Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek

Vooronderzoek duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland

P.A. Slim

ibn-dlo

IBN-rapport 295
ISSN: 0928-6888

Vooronderzoek duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland

P.A. Slim

IBN-rapport 295

Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO)
Wageningen

ISSN: 0928-6888
1997

INHOUD

SAMENVATTING 5
1 INLEIDING 7
1.1 Kader 7
1.2 Vegetatieveranderingen 7
1.3 Struweelsterfte 8
1.4 Vooronderzoek 8
1.5 Opdracht 9
1.6 Rapportage 9
2 MATERIAAL EN METHODE 10
2.1 Informatie 10
2.2 Terreinbezoek 10
2.3 Veldwerk 11
2.4 Jaarringanalyse 12
3 RESULTATEN 13
3.1 Omvang sterfte van duindoorn 13
3.2 Situatie van duindoorn op Oost-Ameland 13
3.3 Globale ecologische beschrijving van duindoorn 14
3.4 Duindoorn en aaltjes 16
3.5 Bodemchemische analyse van het sterftegebied 17
3.6 Analyse nematodenfauna van het sterftegebied 17
3.7 Insectenaantasting van het sterftegebied 17
3.8 Jaarringanalyse van het sterftegebied 17
3.9 Hoogteligging van het sterftegebied 18
3.10 Veldwerk buiten Oost-Ameland 18
3.10.1 Ameland 18
3.10.2 Terschelling 18
3.10.3 Schiermonnikoog 19
4 DISCUSSIE 21
4.1 Veroudering 21
4.2 Bodemgesteldheid 21
4.3 Plantparasitaire aaltjes 22
4.4 Insectenvraat 22

4.5 Autogene successie 22
4.6 Andere oorzaken 23
4.7 Ten slotte 23
4.7.1 Grondwaterstanden 23
4.7.2 Nadere oorzaak 23
4.7.3 Precisering van het moment van sterfte 24
4.7.4 Correlatie met extreme hoogwaters 25
5 CONCLUSIES 26
6 AANBEVELINGEN 27
6.1 Monitoring 27
6.2 Hoogteligging 27
6.3 Neerslag en grondwater 27
6.4 Herstel 28
7 DANKWOORD 29
8 LITERATUUR 31
BIJLAGEN 33

SAMENVATTING

Sinds 1986 produceert de Nederlandse Aardolie Maatschapij B.V. gas op Oost-Ameland. In het kader van een omvangrijk monitoringprogramma worden de eventuele effecten van bodemdaling als gevolg van de gaswinning nauwkeurig gevolgd. Gebleken is dat tot 1994 geen sterke veranderingen in de vegetatie zijn opgetreden. Kleine veranderingen waren niet eenduidig aan bodemdaling of veranderingen in zeespiegelregime toe te schrijven. In 1995 is geconstateerd dat de vegetaties van de duinvalleien natter zijn geworden en dat echte zoete plantensoorten afnamen en zilte soorten toenamen.
Tegelijkertijd is in 1995 in enkele jonge duinvalleien aan de noordzijde van Oost-Ameland buiten de proefvlakken van het monitoringprogramma over een grote oppervlakte sterfte geconstateerd van duindoornstruweel. Sterfte van meidoorn en vlier was in 1994 door *It Fryske Gea* reeds vastgesteld in een fraai duinvalleitje aan de zuidkant van Oost-Ameland. Beide verschijnselen komen voor binnen het bodemdalingsgebied.
Over de duindoornsterfte en meidoornsterfte is gezien de aard en de omvang van de verschijnselen afzonderlijk gerapporteerd. Dit rapport beschrijft de duindoornsterfte.

Het gebied met duindoornsterfte beslaat op Oost-Ameland een oppervlakte van ca. 30 ha en is gelegen ten westen van de NAM-locatie. Ook op Oost-Schiermonnikoog en Oost-Terschelling is, weliswaar in verschillende mate, sterfte van duindoorn waargenomen. Deze laatste twee gebieden kennen geen bodemdaling. Op alle sterftelocaties heeft de zee toegang.
Duindoorn is een hoge heester die in ons land vanouds veelvuldig voorkomt langs de hele Noordzeekust. Pas veel later vestigde dit interglaciale relict zich in het Waddengebied. Uit de globale ecologische beschrijving komt niet het beeld naar voren dat de sterfte een gevolg zou zijn van 'autogene' vegetatiesuccessie. In dat geval zou er sprake zijn van een ontwikkeling in de richting van duindoorn-ligusterstruweel-achtige vegetaties of duingrasland. In werkelijkheid is in de vallei met sterfte eerder sprake van een regressie in de richting van een 'kwelderachtige' vegetatie. Juist op de valleibodem is de duindoorn gestorven. Duindoorns op iets hoger gelegen standplaatsen leven nog. Er is dus een opvallende verticale differentiatie. De sterftegrens ligt tussen ca. 2 en 3 m + NAP.
Plantparasitaire aaltjes, mogelijk gestimuleerd door verhoogde stikstofbeschikbaarheid, bevorderen de aftakeling van het duindoornstruweel en de eerder genoemde successie. Schadelijke aaltjes komen wel voor, maar lang niet op alle monsterplekken en in erg wisselende aantallen bij zowel levende als dode struiken. Mede gezien het stadium van de vegetatiesuccessie, lijken ze geen oorzaak van sterfte te zijn.
Wat betreft de zuurgraad, het calciumcarbonaatgehalte, het chloridegehalte en het gehalte organische stof zijn er weinig verschillen tussen de groeiplaatsen van levende en dode duindoorns. Er zijn wel verschillen met literatuurgegevens, maar die vinden hun oorzaak deels in verschillen tussen de Hollandse duinen en het Waddengebied. Al met al geeft de bodemchemische gesteldheid geen aanleiding te denken dat hierin de oorzaak van sterfte ligt.

Aantastingen door de rupsen van de bastaardsatijnvlinder zijn lokaal en veroorzaken geen massale sterfte. Ook vraat van konijn en ree speelt geen rol. Een smalle genetische basis is uitgesloten. Er zijn afzonderlijke uit zaad gevestigde individuen. Een doorbraak van de zee aan de westzijde van het sterftegebied lijkt geen effect te hebben gehad.
Op grond van waarnemingen op Terschelling, Schiermonnikoog en ook Ameland is verondersteld dat de sterfte mogelijk verband houdt met recente hoge vloeden in de periode 1989/90 tot 1991/92. Hierna zijn in deze gebieden nieuwe vestigingen geconstateerd. De ondergrens van het voorkomen van duindoorn zou dan met het veranderende bereik van de zee langs de hoogtegradiënt pendelen. Duindoorns zouden voor zeewater erg gevoelig zijn.
De eventuele bijdrage van de bodemdaling in de overvloedingen is echter niet berekend.

Het wordt aanbevolen vast te stellen of de sterftegrens op Ameland overal op dezelfde hoogte ligt, en correspondeert met bepaalde waargenomen extreme hoogwaters. Dit zou *mutatis mutandis* dan ook voor Schiermonnikoog moeten gelden. Aan de actuele hoogteligging gerelateerde overvloedingsfrequenties zouden op Ameland bij bekende bodemdaling de mogelijkheid bieden uiteen te rafelen voor welke fractie van de sterfte de daling verantwoordelijk is.
Ten slotte kan in een vervolgonderzoek worden nagegaan hoe de regressie van de vegetatie zich verhoudt tot de natuurlijke dynamiek van het gebied, hoe ernstig de schade is en of er herstelmogelijkheden door hernieuwde vegetatiesuccessie aanwezig zijn.

Het verdient aanbeveling na dit vooronderzoek in een vervolgonderzoek de duindoornsterfte, eventueel in combinatie met de meidoornsterfte, globaal te blijven volgen.

1 INLEIDING

1.1 Kader

Sinds 1986 produceert de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) gas op Oost-Ameland. Over de voorspelling van de effecten van de bodemdaling op Oost-Ameland als gevolg van deze gaswinning is gepubliceerd in 1987 (Gaswinning 1987; Dankers *et al.* 1987). Daarna is in het kader van een omvangrijk monitoringprogramma in 1995 uitgebreid gerapporteerd over de effecten die tot 1994 werkelijk plaatsvonden (Eysink *et al.* 1995). In dit monitoringprogramma participeert wat betreft het onderzoek naar de effecten op de vegetatie, vanaf het begin in 1988 onder meer de afdeling Bos- en Natuurontwikkeling, sectie Ecohydrologie en Nutriëntenhuishouding, van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO) te Wageningen. Tijdens veldwerk in 1995 bestudeerde de sectie de effecten op de vegetatie in de duingebieden van Oost-Ameland voor de vierde maal (Slim *et al.* 1995).

1.2 Vegetatieveranderingen

Bij een aanvankelijk voorspelde grotere bodemdaling dan naderhand werd voorzien (in 1985 26 cm en in 1991 18 cm), is in 1987 voorspeld dat de vegetatie in de toen reeds vochtige en humusrijke duinvalleien zou veranderen. 'Door de verstoring van de bestaande hydrologische situatie zal een aantal zeldzame plantensoorten minder algemeen worden en zullen algemene soorten zich uitbreiden. Door een gericht beheer kan waarschijnlijk weer een verrijking van de flora bereikt worden' (Dankers *et al.* 1987: 6).

In 1995 is, wat betreft de resultaten tot en met 1992, over de duinvegetatie o.a. het volgende geconcludeerd: 'Sterke veranderingen in aantallen (planten)vondsten zijn niet opgetreden. De veranderingen in gemiddelde bedekking blijken in het algemeen slechts klein geweest te zijn. Het is niet mogelijk de gevonden verandering in de vegetatie op eenduidige wijze aan ófwel bodemdaling ófwel verandering in zeespiegelregime toe te schrijven. Voor de vegetatie blijkt een vrij kleine verandering tussen 1986 en 1989, en een grotere verandering tussen 1988 en 1992 te zijn opgetreden. De verandering in overvloedingsfrequentie (extreme hoogwaters) vertoont hetzelfde beeld: een geringe afname tussen 1986 en 1989, en een vrij sterke toename tussen 1989 en 1992. Dit patroon wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het feit dat de veranderingen in overvloedingsfrequentie (als gevolg van wisselende windinvloeden) en hoogteligging tussen 1986 en 1992 elkaar min of meer compenseerden (beide daling), terwijl zij tussen 1989 en 1992 elkaar juist versterkten (meer overvloedingen gepaard gaande met bodemdaling). Het is daarom niet uit te sluiten dat veranderingen in de vegetatie van de zilte duinvalleien deels veroorzaakt zijn door bodemdaling. Hierbij moet nog worden aangetekend dat de in 1992 waargenomen veranderingen deels ook het gevolg kunnen zijn van de droge zomer in dat jaar' (Eysink *et al.* 1995: 7).

Zonder dat aan de conclusies een methodische bewerking van het opnamemateriaal uit de permanente proefvlakken (pq's) ten grondslag lag, ontstond tijdens het veldwerk in 1995 de volgende indruk. 'Ten opzichte van 1986 zijn de opgenomen vegetaties natter geworden, waarbij de echte zoete plantensoorten afnamen en de zilte soorten toenamen; zelfs in het in de Kooiduinen gelegen transect (ook wel raai genoemd) I. De noordelijkste zilte duinvallei van transect VII (ten westen van de boorlocatie) (fig. 1) kent minder pioniersoorten dan in 1986, en werd zilter en natter. Aan transect VI (fig. 1) zijn in 1989 op verzoek van *It Fryske Gea* (*IFG*) 10 pq's toegevoegd, met o.a. in pq (proefvak) 14 de Rode-Lijstsoorten knopbies (*Schoenus nigricans*), moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*), groenknolorchis (*Liparis loeselii*) en parnassia (*Parnassia palustris*), maar ook duindoorn (*Hippophae rhamnoides*). Nu is van deze bijzondere soorten niets meer over, is de duindoorn afgestorven en is er een complete bedekking van zilverschoon (*Potentilla anserina*) voor in de plaats gekomen. Ook hier is duidelijk sprake van vernatting en verzilting. Deze als negatief te beoordelen ontwikkeling vond dus plaats binnen zes jaar (dit is tussen 1989 en 1995)' (Slim *et al.* 1995: 2-3).

1.3 Struweelsterfte

Tegelijkertijd is in 1995 ook buiten de pq's van het monitoringprogramma op Oost-Ameland over een grote oppervlakte vrij massale sterfte vastgesteld van duindoornstruweel in enkele jonge duinvalleien ter hoogte van transect (raai) VI, tussen de strandpalen 21.600/1150 en 22/400 (fig. 1).
Een meer kleinschalige sterfte van eenstijlige meidoorn (*Crataegus monogyna*) en gewone vlier (*Sambucus nigra*) kwam voor in de zgn. vallei 5; dit is ten oosten van transect VI (fig. 1).
Beide verschijnselen kwamen voor binnen het gebied met een tot en met 1994 gerealiseerde bodemdaling van ca. 13-14 cm (Eysink *et al.* 1995: fig. 2.5). Over de sterfte is gerapporteerd aan de Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland voor haar vergadering op 23 november 1995 (Slim *et al.* 1995).

1.4 Vooronderzoek

Vanwege de opgetreden bodemdaling is het voor de Begeleidingscommissie waarin de betrokken instanties (LNV-Directie Noord, NAM, Rijkswaterstaat-Directie Noord-Nederland, Gemeente Ameland en *IFG*) zijn verenigd, van belang de oorzaak vast te stellen van de geconstateerde vrij grootschalige struweelsterfte. Voorgesteld is het IBN-DLO hiernaar een vooronderzoek te laten uitvoeren.

Aangezien sterfte van duindoorn en meidoorn een niet geheel onbekend verschijnsel is (Oremus 1982; Weeda *et al.* 1987; Westhoff & Van Oosten 1991; Zoon 1995), is voorgesteld in eerste instantie zo veel mogelijk alternatieve oorzaken van de struweelsterfte (anders dan klimaat en bodemdaling) in een vooronderzoek te inventariseren en uit te sluiten. Bij duindoorn werd gedacht aan 'autogene' successie en 'veroudering', maar tevens, in een

bepaald stadium van de vegetatiesuccessie, aan veranderingen in de bodemgesteldheid (zoals te laag $CaCO_3$-gehalte, te lage pH, te hoog Cl-gehalte) en aan aantasting door bepaalde plantparasitaire aaltjes, ook wel nematoden genaamd. Bij alternatieve oorzaken werd voor meidoorn eveneens gedacht aan 'autogene' successie en 'veroudering', alsmede aan bacterievuur, ook wel 'perenvuur' genoemd. Deze ziekte wordt veroorzaakt door een infectie met de bacterie *Erwinia amylovora*.
In eventueel vervolgonderzoek zou gericht nader kunnen worden ingegaan op klimaat of bodemdaling (of een combinatie van beide) en de daar eventueel mee gepaard gaande vernatting en/of verzilting als mogelijke oorzaak van de sterfte.

1.5 Opdracht

Het IBN-DLO heeft op 12 maart 1996 een offerte voor een vooronderzoek ingediend (96-423). Op 21 mei is van de NAM de opdracht hiertoe ontvangen (A nr. 6U3005).
In overleg met de voorzitter van de Begeleidingscommissie is speciale aandacht van het IBN-DLO gevraagd voor de situatie dat sterfte van duindoorn en meidoorn ook buiten het gebied van de bodemdaling zou voorkomen (buiten de 5-10 cm contour). Mocht dat het geval zijn, dan werd meer belang gehecht aan een geografisch overzicht dan aan een microbieel bewijs voor de oorzaak van de sterfte. Dit resulteerde 18 juli in een aanvulling op de offerte (96-1253) en de opdracht (ontvangen 23 september 1996), teneinde het veldwerk naar de Waddeneilanden Terschelling en Schiermonnikoog uit te breiden.

1.6 Rapportage

Mei 1996 is tussentijds over de eerste ervaringen verslag gedaan aan de Begeleidingscommissie (Slim & Van Dobben 1996). Een conceptrapport is besproken op de 11e vergadering van de commissie op 28 november 1996. In een afzonderlijk rapport, dat naar de aard en de omvang van het probleem minder uitgebreid is, wordt verslag gedaan over de meidoornsterfte (Slim 1997).

2 MATERIAAL EN METHODE

2.1 Informatie

Op 14 en 15 mei 1996 is een oriënterend bezoek afgelegd aan Ameland om nadere informatie in te winnen over de in het jaar daarvoor geconstateerde struweelsterfte van duindoorn en meidoorn. Bezoeken zijn afgelegd aan en informatie is verzameld bij ter plaatse goed ingevoerde vertegenwoordigers van *IFG*, het Staatsbosbeheer (SBB) en het Natuurcentrum Ameland, waarmee voorafgaand, alsmede met Rijkswaterstaat (RWS), is overlegd. Op 3 juli is het gebied nogmaals bezocht samen met de secretaris van de Begeleidingscommissie. Als gevolg hiervan is van de NAM een uitgebreide dataset ontvangen van de grondwaterstanden op de NAM-locatie van de jaren 1993 t/m 1996. Van 30 juli t/m 2 augustus verrichtte de sectie haar veldwerk op Oost-Ameland. Naast kartering en monstername is opnieuw uitgebreid geïnformeerd bij lokale medewerkers van *IFG*, RWS en NAM.
20 t/m 22 augustus is Terschelling bezocht, waarbij uitgebreide informatie werd ingewonnen bij SBB. Daarmee is voorafgaand telefonisch overlegd. Informatie is ook verzameld bij een voormalige IBN-collega, G.J.M. Visser, kenner bij uitstek van de Terschellinger plantengroei.
29 en 30 augustus, alsmede 20 t/m 22 september is Schiermonnikoog bezocht, alwaar de beheerder van Vereniging Natuurmonumenten ons van uitgebreide informatie voorzag.
De bevraagde instanties hebben ook bij hun respectieve medewerkers en relaties op het eiland navraag gedaan naar eventuele sterfte van duindoorn- en meidoornstruweel.

2.2 Terreinbezoek

Tijdens de bezoeken is ook in het terrein, zowel in het bodemdalingsgebied op Oost-Ameland, als ver daarbuiten, zoveel mogelijk informatie en materiaal verzameld. Op Ameland is o.m. onder leiding van SBB aandacht besteed aan struweel in de omgeving van de Zwanewaterduinen. Ook de NAM-locatie (fig.1) is bezocht.

Aan de westzijde van Terschelling zijn vooral de duindoornstruwelen op de Noordvaarder en in de Kroonpolders aan een nauwkeurige inspectie onderworpen, en aan de oostzijde die ten oosten van het fietspad Wierschuurstrandpaal 19. Vanwege de met Oost-Ameland min of meer vergelijkbare situatie waren daarbij ook de duindoornstruwelen van de Boschplaat (Oude Scherm, Koggegronden en Derde Duintjes) nadrukkelijk inbegrepen.
Op Schiermonnikoog is het hele eiland onderzocht. Hier leverde, ook weer vanwege de met Oost-Ameland min of meer vergelijkbare situatie, vooral het bezoek aan de Kobbeduinen en de struwelen in de oostelijk daarvan gelegen duincomplexen (fig. 4) de meeste resultaten op.

2.3 Veldwerk

Tijdens het veldwerk zijn globale ecologische beschrijvingen gemaakt van de plaatsen met duindoornsterfte. Niet alleen op Ameland, maar ook op de andere eilanden. De monsterplaatsen zijn kort floristisch gekarakteriseerd.

De bemonstering van duindoorn vond als volgt plaats. Telkens zijn stamschijven geoogst van twee zo dicht mogelijk bijeen staande exemplaren van duindoorn, waarvan het ene exemplaar leefde (L) en het andere was gestorven (D). Daarbij zijn de exemplaren zodanig gekozen dat ze per duo ogenschijnlijk even oud waren: even dikke stammen en even hoge struiken. Dit om bij onderlinge vergelijking mogelijk gemakkelijker iets over de doodsoorzaak te kunnen achterhalen. De bemonsterde levende en dode exemplaren stonden 0,6-4,0 m uiteen. Meestal stond het dode exemplaar iets lager t.o.v. NAP dan het levende. Zo werden 15 duo's verzameld. Een duo hiervan (monster 15) is verzameld buiten het bodemdalingsgebied, nabij de Zwanewaterduinen. Van de zo goed mogelijk over het gebied met sterfte verspreide andere monsterplekken zijn de plekken van de monsters 1L t/m 12L en 1D t/m 12D in het veld exact gemarkeerd met vlaggetjes en op de hierna genoemde luchtfoto's aangeprikt. Zie figuur 2 voor de locatie van de monsterplekken.
Voor de bodemanalyse op plantparasitaire aaltjes door de Plantenziektenkundige Dienst (PD) te Wageningen, zijn in overleg met de PD (sectie Nematologie) bij de duindoorns 1L t/m 10L en 1D t/m 10 D voorzichtig bodemmonsters genomen, met per monster ca. 7 steken van ieder 0-40 cm -maaiveld, verpakt en vervoerd in plastic zakken, en gekoeld bewaard, om de nematodenfauna tegen uitdrogen te beschermen. De bodem is niet dieper bemonsterd omdat het zand anders vanwege de droogte, uit de steekboor (∅ 3 cm) liep. De eventuele strooisellaag is eerst verwijderd. De monsters zijn gestoken met een brede steekboor om de bodem voor de aaltjes zoveel mogelijk intact te kunnen laten. Monsterplek 1 is nog aanvullend bemonsterd bij een kwijnend exemplaar omdat daar de infectie met aaltjes het hoogst zou zijn.
Voor de analyse van de bodemchemie zijn bij de duindoorns 1L t/m 10L en 1D t/m 10D eveneens bodemmonsters genomen, die in het eigen laboratorium van het IBN-DLO (afdeling Wetenschappelijke Ondersteuning) zijn geanalyseerd op gehalten droge stof, pH-H_2O, $CaCO_3$, Cl^- en gloeiverlies. De monsters werden op gelijke wijze als de andere verzameld, maar nu in speciale papieren zakken voor bodemmonsters.
Aanvullend zijn nog enkele gewasmonsters genomen van insectenaantastingen van het in de jaren tachtig aangeplante duindoornstruweel op het artificiële zandlichaam rondom de NAM-locatie.

Van de locatie op Oost-Ameland met gestorven duindoornstruweel is de omvang globaal gekarteerd op kopieën van *false-colour* luchtfoto's van de Meetkundige Dienst (MD) van RWS (fig. 2). De foto's zijn in augustus 1993 gevlogen en van de schaal ca. 1:5000. De voor interpretatie gebruikte kaarten zijn de nrs. 11^Z, 12^Z en 12 van de Kustkaart Ameland van de MD van RWS, situatie 1984, hoogtelijnen 1984, schaal 1:2000. Verder is daarvoor gebruikt nr. 5^A van de Kustkaart Schiermonnikoog van de MD van RWS, situatie 1982,

schaal 1:2000. De kaarten zijn verkregen van de RWS-Directie Noord-Nederland.

2.4 Jaarringanalyse

Van de stamschijven zijn niet alleen de jaarringen op het snijvlak van de stamschijven geteld, om de leeftijden van levende en dode struiken te bepalen, ook is de dikte per jaarring gemeten. Aangezien dit onderzoek geen groei- of opbrengstonderzoek is, maar de onderlinge verhoudingen van de jaarringbreedten eerder van belang zijn, is niet overkruis gemeten. Daarmee is dus niet een soort van gemiddelde dikte per jaarring verkregen, maar eerder een extreme, omdat gezocht is naar discontinuïteiten tussen de jaarringbreedten. Dit zou de meeste informatie opleveren. Om dezelfde reden zijn de stamschijven vlak boven maaiveld geoogst en niet, zoals gebruikelijk bij opbrengstonderzoek, hoger. Ook is het minder relevant dat de metingen enige tijd na de oogst zijn verricht toen de stamschijven al iets waren uitgedroogd. Bijzonderheden zoals (overgroeide) vraat zijn genoteerd. Aanvullend advies over jaarringanalysen gaf C.A. van den Berg, IBN-DLO (afdeling Terreinbeheer). Voor meer algemene informatie over jaarringanalysen wordt verwezen naar Schweingruber (1989).
De metingen zijn onder een binoculair met een vergroting van 20-40x, verricht met een boorspaanmeter en gemeten in 0,01 mm. Vanuit het merg is naar het cambium cumulatief gemeten, waarna daaruit de afzonderlijke jaarringbreedten zijn berekend.
Doordat de stamschijven in de zomer (van 1996) zijn geoogst, is de buitenste (laatste) jaarring van de levende duindoorns dus onvolledig en smal. De monsters 13L t/m 15L en 13D t/m 15D zijn in mei geoogst, op een moment dat de (levende) duindoornstruiken nog net niet in blad stonden. Met veel moeite zijn in 13L t/m 15L na het najaarshout van 1995 al enkele cellen van 1996 te zien. Bij de interpretatie van de resultaten is met het voorgaande rekening gehouden.

Er bestaat weinig ervaring met jaarringanalysen van duindoorn en meidoorn. Soms zijn de jaarringen moeilijk van elkaar te onderscheiden en zijn dan mogelijk over het hoofd gezien. Anderzijds kunnen schijnjaarringen voor echte jaarringen zijn aangezien. Schijnjaarringen zouden kunnen optreden in een groeiseizoen waarin door een calamiteit groeistilstand optreedt, zoals bij extreme droogte of een plaag van de bastaardsatijnvlinder (*Euproctis chrysorrhoea*). Schilschade in de winter veroorzaakt door konijnen (*Oryctolagus cuniculus*) kan ook discontinuïteiten in jaarringbreedten veroorzaken.

3 RESULTATEN

3.1 Omvang sterfte van duindoorn

Het gebied met duindoornsterfte op Oost-Ameland ligt ten noorden en noordoosten van de Meeuwenkolonie in de Oerderduinen. Globaal vanaf strandpaal 21.600/I150 (dat is net ten westen van het klinkerpad) in het westen, tot ruim voorbij de oostpunt van de Oerderduinen in het oosten. Het gebied is ca. 1,5 km lang en ca. 100-400 m breed (ca. 30 ha). De noordelijke delen van de transecten (raaien) VI en VII van het monitoringprogramma vallen binnen dit gebied. Het gebied heeft de vorm van een trechter met de wijde mond nabij de NAM-locatie in het oosten en het smalle uiteinde net over het klinkerpad in het westen (fig. 1 en 2). De oppervlakte daadwerkelijk gestorven struweel is geringer (ca. 5 ha) omdat lang niet het gehele gebied oorspronkelijk met duindoornstruweel was begroeid.
Op Oost-Schiermonnikoog treft men een met Oost-Ameland vergelijkbare situatie aan (fig. 4). Hier zijn ook vrij uitgebreide gebieden met duindoornsterfte en zelfs sterfte van vlier aanwezig (§ 3.10.3).
Op Oost-Terschelling zijn op de Boschplaat redelijk met Oost-Ameland vergelijkbare situaties aanwezig, met hier en daar ook duindoornsterfte (§ 3.10.2).

3.2 Situatie van duindoorn op Oost-Ameland

In het gebied met sterfte van duindoornstruweel (vallei 7 en het ten noorden en noordwesten hiervan gelegen gebied) is juist de duindoorn op de valleibodem gestorven. Er zijn geen andere plantensoorten die waarneembaar zijn afgestorven. Duindoorns op iets hoger gelegen standplaatsen, zoals kleine duintjes, leven soms nog of zien er zelfs florissant uit.
De ondergroei op de plekken met sterfte is vooral 'kwelderachtig' en wordt gedomineerd door zouttolerante plantensoorten als zilte rus (*Juncus gerardi*), zilverschoon en melkkruid (*Glaux maritima*). Sterfte vond ook plaats in iets hoger gelegen met duinriet (*Calamagrostis epigejos*) begroeide valleidelen.
Binnen het gebied met sterfte komt ook een meeuwenkolonie voor. Hier treedt hoog in de duinen ook wel lokaal wat duindoornsterfte op, maar dat wordt mogelijk door de vele meeuwen (overbemesting?) en konijnen (vraat) veroorzaakt.

Ten slotte beschrijven Schils en Launspach (1973) in hun studie over de vegetatie van de oostpunt van Ameland ook de duindoornstruwelen en de ontwikkeling daarvan, juist in het onderhavige gebied. Zij schetsen het ontstaan van duindoornstruweel vanuit droge duinen en vanuit vochtige valleien. De droge duinen (A) bestaan hier uit de associatie van helm en zandhaver (*Elymo-Ammophiletum typicum et festucetosum*), en de vochtige valleien (B) uit vervolgstadia van de associatie van strandduizendguldenkruid en krielparnassia (*Centaurio-Saginetum moniliformis*), alsmede de knopbiesassociatie (*Junco baltici-Schoenetum nigricantis*). Bij A is er sprake van

een gezelschap van duindoorn en akkermelkdistel (*Sonchus arvensis* var. *maritimus*) (hun 'type 30') en bij B van een gezelschap van duindoorn en koninginnenkruid (*Eupatorium cannabinum*) ('type 35'), en een gezelschap van duindoorn en veldbeemdgras (*Poa pratensis*) ('type 31'). De 'typen 30 en 35' zouden ook kunnen overgaan in 'type 31'; 'type 35' zou zich ook kunnen ontwikkelen tot lage en hoge struwelen van duindoorn en hondsroos (*Rosa canina*) ('type 36'). Dit alles beschouwen Schils en Launspach (1973) als (voor)fasen en varianten van het duindoorn-ligusterstruweel (*Hippophao-Ligustretum*). De 'typen 30' en '31' zouden ten slotte kunnen overgaan in duingraslanden.

3.3 Globale ecologische beschrijving van duindoorn

Duindoorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) is een tot 4,5 m hoge heester met grijs berijpte, doornige takken. De 2-8 cm lange bladen zijn kortgesteeld, lijn-lancetvormig en dicht bezet met ster- en schubharen. De bloemen zijn zeer klein en groenachtig; ze verschijnen voor de bladeren. De plant is tweehuizig. De vrucht is een ½-1 cm grote, bolvormige oranje schijnbes (Mennema 1994: 431-432; Van der Meijden 1996: 267). De soort is in ons land endemisch en wordt wel opgevat als een interglaciaal relict (Weeda *et al.* 1987).
Over de ecologie van duindoorn is het een en ander te vinden in Westhoff *et al.* (1970: 216, 220 en 232), maar de voor ons meest relevante informatie geven toch Weeda *et al.* (1987: 188-192) waarvan hieronder dan ook veelvuldig gebruik is gemaakt.

Duindoorn treedt op als pionier op plaatsen met weinig of geen bodemontwikkeling. Dit is mogelijk doordat de struik voor zijn stikstofvoorziening niet op de bodem is aangewezen, maar middels wortelknolletjes met symbiontische bacteriën van het geslacht *Frankia* luchtstikstof bindt (dus niet onder grondwaterniveau). Toch wordt per saldo de bodem kalkarmer door geleidelijke uitspoeling van kalk en humus, en ontstaat een bodemprofiel. Duindoorn heeft een uitgebreid wortelstelsel met meer dan 1 m diep reikende hoofdwortels en horizontale uitlopers. De plant wordt in Nederland hoogstens 30 jaar oud. 'Voor het verschijnsel dat duindoorn soms over aanzienlijke oppervlakten vrij plotseling afsterft, zijn allerlei verklaringen voorgesteld' (Weeda *et al.* 1987: 192). Belangrijke factor blijken parasitaire aaltjes, die de wortelgroei remmen en daardoor knolvorming verhinderen. Daardoor wordt de opname van water en voedingsstoffen geremd en takelt duindoorn af (Weeda *et al.* 1987).
De soort kiemt op lichte, humusarme, kalkhoudende meestal enigszins vochtige grond, in open vegetaties. In nat of brak milieu kiemt de soort niet. Eenmaal gevestigd, handhaaft hij zich vrijwel uitsluitend door vegetatieve vermeerdering en breidt zich dan naar drogere en nattere terreingedeelten uit. Door uitbreiding in nattere delen, als geen verzuring optreedt, verdwijnen dan bijzondere duinvalleisoorten als knopbies, parnassia en moeraswespenorchis. Duindoorn is bestand tegen harde, zoute zeewind en overstuiving, maar voor overspoeling met zeewater is de soort erg gevoelig, tenzij sporadisch in de winter (Weeda *et al.* 1987: 190).

Duindoorn is een klonale soort die zelden ouder wordt dan 25 jaar, alhoewel in Scandinavië 80 jaar oude stammetjes voorkomen. Doelmatige kolonisatie door zaadverspreiding via vogels vindt plaats in open en vochtige biotopen. Het bezetten van de niche van nutriëntenarme duinbodems wordt deels mogelijk gemaakt door wortelsymbiose met N_2-fixerende *Frankia*-actinomyceten. De successie van degenererende duindoornvegetaties gaat in droge kalkrijke duinen (Holland) langzamer dan in kalkarme duinen en duinvalleien (Wadden) (Zoon 1995).

Duindoorn komt in ons land vanouds veelvuldig voor langs de hele Noordzeekust. In een groot deel van het Waddengebied vestigde hij zich veel later; op Schiermonnikoog in de late Middeleeuwen. De soort was ca. 1850 op Terschelling nog onbekend (Weeda *et al.* 1987). In 1870 meldt F. Holkema duindoorn van Vlieland als uiterst zeldzaam, en van Terschelling van een plaats aan de westpunt (Westhoff & Van Oosten 1991). Pas bij het vastleggen van de duinen was uitbreiding mogelijk. Op de Waddeneilanden beperkt duindoorn zich tot de jongere duingebieden waar het zand enig schelpengruis bevat. De plant vestigt zich dan aan de lijzijde van de zeereep, op plaatsen waar verstuiving afneemt, als opvolger van helm (*Ammophila arenaria*). Hij handhaaft zich zolang de bodem kalkhoudend en humusarm blijft. Bij verzuring gaat duindoorn kwijnen. Wordt de bodem humeuzer, dan verschijnen andere struiken die duindoorn door beschaduwing verdringen. Op hellingen ten slotte sterft duindoorn door kalkgebrek af en wordt dan opgevolgd door vegetaties met kraaihei (*Empetrum nigrum*), duinroosje (*Rosa pimpinellifolia*) of buntgras (*Corynephorus canescens*) (Weeda *et al.* 1987).
Op Texel komen bij de Muy zware, hoge vlier-en duindoornstruwelen voor op de oosthelling van een nauwelijks ontkalkte duinrichel (0,8% $CaCO_3$). Op de andere Waddeneilanden slaat duindoorn wel overal in jonge duinen langs de kust op, maar het duindoornstruweel komt daar nauwelijks tot ontwikkeling, het best nog aan de randen van vochtige valleien. De best ontwikkelde duindoornstruwelen van Ameland komen voor bij 0,4% $CaCO_3$ als duindoornvlierstruweel (*Hippophao-Sambucetum*), landinwaarts na het *Elymo-Ammophiletum* van de zeereep, ten noorden van de Zwanewaterstuifdijk. De forser ontwikkelde duindoornstruwelen op Ameland gaan gepaard met ophoping van organische stof in de bovenste paar cm van de bodem. Bij jonge struwelen is alleen dit laagje met organische stof ontkalkt. Als de struwelen ouder worden, neemt de diepte van de ontkalking toe. Vaak sterft duindoorn echter spoedig weer af. De in vergelijking met het Hollandse Duindistrict korte levensduur wordt veroorzaakt door de snellere ontkalking van de bodem. Voor duindoorn zelf is kalk niet zozeer van belang, maar *Frankia* in de wortelknolletjes functioneert slechts goed bij betrekkelijk hoge pH. Bij 0,3% $CaCO_3$ is nog sprake van een pH van 6,5 à 7,0. Duindoorn wortelt dan nog wel in de vrij diepe onontkalkte bodem, maar de vitaliteit gaat reeds achteruit en de weerstand tegen rupsen van de bastaardsatijnvlinder vermindert (Westhoff & Van Oosten 1991).

3.4 Duindoorn en aaltjes

Nadat bij de globale ecologische beschrijving van de duindoorn al even de relatie tussen duindoorn en aaltjes is aangestipt, wordt deze bijzondere relatie hier wat verder uitgewerkt. Belangrijk onderzoek naar deze relatie is uitgevoerd door Oremus (1982) en Zoon (1995). Zij is hier met name van belang voor de door aaltjes veroorzaakte sterfte in de latere successiestadia van het duindoornstruweel.

Zoon (1995) noemt onze duindoorn een dominante soort in de primaire successie van de duinvegetatie in Nederland. Hij koloniseert de mobiele helmduinen en jonge duinvalleien, en degenereert na verloop van decennia, waarbij de vegetatie overgaat in gemengd struweel of duingrasland. De aftakeling van duindoornstruweel is in verband gebracht met het optreden van plantparasitaire nematoden en ook nog andere (onbekende) bodemorganismen.
Oremus (1982) onderscheidt bij de vegetatiesuccessie waar duindoorn een rol speelt de volgende stadia: 1) de strandvlakte, 2) de jonge helmduinen, 3) de vestiging van duindoorn in de helmduinen, 4) de optimale fase in de ontwikkeling van het duindoornstruweel en 5) het postoptimale stadium, waarin het struweel degenereert. In stadium 3 (door Zoon 'AH' genaamd) stimuleren biotische factoren (*Frankia*) de knolvorming. In stadium 4 van de successie treedt een grotere nodulatie op, maar in de bovengrond beïnvloeden biotische factoren (aaltjes) die nodulatie reeds nadelig. In stadium 5 ('HP') worden weinig, grotendeels necrotische wortelknollen aangetroffen, een achteruitgang veroorzaakt door de nematode *Longidorus* sp. Dit heeft minder fosfaatopname en daardoor een slechte groei tot gevolg. Ten slotte vermindert de knolvorming en stikstofbinding, waardoor er een fosfaat- en stikstoftekort ontstaat. Een samenvatting van Oremus' analyseresultaten (1982) van bodemmonsters van de stadia AH en HP is gegeven in tabel 1.
Volgens Zoon (1995) treedt er een successie op in de nematodenfauna die gelijke tred houdt met de ontwikkeling van bodem en vegetatie. De aftakeling van duindoorn verloopt in de richting van toenemende concentraties N en organische stof in de bodem, en toenemende infectie van wortels met mycorrhizaschimmels. De nematoden *Tylenchorhynchus microphasmis* en *Mesocriconema xenoplax* komen in alle stadia algemeen voor, terwijl *Longidorus dunensis* alleen onder degenererende struwelen is gevonden. Naarmate de aftakeling vordert, komen hogere concentraties van plantparasitaire nematoden rond de wortels voor. Deze obligate parasieten, behalve dat ze zelf schadelijk zijn, kunnen de plant vatbaarder maken voor pathogene bodemschimmels. *T. microphasmis* remt de groei van duindoorn en de opname van bepaalde nutriënten. Ook de wortelknolvorming en stikstofbinding van de symbiont *Frankia* worden onderdrukt, maar dit is niet de hoofdoorzaak van de groeiremming. Een samenvatting van Zoon's analyseresultaten (1995) van bodemmonsters van de vroege en late successiestadia is gegeven in tabel 2.

3.5 Bodemchemische analyse van het sterftegebied

In tabel 3 zijn de resultaten gegeven van de chemische analysen van de bodem nabij 10 levende en 10 dode bemonsterde duindoorns van Oost-Ameland (1L t/m 10L en 1D t/m 10D).
De gemiddelde pH-H_2O van de bodem bij de levende duindoorns is 7,74 (standaardafwijking SD 0,19) en bij de dode 7,69 (0,16). Voor % $CaCO_3$ is dit 0,25 (0,19), resp. 0,27 (0,32); voor mg Cl^- per 100 g grond is dit 1,65 (1,51), resp. 2,11 (1,16); en voor % gloeiverlies 0,55 (0,15), resp. 0,59 (0,09).
Het blijkt dat er weinig tot geen verschil is in de samenstelling tussen de bodem bij de levende en bij de dode bemonsterde duindoorns.

3.6 Analyse nematodenfauna van het sterftegebied

De analyse van de bodem op plantparasitaire aaltjes bij 10 levende en 10 dode bemonsterde duindoorns van Oost-Ameland (1L t/m 10L en 1D t/m 10D), is gegeven in tabel 4. De in de tabel vermelde *Longidorus* sp. blijkt niet *L. dunensis*, maar *L. elongatus* te zijn: een in Nederland vooral in grasland vrij algemeen voorkomend polyfaag aaltje.
Van de gevonden nematoden is volgens de PD *Tylenchorhynchus microphasmis* ('T.m.') schadelijk voor duindoorn, en mogelijk ook *Mesocriconema rotundicauda* ('Me') en *Longidorus elongatus* ('Long'). De vrij zware besmetting met *L. elongatus* komt slechts op één monsterplek (7) voor, en wel bij levende en dode duindoorn. De duindoorn op monsterplek 7L was nog vitaal en fructificerend. De besmetting met *T. microphasmis* is volgens de PD lager, en die van *M. rotundicauda* hoger dan gevonden door Zoon (1995). Beide laatste komen lang niet op alle monsterplekken voor en in erg wisselende aantallen bij levende en dode struiken.

3.7 Insectenaantasting van het sterftegebied

In juli kwamen in de aangeplante duindoornvegetatie rondom de NAM-locatie aanzienlijke insectenaantastingen voor. Na determinatie door L.G. Moraal, IBN-DLO (afdeling Dierecologie), bleek de vraat met losse spinsels, zoals verwacht, veroorzaakt te zijn door de bastaardsatijnvlinder.

3.8 Jaarringanalyse van het sterftegebied

Een overzicht van de gevonden leeftijden (aantal jaarringen) van de levende en dode bemonsterde duindoorns van Oost-Ameland (1L t/m 14L en 1D t/m 14D) is gegeven in figuur 3.
Opvallend is de ongelijke leeftijd van de struiken tussen de verschillende monsterplekken, maar ook valt op dat binnen de geoogste paren (duo's) de leeftijd nogal kan verschillen.

De gemiddelde leeftijd van de levende duindoorns is 16,1 jaar, met een variatie van 2-33 jaar (SD 9,0). De gemiddelde leeftijd van de dode exempla-

ren is 13,9 (4-33) jaar (SD 8,9). Vestiging heeft dus zeer gespreid in de tijd plaatsgevonden (tussen 1964 en 1995). Hoewel er een grote variatie is, en aannemende dat binnen een duo het kiemjaar hetzelfde is (wat zelden het geval blijkt te zijn), kunnen we concluderen dat de dode exemplaren in ca. 1993 (16,1-13,9 = 2,2 jaar eerder dan 1996) zijn gestorven als een reactie op een eerdere gebeurtenis, die dus in ca. 1992 plaatsvond.

3.9 Hoogteligging van het sterftegebied

De grenzen van het op luchtfoto's gekarteerde areaal van de duindoornsterfte vertoont opvallend weinig verticale differentiatie. Bij vergelijking van dit areaal met de Kustkaart Ameland van de MD van RWS, valt op dat de grenzen ervan ongeveer binnen de hoogtelijnen liggen van 2 en 3 m + NAP. Hierbij moet echter worden bedacht dat de oriëntatie m.b.v. de Kustkaart tamelijk onnauwkeurig is, en de situatie veranderlijk (hoogtelijnen van 1984).
Het trechtervormige gebied is een instromingsvlakte en toegankelijk voor hoge vloeden (mondelinge mededeling *IFG*, RWS). Het gebied kent ogenschijnlijk geen drempels voor overvloedingen.

3.10 Veldwerk buiten Oost-Ameland

3.10.1 Ameland

In een gebied op Ameland ver buiten de invloed van de gaswinning zijn enerzijds (ten noorden van het fietspad langs de Zwanewaterduinen) hier en daar wat dode jongere duindoorns gezien, lokaal 'hagedoorns' genoemd, mogelijk gestorven door het schillen van de bast door konijnen in de winter, met aansluitende aantasting van de wondparasiet duindoornvuurzwam (*Phellinus hippophaecola*). Monsterplek 15 leverde leeftijden op van 14 (15L) en 12 jaar (15D). In het eerste geval was vraat goed overleefd. Anderzijds is er (ten zuiden van het fietspad langs de Zwanewaterduinen) op beperkte schaal wat dood duindoornstruweel aangetroffen dat door ouderdom en een normale successie van de vegetatie het loodje legde. Een representatieve grote, reeds lang gestorven duindoorn (16D) bleek 27 jaar oud geworden; de laatste zes jaren met verminderde groei en reeds in de winter tussen het 5^{e} en 6^{e} jaar met ernstige wildschade die geheel is overleefd.
Bovengenoemde beperkte sterfte buiten het bodemdalingsgebied is als normaal te beschouwen.

3.10.2 Terschelling

De situatie op de Noordvaarder en in de Kroonpolders op Terschelling is een geheel andere dan op Oost-Ameland. Op West-Terschelling is sprake van een indrukwekkende spontane bosontwikkeling, vooral startend vanuit een verbossend moeras, maar ook vanuit struweel waarin duindoorn hier en daar op natuurlijke wijze sterft als een logische stap in de vegetatiesuccessie. Daar waar de duinen jonger zijn, is het duindoornstruweel weelderig. De duindoorn

in de duinen van de Kroonpolders is vitaal en jonger dan die van de Amelander Zwanewaterduinen.

Op Oost-Terschelling is fraai het effect van de verrijking met kalkrijk zand (uit een bermsloot afkomstig) en/of schelpenverharding te zien op de weelderige duindoorns langs het fietspad tussen de Wierschuur en strandpaal 19. Maar ook elders in het gebied zijn gezonde duindoornstruwelen aangetroffen. Zoals bij het Parapluduin waar duindoorn door de aanvoer van vers kalkrijk zand zeer vitaal manshoog voorkomt. Zelfs in de nabije Berkenvallei met zijn bekende indrukwekkende natuurlijke bosontwikkeling (15 soorten houtige gewassen) was nog duindoorn aanwezig. Deze bosontwikkeling komt op de Waddeneilanden op gang na beëindiging van de traditionele duinbegrazing. Nabij het Oude Scherm echter, aan het begin van de Boschplaat, is een situatie aangetroffen die redelijk vergelijkbaar is met de situatie op Oost-Ameland. Ook hier kan zeewater bij hoge vloeden het gebied binnenstromen, en ook hier zijn dode duindoorns aanwezig in een min of meer vergelijkbare vegetatie. Vergelijkbaar zijn zeker de nog levende duindoorns die t.o.v. NAP hier eveneens net iets hoger staan dan de dode. Op hogere plekken in bijvoorbeeld vegetaties van kraaihei (*Empetrum nigrum*) kwijnt duindoorn als een resultaat van normale vegetatiesuccessie. De Koggegronden zijn min of meer vergelijkbaar met de westpunt van de Zoute Weide op Ameland. Op deze Koggegronden zijn op enige schaal dode duindoorns aanwezig die de indruk wekken te zijn gestorven door vernatting en/of verzilting.
Het bezoek aan de Derde Duintjes gaf het meeste inzicht in het mogelijke achterliggende mechanisme van de sterfte. Hier stonden dode duindoorns beneden oud vloedmerk (veek), lokaal 'opdrijfsel' genoemd, met onder dit niveau recent gevestigde jonge, levende duindoorns van drie en vier jaar oud, d.w.z. met het kiemjaar 1994 en 1993. Denkbaar is dat in een periode met weinig of geen hoge vloeden duindoorn zich in een zone vestigt die in een daarop volgende periode met veel hoge vloeden, niet meer geschikt is. De struik sterft dan. Onder gewijzigde omstandigheden zou weer kolonisatie kunnen optreden. De soort zou dan met haar ondergrens langs een hoogtegradiënt pendelen. Te denken valt aan een 'halve-harmonicamodel'. Een iets meer oostelijk gelegen klein duincomplex ondersteunde dit idee. Daar was ca. 500 m^2 struweel gestorven, gelegen beneden het niveau van het vloedmerk. Net daarboven leefde nog wat duindoorn, of was gedeeltelijk nog levend. Op het sterfteniveau stond nieuw gevestigde duindoorn uit 1993. Aangezien op en rondom deze duintjes niet direct van vernatting sprake is, ligt hier mogelijk verzilting als oorzaak van sterfte voor de hand. Hoewel de situatie (lage duintjes op de kwelder) niet erg goed met het sterftegebied op Oost-Ameland vergelijkbaar is, kunnen deze waarnemingen hiervoor toch gedachtebepalend zijn.

3.10.3 Schiermonnikoog

Op Schiermonnikoog is eerst het westelijke deel van het eiland onderzocht. In het gebied ten noorden, noordwesten en westen van de Westerplas is eveneens sprake van een aardige bosontwikkeling. Daarbij neemt de rol van duindoorn bij deze successie uiteraard af, maar er zijn ook oude vitale exemplaren aan te treffen. Op sommige plaatsen is het de indruk dat konijnen

door hun geschil in winterperioden met sneeuw hier duindoornsterfte veroorzaken. Verder speelt mogelijk eveneens paardenbegrazing een rol. Eigenlijk is de situatie hier klassiek. Gaande vanaf de zee ziet men in de diverse duindoorngordels met afnemende vitaliteit de normale vegetatiesuccessie weerspiegeld.

Ook in de Kobbeduinen van Oost-Schiermonnikoog vindt een sterke bosontwikkeling plaats met o.a. witte abeel (*Populus alba*), gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*), vlier, duindoorn en wilde lijsterbes (*Sorbus aucuparia*). Duindoorn blijft hier deel uitmaken van het bos.
Op Oost-Schiermonnikoog treft men in en oostelijk van de Kobbeduinen wel een met Oost-Ameland vergelijkbare situatie aan (fig. 4). En ook hier zijn weer gebieden met duindoornsterfte en zelfs sterfte van vlier aanwezig. Er is geen vloedmerk gezien, maar de gestorven duindoorn staat in het verbond van Engels gras (*Armerion maritimae*) en staat dus in principe binnen het bereik van het zeewater. Iets hoger op de duinkopjes leven de duindoorn en vlier nog, zij het met dode takken en onder zware konijneninvloed. De vegetaties in de tussenliggende lagere delen hebben een opvallende overeenkomst met de vegetaties uit het sterftegebied van Oost-Ameland.
Ten oosten van de Kobbeduinen is de situatie nog duidelijker. Beneden oud vloedmerk staat gestorven duindoorn met nieuwe vestiging van jonge exemplaren van 1 à 2, en 2 à 3 jaar oud. In een valleitje is de volgende vegetatiezonering aanwezig in volgorde van toenemende hoogte t.o.v. NAP: 1) zone met Engels gras en geen duindoorn, 2) zone met strandkweek (*Elytrigia atherica*) en dode duindoorn, 3) zone met duinriet en vitale (fructificerende) duindoorn en 4) struweel met vlier, lijsterbes en grote vitale duindoorn. In het duincomplex ten noorden van het Kwelderpad (fig. 4) is zelfs sprake van vrij massale sterfte van duindoornstruweel. Ook vlier lijkt hier afgestorven, maar die loopt nu weer uit. Het zijn hier allemaal jonge duinen met een goede ontwatering, geen gebrek aan $CaCO_3$, niet te veel organische stof, en aaltjes spelen vermoedelijk hier ook geen rol van betekenis bij de sterfte. Indicatoren van mineralisatie zijn hier o.a. akkermelkdistel, akkerdistel (*Cirsium arvense*) en krulzuring (*Rumex crispus*). Ook hier lijkt niet vernatting, maar verzilting oorzaak van de sterfte. Meer oostelijk, ter hoogte van strandpaal 10 (fig. 4), is zelfs een grote vlakte met afgestorven duindoorns en vlieren aanwezig. Een nieuwe vestiging van duindoorn stamt uit 1992. Een strandvlakte ten noorden hiervan tussen de strandpalen 9 en 10 lijkt erg op de vallei met duindoornsterfte op Oost-Ameland: dode duindoorn in een vlakte met zilverschoon en melkkruid (fig. 4).
Volgens de Kustkaart Schiermonnikoog liggen de bezochte plekken op Oost-Schiermonnikoog ook op ca. 2 à 3 m + NAP. Hierbij moet echter worden bedacht dat de oriëntatie m.b.v. de Kustkaart tamelijk onnauwkeurig is (hoogtelijnen van 1982). Op deze plekken is in het dode struweel nog een vijftal stamschijven geoogst van levende duindoorns (17L t/m 21L, fig. 4). Het betreft een nieuwe vestiging en verder exemplaren die de sterfte hebben overleefd. Deze stamschijven zijn op gelijke wijze als die van Oost-Ameland geanalyseerd.

4 DISCUSSIE

4.1 Veroudering

Weeda *et al.* (1987) spreken over een maximale ouderdom bij duindoorn van 30 jaar. Zoon (1995) meldt een ouderdom van zelden meer dan 25 jaar. Oremus (1982) en Zoon (1995) hebben het over een degeneratie van het struweel na 10-15 jaar, resp. na verloop van decennia, maar uit Scandinavië meldt Zoon een ouderdom van 80 jaar.
Op Oost-Ameland is in het sterftegebied een gemiddelde leeftijd aangetroffen van 16 jaar voor levende duindoorns en 14 jaar voor dode. De oudste gevonden exemplaren waren evenwel 33 jaar, zowel in levende als in dode toestand. In de Zwanewaterduinen bleek bij normale sterfte een leeftijd van 27 jaar bereikt.
'Veroudering' van de duindoorn op Oost-Ameland lijkt dus geen rol te spelen als oorzaak van sterfte.

4.2 Bodemgesteldheid

Uit de bodemanalysen blijkt dat de onderzochte componenten weinig verschillen voor levende of dode duindoorns. Slechts het chloridegehalte is bij de levende duindoorns iets lager dan bij de dode, maar dat verschil is minimaal. De hoogte van het actuele chloridegehalte speelt evenwel geen rol van betekenis aangezien het hoogste gehalte (5,71 mg Cl^- per 100 g grond op monsterplek 1) bij levende duindoorn is gevonden en veel lager is dan bij Zoon (tabel 2).
De pH van de bodemmonsters uit het sterftegebied is veel lager dan bij Oremus' HP-stadium, maar vergelijkbaar met die van Zoon's Late-stadium. Het verschil in $CaCO_3$ of 'carbonaten' is nog groter: van beide zijn de gehalten veel hoger dan op Oost-Ameland. De gegevens voor bodemgesteldheid van Oremus (1982) en Zoon (1995) hebben betrekking op het Hollandse duingebied dat veel kalkrijker is dan dat van de Waddeneilanden, hetgeen de verschillen verklaart. Wat organische stof betreft is het gehalte van Oremus lager en van Zoon vergelijkbaar met ons gloeiverlies. Het chloridegehalte is in het gebied hoger dan bij Oremus en veel lager dan bij Zoon.
Ten slotte vermelden Schils en Launspach (1973) voor ons gebied een $CaCO_3$-gehalte van 0,43%. Nu is het 0,25% bij levende en 0,27% bij dode bemonsterde duindoorns. Waarschijnlijk is dit het gevolg van ontkalking in de tussenliggende periode. Westhoff en Van Oosten (1991) geven van het kalkrijkere Texel 0,8% en van Ameland 0,4% voor goed ontwikkelde duindoornvegetaties.
Al met al geeft de bodemchemische gesteldheid geen aanleiding te denken dat deze oorzaak is van de waargenomen sterfte.

4.3 Plantparasitaire aaltjes

Duindoorn is, evenals els (*Alnus* spp.) en gagel (*Myrica* spp.), in staat luchtstikstof te binden m.b.v. de in wortelknollen aanwezige actinomyceet *Frankia*. Op deze wijze levert duindoorn als pionier een bijdrage aan de stikstofverrijking van het ecosysteem (Oremus 1982). Duindoorn vestigt zich in de kalkrijke duinen vlak achter de zeereep in de helmduinen. Na een optimale ontwikkeling van 10-15 jaar treedt meestal degeneratie van het struweel op, waarbij andere soorten zich erin vestigen. Uiteindelijk verdwijnt duindoorn geheel (Oremus 1982). Plantparasitaire nematoden, mogelijk gestimuleerd door verhoogde N-beschikbaarheid, bevorderen deze aftakeling en de successie van duindoorn via onderdrukking van wortelgroei en fosfaatopname.
Oremus (1982) noemt de nematode *Longidorus* sp. als oorzaak van slechtere groei van duindoorn in het successiestadium 5 (HP: H = *Hippophae* en P = *Poa*), overeenkomend met type 31 (gezelschap van duindoorn en veldbeemdgras) van Schils en Launspach (1973). Zoon (1995) spreekt in zijn onderzoek naar aaltjes en duindoorn vooral over *L. dunensis*. De aaltjes *Tylenchorhynchus microphasmis* en *Mesocriconema xenoplax* komen in alle successiestadia algemeen voor en lijken geen sterfte te veroorzaken. Daarentegen noemt de PD *T. microphasmis* schadelijk voor duindoorn, en mogelijk ook *Mesocriconema rotundicauda* en *Longidorus elongatus*. De gevonden vrij zware besmetting met *L. elongatus* komt slechts op één monsterplek voor. De besmetting met *T. microphasmis* en die van *M. rotundicauda* komen lang niet op alle monsterplekken voor en in erg wisselende aantallen bij levende en dode struiken.
Plantparasitaire aaltjes komen dus wel voor in het sterftegebied op Oost-Ameland. Ze lijken echter, als mede het stadium van de vegetatiesuccessie in ogenschouw wordt genomen, geen oorzaak van sterfte te zijn. Ook de gelijktijdige sterfte bij verschillende leeftijden (fig. 3) maakt dit aannemelijk.

4.4 Insectenvraat

Door de rupsen van de bastaardsatijnvlinder kaalgevreten duindoorns gaan hieraan niet dood, en zeker niet zo massaal als op Oost-Ameland, maar lopen weer uit nadat de rupsen zich verpoppen (mondelinge mededeling L.G. Moraal), zoals in augustus is geconstateerd. Na enkele weken komen de vlinders uit en leggen eieren, waarna de daaruit komende jonge, kleine rupsen opnieuw zullen overwinteren in hun spinselnesten (winter 1996/97).

4.5 Autogene successie

Uit de beschrijving van de vegetatie van de vallei met duindoornsterfte komt niet het beeld naar voren dat de sterfte een gevolg zou zijn van 'autogene' successie.
Schils en Launspach (1973) schetsen voor de situatie ter plaatse een successie in de richting van duindoorn-ligusterstruweel of duingraslanden. In grote lijnen komt de beschrijving van Weeda *et al.* (1987) hiermee overeen.

In werkelijkheid is in de vallei met sterfte eerder sprake van een regressie in de richting van een 'kwelderachtige' vegetatie. Dit alles wekt de indruk van een verzilte, vernatte en geruderaliseerde vegetatie.

4.6 Andere oorzaken

In winterperioden met sneeuw (ook in de winter 1995/96) komt wildschade voor (schillen van de bast) veroorzaakt door konijnen. Mogelijk zou incidenteel daardoor sterfte kunnen optreden, maar uit de jaarringanalysen bleek herstel na vraat regel. Ook vraat van ree (*Capreolus capreolus*) komt voor, maar dit heeft hier nu beslist geen effect op de sterfte.
Door de grote omvang van de betreffende duindoornpopulatie kunnen oorzaken die te maken hebben met een smalle genetische basis (bijvoorbeeld de aanwezigheid van klonen, zoals in de Grevelingen) absoluut worden uitgesloten. Er is sprake van afzonderlijke, uit zaad gevestigde individuen. Vestiging vond plaats op veel verschillende momenten (zie ook fig. 3).
De aantasting van de wondparasiet duindoornvuurzwam na bijvoorbeeld het schillen van de bast door konijnen in de winter, is een secundair verschijnsel en geen oorzaak van de sterfte.
Als oorzaak van de sterfte is wel geopperd het ontstaan in 1993 van een doorbraak in de zeekerende duinen (*wash-over*) ten westen van het klinkerpad (fig. 2). Overduidelijk is geconstateerd dat achter de *wash-over* de duindoorns met ingespoeld zand en vloedmerk, en ingestoven zand, welig tieren. Het effect van de *wash-over* op de ernaast liggende vallei lijkt erg gering. De *wash-over* als directe oorzaak lijkt dus niet voor de hand te liggen.

4.7 Ten slotte

4.7.1 Grondwaterstanden

Figuur 5 laat de grondwaterstanden op de nabije NAM-locatie zien. Hoewel hier ook onderbemaling plaatsvindt, geven de hoge standen van 1995 geen verklaring voor de duindoornsterfte aangezien die veel eerder plaatsvond. Het is dus van belang eerdere grondwaterstandsdata te bestuderen.
In welke mate de bodemdaling op Oost-Ameland nog een rol speelt is niet opgehelderd.

4.7.2 Nadere oorzaak

Het sterftegebied kent weinig verticale differentiatie en lijkt te liggen tussen de 2 en 3 m + NAP-contour. Mede gezien de hierboven genoemde regressie van de vegetatie, en het ontbreken van andere duidelijke doodsoorzaken, lijkt het erg aannemelijk dat de oorzaak van de sterfte te maken heeft met een vernatting en daarmee samenhangende processen, of althans een gebeurtenis in het verleden die met water te maken heeft.
Het sterftegebied is trechtervormig en is een instromingsvlakte met de wijde mond naar het oosten gekeerd, waar vanuit de Waddenzee, en in mindere mate ook vanuit de Noordzee, hoge vloeden toegang hebben. Een eventueel

recente overvloeding zou in overeenstemming zijn met de indruk van een recente 'kwelderachtige' vegetatie op de valleibodem.
De waarnemingen van Oost-Terschelling bij gestorven duindoornvegetaties met nieuwe vestigingen van jonge duindoorn vanaf 1993 wijzen in dezelfde richting. Waargenomen nieuwe vestigingen op Oost-Ameland (9L en mogelijk 4L, vanaf 1992; zie respectieveljk fig. 19 en 14), en eerder veronachtzaamd, passen in dit kader. De waarnemingen van Oost-Schiermonnikoog bij gestorven duindoornstruweel, eveneens rond de 2 à 3 m + NAP-contour, alsmede een beneden het vloedmerk gelegen nieuwe vestiging uit 1992 (20L; zie figuur 8) bevestigen dit beeld geheel. Daarbij komen op Schiermonnikoog de met Ameland overeenkomstige vegetaties met mineralisatie-indicatoren. Op Terschelling en Schiermonnikoog is geen sprake van vernatting (goede ontwatering), maar waarschijnlijk verzilting door hoge vloeden (vloedmerk). Hier is ook geen sprake van bodemdaling. Dit alles past in het bij de Derde Duintjes op Terschelling geopperde 'halve-harmonicamodel' waarbij duindoorn met haar ondergrens langs een hoogtegradiënt pendelt, afhankelijk van het bereik van hoge vloeden.

4.7.3 Precisering van het moment van sterfte

Om het moment van sterfte beter te kunnen bepalen, zijn van alle jaarringen de jaarringbreedten in grafieken verwerkt. De figuren 6 en 7 geven hiervan voor de levende duindoorns van Oost-Ameland, en figuur 8 voor de duindoorns van Schiermonnikoog een overzicht. In figuur 6 zijn zes wat oudere duindoorns verenigd, in figuur 7 zes wat jongere. De duindoorns 10L en 12L zijn hier weggelaten vanwege de uitschieters in jaarringbreedte en in leeftijd. In figuur 6, resp. figuur 7 zijn (met enige moeite) de jaren 1978 en 1985, resp. 1991 te herkennen met zeer weinig groei (zeer geringe jaarringbreedte). Deze jaren dienen nu zo veel mogelijk als ijkpunten, *pointeryears* genoemd, bij levende duindoorns (gidsexemplaren) om per duo de groeicurven van de levende duindoorn en de bijbehorende dode handmatig te synchroniseren. Daar waar niet een gidsexemplaar voorhanden was, zijn de beide curven toch zo goed mogelijk 'gefit'. Van Schiermonnikoog zijn alleen levende duindoorns beschikbaar.
Een overzicht van de groeicurven per duo is gegeven in de figuren 11 t/m 24. Op grond hiervan is het moment van sterfte bepaald. Maar zoals uit de grafieken van deze figuren is op te maken, treedt meestal enige tijd voor het sterfjaar reeds een aanzienlijke groeireductie op. Dat moment is gedacht als de periode waarin de gebeurtenis plaatsvond die tot de dood leidde. Beide momenten zijn voor de Oost-Amelandse duindoorns in figuur 9 weergegeven. De meeste sterfte heeft plaatsgevonden in de periode 1990 tot 1992. De veroorzakende gebeurtenis is gedacht in de periode 1989/90 tot 1991/92. Synchroon hiermee zijn de paar waarnemingen op Schiermonnikoog (fig. 8). Met de nog levende duindoorns (uit het midden van een populatie dode) bestaat er geen twijfel aan het moment van minste groei: *pointeryears* 1992 en 1993. De veroorzakende gebeurtenis is na 1990/91 gedacht en wordt verondersteld ook de oorzaak van de sterfte te zijn geweest.

4.7.4 Correlatie met extreme hoogwaters

Op Ameland (Nes) is volgens de Kustkaart Ameland het GLW (gemiddeld laagwater) 1,38 m -NAP, GHW (gemiddeld hoogwater) 1,12 m + NAP en het hoogst bekende HW (1976) 3,45 m + NAP.
In figuur 10 zijn de aantallen extreme hoogwaters voor Ameland (Nes) gegeven. RWS houdt deze standen op Ameland nog handmatig bij. In de figuur zijn de standen van > 2,00, > 2,40 en > 3,00 m + NAP aangegeven. Zie voor meer gedetailleerde informatie Eysink *et al.* (1995: tabel 3.1, fig. 3.4).

Perioden met extra hoge vloeden zijn niet ongewoon en vinden hun oorzaak in wisselende windinvloeden (Bossinade *et al.* 1993). Volgens Dankers *et al.* (1987: 69) zou de ondergrens van duindoorn op ca. 2,30 m + NAP moeten liggen omdat dit de bovengrens is van het zilverschoonverbond (*Lolio-Potentillion anserinae*). Standen van > 2,40 m + NAP zijn dus het meest relevant. Juist in het winterseizoen 1989/90 treden extreme hoogwaters op van > 3,00 m. De sterfte van duindoorn lijkt dus, op enige afstand, gecorreleerd te zijn met extreme hoogwaters die in de voorafgaande periode niet optraden. Opvallend zijn ook nog enkele vloeden van > 2,40 (niet > 3,00 m) uit 1988/89 en 1990/91 die min of meer nog in het groeiseizoen plaatsvonden: in september en oktober[1]. Interessant is wat dit betreft de mededeling van Weeda *et al.* (1987: 190): 'Voor overspoeling door zeewater zijn (duindoorns) erg gevoelig, tenzij deze sporadisch in de winter plaatsvindt.'
De eventuele bijdrage van de bodemdaling in de overvloedingen is niet opgehelderd.
De indruk wordt gewekt dat er bij de struweelsterfte sprake is van een tweedeling in de oorzaak van de sterfte. Bij de sterfte van het duindoornstruweel lijkt overspoeling door zeewater (verzilting) de oorzaak, met uitzondering van zeer kleinschalige sterfte van duindoorn op West-Terschelling. Bij de sterfte van het meidoornstruweel en de zeer kleinschalige sterfte van duindoorn op West-Terschelling, lijkt inundatie door zoet water de doodsoorzaak (Slim 1997).

---

1) 8 oktober 1988 2,44 m + NAP, 19 september 1990 2,54 m + NAP,20 september 1990 2,59 + NAP en 7 oktober 1990 2,55 m + NAP

5 CONCLUSIES

In de periode 1990 t/m 1992 is op Ameland op tamelijk grote schaal (ca. 30 ha) exceptionele struweelsterfte opgetreden van duindoorn. Deze sterfte komt uitsluitend voor aan de oostzijde van het eiland en wel binnen de contour van de t/m 1994 gerealiseerde bodemdaling van ca. 13-14 cm.
De veroorzakende gebeurtenis lijkt plaatsgevonden te hebben in de periode 1989/90 t/m 1991/92.
Op Oost-Schiermonnikoog, en in mindere mate op Oost-Terschelling, trad ook sterfte op.

Sterfteoorzaken gelegen in een 'autogene' successie van de vegetatie, de 'veroudering' van het struweel, de samenstelling van de bodem, het optreden van plantparasitaire aaltjes, de vraat van insecten of de begrazing door grotere grazers, een smalle genetische basis, het voorkomen van duindoornvuurzwam, en de nabijheid van een doorbraak in de zeekerende duinen, zijn uitgesloten of zijn onwaarschijnlijk.

De regressieve vegetatieontwikkeling in de vallei met sterfte van duindoornstruweel, de gelijke hoogteligging van de begrenzing van het sterftegebied en de hoogteligging zelf, maken het aannemelijk dat vernatting en/of verzilting oorzaak van de sterfte is.

Overeenkomstige sterfte in min of meer vergelijkbare omstandigheden op de oosteinden van de naastliggende Waddeneilanden die waarschijnlijk geen vernatting en zeker geen bodemdaling kennen, de correlatie tussen de gebeurtenis die de sterfte op Oost-Ameland veroorzaakte en het optreden van extreme hoogwaters op het eiland, alsmede de gevoeligheid van duindoorn voor overspoeling door zeewater, maken verzilting als oorzaak van sterfte aannemelijk.
Eventuele verzilting en vernatting op Oost-Ameland, en de achterliggende mechanismen, liggen in dezelfde lijn als eerdere resultaten van het lopende monitoringsonderzoek.

Voor het schatten van de grootte van een eventuele bijdrage van de bodemdaling aan de overvloedingen is nader onderzoek nodig.

6 AANBEVELINGEN

6.1 Monitoring

Het verdient aanbeveling na dit vooronderzoek in een vervolgonderzoek de struweelsterfte in de toekomst globaal te blijven volgen. Allereerst om na te gaan of er sprake is geweest van een eenmalige gebeurtenis; maar ook of nieuwe sterfte optreedt (Oost-Ameland, Oost-Schiermonnikoog, Oost-Terschelling).
Het volgen van de omvang van de huidige sterfte (uitbreiding, stabilisatie of inkrimping door nieuwe vestiging of vegetatieve uitbreiding) kan meer bewijs opleveren voor de veronderstelde oorzaak van de sterfte. Op Ameland is de sterftegrens immers reeds gekarteerd en zijn de monsterplekken voorlopig aangegeven, maar kartering op Schiermonnikoog en meer permanente markering op beide eilanden lijkt in het kader van monitoring zinvol.

6.2 Hoogteligging

In een vervolgonderzoek zou het opnemen van de x-, y- en vooral de z-coördinaten (plaats en hoogte) bijvoorbeeld m.b.v. een nauwkeurige *GPS (Global Positioning System)*, van minimaal de monsterplekken op Oost-Ameland, maar beter nog van de sterftegrens aldaar en op Oost-Schiermonnikoog, meer duidelijkheid kunnen opleveren over de oorzaak van de sterfte. De sterftegrens zou op Ameland dan overal min of meer op dezelfde hoogte tussen ca. 2 en 3 m + NAP moeten liggen, en moeten corresponderen met bepaalde waargenomen extreme hoogwaters. Dit zou *mutatis mutandis* dan ook voor Schiermonnikoog moeten gelden. Het is eveneens van belang te weten of er toch, en zo ja hoe hooggelegen, eventuele drempels zouden zijn in het sterftegebied van Ameland. Op Schiermonnikoog lijkt dit geen rol te spelen.
Toetsing van het 'halve-harmonicamodel' is dan mogelijk. Bevestiging van de resultaten uit het vooronderzoek ondersteunt, op onafhankelijke wijze, de resultaten van het lopende hoofdproject, het monitoringprogramma. Aan de actuele hoogteligging gerelateerde overvloedingsfrequenties zouden op Ameland bij bekende bodemdaling de mogelijkheid bieden uiteen te rafelen voor welke fractie van de sterfte (oppervlakte, kansen) de daling verantwoordelijk is. Met andere woorden voor het eerst zou duidelijk worden welk deel van de opgetreden vegetatieveranderingen door de natuurlijke dynamiek van het gebied, en welk deel door bodemdaling wordt veroorzaakt.

6.3 Neerslag en grondwater

Nochtans is het van belang nader de relatie te onderzoeken met het klimaat als eventuele (mede)oorzaak van de sterfte. Met andere woorden neerslag en grondwaterstand (de laatste kwantitatief en kwalitatief) blijven voor verklaring van de sterfte mogelijk.

6.4 Herstel

Ten slotte kan worden nagegaan hoe de regressie van de vegetatie zich verhoudt tot de natuurlijke dynamiek van het gebied. Hoe ernstig is de schade eigenlijk. Wat zijn de herstelmogelijkheden door hernieuwde vegetatiesuccessie. Zijn er speciale maatregelen beschikbaar die herstel kunnen bevorderen en zijn die ook gewenst. Kan er misschien anderszins compensatie plaatsvinden.

7 DANKWOORD

Veel dank zijn wij verschuldigd voor de uitgebreide hulp die wij belangeloos ontvingen van Richard Kiewiet (*IFG*), Tonnie Overdiep (RWS), Jan van der Laan en Lex Varkevisser (beiden SBB), Johan Krol (Natuurcentrum) en Willem Kiewiet (NAM), allen op Ameland.
Op Terschelling hielpen ons Freek Zwart (SBB) en George Visser (oud-IBN-DLO-er).
Otto Overdijk (Vereniging Natuurmonumenten) was ons behulpzaam op Schiermonnikoog.
Zij lieten ons toe op hun terreinen of verleenden voor de betreding ervan vergunning, gaven toestemming voor het nemen van monsters, reden ons rond, gaven gevraagd en ongevraagd uitgebreide informatie en aanwijzingen, of stuurden naderhand materiaal op.

De Begeleidingscommissie en Wieger Wamelink (IBN-DLO) dachten kritisch mee en leverden waardevolle bijdragen aan het concept van dit rapport.

LITERATUUR

Bossinade, J.H., J. van den Bergs & K.S. Dijkema 1993. De invloed van de wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger waddenkust. Rijkswaterstaat, Directie Groningen/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Groningen. 22 p.

Dankers, N., K.S. Dijkema, G. Londo & P.A. Slim 1987. De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 90 p.

Eysink, W.D., N. Dankers, K.S. Dijkema, H.F. van Dobben, C.J. Smit & J. de Vlas 1995. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; eerste evaluatie na 8 jaar gaswinning. Waterloopkundig laboratorium/DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Delft. 66 p.

Gaswinning op Ameland-oost; effecten van de bodemdaling. 1987. Waterloopkundig laboratorium/Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Delft. 57 p.

Meijden, R. van der 1996. Heukels' Flora van Nederland. 22e druk. Wolters-Noordhoff, Groningen. 678 p.

Mennema, J. 1994. Heimans, Heinsius en Thijsse's Geïllustreerde Flora van Nederland, België en Luxemburg; en aangrenzend Duitsland en Frankrijk. Versluys, Baarn. 1080 p.

Oremus, P.A.I. 1982. Growth and nodulation of Hippophaë rhamnoides L. in the coastal sanddunes of The Netherlands. Rijksuniversiteit, Utrecht. 117 p.

Schils, C. & W. Launspach 1973. Vegetatiekartering en -beschrijving van de oostpunt van Ameland. Katholieke Universiteit/RIN, Nijmegen. 83 p.

Schweingruber, F.H. 1989. Tree Rings; Basics and applications of dendrochronology. Kluwer, Dordrecht. 276 p.

Slim, P.A. 1997. Vooronderzoek meidoornsterfte duingebied Oost-Ameland. IBN-DLO, Wageningen. 25 p.

Slim, P.A. & H.F. van Dobben 1996. Verslag oriënterend bezoek struweelsterfte Ameland. IBN-DLO, Wageningen. 3 p.

Slim, P.A., H.F. van Dobben & W. Wamelink 1995. Verslag werkzaamheden 1995 monitoring effecten bodemdaling duingebieden Ameland. IBN-DLO, Wageningen. 3 p.

Weeda, E.J., R. Westra, C. Westra & T. Westra 1987. Nederlandse oecologische flora; wilde planten en hun relaties. Deel 2. IVN, Amsterdam. 304 p.

Westhoff, P., P.A. Bakker, C.G. van Leeuwen, E.E. van der Voo & R. Westra 1970. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, Amsterdam. 320 p.

Westhoff, V. & M.F. van Oosten 1991. De Plantengroei van de Waddeneilanden. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht. 417 p.

Zoon, F.C. 1995. Biotic and abiotic soil factors in the succession of sea buckthorn, *Hippophaë rhamnoides* L. in coastal sand dunes. Landbouwuniversiteit, Wageningen. 143 p.

BIJLAGEN

Tabel 1. Samenvatting van Oremus' resultaten van de chemische analyse van bodemmonsters (n = 15) van de stadia AH en HP (1982: 69 & 81). Bereik tussen haakjes.

	pH-		%		mg/100 g	
	H_2O	KCl	$CaCO_3$	org.stof	$N_{tot.}$	Cl
AH	9,07	8,92	2,7	0,14	5,50	1,2
	(8,80-9,24)	(8,78-9,06)	(2,2-3,2)	(0,05-0,26)	(3,38-9,29)	(1,0-1,5)
HP	8,86	8,60	4,7	0,31	12,7	0,5
	(8,74-8,97)	(8,42-8,68)	(3,9-5,5)	(0,21-0,42)	(7,5-17,9)	(0,4-0,8)
AH	9,24		2,84	0,15	5,2	0,21
HP	9,11		4,82	0,30	13,2	0,28

Tabel 2. Samenvatting van Zoon's resultaten van de chemische analyse van bodemmonsters van de vroege ('Early') (n = 5) en late ('Late') (n = 10) successiestadia (1995: 46). SE tussen haakjes. Om vergelijking met tabel 1 mogelijk te maken is Cl omgerekend vanuit me/100 g.

	pH-	%		mg/100 g	
	H_2O	carbonaten	org.stof	$N_{tot.}$	Cl
Early	8,44(0,14)	2,74(0,92)	0,27(0,04)	14,0(1,30)	32,97(2,48)
Late	7,36(0,43)	2,06(0,70)	0,50(0,04)	25,4(1,56)	28,71(2,48)

Tabel 3. Resultaten van de chemische analyse (droge stof, pH-H_2O, $CaCO_3$, Cl^- en gloeiverlies) van bodemmonsters genomen bij 10 levende (1L t/m 10L) en 10 dode (1D t/m 10D) duindooms in het sterftegebied.

CHEMISCHE ANALYSE IBN-DLO WAGENINGEN

aanvrager onderzoek	H. van Dobben	datum monstername	31 juli 1996
projectnummer	0203661901	proefnummer	91.0.00.00.0054
plaats monstername	Ameland	rapportnummer	B en J 1996 017

IBN-no:	nummer	drogestof %	pH-H_2O	$CaCO_3$ %	chloride mg Cl-/100 g	gloeiverlies %
55393	1 levend	99.82	7.90	0.73	5.71	0.83
55394	1 dood	99.86	7.89	1.16	4.37	0.68
55395	2 levend	99.89	7.90	0.27	1.61	0.52
55396	2 dood	99.87	7.69	0.22	2.30	0.70
55397	3 levend	99.85	7.34	0.14	1.13	0.77
55398	3 dood	99.88	7.58	0.27	0.46	0.51
55399	4 levend	99.9	7.76	0.22	1.48	0.47
55400	4 dood	99.89	7.78	0.25	1.89	0.55
55401	5 levend	99.89	7.78	0.18	0.82	0.50
55402	5 dood	99.89	7.79	0.22	2.76	0.63
55403	6 levend	99.92	7.76	0.06	0.48	0.39
55404	6 dood	99.9	7.65	0.06	1.51	0.43
55405	7 levend	99.93	7.80	0.31	0.56	0.49
55406	7 dood	99.92	7.83	0.10	0.66	0.51
55407	8 levend	99.9	7.48	0.14	2.15	0.68
55408	8 dood	99.91	7.36	0.06	1.64	0.64
55409	9 levend	99.92	7.90	0.31	1.35	0.41
55410	9 dood	99.9	7.76	0.22	2.50	0.52
55411	10 levend	99.89	7.80	0.14	1.18	0.48
55412	10 dood	99.86	7.58	0.18	3.05	0.69

opmerking:

Bemonsteringdiepte is 0 - 40 cm.

De monsters zijn 24 uur gedroogd bij 40 °C en vervolgens gezeefd over 2 mm.

De monsters zijn t.b.v. de gloeiverliesbepaling 2 uur gegloeid bij 550 °C.

Tabel 4. *Resultaten van de analyse van de nematofauna van bodemmonsters genomen bij 10 levende (1L t/m 10L) en 10 dode (1D t/m 10D) duindooms in het sterftegebied. Longidorus sp. bleek L. elongatus te zijn.*

PLANTENZIEKTENKUNDIGE DIENST Lab.no.: Lab.no.:

Nematologie Datum: Datum:

Bij het aaltjesonderzoek zijn per 100 ml grond (Longidorus per 200 ml) de volgende aantallen aangetroffen :

No.	gewas/behandeling	Pratylenchidae		Criconematoidea			Belonolaimidae				Hoplolaimidae					
		P	Pr	Pa	Hem	Me	T.m.	T.d.	M	Ampl	R	Hel	Het		Long	S
1	levend											10				1.085
1	kwijnend					5		5				15				1.400
1	dood							20				25				1.240
2	levend							5				20				960
2	dood		5	10				5				10	10			1.025
3	levend			120		5	15	75				220				1.700
3	dood			15			15	155	5			10			3	2.230
4	levend	1		1		30	1	1								900
4	dood		1			5	5	25				5				2.160
5	levend	1				115	30	35			1	2	3		5	1.100
5	dood					5	15	15								970
6	levend		5	5	10	5	10	110			5		5			1.245
6	dood		10	145	5	95	5	75					20			990
7	levend	5		135		60	65	65			35				61	1.125
7	dood	5		20		10	45	45			30				55	1.060
8	levend		30	40		15		120		5		40				2.165
8	dood		25	15		160		40								1.950
9	levend		5	5		5	95					5	25			1.395
9	dood				2	65	35						50			1.160
10	levend					40		40		5		5	5			1.200
10	dood		5	5				35		5		45				1.125

P - *Pratylenchus sp.*
Pr - *Pratylencholdes maritimus*
Pa - *Paratylenchus microdorus*
Hem - *Hemicycliophora thienemanni*
Me - *Mesocriconemia rotundicauda*
T.m. - *Tylenchorhynchus microphasmis*
T.d. - *Tylenchorhynchus dubius*
M - *Merlinius sp.*
Ampl - *Amplimertinius socialis*

R - *Rotylenchus goodeyi*
Hel - *Helicotylenchus speudorobustus*
Het - *Heterodera hordicalis*
Long - *Longidorus sp.*
S - Saprofage aaltjes

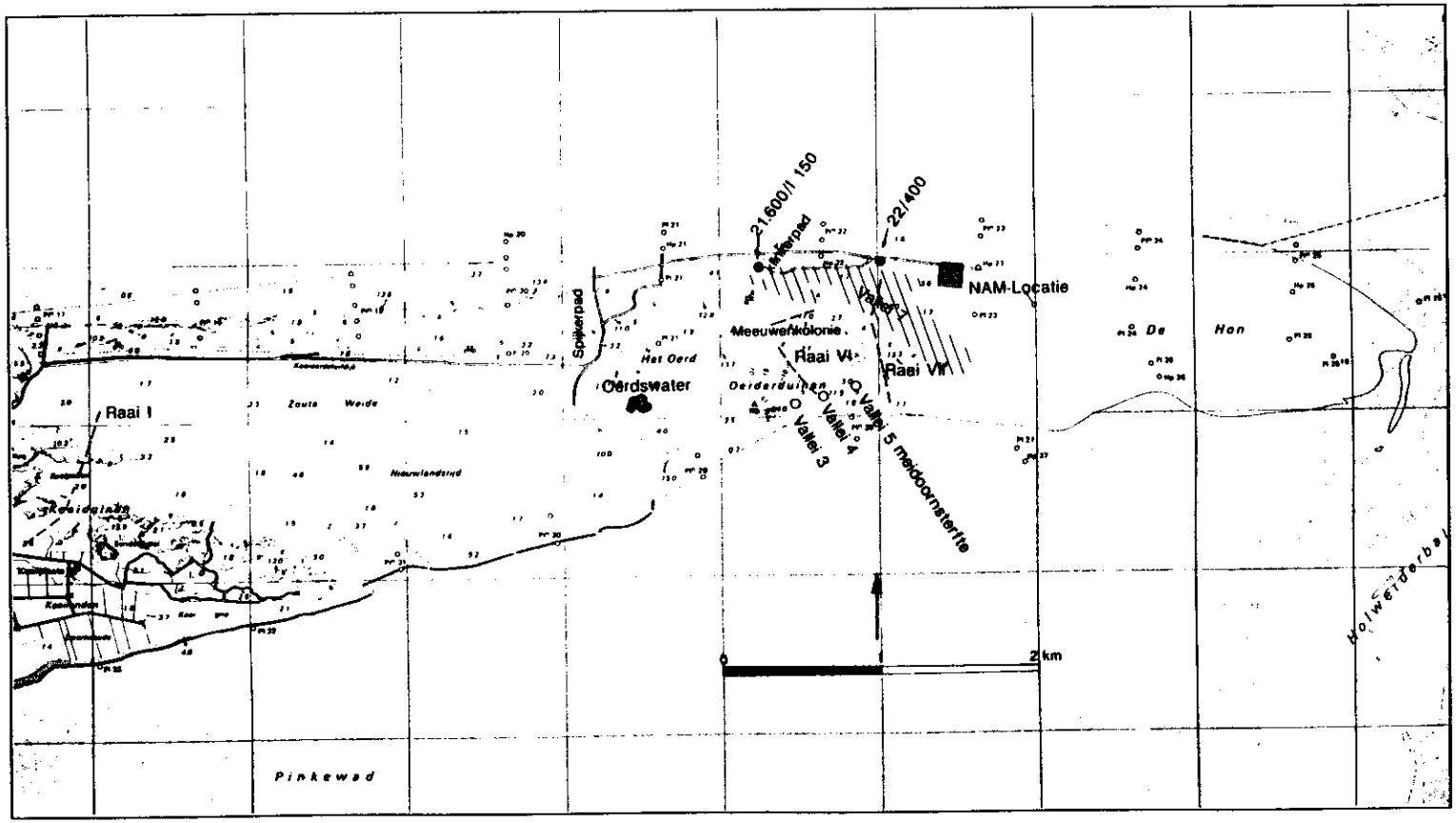


Fig. 1. *Overzicht van Oost-Ameland naar de topografische kaart 1H, met de globale ligging van de sterftegebieden van duindoorn (vallei 7, gearceerd) en meidoorn (vallei 5), alsmede de aanduiding van enkele toponiemen.*

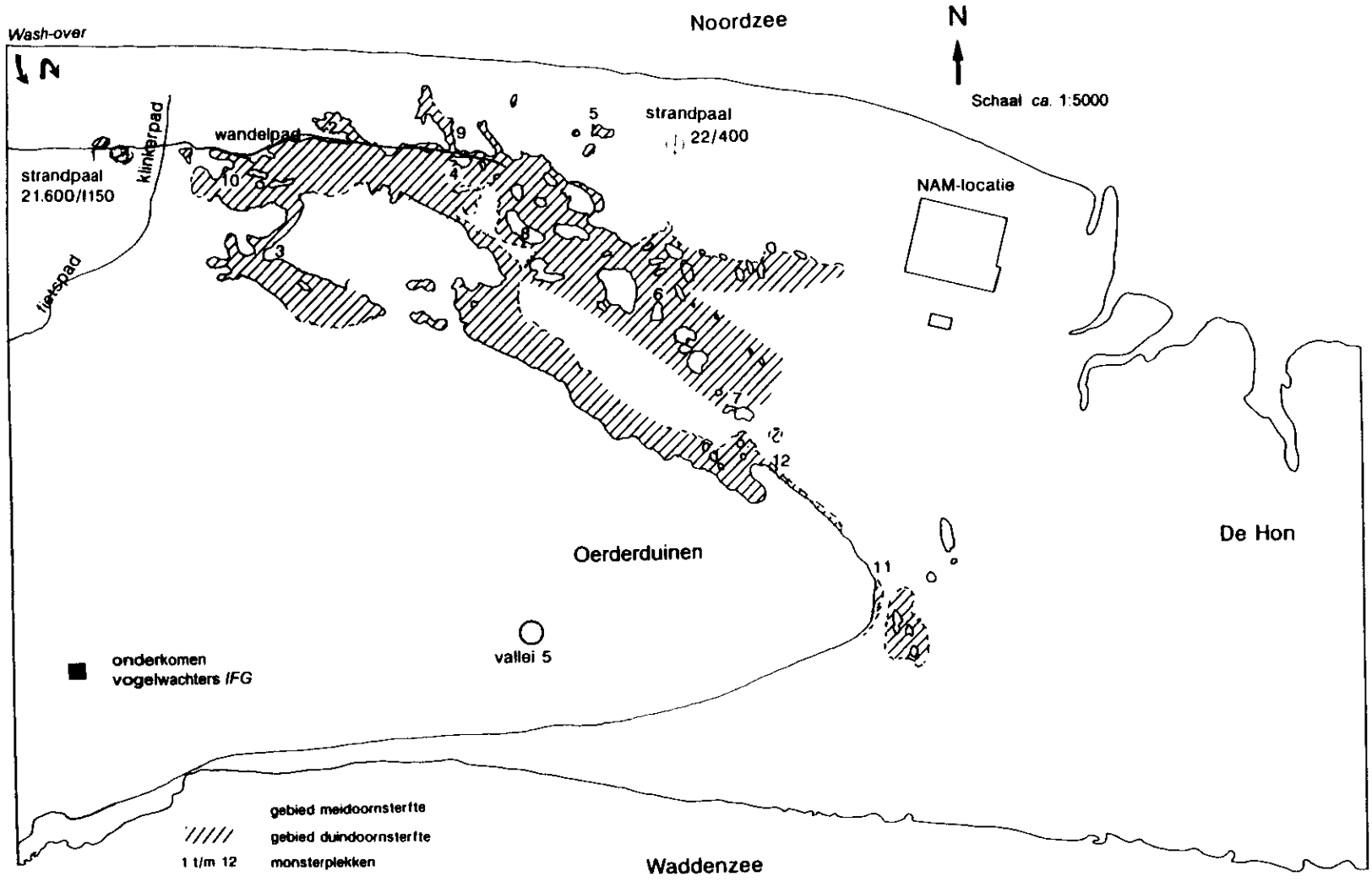


Fig. 2. *Overzicht van de op Oost-Ameland m.b.v. luchtfoto's gekarteerde struweelsterfte van duindoorn en meidoorn, alsmede de locatie van de monsterplekken 1 t/m 12 (dode en levende duindoorns) op de grens van het sterftegebied.*

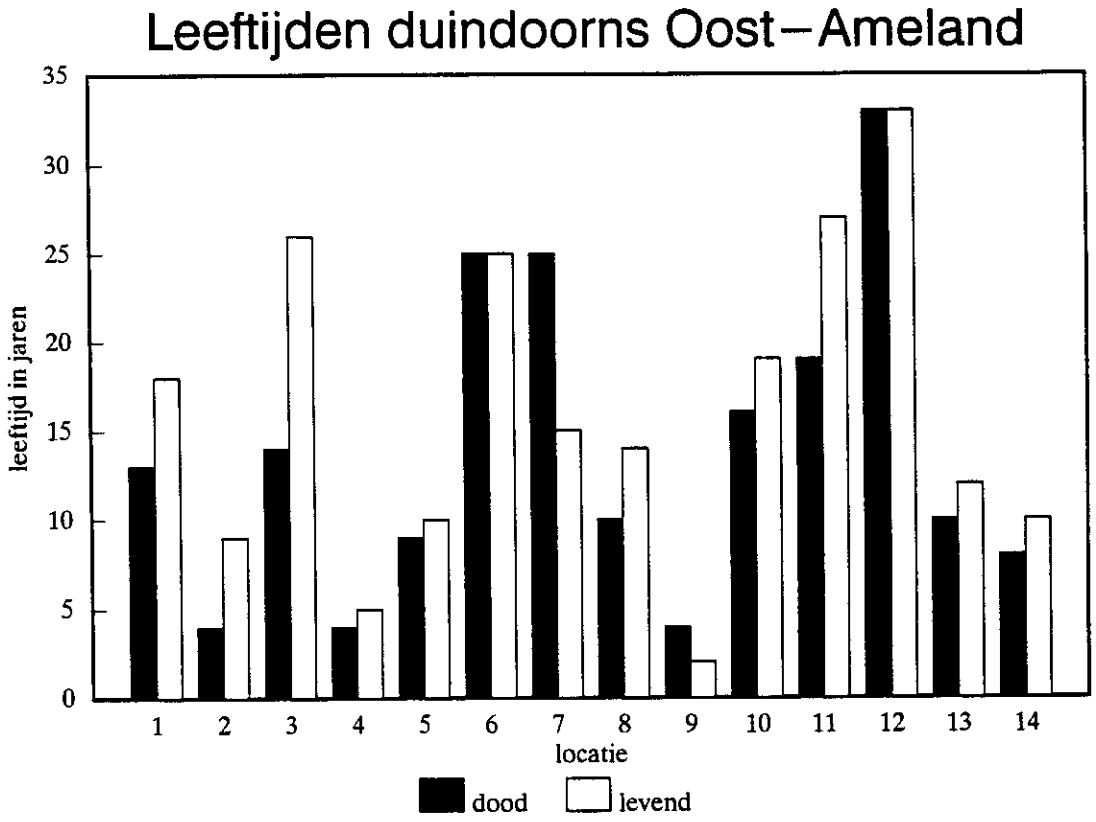


Fig. 3. *Overzicht van de op Oost-Ameland gevonden leeftijden (aantal jaarringen) van dode en levende duindoorns van de monsterplekken 1 t/m 14. Op elke monsterplek is telkens een dood en een levend exemplaar geoogst.*

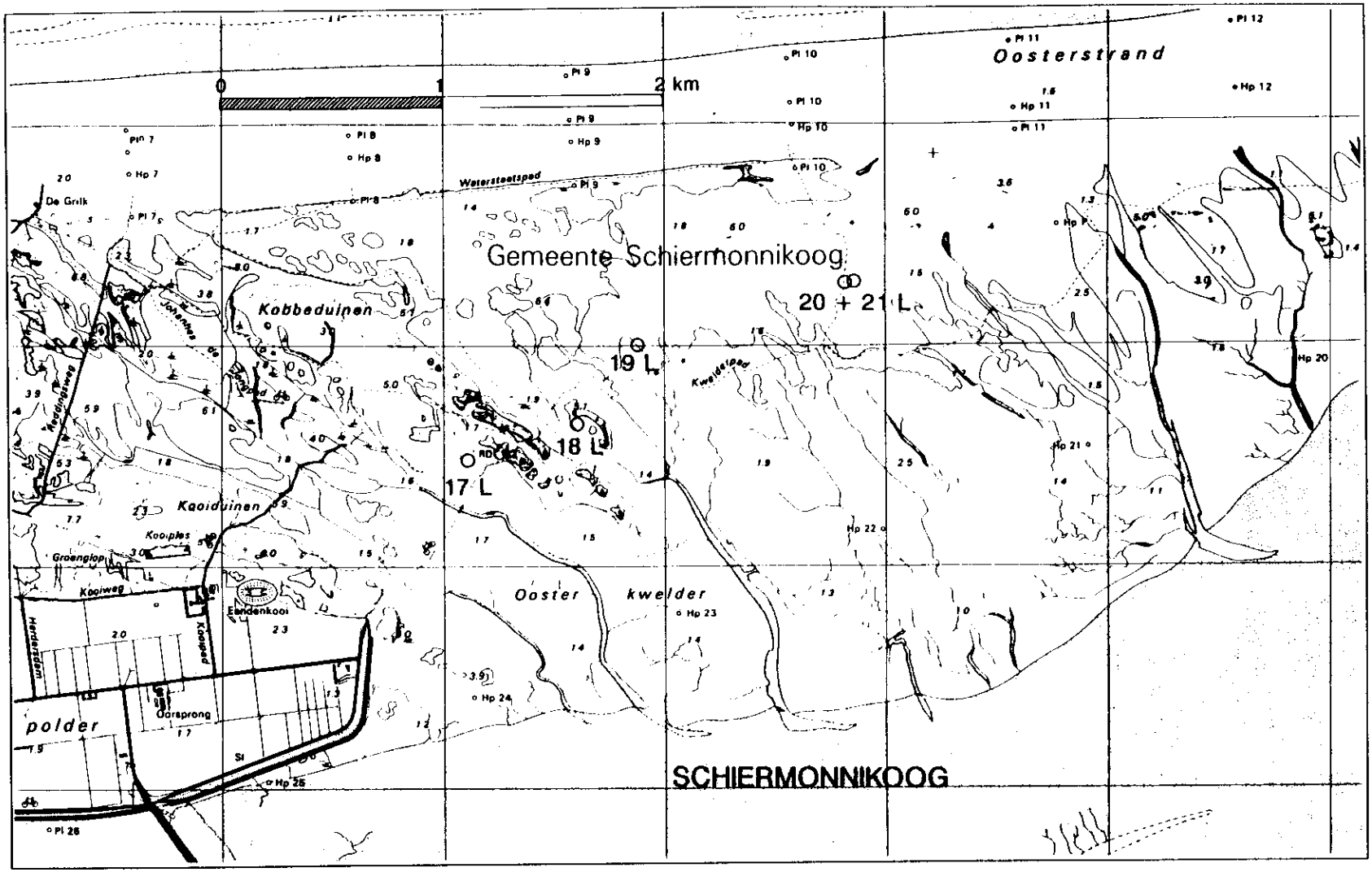


Fig. 4. *Overzicht van Oost-Schiermonnikoog naar de topografische kaart 2G, alsmede de locatie van de monsterplekken 17 L t/m 21 L en de aanduiding van enkele toponiemen.*

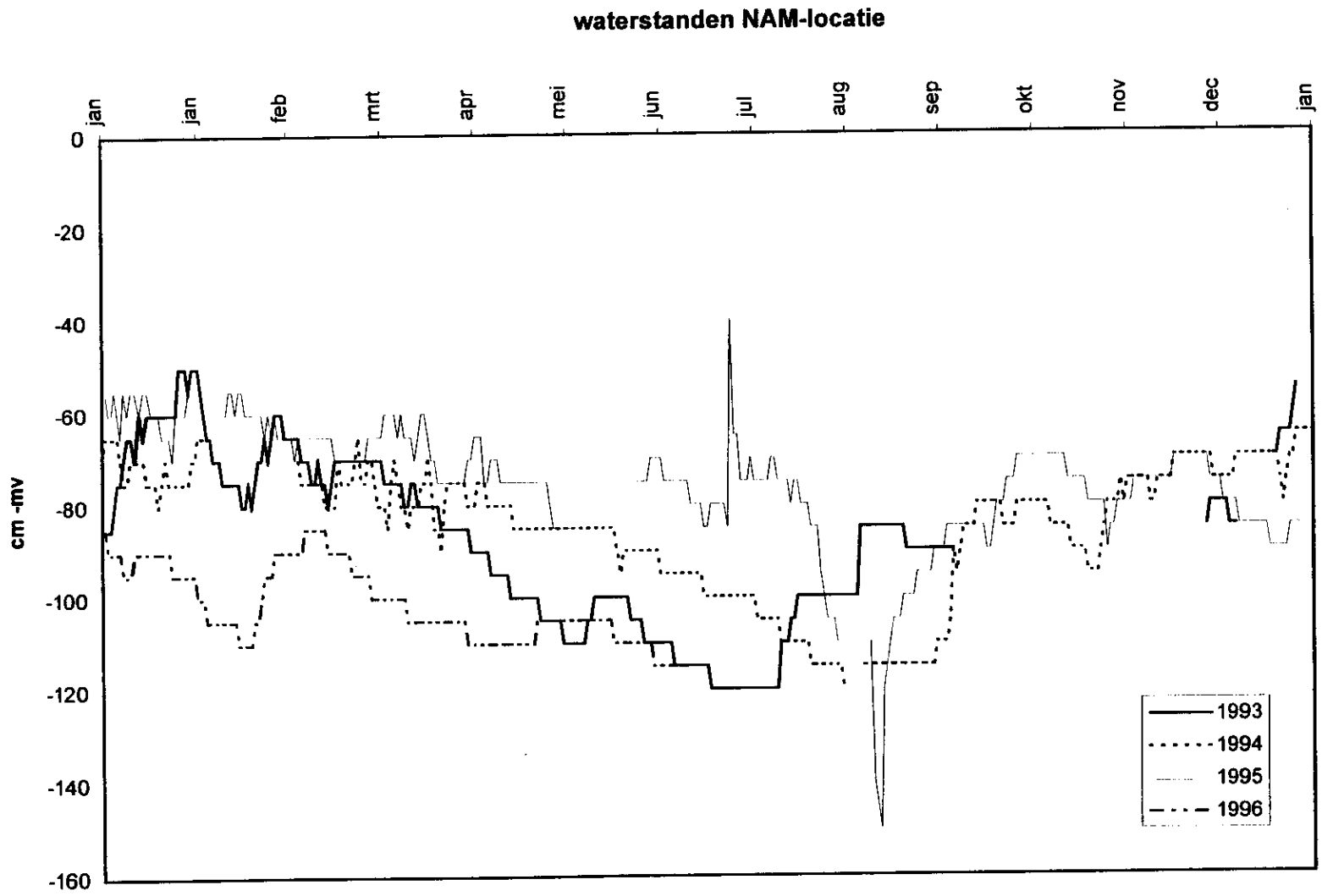


Fig. 5. Grondwaterstanden in cm - maaiveld op de NAM-locatie in de jaren 1993 t/m 1996. Per dag is de hoogste grondwaterstand genoteerd in klassen van 5 cm. Gegevens NAM.

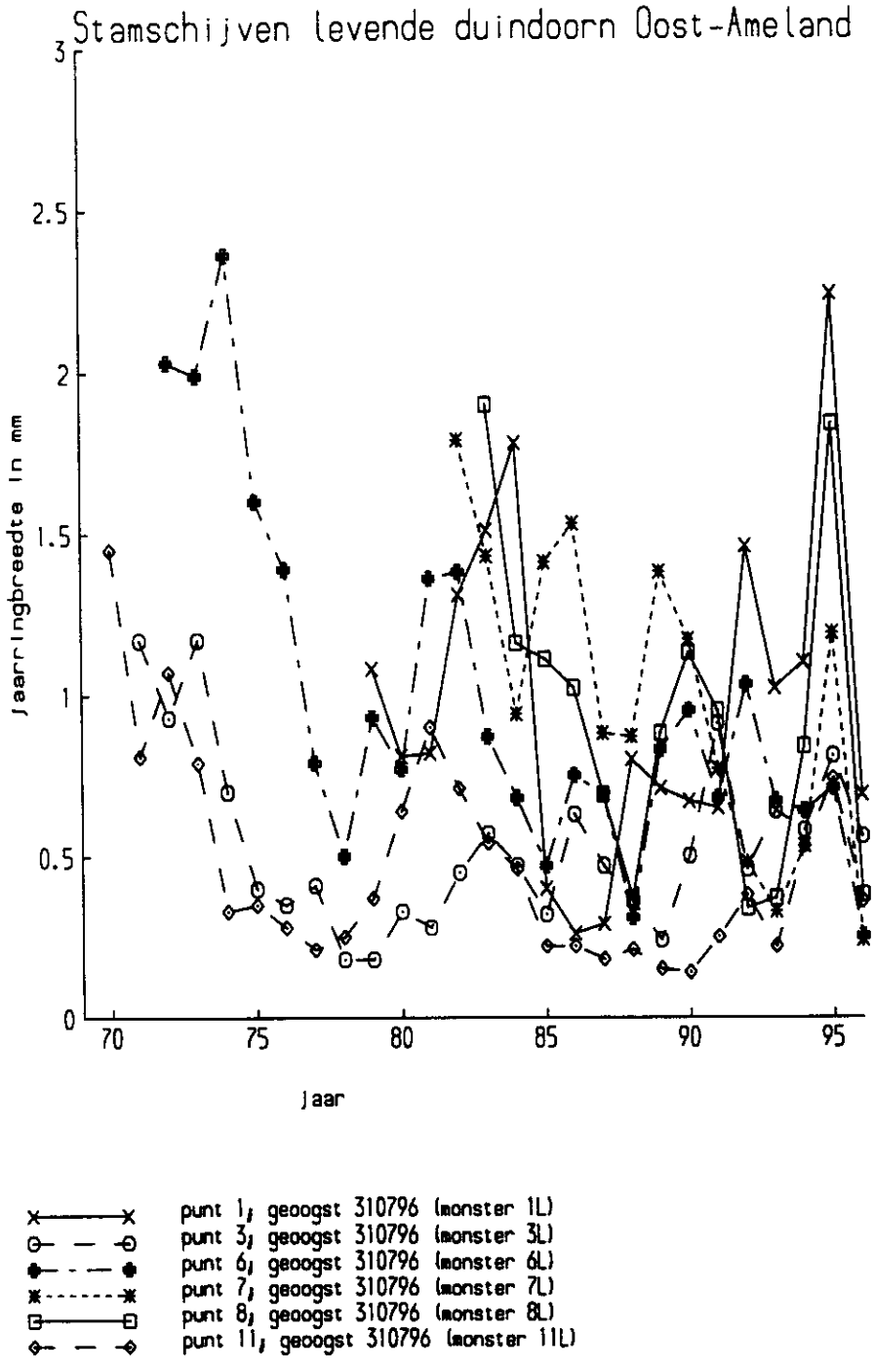


Fig. 6. *Verloop in de tijd van de jaarringbreedte in mm per geoogste stamschijf van zes levende, wat oudere duindoorns van Oost-Ameland; 96 is het oogstjaar 1996, 1978 en 1985 zijn 'pointeryears'.*

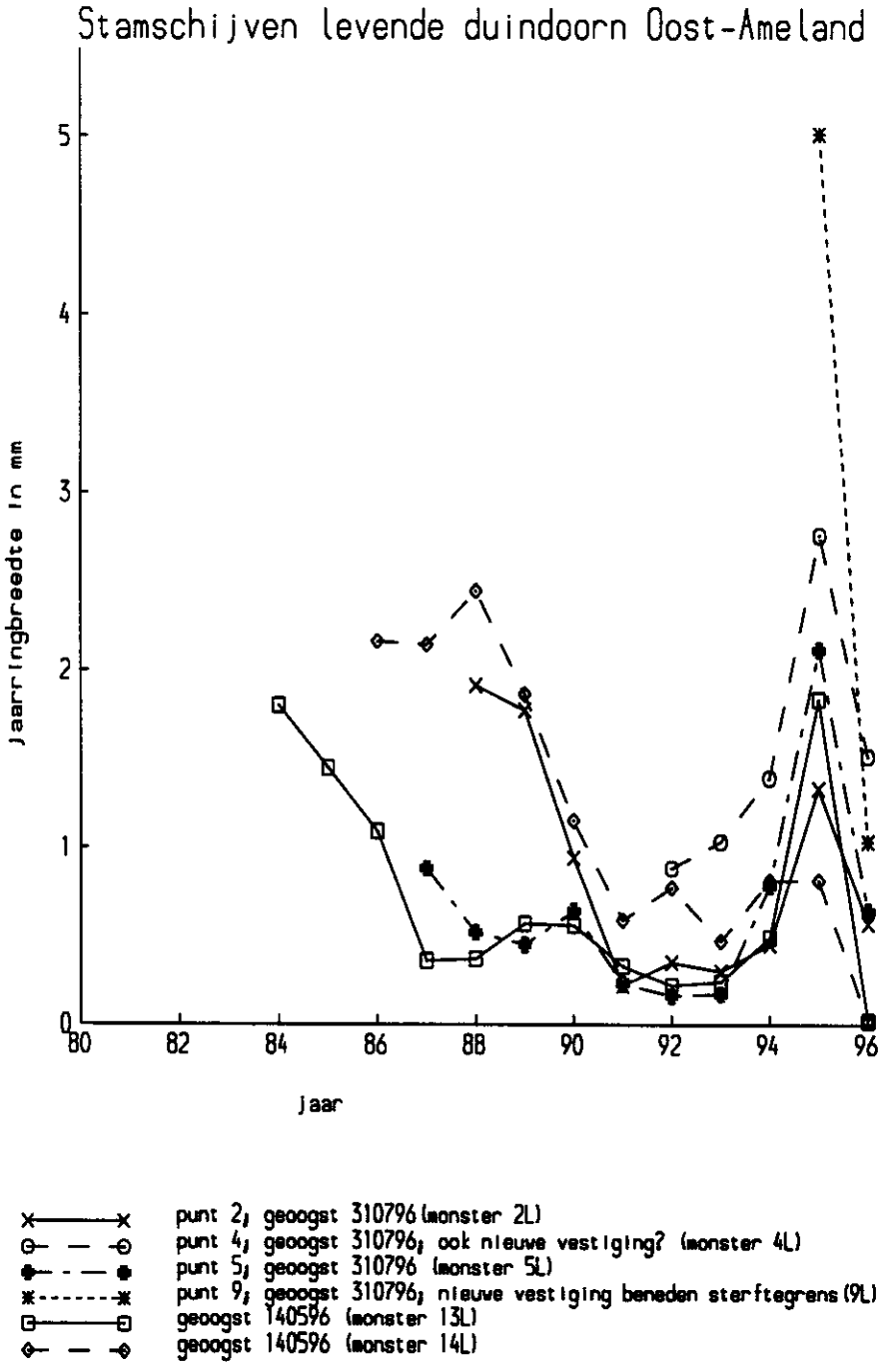
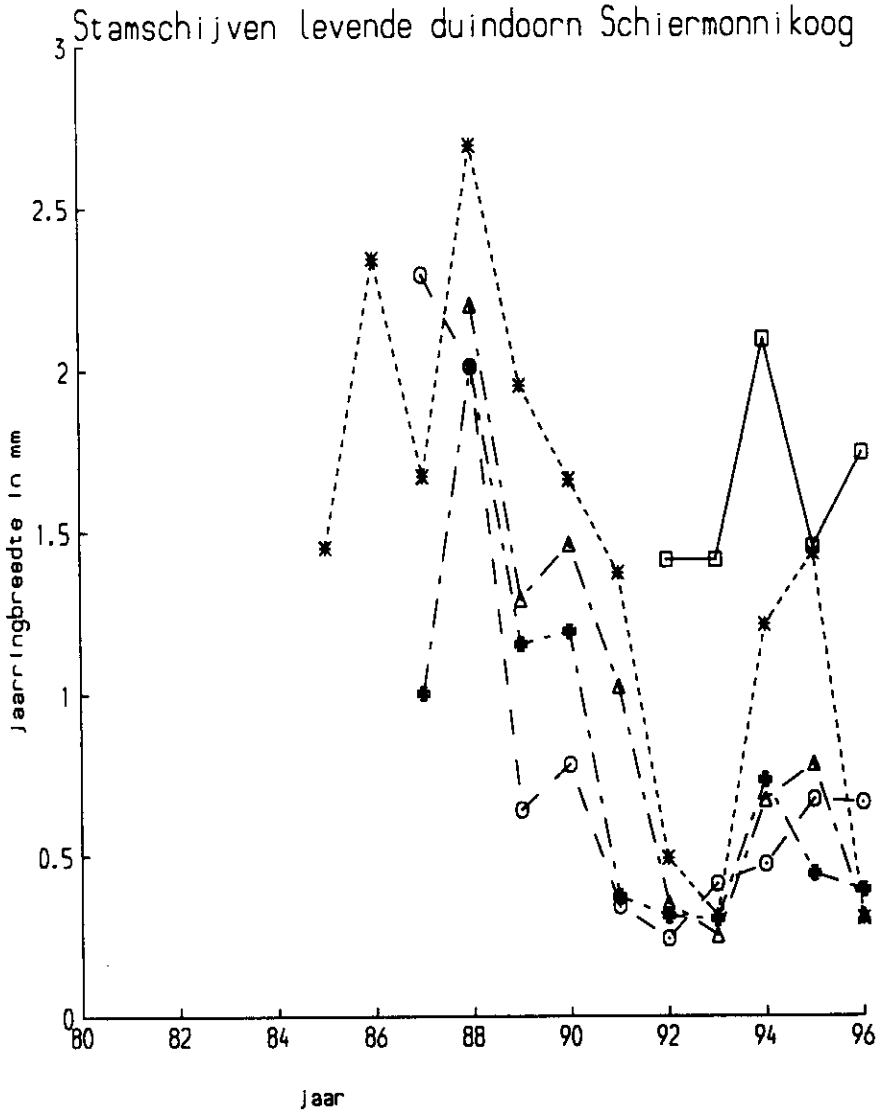


Fig. 7. Verloop in de tijd van de jaarringbreedte in mm per geoogste stamschijf van zes levende, wat jongere duindooms van Oost-Ameland; 96 is het oogstjaar 1996, 1991 is een 'pointeryear'.



punt 6; opslag uit wortel dode moederstruik; (monster 17L)
punt 7; overlevende met dode tak; net onder sterftegrens; (monster 18L)
punt 8; overlevende met dode takken; net iets boven dode exx. (monster 19L)
punt 9b; nieuwe vestiging tussen vele dode exx. (monster 20L)
punt 9b; oud kwijnend ex.; alle geoogst 300896 (monster 21L)

Fig. 8. Verloop in de tijd van de jaarringbreedte in mm per geoogste stamschijf van de vijf (levende) duindoorns van Oost-Schiermonnikoog; 96 is het oogstjaar 1996.

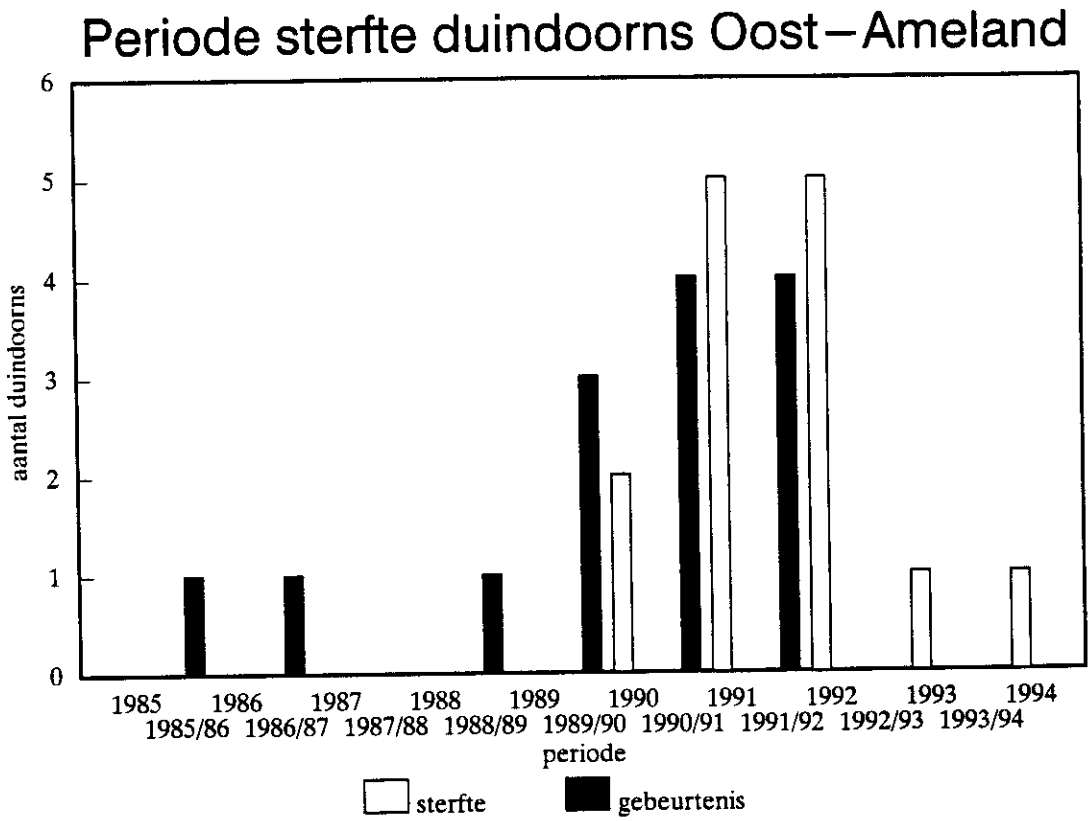


Fig. 9. *Aantal op Oost-Ameland langs de sterftegrens bemonsterde dode duindoorns per sterftejaar, alsmede per periode waarin de gebeurtenis plaatsvond die geacht wordt tot de sterfte te hebben geleid (n = 14).*

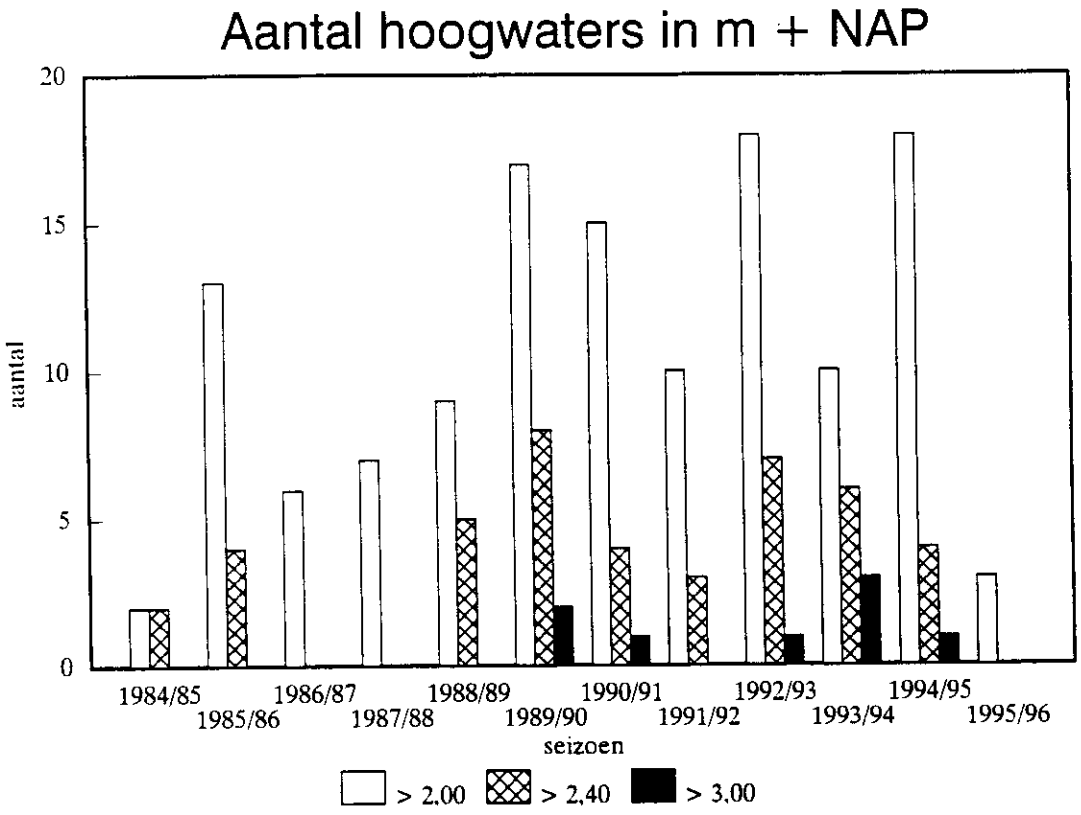


Fig. 10. *Aantal op Ameland te Nes geregistreerde extreme hoogwaters per seizoen in de perioden 1984/85 t/m 1995/96. Hoogwaters in de klassen > 2,00 m, > 2,40 m en > 3,00 m + NAP. In de aantallen van de onderste klassen zijn die van de bovenste begrepen. Data bewerkt naar ing. A.B.A. Overdiep (RWS).*

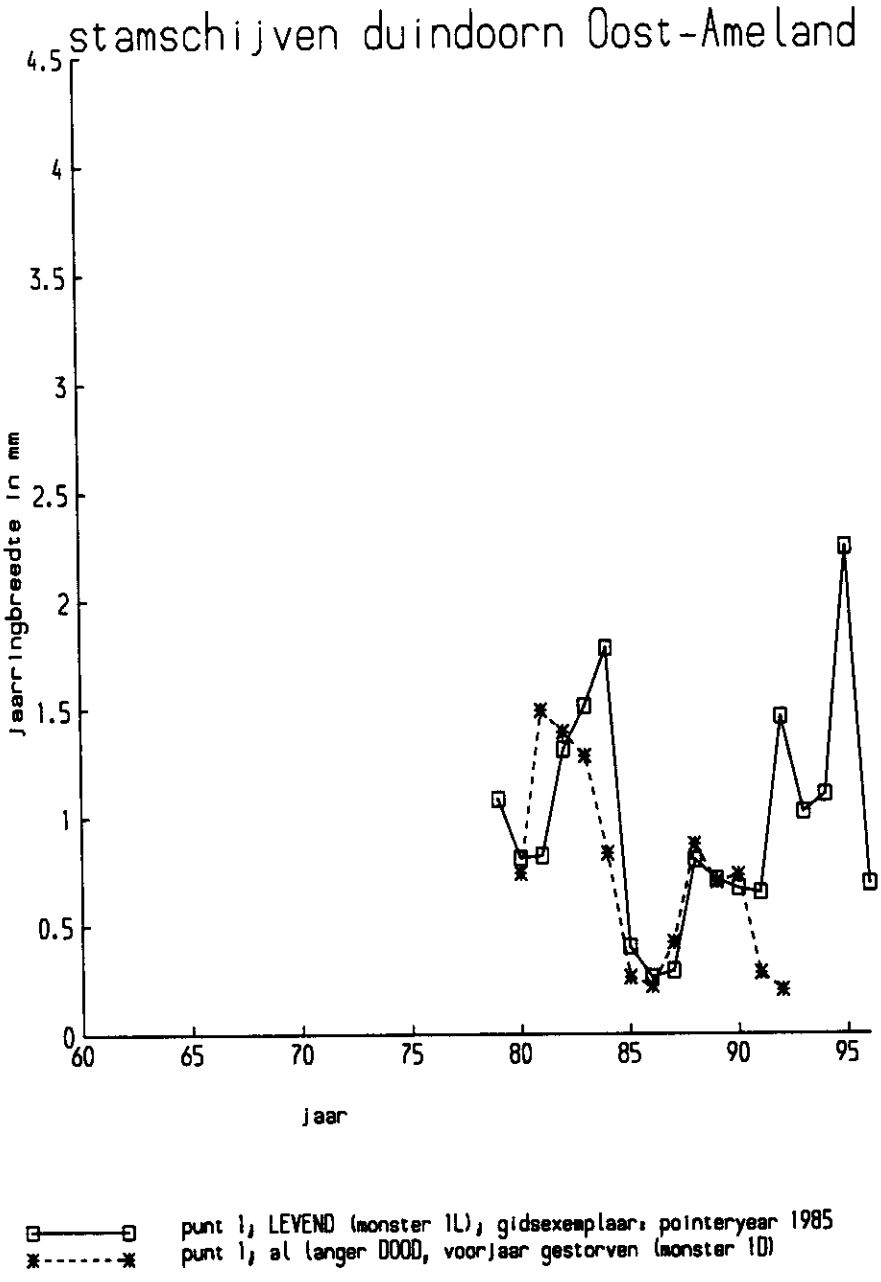


Fig. 11. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindooms afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 1. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

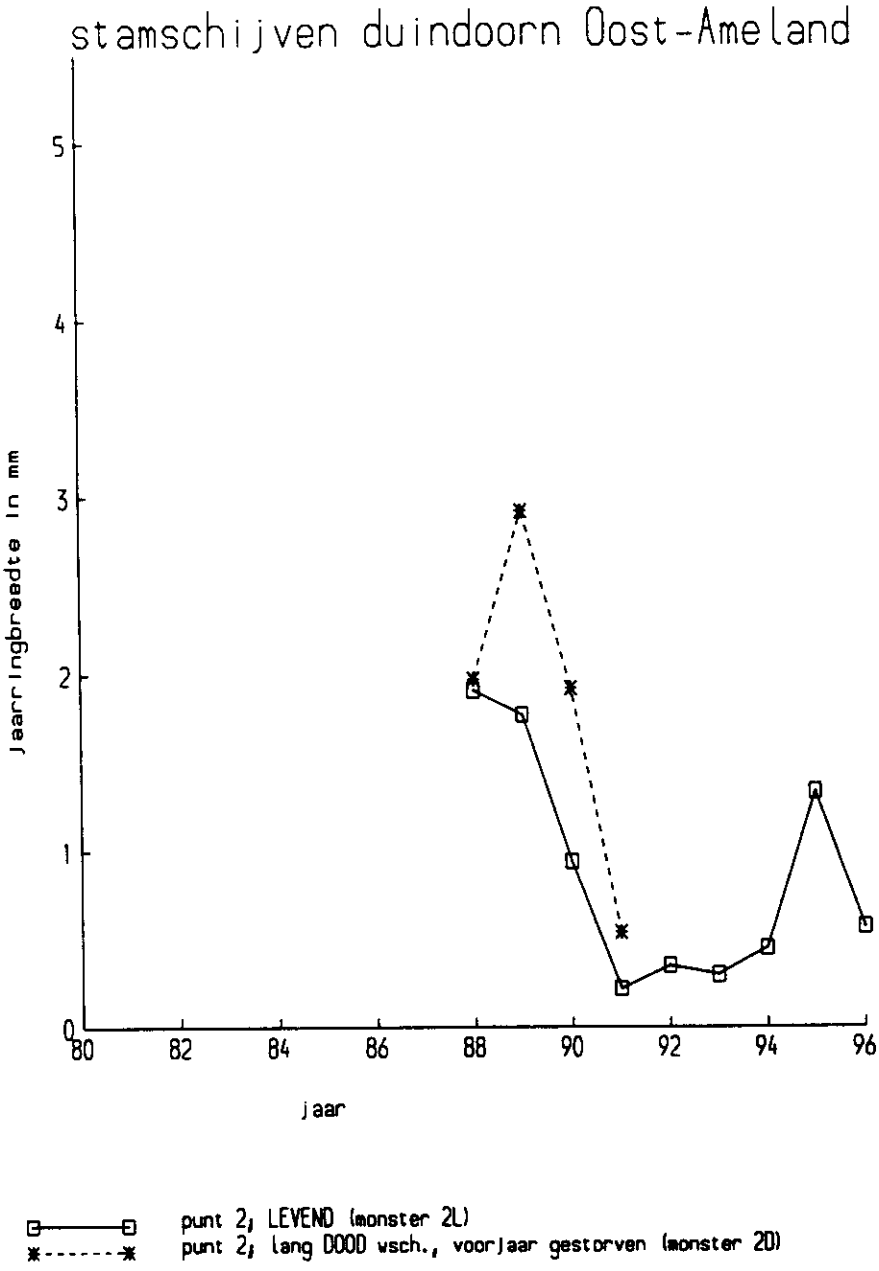


Fig. 12. *Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 2. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.*

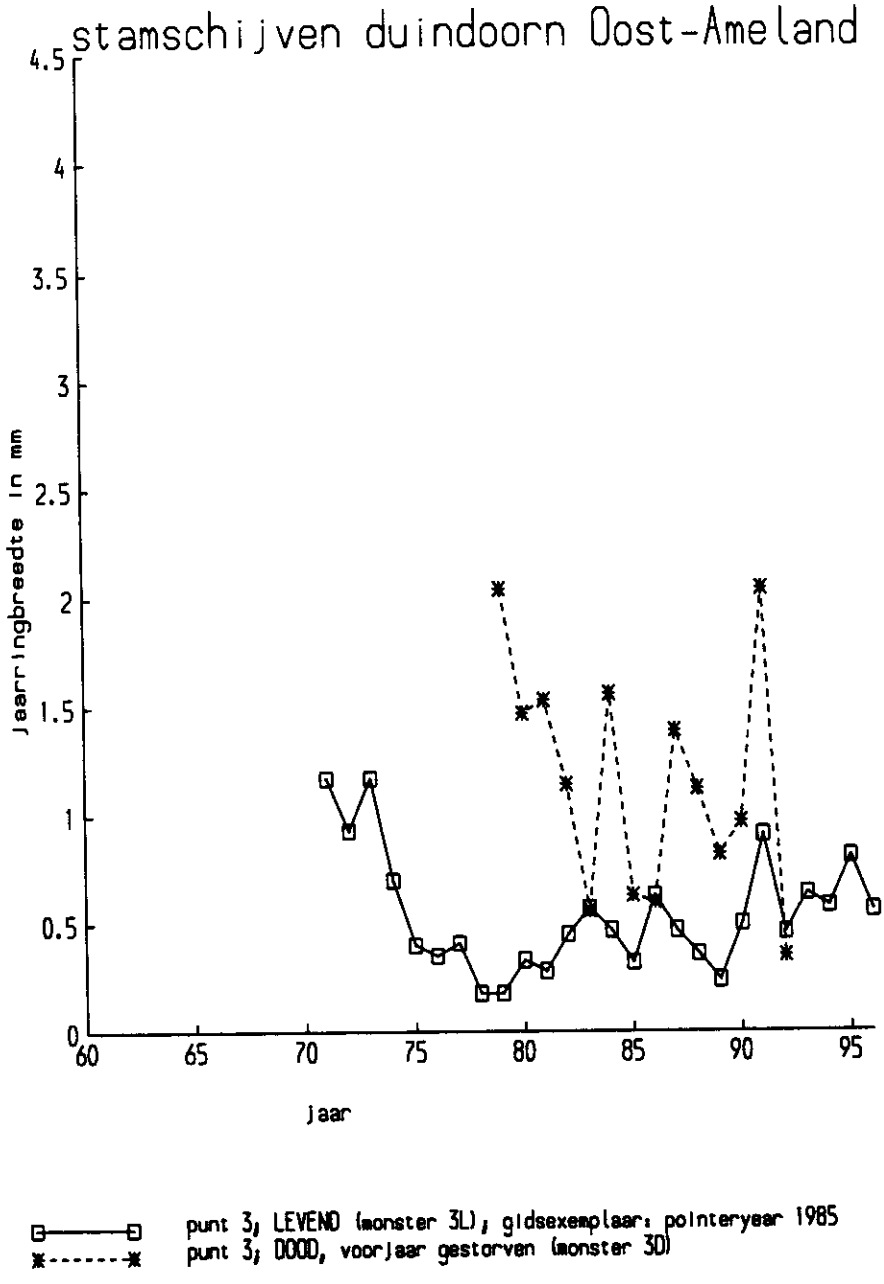


Fig. 13. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindooms afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 3. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

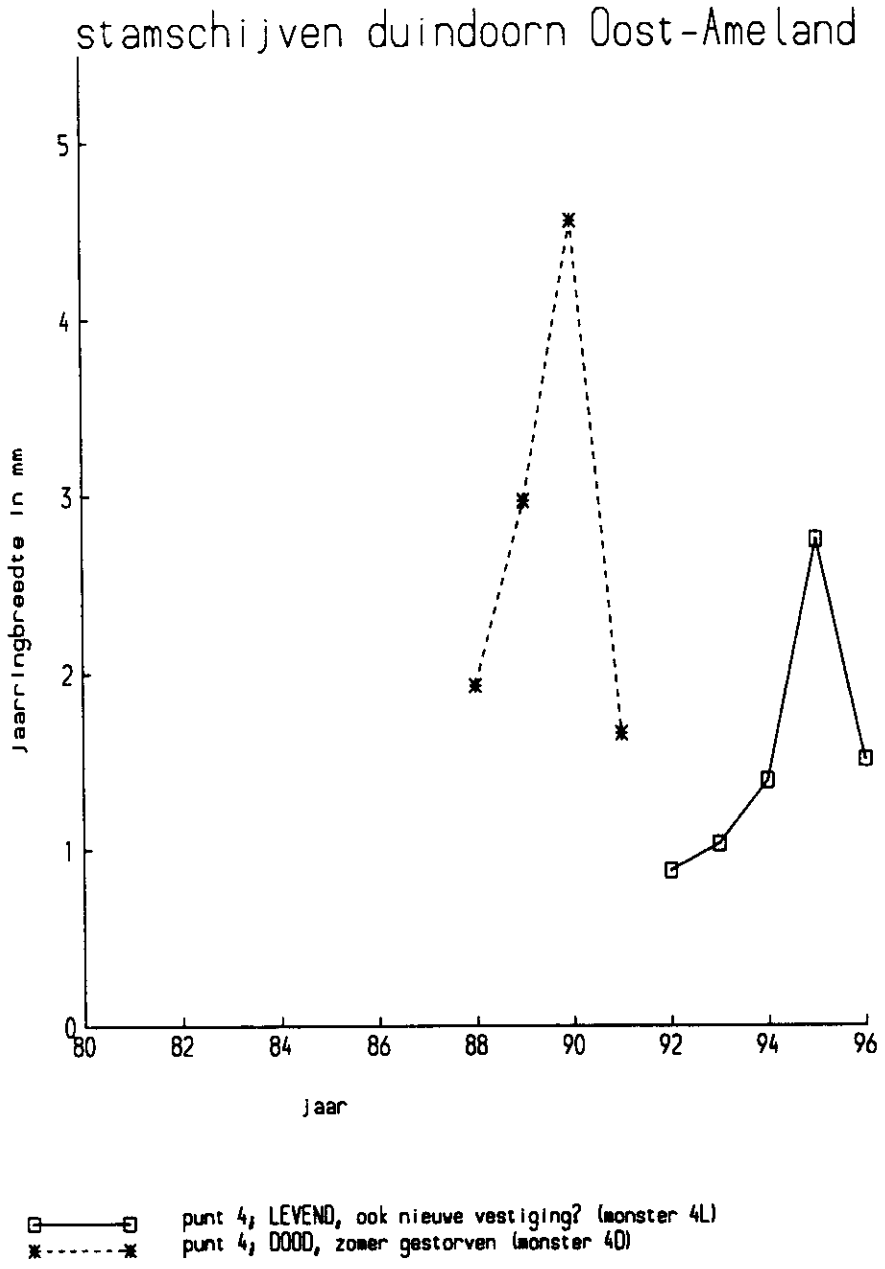


Fig. 14. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindooms afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 4. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

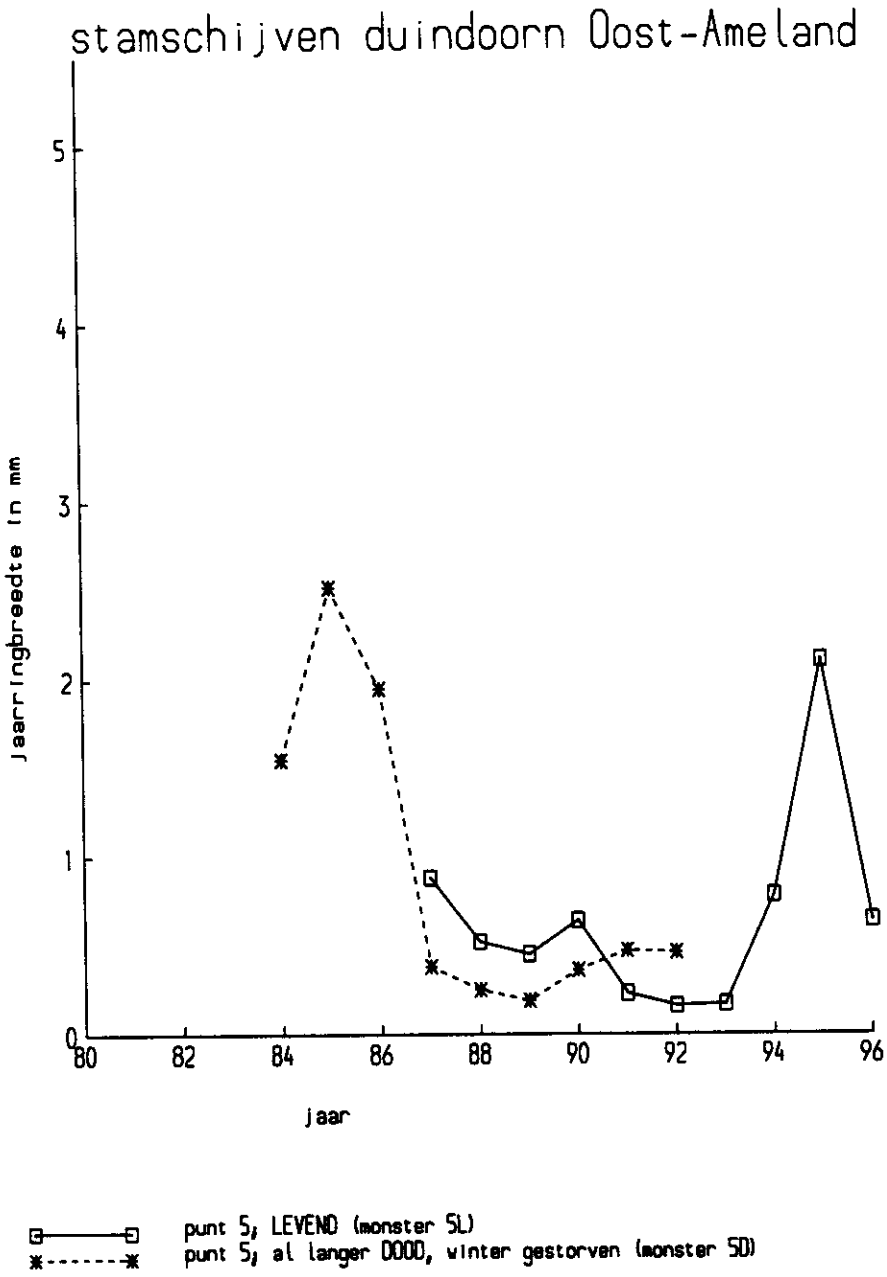


Fig. 15. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 5. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

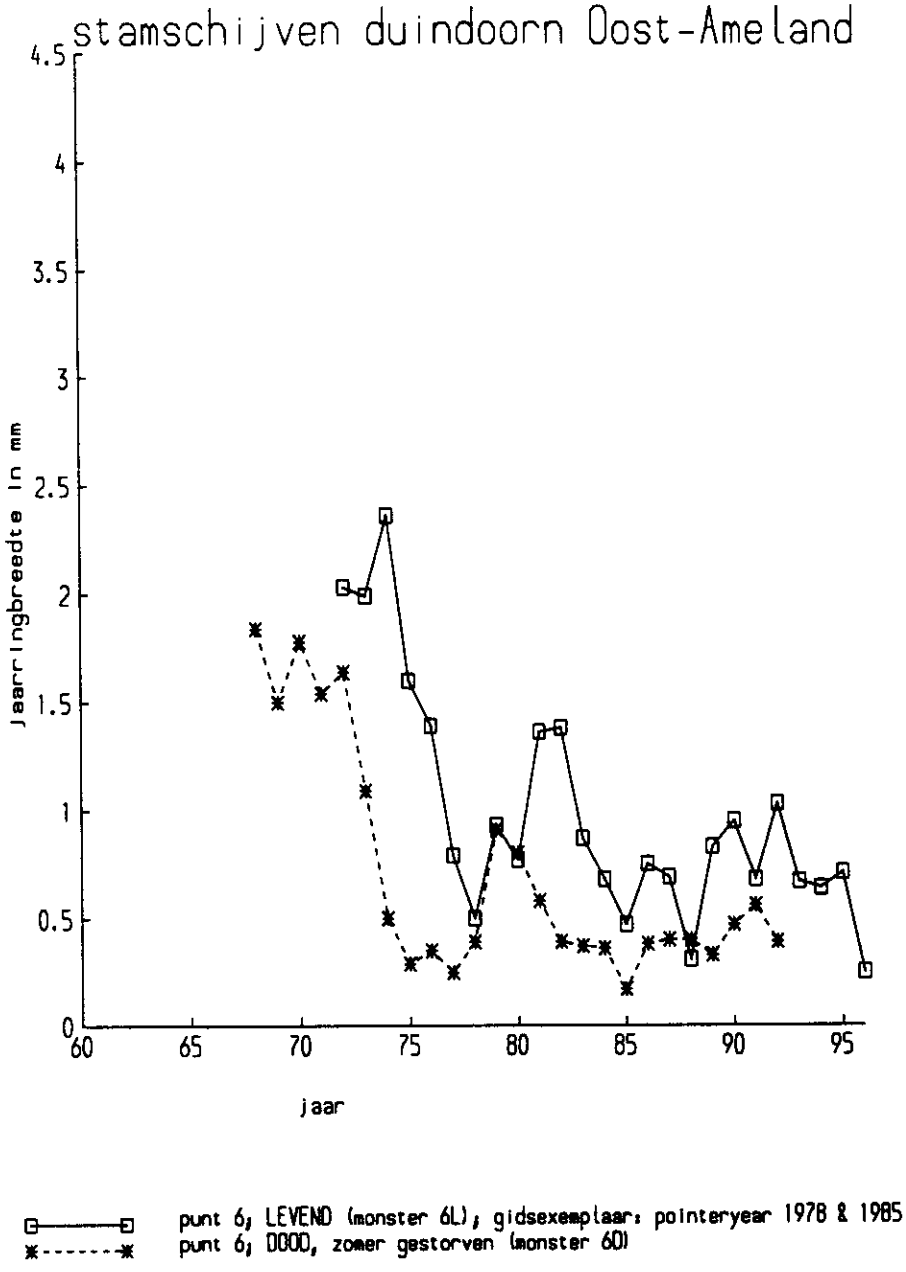


Fig. 16. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindooms afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 6. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

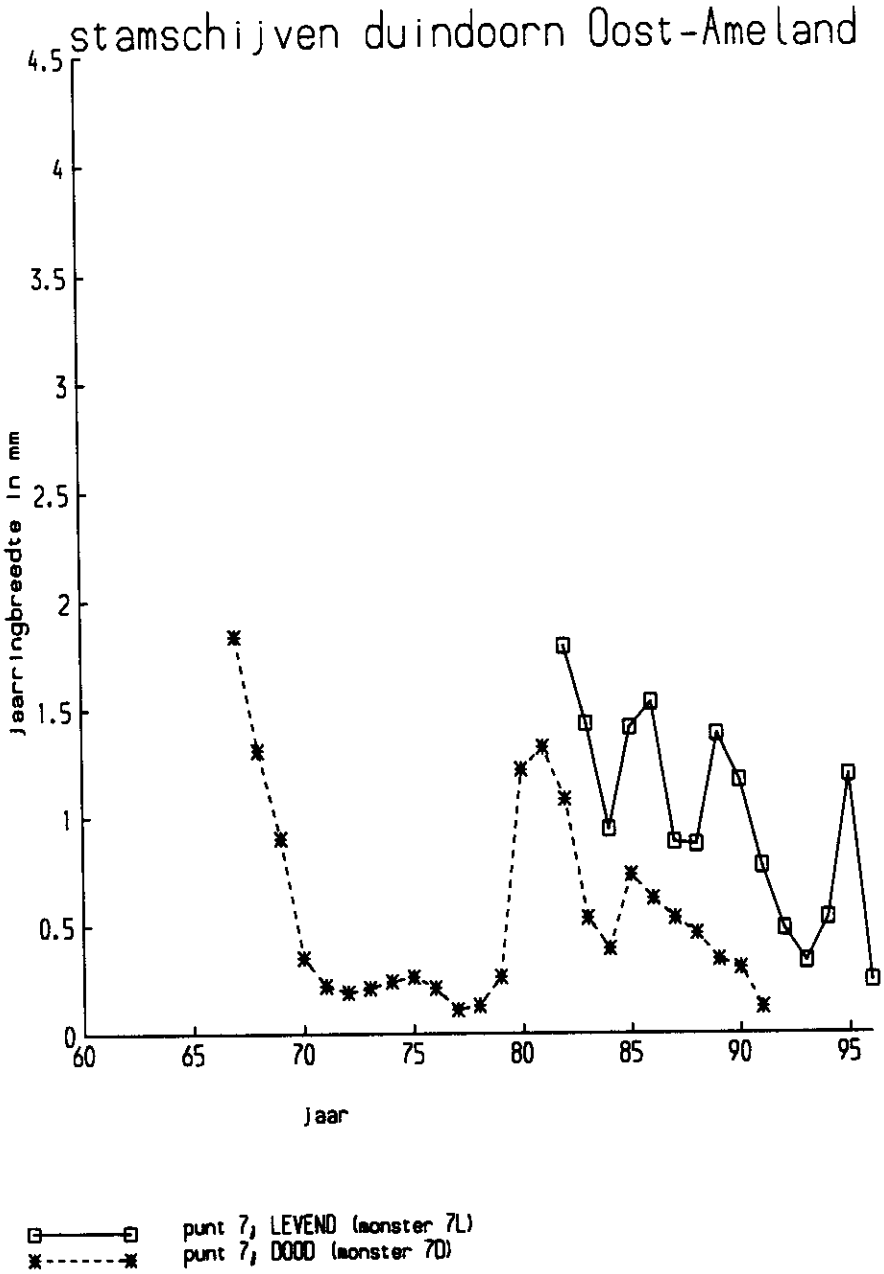


Fig. 17. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 7. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

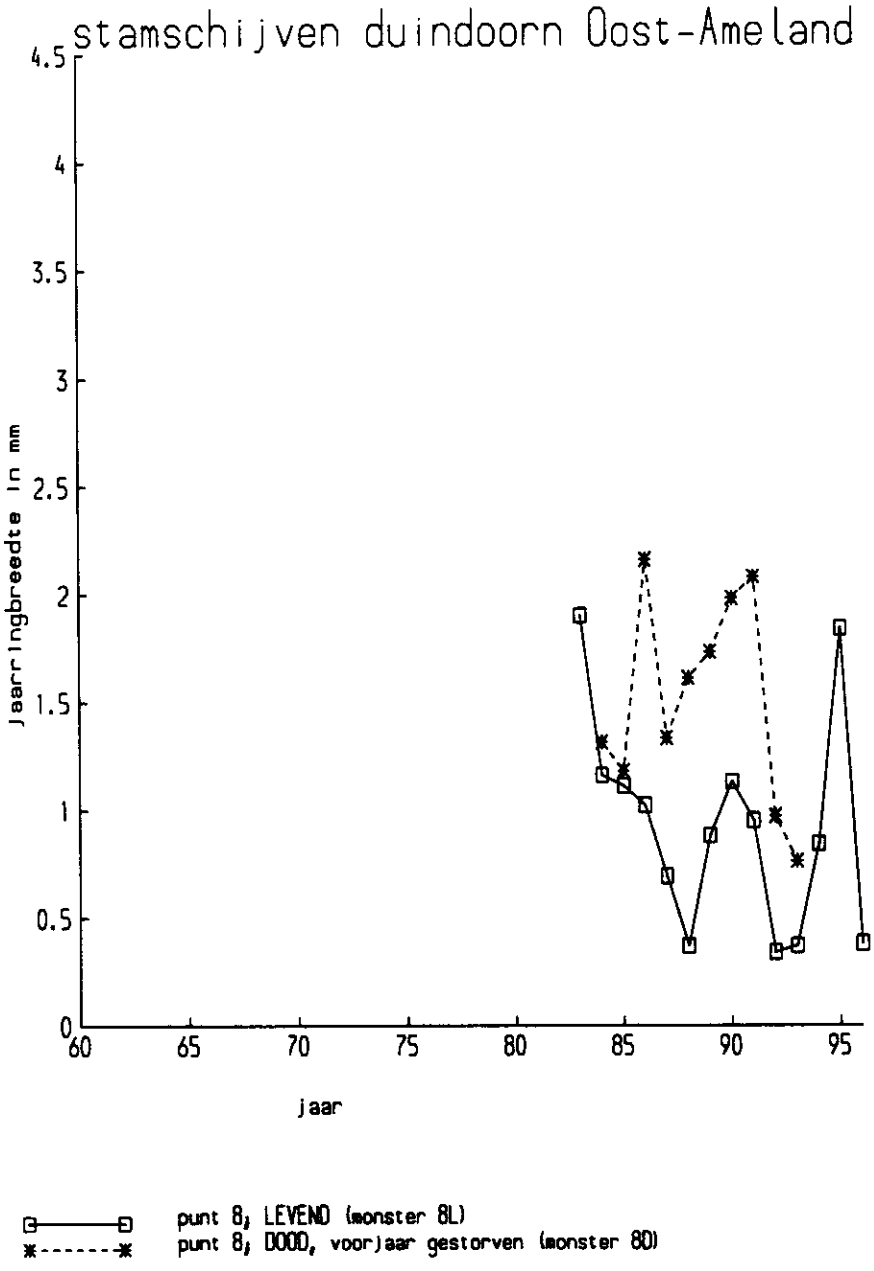


Fig. 18. *Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 8. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.*

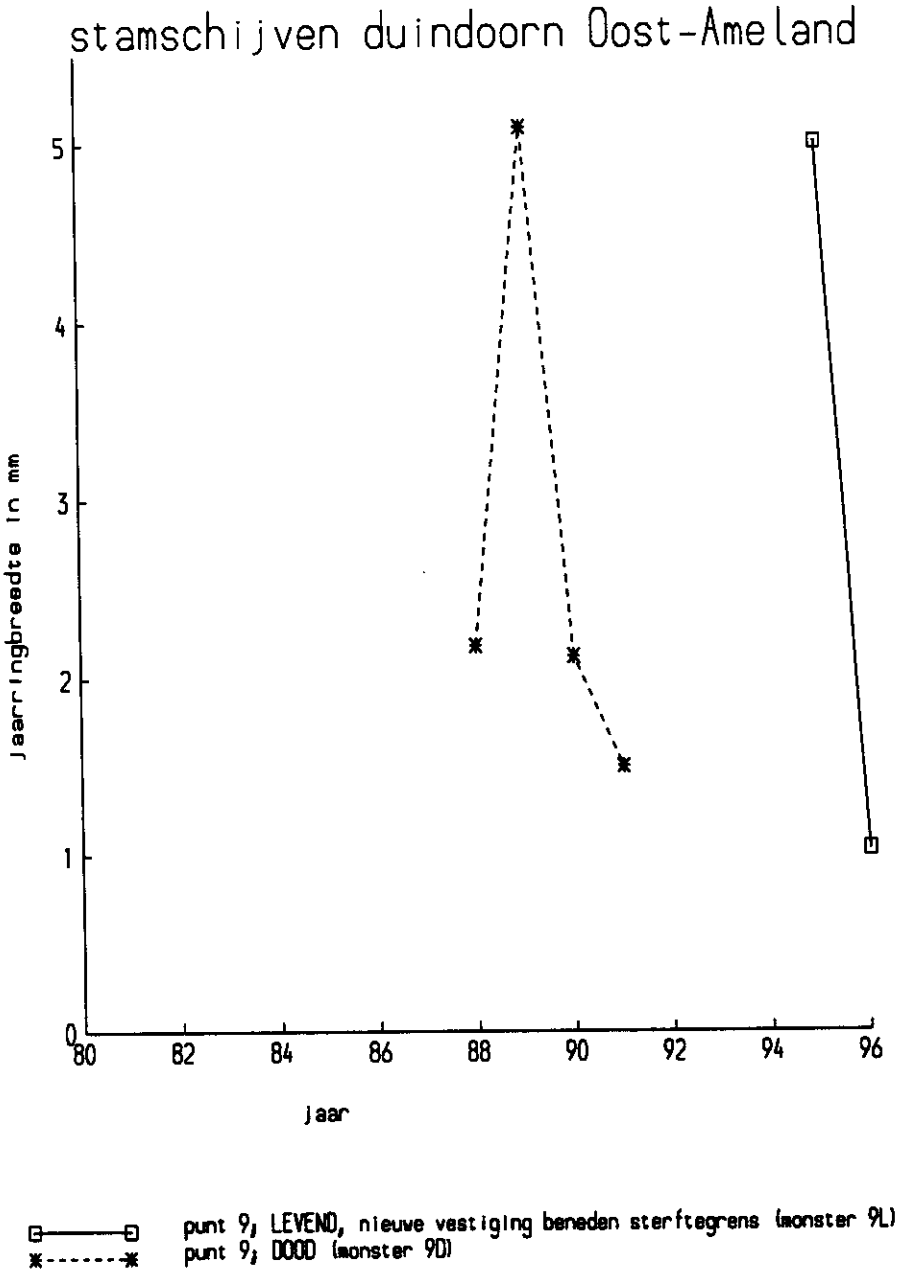


Fig. 19. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 9. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

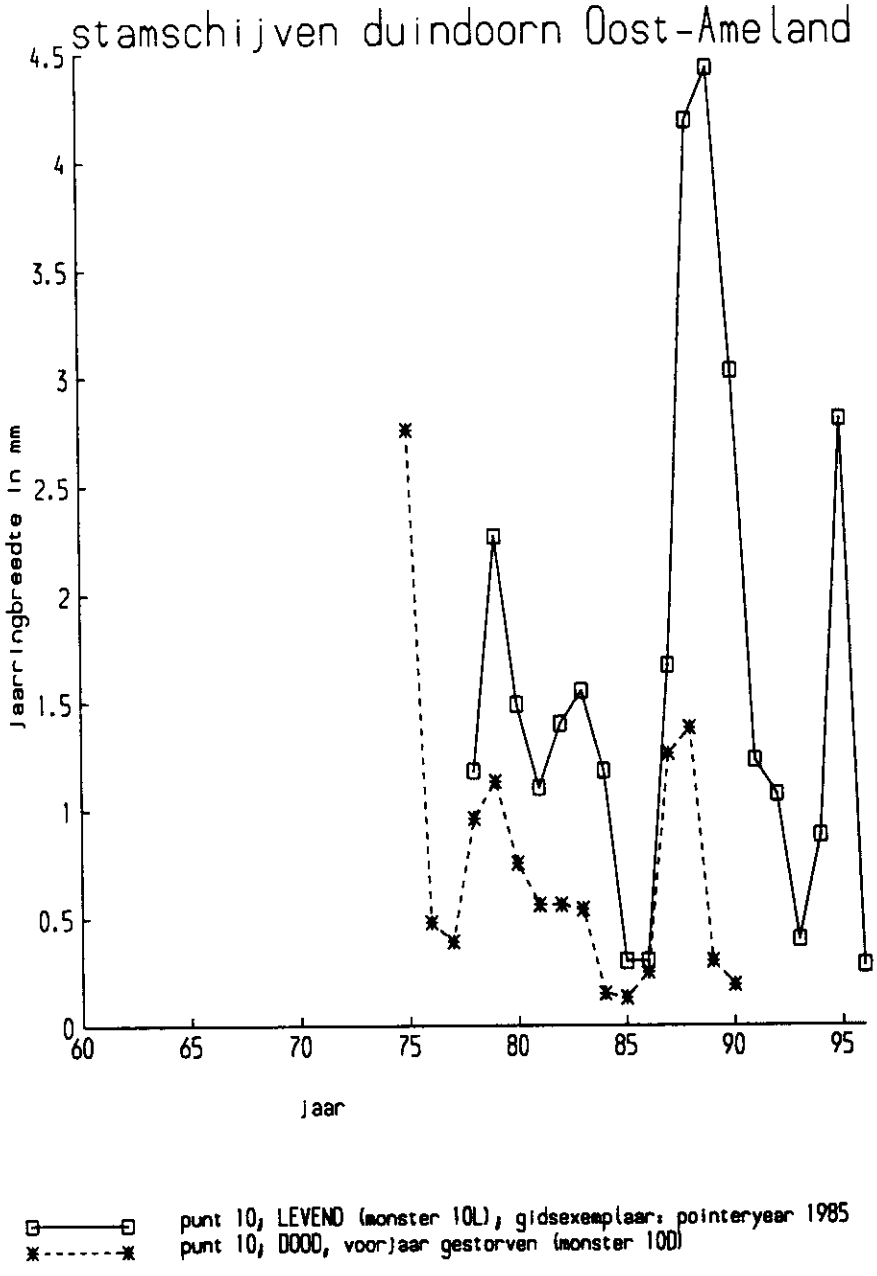


Fig. 20. *Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindooms afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 10. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.*

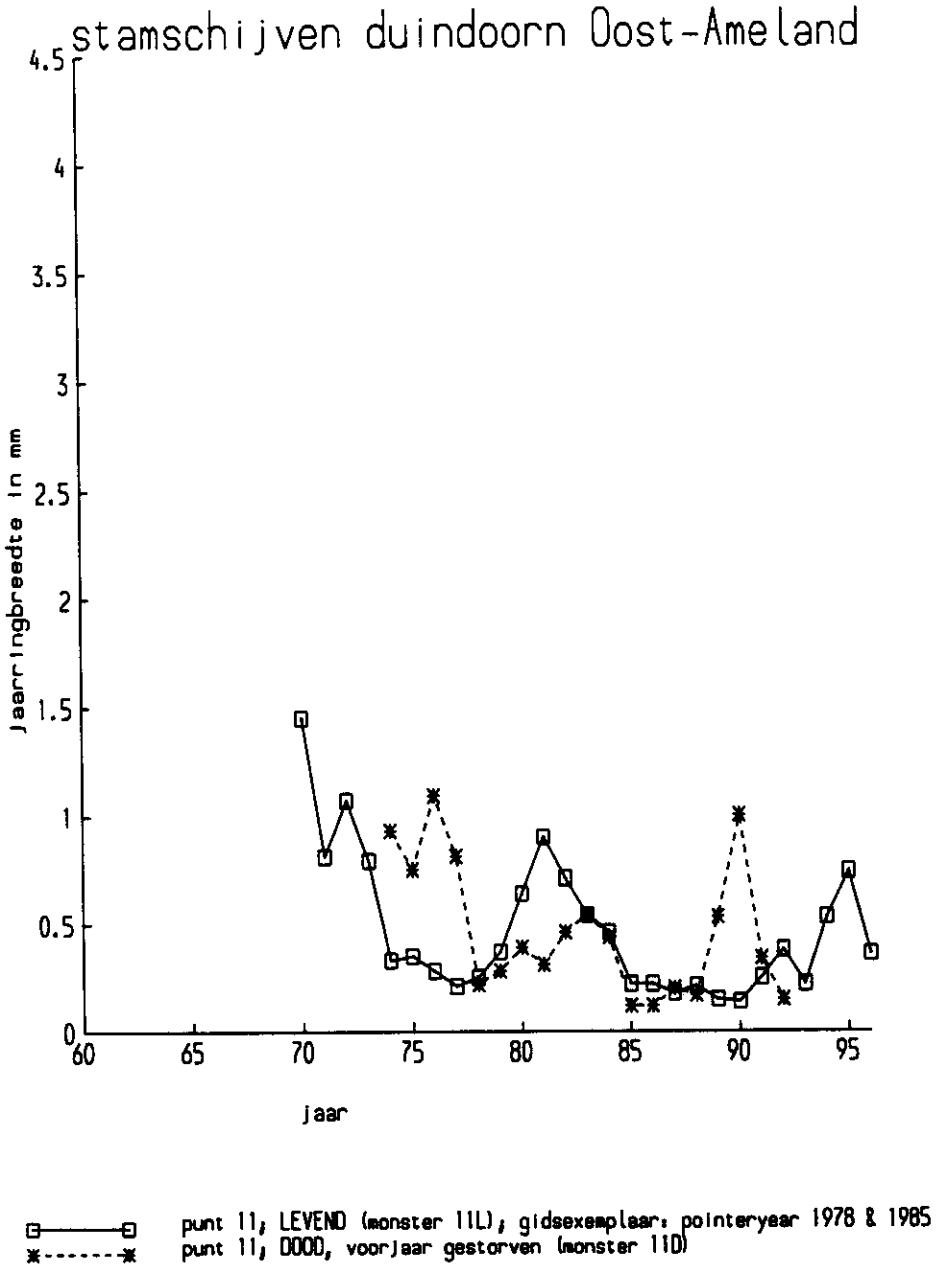


Fig. 21. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 11. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

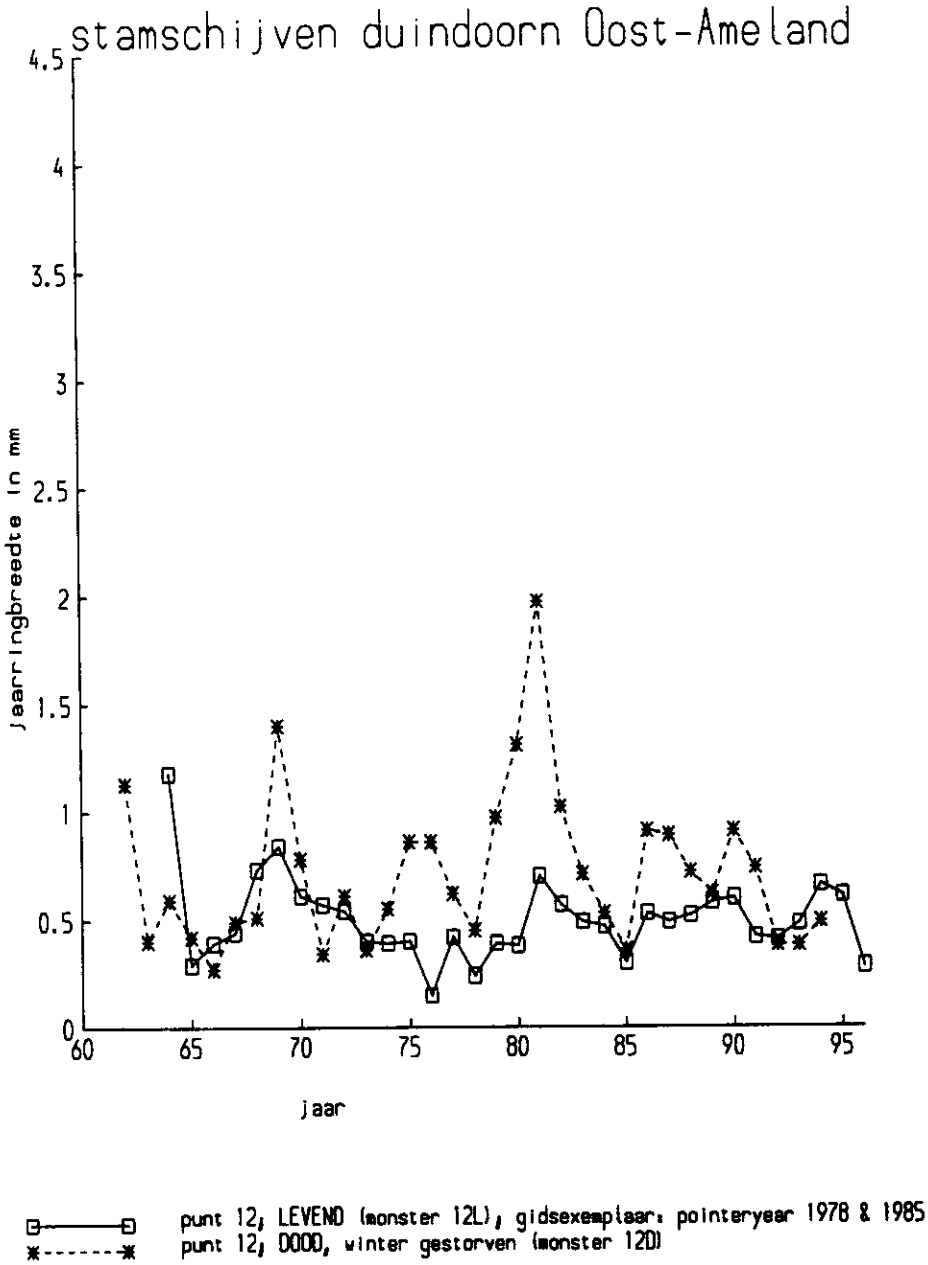


Fig. 22. *Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 12. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.*

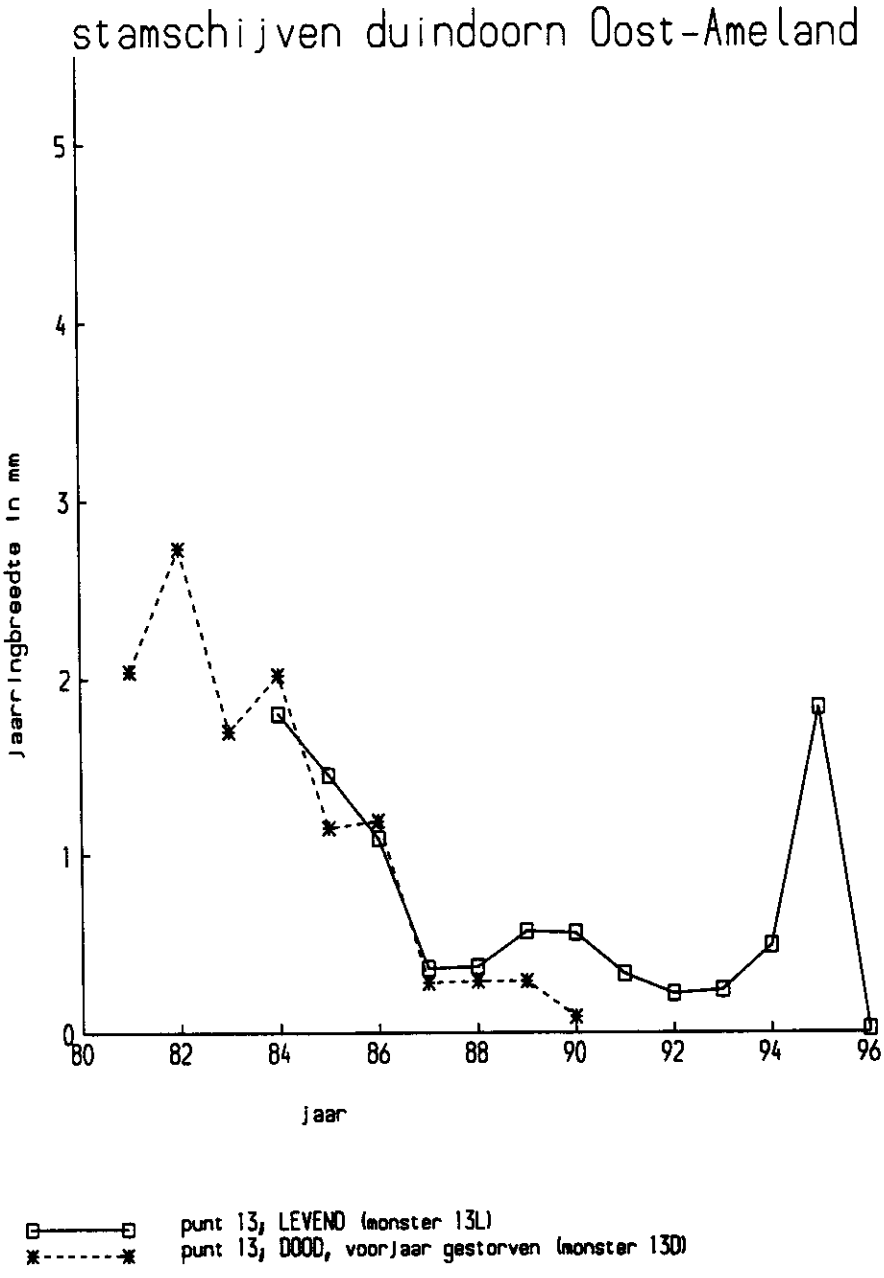


Fig. 23. Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 13. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.

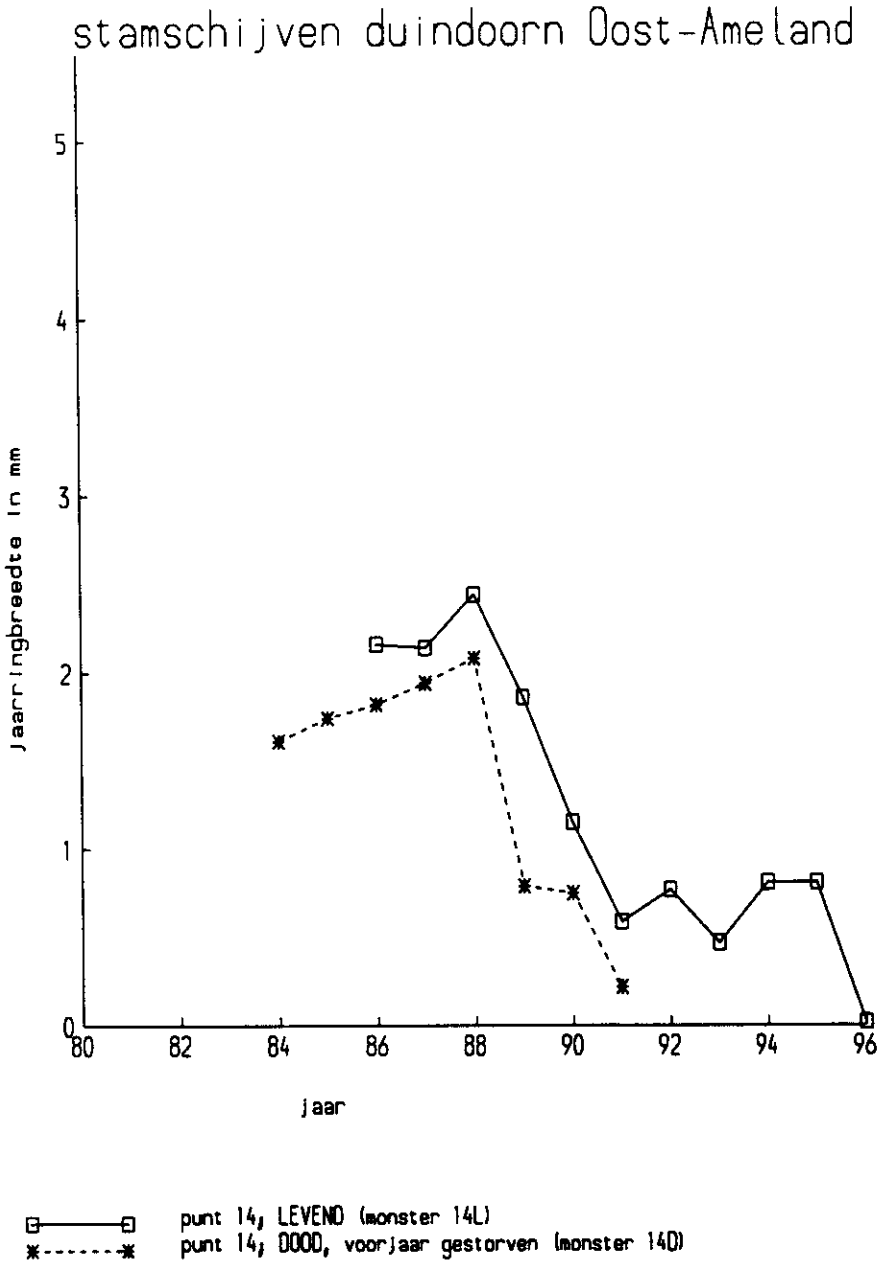


Fig. 24. *Groeicurven van geoogste stamschijven van levende (L) en dode (D) duindoorns afkomstig van Oost-Ameland, monsterplek 14. Jaarringbreedte in mm; 96 is het oogstjaar 1996.*

Het bestellen van IBN-rapporten

IBN-rapporten kunnen besteld worden door overschrijving van het verschuldigde bedrag op gironummer 94 85 40 of banknummer 53.91.05.988 van het Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek (IBN-DLO) te Wageningen. Vermeld op de overschrijving het nummer van het gewenste IBN-rapport (en naam en afleveradres als die afwijken van de naam en adres op de overschrijving).
Gebruik geen verzamelgiro omdat het adres van de besteller niet op onze bijschrijving komt zodat het bestelde niet kan worden toegezonden.
Onderstaande lijst vermeldt alleen de rapporten die in 1996 en 1997 zijn verschenen. Een volledige lijst is op aanvraag gratis verkrijgbaar.

201 J. van den Burg 1996. Literatuurlijst van het groeiplaatseisenonderzoek met boomsoorten in Noord- en West-Europa. 37 p. f 30,-
202 B. Spaans, L. Bruinzeel & C.J. Smit 1996. Effecten van verstoring door mensen op wadvogels in de Waddenzee en de Oosterschelde. 134 p. f 50,-
203 G.J.M. Wintermans 1996. Verstorende effecten voor vogels van de aanleg van een afvalwaterpersleiding (AWP-2) door het Markiezaat. 29 p. f 30,-
204 W.K.R.E. van Wingerden, R.J.M. van Kats & D.R. Lammertsma 1996. Een verkennende studie naar het voorkomen van de Moerassprinkhaan *(Stethophyma grossum* L.) in uiterwaarden. 53 p. f 40,-
205 E.A.P. Wieman & H. Hekhuis 1996. Deel A: Bedrijfseconomische consequenties en functievervulling van kleinschalig bosbeheer; modelberekeningen en praktijksituaties 152 p. Deel B: Bijlagen. 194 p. Deze twee delen zijn niet afzonderlijk te bestellen. f 77,-
206 A. Oosterbaan & C.A. van den Berg 1996. Experimenteel onderzoek naar omvormingsmogelijkheden van douglas-monoculturen naar gemengd bos. 35 p. f 30,-
207 T.A. de Boer 1996. De effecten van waterrecreatie op de natuur in de Oosterschelde, Voordelta en Waddenzee: een literatuuronderzoek. 45 p. f 30,-
208 S.M.J.M. Brasseur & P.J.H. Reijnders 1996. De zeehond terug op z'n bank; een haalbaarheidsstudie voor het Brielse Gat. 31 p. f 30,-
209 H.J. Hekhuis & R.H.M. Peltzer 1996. Intensiteit van het recreatief bosgebruik in Overijssel; indelingscriteria en kosten. 63 p. f 40,-
210 M.E.A. Broekmeyer, A.P.P.M. Clerkx & H.G.J.M. Koop 1996. Bosdynamiek in het Norgerholt; tien jaar monitoring in een Hulst-Eikenbos. 112 p. f 55,-
211 W.A. Teunissen 1996. Ganzenschade in de akkerbouw; onderzoek naar factoren die een rol spelen bij het ontstaan van ganzenschade in de akkerbouw. 167 p. f 60,-
212 W. Schuring & P. Kolster 1996. Toepassing van plantaardige eiwitcoatings op bomen. 35 p. f 32,-
213 C.A. van den Berg & A. Oosterbaan 1996. De invloed van bodemvoorbereiding op natuurlijke verjonging van douglas en enkele andere soorten. 32 p. f 30,-

214 N. Dankers & G.J. M. Wintermans (red.). Exploratieboringen en ecologie; een bijdrage aan de MER van de NAM ten behoeve van de proefboringen naar aardgas in de Waddenzee en de Noordzeekustzone. 213 p. f 92,-

215 H. Siepel, J. Burgers, R.J.M. van Kats, D.R. Lammertsma & A.P. Noordam 1996. De bijdrage van verruigde akkerranden aan de biodiversiteit van het landelijk gebied in Zuidelijk Flevoland. 73 p. f 40,-

216 J.K. van Raffe 1996. Tactische bosbedrijfsplanning; methodiek en computerprogrammatuur voor de planning van maatregelen en middelen. 129 p. f 50,-

217 A.P.P.M. Clerkx, M.E.A. Broekmeyer, P.J. Szabo, A.F.M. van Hees, L.J. van Os & H.G.J.M. Koop 1996. Bosdynamiek in bosreservaat Galgenberg. 137 p. f 55,-

218 G.P. Gonggrijp 1996. Indelings- en waarderingsmethode voor aardkundige waarden. 95 p. f 43,-

219 H.G.J.M. Koop, L.J. van Os & A.P.P.M. Clerkx 1996. Start monitoringsysteem natuurtechnisch bosbeheer. 75 p. f 40,-

220 A. van den Ham & G. Kolkman 1996. Inzet van een tendersysteem bij de SBL-regeling. 45 p. f 30,-

221 J.J. Jansen, J. Sevenster & P.J. Faber 1996. Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. 202 p. f 52,50

222 S.P. Tjallingii, J.H. Spijker & J.F. Jonkhof 1996. Ecologische ontwikkelingsvisie op beheer en inrichting van de stadswateren in Amstelveen. 107 p. f 50,-

223 E.J. Dik 1996. Herziene spilhout-volumefuncties van enkele boomsoorten; tabellen, omrekening naar werkhoutvolume, bastpercentages en verloop van de diameter in de stam. 52 p. f 40,-

224 J. van den Burg 1996. Beworteling van boomsoorten in Nederlandse bossen. 66 p. f 40,-

225 W. Schuring, C. Das & P.W. Goedhart 1996. Het verplanten van laanbomen met naakte wortel in voor- en najaar; toepassing van wortelsnoei in de aanlegfase. 50 p. f 30,-

226 A.T. Kuiters, G.W.T.A. Groot Bruinderink & C.B. de Jong 1996. De dieetkeus van damhert, ree en enkele andere herbivoren in de duinen van Zuid-Kennemerland. 53 p. f 40,-

227 J. Veen, L.M.J. van den Bergh & A.L. Spaans 1996. Evaluatie van het beheer van de zilvermeeuwenpopulatie op Schiermonnikoog in 1986-1995. 73 p. f 40,-

228 L.W.G. Higler & Tj.H. van den Hoek 1996. Monitoring onderzoek Hierdense beek 1995. 40 p. f 30,-

229 P.J.M. Bergers & P.F.M. Opdam (red.) 1996. Versnippering en populaties: een verklarende woordenlijst. 25 p. f 30,-

230 N.H. Edelenbosch 1996. Ex-post-evaluatie van bosuitbreidingsbeleid in Nederland over de periode 1990-1995. 62 p. f 44,-

231 J.G. de Molenaar 1996. Gedomesticeerde grote grazers in natuurterreinen en bossen: een bureaustudie. I. De werking van begrazing. 221 p. f 70,-

232 P.F.M. Verdonschot., J.A. Schot & M.W. van den Hoorn 1996. Astacus astacus; leefomstandigheden in de Rozendaalse beek en de Beekhuizense beek. 86 p. f 40.,-

233 G.W.W. Wamelink & H.F. van Dobben 1996. Schatting van responsies van soorten op de milieufactoren vocht, pH en macronutriënten: een aanzet tot calibratie van Ellenbergs indicatiegetallen. 109 p. f 50,-

234 P.F.M. Verdonschot, W. Cellarius & M.W. van den Hoorn 1996. Steekmuggen (Culicidae) in de Engbertsdijksvenen 9; monitoring van veensteekmuggen in 1995. 27 p. f 30,-

235 J.A. Schot & P.F.M. Verdonschot 1996. Astacus astacus; een ecologisch profiel gebaseerd op informatie uit de literatuur. 107 p. f 50,-

236 P.J. Szabo, A.P.P.M. Clerkx & M.E.A. Broekmeyer 1996. De bosstructuur en bossamenstelling van bosreservaat 'Galgenberg' in 1988. 70 p. f 40,-

237 P.F.M. Verdonschot 1996. Migratie van beekmacrofauna en beekvissen; migreerbaarheid van een gesloten of open afleiding van de Schuitenbeek. 85 p. f 40,-

238 D.A. Jonkers 1996. Zendmasten en vogels: mogelijke gevolgen van verplaatsing van zendmasten in IJsselstein. 58 p. f 40.,-

239 D.A. Jonkers 1996. De effecten van plaatsing van zendmasten in de Polder Broek (gemeente IJsselstein); een verkennend-evaluerende, biologisch-ecologische studie. 37 p. f 30,-

240 J.B. den Ouden, M. Vocks, M.E.A. Broekmeyer & H.G.J.M. Koop 1996. A-locatie bossen in Gelderland; kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relicten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Gelderland. 346 p. f 75,-

241 J.K. van Raffe 1996. Funtioneel en technisch ontwerp Tactic; een computerprogramma voor de tactische bosbedrijfsplanning. 75 p. f 40.,-

242 W. Schuring & P.W. Goedhart 1996. Huidmondjesweerstand van wilg en populier. 61 p. f 42,-

243 A. Oosterbaan, L.G. Moraal & C.A. van den Berg 1996. De invloed van bandnecrose op de groei en vitaliteit van grove den. 17 p. f 20,-

244 J. van den Burg 1996. Methoden en criteria met betrekking tot mineralengiften en bekalking in bosopstanden; een terugkoppeling van bosbemestingsadviezen naar het onderzoek. 133 p. f 50,-

245 J.G. de Molenaar, D.A. Jonkers & G. Kolkman 1996. Gaasterland: een verkenning van actuele en potentiële natuur- en landschapswaarden en hun mogelijke beheersvormen. 71 p. f 40,-

246 J.C.A.M. Bervaes, H.J.J. Kroon, G.F.P. Martakis & D.C. van der Werf 1996. Een model voor het gebruik van de groene ruimte in stadslandschappen (Fase I). 100 p. f 51,-

247 A.H.J. Segeren 1996. Recreatiebeheer in bos-en natuurgebieden. 49 p. f 30,-

248 G.J. Nabuurs, G.M.J. Mohren & M.F.F.W. Jans 1996. Kosteneffectiviteit van koolstofvastlegging in bos. 50 p. f 31,50

249 L.W.G. Higler (red.) 1996. Natuur in het water: van exploitatie naar bescherming. 68 p. f 43,-

250 I.M. Bouwma, E.A.P. Wieman, A. Oosterbaan & H.G.J.M. Koop 1997. Omvorming van fijnspar naar multifunctioneel bos. 74 p. f 40,-

251 P.F.M. Verdonschot, J.A. Schot & H.G. Mosterdijk 1996. Bronnen in Noord- en Midden-Limburg; ligging en globale karakterisering. 234 p. f 103,-

252 G.W.T.A. Groot Bruinderink 1996. Terreingebruik door pony's, runderen, edelherten, reeën en wilde zwijnen in enkele Veluwse bos- en heidegebieden van de Vereniging Natuurmonumenten. 55 p. f 52,-

253 J.C.A.M. Bervaes, A. Oosterbaan, J. Kopinga, C.A. van den Berg & R. Wegman 1996. Het beheer van het bomenbestand van Park Randenbroek in Amersfoort. 41 p. f 43,-

255 G.W.W. Wamelink, H.F. van Dobben, J.R.M. Alkemade & J. Wiertz 1997. Maaigevoeligheid van de Nederlandse flora; aanvulling van de door Briemle & Ellenberg (1994) geschatte indicatiegetallen. 55 p. f 41,50

256 G.J. Nabuurs, K. Kramer & G.M.J. Mohren 1997. Effecten van klimaatverandering op het Nederlandse bos en bosbeheer. 55 p. f 48,-

257 M.E.A. Broekmeyer & A.P.P.M. Clerkx 1997. Vegetatie en bosstructuur van het bosresevaat De Zwarte Bulten. 77 p. f 45,-

258 W.K.R.E. van Wingerden, F.A. Bink, D.A. Jonkers, F.J.J. Niewold & A.L.J. Wijnhoven 1997. Gedomesticeerde grote grazers in natuurterreinen en bossen: een bureaustudie. II. De effecten van begrazing. 128 p. f 51,50

259 J. Verboom, P.C. Luttikhuizen & J.T.R. Kalkhoven 1997. Minimumarealen voor dieren in duurzame populatienetwerken. 49 p. f 31,50

260 P.A.M. Visschedijk 1997. Kaarten recreatiegebieden compensatiebeginsel. 72 p. f 41,50

261 G.M. Dirkse 1997. Vegetatiekartering van de Schinveldse bossen en de Brunssummerheide in 1996. 100 p. f 47,50

262 P.J.M. Bergers 1997. Versnippering door railinfrastructuur; een verkennende studie. 68 p. f 40,-

263 T. Schavemaker, N. Brink, J.W.M. Langeveld, E. Murris, J. Nieuwenhuis & K. Vos 1997. Onderzoek naar de plaats van het groene vakgebied binnen de gemeentelijke organisatie. 35 p. f 31,50

264 A.H.J. Segeren & P.A.M. Visschedijk 1997. Het recreatief gebruik van SBB-terreinen in de regio Brabant-West. 79 p. f 40,-

265 J. van Asten, A. Augustijn-van Buren, B.J. Galjaard, D.A. van der Heij, C. Jochemsen, H.D. van der Kamp & J. van Reijendam 1997. Groencompensatie in de gemeenten; startnotitie. 31 p. f 31,50

266 M.E. Sanders, A.M. Schmidt, A.J. Griffioen & G. van Wirdum 1997. Kartering van de vegetatiestructuur van de Weerribben. 78 p. f 57,-

267 H. Koop, L,J. van Os & A.P.P.M. Clerkx 1997. Start monitoring omvormingsbeheer Staphorst. 55 p. f 42,-

268 N.H. Edelenbosch & R.A.M. Schrijver 1997. Ex-ante-evaluatie van bosuitbreiding door agrariërs; de haalbaarheid van het bebossingsbeleid op landbouwbedrijven. 125 p. f 50,-

269 H.J.M. Goverde, J. Wisserhof, E.K. Dijkstra & R.A.M. Tilmans 1997. Bestuurlijke Evaluatie Strategische Groenprojecten Natuurontwikkeling. 118 p. f 50,-

270 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de Grove den en de Corsicaanse den in Nederland. 91 p. f 40,-

271 J.K. van Raffe, P.J.W. Hinssen, N.W.J. Borsboom & H.G. Six Dijkstra 1997. Instrumentarium bosbedrijfsvoering; een onderzoek naar de beschikbaarheid van en de behoefte aan computerprogrammatuur ter ondersteuning van de bedrijfsvoering van Nederlandse bosbedrijven. 71 p.
Supplement. 56 p. Deze twee delen zijn niet afzonderlijk te bestellen. f 50,-

272 J.B. den Ouden, M.E.A. Broekmeyer & H.G.J.M. Koop 1997. A-locatie bossen in Overijssel; kenschets, beoordeling en adviezen met betrekking tot behoud en ontwikkeling van relicten van inheemse bosgemeenschappen in de provincie Overijssel. 229 p. f 70,-

273 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van Japanse lariks, Abies grandis en Tsuga heterophylla in Nederland. 68 p. f 40,-

274 D.M. Pronk, T.A. de Boer & H.W.J. Boerwinkel 1997. Aantrekkingskracht van parken op stadsniveau. 129 p. f 53,-

275 K.S. Dijkema, N.M.J.A. Dankers, G.J.M. Wintermans, J.C.A.M. Bervaes & D.C. van der Werf 1997. Compensatie voor gaswinning in het grensgebied met de Waddenzee: visie op een rol voor natuurontwikkeling. 55 p. f 41,50

276 K.S. Dijkema, N.M.J.A. Dankers, G.J.M. Wintermans, J.C.A.M. Bervaes & D.C. van der Werf 1997. Bodemdaling en waterhuishouding in Groningen: visie op een grotere rol voor natuurontwikkeling. 41 p. f 31,50

277 F.J.J. Niewold 1997. De fauna van het Dwingelderveld: recente ontwikkelingen en een faunabeheerplan. 98 p. f 40,-

278 C.L.M. Spinnewijn & T.A. de Boer 1997. 'Water trekt'; Een kwalitatief onderzoek naar gebruik en beleving van het water in de Waterwijk in Almere. 75 p. f 50,-

279 A.P.P.M. Clerkx & M.E.A. Broekmeyer 1997. Bosdynamiek in Noordhout; Tien jaar monitoring van een Wintereiken-Beukenbos. 95 p. f 50,-

280 J.K. van Raffe 1997. Handleiding Tactic; Een computerprogramma voor de tactische bosbedrijfsplanning. 46 p. f 30,-

281 P.A. Slim & H.F. van Dobben 1997. De Baten van Vegetatiebeheer. 59 p. f 41,50

282 J.C.A.M. Bervaes, D.M. Pronk & T.A. de Boer 1997. Recreatie in de Dordwijkzone. 115 p. f 51,50

283 I.M. Bouwma & A.F.M. Olsthoorn 1997. Weerstandsverhogende maatregelen in bossen. 67 p. f 40,-

285 C.B. Bussink, E.A.P. Wieman & A.F.M. Olsthoorn 1997. Verwachting en knelpunten van kleinschalig bosbeheer; een enquête onder boseigenaren en bosbeheerders. 144 p. f 51,50

286 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de fijnspar en de Sitkaspar in Nederland. 79 p. f 41,50

287 J.G. de Molenaar, D.A. Jonkers & R.J.H.G. Henkens 1997. Wegverlichting en natuur; I. Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur. 293 p. f 70,-

288 A.P.P.M. Clerkx, M.E.A. Broekmeyer & P.J. Szabo 1997. Bosstructuur en vegetatie van het bosreservaat Drieduin 1. 55 p. f 43,-

289 W.C. Ma, H. Siepel & J.H. Faber 1997. Onderzoek naar mogelijke ecotoxicologische effecten van bodemverontreiniging in de uiterwaarden op de terrestrische invertebratenfauna. 79 p. f 42,-

290 P. Filius 1997. Institutioneel draagvlak voor natuur. 87 p. f 49,-

291 W. Kuindersma, G.J. Zweegman & J.P.P. Hinssen 1997. Van beleidsprestaties naar oorzaken; Natuurbeleid is mensenwerk. 185 p. f 61,50

292 H. Schekkerman 1997. Graslandbeheer en groeimogelijkheden voor weidevogelkuikens. 92 p. f 40,-

293 J.W.M. Langeveld, S.P. Tjallingii & L. Bus 1997. Stromenland; Netwerken van verkeer en water als dragers voor ruimtelijke ontwikkeling. 99 p. f 50,-

294 R. Pouwels 1997. Effecten van habitatverarming op het broedsucces van insectenetende vogels: het stoelpotenmodel. 53 p. f 40,-

295 P.A. Slim 1997. Vooronderzoek duindoornsterfte duingebied Oost-Ameland. 61 p. f 41,50

297 G.F.C. van Leiden 1997. Openstelling en toegankelijkheid van het agrarisch gebied. 108 p. f 53,-

298 G. van Wirdum & V. Joosten 1997. De proef 'Grondwater als bron' in De Weerribben; Basisrapport over de periode 1989-1995. 145 p. f 56,-

302 A. Brenninkmeijer & E.W.M. Stienen 1997. Migratie van de grote stern *Sterna sandvicensis* in Denemarken en Nederland. 57 p. f 40,-

303 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de beuk in Nederland. 60 p. f 40,-

304 C.J. Grashof 1997. Verbindingszones en algemene natuurwaarden in het middengebied van de Achterhoek; Een verkenning van enkele scenario's 57 p. f 48,-

305 A.P.P.M. Clerkx, M.E.A. Broekmeyer & P.J. Szabo 1997. Bosstructuur en vegetatie van het bosreservaat Drieduin 2. 64 p. f 47,-

306 J.F. Jonkhof (red.) 1997. Landschapspark De Graven; Ecologisch onderzoek voor een geïntegreerde ontwikkelingsvisie. 123 p. f 65,

307 P.A. Slim 1997. Vooronderzoek meidoornsterfte duingebied Oost-Ameland. 25 p. f 31,50

308 M.H.A. van den Ham, E. Hoogendam, C.L.M. Spinnewijn & R.H.M. Peltzer 1997. Bos zonder slagbomen; een kwalitatief onderzoek naar de openstelling en toegankelijkheid van bos. 114 p. f 50,-

309 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de Zwarte els en van de Witte els in Nederland. 57 p. f 40,-

310 J. van den Burg 1997. Groei en groeiplaats van de zomereik, de wintereik en de Amerikaanse eik in Nederland. 104 p. f 40,-

311 A. Oosterbaan, C.A. van den Berg & A.F.M. Olsthoorn 1997. Ontwikkelingen in mengverhouding en groei van enkele gemengde beplantingen. 40 p. f 31,50

312 G.W.W. Wamelink, C.J.F. ter Braak & H.F. van Dobben 1997. De Nederlandse natuur in 2020: schatting van de potentiële natuurwaarde in drie scenario's. 79 p. f 48,-