de kosten van het onderhouden van de rijshoutdammen langs de Friese en Groningse kust met ongeveer 30% besparing zou kunnen plaatsvinden uitsluitend door te kiezen voor andere houtsoorten in deze dammen.



Figuur 14. Bovenaanzicht van een rijshoutdam gevuld met Amerikaanse eik.

6 Aanbevelingen

Op basis van de resultaten die verkregen zijn uit de in 1994 aangelegde praktijkproef met de rijshoutdammen en de conclusies die daar vervolgens uit getrokken konden worden wordt de aanbeveling gedaan de huidige dammen te onderhouden en de nieuwe dammen aan te leggen met voor een deel andere houtsoorten dan totnogtoe gebruikelijk was. Dit kan een behoorlijke kostenbesparing opleveren.

Omdat het niet verstandig lijkt de werkzaamheden aan de rijshoutdammen in het vervolg uit te voeren met slechts één houtsoort wordt in dit rapport de aanbeveling gedaan hiervoor door elkaar de drie (en eventueel vier) uit deze proef goedkoopst gebleken houtsoorten te gebruiken. Deze zijn (qua onderhoudskosten) in oplopende volgorde: **Amerikaanse eik, Douglas (verjonging), Fijnspar (takken van oude bomen) en eventueel Amerikaanse vogelkers**. Een bijkomend voordeel van de keuze van drie of vier houtsoorten is, dat de beschikbaarheid, of liever gezegd de tijdelijke schaarste, van één houtsoort geen onoverkomelijk bezwaar meer hoeft te betekenen. Ook qua prijsvorming kan op deze wijze beter op de markt ingespeeld worden; aannemers kunnen bij een keuze aan verschillende houtsoorten in de praktijk altijd aan de behoefte voldoen. Doordat de vier houtsoorten in feite alle een andere oorsprong hebben in het (Nederlandse) bos, zal ook dit een voordeel blijken:

- Amerikaanse eik wordt geteeld als hakhout en is tot op zekere hoogte altijd beschikbaar in zekere hoeveelheden;
- Douglas kan gekapt worden als ongewenste natuurlijke verjonging en daardoor vrij komen op de markt en het kan er eventueel speciaal voor gekapt worden als vooropbrengst van een verjongingsperceel;
- Fijnspar komt als takhout vrij bij elke dunning of eindkap van een Fijnsparopstand en is in feite een relatief goedkoop bijproduct. Uit oogpunt van duurzaamheid hebben takken van (oude) Fijnsparbomen sterk de voorkeur boven jong hout dat vrij komt bij dunningen;
- Amerikaanse vogelkers tenslotte is een ongewenste plant en wordt in feite in veel gevallen bestreden door ze te kappen, dus deze soort is daarmee net als Fijnspar een relatief goedkoop bijproduct.

Met betrekking tot de Douglas bossen wordt verder aanbevolen deze iets dikker te maken dan de bossen zoals deze in de praktijkproef zijn gebruikt. Er zullen dan minder bossen nodig zijn om de dammen te vullen en op die wijze wordt het gebruik van Douglas nog goedkoper. Uit de resultaten van de proef was reeds gebleken, dat de Douglas bossen (afgezien van de naalden) goed te verwerken zijn qua gewicht en vorm.

Vrij snel (ca. 1 jaar) na het aanbrengen van Douglas en Fijnspar moet worden gerekend op het vastzetten van de houtvulling door het neerzetten van de draad. Door naaldverlies gaat de dichtheid aanvankelijk behoorlijk snel achteruit, maar is daarna lang stabiel.

Vanwege de opvallend hoge kosten van Robinia vervalt deze soort als te gebruiken vulhout.



Figuur 15. Robinia als vulling voor de rijshoutdammen blijkt een dure oplossing.

Door de tamelijk hoge kosten van Inlandse eik, Es en Tamme kastanje wordt in dit rapport afgeraden verder nog met deze soorten te werken.

Deze soorten kunnen in de naaste toekomst nog wel eens gebruikt worden als andere soorten niet direct voorradig blijken te zijn.

Naast de houtsoort is tevens de dikte van de takken van groot belang voor de duurzaamheid. Het criterium "totaal van de diameters van de takken dikker dan (en gelijk aan) 2 cm moet meer dan 50% van de totaalsom van de diameters zijn" is een schatting voor een goede kwaliteit van de diameterverdeling van de takken binnen een bos.

Het monitoren van de praktijkproef is enerzijds van belang gebleken voor een goede interpretatie van de resultaten (procesbeschrijving), anderzijds om objectief te bepalen wanneer maatregelen als bijvullen en neerzetten nodig zijn. Deze praktijkproef is meteen een goede aanzet geweest voor de implementatie en acceptatie in de praktijk van een aantal duurzamere houtsoorten. Aanbevolen wordt om op beperkte schaal het monitoren voort te zetten aan de dammen in deze praktijkproef. Het lijkt niet noodzakelijk dit nog te doen voor de duurdere houtsoorten, maar voor Amerikaanse eik, Douglas en Fijnspar kan het nog meer informatie opleveren als deze soorten nog enige jaren gevolgd zouden worden.

7 Referenties

Hekhuis, H.J. & S.M.G. de Vries, 1994. Duurzaam rijshout voor de kwelderwerken; onderzoek naar een goedkoper onderhoud van de rijshoutdammen in de Waddenzee. IBN-rapport 056. 49 p.

Hettema, A.M.H. en R.E.A.M. Boeters, 1992. Alternatieve constructies voor de kwelderdammen langs de Groningse kust. Delft, Dienst Weg- en Waterbouwkunde Rijkswaterstaat. 20 p.

Rijkswaterstaat, 1989. Nota Gran 1989-2017. Rijkswaterstaat Directie Groningen.

Staatsbosbeheer, 1993. Normenboek Staatsbosbeheer 1993: normen voor uitvoering van werkzaamheden in bosbouw, natuurbeheer en landschapsverzorging. Driebergen, Staatsbosbeheer, 130 p.

Staatsbosbeheer, 1998. Normenboek Staatsbosbeheer 1998-1999: normen voor uitvoering van werkzaamheden in bosbouw, natuurbeheer en landschapsverzorging. Driebergen, Staatsbosbeheer, 138 p.

Aanhangsel 1 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1996

Gemiddeld hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken (gebaseerd op het gemiddelde van drie willekeurige metingen per damstuk). Hierbij zijn de drie metingen in 1996 vergeleken met de uitgangssituatie op 8-12-1995. Tevens zijn de voorgestelde maatregelen aangegeven.

Houtsoort	Dam	8-12-95	7-06-96	3-9-96	9-12-96	Maatregelen 1996
Fijnspar	440 West	3,5	4,8	6,7	5,0	tweezijdig neerzetten
	445 Oost	7,5	15,7	15,2	17,5	tweezijdig neerzetten
	450 West	13,2	15,3	11,3	19,5	tweezijdig neerzetten
Douglas	441 Oost	8,3	14,5	13,7	15,0	tweezijdig neerzetten
	445 West	10,8	13,2	9,5	13,0	tweezijdig neerzetten
	450 Oost	10,3	19,8	15,3	13,0	tweezijdig neerzetten
Es	443 West	2,7	0,3	1,3	0	neerzetten en 9m bijvullen door spoelgat
	447 West	0,7	2,3	0,8	+0,5	
	448 West	13,5	14,7	13,7	15,0	
Robinia	440 Oost	3,7	2,8	2,5	11,5	tweezijdig neerzetten
	446 West	8,3	8,7	8,0	11,0	tweezijdig neerzetten
	448 Oost	17,5	21,0	18,7	19,0	
Vogelkers	441 West	9,8	6,7	7,0	5,5	tweezijdig neerzetten
	447 Oost	5,0	6,7	4,0	2,0	neerz. en 5m bijvullen door spoelgat
	451 West	4,5	6,2	3,8	3,5	
Inlandse eik	442 West	1,8	2,5	+0,2	4,0	tweezijdig neerzetten
	446 Oost	3,2	4,5	3,8	4,0	
	449 Oost	2,7	3,8	5,7	7,0	
Amerikaanse eik	443 Oost	1,5	3,0	3,8	0	
	444 West	6,3	8,0	5,2	6,0	
	451 Oost	8,7	9,7	4,4	5,5	
Tamme kastanje	442 Oost	4,3	4,8	4,7	6,0	neerz. en 10m bijvul. door spoelgat
	444 Oost	+6,3	1,0	+4,7	+4,5	neerzetten en 7m bijvullen door spoelgat
	449 West	3,5	4,8	0,6	11,0	

Er is een cunet gegraven aan de westzijde tot en met dam 446.

Aanhangsel 2 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1997

Gemiddeld hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken (gebaseerd op het gemiddelde van drie willekeurige metingen per damstuk). Hierbij zijn de drie metingen in 1997 vergeleken met de uitgangssituatie op 8-12-1995. Tevens zijn de voorgestelde maatregelen aangegeven.

(bijvullen is niet opgenomen, aangezien dit nog niet aan de orde was).

Houtsoort	Dam	8-12-95	20-6-97	26-9-97	10-12-97	Maatregelen 1997
Fijnspar	440 West	3,5	15,0	17,5	20,7	
	445 Oost	7,5	25,0	30,0	27,5	
	450 West	13,2	27,7	28,8	28,0	
Douglas	441 Oost	8,3	23,8	26,0	20,5	
	445 West	10,8	23,3	23,7	23,7	
	450 Oost	10,3	24,2	26,3	19,3	
Es	443 West	2,7	3,3	6,2	18,8	neerzetten (sept.)
	447 West	0,7	4,2	14,3	40,8	neerzetten (sept.)
	448 West	13,5	29,3	41,0	35,5	neerzetten (juni) (dec.)
Robinia	440 Oost	3,7	20,7	17,2	21,0	
	446 West	8,3	20,2	22,2	22,2	
	448 Oost	17,5	22,8	41,7	43,2	neerzetten (juni) (dec.)
Vogelkers	441 West	9,8	18,7	17,7	25,5	
	447 Oost	5,0	3,0	5,5	18,0	neerzetten (sept.)
	451 West	4,5	3,8	8,0	21,2	neerzetten (sept.)
Inlandse eik	442 West	1,8	1,2	5,3	16,2	neerzetten (sept.)
	446 Oost	3,2	13,7	14,7	16,2	
	449 Oost	2,7	10,0	11,8	12,0	
Amerikaanse eik	443 Oost	1,5	0,5	2,5	3,5	
	444 West	6,3	5,7	5,7	18,3	
	451 Oost	8,7	6,0	8,5	17,5	neerzetten (sept.)
Tamme kastanje	442 Oost	4,3	9,7	11,0	20,7	neerzetten (sept.)
	444 Oost	+6,3	+2,5	0,3	17,8	neerzetten (sept.)
	449 West	3,5	12,2	21,5	27,3	10m neerzetten bij spoelgat (sept.)

Aanhangsel 3 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1998

Gemiddeld hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken (gebaseerd op het gemiddelde van drie willekeurige metingen per damstuk). Hierbij zijn de drie metingen in 1998 vergeleken met de Ausgangssituatie op 8-12-1995. Tevens zijn de voorgestelde maatregelen aangegeven.

Houtsoort	Dam	8-12-95	6-4-98	8-10-98	10-2-99	Maatregelen 1998
Fijnspar	440 West	3,5	17,0	18,8	22,0	Geen werkzaamheden verricht
	445 Oost	7,5	30,1	29,7	31,3	Idem
	450 West	13,2	30,0	33,5	30,3	Idem
Douglas	441 Oost	8,3	21,5	25,5	25,5	Idem
	445 West	10,8	25,3	27,3	23,8	Idem
	450 Oost	10,3	22,5	26,0	32,0	Idem
Es	443 West	2,7	21,3	29,2	28,3	22m 2 kanten neergezet; rest 1
	447 West	0,7	46,5	24,7	27,8	bijgevuld
	448 West	13,5	47,8	25,8	24,8	idem
Robinia	440 Oost	3,7	22,0	29,3	33,8	18m 2 kanten neergezet; rest 1
	446 West	8,3	21,1	38,5	35,8	50m. 2 kanten neergezet
	448 Oost	17,5	48,5	66,3	68,7	2 kanten neergezet
Vogelkers	441 West	9,8	18,1	26,0	24,7	10m 2 kanten neergezet; rest 1
	447 Oost	5,0	15,1	26,2	30,3	2 kanten neergezet
	451 West	4,5	26,0	36,5	23,7	21m 2 kanten neergezet; rest 1
Inlandse eik	442 West	1,8	14,8	22,2	20,0	1 kant neergezet
	446 Oost	3,2	15,1	24,2	21,5	2 kanten neergezet
	449 Oost	2,7	18,1	22,8	30,8	idem
Amerikaanse eik	443 Oost	1,5	5,0	20,8	19,3	Idem
	444 West	6,3	16,3	21,7	23,7	3m 2 kanten neergezet; rest 1
	451 Oost	8,7	20,0	21,2	30,0	18m 2 kanten neergezet; rest 1
Tamme kastanje	442 Oost	4,3	20,0	22,2	22,0	1 kant neergezet
	444 Oost	+6,3	13,1	22,3	21,3	idem
	449 West	3,5	28,3	42,3	41,3	2 kanten neergezet

Aanhangsel 4 Hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken, 1999

Gemiddeld hoogteverschil tussen vulling en dam voor de verschillende damstukken (gebaseerd op het gemiddelde van drie willekeurige metingen per damstuk). Hierbij zijn de drie metingen in 1999 vergeleken met de Ausgangssituatie op 8-12-1995. Tevens zijn de voorgestelde maatregelen aangegeven.

Houtsoort	Dam	8-12-95	24-6-99	23-9-99	18-1-'00	Maatregelen juni 1999
Fijnspar	440 West	3,5	26,8	26,3	27,8	Neergezet
	445 Oost	7,5	34,3	41,2	35,0	Neergezet 1 zijde
	450 West	13,2	41,7	41,3	42,7	Neergezet
Douglas	441 Oost	8,3	30,7	26,8	26,8	Neergezet
	445 West	10,8	30,3	30,3	27,8	Neergezet 1 zijde
	450 Oost	10,3	28,3	30,0	33,3	Neergezet
Es	443 West	2,7	29,0	29,7	35,5	Neergezet Neergezet **
	447 West	0,7	30,5	32,8	38,3	
	448 West	13,5	32,8	31,2	45,2	
Robinia	440 Oost	3,7	35,5	34,8	37,2	Neergezet **
	446 West	8,3	35,7	35,3	37,8	
	448 Oost	17,5	75,7	73,7	77,3	
Vogelkers	441 West	9,8	25,5	30,3	29,2	Neergezet
	447 Oost	5,0	39,5	45,3	42,5	Spoelgat neergezet
	451 West	4,5	29,5	44,3	49,2	Neergezet
Inlandse eik	442 West	1,8	20,0	20,7	22,2	Neergezet
	446 Oost	3,2	24,7	23,7	26,3	
	449 Oost	2,7	34,0	36,8	40,5	
Amerikaanse eik	443 Oost	1,5	18,2	16,7	17,8	Westkant neergezet **
	444 West	6,3	21,5	21,0	23,0	
	451 Oost	8,7	37,7	39,2	40,5	
Tamme kastanje	442 Oost	4,3	25,2	22,5	23,5	Westkant neergezet **
	444 Oost	+6,3	21,0	20,8	22,2	
	449 West	3,5	54,5	50,2	55,2	

** Op 18 januari 2000 is besloten dat deze damstukken moeten worden bijgevuld.