

# **Verdrinken de bomen?**

**Een onderzoek naar effecten van vernatting op de groei van bomen**

**M.A. Bouman**

**L.B. Stelwagen**

**E.A. de Vries**

**A.F.M. Olsthoom**

**Alterra-rapport 314**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001**

## REFERAAT

Bouman, M.A., L.B. Stelwagen, E.A. de Vries en A.F.M. Olsthoorn, 2001. *Verdrinken de bomen? Een onderzoek naar effecten van vernatting op de groei van bomen*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 314. 82 blz. 16 fig.; 8 tab.; 33 ref.

In het kader van de verdrogingsbestrijding worden steeds vaker vernattingsprojecten uitgevoerd. De effecten hiervan zijn in bossen niet altijd gewenst. Bij verhoging van de grondwaterstand treedt in de regel verstoring op. In dit onderzoek is door middel van jaarringanalyse gekeken wat de effecten van vernatting zijn. Hiervoor zijn meetreeksen van grondwaterbuizen gebruikt, van zowel voor als na de vernatting. De zomereik lijkt, in vergelijking met beuk en douglas, het minst gevoelig voor acute sterfte veroorzaakt door hoge grondwaterstanden. Herstel is echter problematisch aangezien secundaire aantastingen bij zomereik een grote rol kunnen spelen.

Het duidelijk formuleren van reële doelen en het inschatten van mogelijke gevolgen zijn van groot belang bij het succesvol toepassen van vernattingsingrepen.

Trefwoorden: eikenprachtkever, eikensterfte, grondwaterpeil, jaarringanalyse, jaarringdikte, vernatting, waterhuishouding

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 48,00 (€21,-) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 314. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 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
<i>Samenvatting</i>	7
1 Inleiding	9
2 Achtergronden	11
2.1 Beleid	11
2.2 Bomen en water	13
3 Materialen en methoden	19
3.1 Onderzoekslocaties	19
3.2 Werkwijze en gegevensverwerking veldlocaties	22
3.3 Werkwijze en gegevensverwerking hydrologisch proefveld Geestmerambacht	23
3.4 Interpretatie	24
3.5 Beperkingen	25
4 Resultaten	27
4.1 Veldlocaties	27
4.2 Hydrologisch proefveld Geestmerambacht	31
4.3 Vergelijking boomsoorten	41
5 Discussie	43
6 Conclusies en aanbevelingen	49
Literatuurlijst	53
Verklarende woordenlijst en afkortingen	57
<b><i>Bijlagen</i></b>	
I Gebiedsbeschrijving	59
II Resultaten veldlocaties	65
III Beheer	67
IV Plagen	69
V Effectieve neerslag	71
VI Peilbuisgegevens	73
VII Statistische bewerkingen	77



## Woord vooraf

Dit rapport is een verslag van onderzoek in drie veldlocaties met volwassen bos om het effect van vernatting op de groei en vitaliteit van bomen te bestuderen. Het is op enthousiaste wijze geheel uitgevoerd door studenten van Larenstein in een afstudeerproject en betekent dat er een extra rapport aan het Overlevingsplan Bos en Natuur (OBN) kan worden overlegd. In een tegelijk verschijnend rapport worden voor dezelfde drie veldlocaties de effecten van vernatting op het wortelstelsel gepubliceerd (Alterra rapport 276).

Het huidige rapport voegt met name toe wat de effecten zijn van fluctuaties in de grondwaterstand (voor en na de vernatting) op groei van de bomen. Ook voor het hydrologische proefveld Geestmerambacht worden deze effecten beschreven. Ondanks de ruis die altijd aanwezig is in jaarringanalysen en in grondwaterreeksen konden conclusies getrokken worden over het gedrag van een aantal belangrijke boomsoorten in een vernattende omgeving.

In de loop van 2001 wordt het onderzoek afgerond met wortelonderzoek in Geestmerambacht aan jonge bomen. In het eindrapport (2002) zullen de conclusies uit de deelrapporten worden gecombineerd om uitspraken te doen over de situaties met de meeste risico's voor bomen in vernattingsobjecten.

Ad Olsthoorn



## Samenvatting

In Nederland zijn grote gebieden verdroogd ten gevolge van grondwaterwinning, verbeterde ontwatering ten behoeve van de landbouw en ontginningen van productiebossen. De laatste jaren krijgt de verdrogingsproblematiek steeds meer aandacht. De overheid probeert het bestrijden van verdroging te stimuleren met behulp van ruimtelijk beleid. Vernatting wordt gezien als een mogelijkheid voor verdrogingsbestrijding. Vernatting in bossen wordt vaak ten behoeve van natuurontwikkeling uitgevoerd. De effecten hiervan op bomen zijn niet geheel duidelijk. Vernatting heeft invloed op de wortelgroei en vitaliteit van bomen. Dit is terug te zien in de jaarringdikte. In dit onderzoek is dit met behulp van jaarringanalyse onderzocht.

In het onderzoek zijn vier locaties opgenomen. Dit zijn Mensingebos (Drenthe), 't Leenderbos (Noord-Brabant), Boswachterij Gees (Drenthe) en hydrologisch proefveld Geestmerambacht (Noord-Holland). In de veldlocaties Mensingebos, 't Leenderbos en Boswachterij Gees is onderzoek verricht in volwassen opstanden van zomereik, beuk en douglas. De bomen zijn bemonsterd in drie groepen langs een hoogtegradiënt. In Geestmerambacht zijn jonge opstanden van ruwe berk, zomereik, gewone es en beuk onderzocht. Voor elke boomsoort zijn twee grondwaterregimes onderscheiden, licht en sterk vernat. Van alle opstanden zijn gegevens verzameld over de diktegroei. In Geestmerambacht is ook jaarlijks de hoogtegroei opgenomen.

Naast de vernatting zijn een aantal externe factoren van invloed op de groei. Bij de interpretatie is gebruik gemaakt van gegevens van beheer, plagen, effectieve neerslag en grondwaterstanden. Vervolgens is nagegaan of een duidelijk verschil in groei te constateren is tussen de periodes voor en na de vernatting. Hiervoor is in de statistische analyse onder andere de BACI-methode gebruikt. Bij bestudering van de gegevensreeksen en de grafieken zijn veranderingen te zien. In statistisch opzicht zijn deze veranderingen in vrijwel geen van de gemeten opstanden significant.

De bemonsterde volwassen bomen vertonen een verandering in diktegroei in de jaren volgend op de vernatting. In enkele opstanden van beuk, douglas en Japanse lariks zijn in de lager gelegen delen direct na de vernatting bomen doodgegaan. De zomereiken vertonen doorgaans een afname in diktegroei. De bemonsterde beuken reageren in tegenstelling tot de zomereik niet met een afname. De zomereik is kwetsbaar voor secundaire aantastingen (zoals eikenprachtkever), waardoor herstel moeilijker is.

De hooggelegen groepen vertonen grotere fluctuaties dan de lagere groepen. Mogelijk zijn de lager gelegen groepen beter gewend aan (tijdelijk) hoge grondwaterstanden. De gevolgen van vernatting worden versterkt wanneer dit plaats vindt in een nat jaar.

In de gegevens van het hydrologisch proefveld Geestmerambacht zijn geen duidelijke verschillen waar te nemen in de reactie tussen sterk en licht vernatte velden. Dit kan komen door het kleine verschil in bewortelbare ruimte na de vernatting. Alleen de hoogtegroeï van gewone es is significant veranderd. De invloed van een nat jaar na de vernatting is vooral in Geestmerambacht opvallend. Jonge bomen lijken flexibeler dan volwassen bomen. Ze reageren minder heftig en herstellen sneller.

Vervolgonderzoek op een later tijdstip kan meer inzicht geven in de herstelmogelijkheden op lange termijn van verschillende boomsoorten en leeftijdsklassen.

Vernatting kan uitgevoerd worden door de verhoging van de GHG of de GLG. Een GHG-verhoging resulteert in een verminderde afvoer in de winterperiode en hoge grondwaterstanden in het voorjaar. Een GLG-verhoging leidt tot een betere beschikbaarheid van capillair water in het groeiseizoen. De verhoging van de GHG kan lokaal worden gerealiseerd. Een GLG-verhoging is daarentegen door het regionale karakter moeilijker te realiseren.

Indien overwogen wordt om bossen te vernatten is het van belang te weten welke doelen worden nagestreefd. De risico's moeten goed worden ingeschat. Bij het verhogen van de GHG is het gevaar van bossterfte door aanhoudende hoge grondwaterstanden en secundaire aantastingen reëel. Om grote verstoring te beperken kan de vernatting het beste geleidelijk worden ingezet. Het gebruik van vernattingsmiddelen die gereguleerd kunnen worden wordt aanbevolen om piekbelasting af te vlakken.



# 1 Inleiding

Nederland kent veel landschappen en natuurgebieden waar de natuurwaarde door verdroging\* is verminderd. Deze verdroging is onder andere het gevolg van de ontwatering ten behoeve van de landbouw, de drinkwaterwinning en de ontginningen voor de productiebossen rond de jaren dertig. De negatieve verdrogingseffecten zijn op diverse terreintypen merkbaar. De achteruitgang van natuurwaarde in natuurgebieden en tegenwoordig ook verdroging van landbouwgronden in de zomer zijn hier voorbeelden van. De laatste jaren krijgt dit probleem steeds meer aandacht. De overheid heeft verscheidene plannen opgesteld om de negatieve effecten van verdroging te bestrijden. De hoeveelheid verdroogd oppervlak moet sterk afnemen. In deze plannen zijn als peildatum de jaren 2000 en 2010 vastgesteld. Het gestelde doel voor het jaar 2000 is echter niet bereikt (§ 2.1). Wel wordt hard gewerkt aan het behalen van de doelstelling getuige de vele vernattingsprojecten.

De oplossing voor de verdrogingsproblematiek is vernatting\*. Dit vernatten kan op verschillende manieren uitgevoerd worden (De Lange, 1995):

- Waterconservering: water zo lang mogelijk in het gebied vasthouden.
- Hydrologische isolatie: gebiedseigen water vasthouden en gebiedsvreemd water tegenhouden door middel van bijvoorbeeld bufferzones.
- Aanpassing van het peilbeheer door minder water af te voeren.
- Aanvoer van geschikt water: gebiedsvreemd water zodanig reinigen dat het in een gebied gelaten kan worden.
- Aanpassing van grondwateronttrekking: minder water onttrekken.

Vernatting in bossen wordt vaak uitgevoerd om de natuurwaarde van omliggende natuurgebieden te verbeteren. Bossen krijgen hierdoor een toegevoegde functie: waterhuishouding en het bergen van water tijdens natte perioden. Gezocht wordt naar een manier om de wensen over waterhuishouding in bossen te combineren met de al bestaande functies; productie, recreatie, natuur en landschap.

## ***Probleembeschrijving***

Sommige boom(soorten) reageren op verdroging door in eerste instantie een afname in groei te vertonen. Vervolgens herstellen de bomen zich door dieper te wortelen. De maatregelen die de verdroging moeten tegengaan, worden doorgaans in een korter tijdbestek uitgevoerd, dan de periode waarin de verdroging plaatsvond. Een te snelle stijging van de grondwaterspiegel kan negatieve effecten hebben op de groei en vitaliteit van bomen en kan zelfs tot sterfte leiden. Wanneer bij vernatting de grondwaterstand in korte tijd wordt verhoogd, kan een groot deel van de diepere wortels onder water komen te staan. Of de boom hier tijdelijke of permanente schade door oploopt en of de boom in staat is de wortelkluit aan de veranderde hydrologische situatie aan te passen is nog niet duidelijk.

Aan de hand van de probleembeschrijving zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

### ***Onderzoeksvragen***

Uit de onderzoeksresultaten wordt beoogd de volgende vragen te beantwoorden:

- Welke reacties van bomen op vernatting zijn waar te nemen in de diktegroei?
- Hoe reageren verschillende boomsoorten op vernattingsmaatregelen?
- Welk onderscheid is te maken in de reacties van bomen op hoge grondwaterstanden die in verschillende periodes van het jaar voorkomen (met betrekking tot de verandering van de GHG, GLG, en GVG)?
- Welke (periodieke) verhoging van de grondwaterstand is voor bomen aanvaardbaar?

De interpretatie van de resultaten is zoveel mogelijk gericht op het geven van praktische adviezen waarmee bij de planning van vernattingsmaatregelen rekening kan worden gehouden.

### ***Hoofdstukindeling***

Hoofdstuk 2 behandelt aspecten die bij vernatting een rol spelen. In hoofdstuk 3 zijn de gebruikte materialen beschreven en is de methoden van het onderzoek uiteengezet. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. De interpretatie wordt bediscussieerd in hoofdstuk 5 waarna in hoofdstuk 6 conclusies en aanbevelingen worden gedaan.

De \* in de tekst verwijzen naar de verklarende woordenlijst op bladzijde 59.

## **2 Achtergronden**

In het eerste deel van dit hoofdstuk wordt het beleid beschreven. Dit is onderverdeeld in rijksbeleid en provinciaal beleid. Het provinciaal beleid behandelt alleen het beleid van de provincies waarin de onderzoekslocaties liggen. In het tweede deel van dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de relatie tussen bomen en water. Dit is gebeurd aan de hand van de functionering van bomen, de karakteristieken van boomsoorten en de effecten van vernatting.

### **2.1 Beleid**

#### **2.1.1 Rijksbeleid**

Sinds 1985 wordt grootscheeps onderzoek verricht naar de vitaliteit van bossen in Nederland. Uit dat onderzoek bleek dat grote delen van het Nederlandse bos een zeer slechte vitaliteit vertoonden. De resultaten van dit onderzoek waren de aanleiding om een toekomstplan op te stellen voor het Nederlandse bos. In de plannen wordt 1985 steeds als referentiejaar gebruikt. Een van de oorzaken van de slechte vitaliteit is de verdroging. Inmiddels wordt geprobeerd de verdroging te bestrijden door middel van onder andere vernatting. In het 'Meerjarenplan Bosbouw' (Min. van LNV, 1986) wordt gesteld dat in 2000 de verdroging met 25% teruggebracht moet zijn ten opzichte van 1985.

In de '3<sup>e</sup> Nota waterhuishouding' (Min V&W, 1989) is de aanpak van verdroging een centraal onderwerp. In de evaluatie (1994) werd duidelijk dat de doelstelling voor 2000 niet gehaald werd. In het 'Bosbeleidsplan' (Min LNV, 1993) wordt hier wel naar gestreefd. De prioriteit wordt gelegd bij de bestrijding van de verdroging in en rondom de ecologische hoofdstructuur. Voor de verdrogingsbestrijding zijn subsidiegelden ter beschikking gesteld.

In de '4<sup>e</sup> Nota waterhuishouding' (Min. van V&W, 1998) is het beleid aangescherpt. Daarin wordt gestreefd om voor 2010 het verdroogd areaal te verminderen met 40% ten opzichte van 1985. Dit dient te gebeuren door de verdroging te bestijden in combinatie met bijvoorbeeld natuurherstelprojecten waarbij mogelijkheden zijn om de waterconservering te vergroten. Ook moet grondwaterwinning en industrieel grondwaterverbruik drastisch worden verminderd. Bovendien moeten gemeenten en provincies met het ruimtelijk beleid de verdrogingsbestrijding ondersteunen. Tot slot moet de verdrogingsbestrijding ook financieel worden ondersteund.

Een doel van het 'Nationaal Milieu Beleidsplan III' (de Boer e.a, 1998) is herstel en bescherming van natuur. In dit plan wordt gesteld dat de aanpak van de verdroging op regionaal niveau dient te geschieden om het beste resultaat te krijgen. Maatregelen om de verdroging te bestrijden moeten steun krijgen in het ruimtelijk beleid. Vernatting behoort tot de mogelijkheden. Provincies hebben een sturende en

coördinerende functie bij de aanpak van verdroging. Zij moeten zorgen voor een gebiedsgerichte en bredere benadering. Waterschappen, gemeenten en terreinbeheerders moeten het voortouw nemen. Het beleid beschreven in het 'Nationaal Milieu Beleidsplan III' sluit aan bij de '4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding'. De verwachting is dat in de periode 2010-2020 de verdroging is afgenomen met 30 tot 40%. De complexiteit van de projecten zal hierin het tempo bepalen.

Ook 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (Min. van LNV, 2000) sluit aan bij de '4<sup>e</sup> Nota Waterhuishouding'. In dit rapport is het streefbeeld voor de 21<sup>e</sup> eeuw vastgelegd. In het streefbeeld wordt gesteld dat de verdrogingsbestrijding vergoed is. Tevens moet meer water worden vastgehouden in de hogere delen van Nederland.

Tussen 1990 en 2000 waren er regelmatig problemen door hoge waterstanden. Naar aanleiding van deze problemen is 'Waterbeleid in de 21<sup>e</sup> eeuw' (Stumpe e.a, 2000) verschenen. Dit is een advies van de Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw. Deze commissie is in het leven geroepen door de Unie van Waterschappen en de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat. De commissie concludeert onder andere dat bij hoge waterstanden de afvoer en berging van water serieuze problemen geven. Zij geven het advies dat hierin veel geld moet worden geïnvesteerd.

De 'Planologische Kernbeslissing Nationaal Ruimtelijk Beleid' (PKB) is het concept voor de 5<sup>e</sup> Nota Ruimtelijke Ordening ([www.minvrom.nl](http://www.minvrom.nl)). Het geeft een idee in welke richting het toekomstig beleid zich zal ontwikkelen. De ideeën in de PKB zijn grotendeels overgenomen uit 'Waterbeleid in de 21<sup>e</sup> eeuw'. Er wordt echter minder aandacht besteed aan het creëren van draagvlak en er komen minder middelen beschikbaar dan is geadviseerd. In de PKB wordt voorgesteld een drietrapsstrategie te hanteren om wateroverlast te voorkomen. Deze drietrapsstrategie houdt in dat in eerste instantie maatregelen moeten worden genomen om het water beter vast te houden (stap1). Als dat niet lukt, dan moet in de tweede stap worden geprobeerd maatregelen te nemen om het water te bergen. Wanneer uiteindelijk beide stappen niet toereikend zijn, kan als laatste stap het water afgevoerd worden. Vernatting als maatregel ter bestrijding van verdroging en de drietrapsstrategie gaan goed samen; vernatting kan een oplossing bieden voor de eerste twee onderdelen van de drietrapsstrategie.

## **2.1.2 Provinciaal beleid**

In het rijksbeleid is een cruciale rol weggelegd voor de provincies. Het provinciaal beleid is vastgelegd in de Provinciale Omgevingsplannen (POP). De POP's vervangen het streekplan, het waterhuishoudingsplan en het milieubeleidsplan.

Zowel Mensingebos als boswachterij Gees liggen in Drenthe. Deze provincie streeft naar behoud en herstel van aanwezige natuurwaarden. De provincie Drenthe geeft bossen binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) een hoge prioriteit. De locaties Mensingebos en boswachterij Gees liggen beiden binnen de ecologische hoofd-

structuur. Vernatting als herstelmaatregel of anti-verdrogingsmaatregel past binnen het gestelde beleid. Het beleid ten aanzien van grondwaterkwaliteitsbeheer richt zich op het hebben en houden van een zo groot mogelijke voorraad grondwater van een goede kwaliteit. In het kader van dit uitgangspunt past zowel de vernatting van Mensingebos als van boswachterij Gees. Beide liggen in de hiervoor aangewezen delen van Drenthe. Om dit beleid te ondersteunen, geldt in Drenthe reeds een verordening waarin een verbod wordt opgelegd om grondwater te gebruiken voor beregening ten behoeve van de landbouw (Provinciale Staten Drenthe, 1999).

Voor 't Leenderbos is het Waterhuishoudingsplan 2 (Prov. Noord-Brabant, 1998) van de provincie Noord-Brabant van toepassing. Hierin stelt de provincie dat natuurontwikkeling alleen moet plaatsvinden op locaties waar dit op een goede en duurzame manier gerealiseerd kan worden. Er wordt gestreefd naar behoud, herstel en ontwikkeling van gezonde goed functionerende ecosystemen. Ook moeten de piekafvoeren verminderd worden. Door de provincie worden hiervoor aan 't Leenderbos weinig mogelijkheden toebedeeld. Voor het naastgelegen beekdal zijn daarentegen juist wel mogelijkheden te vinden. Door het streven naar aanpak op regionaal niveau, past de vernatting van 't Leenderbos binnen het gestelde beleid.

Het hydrologisch proefveld Geestmerambacht ligt in Noord-Holland. Samen met grondwateronttrekkers en -afnemers wordt door deze provincie geprobeerd de grondwaterwinning te verminderen. Overlast door de verminderde grondwaterwinning moet worden voorkomen. Een grondwaterpeilverhoging moet in overleg met betrokkenen worden bewerkstelligd. Voor dergelijke projecten is door de provincie geld gereserveerd. Eén van de projecten is de ontwikkeling van natte natuur gekoppeld aan meer waterberging in het beheersgebied van Groot-Geestmerambacht. In dit gebied wordt gestreefd naar een combinatie van watergebonden recreatie en natuur.

## **2.2 Bomen en water**

Voor dit onderzoek is het functioneren van bomen een belangrijk gegeven. Door de vernatting veranderen groeiplaatsomstandigheden die bepalend zijn voor de groei en ontwikkeling van een boom.

### **2.2.1 Functioneren van bomen**

#### ***Bouw van de wortel***

Het uiteinde van een boomwortel, het groeipunt, zorgt voor de lengtegroei. Hier vindt de celdeling plaats. Na de deling en de daarop volgende celstrekking vindt geen lengtegroei meer plaats. De buitenste cellagen die de celstrekking hebben ondergaan verkurken op den duur. Dit verkurkte deel, dat het grootste deel van de wortels beslaat, neemt water op door de aanwezige scheuren. Slechts een klein gedeelte van de wortels is verantwoordelijk voor opname van water én mineralen. Wortelgroei is van groot belang voor de opname van mineralen (Atsma e.a, 1999). Een wortel bevat

twee verschillende transportsystemen. Het houtvatensysteem voor transport van water en mineralen naar de kroon en het zeefvatensysteem voor transport van onder andere bouwstoffen naar de wortels (Atsma e.a, 1999). Deze stoffen worden gebruikt voor de groei van wortels. Voor het omzetten van de bouwstoffen in energie is zuurstof uit de bodem nodig.

### ***Functie van wortels***

Het wortelstelsel bestaat uit grove en fijne wortels. De grove wortels zijn voornamelijk van belang voor de verankering en opslag van reservestoffen. De fijne wortels hebben als functie water- en mineralenopname (Atsma e.a, 1999). Opname van water is een automatisch proces. Wanneer door verdamping de waterdruk in de boom lager wordt, wordt van buitenaf water opgenomen. De opname van mineralen is echter een actief proces waarvoor energie en zuurstof nodig zijn. De fijne wortels hebben gemiddeld een korte levensduur, een jaar of minder. Ze hebben voldoende zuurstof, water en voedingsstoffen nodig om te blijven functioneren. Wanneer een of meerdere hiervan ontbreken, zullen de fijne wortels afsterven. Indien de groeiomstandigheden elders wel gunstig zijn, zullen de afgestorven fijne wortels daar worden vervangen. Wortelgroei kan in het gehele groeiseizoen plaatsvinden, maar er is meestal een piek in het vroege voorjaar.

### ***Jaarringen***

De kroon en de wortels van een boom zijn van groot belang voor elkaar. De wortels zorgen voor de aanvoer van water en mineralen. Deze stoffen worden in onder andere de bladeren gebruikt bij de vorming van assimilaten. Daarnaast is water van invloed op de lengtegroei, de aanleg van knoppen, de productiviteit van het cambium en de lengtegroei, vertakkingen en diktegroei in de wortels (van Rees, 1997). De assimilaten die in de bladeren gevormd zijn, worden onder andere gebruikt als bouwstoffen voor de diktegroei van de boom. In het voorjaar begint het cambium met het vormen van voorjaarshout. Dit is te herkennen aan grote cellen met een dunne celwand. In het najaar wordt najaarshout gevormd, kleine cellen met een dikkere celwand. Deze jaarlijks terugkerende groeiing wordt jaarring genoemd.

Veranderingen in externe factoren die invloed hebben op het functioneren van een boom kunnen terug te zien zijn in de jaarringopbouw. Bij een verminderde wateropname neemt de groei af en worden de jaarringen kleiner. Als veel omstandigheden optimaal zijn resulteert dat in een bredere jaarring.

## **2.2.2 Karakteristieken van boomsoorten**

Boomsoorten stellen verschillende eisen aan de groeiplaatsomstandigheden. De reacties op veranderingen in de groeiplaatsomstandigheden kunnen daarom verschillen. Ook kan het natuurlijke groeiverloop van verschillende soorten variëren. Dit kan verschillen in reactie op veranderingen veroorzaken (tabel 1) (Voorhoeve e.a., 1988).

Tabel 1 karakteristieken per boomsoort

Boomsoort	Groei	Groeiplaats	Bewortelingsdiepte
Ruwe berk ( <i>Betula pendula</i> )	snelle jeugdgroei	arme droge zandgrond	oppervlakkige beworteling
Zomereik ( <i>Quercus robur</i> )	langzame jeugdgroei	vochtige leemhoudende grond; verdraagt hoog grondwater redelijk	diepgaand wortelstelsel, sterk aanpassend vermogen aan de bodem
Beuk ( <i>Fagus sylvatica</i> )	matig snelle groei	vochtige leemhoudende grond, kan niet tegen hoog grondwater;	veel oppervlakkige, enkele dieper gaande wortels
Gewone es ( <i>Fraxinus excelsior</i> )	snelle jeugdgroei, daarna vrij langzaam	vochtige en voedselrijke gronden; verdraagt hoog, stagnerend grondwater slecht	wanneer de bodem het toelaat diep wortelend
Douglas ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> )	snelle groei	vochtige leemhoudende zandgronden	aanvankelijk penwortel later ook dieper gaande hartwortels

### 2.2.3 Effecten van vernatting

De vochttoestand van een standplaats hangt sterk af van de grondwaterstand en de capillaire eigenschappen van de bodem. Bij een verhoging van de grondwaterstand kan het capillaire water verder stijgen. Dit kan een positieve invloed hebben op de groei van bomen. Aan de hand van de maximale stijging van het capillaire water en het grondwaterpeil is een onderscheid te maken in drie hydrologische profieltypen.

#### **Hangwaterprofiel**

Een droog hydrologisch profieltype waarbij gedurende het groeiseizoen geen capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de wortelzone plaatsvindt. De wortelzone wordt alleen gevoed door regenwater (figuur 1, profiel A). De wortelzone ligt het gehele jaar buiten het bereik van het grondwater en het capillaire water.

#### **Contactprofiel**

Een vochtig hydrologisch profieltype waarbij gedurende een deel van het groeiseizoen capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de wortelzone plaatsvindt (figuur 1, profiel B). Aan het begin van het groeiseizoen is het capillaire water nog bereikbaar voor de wortels. Naarmate het groeiseizoen vordert, zakt het grondwater verder weg totdat deze niet meer bereikbaar is voor de wortels.

#### **Grondwaterprofiel**

Een zeer vochtig tot nat hydrologisch profieltype waarbij gedurende het gehele groeiseizoen capillaire nalevering vanuit het grondwater naar de wortelzone van circa 2mm mogelijk is (figuur 1, profiel C). Het grondwater en/of het capillaire water ligt het gehele seizoen binnen de wortelzone.

Bij vernatting wordt het grondwaterpeil omhoog gebracht. Dit kan gebeuren door de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) of de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) te verhogen. Bij de verhoging van de GHG en de GLG stijgt ook de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Dit is de waterstand die bereikt wordt rond de periode waarin bomen actief worden (april). In deze periode moeten de wortels over voldoende zuurstof beschikken. Is de grondwaterstand te hoog, dan

is te weinig zuurstof beschikbaar. De wortels kunnen sterven waardoor de vitaliteit afneemt en de kans op windworp groter wordt. Daarnaast wordt de boom kwetsbaarder voor kwaadaardige schimmels en plagen. De vernatting kan ook nadelige gevolgen hebben voor de productiewaarde van de bomen. Het voordeel van het verhogen van de GVG is dat bomen in drogere gebieden in het voorjaar over meer water kunnen beschikken. Bij een vernatting is het van belang dat de GVG niet te hoog wordt zodat de groei van de boom niet belemmerd wordt (Van Beusekom, e.a., 1990; Remesal & Van der Hoek, 2000).

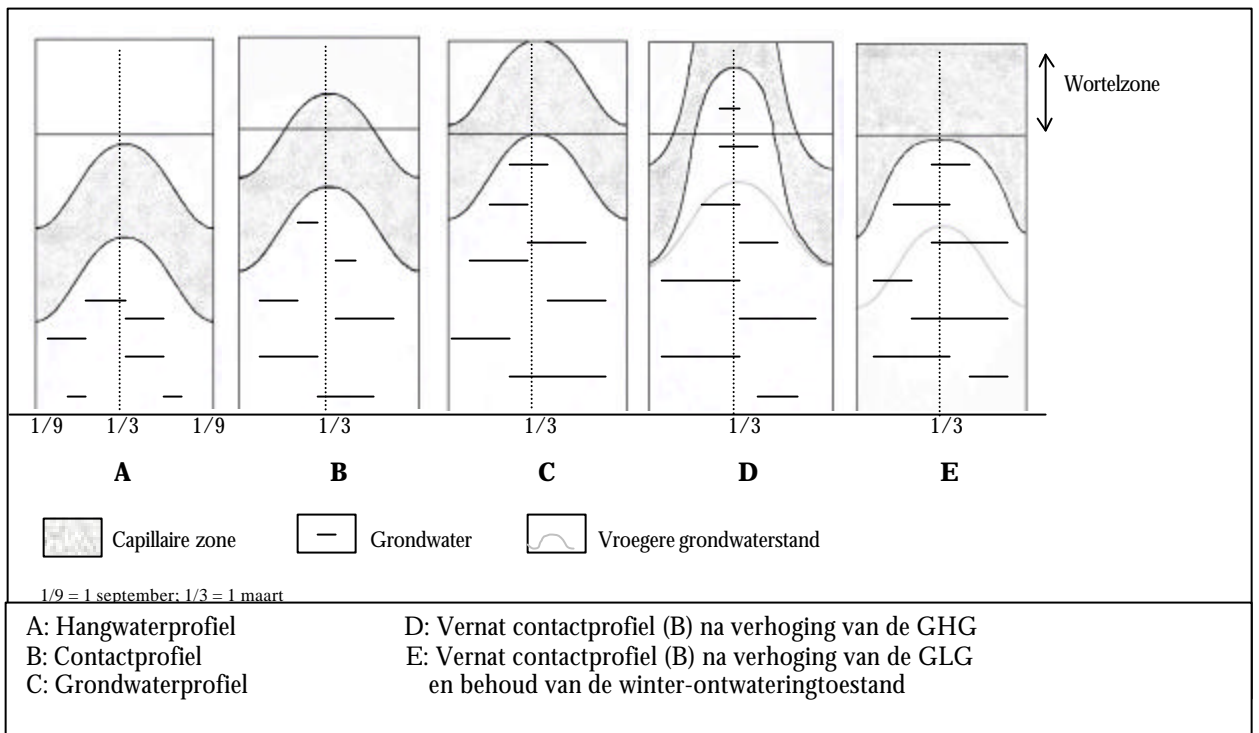
### ***Verhoging van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)***

Bij een verhoging van de GHG wordt de grondwaterstand in de winterperiode verhoogd (figuur 1, profiel D). Dit gebeurt vaak door een vermindering van de detailontwatering. De hoogste grondwaterstand wordt bereikt aan het eind van de winter. In deze periode zijn de wortels niet actief. De invloed van de verhoging heeft in deze periode niet tot nauwelijks negatieve invloed op de boom. Door de verhoogde GHG staat het grondwaterpeil in de periode dat de bomen actief worden vaak nog in de wortelzone. Hierdoor kan een zuurstoftekort optreden met wortelsterfte als gevolg. Bovendien wordt de verdroging, die zich met name in de zomerperiode voordoet, nauwelijks bestreden. In die periode zakt het grondwater vaak weer even diep weg als voorheen. Bij het verhogen van de GHG kan het grondwater relatief snel op het maaiveld komen te staan. Door het verhogen van de GHG kan wateroverlast voorkomen worden in lager gelegen gebieden van het terrein, of stroomafwaarts. Ook kan de GHG verhoogd worden om een GLG verhoging in lager gelegen gebieden te bewerkstelligen.

### ***Verhoging van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)***

Door deze grondwaterstand te verhogen kunnen bomen meer water opnemen in de periode waarin dat het meeste nodig is; de zomer. Een verhoging van de GLG kan alleen gebeuren wanneer het regionaal wordt aangepakt. Vaak betreft het een verhoging van de drainagebasis van de hoofdafwatering of een vermindering van de grondwaterwinning. Omdat het op grote schaal moet gebeuren is het moeilijk een verhoging van de GLG te realiseren. Voordeel van een verhoging van de GLG is dat in de periode dat de bomen actief zijn het grondwater niet in de wortelzone staat, maar door de capillaire werking van de grond wel optimaal beschikbaar is (figuur 1, profiel E).





*Figuur 1 hydrologische profieltypen (samengesteld in samenwerking met Hanhart Consult, Wageningen)*



### 3 Materialen en methoden

#### 3.1 Onderzoekslocaties

Aan het onderzoek zijn een aantal eisen gesteld waaraan zoveel mogelijk moet worden voldaan om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden. De eisen waaraan de te selecteren onderzoekslocaties moeten voldoen zijn als volgt:

- Hydrologische situatie moet van lange tijd bekend zijn.
- Sterke voorkeur voor locaties met een hoogtegradiënt.
- Locaties moeten gedurende de laatste 10 jaar en tevens vóór 1998 een grondwaterstandsverhoging hebben ondergaan.
- Er moet sprake zijn van een contact- of grondwaterprofiel.
- De te onderzoeken bomen moeten in bosverband voorkomen of op landgoederen (geen straatbomen).
- Het uitgevoerde beheer moet bekend zijn. Dit geldt voor het bosbeheer en hydrologisch beheer.
- Er moet zo min mogelijk sprake zijn van aantastingen die de gegevens beïnvloeden (insecten, schimmels).

##### 3.1.1 Selectie

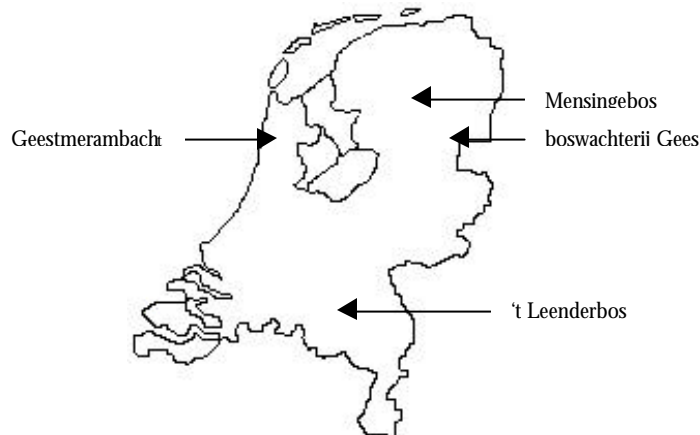
In een eerder vernattingsonderzoek (Olsthoorn e.a, 2001) van Alterra is door middel van wortelanalyse naar effecten van vernatting op bomen gekeken. De locaties die hiervoor zijn gebruikt voldoen grotendeels aan de hierboven gestelde eisen. De verzamelde gegevens van de wortelanalyse zijn voor dit onderzoek beschikbaar gesteld. Ter uitbreiding van het onderzoek is het hydrologisch proefveld Geestmerambacht uit een ander vernattingsonderzoek van Alterra toegevoegd. In het onderstaande overzicht (tabel 2) worden de geselecteerde en in het onderzoek opgenomen locaties met enkele bijzonderheden gegeven. Een uitgebreide gebiedsbeschrijving is opgenomen in bijlage I.

Tabel 2 onderzoekslocaties

Locaties (provincie)	Opgenomen in onderzoek	Eigendom	Geselecteerde boomsoorten
Mensingebos (Drenthe)	ja	SBB	ei, gd
't Leenderbos (Noord-Brabant)	ja	SBB	ei, dg
Boswachterij Gees (Drenthe)	ja	SBB	ei, bu
Hydrologisch proefveld Geestmerambacht (Noord-Holland)	ja	SBB	ei, bu, be, es

Er is onderscheid gemaakt tussen twee soorten locaties. De veldlocaties (volwassen bos) en het hydrologisch proefveld Geestmerambacht (jong bos). De veldlocaties zijn het Mensingebos, 't Leenderbos en boswachterij Gees.

### 3.1.2 Beschrijving onderzoekslocaties



Figuur 2 ligging van de onderzoekslocaties

#### 3.1.2.1 Veldlocaties

##### ***Mensingebos (Drenthe)***

Het Mensingebos bij Roden (figuur 2) heeft een multifunctionele doelstelling en bestaat voornamelijk uit de boomsoorten inlandse eik, grove den, beuk en berk. De bodem is een vergraven veldpodzolgrond, met tussen 40 en 120cm een keileemlaag, waardoor schijnwaterspiegels optreden. In 1988 is het grondwaterpeil ten behoeve van de kwelstroming naar het naastgelegen beekdal opgezet. Het grondwaterpeil is in het bosgebied verhoogd tot 20cm onder maaiveld, op sommige plaatsen resulterend in een peilverhoging van 80cm. Tot 1997 zijn geen grote zichtbare effecten geconstateerd. Sindsdien zijn veel van de eiken in het gebied gestorven, op zowel de hoge als lagere gronden. De eikenprachtkever (*Agilus biguttatus*) is sinds 1997 massaal aanwezig. Opstanden in de afdelingen 6k (gd, 1904) en 6j (ei, 1904) zijn voor het onderzoek geselecteerd. In beide opstanden komen naast zomereik en grove den ook beuk en berk voor. Tussen het hogere en lagere deel is een grondwaterpeilverschil van 60cm. Voor de vernattingsmaatregelen was de grondwatertrap\* (GT) V.

##### ***'t Leenderbos (Noord-Brabant)***

't Leenderbos bij Leende (figuur 2) is een in 1930 aangeplant bosgebied met een multifunctionele doelstelling. Het bestaat voor ongeveer driekwart uit naaldbos. Aan de oost- en westzijde liggen beekdalen. Als gevolg van de droge jaren eind jaren 80 verdwenen in het gebied enkele aan natte milieus gerelateerde vegetaties. Daarom zijn in 1995-1996 sloten afgedamd. Dit resulteerde mede door de zware neerslag in 1998 in het blank staan van grote delen van het bos. In de daaropvolgende jaren zijn veel afgedamde sloten weer opengemaakt. In de toekomst wordt een meer controleerbare vernatting nagestreefd. Afdeling 39 (dg, 1937) is voor het onderzoek geselecteerd. De bodem bestaat uit een vergraven veldpodzol. De voor de vernattingsmaatregelen gemeten GT is VI.

### ***Boswachterij Gees (Drenthe)***

Ook de bosgebieden in boswachterij Gees bij Nieuw Balinge (figuur 2) worden beheerd volgens een multifunctionele doelstelling. Het is gelegen tussen een veenontginningsgebied en een beekdal. De bodem is een vergaven podzolgrond met een keileemlaag tussen 80 en 120cm. Hierdoor komen schijnwaterspiegels voor. De vernatting is in het kader van de verdrogingsbestrijding in 1992 ingezet. Dit gebeurde door duikers te dichten en dammen te leggen. Ook werden extra stuwen geplaatst. Door zware regenval in de daaropvolgende jaren kwam 60ha van het gebied blank te staan. Ondanks het terugdraaien van een groot deel van de vernattingsmaatregelen stierven opstanden Japanse lariks, douglas en beuk. De afdelingen 34 (ei, 1925) en 49 (bu, 1974, menging met jl, 1933) zijn voor het onderzoek geselecteerd. Het lage deel van afdeling 34 staat in het winterseizoen vaak blank.

### **3.1.2.2 Hydrologisch proefveld Geestmerambacht**

Dit proefveld ligt in Noord-Holland bij Schoorl en is sinds de jaren 60 ingericht als grondwaterstandproefveld, aanvankelijk voor verdrogingsonderzoek. In 1985 is het geheel opnieuw ingericht ten behoeve van een verdrogingsonderzoek en beplant met jonge bomen. In 1996 is een overstap gemaakt naar vernattingsonderzoek omdat dit beter bij de actuele vragen aansloot.

Het hydrologische proefveld bestaat uit 12 stroken van 15x120m, waar door middel van een infiltratie en drainagesysteem onafhankelijke grondwaterstanden kunnen worden ingesteld. In de stroken zijn in totaal vier nieuwe grondsoorten aangebracht. In elke strook\* zijn acht boomsoorten aangeplant; ruwe berk, zomereik, gewone esdoorn, gewone es, beuk, Populus "Spijk", Populus "Unal" en Corsicaanse den (bijlage I). In een aantal stroken is in de periode 1994-1998 door middel van vlotterinstellingen en overloopinstellingen een grondwaterpeilverhoging gerealiseerd. Sinds 1985 zijn de grondwaterstanden gevolgd en is de groei van de bomen gemeten. In de stroken waar een peilverhoging is uitgevoerd is onderzoek verricht naar de boomsoorten ruwe berk, zomereik, gewone es en beuk (Koppe e.a., 2000). Om dat veel bomen in de eerste jaren beneden de meetdrempel lagen, zijn in het begin meestal niet alle bomen opgenomen.

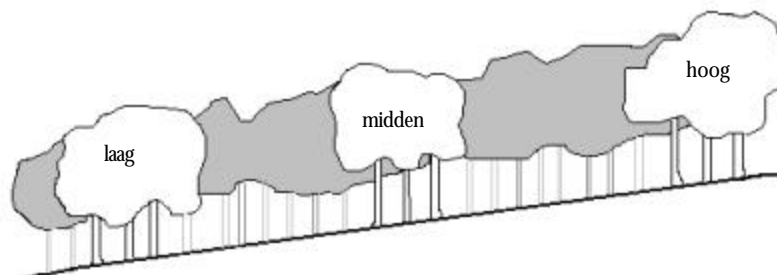
### **3.1.3 Boomsoortenkeuze**

Vernattingsmaatregelen worden vaak toegepast in natuurgebieden, of in gebieden waar de functie natuur een grote rol speelt. In deze functie zijn met name inheemse boomsoorten van belang. Bij de boomsoortenkeuze is daarom in eerste instantie gezocht naar inheemse soorten. Daarnaast is gezocht naar soorten die op meerdere locaties vertegenwoordigd zijn om in de analyse-fase relaties tussen de gegevens te kunnen leggen. In alle opstanden is zomereik aanwezig. Daarnaast is op elke locatie een andere boomsoort toegevoegd om eventuele verschillen tussen boomsoorten te kunnen vaststellen. Hieronder is ook één uitheemse boomsoort; douglas.

## 3.2 Werkwijze en gegevensverwerking veldlocaties

### 3.2.1 Veldwerk veldlocaties

De diktegroei van de boom is bemonsterd met behulp van een aanwasboor (Phipps, 1985). Om te bepalen of veranderingen in de diktegroei van de boom te wijten zijn aan vernatting moeten zoveel mogelijk andere variabelen worden geëlimineerd. Bij het plannen en uitvoeren van het veldwerk komt dit onder andere tot uiting in de plaats binnen de opstand van de bemonsterde bomen en de richting waarin geboord wordt. De te bemonsteren bomen zijn gekozen op basis van hun locatie in het bos en ten opzichte van elkaar. De bomen liggen in het bosperceel, zodat er geen randinvloeden zijn. Ook bevinden de bomen zich in het kronendak. De opnames zijn gedaan in groepen op een hoogtegradiënt in het terrein. Elke groep bestaat uit twee à drie bomen en bevindt zich op het laaggelegen, het midden of het hooggelegen gedeelte van de gradiënt (figuur 3). Door de gradiënt is bij vergelijking van de groepen de invloed van het grondwater te onderscheiden. Bij alle bomen binnen een locatie is de aanwasboring op DBH en in dezelfde richting uitgevoerd. Naast de boring met een aanwasboor is bij elke groep bomen het grondwaterpeil opgenomen. Ook is van alle bomen hoogte, dikte en ligging in de opstand opgenomen.



Figuur 3 ligging van de groepen op de gradiënt

De volgende materialen zijn gebruikt voor het verzamelen van de boorkernen en overige veldgegevens:

- aanwasboor (Mora, 30cm, Ø0,5cm)
- klokje voor grondwaterdiepte
- PVC buisjes (30cm) voor opslag boorkernen
- kompas
- opstandskaarten
- grondboor (1,2m)
- hoogtemeter (Silva, type 65,25m)
- bitterlich-glaasje (CM m4)
- $\pi$ - bandje (Stewe, Ø1m)
- vaseline
- meetlint (25m)
- afzetband

### 3.2.2 Gegevensverwerking veldlocaties

De in het veld genomen boorkernen zijn allereerst in houten houders geplaatst om te drogen. Na drogen zijn de kernen met een scherp mes aangesneden zodat de jaarringen goed te zien waren. Met behulp van een positionometer (Kutschenreiter) is vervolgens per boorkern de dikte van elke jaarring gemeten. De positionometer meet met een nauwkeurigheid van 1/100<sup>ste</sup> mm. De gegevens zijn ingevoerd in een MS Excel database. De jaarringen zijn gebruikt vanaf 1970. De reactie van de bomen op de extreme droogte in 1976 kon daardoor worden opgenomen in de datering van de bomen. De gegevens zijn uitgezet in grafieken. Dit maakt de vergelijking van de verschillende boomkernen binnen een opstand en de opsporing van eventuele onregelmatigheden mogelijk. Voor de grondwaterstanden is gebruik gemaakt van peilbuisgegevens van het TNO. Per locatie is de dichtstbijzijnde peilbuis geselecteerd, binnen dezelfde bodemsoort en GT. De gegevens van de periode 1970-2000 zijn in een grafiek uitgezet (bijlage VI). Daarnaast is de effectieve neerslag\* in en buiten het groeiseizoen in grafieken weergegeven over de periode 1970-2000 (bijlage V). De gegevens over het beheer en de eventueel aanwezige plagen zijn in bijlagen III en IV uitgewerkt.

### 3.3 Werkwijze en gegevensverwerking hydrologisch proefveld Geestmerambacht

Jaarlijks zijn in het najaar bij alle bomen de DBH en hoogte gemeten. Bij het berekenen van de jaarringdikte en de hoogteverschillen zijn de bomen behorend tot de 50% hoogste bomen geselecteerd. De ongewenste invloed van onderdrukte bomen op de gegevens is hierdoor weggenomen. Voor de dikte- en hoogtegroeï is het verschil van twee opeenvolgende jaren berekend. Van enkele tussenliggende jaren zijn geen gegevens bekend. Om een beeld te krijgen van de groei in deze jaren is de waarde van de gemiddelde groei voor deze jaren aangenomen. Elke boomsoort is per strook vertegenwoordigd door gemiddeld 20 individuen. De stroken 1, 2, 5, 6, 7, 8, 11 en 12 zijn in 1997 vernat. De hoogte- en diktegroei en het grondwaterstandsverloop zijn in grafieken uitgezet. De groeisnelheid van de bomen loopt uiteen. In de beginfase van het onderzoek zijn in opvolgende jaren verschillen opgetreden in de hoeveelheid bemonsterde individuen. Dit komt in de grafieken naar voren in de vorm van opvallend afwijkende waarden. Om deze onbetrouwbaarheden zoveel mogelijk uit te sluiten is voor elke boomsoort een startdatum voor de interpretatie vastgesteld. In onderstaand overzicht (tabel 3) is aangegeven vanaf welk jaar de gegevens in de interpretatie zijn opgenomen. In een eerder conceptrapport van Alterra is een volledige beschrijving van de proeflocatie en opnamemethodiek opgenomen (Koppe, 2000).

Tabel 3 startjaar opname gegevens

Boomsoort	Diktegroei	Hoogtegroeï
Ruwe berk	1988	1988
Zomereik	1993	1985
Gewone es	1990 (veld* 11 en 12 1996)	1985
Beuk	1995	1988

## 3.4 Interpretatie

### 3.4.1 Omgevingsfactoren

Bij de analyse van de verwerkte veldgegevens is het van belang omgevingsfactoren die directe invloed kunnen hebben op de diktegroei van de boom te herkennen en waar mogelijk aan te wijzen. Hieronder (tabel 4) zijn de meetbare omgevingsfactoren en de methoden om deze vast te stellen weergegeven:

Tabel 4 factoren

Factor	Methode
Beheer	Beheersingrepen, navraag bij beheerder (bijlage III)
Ziekten en plagen	Landelijk meetnet insectenplagen, navraag bij beheerder (bijlage IV)
Effectieve neerslag	KNMI-jaargegevens neerslag en gewasverdamping (bijlage V)
Grondwaterstanden	TNO-peilbuisgegevens (bijlage VI)

Aan de hand van de verwerkte gegevens en de daaruit verkregen grafieken is per locatie bepaald of er een verschil is waar te nemen in de diktegroei voor en na de vernatting. Hierbij is rekening gehouden met de invloed van beheer (dunningen), grondwaterstanden, plagen en effectieve neerslag. Ook is gekeken naar de verschillen in diktegroei (zowel absoluut als in verhouding tot elkaar) van de drie groepen in de gradiënt. Vervolgens zijn de bevindingen van de afzonderlijke locaties met elkaar vergeleken. Gezocht is naar opvallende verschillen en overeenkomsten tussen de bomen van de verschillende locaties en de verschillende boomsoorten.

Bovengenoemde interpretaties zijn uitgevoerd voor de veldlocaties en voor het hydrologisch proefveld Geestmerambacht. In de laatstgenoemde locatie is echter niet op een gradiënt gewerkt, maar met licht en sterk vernatte velden. De sterk vernatte velden kunnen gezien worden als de “lage groep”, de licht vernatte velden als “hoge groep”. In het hydrologisch proefveld Geestmerambacht is tevens naar verschillen in hoogtegroei voor en na de vernatting en tussen de velden onderling gekeken.

### 3.4.2 Statistische bewerking

In dit onderzoek zijn berekeningen uitgevoerd om te beoordelen in hoeverre de interpretatie van de gegevens statistisch onderbouwd wordt. Met behulp van het BACI-model (Before-After-Control- Impact) is beoordeeld of het verschil in jaarringdikte voor en na de vernatting significant is (Stewart-Oaten e.a., 1986). De BACI is een methode die het verschil tussen een control en een impact reeks voor de ingreep vergelijkt met het overeenkomstige verschil na de ingreep. De vergelijking vindt plaats met behulp van de Student T-toets. Deze toets geeft aan of het verschil tussen control en impact reeks significant veranderd is na de ingreep ten opzichte van het verschil voor de ingreep. De Student T-toets gaat ervan uit dat in de gegevensreeksen geen autocorrelatie is en dat het een normale verdeling betreft. Indien aan deze aannames niet voldaan is, kan de T-toets vervangen worden door een meer geavanceerde methode op basis van verschuivingspermutaties (ter Braak e.a, 1998). Deze methode is echter wegens zijn bewerkelijkheid niet uitgevoerd in dit



onderzoek. Vóór het uitvoeren van de BACI zijn de normaalverdelingen getoetst. Ook is de autocorrelatie voor alle gegevensreeksen berekend (bijlage VII). Voorafgaand aan de Student T-toets is met behulp van de F-toets bepaald of de variantie in het verschillen voor de ingreep verschilt van die na de ingreep. Als de varianties voor en na significant verschillen op het 5% niveau, is daarmee rekening gehouden in de Student T-toets. Indien ze niet significant verschillen is de Student T-toets berekend met gelijke variantie in de voor- en na-reeks.

### **3.5 Beperkingen**

De bepaling van de grondwaterstand door middel van boringen is niet uitgevoerd. De gebruikte grondwaterstanden zijn daarom, zoals beschreven in §3.2.2, de standen van TNO-peilbuizen in de buurt van de locatie. Het is hierdoor echter mogelijk dat de grondwaterstanden van de feitelijk in de locatie geldende standen afwijkt. De relatieve fluctuaties in de peilbuis komen wel overeen met die van het perceel waar de bomen staan.



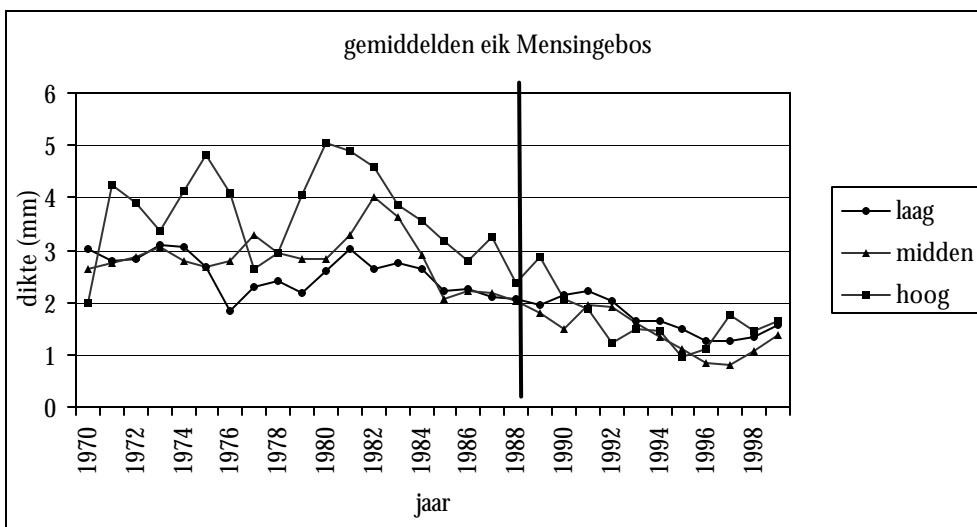
## 4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. In elke grafiek is met een zwarte verticale lijn aangegeven wanneer de vernatting is uitgevoerd.

### 4.1 Veldlocaties

Voor de veldlocaties zijn voor de jaarringdikte de gemiddelden per groep in onderstaande grafieken weergegeven. De waarden van de afzonderlijke bomen zijn weergegeven in bijlage II.

#### 4.1.1 Mensingebos

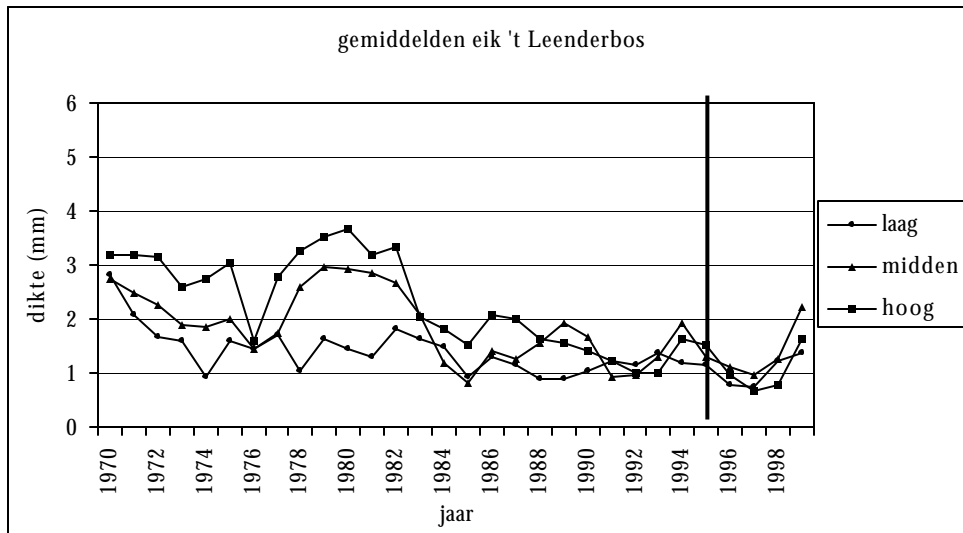


Figuur 4 gemiddelden zomereik Mensingebos

In 1988 is in het Mensingebos vernat ten behoeve van het naastgelegen beekdal. De zomereiken hebben al sinds de aanplant een matige groei. In figuur 4 is het jaarringdikte verloop van de zomereiken weergegeven. Er is een onderverdeling gemaakt in drie groepen; hoog, midden en laag. Tussen de lage en de middelste groep zijn weinig verschillen in diktegroei gedurende de periode 1970-2000. De diktegroei geeft tussen 1970 en 1982 voor alle groepen een sterk fluctuerend beeld, na 1982 wordt dit minder. Bij alle drie de groepen is een duidelijke achteruitgang in de diktegroei te zien die loopt vanaf 1982 tot 1997. De lage groep vertoont hierin de kleinste daling. Vóór deze periode vertoonde de hoge en middelste groepen een toename. Bij iedere groep lijkt de neerwaartse lijn te passen binnen de bestaande fluctuaties. De daling tussen 1982 en 1987 viel samen met aantastingen door plagen (bijlage IV)(Moraal, 1999). De hoge groep vertoont tot 1990 een betere diktegroei, daarna komt deze overeen met dat van de andere twee groepen. In figuur 4 is te zien

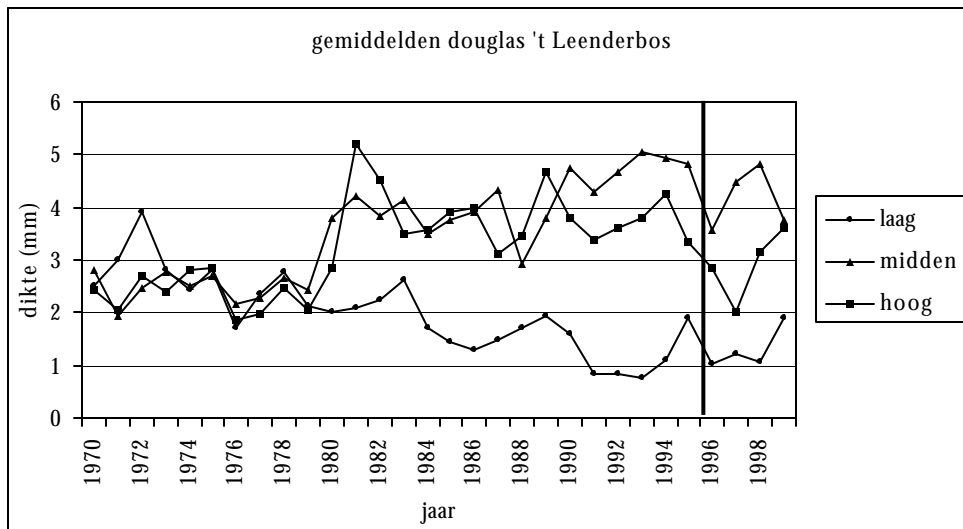
dat voor elke groep de diktegroei in het jaar van de vernatting op een lager niveau ligt. Dit wordt onderschreven doordat voor iedere groep een significant verschil is geconstateerd in de bijgroei voor en na 1988 (bijlage VII). De hoge groep vertoont de sterkste daling terwijl deze in de lage groep het kleinst was. Na 1988 is de diktegroei van de lage groep hoger dan in de andere groepen terwijl dit voor 1988 niet zo was. Na 1995 lijkt een licht herstel plaats te vinden. Vanaf 1997 lijkt de diktegroei van de groepen iets te stijgen. Sinds 1997 is er in Mensingebos een plaag van de eikenprachtkever (bijlage IV).

#### 4.1.2 't Leenderbos



Figuur 5 gemiddelden zomereik 't Leenderbos

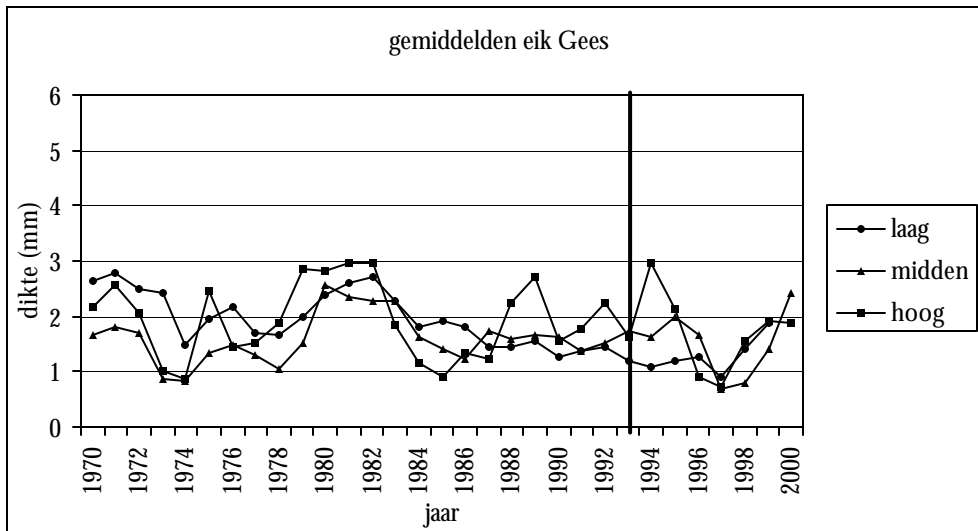
In figuur 5 is te zien dat de drie groepen een vergelijkbare ontwikkeling in diktegroei doorlopen. De laaggelegen groep vertoont na een relatief hoge diktegroei in het begin van de gemeten periode een afname, waarna de diktegroei zich vanaf 1973 stabiliseert. De toename in groei van 1977 tot 1980 in de midden en hooggelegen groepen is bij de lage groep niet duidelijk terug te zien. Na de toename in diktegroei in deze periode en de daaropvolgende sterke afname in de jaren na 1980 is in de hooggelegen groep een licht dalende lijn te zien. De middelste groep fluctueert vanaf 1980 rond een gemiddelde lijn. In 1994 is er een toename in bijgroei. Voor alle groepen geldt dat de diktegroei na de vernatting, die in 1996 is ingezet, licht is afgenomen. Na de vernatting kwamen in 1995-1997 relatief droge jaren voor (bijlage V). De aanwezigheid van de eikenprocessierups (*Thaumetopoea processionea*) (in 1996 en 1997 (bijlage IV) kan ook invloed hebben gehad op de diktegroei in dat jaar. Na 1997 volgde een groot overschot in de effectieve neerslag (bijlage V). Dit was in het veld te zien aan het feit dat het water plaatselijk boven maaiveld stond. De statistische bewerking van de gegevens geven voor de zomereik in 't Leenderbos geen duidelijke uitkomst (bijlage VII). Na 1998 vertonen alle groepen een toename in diktegroei.



Figuur 6 gemiddelden douglas 't Leenderbos

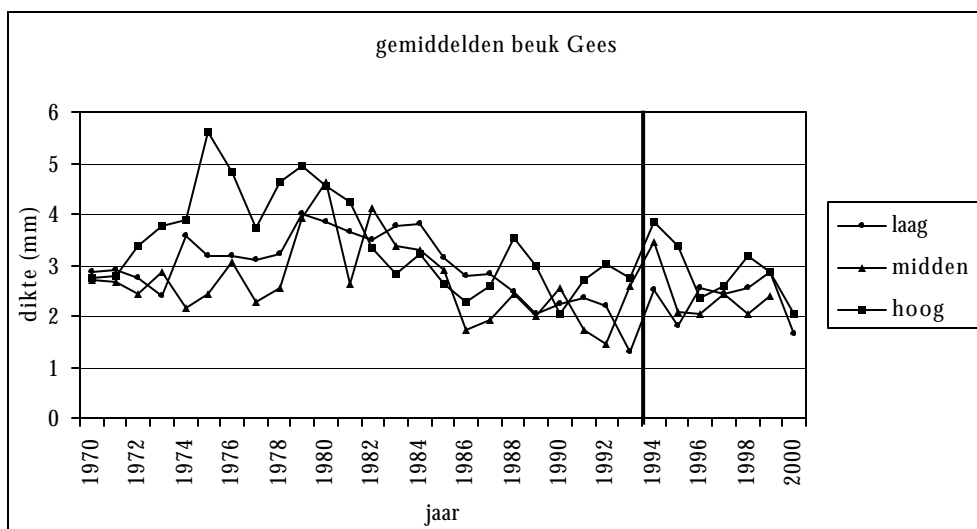
Gedurende vrijwel de gehele periode komen de patronen van de hoge en de middelste groepen min of meer overeen. Tussen 1973 en 1980 geldt dit voor alle groepen (figuur 6). Vanaf 1990 tot aan 1999 is de groei van de middelste groep beter dan dat van de hoge groep. In tegenstelling tot de dalende tendens van de lage groep sinds 1980 hebben de middelste en hoge groep juist een verbeterde groei. In 1996, het jaar waarin de vernatting is ingezet, is een afname in de diktegroei van alle groepen douglas waar te nemen. In de lage groep lijkt na de sterke afname de groei zich te stabiliseren en zelfs iets toe te nemen. Na 1998 lijken de hoge en lage groepen zich weer te herstellen. Inmiddels zijn al vanaf 1996 diverse vernattingsingrepen verminderd of teruggedraaid. Het grote verschil tussen jaarringdikte van de hoge en lage groep lijkt na 1996 kleiner te zijn geworden. Een mogelijke verklaring voor de stabilisering van de lage groep en het kleiner worden van bovengenoemd verschil is dat de lage groep beter bestand is tegen (tijdelijk zeer) hoge grondwaterstanden dan de hoge groep. Het waargenomen verschil is niet significant (bijlage VII). Wel is het verschil tussen de groepen hoog en midden voor een aantal jaren afwijkend (bijlage VII).

### 4.1.3 Boswachterij Gees



Figuur 7 gemiddelden zomereik Gees

De hoge en lage groep hebben meestal de beste groei voor de vernatting. De middelste groep heeft gemiddeld de laagste diktegroei (figuur 7). Alle groepen hebben in 1973 en 1974 een sterke afname in groei doorgemaakt. Na 1974 herstelde de diktegroei zich geleidelijk om in de periode 1979-1983 een zeer goede groei te vertonen. Deze nam na 1983 echter snel af. Voor de lage groep is dit het begin van een dalende trend. In de hoge groep zijn sterke fluctuaties te zien. In mei 1993 zijn maatregelen getroffen om de grondwaterstand te verhogen. Gelijktijdig met de vernatting viel een grote hoeveelheid neerslag binnen en buiten het groeiseizoen (bijlage V). Veel van de vernattingsmaatregelen zijn in het volgende groeiseizoen teruggedraaid, omdat grote delen van het bosgebied onder water stonden. Door het handhaven van een deel van de maatregelen is het peil na 1993 toch hoger gebleven dan daarvoor. De diktegroei van de hoge groep neemt na 1993 toe. Hierbij overstijgt het de groei van de middelste en lage groepen. Na 1994 neemt de groei echter drastisch af. Dit viel samen met het plotseling terugdraaien van een aantal vernattingsmaatregelen en met een neerslagtekort (bijlage V). De middelste en lage groepen reageerden slechts met een kleine afname in groei. Voor alle groepen geldt dat de diktegroei in 1997 een dieptepunt bereikt. De toename vanaf 1997 kan wijzen op stabilisering en herstel. Na toepassing van het BACI-model (bijlage VII) moet geconstateerd worden dat er geen significant verschil is tussen de relaties van de groepen onderling voor en na de ingreep. Wel is er een eenmalige significante afwijking in het verschil tussen de groepen hoog-laag in 1994, midden-laag in 1995 en de groepen hoog-midden in 1996 (bijlage VII). De hoge groep heeft in de periode volgend op de vernatting een betere groei dan de andere groepen. Dit geldt ook voor de middelste groep ten opzichte van de lage groep.



Figuur 8 gemiddelden beuk Gees

In figuur 8 is te zien dat na 1980 slechts weinig verschillen zijn in de diktegroei. De groei van de hoge groep is overwegend iets hoger dan van de andere twee groepen. Na 1980 is bij alle groepen een dalende lijn te zien. Vanaf 1993 stijgt de diktegroei weer. Opvallend is te zien dat alle drie de groepen in 1994, het jaar na de uitvoer van de vernattingsmaatregelen, een betere groei laten zien dan het jaar daarvoor. In 1995 is een afname in groei in alle groepen te zien. Dit viel samen met het opheffen van enkele vernattingsmaatregelen. De afname in groei in dat jaar is bij de hoogste groep het kleinst. Dit zet echter wel door in 1996 terwijl de lagere en middelste groepen juist min of meer herstellen. De fluctuaties in de jaren van en volgend op de vernatting wijzen erop dat de vernatting in alle groepen een storend effect heeft gehad. Na 1996 neemt de intensiteit van de fluctuaties af. In de beuken is geen significant verschil te vinden tussen de reacties van de verschillende groepen voor en na de vernatting (bijlage VII).

## 4.2 Hydrologisch proefveld Geestmerambacht

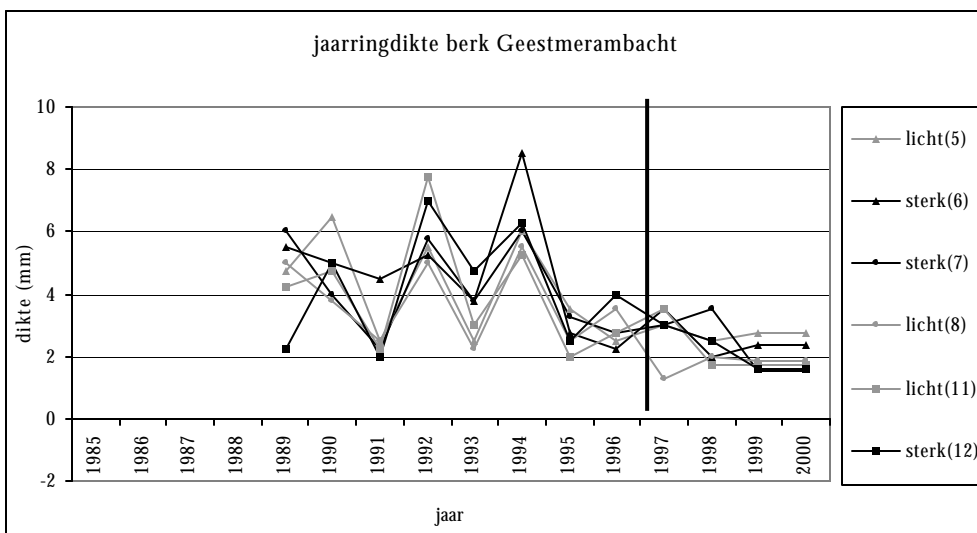
In het hydrologische proefveld Geestmerambacht heeft tot nu toe geen beheer (dunning) plaats gevonden. De invloed die het beheer zou kunnen hebben op de jaarringdikte en hoogtegroei is hier dan ook niet van toepassing. Ook met het voorkomen van plagen hoeft hier geen rekening te worden gehouden, aangezien deze hier niet zijn gesignaleerd (mond. Olsthoorn). In de omgeving kwamen ze echter wel voor (bijlage IV). De grondwaterstanden worden kunstmatig geregeld. De fluctuaties in de grondwaterstanden komen in alle velden voor. Door een defect in het vlottersysteem waren de grondwaterstanden in het jaar voor de vernatting erg laag (bijlage VI). Bij het onderzoeken naar de effecten van vernatting worden de curven van elke boomsoort per bodemsoort met elkaar vergeleken. Zo kunnen de velden waar licht en waar sterk is vernat met elkaar worden vergeleken. Strook 1 en beuk in strook 12 zijn buiten beschouwing gelaten omdat de grondwatergegevens niet betrouwbaar bleken te zijn (Koppe, e.a. 2001). Hierdoor zijn strook 2 en beuk in

strook 11 onbruikbaar omdat daar geen vergelijkbaar veld voor was. Het verschil tussen de waarden voor en na de vernatting is voor geen van de boomsoorten significant, met als enige uitzondering de diktegroei van de gewone es in mariene lichte zavel (bijlage VII).

Verklaring van de legenda in de grafieken:

- ▲ duinzand
- ◆ mariene lichte zavel
- mariene zware zavel
- mariene zware klei

#### 4.2.1 Ruwe berk



Figuur 9 jaarringdikte ruwe berk Geestmerambacht

Zoals in figuur 9 te zien is neemt de groei tot en met 1994 toe, daarna volgt een geleidelijke afname. De velden sterk en licht vernat vertonen gedurende de hele periode grote overeenkomsten in groei. Tot 1996 werd een afname in de groei meestal gevolgd door een toename. De afname van de diktegroei in 1995 werd in 1996 echter minder duidelijk gevolgd door een toename. Dit viel samen met een lage grondwaterstand in 1996 (bijlage VI). In 1997 nam de groei weer iets toe in dit jaar werd ook de vernatting ingevoerd. Het lijkt dat de waarden van de diktegroei voor de vernatting hoger zijn dan erna. Dit verschil is echter niet significant (bijlage VII). Na de vernatting in de winter van 1996-1997 zijn fluctuaties in de jaarringdikte en de hoogten minder geworden dan daarvoor.

#### Resultaten per bodemsoort

*duinzand veld 5 en 6*

In het eerste seizoen na de vernatting hebben beide velden een toename in de diktegroei, in het sterk vernatte veld beter dan in het licht vernatte veld (figuur 9 en tabel 5). In het jaar na de vernatting (1998) neemt de groei van beide velden af. In dat jaar was een neerslagoverschot (bijlage V). Dit is opmerkelijk, aangezien verwacht



zou mogen worden dat het veld waar licht is vernat minder negatieve gevolgen van nattere omstandigheden zou ondervinden.

*mariene zware zavel veld 7 en 8*

Zoals te zien is in figuur 9 en tabel 5 neemt de diktegroei in het licht vernatte veld direct na de vernatting af, terwijl de diktegroei in het sterk vernatte veld pas na 1999 afnam. Het volgende jaar vertoont het licht vernatte veld ook een toename in de groei. In 1998 was de zomer erg nat (bijlage V). Zowel voor als na de vernatting fluctueren beide lijnen rond elkaar.

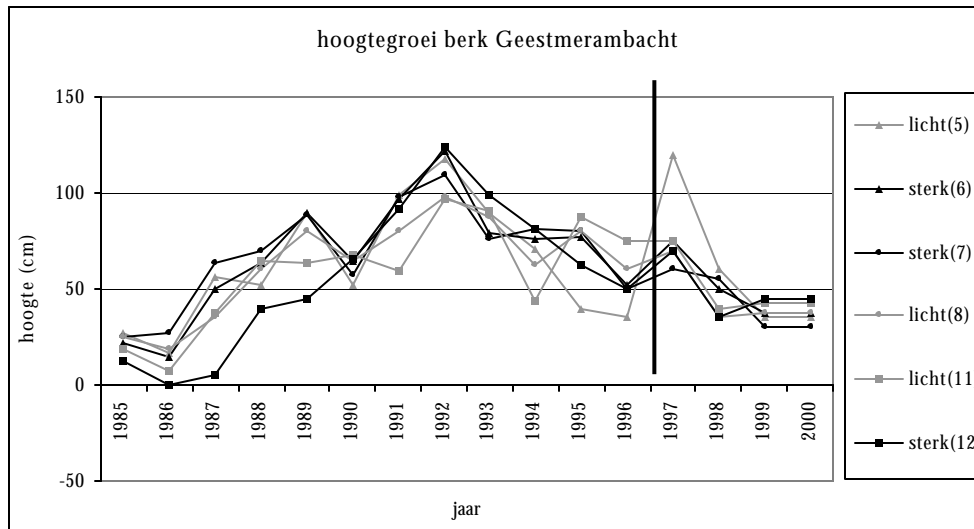
*mariene zware klei veld 11 en 12*

De diktegroei in het veld dat sterk vernat is, neemt in het jaar dat de vernatting werd ingezet, af (dit zet door tot 2000). Het licht vernatte veld neemt in 1998 in diktegroei af (figuur 9 en tabel 5). Dit viel samen met een natte zomer.

Tabel 5 groeipatroon na vernatting van ruwe berk

	Diktegroei		Hoogtegroei	
	licht vernat	sterk vernat	licht vernat	sterk vernat
<b>Duinzand</b>				
Vernatting (1997)	+	+	++	+
Vernatting + nat jaar (1998)	-	-	--	-
<b>Mariene zware zavel</b>				
Vernatting (1997)	-	+	+	+
Vernatting + nat jaar (1998)	+	+	-	-
<b>Mariene zware klei</b>				
Vernatting (1997)	+	-	+	+
Vernatting + nat jaar (1998)	-	-	-	-

+ groeitoename - groei afname



Figuur 10 hoogtegroei ruwe berk Geestmerambacht

In figuur 10 is te zien dat de hoogtegroei toeneemt tot en met 1992. Elk veld heeft in 1990 een verminderende hoogtegroei. Na 1992 volgde een afname. Alle velden vertonen nagenoeg hetzelfde beeld. Een afname wordt meestal gevolgd door een toename in de groei. In het eerste seizoen na de vernatting neemt de groei in alle

velden toe. Veld 5 reageert hier extremer dan de overige velden. Na deze toename neemt in alle velden de hoogtegroeï af, dit valt samen met een neerslagoverschot (bijlage V). De hoogtegroeï na de vernatting lijkt lager te liggen dan voor de vernatting, dit is niet significant (bijlage VII).

### **Resultaten per bodemsoort**

#### *duinzand veld 5 en 6*

In het jaar waarin de vernatting is ingezet, heeft het licht vernatte veld een betere hoogtegroeï dan het sterk vernatte veld (figuur 10 en tabel 5). De afname van de hoogtegroeï in beide velden in 1998, viel samen met een overschot van de effectieve neerslag (bijlage V).

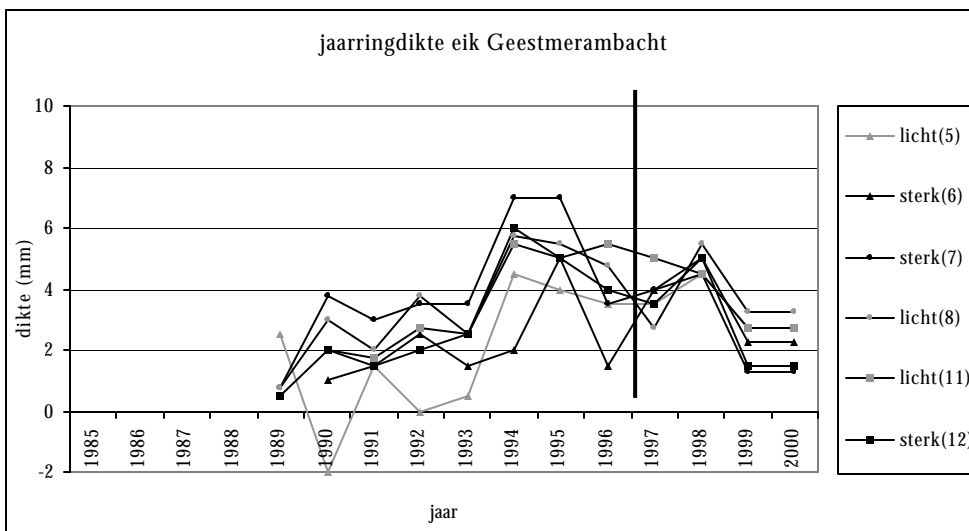
#### *mariene zware zavel veld 7 en 8*

In het jaar van de vernatting (1997) is de hoogtegroeï in beide groepen vergelijkbaar (figuur 10 en tabel 5). Het veld dat licht vernat is, neemt in 1998 snel af in groei, terwijl het veld dat sterk vernat is maar weinig afneemt. In dat jaar was een neerslagoverschot (bijlage V).

#### *mariene zware klei veld 11 en 12*

In het jaar van de vernatting hadden beide velden een toename in de hoogtegroeï (figuur 10 en tabel 5). Het jaar daaropvolgend (1998) viel in het groeiseizoen veel neerslag (bijlage V), de hoogtegroeï van beide velden nam af.

## **4.2.2 Zomereik**



Figuur 11 jaarringdikte zomereik Geestmerambacht

Het verloop van diktegroei komt voor alle velden overeen (figuur 11). In de groeicurven lijken de fluctuaties voor de vernatting sterker dan na de vernatting. Na 1997 zijn de verschillen tussen de groei kleiner geworden. Een afname in de groei wordt vaak gevolgd door een toename, bij de zomereik is dit echter niet altijd even duidelijk. Het merendeel van de velden heeft in 1996 een afname in de groei, in dit

jaar stond de grondwaterstand laag (bijlage VI). Toen de vernatting in 1997 ingezet werd, nam in enkele velden de groei nog verder af. Het jaar daaropvolgend was de zomer erg nat (bijlage V), de groei neemt voor alle velden toe. De diktegroei na de vernatting lijkt lager te zijn dan voor, dit is niet significant (bijlage VII). De velden waar sterk vernat is, hebben hierbij de laagste groei.

**Resultaten per bodemsoort**

*duinzand veld 5 en 6*

Zowel de licht als sterk vernatte velden hebben een toename in diktegroei in 1997, het jaar waarin vernat werd (figuur 11 en tabel 6). In de zomer van het jaar daarna viel veel neerslag (bijlage V). De diktegroei nam nog meer toe. De zomer van 1999 was droger, de diktegroei nam in dit jaar af. Het veld dat licht vernat is, vertoont uiteindelijk een betere diktegroei dan het sterk vernatte veld.

*mariene zware zavel veld 7 en 8*

Na de vernatting in 1997 neemt het veld waarin sterk vernat is toe in diktegroei, het veld dat licht vernat neemt af (figuur 11 en tabel 6). In het jaar daaropvolgend neemt de diktegroei in het licht vernatte veld toe, meer dan het sterk vernatte veld. Dit viel samen met een neerslagoverschot (bijlage V). Beiden nemen na 1998 echter af, het sterk vernatte veld meer dan het licht vernatte. Het verschil tussen sterk en licht vernatte velden wijkt in 1999 en 2000 meer dan het normale verschil af (bijlage VII).

*mariene zware klei veld 11 en 12*

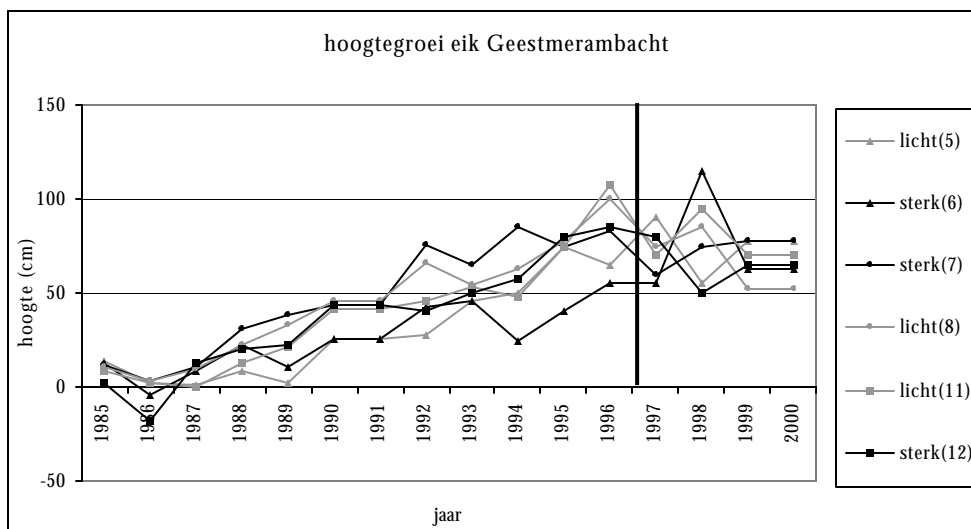
In beide velden neemt de groei na de vernatting af (figuur 11 en tabel 6). Het veld dat sterk vernat wordt reageert het jaar erna met een toename, het licht vernatte veld niet. Dit viel samen met een neerslagoverschot (bijlage V).

Tabel 6 groeipatroon na vernatting van zomereik

	Diktegroei		Hoogtegroei	
	licht vernat	sterk vernat	licht vernat	sterk vernat
<b>Duinzand</b>				
Vernatting (1997)	+	+	+	-
Vernatting + nat jaar (1998)	+	+	-	++
<b>Mariene zware zavel</b>				
Vernatting (1997)	-	+	-	-
Vernatting + nat jaar (1998)	++	+	+	+
<b>Mariene zware klei</b>				
Vernatting (1997)	-	-	-	-
Vernatting + nat jaar (1998)	-	+	+	--

+ groeitoename

- groeifname



Figuur 12 hoogtegroei zomereik Geestmerambacht

In figuur 12 laten de curven van de verschillende lijnen een duidelijk overeenkomst zien. Tot 1997 is in alle velden sprake van een gestage toename in hoogtegroei. De reactie van de verschillende velden op de vernatting is niet hetzelfde, de meeste velden laten een afname in de hoogtegroei zien. In 1998 neemt de hoogtegroei van de meeste velden toe, dit viel samen met een neerslagoverschot (bijlage V).

### **Resultaten per bodemsoort**

#### *duinzand veld 5 en 6*

Het licht vernatte veld laat in het jaar van de vernatting een toename in de hoogtegroei zien terwijl het sterk vernatte veld in groei afneemt (figuur 12 en tabel 6). Het daaropvolgende jaar neemt de groei in het licht vernatte veld af en in het sterk vernatte veld toe. Dit viel samen met een neerslagoverschot. Het verschil in de groei tussen het sterk en licht vernatte veld is in de jaren 1997 en 1998 groter dan normaal (bijlage VII).

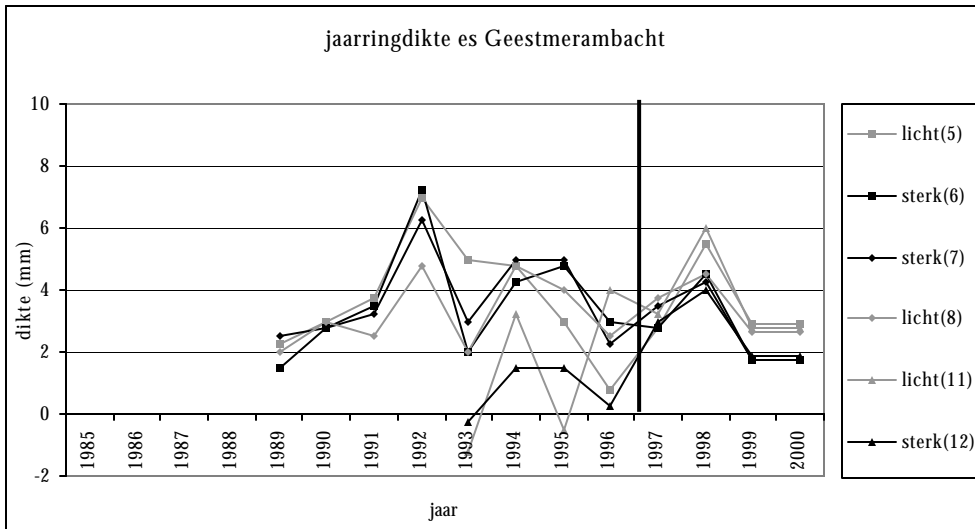
#### *mariene zware zavel veld 7 en 8*

Bij de hoogtegroei vertonen beide velden in het jaar na de vernatting een afname in groei (figuur 12 en tabel 6). Het jaar daarna neemt de hoogtegroei van beide velden toe. Dit viel samen met een neerslagoverschot in de zomer (bijlage V). Het sterk vernatte veld vertoont ten opzichte van het licht vernatte veld na de vernatting een hogere groei.

#### *mariene zware klei veld 11 en 12*

De hoogtegroei van zowel het licht als het sterk vernatte veld laten een afname zien in het jaar van de vernatting (figuur 12 en tabel 6). In het volgende, nattere jaar (bijlage V) neemt de groei in het licht vernatte veld toe en in het sterk vernatte veld af. In het jaar 1998 is het verschil tussen sterk en licht vernat groter dan normaal (bijlage VII).

### 4.2.3 Gewone es



Figuur 13 jaarringdikte gewone es Geestmerambacht

Zoals in figuur 13 te zien is, verloopt de groei voor 1997 chaotischer dan na 1997. Ook bij deze boomsoort wordt een afname vaak gevolgd door een toename. De afname van 1996 wordt het jaar daarna, wanneer de vernatting ingezet werd, gevolgd door een verbeterde diktegroei. De sterk en licht vernatte velden volgen vanaf 1998 dezelfde groeitoename en -afname (figuur 13). In 1993 is voor alle velden een groei afname te zien en in 1994 een groeitoename. In 1996 vertonen de meeste velden een afname. In dit zelfde jaar stond het grondwater laag (bijlage VI). In 1998 viel in de zomer veel neerslag (bijlage V), de groei nam toe. In 1999 neemt de diktegroei weer af. Hierbij lijkt te zien dat de dikte na de vernatting rond hetzelfde niveau blijft. Opvallend is dat de diktegroei in de licht vernatte velden voor de vernatting niet boven dat van de sterk vernatte uitkwam. Dit verandert duidelijk na de vernatting.

#### **Resultaten per bodemsoort**

##### *duinzand veld 11 en 12*

Over het algemeen vertoont het veld dat licht vernat is een betere diktegroei dan het sterk vernatte veld (figuur 13 en tabel 7). In 1997 neemt de diktegroei in het licht vernatte veld af en in het sterk vernatte veld toe. In dit jaar werd de vernatting ingezet. Het jaar daarop was er een neerslagoverschot (bijlage V), de groei van beide velden nam toe.

##### *mariene lichte zavel veld 7 en 8*

Voor de vernatting ligt de groei van het licht vernatte veld net onder het niveau van het andere veld. In 1996 komt de diktegroei van het licht vernatte veld hier net iets boven. Dit verschil neemt in 1999 en 2000 nog toe (figuur 13 en tabel 7). Aangezien deze verandering zich al in 1996 lijkt in te zetten is niet zeker of dit een gevolg is van de vernatting. De statistische berekening middels de BACI-methode geeft aan dat het verschil door de ingreep wel significant is (bijlage VII).

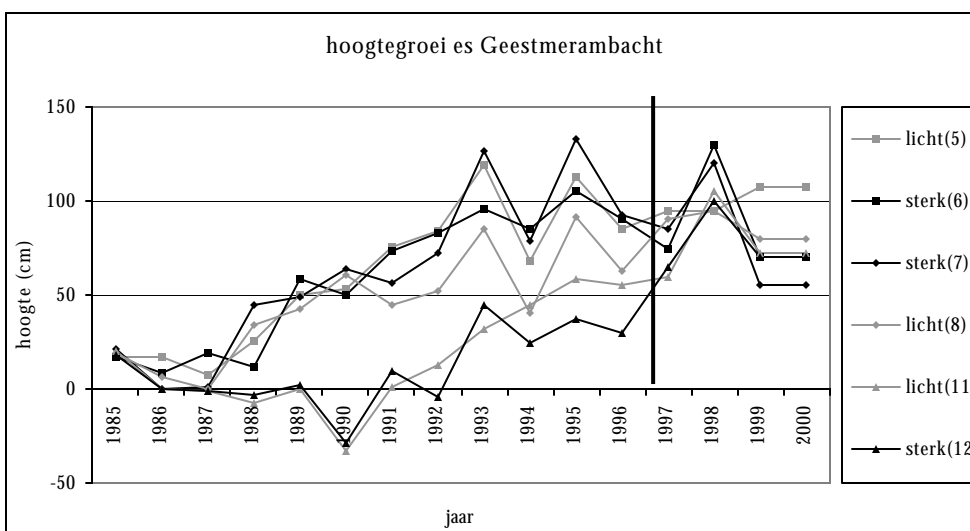
*mariene zware klei veld 5 en 6*

Gedurende de meetperiode komt de diktegroei van beide velden niet met elkaar overeen (figuur 13 en tabel 7). Een verschil in reactie van de velden op de vernatting is niet duidelijk waar te nemen. Het licht vernatte veld vertoont in de jaren na 1996 een betere diktegroei dan het sterk vernatte veld. In die jaren is de grondwaterstand verhoogd en is veel regen gevallen in het groeiseizoen (bijlage V).

Tabel 7 groeipatroon na vernatting van gewone es

Duinzand	Diktegroei		Hoogtegroei	
	licht vernat	sterk vernat	licht vernat	sterk vernat
Vernatting (1997)	-	+	+	++
Vernatting + nat jaar (1998)	+	+	++	+
<b>Mariene lichte zavel</b>				
Vernatting (1997)	+	+	+	-
Vernatting + nat jaar (1998)	+	+	+	++
<b>Mariene zware klei</b>				
Vernatting (1997)	+	-	+	-
Vernatting + nat jaar (1998)	+	+	+	+

+ groeitoename                      - groeiafname



Figuur 14 hoogtegroei gewone es Geestmerambacht

In figuur 14 is te zien dat de hoogtegroei geleidelijk toeneemt. In 1996 ondervinden alle velden een afname in de hoogtegroei. In dat jaar stond de grondwaterstand laag. Vanaf 1997 komt de hoogtegroei van de verschillende velden meer met elkaar overeen. Vanaf dat jaar is de grondwaterstand verhoogd. In 1998 vertonen de meeste velden een toename in de hoogtegroei. In datzelfde jaar was er in het groeiseizoen een neerslagoverschot (bijlage V).

**Resultaten per bodemsoort**

*duinzand veld 11 en 12*

De enige duidelijke verandering is dat het sterk vernatte veld in het jaar van de vernatting in hoogtegroei toeneemt (figuur 14 en tabel 7). Het licht vernatte veld

neemt ook in hoogtegroei toe maar in mindere mate. In het daaropvolgende jaar is er een neerslagoverschot in het groeiseizoen (bijlage V). Het licht vernatte veld groeit in datzelfde jaar beter dan het sterk vernatte veld.

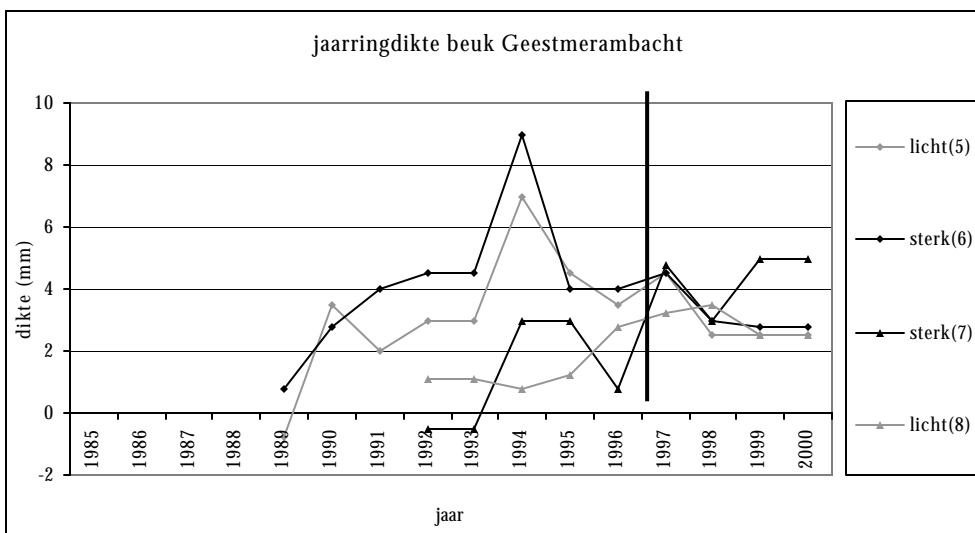
#### *mariene lichte zavel veld 7 en 8*

In het jaar van de vernatting vertoont het licht vernatte veld een toename in de hoogtegroei, dit in tegenstelling tot het sterk vernatte veld (figuur 14 en tabel 7). In het natte jaar 1998 (bijlage V), nam de groei van het sterk vernatte veld toe. Het licht vernatte veld vertoont een kleinere toename.

#### *mariene zware klei veld 5 en 6*

De hoogtegroei in het sterk vernatte veld neemt direct na de vernatting af. Het veld dat licht vernat is, vertoont een constante toename van de hoogtegroei na de vernatting (figuur 14 en tabel 7). In 1998 neemt de hoogtegroei in het sterk vernatte veld toe, evenals in het licht vernatte veld. Gelijktijdig was er een neerslagoverschot (bijlage V). In 1998 was het verschil tussen beide velden groter dan normaal (bijlage VII).

## 4.2.4 Beuk



Figuur 15 jaarringdikte beuk Geestmerambacht

Vanaf 1997 volgt de groei van zowel de sterk als licht vernatte velden elkaar (figuur 15), voor deze tijd weken de verschillende deze veel van elkaar af. In 1994 vertonen de meeste velden een toename in de groei ten opzichte van het voorgaande jaar. Dit geldt ook voor 1997. In 1996 stond de grondwaterstand laag (bijlage VI), de diktegroei nam voor alle velden af. Toen in 1997 de grondwaterstand verhoogd werd, nam de diktegroei toe. In 1998 ontstond een neerslagoverschot. De diktegroei nam in dit jaar voor alle velden af en werd later gevolgd door een toename.

## Resultaten per bodemsoort

### duinzand veld 7 en 8

De bomen in het licht vernatte veld vertonen een constante toename (figuur 15 en tabel 8), in het sterk vernatte veld zijn grotere fluctuaties waar te nemen. In 1998 neemt de diktegroei voor het sterk vernatte veld af, tegelijkertijd nam de hoeveelheid neerslag in het groeiseizoen toe (bijlage V). De groei in het licht vernatte veld nam in 1999 af en lijkt zich door te zetten.

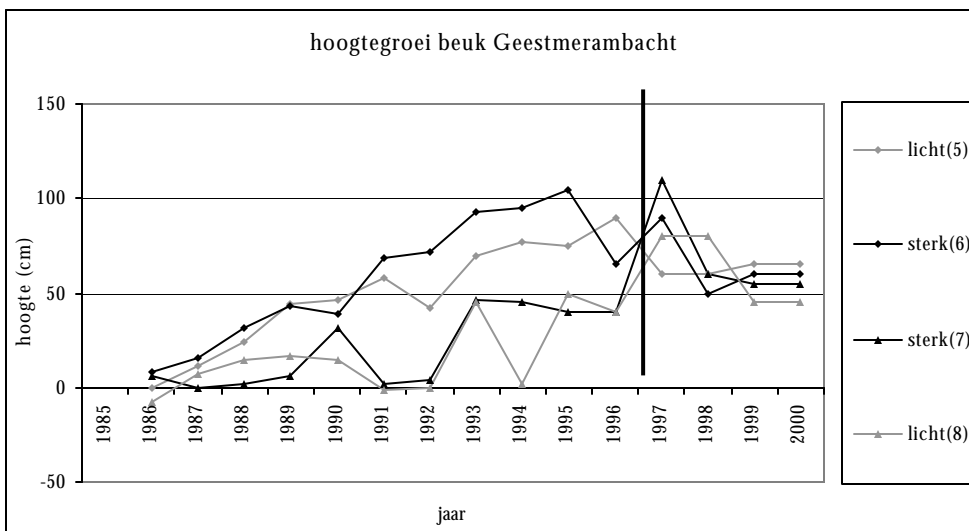
### mariene lichte zavel veld 5 en 6

Er is geen duidelijk verschil tussen de curven van de licht en sterk vernatte velden (figuur 15 en tabel 8). In 1998 namen beiden af in groei. Dit viel samen met een neerslagoverschot in het groeiseizoen (bijlage V).

Tabel 8 groeipatroon na vernatting van beuk

Duinzand	Diktegroei		Hoogtegroei	
	licht vernat	sterk vernat	licht vernat	sterk vernat
Vernatting (1997)	+	++	+	+
Vernatting + nat jaar (1998)	+	-	0	-
<b>Mariene zware zavel</b>				
Vernatting (1997)	+	+	-	+
Vernatting + nat jaar (1998)	-	-	0	-

+ groeitoename      - groeiafname      0 onveranderd



Figuur 16 hoogtegroei beuk Geestmerambacht

De hoogtegroei neemt vanaf 1986 toe (figuur 16). In 1996 neemt voor de meeste velden de hoogtegroei af. In dit zelfde jaar stond de grondwaterstand laag (bijlage VI). In 1997, het jaar van de vernatting, neemt de hoogtegroei toe. In 1998, wanneer er een neerslagoverschot heerste (bijlage V), neemt de hoogtegroei af. Voor 1997 verliep de hoogtegroei voor de verschillende velden verschillend, na 1997 kwam dit meer overeen.



## **Resultaten per bodemsoort**

### *duinzand veld 7 en 8*

De hoogtegroeï in het sterk vernatte veld neemt in het jaar van de vernatting sterker toe dan in het licht vernatte veld (figuur 16 en tabel 8). Het daaropvolgende jaar neemt de groei van het sterk vernatte veld af en voor het licht vernatte veld blijft deze nagenoeg gelijk. In hetzelfde jaar was er ook een neerslagoverschot in het groeiseizoen (bijlage V). In 1994 wijkt het verschil tussen beide velden meer af dan normaal (bijlage VII). De afwijkende waarden in 1991, 1992 en 1994 zijn het gevolg van een onnauwkeurigheid in de brongegevens.

### *mariene lichte zavel veld 5 en 6*

De hoogtegroeï in het licht vernatte veld neemt in het jaar van de vernatting af, het sterk vernatte veld heeft een kleine toename in hoogtegroeï (figuur 16 en tabel 8). Het volgende jaar blijft de groei in het licht vernatte veld op hetzelfde niveau en in het sterk vernatte veld neemt de groei af. In dat jaar was eveneens een neerslagoverschot (bijlage V).

## **4.3 Vergelijking boomsoorten**

De vergelijking van de verschillende boomsoorten onderling is tot stand gekomen door vergelijking van alle grafieken.

### **4.3.1 Veldlocaties**

#### *zomereik-beuk*

In de periode 1979-1982 vertonen de beuk en de zomereik een goede groei. Deze periode van goede groei wordt gevolgd door een periode van ongeveer zes jaar van verminderde groei. Voor de zomereik zou dit deels geweten kunnen worden aan insectenplagen. Voor de beuk is dit niet het geval. De zomereik laat na de vernatting een ander beeld zien dan de beuk. De zomereik laat in eerste instantie een dalende trend zien om zich daarna op een lager niveau te stabiliseren. De diktegroeï in de beuk blijft ondanks de vernatting stabiel.

#### *zomereik-douglas*

De zomereik en de douglas vertonen veel overeenkomsten in hun reactie op de vernatting. Ten eerste vindt een afname plaats van de diktegroeï. De afname is bij beide boomsoorten het sterkst in de hoge groep. Ten tweede vindt een nivellering plaats van de verschillen in de diktegroeï. Tot slot lijken na de vernatting zowel de zomereik als de douglas zich te herstellen. Een opmerkelijke uitzondering hierop is de middengroep van douglas, deze geeft een tegengesteld beeld. Deze groep laat als enige een daling zien.

#### *beuk-douglas*

Zowel de beuk als douglas hebben eerst een vernatting ondergaan. Voor beide boomsoorten is na verloop van tijd de vernatting deels teruggedraaid. De douglas en

beuk vertonen weinig overeenkomsten. Wel zijn op de laagste delen van beide boomsoorten grote aantallen gestorven als gevolg van de vernatting. Dit is niet uit de grafieken op te maken omdat alleen levende bomen zijn bemonsterd. Opmerkelijk is dat uit de grafieken blijkt dat beuk en douglas verschillend reageren. De beuk vertoont in eerste instantie een opleving in de diktegroei die wordt gevolgd door een terugval naar het oude niveau. Douglas daarentegen vertoont juist een daling in diktegroei. Deze daling wordt na verloop van tijd weer omgezet in een toename in de diktegroei naar het oude niveau.

### **4.3.2 Hydrologisch proefveld Geestmerambacht**

Over het algemeen reageert de gewone es het beste op de vernatting en het daarop volgende natte jaar. Daarop volgend komen de zomereik en de beuk en als laatste de ruwe berk. De gewone es vertoont alleen maar een afname in de groei in het jaar van de vernatting. Voor de diktegroei ligt deze afname zowel in het licht als sterk vernatte veld, maar voor de hoogtegroei alleen in het sterk vernatte veld. De beuk en zomereik laten een ander beeld zien. Voor de diktegroei van zomereik zitten de meeste afnamen in de velden die licht vernat zijn. Bij de hoogtegroei is geen onderscheid te maken tussen de verschillende vernattingsregimes\*. De meeste velden van zomereik reageren met een afname in de groei in het jaar waarin de vernatting is ingezet; zoals ook bij de gewone es. Het daarop volgende jaar vertoont de groei meestal een toename. Bij de beuk zitten de afnamen voor zowel de dikte- als hoogtegroei voornamelijk in de velden die sterk vernat zijn. De beuk reageert voornamelijk met een afname in de groei in het jaar waarin zowel vernat is als dat er een overschot van neerslag is. De ruwe berk reageert redelijk goed op de vernatting, maar in het jaar daarop volgend neemt de groei in zowel dikte als hoogte in alle velden af.

## 5 Discussie

Gedurende het onderzoek zijn enkele zaken aan het licht gekomen waarmee bij de conclusies rekening moet worden gehouden. Het gaat hierbij onder andere om de methode van vernatten, de invloed van de effectieve neerslag, de hoogteligging van de bomen, plagen en de korte tijdreeks van na de vernatting.

In dit onderzoek zijn vier onderzoekslocaties opgenomen; de veldlocaties, waarvan twee in Drenthe en één in Noord-Brabant en het hydrologisch proefveld Geestmerambacht in Noord-Holland. Het vernattingsregime in hydrologische proefveld Geestmerambacht verschilt van de veldlocaties. Door verschillen in het vernattingsregime is een vergelijking van de gegevens soms lastig. Zo heeft in 't Leenderbos en boswachterij Gees het water op het maaiveld gestaan, terwijl in het Mensingebos het grondwaterpeil tot maximaal 20cm onder het maaiveld is gestegen. Ook zijn de maatregelen in 't Leenderbos en boswachterij Gees gedeeltelijk teruggedraaid, terwijl deze in het Mensingebos zijn gehandhaafd. In de veldlocaties is de vernatting in een keer gerealiseerd. In het hydrologisch proefveld Geestmerambacht zijn de peilverhogingen soms geleidelijker opgetreden en is er na het veranderen van de vlotterstanden voor gezorgd dat het grondwater niet boven het maaiveld kwam. Deze verschillen hebben invloed op het verloop van de jaarringdikte, waarmee bij de interpretatie rekening moet worden gehouden.

De mate van grondwaterstandsverhoging heeft invloed op de groei van bomen. Bij een geleidelijke verhoging van de grondwaterstand hebben bomen de mogelijkheid om zich aan te passen. Dit is minder het geval als de grondwaterstand plotseling zeer hoog komt te staan (veldlocaties). Een voortdurende hoge grondwaterstand kan een geleidelijke maar aanhoudende afname in vitaliteit veroorzaken. Indien de vernatting opgeheven wordt of gedeeltelijk wordt teruggedraaid (boswachterij Gees en 't Leenderbos) hoeven de bomen geen blijvende schade te ondervinden. Uitzonderd de laagst gelegen delen waar door de vernatting een acute sterfte kan zijn opgetreden.

De effectieve neerslag speelt eveneens een belangrijke rol. Pieken in de neerslag kunnen het effect van vernattingsmaatregelen versterken, tijdelijk minder neerslag kan deze verminderen. De directe invloed van neerslag op de diktegroei is in dit onderzoek statistisch niet aangetoond. Dit geldt ook voor de invloed van de grondwaterstand. Aangezien deze factoren een zeer belangrijk onderdeel uitmaken van de groeiplaatsomstandigheden mag verwacht worden dat de combinatie van neerslag en grondwaterstand wel een duidelijke invloed heeft op de diktegroei van de bomen. De reactie van bomen op vernatting is namelijk sterker wanneer deze samengaat met een nat jaar. Het door vernatting verhoogde peil wordt sterker verhoogd door de extra hoeveelheid neerslag.

In het hydrologisch proefveld Geestmerambacht wordt de grondwaterstand kunstmatig stabiel gehouden. De bomen beschikken dan, ongeacht de neerslaghoeveelheid, over capillair water. Een periode van droogte heeft hierdoor veel

minder invloed dan onder natuurlijke omstandigheden. Wanneer veel neerslag valt is de hoeveelheid beschikbaar water in de bodem groter; zowel capillair water als hangwater. Te veel neerslag kan ook in het hydrologische proefveld Geestmerambacht een negatief effect op de groei van de bomen hebben, omdat de omstandigheden dan te nat kunnen worden.

Voor de methode van vernatten geven Remesal en van der Hoek (Remesal e.a, 2000) een goede aanbeveling. Zij raden af om op gronden met een grondwaterprofiel ondiepe sloten volledig te dempen als vernattingsmaatregel. Door een dergelijke maatregel wordt gedurende de winterperiode de piekafvoer van water belemmerd. Door deze maatregel wordt de GHG verhoogd. In de zomer, vaak een periode van watertekort, heeft dit weinig tot geen effect. In 't Leenderbos en boswachterij Gees is op deze manier vernat met als gevolg dat het water op het maaiveld stond en de vitaliteit van de opstand met name in de lagere delen van de opstand aangetast werd. Verhoging van de GLG zal betere resultaten kunnen geven (figuur 1). Ook dit moet voorzichtig worden doorgevoerd om de verstoring zo klein mogelijk te houden.

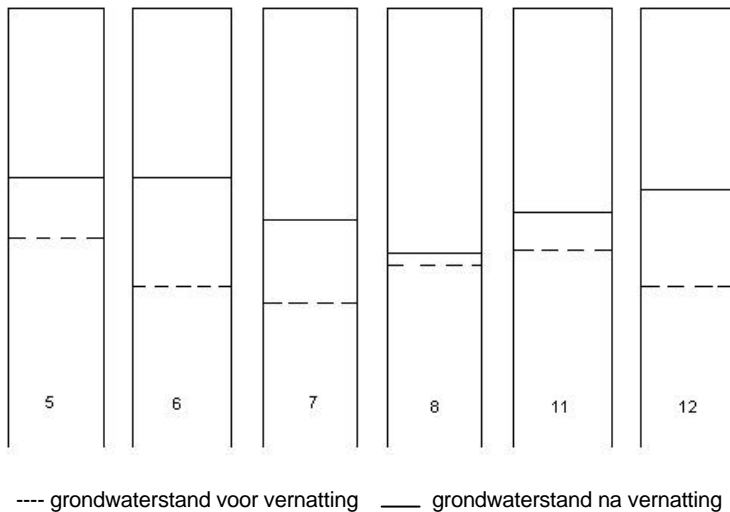
De hoogteligging van de bomen ten opzichte van de grondwaterstand is belangrijk voor de onderlinge vergelijking. De consequentie van het feit dat alleen bomen zijn bemonsterd die de vernatting overleefd hebben, is dat boomsoorten binnen dezelfde hoogtengroep niet als vanzelfsprekend met elkaar kunnen worden vergeleken. In delen van de veldlocaties zijn op soms grote schaal bomen doodgegaan. Het ontbreken van exacte peil- en hoogtegegevens in die locaties maakt het doen van uitspraken over de oorzaken moeilijker. De gestorven beuk en douglas in boswachterij Gees bevonden zich op een lager grondniveau dan de bemonsterde bomen. Daarnaast kunnen de zomereiken die bemonsterd zijn (en dus niet acuut aan de vernatting zijn gestorven) zich op hetzelfde niveau bevinden als de beuken die gestorven zijn. Het doen van uitspraken over de verschillende reacties van boomsoorten op vernatting moet daarom voorzichtig gebeuren.

De beuk en zomereik, boomsoorten die veel in het Nederlandse bos voorkomen, reageren anders op vernatting. De aanname dat zomereik vernatting beter verdraagt dan beuk wordt door de onderzoeksresultaten niet geheel onderschreven. De beuken vertonen aanvankelijk een duidelijke verstoring door de vernatting (figuur 8). Ook de sterfte onder de beuken in de lagere delen wijst erop dat de beuk negatief reageerde op de vernattingsingrepen. Na deze aanvankelijke verstoring lijkt echter herstel op te treden. De zomereiken daarentegen vertoonden weliswaar geen grote sterfte, maar een sterkere en langdurige afname in de diktegroei. Gedurende deze periode van verminderde vitaliteit, zijn bomen kwetsbaarder voor schadelijke insecten (zoals blijkt in Mensingebos). Dit risico op langere termijn lijkt vooral voor de zomereik te gelden gezien het bestaan van zeer schadelijke secundaire aantastingen bij deze boomsoort. In het onderzoek is rekening gehouden met zoveel mogelijk factoren die invloed op bomen in bosverband hebben; zoals beheer, plagen, neerslag en grondwaterstand. Hoe zwaar de factoren wegen op de diktegroei van de boom is echter niet altijd goed te zien. Het droge jaar 1976 is bij de meeste bomen duidelijk te herkennen aan een sterke achteruitgang in groei. In de groei van de douglasopstand in 't Leenderbos is dit echter minder duidelijk te zien. De rol van bodemchemie bij vernatting en de aanwezigheid van storende lagen of

een vergraven profiel zijn aspecten die in dit onderzoek niet volledig konden worden uitgelicht. Ook de gedragingen van mycorrhiza als gevolg van fluctuaties en verhoging van de grondwaterstand zijn niet duidelijk.

In het Mensingebos is eikensterfte op grote schaal geconstateerd. Aangezien de vernatting daar al enige tijd geleden is uitgevoerd, is het niet waarschijnlijk dat vernatting als enige oorzaak van deze sterfte is aan te wijzen. De verwachting is dat de afname in vitaliteit door vernatting de eiken vatbaar heeft gemaakt voor insectenaantastingen. De eikenprachtkeverplaag in het gebied weerhoudt de aanpassing en het herstel van de bomen op de vernatting. Het is waarschijnlijk dat de eiken hierdoor niet herstellen. Dit wordt ook onderschreven door Oosterbaan e.a. (2001). De eikenprachtkever is normaal gesproken een secundaire aantasting, maar kan in zeer groten getale ook gezonde bomen doden.

De bewortelbare ruimte is van groot belang voor bomen. Door de vernatting treedt hierin een verandering op. In het hydrologisch proefveld Geestmerambacht zijn twee verschillende vernattingsregimes uitgevoerd; licht en sterk. Bij de sterke vernatting is het peil meer verhoogd (figuur 17). Dit resulteert echter niet zonder meer in een kleinere bewortelbare ruimte ten opzichte van de licht vernatte velden omdat er verschillen in de uitgangssituatie waren. Zo is bij de velden 5 en 6 te zien dat veld 6 een sterkere vernatting heeft ondergaan, maar dat de bewortelbare ruimte van beide velden na de vernatting gelijk is. Voor de andere velden is het verschil in uiteindelijke bewortelbare ruimte ook nagenoeg gelijk. Diepwortelende soorten kunnen in de sterk vernatte velden echter wel met wortelsterfte te maken krijgen, aangezien deze vóór de vernatting dieper konden wortelen. De kleine verschillen in uiteindelijke bewortelbare ruimte kunnen verklaren waarom de licht en sterk vernatte velden weinig van elkaar afwijken. De gegevens wekken de indruk dat de groei van de bomen op de sterk vernatte velden iets minder is dan op de licht vernatte velden. Dit kan veroorzaakt zijn doordat de totale stijging in de sterk vernatte velden het grootst is. Tijdens het wortelonderzoek in 2001 zal blijken of hier de meeste wortels zijn doodgegaan.



Figuur 17 gerealiseerde vernattingsregimes Geestmerambacht

De vitaliteitsachteruitgang die door de vernatting in de veldlocaties is ingezet lijkt bij de hoge groepen in eerste instantie het sterkst (figuur 7). Dit is opvallend, aangezien er in de onderzoeksopzet vanuit werd gegaan dat de laaggelegen bomen de meeste invloed van de vernatting zouden ondervinden. De hooggelegen bomen zouden geen of heel weinig hinder van de vernatting ondervinden. Vermoedelijk zijn bomen op lager gelegen delen van een terrein minder gevoelig voor de (tijdelijk) hoge grondwaterstanden dan bomen op drogere groeiplaatsen, omdat ze al aan natte omstandigheden zijn aangepast. Bomen op de hogere delen zijn natte omstandigheden niet gewend en hebben dan te maken met een grotere verstoring.

In de statistische bewerking van de gegevens is gebruik gemaakt van de BACI-methode dat de verschillen voor en na de ingreep bekijkt. Dit model is gebaseerd op onafhankelijke waarnemingen in de tijd en gaat ervan uit dat er geen autocorrelatie binnen gegevensreeksen zijn. In de jaarringdiktes van de onderzoekslocaties is lichte autocorrelatie geconstateerd. De waarden zijn dus niet geheel onafhankelijk. Het gegeven dat er autocorrelatie bestaat in gegevensreeksen bij bomen wordt ook beschreven door Alfaro en MacDonald (1988). De betrouwbaarheid van de toets wordt daardoor minder groot. Tevens wordt er in het BACI-model vanuit gegaan dat de ingreep op de 'impactgroep' geen invloed heeft op de 'controlegroep'. De impactgroep wordt hieraan getoetst. In dit onderzoek heeft de ingreep invloed op beide groepen. Omdat de controle- en impactgroepen aan elkaar getoetst worden is het belangrijk dat het effect op de controlegroep klein is. Voor statistische bewerkingen van de gegevens zoals in dit onderzoek is op dit moment de BACI-methode, ondanks genoemde onzuiverheden, toch het meest bruikbaar. Bij toepassing van het model op de onderzoeksgegevens is echter gebleken dat de waargenomen verandering in jaarringdikte en de verandering in het verschil tussen de controle en impactgroep meestal niet significant zijn. Bij het Mensingebos geeft de BACI-methode wel een significantie aan voor de veranderingen door vernatting.

Bij alle veldlocaties is in de laatst gemeten jaarring een toename in groei waargenomen. Dit zou wijzen op herstel van de bomen. In het Mensingebos is dit gegeven opmerkelijk, omdat daar sinds de opname veel bomen zijn gestorven. Een aantal van de bemonsterde bomen is inmiddels zelf gestorven. Deze tegenstelling is moeilijk te verklaren. Geraadpleegde literatuur en navraag bij deskundigen heeft geen duidelijkheid geschapen.

Bij de meeste locaties is de vernatting vrij recent ingezet. Hierdoor is slechts een korte meetserie van na de vernatting beschikbaar. De vernatting in de veldlocatie 't Leenderbos is pas in 1996 uitgevoerd. Dit betekent dat slechts van drie jaren na de vernatting gegevens beschikbaar zijn. Hierdoor is het toekennen van een oorzakelijk verband tussen de ingreep en de veranderingen in diktegroei moeilijker. De invloed van andere aspecten kan over zo'n korte periode namelijk minder eenvoudig worden vastgesteld. Vernattingsonderzoek door middel van jaarringanalyse lijkt daarom het beste uitgevoerd te kunnen worden wanneer minimaal vijf jaar zijn verstreken. Dan kunnen langdurige effecten worden beoordeeld. Massale sterfte is een effect dat waarschijnlijk het jaar volgend op de vernatting al intreedt.

Ook in het hydrologisch proefveld Geestmerambacht is de reeks na de vernatting kort. Bovendien is de groei in 1999 niet opgenomen, waardoor het waarnemen van fluctuaties na de vernatting lastig is. Daarnaast is door de verschillende vernattingsregimes, boomsoorten en bodemsoorten de opzet van de proeflocatie ingewikkeld. Wellicht kan een uitgebreidere statistische analyse meer verbanden aan het licht brengen (bijv. multiple regressie onderzoek).

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat de resultaten van dit onderzoek niet zonder meer gebruikt kunnen worden bij het maken van vergelijkingen. Hiermee rekening houdend kunnen wel een aantal conclusies worden getrokken en aanbevelingen gedaan. Deze zijn in het volgende hoofdstuk beschreven.





## 6 Conclusies en aanbevelingen

De conclusies en aanbevelingen zijn gedeeltelijk per onderzoeksvraag uitgewerkt. Op de vraag “Welke (periodieke) verhoging van de grondwaterstand is voor bomen aanvaardbaar?” is in dit onderzoek geen antwoord gevonden. In § 2.2.2 is een referentiebeeld van boomsoorten geschetst op basis van literatuuronderzoek. Om conclusies te kunnen trekken die op een breder scala van locaties toepasbaar zijn, wordt aangeraden om dit onderzoek uit te breiden met andere locaties, maar ook de huidige locaties op een later tijdstip nogmaals te onderzoeken. Dan kan meer gezegd worden over eventueel herstel of nog toenemende schade op de langere termijn.

- **Welke reacties van bomen op vernatting zijn waar te nemen in de diktegroei?** en
- **Hoe reageren verschillende boomsoorten op vernattingsmaatregelen?**

Bij de meeste bomen is een verandering in de groei opgetreden na de vernatting. Deze verandering is afhankelijk van de boomsoort, locatie, leeftijd, manier en mate/methode van vernatting.

De bomen in de veldlocaties laten over het algemeen na de vernatting een afname van de groei zien, met uitzondering van enkele groepen en alle beuken in boswachterij Gees, waar de groei stabiel blijft. Waarschijnlijk is de hoeveelheid beschikbaar vocht na de vernatting voor deze ‘uitzonderingen’ gunstiger. Wanneer gekeken wordt naar de gegevens van de veldlocaties en het hydrologisch proefveld Geestmerambacht lijkt het dat een onderscheid gemaakt kan worden tussen oud en jong bos. Het jonge bos reageert in eerste instantie minder heftig op de vernatting. De jonge bomen lijken flexibeler te reageren.

De reactie op langere termijn is moeilijk te bepalen aangezien de meetperiode na de vernatting kort is. In het Mensingebos is de periode na de vernatting wel langer maar daar spelen secundaire aantastingen een grote rol. Ondanks de korte meetperiode lijkt de beuk in de veldlocaties geen negatieve gevolgen te ondervinden van de vernatting. Ook de zomereik en de douglas lijken zich na de aanvankelijke verstoring van de vernatting te herstellen. Dit geldt alleen voor de bomen die niet direct zijn gestorven. Bij een ingrijpende vernattingsingreep kan grootschalige sterfte optreden, vooral in beuk en douglas.

Als de bomen in eerste instantie de verstoring van de vernatting overleven is de kans op herstel groot. Ondervinden ze echter, door afname van vitaliteit hinder van secundaire aantastingen dan lijkt de herstelkans klein. Dit is terug te zien in Mensingebos; daar sterft de zomereik waarschijnlijk door insectenaantastingen. De in eerste instantie negatieve reactie van zomereik en douglas kan komen doordat deze in tegenstelling tot de beuk diep wortelen. Hierdoor kunnen ze eerder last van hoge grondwaterstanden hebben. In het hydrologisch proefveld Geestmerambacht is echter te zien dat de zomereik na de vernatting een minder goede groei vertoont dan

de gewone es terwijl deze beiden diep wortelen. Ook reageren de bomen die ondiep wortelen met een slechtere groei dan de bomen die dieper wortelen. Dit lijkt er op te wijzen dat boomsoorten in een jonge fase (zoals in de hydrologisch proefveld Geestmerambacht) beter in staat zijn zich aan te passen, ongeacht de diepte van beworteling.

Uit veldbezoek bleek dat relatief meer douglas, Japanse lariks en beuk dood gaan in de lage delen van het terrein dan zomereik. Een slechtere reactie van deze boomsoorten in de jaarringanalyse komt echter niet naar voren. Dit wijst er op dat bij bovengenoemde boomsoorten meer individuen sterven wanneer de grondwaterstand extreem hoog is, maar dat de bomen die overleven voldoende sterk zijn dat herstel snel optreedt. Vitaliteitsonderzoek in combinatie met jaarringanalyse zou een mogelijkheid zijn om hierover meer duidelijkheid te krijgen.

- **Welk onderscheid is te maken in de reacties van bomen op hoge grondwaterstanden die in verschillende periodes van het jaar voorkomen (met betrekking tot de verandering van de GLG, GHG, GVG)?**

Verwacht wordt dat vernatting uitgevoerd door alleen het verhogen van de GHG niet optimaal is. Bij het verhogen van de GHG wordt alleen de grondwaterstand in de winter en het voorjaar verhoogd. Het peil in de zomer blijft vrijwel gelijk. Hierdoor treden na een vernattingsingreep grotere verschillen op tussen de grondwaterstand in het voorjaar en de zomer dan voorheen. Staat de grondwaterstand in het voorjaar te hoog dan is de kans groot dat er wortels afsterven. Hierdoor zijn in de zomer minder wortels aanwezig en kan er nog minder water opgenomen worden. Na de vernatting zou dan eerder verdroging in de zomer optreden met vitaliteitsverlies als gevolg. De verstoring wordt hierdoor vergroot, terwijl deze juist zo klein mogelijk moet worden gehouden. Indien de verstoring klein wordt gehouden hebben de bomen een grotere kans om zich aan de veranderingen aan te passen. Bij een verhoging van de GLG, dus in de zomerperiode, is het aanbod van water meer constant.

De verschillen binnen het groeiseizoen worden kleiner gehouden. Wel moet dit langzaam ingevoerd worden, omdat de wortels anders toch te maken krijgen met een te grote verstoring.

Het verhogen van de GLG is echter minder eenvoudig te realiseren dan verhoging van de GHG, omdat om GLG-aanpassingen te doen maatregelen op regionaal niveau moeten worden genomen. In de praktijk wordt de verhoging van de GLG voornamelijk toegepast voor het herstellen van natuurwaarde in beekdalen. Het grondwaterpeil in hoger gelegen gebieden (waaronder bosgebieden) wordt dan verhoogd om de kwelstroming naar het beekdal te verbeteren. In de hogere delen is dan sprake van een GHG verhoging.

Indien overwogen wordt om te gaan vernatten is het belangrijk om te weten wat met de vernatting bereikt moet worden. De toekomstbeelden moeten zo realistisch mogelijk beschreven worden. Daarnaast is het van belang om goed te bekijken of dit

beeld wel gehaald kan worden binnen de randvoorwaarden. Risico's moeten goed worden ingeschat. Bij vernatting door het verhogen van de GHG is het gevaar van bossterfte door aanhoudende hoge grondwaterstanden en secundaire aantastingen reëel. Het terugdraaien van alle maatregelen in het opvolgende jaar lijkt geen optimale oplossing, omdat door de plotselinge overgang van zeer nat naar zeer droog grote verstoring ontstaat. Het lijkt het beste vernattingsmaatregelen geleidelijk in te voeren. Wanneer daarbij de maatregelen zo worden uitgevoerd dat regulatie achteraf mogelijk is, kan ook ingespeeld worden op onvoorspelbare variabelen zoals neerslag. Het optreden van hoge grondwaterstanden in het winterseizoen lijkt geen schade te geven, wel moet zoveel mogelijk worden voorkomen dat de grondwaterstanden tot ver in het voorjaar te hoog staan. Het gebruiken van regelbare stuwen en afneembare elleboogstukken\* op duikers zijn mogelijkheden voor regulatie. Hiermee kan het water in het gebied worden gehouden, en snel worden afgevoerd wanneer er sprake is van een piekbelasting.

Vooralsnog is er geen duidelijk zicht op de effecten van vernattingsmaatregelen op mycorrhiza en bodemchemie. Deze kunnen op middellange en lange termijn grote gevolgen hebben voor de vitaliteit en groei van de boom. Onderzoek op dit gebied zou meer inzicht kunnen geven in de gevolgen van vernatting voor bomen.

Het inzicht in de effecten van vernatting op bomen zijn aan de hand van dit onderzoek niet volledig bekend geworden, maar voor de meeste bomen geldt dat door vernatting een verstoring in het groeipatroon optreedt. Herstel treedt meestal na een aantal jaren op, als de acute schade niet te groot was.



## Literatuurlijst

Alfaro & MacDonald (1988). Effects of defoliation by the western false hemlock looper on Douglas-fir treering chronologies. *Tree-ring-bulletin*. 1998, vol.48, 3-11, 21 ref.

Atsma, J., & Velt, in 't, J. (1999), *Stadsbomen vademecum groeiplaats en aanplant deel 2*, IPC Groene Ruimte, Arnhem.

Berendsen, H.J.A. (1997). *Landschappelijk Nederland, fysische geografie van Nederland*. Van Gorcum, Assen.

Beusekom, C.F. van, e.a., Studiecommissie Waterbeheer Natuur, Bos en Landschap (1990). *Handboek Grondwaterbeheer voor Natuur, Bos en Landschap*. Sdu-uitgeverij, 's-Gravenhage.

Boer, M. de, e.a. (1998). *Nationaal Milieubeleidsplan III*. Ministeries van VROM; EZ; LNV; Financiën; Verkeer & Waterstaat en Ontwikkelingssamenwerking, 's-Gravenhage.

Boerma, P.N. & Buiting R. (1998). *Reader bodem en water, groeiplaats & Bodemgeschiktheid (2<sup>e</sup> druk)*. IAH Larenstein, Velp.

Braak, C J F ter & Smilauer, P. (1998). *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.

Dienst Milieu en Water (red.) (1995). *Water in uitvoering, Evaluatie van het Waterhuishoudingsplan en anticipatie op een volgend plan, Beleidsnota*. Provinciaal Bestuur van Noord-Holland, Haarlem.

IAH Larenstein. *Basisboek loofboomsoorten*. IAH Larenstein, Velp.

*IAH Larenstein. Basisboek naaldboomsoorten*. IAH Larenstein, Velp.

*IAH Larenstein. Bos & Milieu*. IAH Larenstein, Velp.

Kooij, C.A. van der, e.a. (1998). *Vernatting Randmeren Flevoland mogelijkheden, referenties, voorbeeldprojecten en sleutelfactoren*. IBN-DLO, Wageningen. Rapport 351.

Kopinga, J. & Olsthoorn, A.F.M. (2001). *Voorstel voor een "Groene Legenda" bij de inventarisatie en kartering van knelpunten die zich kunnen gaan doen bij*

- boombeplantingen in het gebied Zuid-Kennemerland als gevolg van de op handen zijnde grondwaterstijging (Concept). Alterra, Wageningen.
- Koppe, J.A., e.a. (2000). Interim rapportage van het hydrologisch proefveld Geestmerambacht 2000, een overzicht van beschikbare gegevens en eerste resultaten. Alterra. Rapport 277 Wageningen.
- Lange, A. de (1995). Vernatting, het omgekeerde van verdroging. ROM magazine, november 1995, nummer 11: 19-21
- Locher, W.P. & Bakker, H. de (1990). Bodemkunde van Nederland Deel 1 & 2. Malmberg, Den Bosch.
- Mekkink, P. & Hurk J.A., van den (1975). Boswachterij Gees, Bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid. Stiboka, Wageningen. Rapport 1094.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (1993). Bosbeleidsplan, regeringsbeslissing. Den Haag Offset, Den Haag.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (1986). Meerjarenplan bosbouw, 's-Gravenhage.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (2000). Natuur voor mensen, mensen voor natuur, nota natuur, bos en landschap in de 21<sup>e</sup> eeuw. Slinger Alkmaar.
- Ministerie van Verkeer & Waterstaat (1994). 3<sup>de</sup> Nota Waterhuishouding, water voor nu en later. 's-Gravenhage.
- Ministerie van Verkeer & Waterstaat (1998). 4<sup>de</sup> Nota Waterhuishouding, regeringsvoornemen. Sdu Uitgevers, Den Haag.
- Moraal, L.G. (1999). In bossen, natuurgebieden en wegbeplantingen, Insectenplagen op bomen en struiken in 1998. Nederlands bosbouw tijdschrift 1999, blz 138 – 143
- Olsthoorn, A.F.M., G.W. Tolkamp en M.J. Koch (2001). Effecten van vernatting op de groei en vitaliteit van, eik, beuk en Douglas in Roden, Leende en Gees. Alterra. Rapport 276.
- Ooms-Wilms, A.L., Houdijk, A.L.F.M. & Uitert, M.A.M. van (red.) (1997). Beleidsindicatoren, waterhuishoudingsplan provincie Noord-Holland 1998-2002 (Concept). Provinciaal Bestuur van Noord-Holland, Haarlem.
- Phipps, R.L. (1985). Collecting, preparing, crossdating, and measuring tree increment cores. U.S. Geological Survey. Rapport 85-4148, V 116.
- Provinciale Staten Drenthe, (1999). Provinciaal omgevingsplan provincie Drenthe. Provincie Drenthe, Assen.

Provincie Noord-Brabant, (1998). Waterhuishoudingsplan 2, samen werken aan water (plantekst 1998 -2002). PABO-Prestige, Tilburg.  
Rees, M.T. van (1997). Uitvoering bovengronds onderzoek, modulboek. Helicon Opleidingen, Velp.

Remesal, L.M. & Hoek, W.F. van der (2000). Bestrijding van verdroging in bossen: kwestie van maatwerk. vakblad natuurbeheer, maart 2000 nummer 3: 35-38

Schütz, P.R. & Tol, G. van (red.) (1982). Aanleg en beheer van bos en beplantingen. De Dorschkamp, Wageningen.

Siebel, H.N. (1993). Bosontwikkeling in de Lauwersmeer, de te verwachten gevolgen van de veranderingen in de waterhuishouding voor de bosontwikkeling in het Ballastplaatbos, het Diepsterbossen het zomerhuisbos. IBN-DLO, Wageningen. rapport 015.

Stewart-Oaten, A. e.a. (1986). Environmental impact assessment: "pseudo-replication" in time?. Ecology, 1986, vol. 67: 929-940

Stumpe, J. & Tielrooij, F., Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw (2000). Waterbeleid in de 21<sup>e</sup> eeuw: geef water de ruimte die het verdient. Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw, Den Haag.

Vis, T. (1967). Boswachterij 't Leenderbos, bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid, Stiboka, Bennekom. Rapport 696.

Voorhoeve, A.G., e.a. (1988). Bosplantsoen. 4<sup>de</sup> incidenteel gecorrigeerde druk, Praktijkschool Arnhem, Arnhem.





## Verklarende woordenlijst en afkortingen

effectieve neerslag	Neerslag – gewasverdamping (in mm).
elleboogstuk	Een PVC-buis met een hoek van 90 graden dusdanig geplaatst op een duiker dat alleen bij een hoog waterpeil het water wegloopt.
gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG)	gemiddelde grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen (1 april). Afgeleid van de formule: $GVG = GHG + 0,2 \times (GLG - GHG) + 5$ (in cm).
strook	Een stuk grond in hydrologisch proefveld Geestmerambacht waarin hetzelfde grondwaterpeil wordt gehandhaafd. Op een strook staan acht boomsoorten.
veld	Een deel van een strook waarop één boomsoort staat.
verdroging	Verlaging van het grondwaterpeil door bijvoorbeeld grondwaterwinning, verbeterde ontwatering ten behoeve van de landbouw of ontginningen voor productiebossen.
vernatting	Het permanent verhogen van het grondwaterpeil.
vernattingsregime	Een term voor de methode die gebruikt is om te vernatten en het daarbijbehorende grondwaterpeil dat is gerealiseerd.

*Verbeterde indeling in grondwatertrappen volgens STIBOKA (1977)*

Gt	GHG	GLG	Toelichting	Ontwateringstoestand
I	0 - 40	0 - 50	hoge GHG, hoge GLG	vrij tot zeer ondiep
II	0 - 25	50 - 80	hoge GHG, intermediaire GLG	vrij tot zeer ondiep
II*	25 - 40	50 - 80	hoge GHG, intermediaire GLG	matig diep
III	0 - 25	80 - 120	hoge GHG, lage GLG	vrij tot zeer ondiep
III*	0 - 40	80 - 120	hoge GHG, lage GLG	matig diep
IV	40 - 120	80 - 120	intermediaire tot lage GHG, lage GLG	matig tot zeer ondiep
V	0 - 25	> 120	hoge GHG, zeer lage GLG	vrij tot zeer ondiep
V*	25 - 40	> 120	hoge GHG, zeer lage GLG	matig diep
VI	40 - 80	> 120	intermediaire GHG, hoge GLG	vrij diep
VII	80 - 140	> 120	zeer lage GHG, zeer lage GLG	zeer diep
VII*	> 140	> 120	extreem lage GHG, zeer lage GLG	extreem diep



# Bijlage I Gebiedsbeschrijving

## I.i Gebiedsbeschrijving veldlocaties

### I.i.i Mensingebos

Mensingebos ligt in het noordoosten van Drenthe, even ten zuiden van Roden. Rond 1900 is het gebied bebost. Het bos bestaat onder andere uit inlandse eik, grove den, beuk en berk. Mensingebos is een bos met een multifunctionele doelstelling. Door de keileem in de ondergrond is het een tamelijk nat bos. De opstanden in de afdelingen 6k en 6j zijn gebruikt voor het onderzoek.



#### *Vernatting*

Ten behoeve van een verbeterde kwelstroom in het naastgelegen beekdal is in 1988 het waterpeil in het Mensingebos opgezet. Dit is gebeurd door het plaatsen van elleboogstukken op de duikers en het afsluiten van afwateringen. Het waterpeil is opgehoogd tot maximaal 20cm onder maaiveld. Dit betekent dat het waterpeil in sommige delen 80cm is verhoogd. Het bos heeft niet blank gestaan.

Het type vernatting wat in Mensingebos is doorgevoerd is een gecontroleerde verhoging van de GHG. Vanaf de eerste aanplant groeide de zomereiken vrij slecht. Tot 1997 zijn geen grote zichtbare effecten geconstateerd. Sinds 1997 is er een enorme sterfte van zomereiken in het gebied. Zowel op de lage als op de hoge gronden. Ook komt de eikenprachtkever massaal voor.

#### *Geologische bodemopbouw*

De geologische bodemopbouw bestaat van boven naar beneden achtereenvolgens uit de Formaties van Twente, Drenthe, Eindhoven en Peelo. De Formatie van Twente is een dunne laag dekzand en vormt het eerste watervoerend pakket. De keileem van de Formatie van Drenthe zit op minder dan 120cm onder maaiveld en is de eerste scheidende laag. Deze wordt gevolgd door het tweede watervoerend pakket (Form. van Eindhoven). Onder deze Formatie ligt een scheidende laag van potklei gevormd door de Form. van Peelo.

#### *Bodem*

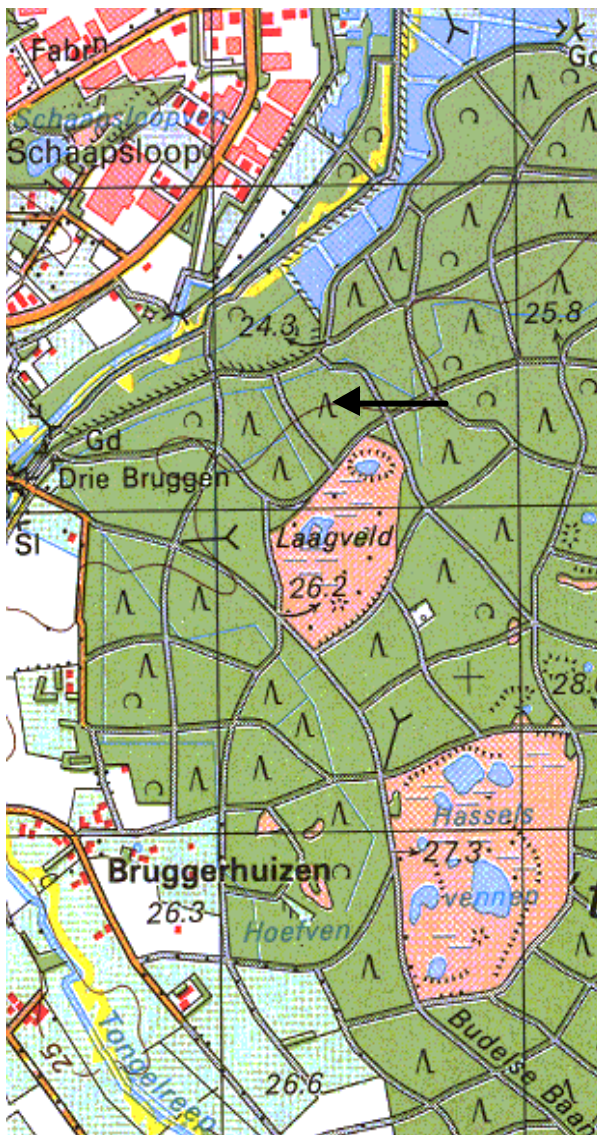
De bodem is een vergraven veldpodzol met leemarm en zwak lemig fijn zand (Hn21). Tussen de 40 en 120cm begint een keileemlaag, hierdoor kunnen schijnwaterspiegels optreden.

### Afdeling 6k en 6j

Afdeling 6k is een grove dennenopstand en 6j is een zomereikenopstand. Beiden zijn in 1904 aangeplant. Ook groeien berk en beuk in deze afdelingen. Het merendeel van de zomereiken hebben een zeer slechte vitaliteit, zijn stervende of reeds gestorven. De zomereiken zijn veelal aangetast door de eikenprachtkever. De beuken en grove dennen verkeren in een iets betere toestand. Bij veel beuken is een gedeelte van de top dood, maar lijkt de boom een nieuwe kroon gevormd te hebben. In het gebied heerst grondwatertrap V. De ondergroei in het droge deel het proefvlak bestaat uit bosbes (50cm hoogte). In het droge deel bestaat de ondergroei voornamelijk uit braam en varen. Sinds de vernatting is er geen verandering in de ondergroei waargenomen. Tussen het droge en natte deel kan een verschil in het grondwaterpeil zijn van 60cm.

### I.i.ii 't Leenderbos

't Leenderbos bij Leende ligt ten zuiden van Valkenswaard tegen de Belgische grens. 't Leenderbos is 1575 hectare groot. Ten oosten en westen van het bos liggen beekdalen. 't Leenderbos is rond 1930 aangekocht. Na de aankoop is het aangeplant en zijn er sloten aangelegd. Ongeveer driekwart van het bos is naaldbos. Op de natte delen is onder andere inlandse eik aangeplant. In het bos wordt een multifunctionele doelstelling nagestreefd. Voor het onderzoek is vak 39 geselecteerd.



### Vernatting

De droogte van eind jaren 80 was de aanleiding voor de vernatting. Door de opeenvolgende droge jaren veranderde de vegetatie. De aan natte milieus gerelateerde vegetatie rond de vennen verdween steeds meer. In 1996 zijn de eerste stappen ondernomen om te vernatting door sloten af te dammen. De afdamming en de zware neerslag in 1998 leidden tot het blank staan van delen van het bos. Plaatselijk stond 20 tot 30cm water op het maaiveld. Op de lage delen is veel douglas en een aantal zomereiken gestorven. In de loop der jaren zijn veel afgedamde sloten weer geopend om het bos begaanbaar te houden voor recreanten. In de toekomst wordt een meer controleerbare vernatting nagestreefd. De houtproductie mag niet te zwaar gaan leiden onder de vernatting.

### Geologische bodemopbouw

De diepste lagen zijn de Formaties van Kedichem en Tegelen. Daarna is onder invloed van de Rijn en Maas in het begin van het Saalien een grindhoudend vanaf hoogterraszand (Form. van Sterksel) ontstaan. Deze werden gedurende het Elsterien tot en met het Eemien afgedekt met eolische en periglaciale fijne zanden. De dekzanden van de Formaties van Twente en Eindhoven zijn niet te onderscheiden. Deze worden samengevat in de Nuenengroep. Het bedekt, tenzij het nadien is geërodeerd, het hoogterras. Plaatselijk zijn massieve leemlagen afgezet ook wel Brabants leem genoemd. In het Holoceen trad in de vennen en in erosiedalen rondom het hoogterras veengroei op (Form. van Singgraven), terwijl in andere delen verstuingen ontstonden (Form. van Kootwijk).

### Bodem

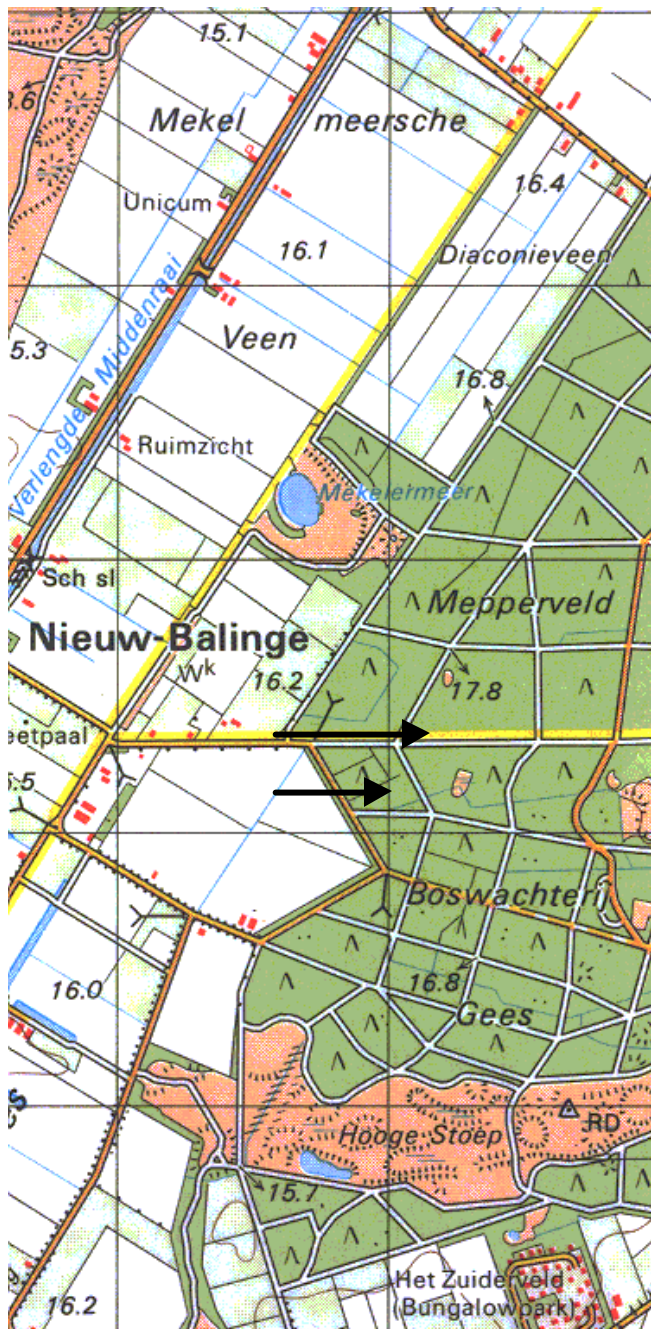
De bodem van het proefvlak bestaat uit een veldpodzolgrond met leemarm zwak lemig fijn zand (Hn21). Voor de aanleg van het bos is de grond vergraven.

### Vak 39

Dit vak is een douglasopstand uit 1937. In het vak heerst een grondwatertrap VI. In 't Leenderbos vertonen de meeste boomsoorten een redelijke groei. In de natste delen zijn de zomereiken aangeplant omdat men er vanuit ging dat de overige boomsoorten minder goed tegen een hoog waterpeil zouden kunnen.

### Li.iii Boswachterij Gees

Boswachterij Gees ligt in Drenthe, tussen Hogeveen en Emmen. Het is ongeveer 750 hectare groot, hiervan is ongeveer 590 hectare bos. Het vormt een scheiding tussen een veenontginningsgebied en een beekdal. In het bos staat douglas, Japanse en Europese lariks, fijnspar, Amerikaanse eik, beuk en zomereik. Het is een multifunctioneel bos dat door keileem in de ondergrond erg nat is. De afwatering van het bos wordt geregeld door drie hoofdsloten. Deze afwatering verstoort de hydrologische samenhang met het beekdal. De opstanden in vak 34 en 49 zijn geselecteerd voor het onderzoek.



### Vernatting

De vernatting is uitgevoerd door de GHG te verhogen en is vrij rigoureuus geweest. De vernatting werd bewerkstelligd door duikers te dichten, dammen te leggen, geen slootonderhoud te plegen en extra stuwen te plaatsen. Door de zware regenval in 1993 en 1994 stond op 60ha het water op het maaiveld. Sommige delen stonden in mei nog blank. Grote delen bos waar Japanse lariks en beuk stonden zijn gestorven. In mei 1994 is besloten om de vernatting grotendeels terug te draaien om het bos te kunnen redden. Alleen de stuwen en één dam zijn gehandhaafd. Het waterpeil is desalniettemin toch permanent verhoogd. In de 60ha die blank stond zijn door de vernatting de meeste beuken en Japanse lariksen dood. Er zijn plannen om opnieuw een deel van het bos te vernattingen als een aanvullende hydrologische maatregel voor natuurherstel in het aangrenzende beekdal.

### Geologische bodemopbouw

De geologische bodemopbouw bestaat van boven naar beneden achtereenvolgens uit de Form. van Twente, Drente en Eindhoven. De formatie van Twente is een dunne laag dekzand en vormt het eerste watervoerend pakket. De keileem van de Formatie van Drente zit op minder dan 120cm onder maaiveld en is de eerste scheidende laag. Deze wordt gevolgd door het tweede watervoerend pakket (Form. van Eindhoven).

### Bodem

Beide opstanden bevinden zich op vergraven veldpodzolen met matig fijn zand. Na ongeveer 40cm begint een dekzandlaag van grove zand en/of grind. Dit gaat vervolgens (tussen 80 en 120cm) snel over in een keileempakket. Door het keileempakket kunnen schijnwaterspiegels optreden.

Vak 34

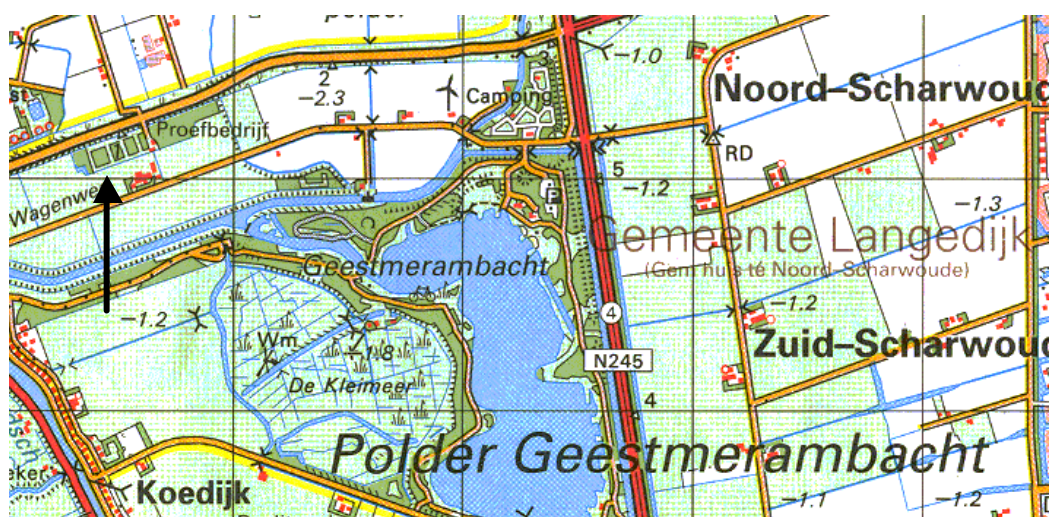
De opstand bestaat uit zomereik (1925). In het laagste deel van de opstand staat gedurende de winter het water tot boven het maaiveld. De sloten in dit deel kunnen het water niet afvoeren. Vak 34 had voor de vernatting een grondwatertrap VI. Het grondwater is voedselarm.

#### Vak 49

Dit vak is een vrij open opstand bestaande uit Japanse larken (1933) en beuken (1974). Aan de oostkant van dit vak is een sloot gedempt. Het zuidelijk deel is zeer nat. Het water staat gedurende de winter hoog. In de opstand heersen de grondwatertrappen V, V\* en VI. Het grondwater is voedselarm.

### I.ii Beschrijving proeflocatie Geestmerambacht

Geestmerambacht ligt in Noord-Holland ten noorden van Alkmaar. Bij Geestmerambacht is sinds de jaren 60 een hydrologisch proefveld waar onderzoek naar grondwaterfluctuaties plaatsvindt. Na een herinrichting in 1984 wordt het terrein gebruikt voor een verdrogingsonderzoek. Sinds 1996 vindt onderzoek naar vernatting plaats.



#### Vernatting

In een aantal stroken zijn in 1997 door een verandering in de vlotter- en overloopafstellingen op een hoger peil gebracht. De vernatting is doorgevoerd ten behoeve van onderzoek naar de effecten van vernatting. De vernatting betrof hier een verhoging van de GLG. Aanpassen van de mate van vernatting is mogelijk omdat het grondwaterpeil is te reguleren.

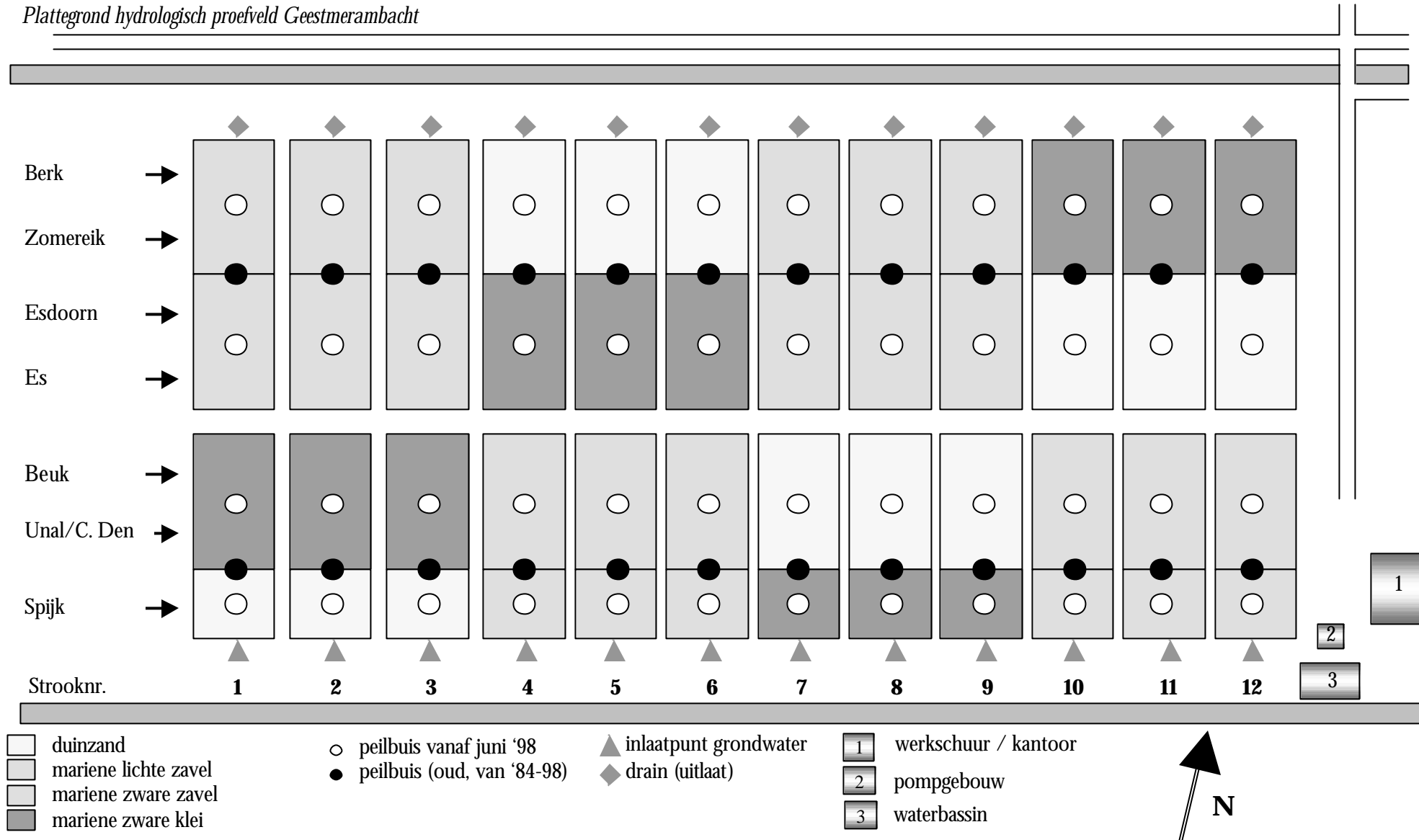
#### Geologische opbouw

Aan het einde van het Saalien en het gedurende Weichselien zijn klei en grind gesedimenteerd die behoren tot de formatie van Kreftenheye. Twee lagen van de formatie van Kreftenheye worden gescheiden door marine afzettingen (Eemformatie) uit het Eemien. De bovenste laag uit de formatie van Kreftenheye is aan het eind van het Weichselien afgedekt met dekzanden, kleien en venen (formatie van Twente). In het Holocene zijn tenslotte venen en pikklei van de Westlandformatie neergelegd. In Geestmerambacht is pikklei afgezet. De Pikklei is een kalkloze zware kleilaag die zeer slecht doorlatend is. In de pikklei zijn sleuven gegraven en opgevuld met verschillende substraten.

#### Bodem

De bodem in Geestmerambacht bestond oorspronkelijk uit enerzijds kalkrijke poldervaaggrond met zavel en profielverloop 3; 3 en 4; 4 en anderzijds kalkrijke poldervaaggrond met zware zavel en een profielverloop 5. Beide zijn zo vergraven zodat ze niet meer van elkaar te onderscheiden zijn en/of ze een kleinschalige afwisseling vertonen.

Plattegrond hydrologisch proefveld Geestmerambacht

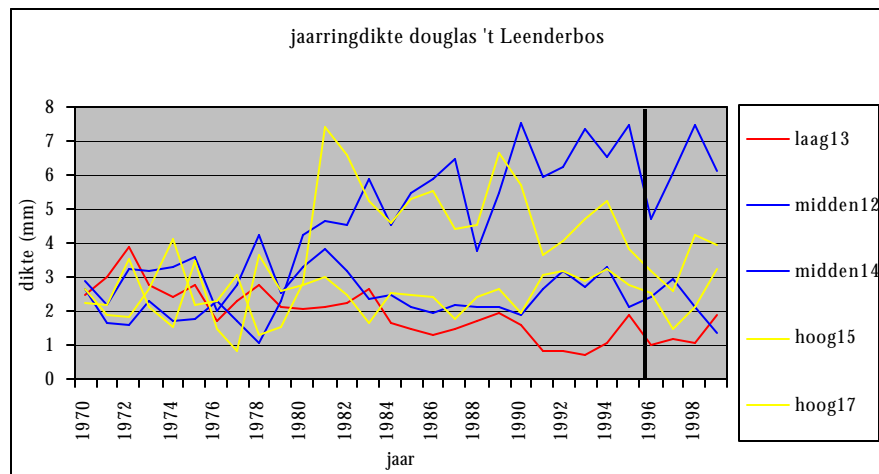
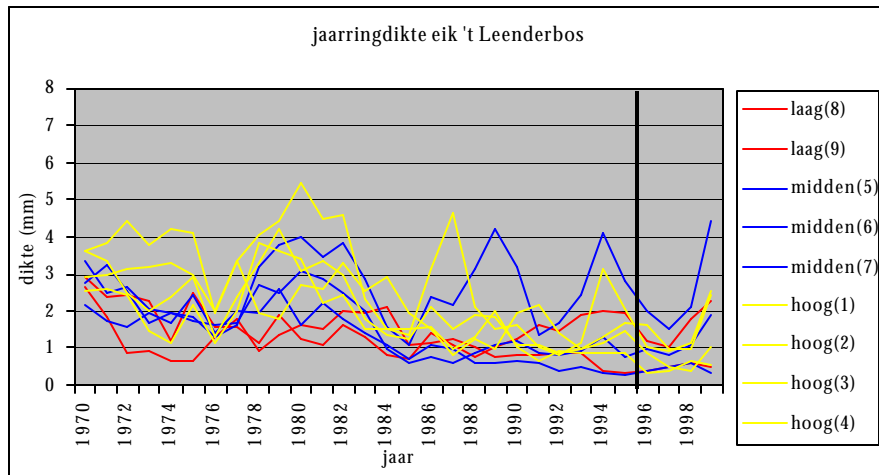
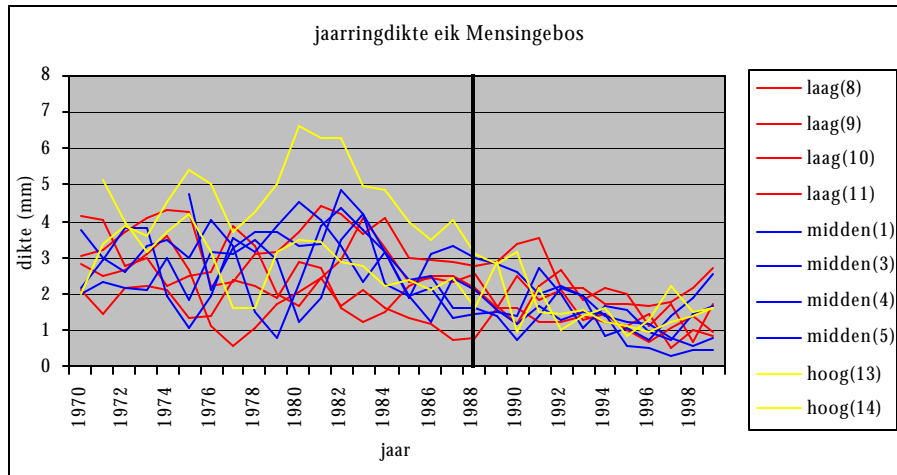


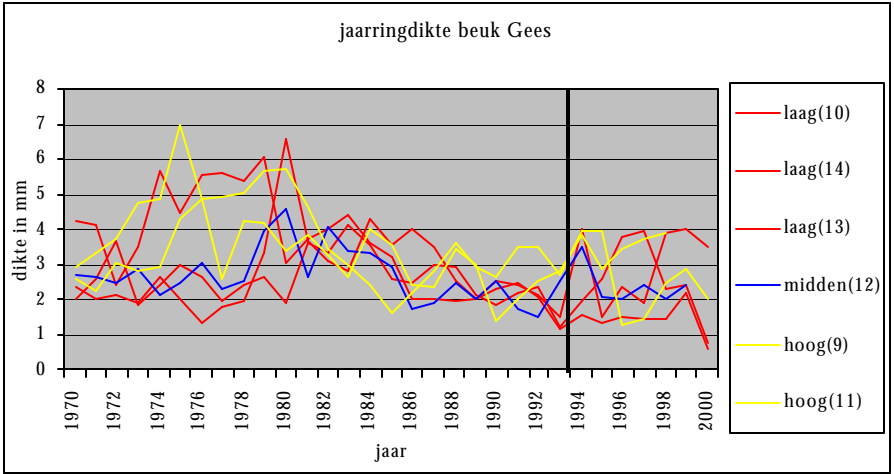
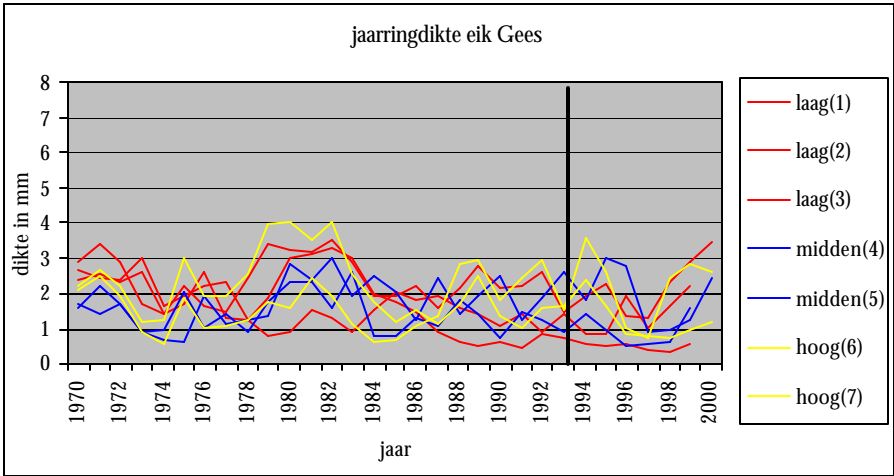
### *Proefvlakken*

In 1985 is het hydrologische proefveld Geestmerambacht geheel opnieuw ingericht en beplant met jonge bomen (plattegrond vorige pagina). De oorspronkelijk bodem is hierbij bewerkt tot de gewenste grondsoort verkregen was. Het hydrologisch proefveld bestaat uit 12 stroken van 15 x 120 meter, waarin middels een infiltratie en drainagesysteem 12 verschillende grondwaterstanden kunnen worden ingesteld. In de stroken zijn vier grondsoorten aangebracht: duinzand, mariene lichte zavel, mariene zware zavel en mariene zware klei (pikklei). Er zijn acht boomsoorten in de 12 stroken geplant: ruwe berk, zomereik, esdoorn, gewone es, beuk, Populus "Spijk", Populus "Unal" (zes veldjes), Corsicaanse den (zes veldjes). Sinds de aanplant zijn geen beheermaatregelen uitgevoerd.



## Bijlage II Resultaten veldlocaties





## **Bijlage III Beheer**

### **III.i Beheer Veldlocaties**

#### **III.i.i Mensingebos**

Overzicht betreft vakken 6K en J (voorheen 6H en G)

Sinds 1970 zijn in de vakken geen vellingen meer uitgevoerd. Over stormschade in 1972 zijn geen kwantitatieve gegevens bekend. In 1970 en 1975 is in afdeling 6J verpleging uitgevoerd. Onder de toegepaste verpleging wordt hoogstwaarschijnlijk het vrijstellen van zomereiken verstaan. In 1980 is in een deel van afdeling 6K hakhout afgezet.

In 1987-1988 zijn voorbereidingen voor de vernatting getroffen; in beide vakken 6J en K zijn gedurende de winter in december en januari de sloten opgeschoond. Ook is specie op de kant van de sloten gezet. Sloten zijn tot voormalig profiel geschoond. Nieuwe duikers met diameter van 20cm zijn 15cm boven de slootbodem gelegd en er zijn bochten met opzetstukken aangebracht.

#### **III.i.ii 't Leenderbos**

In vak 39 is in 1999 voor het laatst een zware hoogdunning uitgevoerd, gericht op de aanwezige zomereiken. De dunningscyclus in 't Leenderbos was tot en met 1994 om de vier jaar en daarna om de zes jaar. Het dunningsregime in jaren 70 en 80 is niet geheel duidelijk. Volgens de beheerder waren het lichte laagdunningen die vier-jaarlijks terug keerden.

#### **III.i.iii Boswachterij Gees**

Vak 34 (zomereik)

Tot begin jaren 1990 onderging de opstand een vier-jaarlijks dunningsregime. In 1992 is voor het laatst gedund. Vanaf 1992 zijn er geen beheersmaatregelen uitgevoerd

*Vak 49 (beuk)*

Tot en met de winter van 1988 werd elke vier jaar gedund. Daarna zijn er vanaf 1993 elke drie jaar dunningen uitgevoerd (1993, '96 en '99).

#### **III.ii Beheer proeflocatie Geestmerambacht**

In Geestmerambacht wordt de waterhuishouding kunstmatig geregeld en gecontroleerd. Na de aanplant zijn geen bosbouwkundige beheersmaatregelen (bijv. dunningen) uitgevoerd.



## Bijlage IV Plagen

Sinds 1946 wordt in Nederland met behulp van vrijwillige waarnemers een monitoring van insectenplagen op bomen en struiken uitgevoerd. Dit Landelijk Meetnet Insectenplagen dekt niet heel Nederland. Per uurhok (5x5 km.) wordt bijgehouden wanneer en welke insectenplagen waargenomen zijn. Ook wordt de mate van aantasting en de soort aantasting gedocumenteerd. Aan de beheerders is naar aanvullende informatie gevraagd. In onderstaande tabellen wordt onder bladvreter verstaan: de groene eikenbladroller (*Tortrix viridana*), de kleine wintervlinder (*Operophtera brumata*), de grote wintervlinder (*Erannis defoliaria*) en de eikenprocessierups (*Thaumetopoea processionea*). Deze zijn onder één noemer geplaatst omdat zij vaak tegelijkertijd voorkomen en hetzelfde schadebeeld geven. Waargenomen insecten voor andere boomsoorten uit het onderzoek zijn niet dermate schadelijk dat er rekening mee moet worden gehouden.

<b>Bladvreters</b>				
	Mensingebos	't Leenderbos	Gees	Geestmerambacht
1977		matig		
1978				
1979				
1980				
1981				
1982	zwaar			
1983				licht
1984			zwaar	licht
1985			zwaar	
1986			matig	
1987		matig	zwaar	
1988	zwaar			
1989				licht
1990				licht
1991			matig	licht
1992				
1993	zwaar			
1994	zwaar			
1995	matig	zwaar	licht	
1996	matig	zwaar		
1997	zwaar			
1998	licht			
1999	zwaar		licht	

<b>Eikenprachtkever</b>				
	Mensingebos	't Leenderbos	Gees	Geestmerambacht
1997	licht			
1998	matig			
1999	zwaar			



## Bijlage V Effectieve neerslag

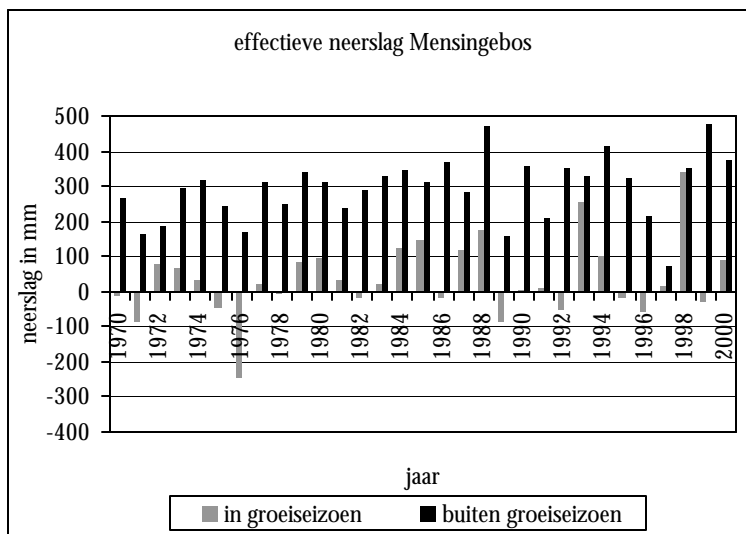
In onderstaande grafieken is het effectieve neerslagverloop vanaf 1970 tot 2000 weergegeven. Deze is verkregen door per maand de gewasverdamping van de gevallen neerslag af te trekken. Voor elke locatie zijn de meetgegevens van het meest dichtstbijzijnde meetstation genomen, te weten:

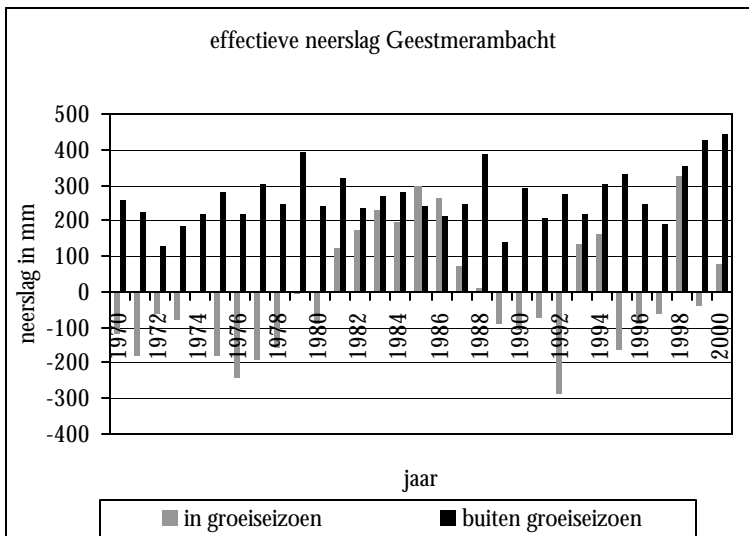
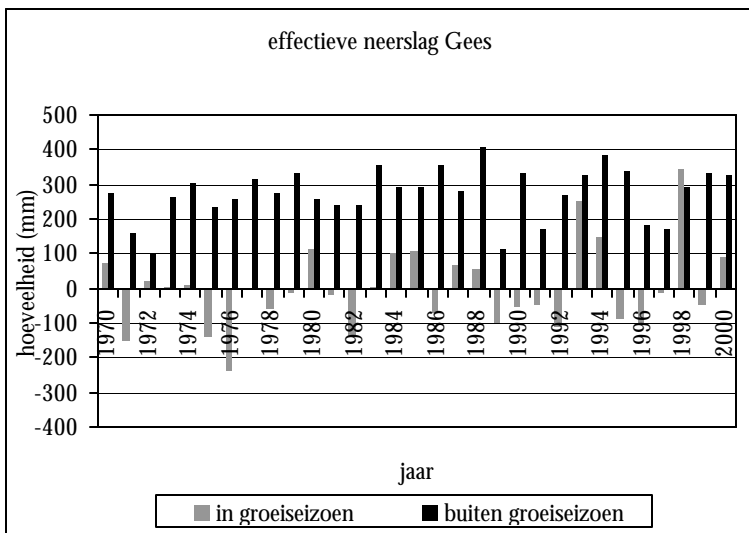
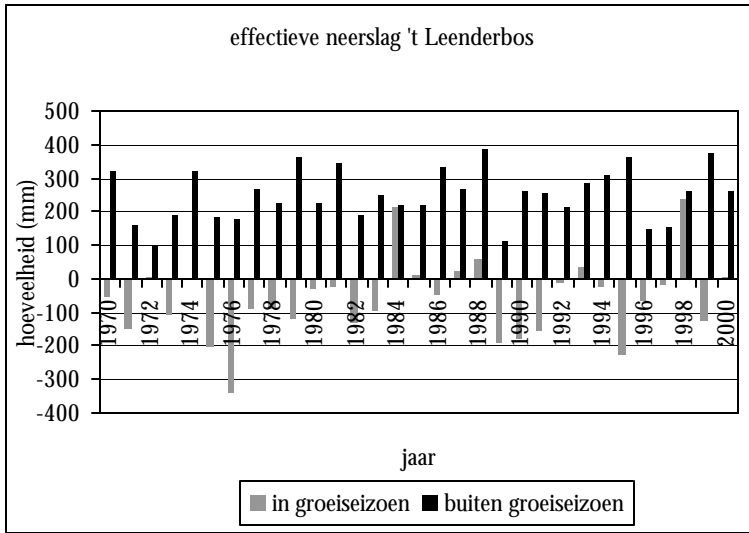
		Mensingebos	't Leenderbos	Boswachterij Gees	Geestmerambacht
Neerslag	1970-1983	Roden	<i>Leende</i>	Hogeveen Steenwijksmoer	Bergen
	1983-1996	Roden	Leende	Hogeveen Steenwijksmoer	Bergen Obdam
	1996-2000	Roden	Leende	Hogeveen Steenwijksmoer Zweeloo	Bergen Obdam
Verdamping	1970-1980	Eelde	Gemert	Dedemsvaart	Hoorn
	1981-1987	Eelde	Eindhoven	Twente	Hoorn Schiphol
	1987-2000	Eelde	Eindhoven	Twente	Schiphol De Kooy

De verdampingscijfers van 1970-1987 zijn weergegeven in Penman; de jaren daarna in Makkink. Om overeenkomstige getallen te krijgen zijn de gegevens van Penman omgerekend naar die van Makkink.

De grafieken

In onderstaande grafieken is een onderscheid gemaakt in de effectieve neerslag binnen (groen) en buiten het groeiseizoen (blauw). Voor binnen het groeiseizoen zijn de maanden april tot en met oktober genomen. Een aantal zaken vallen in alle grafieken op. Het jaar 1976 is een zeer droog groeiseizoen geweest. In de afgelopen tien jaar waren de jaren 1993, 1994, 1998 en 2000 erg nat binnen het groeiseizoen.





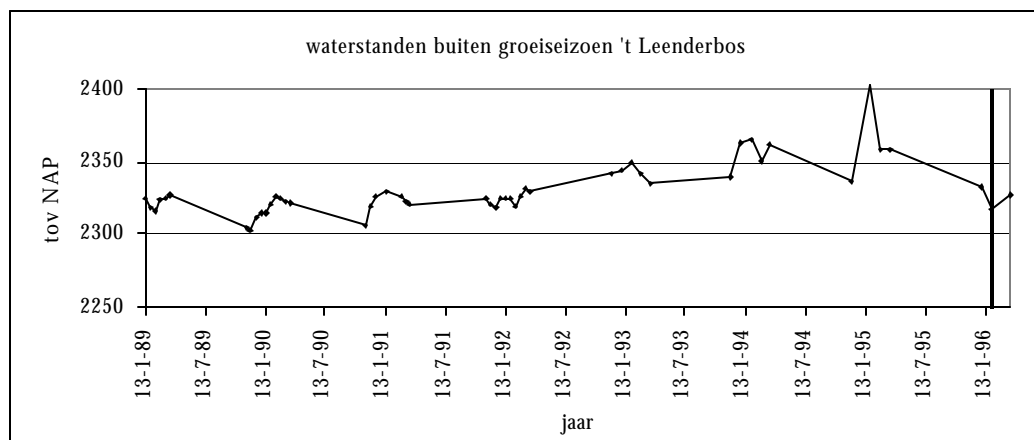
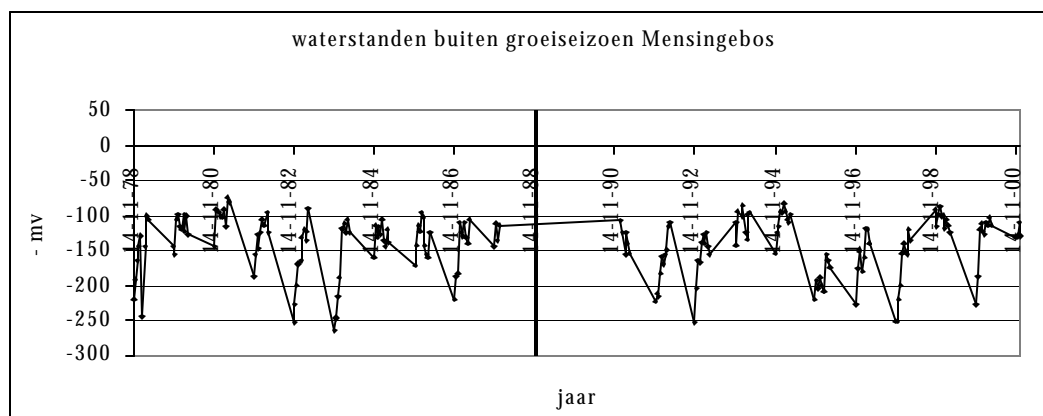
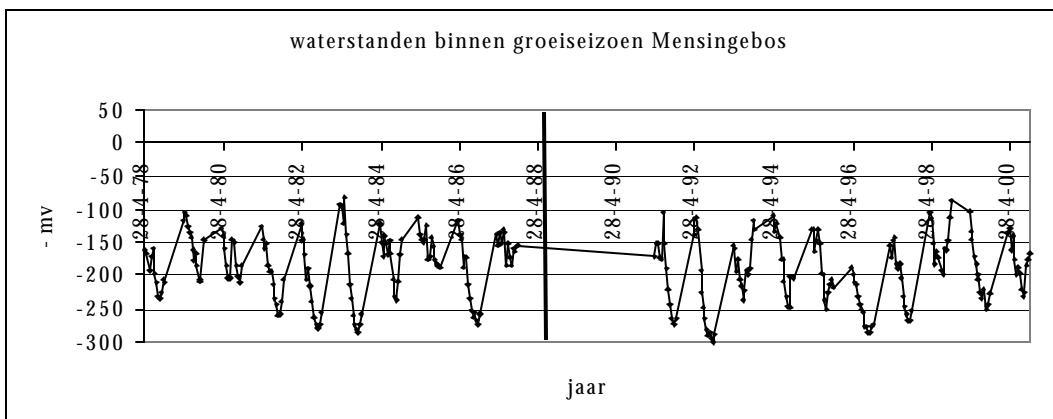


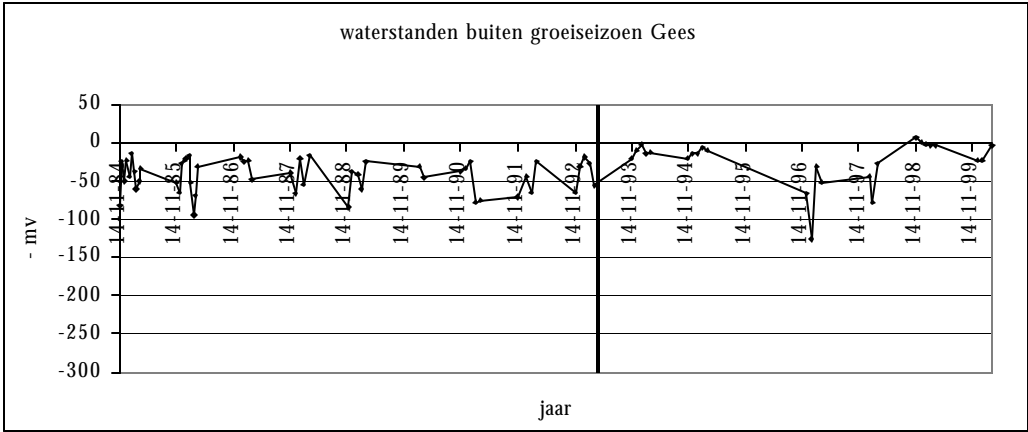
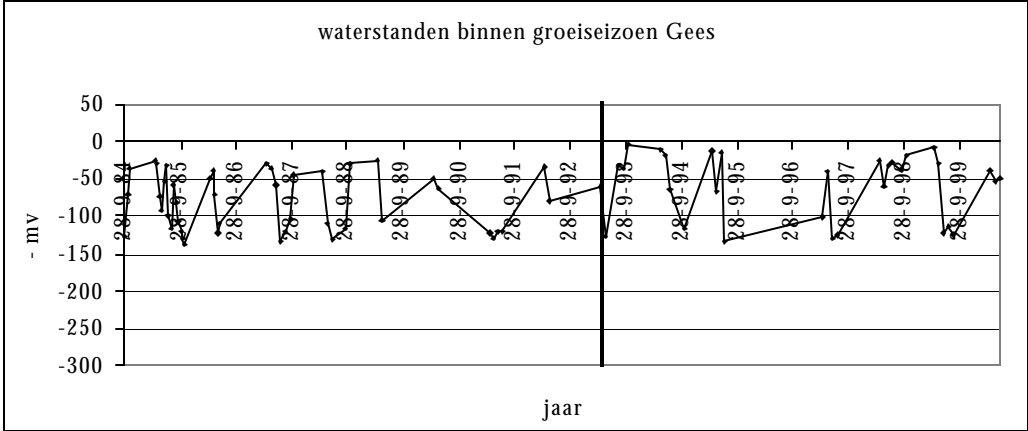
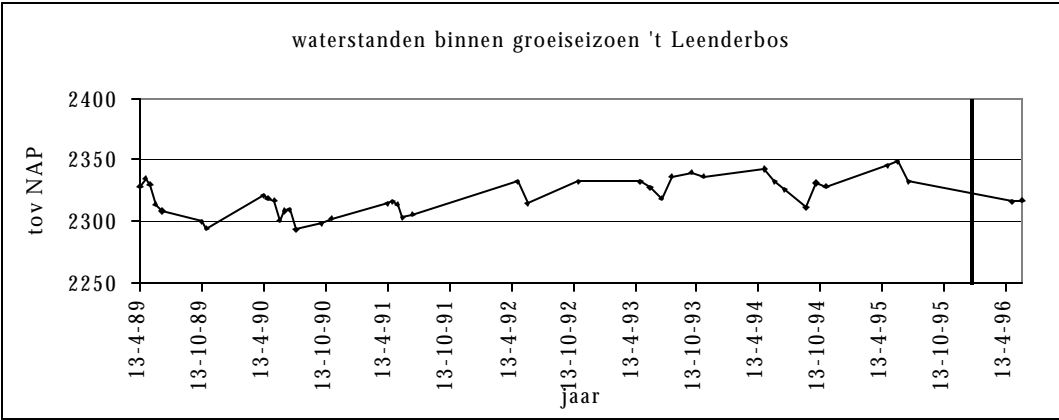
## Bijlage VI Peilbuisgegevens

In onderstaande grafieken worden de peilbuisgegevens per locatie weergegeven. Er is een onderscheid gemaakt in de veldlocaties en proeflocatie Geestmerambacht. De punten in onderstaande grafieken zijn onafhankelijke waarden. Om een beeld te geven van het verloop zijn deze met elkaar verbonden.

### VI.i Veldlocaties

Bij de peilbuisgegevens is onderscheid gemaakt in de gegevens van binnen en buiten het groeiseizoen. Het groeiseizoen loopt van april tot en met oktober. De grafieken van 't Leenderbos wijken af van de andere veldlocaties. Van deze locatie was geen hoogte van de peilbuis t.o.v. maaiveld bekend. Deze hoogten zijn ten opzichte van N.A.P. genomen.

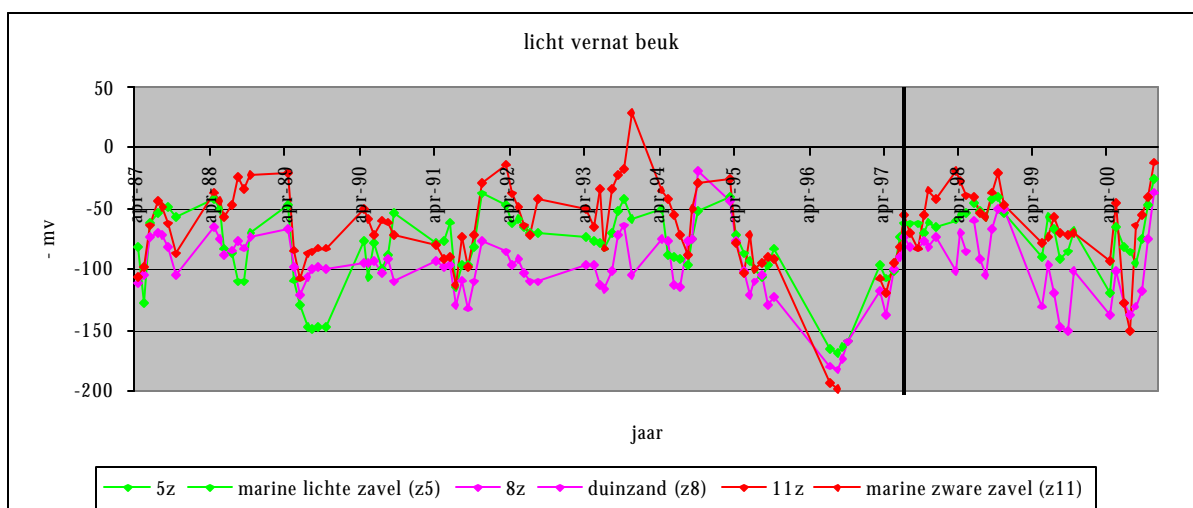
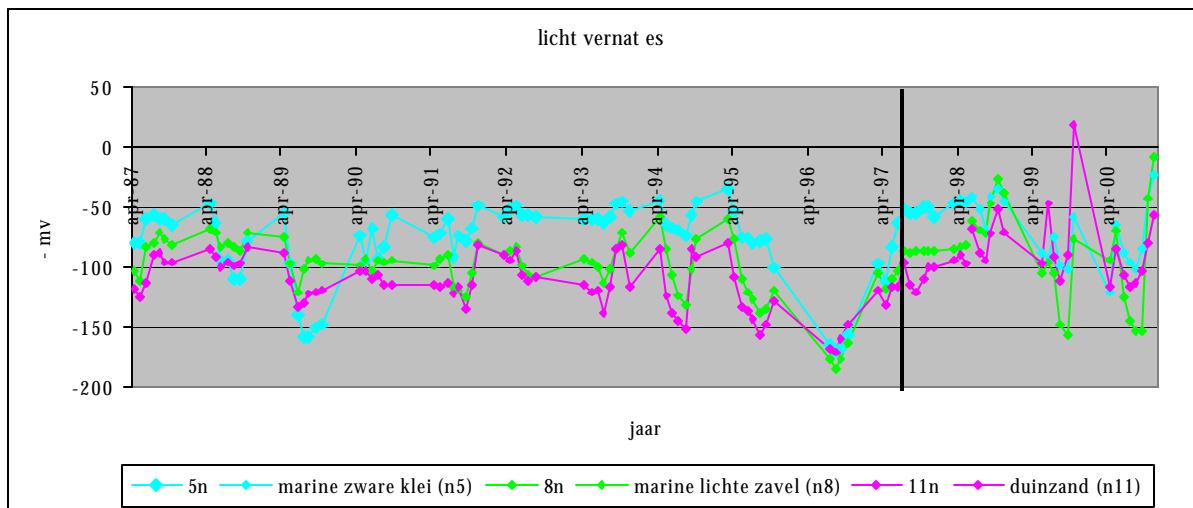
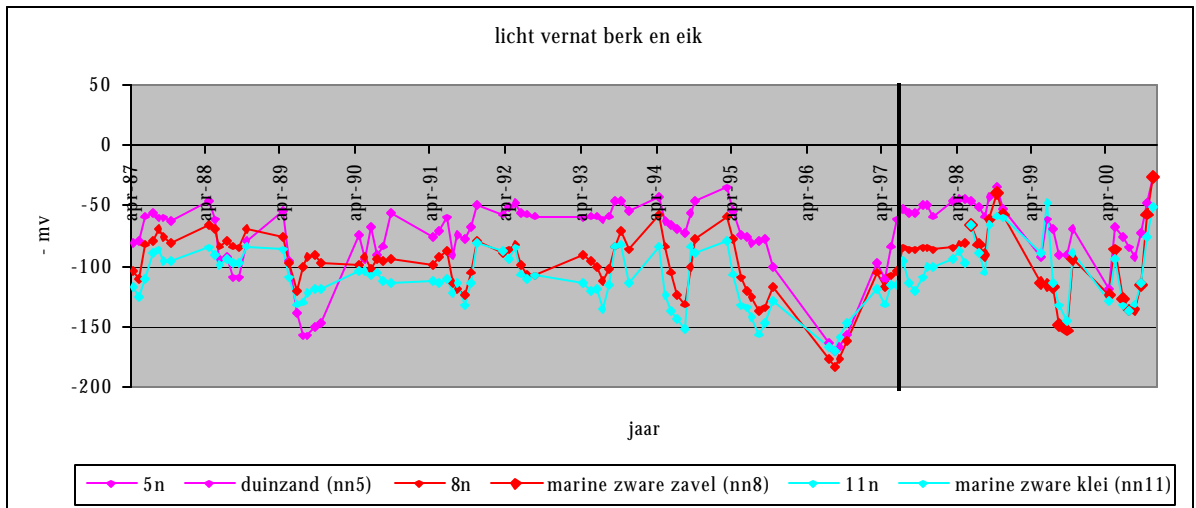




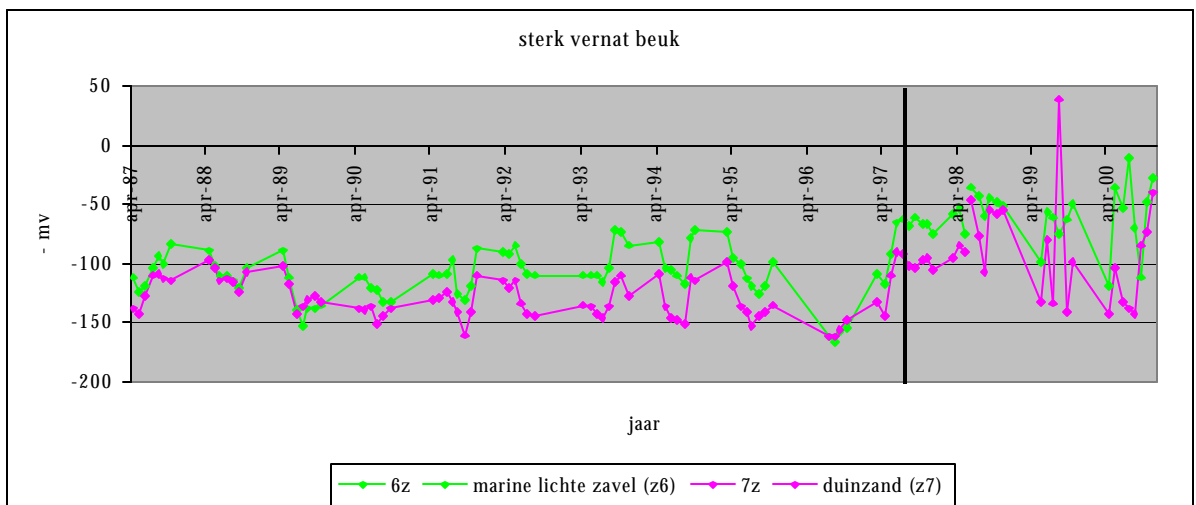
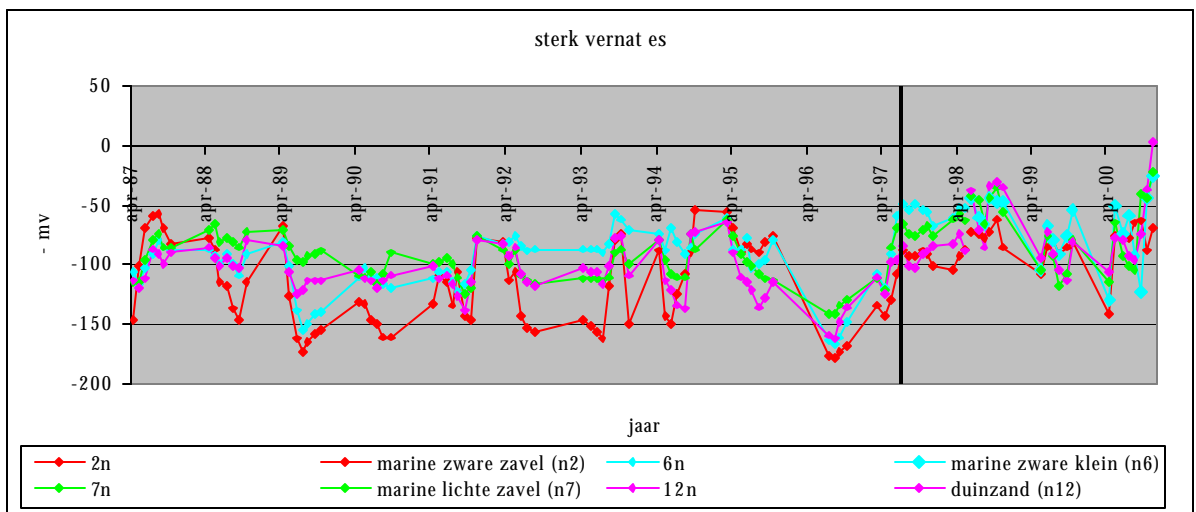
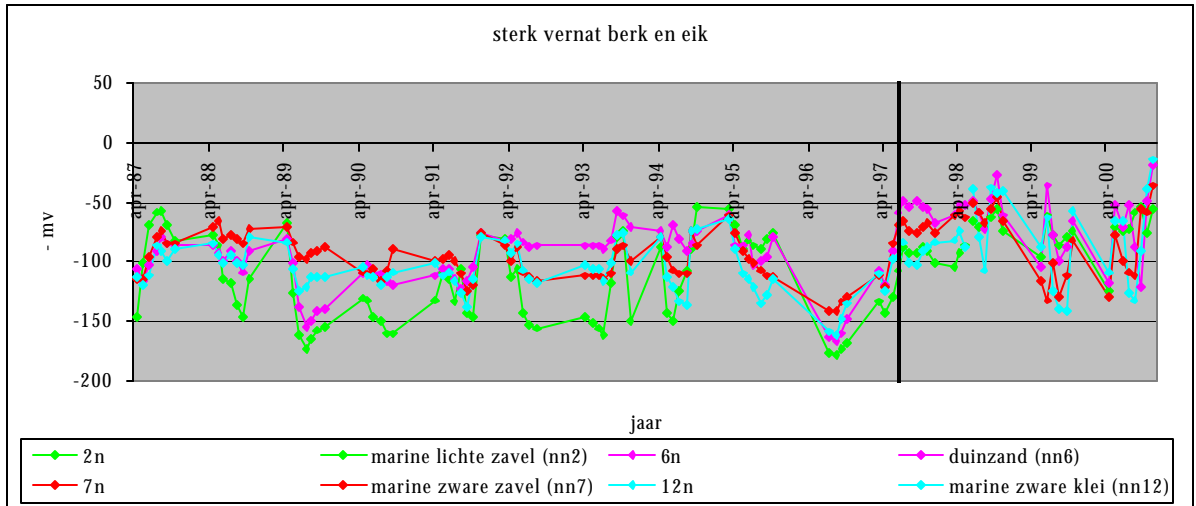
## VI.ii Hydrologisch proefveld Geestmerambacht

De grondwaterstanden zijn gedurende de looptijd van de proef in het groeiseizoen kunstmatig beïnvloed. In verband met het risico van vorstschade aan de pompen zijn deze buiten het groeiseizoen uitgeschakeld. Voor elk veld zijn twee puilbuizen gebruikt; bijvoorbeeld 5n van voor 1998 en nn5 van na 1998. Bij deze laatste staat tevens de bodemsoort vermeld.

### Regime: licht vernet



Regime: sterk vernat



## Bijlage VII Statistische bewerkingen

### VII.i Veldlocaties

#### VII.i.i De correlatie

Voor de meeste groepen binnen de veldlocaties is geen lineaire correlatie aanwezig tussen de diktegroei en effectieve neerslag of grondwaterstand. Dit is bij de effectieve neerslag bekeken voor het gehele jaar (totaal), binnen groeiseizoen en buiten groeiseizoen. Voor de grondwaterstand is dat alleen gebeurd voor binnen en buiten het groeiseizoen.

##### Effectieve neerslag

Locatie	Boomsoort	Groep	Waarde			Grenswaarde	Significant		
			totaal	binnen	buiten		totaal	binnen	buiten
Mensingebos	zomereik	laag	-0,154	-0,134	-0,117	0,361	nee	nee	nee
		midden	-0,184	-0,228	-0,031		nee	nee	nee
		hoog	-0,278	-0,241	-0,211		nee	nee	nee
't Leenderbos	zomereik	laag	-0,096	-0,137	0,023		nee	nee	nee
		midden	-0,114	-0,226	0,120		nee	nee	nee
		hoog	-0,135	-0,187	0,022		nee	nee	nee
	douglas	laag	-0,325	-0,272	-0,265		nee	nee	nee
		midden	0,391	0,389	0,218		ja	ja	nee
		hoog	0,173	0,137	0,153		nee	nee	nee
Boswachterij Gees	zomereik	laag	-0,165	-0,133	-0,142		nee	nee	nee
		midden	-0,013	-0,054	0,057		nee	nee	nee
		hoog	-0,116	-0,140	-0,027		nee	nee	nee
	beuk	laag	-0,094	-0,144	0,027		nee	nee	nee
		midden	0,162	0,115	0,166		nee	nee	nee
		hoog	-0,127	-0,185	0,021		nee	nee	nee

##### Puilbuizen

Locatie	Boomsoort	Groep	Waarde		Grenswaarde	Significant	
			binnen	buiten		binnen	buiten
Mensingebos	zomereik	laag	0,078	0,142	0,456	nee	nee
		midden	0,054	0,044		nee	nee
		hoog	0,243	0,264		nee	nee
't Leenderbos	eik	laag	0,459	0,560	0,707	nee	nee
		midden	-0,068	0,053		nee	nee
		hoog	0,056	0,255		nee	nee
	douglas	laag	0,051	0,035	0,707	nee	nee
		midden	0,536	0,691		nee	nee
		hoog	-0,050	-0,044		nee	nee
Boswachterij Gees	zomereik	laag	0,167	-0,351	0,497	nee	nee
		midden	0,300	0,522		nee	ja
		hoog	0,332	0,487		nee	ja
	beuk	laag	-0,376	-0,337	0,497	nee	nee
		midden	0,106	0,425		nee	nee
		hoog	0,096	0,512		nee	ja

### VII.ii Autocorrelatie, F-toets, Student T-toets, uitbijters

Hieronder staan de uitkomsten van de autocorrelatie, F-toets en Student T-toets berekeningen.

Voor de autocorrelatie en Student T-toets zijn de grenswaarden aangegeven.

Verklaring tabel:

hoog-laag verschil gegevens tussen hoge en lage groep

t-x autocorrelatie getest met x jaar verschuiving

F-Toets variantie bepaling

T-Toets toetsing van de significantie

uitbijters aangegeven zijn jaren die meer dan 2 keer van de standaarddeviatie afwijken

#### Mensingebos

Boomsoort	zomereik											
Vernatting	1988											
	Autocorrelatie		Grenswaarde		Autocorrelatie		F-toets	T-toets	Significant	Uitbijters		
Groep	t-1	t-2	t-1	t-2	t-1	t-2						
hoog-laag	0,222	-0,262	0,482	0,497	nee	nee	0,034	3,6EXP-05	ja	1970		
hoog-midden	0,154	-0,544	0,482	0,497	nee	ja	0,083	0,025	ja	1982 en '90		
midden-laag	0,541	0,052	0,482	0,497	ja	nee	0,002	1,6EXP-04	ja	1970 en '77		

#### 't Leenderbos

Boomsoort	zomereik											
Vernatting	1996											
	Autocorrelatie		Grenswaarde		Autocorrelatie		F-toets	T-toets	Significant	Uitbijters		
Groep	t-1	t-2	t-1	t-2								
hoog-laag	0,681	0,626	0,388	0,374	ja	ja	0,171	0,021	ja			
hoog-midden	0,535	0,143	0,388	0,374	ja	nee	0,384	0,681	nee			
midden-laag	0,647	0,563	0,388	0,374	ja	ja	0,216	0,001	ja	1998 en '99		

#### 't Leenderbos

Boomsoort	douglas											
Vernatting	1996											
	Autocorrelatie		Grenswaarde		Autocorrelatie		F-toets	T-toets	Significant	Uitbijters		
Groep	t-1	t-2	t-1	t-2								
hoog-laag	0,806	0,626	0,388	0,374	ja	ja	0,152	0,612	nee			
hoog-midden	0,207	-0,061	0,388	0,374	nee	nee	0,197	0,018	ja	1995, '97 en '98		
midden-laag	0,887	0,763	0,388	0,374	ja	ja	0,308	0,112	nee			

#### Boswachterij Gees

Boomsoort	zomereik											
Vernatting	1993											
	Autocorrelatie		Grenswaarde		Autocorrelatie		F-toets	T-toets	Significant	Uitbijters		
Groep	t-1	t-2	t-1	t-2	t-1	t-2						
hoog-laag	0,547	0,189	0,404	0,423	ja	nee	0,345	0,187	nee	1973 en '94		
hoog-midden	0,169	-0,039	0,404	0,423	nee	nee	0,306	0,915	nee	1994 en '96		
midden-laag	0,662	0,571	0,404	0,423	ja	ja	0,573	0,102	nee	1995		

#### Boswachterij Gees

Boomsoort	beuk											
Vernatting	1993											
	Autocorrelatie		Grenswaarde		Autocorrelatie		F-toets	T-toets	Significant	Uitbijters		
Groep	t-1	t-2	t-1	t-2	t-1	t-2						
hoog-laag	0,530	0,305	0,404	0,423	ja	nee	0,827	0,808	nee	1975		
hoog-midden	0,213	0,266	0,404	0,423	nee	nee	0,118	0,722	nee	1975		
midden-laag	-0,410	-0,197	0,404	0,423	ja	nee	0,894	0,412	nee	1993		

## VII.ii Hydrologisch proefveld Geestmerambacht

### VII.ii.i De correlatie

Voor hydrologisch proefveld Geestmerambacht is van één boomsoort de correlatie berekend met de effectieve neerslag en met de grondwaterstand. Aangezien maar weinig significante lineaire verbanden zijn is er van uitgegaan dat dit hetzelfde is voor de overige boomsoorten. Voor de berekeningen zijn voor de neerslaggegevens de hoeveelheden gebruikt van het gehele jaar (totaal), binnen het groeiseizoen en buiten het groeiseizoen. Voor de grondwaterstand is dit alleen voor binnen en buiten het groeiseizoen gebeurd.

#### berk

##### Neerslag

Veld	Dikte			Grenswaarde	Significant		
	totaal	binnen	buiten		totaal	binnen	buiten
5	-0,299	-0,302	-0,137	0,576	nee	nee	nee
6	-0,227	-0,071	-0,386		nee	nee	nee
7	-0,297	-0,101	-0,491		nee	nee	nee
8	0,321	0,460	-0,092		nee	nee	nee
11	-0,501	-0,434	-0,361		nee	nee	nee
12	-0,232	-0,167	-0,226		nee	nee	nee

Veld	Hoogte			Grenswaarde	Significant		
	totaal	binnen	buiten		totaal	binnen	buiten
5	-0,372	-0,436	-0,450	0,497	nee	nee	nee
6	-0,455	-0,689	-0,287		nee	ja	nee
7	-0,416	-0,564	-0,342		nee	ja	nee
8	-0,504	-0,726	-0,309		ja	ja	nee
11	-0,402	-0,758	-0,103		nee	ja	nee
12	-0,264	-0,581	-0,078		nee	ja	nee

##### Grondwaterstand

Veld	Dikte	Grenswaarde	Significant
	binnen		binnen
5	-0,115	0,576	nee
6	-0,087		nee
7	0,160		nee
8	-0,109		nee
11	0,154		nee
12	-0,126		nee

Veld	Hoogte	Grenswaarde	Significant
	binnen		
5	0,335	0,532	nee
6	-0,096		nee
7	-0,008		nee
8	-0,004		nee
11	-0,337		nee
12	-0,120		nee

### VII.ii.ii Autocorrelatie, F-Toets, Student T-toets en uitbijters

Verklaring tabel:

5 -- 6               verschil gegevens tussen veld 5 en 6  
 t-x                 autocorrelatie getest met x jaar verschuiving  
 F-Toets             variantie bepaling  
 T-Toets             toetsing van de significantie  
 uitbijters          aangegeven zijn jaren die meer dan 2 keer van de standaarddeviatie afwijken  
 Bij de autocorrelatie bij de dikte van de gewone es staan bij de randwaarden twee waarden. De laatste waarde geldt alleen voor het verschil tussen 11 en 12.

#### Autocorrelatie

Boomsort		Verschil			Grenswaarde	Autocorrelatie (t-1)		
		5--6	7--8	11--12		5--6	7--8	11--12
Ruwe berk	dikte	-0,395	-0,153	0,144	0,707	nee	nee	nee
	hoogte	-0,212	-0,459	0,143	0,707	nee	nee	nee
Zomereik	dikte	-0,991	-0,822	0,277	0,950	ja	nee	nee
	hoogte	0,553	0,251	-0,106	0,576	nee	nee	nee
Gewone es	dikte	0,277	-0,168	-0,773	0,754--0,950	nee	nee	nee
	hoogte	-0,706	0,842	0,175	0,576	ja	ja	nee
Beuk	dikte	-0,866	-0,189		0,950	nee	nee	
	hoogte	0,027	-0,249		0,666	nee	nee	

#### F-toets

Boomsort		5--6	7--8	11--12
Ruwe berk	dikte	0,097	0,036	0,205
	hoogte	0,326	0,654	0,013
Zomereik	dikte	0,083	0,762	0,917
	hoogte	0,009	0,039	0,049
Gewone es	dikte	0,088	0,334	
	hoogte	0,005	0,383	0,098
Beuk	dikte			
	hoogte	0,865	0,610	

#### T-toets

Boomsort		5--6	7--8	11--12	Significant		
					5--6	7--8	11--12
Ruwe berk	dikte	0,390	0,520	0,741	nee	nee	nee
	hoogte	0,085	0,563	0,565	nee	nee	nee
Zomereik	dikte	0,550	0,167	0,362	nee	nee	nee
	hoogte	0,954	0,784	0,476	nee	nee	nee
Gewone es	dikte	0,369	0,013		nee	nee	
	hoogte	0,498	0,044	0,648	nee	nee	nee
Beuk	dikte						
	hoogte	0,260	0,822		nee	nee	

#### Uitbijters

Boomsort		5--6	7--8	11--12
Ruwe berk	dikte		'92	
	hoogte	'95 en '97		
Zomereik	dikte		'99, 2000	
	hoogte	'95, '97, '98	'94, '96, '99, '00	'96 en '98
Gewone es	dikte		'99 en 2000	
	hoogte	'93, '98, '99, '00	'99 en 2000	
Beuk	dikte			
	hoogte		'94	