

**Samenvatting van de resultaten
van zes jaar onderzoek
naar energieteelt**



Leen Kuiper

**Samenvatting van de resultaten
van zes jaar onderzoek
naar energieteelt**

Leen Kuiper

Centrum voor Biomassa Innovatie
December 2003



Colofon

Kuiper, L. 2003

Samenvatting van de resultaten van zes jaar onderzoek naar energieteelt. Centrum voor Biomassa Innovatie. Wageningen, 128 p.

Trefwoorden: energieteelt/ biomassa/ klonen/ plantafstand/kapcyclus
Kosten: euro 15,- (incl. BTW/verzending)

Centrum voor Biomassa Innovatie

Postbus 253, 6700 AG Wageningen, tel. 0317-466555, fax 0317-410247

Dit boek is mede mogelijk gemaakt door de financiële ondersteuning van Stichting Bos en Hout en vanuit het programma DEN/Energiewinning uit Afval en Biomassa (onder projectnummer 400002694) dat Novem in opdracht van het ministerie van Economische Zaken uitvoert. Contactpersoon bij de Novem is A. de Boer (030-2393411; a.de.boer@novem.nl).

Stichting Bos en Hout en Novem geven geen garanties met betrekking tot de juistheid en/of volledigheid van gegevens, ontwerpen, constructies, producten of productiemethoden voorkomend of beschreven in dit rapport, noch voor de geschiktheid daarvan voor enige bijzondere toepassing.

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Inleiding	7
2. Methode van onderzoek	17
3. Klonen	33
4. Plantafstand	57
5. Kapcyclus	83
6. Aanlegmethode	95
7. Overige factoren	107
8. Implicaties voor het beheer	117
Geraadpleegde literatuur	127



Proefbeplanting voor energieteelt in Dronten, aangelegd in 1993

Samenvatting

Het Centrum voor Biomassa Innovatie – voorheen het Centrum voor Plantaardige Vezels (CPV) - heeft jarenlang onderzoek verricht naar de aanleg en het beheer van energiebeplantingen op vijf proeflocaties in Nederland. Dit onderzoekprogramma Energieteelt heeft een schat aan praktijkgegevens opgeleverd, waarvan de resultaten nog niet of nauwelijks openbaar gemaakt zijn.

Onlangs heeft het bestuur van het Centrum voor Biomassa Innovatie de wens geuit om haar kennis op het gebied van energieteelt in Nederland in te zetten voor het algemene maatschappelijk belang, vanuit de visie dat niet ieder voor zich, maar dat we gezamenlijk moeten proberen de toepassing van bio-energie van de grond te krijgen. Dit boek stelt de resultaten van het kostbare en tijdrovende veldonderzoek beschikbaar aan een brede doelgroep, zodat toekomstige initiatieven met energieteelt in Nederland gebaseerd zullen zijn op bestaande en reële ervaringscijfers.

1 Inleiding

Waarom dit boek? Doel en doelgroep. Aanpak. Kennislacune. Strategisch belang. Eerder onderzoek naar energieteelt in Nederland. Grienden.

Waarom dit boek?

In Nederland is door het CPV in de jaren negentig onderzoek verricht naar de teelt van snelgroeiende boomsoorten in energiebeplantingen, wat een ander woord is voor korte omloop bossen. De wisselwerking tussen bodemtype, klonenkeuze, plantverband, kapcyclus, aanleg-methodiek, eerste jaar onderhoud en het optreden van ziekten en plagen bepalen welke biomassa-productie reëel mogelijk is onder Nederlandse omstandigheden. Al deze factoren zijn nauwkeurig onderzocht en bijgehouden op vijf proeflocaties, verspreid over Nederland. De monitoringsgegevens van deze beplantingen zijn vastgelegd in proefvelddossiers en ze zijn statistisch geanalyseerd, maar echter nog nooit zodanig bewerkt dat de resultaten begrijpelijk zijn voor een brede doelgroep. Dat is eigenlijk jammer, want het aanleggen en monitoren van proefbeplantingen is een uitermate kostbare aangelegenheid (het CPV-programma heeft ruim 900.000 euro gekost), die niet snel meer op een vergelijkbare schaal en met een vergelijkbare mate van detaillering zal (kunnen) plaatsvinden in Nederland. Met deze publicatie komt een bron van kennis en ervaring beschikbaar, waar een ieder die zich bezig houdt met energieteelt of een combinatie van landgebruikfuncties waar de teelt van biomassa

een rol in speelt, gebruik van kan maken. Veel medewerkers van gemeenten, provincies en maatschappelijke organisaties hebben wel eens iets vernomen over energieteelt, maar slechts weinigen baseren zich op feitenkennis. Er bestaan nog veel vooroordelen over wat kan en wat niet kan.

Doel en doelgroep

De doelstelling van dit informatief en praktisch georiënteerd boek is om de jarenlange onderzoeksgegevens van het CPV zodanig te bewerken dat de wetenschappelijke resultaten op een begrijpelijke wijze toegankelijk worden gemaakt. Het betreft uitsluitend informatie over de teelt van houtige biomassa in korte omloopbossen. De teelt van grasachtige biomassa (*Miscanthus*, hennep, energiegroen en stro) valt buiten dit kader, evenals andere combinatieteelt-opties.

Het boek is bedoeld voor iedereen in Nederland die iets met energie uit biomassa te maken heeft of in de toekomst krijgt. Dat zijn o.a. boeren, LTO's, particuliere boseigenaren, medewerkers van bosdiensten van gemeenten en provincies, medewerkers van Staatsbosbeheer, medewerkers van de Unie van Bosgroepen, Natuurmonumenten, provinciale Landschappen, Landschapbeheer Nederland, waterschappen, recreatieschappen, landgoedeigenaren, rentmeesters, het Bosschap, waterbedrijven, organisaties die zijn aangesloten bij het Platform Bioenergie, adviesbureaus, universiteiten, DLO-instituten en energiebedrijven.

Aanpak

De bij het Centrum voor Biomassa Innovatie aanwezige proefveld-dossiers en deels uitgewerkte proefbeschrijvingen vormden de basisinformatie voor het boek. De proefveldgegevens zijn gerangschikt en geanalyseerd (inclusief statistische toetsing) en samengevat in overzichtelijke tabellen. Per locatie zijn de verschillende teeltproeven op een vergelijkbare wijze beschreven. Het boek sluit af door de belangrijkste conclusies op een rij te zetten en praktische aanbevelingen te doen voor de aanleg en het beheer van energie-beplantingen, gebaseerd op bewezen feiten.

Kennislacune

De toegevoegde waarde van het boek komt tot uiting in het feit dat er weliswaar al 10 jaar lang veldonderzoek is gedaan naar verschillende aspecten van energieteelt in Nederland, maar dat nog vrijwel niemand op de hoogte is van wat we allemaal te weten zijn gekomen. De afgelopen jaren hebben we moeten constateren dat er bij beleids-makers en bij (potentiële) marktpartijen een enorm gebrek aan inzicht bestaat wat energieteelt reëel voorstelt. En onbekendheid met de teelt maakt het kennelijk onbemind. Het boek draagt hopelijk bij aan het opvullen van een deel van deze kennislacune, waardoor er door de aanbieders en afnemers van biomassa een veel betere afweging kan worden gemaakt over de voor- en nadelen van energieteelt binnen het brede pakket van (potentiële) biomassastromen. Dat zal een aantal onzekerheden voor de toepassing van duurzame energie uit biomassa kunnen weghalen.

Door het optimaliseren van de teeltsystemen kunnen de kosten van de geproduceerde biomassa (en daarmee de kosten van opwekking van de bioenergie) lager worden, en blijven de teeltrisico's beperkt. Geteelde biomassa - hoe bescheiden ook het aandeel in de totale biomassamix - is een uniform product met een constante kwaliteit en een hoge mate van leveringszekerheid. Het vormt als het ware een stabiele kern (strategische voorraad) in een onzekere vrijemarktsituatie. Heel praktisch heeft een verkeerde klonenkeuze of een te krap of te ruim plantverband grote (en langdurige) consequenties voor de rentabiliteit van de geteelde biomassa. Dat vertaalt zich onmiddellijk in een zeer ongunstige prijs-prestatieverhouding. De kennis hoe we zo'n teeltsysteem goed kunnen opzetten om dit soort financiële tegenvallers te voorkomen, is bij het Centrum voor Biomassa Innovatie aanwezig, maar is nog niet breed verspreid over de doelgroepen die er iets mee zouden willen (of maatschappelijk gezien zouden moeten). Energieteelt zit daardoor nog steeds een beetje in het verdomhoekje.

Strategisch belang

Eén van de belangrijkste knelpunten bij de toepassing van bio-energie uit geteelde biomassa is het geringe draagvlak voor en het inzicht in het duurzame karakter ervan. Door een reële inschatting van de mogelijkheden gebaseerd op feitelijke informatie verkregen uit jarenlang veldonderzoek, zal de algemene kennis over en waardering voor geteelde biomassa toenemen. Energieteelt kan dan een plaats krijgen in het brede pallet van mogelijkheden om de toepassing van duurzame energie uit biomassa dichterbij te brengen. Met name op de iets langere termijn zal energieteelt steeds belangrijker gaan worden.

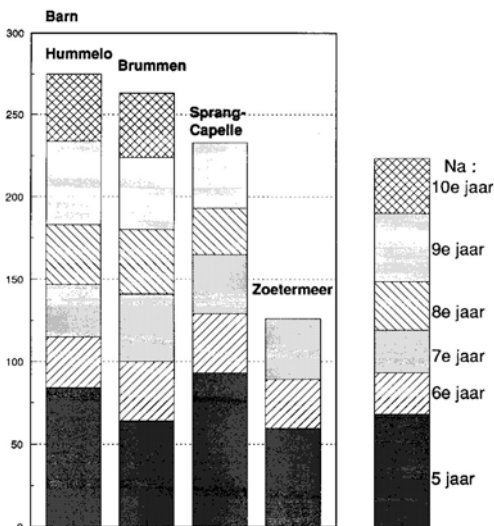
Veel mensen reageren vooralsnog terughoudend: "Eerst zien en dan pas geloven". Dit project kan een deel van die scepsis wegnemen. Het boek maakt je wegwijs in de energieteelt. Daarmee wordt (indirect) de beschikbaarheid van biomassa vergroot. Aan potentiële energiebedrijven verschaft het duidelijkheid hoe ze althans een deel van hun toekomstige biomassabehoefte veilig kunnen stellen. Dat is tevens van strategisch belang omdat ze daarmee minder afhankelijk worden van het aanbod van biomassa op de (internationale) markt. In perioden met sterke prijsschommelingen is het bijvoorbeeld prijstechnisch interessant als 10% van de benodigde biomassa uit eigen teelt komt: er is dan een gegarandeerd aanbod tegen een gegarandeerde prijs.

Houtplantages

Rond 1980 waren er wereldwijd bijna 18 miljoen ha houtplantages. In 2000 was het areaal reeds toegenomen tot 187 miljoen ha. Vertienvoudigd! Op dit moment komt er jaarlijks ongeveer 4,5 miljoen ha houtplantages bij (vooral in Azië). Het areaal dat speciaal is aangelegd met zeer snel groeiende boomsoorten is overigens nog beperkt tot 10 miljoen ha wereldwijd. Elk jaar komt er ongeveer 1 miljoen ha bij, vooral aangemoedigd en ondersteund vanuit de papierindustrie. Ze zijn vooral bedoeld voor de productie van houtskool, papierpulp of voor hout dat wordt verchipped voor plaatmaterialen, MDF, etc. Het is aannemelijk dat ze in de nabije toekomst ook speciaal aangelegd zullen worden voor de productie van biomassa voor duurzame energie en voor biofuels. Of je nu voor of tegen dit soort beplantingen bent, één ding is zeker: korte omloopbossen zullen er steeds meer komen.

Eerder onderzoek naar energieteelt in Nederland

In de zeventiger jaren (1972 – 1980) heeft Stichting Bos en Hout uitgebreid onderzoek verricht naar korte omloop bossen van populier op uiteenlopende bodemtypen op vijf locaties in Nederland: in Hummelo, Brummen, Sprang-Capelle, Bleiswijk en Zoetermeer. Samenvattende artikelen zijn o.a geschreven door Kolster en van der Meiden in 1974, 1979 en 1982. In het themanummer “Bosbouw en energie” van het Nederlands Bosbouw tijdschrift van juli 1982 zijn de groei en aanwas in de drie oudste proefbeplantingen aan de orde geweest. Destijds was het een revolutionair concept om populier aan te planten in een dicht plantverband (2 x 2,5 m en 2 x 3 m) en een 7 jarige omloop te hanteren (figuur 1).



Figuur 1. Ontwikkeling van het splihoutvolume (m³/ha) bij populier ‘Barn’ bij een plantafstand van 2 x 2,5 m in het onderzoek van Stichting Bos en Hout in de zeventiger jaren.

Bij deze mini-omlopen van populier kwam de groei aanvankelijk langzaam op gang, maar bleef in de jaren daarna op een hoog niveau. In figuur 1 is te zien dat de cumulatieve spilhoutproductie (dwz het volume van de stam zonder de zijtakken) in de eerste 5 jaar net zo hoog is als in de drie daarop volgende jaren te samen. Ook in het negende en tiende jaar bleef de groei krachtig doorgaan.

In 1974 is er een delegatie Zweden komen kijken naar deze proefbeplantingen. Ze waren zo onder de indruk dat ze het teelt-concept hebben overgenomen. In de loop der jaren hebben ze het teeltsysteem verder verfijnd en aangepast aan de Zweedse situatie, die zich o.a kenmerkte door een relatief grootschalige aanplant en vergaande mechanisatie. Al gauw zijn ze overgeschakeld op wilg als de belangrijkste boomsoort in plaats van populier. Inmiddels is Zweden ons land ruimschoots voorbij gestreefd wat betreft hun kennis en ervaring met korte omloop bossen. Het gerealiseerde areaal energieteelt in Zweden bedraagt ruim 16.000 ha tegenover slechts 60 ha in Nederland (situatie in 2002).

In de tachtiger jaren (1980 – 1987) heeft het IBN/DLO instituut “De Dorschkamp” onderzoek gedaan naar energieteelt in korte omloopbossen van populier op twee locaties (bij Woensdrecht en Dordrecht) en bij verschillende plantafstanden, waarbij de biomassaproductie nauwkeurig is bijgehouden gedurende twee kapcycli van vier jaar (Dik et al 1986; Van den Burg en Dik 1991). Op deze relatief rijke groeiplaatsen werd een gemiddelde jaarlijkse droge stof productie van 10 ton/ha/jaar gemeten.

In de negentiger jaren (1993 – 1999) heeft het toenmalige Centrum voor Plantaardige vezels (CPV) het Nederlandse praktijkonderzoek naar biomassateelt op zich genomen met de aanleg van een serie proefbeplantingen met wilgen en populieren, met een gezamenlijk oppervlakte van 20 ha. De resultaten komen in dit boek uitgebreid aan de orde. De proeven zijn in 1999 wegens geldgebrek beëindigd.

In dezelfde periode (1994) heeft het IMAG/DLO onder auspiciën van het CPV 17 ha energiebeplanting van wilg en populier aangelegd op hun proefboerderij De Oostwaardhoeve in de Wieringermeer voor proeven met de mechanisatie van aanleg en oogst (Gigler et al 1999). Deze beplanting is in 1998 opgegaan in het Eurojoule-project voor onderzoek naar de directe toepassing van baggerspecie op landbouwgrond in combinatie met de productie van biomassa.

In 1995 is het Energie Boerderij Project Sittard begonnen met de aanleg van enkele energiebeplantingen van wilgen (4 ha) in Asselt en Susteren in Limburg, waarbij teeltaspecten, CO₂-vermijding en de economische haalbaarheid zijn onderzocht. Een evaluatie van dit project heeft in 2002 plaatsgevonden (Ruinaard 2002). Ook dit project is wegens geldgebrek vroegtijdig beëindigd.

In 1998 is het project Flevo-Energiehout van start gegaan: een samenwerkingsverband tussen het CPV, Staatsbosbeheer Flevoland en de Nuon. Een tussentijdse evaluatie is door Stichting Bos en Hout in Wageningen verricht (Kuiper en Jans 2001). Inmiddels is 60 ha

energieteelt gerealiseerd in de omgeving van Lelystad en daarmee is Staatsbosbeheer de eigenaar van de grootste energiebeplanting in Nederland.

Grienden

Van oudsher kwamen er op de kleigrond langs de grote rivieren in Nederland grienden voor. Grienden bestaan voornamelijk uit wilgen, die in één- of meerjarige kapcyclus bij de grond werden afgesneden. De éénjarige wilgenteen werd gebruikt om mee te vlechten. Voor toepassingen in de waterbouw (bijvoorbeeld zinkstukken voor dijk aanleg) werd het rijshout echter om de twee, drie of vier jaar gehakt om stokken van uiteenlopende lengte en dikte te verkrijgen. De griendteelt was een intensieve vorm van landgebruik. Vooral bij de éénjarige snijgrienden werden zeer veel stekken per ha aangeplant (tot 100.000 stuks/ha), er werd bemest, er vond een intensieve onkruidbestrijding plaats en er werd zo nodig gespoten tegen insectenvraat en het optreden van bladziekten. Traditioneel werd een groot aantal wilgensoorten en variëteiten toegepast. Van de amandelwilg en de bittere wilg, die het meest geschikt zijn voor de mandenmakerij, zijn o.a de Zwarte driebast, het Langbroeks grauw, het Beugelsgrauw, de Duitse Dot en de Franse Grisette bekend. Van de katwilgen en schietwilgen zijn bekende ingeburgerde variëteiten de Deventer Kat, het Schijndels rood, het Belgisch rood, het Frans geel en de Groene Daggelder. Door de dichte beplanting en de ontoegankelijkheid van het vaak natte terrein, herbergen de grienden een rijke flora en fauna. Vanuit het perspectief van natuur en biodiversiteit vormen ze dan ook waardevolle elementen in het cultuurlandschap.



Voor de aanplant en oogst van energiebeplantingen zijn aangepaste machines nodig. Bovenste foto: stepplanter. Onderste foto: 'Bender'

2 Methode van onderzoek

Waarom proefvelden? Proeflocaties. Soort proeven (overzichtstabel). Proefopzet en proefvelddossiers. Metingen en meetinstructies. Statistische verwerking. Database. Looptijd. Tijdseries. Samenvatting resultaten.

Waarom proefvelden?

Doel van de proefvelden was het aanleggen en beheren van een serie experimentele proefbeplantingen om de mogelijkheden en beperkingen van snelgroeïende houtige energiegewassen onder Nederlandse condities gedurende een aantal jaren in detail te onderzoeken (1993-1999). Daarbij ging het met name om de teelttechnische mogelijkheden te verkennen om bij korte omlopen grote hoeveelheden houtige biomassa te produceren op een duurzame wijze in hakhoutbeheer. Een afgeleide doelstelling was het in de praktijk demonstreren van optimale technieken voor de teelt, het beheer en de oogst van snelgroeïende boomsoorten, ten behoeve van regionale voorlichting aan agrariërs en andere grondeigenaren.

Bepaalde deelaspecten van biomassaproductie, zoals bijvoorbeeld fotosynthese-efficiëntie, bemesting, ziekteresistentie, winterhardheid en andere eco-fysiologisch aspecten die de groei mede bepalen, kunnen het beste onder geconditioneerde omstandigheden in een laboratorium onderzocht worden. Echter, voor een vertaling van dit soort onderzoeksresultaten naar de praktijk zijn proefvelden en

demonstratiebeplantingen onmisbaar om proefondervindelijk er achter te kunnen komen wat wèl en wat niet werkt onder Nederlandse omstandigheden. Leren door ‘vallen en opstaan’ dus (trial and error) op basis van een coherent onderzoeksprogramma. Pas in de confrontatie met de praktijk worden de echte leereffecten zichtbaar.



Proeflocaties

Een serie proefbeplantingen is gefaseerd aangelegd in de periode 1993-1998 verspreid over Nederland, met een zwaartepunt in de provincie Flevoland, maar ook in Noord-Holland, Drenthe, Noord-Brabant, Zeeland en Zuid-Limburg (tabel 1) Door de grote regionale spreiding was het mogelijk om de effecten van bodem en lokaal klimaat op de groei van deze boomsoorten te kunnen bestuderen. Tevens werd verwacht dat de resultaten hierdoor een grotere relevantie voor de praktijk zouden hebben. Figuur 1 laat de ligging van

de proefveldlocaties in Nederland zien: op 7 locaties zijn in totaal 50 verschillende proeven en demo's aangelegd door Stichting Bos en Hout in Wageningen, die vanaf het begin betrokken is geweest als adviseur, ontwerper, beheerder en coördinator van de teeltproeven van het CPV.

Het proefveld in Susteren is in nauwe samenwerking met het EPBS tot stand gekomen; het proefveld in Dronten lag op het terrein van de Minderhouthoeve van de toenmalige Landbouw Universiteit Wageningen, die ook de aanleg en het onderhoud voor zijn rekening nam; het proefveld in Sloodorp lag op de Oostwaardhoeve van het IMAG-DLO; twee proefvelden (Zeewolde en Flakkee) lagen op terrein van Staatsbosbeheer; de overige drie op particuliere of private grond. De meeste percelen werden gehuurd voor een periode van 10 jaar.

Tabel 1. Locatie van de CPV-proefvelden

Locatie	Provincie	Oppervlakte	Bodemtype	Eigenaar
Dronten	Flevoland	7,1 ha	Klei	LUW
Zeewolde	Flevoland	3,9 ha	Klei	SBB
Sloodorp	Noord-Holland	3,7 ha	Klei	IMAG
Emmen	Drenthe	2,2 ha	Zand	Gemeente
Flakkee	Zeeland	2,5 ha	Klei	SBB
Boxtel	Noord-Brabant	1,7 ha	Zand	Particulier
Susteren	Zuid-Limburg	0,2 ha	Klei	Particulier

Soort proeven

Het soort proeven dat in de CPV-proefbeplantingen is uitgetest, heeft voornamelijk betrekking op teeltoptimalisatie en op demonstratie van

de meest belovende teeltmethoden. Bedrijfseconomische analyses, het vergroten van het maatschappelijk draagvlak, landschappelijke inpassing en aspecten van mechanisatie zijn in deze experimenten niet of nauwelijks aan de orde geweest. Echter, deze onderwerpen zijn wèl nadrukkelijk doel van onderzoek in het vervolgproject Flevo-Energiehout, dat is opgezet om de haalbaarheid van energieteelt in de praktijk te toetsen.

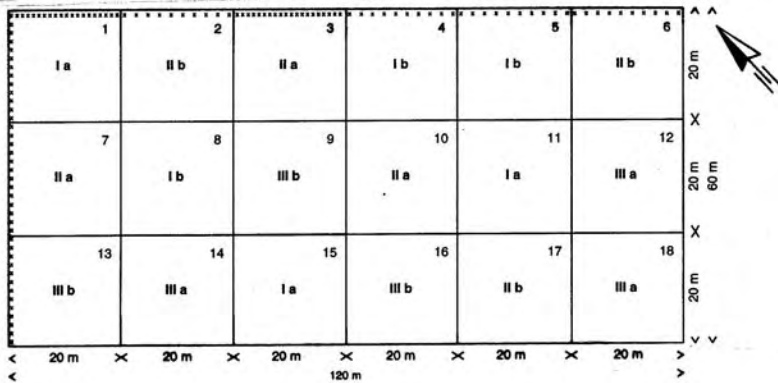
Om de (destijds nog vrijwel onbekende) teelt goed in de vingers te krijgen, is een groot aantal populieren- en wilgenklonen aangeplant om hun groei onderling te kunnen vergelijken; zijn er experimenten gedaan met verschillende wijzen van terreinvoorbereiding en van aanplant; heeft er onderzoek plaatsgevonden naar het effect van plantafstand in combinatie met kapcyclus, naar wildvraat en naar menging. Bij het opzetten van de verschillende proeven zijn vooraf doelstellingen opgesteld en een aantal hypothesen geformuleerd. De proefopzet is voor elke proef nauwkeurig omschreven, inclusief kaartmateriaal. Na elk groeiseizoen is verslag uitgebracht over de ontwikkeling van de planten en zijn groei en opbrengst gemeten. De meetcijfers zijn vervolgens statistisch geanalyseerd door het adviesbureau Maatschap Daamen, Schoonderwoerd en De Klein. De resultaten van die analyses zijn in een aantal interne rapporten, in de proefvelddossiers en in een database vastgelegd. Henny Schoonderwoerd van Bureau Silve heeft aanvullend statistisch onderzoek gedaan.

Proefopzet

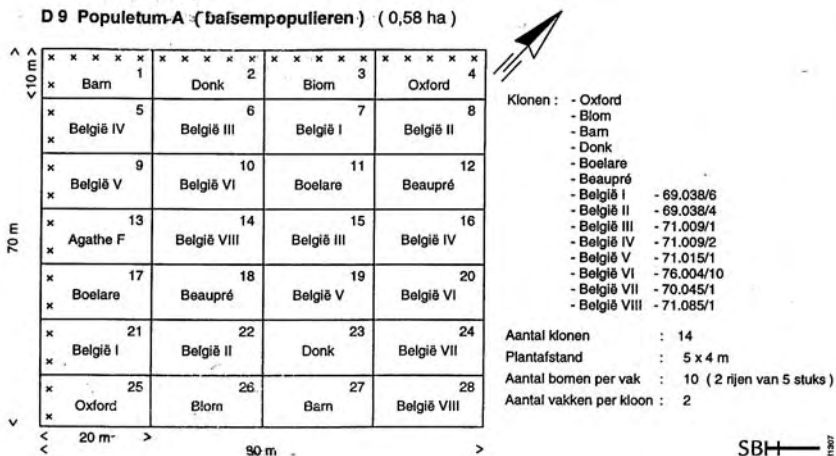
Soms bestonden de teeltproeven uit een enkelvoudige proefopzet, waarbij bijvoorbeeld alleen de biomassaproductie van een aantal klonen onderling is vergeleken. Een voorbeeld: de 'behandeling' is 4 klonen onderling te vergelijken. Elke kloon is daartoe in drie herhalingen aangeplant in aparte vakken (plots), waarbij de vakken willekeurig zijn geselecteerd volgens een 'randomized block design'. De proefopzet bestaat in dit voorbeeld uit 4 klonen x 3 herhalingen = 12 vakken. De grootte van elk vak is bijvoorbeeld 10 x 15 m, waarbij er 100 planten per vak zijn aangeplant (plantafstand 1 x 1,5 m).

Ook zijn er meervoudige proeven gedaan waarbij er twee (en soms drie) variabelen zijn getest. Een voorbeeld is twee verschillende klonen bij drie plantafstanden, en elke 'behandeling' in drie herhalingen. De proefopzet bestaat in dit geval uit twee klonen x drie plantafstanden x drie herhalingen, dus uit 18 vakken. Onderstaande figuren illustreren de enkelvoudige en meervoudige proefopzet.

Voor demonstratiebeplantingen is een eenvoudiger opzet gebruikt: bijvoorbeeld een populierenverzameling (*Populetum*) bestaande uit 14 verschillende klonen aangeplant in 2 herhalingen (in totaal 28 vakken). In principe zijn de demo's niet bedoeld om statistisch verantwoord onderzoek te doen, maar om bepaalde teeltaspecten voor een ieder inzichtelijk te maken.



Voorbeeld van een meervoudige proefopzet (F2)



Demo (D9)

Metingen

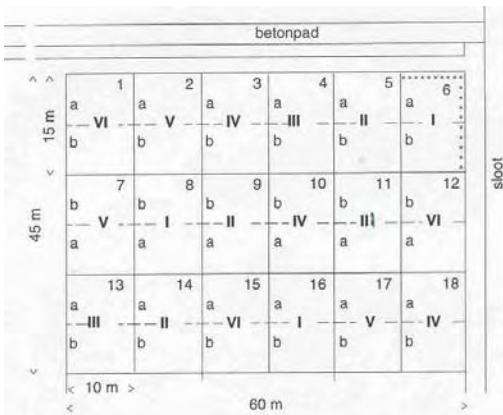
Voor de teeltproeven zijn van te voren meetinstructies opgesteld om ervoor te zorgen dat de proeven steeds op dezelfde, wetenschappelijk verantwoorde wijze werden opgemeten. In elk vak van elk proefveld is elke plant terug te vinden middels een coördinatenstelsel. Van elke scheut van elke plant is jaarlijks de diameter op 1.3 m gemeten.

Van elke behandeling in elk proefveld is jaarlijks één scheut afgesneden en gewogen. Vervolgens zijn er omrekeningsfactoren bepaald om aan de hand van de gemeten diameters van elke scheut het bijbehorende versgewicht te kunnen uitrekenen. Deze relatie tussen diameter en versgewicht bleek niet alleen afhankelijk van de toegepaste populieren- of wilgenkloon, maar tevens van de beschikbare groeiruimte (gemiddelde plantafstand). Aldus is voor 12 verschillende populierenklonen en 7 wilgenklonen de relatie versgewicht/scheutdiameter bepaald, wat resulteerde in een functie met een betrouwbaarheidsinterval r^2 van 0,97 voor populier en 0.89 voor wilg.

In de periode 1994 – 1996 zijn drogestofgehaltes bepaald van de afgesneden scheuten. Hiermee is het versgewicht van de biomassa omgerekend naar tonnen droge stof per ha. 1 ton droge stof wilgenhout heeft een primaire energie-inhoud van 18 GJ (onderste verbrandingswaarde). Er is in dit boek steeds met deze 18 GJ/ton gerekend voor het bepalen van de gemiddelde energieopbrengst per hectare.

Statistische verwerking

Als voorbeeld is hier de statistische onderbouwing van proef D1 uitgewerkt: Voor 6 klonen is onderzocht in hoeverre de biomassa-productie wordt beïnvloed door een 2-jarige dan wel 3-jarige kapcyclus. De 3 herhalingen van de 6 klonen zijn daartoe ‘at random’ verdeeld over 18 plots. Elke plot is verdeeld in 2 subplots, waar in sub-plot (a) de planten na 2 jaar zijn afgezet en in sub-plot (b) na 3 jaar. In totaal bestaat deze proef dus uit 36 sub-plots. Er vanuit gaande dat de effecten van kapcyclus en de verschillende klonen op de biomassa-productie onafhankelijk zijn (geen significante interactie), dan geeft deze meervoudige proef inzicht in (1) de invloed van de kapcyclus op de totale biomassa-productie en (2) op de eventuele verschillen in biomassa-productie tussen de verschillende klonen.



Proefopzet D1

Allereerst is met behulp van een variantie-analyse de nulhypothese getoetst dat de effecten van kapcycli en klonen op de biomassa-productie inderdaad onafhankelijk zijn. De toetsingsgrootte is de kwadraatsom van de interactie gedeeld door de kwadraatsom geassocieerd met de error (sub-plots), verdeeld als een F met 5 en 12 vrijheidsgraden.

Toen de effecten onafhankelijk bleken te zijn, is de nulhypothese getoetst dat er geen verschil is productie tussen de klonen, tegen het alternatief dat er minstens 1 kloon een afwijkende productie heeft. Toen bleek dat deze toets significant was (dus toen statistisch was bewezen dat er minstens 1 kloon is met een effect op de biomassa-productie), volgde een twee aan twee vergelijken en toetsen van de verschillen in productie tussen de klonen. Hiervoor is een standaard procedure gebruikt voor 'multiple comparisons' van Turkey, Duncan en Scheffé. Tevens is de grootte van het verschil geschat.

Vervolgens is de nulhypothese getoetst dat er geen verschil bestaat tussen de twee kapcycli, tegen het alternatief dat er wel een verschil bestaat. De toetsingsgrootte is het quotiënt van de kwadraatsom geassocieerd met het effect van de kapcyclus en de kwadraatsom geassocieerd met de error (sub-plots), verdeeld als F met 1 en 12 vrijheidsgraden. Toen dit het statistisch bewijs opleverde dat er verschil bestond, is vervolgens de grootte van het verschil in biomassa-productie bij een 2-jarige en een 3-jarige kapcyclus ingeschat.

Database

Het CPV beschikt over een unieke database, waarin alle veldgegevens en biomassaproductieschattingen zijn opgenomen voor de periode 1993-1999, betreffende de proefveldlocaties Dronten en Slootdorp en van 1996 –1999 voor het proefveld Flakkee. Van de overige proefvelden (Boxtel, Emmen, Zeewolde en Susteren) zijn incidentele metingen verricht. De meetresultaten hebben betrekking op:

- (1) de geschatte hoeveelheid biomassa (droge stof) voor elk jaar dat er metingen hebben plaatsgevonden;
- (2) een schatting van de accumulatieve productie van biomassa gedurende de meetperiode (in tonnen droge stof per ha);
- (3) het percentage uitval in elk jaar (dode planten);
- (4) het betrouwbaarheidsinterval van de biomassa-productie.

Looptijd

Vanwege de gefaseerde aanleg heeft het oudste proefveld in Dronten een doorlooptijd van 6 jaar gehad en het jongste proefveld (Emmen) een doorlooptijd van slechts 2 jaar. In 1999 zijn de veldactiviteiten op de alle locaties wegens geldgebrek beëindigd. De proeven in Dronten zijn vervolgens opgeruimd en de grond is weer geschikt gemaakt voor landbouwkundig gebruik. In Slootdorp heeft het Eurojoule-project de beplanting 'overgenomen'. De gemeente Emmen heeft het proefveld in Nieuw Weerdinge overgenomen en de beplanting aangehouden als blijvend bos; Staatsbosbeheer heeft de proefvelden in Zeewolde en Flakkee overgenomen en gedeeltelijk heringericht als blijvend bos. De proefvelden in Boxtel en Susteren zijn opgeruimd. In 2001 is er in Emmen door het CPV nog wat aanvullend gemeten.

Tijdseries

Met name in Dronten en Slootdorp was het mogelijk om tijdseries te onderzoeken omdat op deze locaties relatief langdurig is gemeten. Zodoende beschikt het CPV over gedetailleerde informatie, gebaseerd op de monitoring van langjarige veldproeven. De weloverwogen terreininrichting, de statistisch verantwoorde proefopzet en het meetprotocol hebben ervoor gezorgd dat er nu zinvolle uitspraken kunnen worden gedaan over een productieve en ecologisch verantwoorde energieteelt in korte omloop bossen. Daarbij is expertise opgebouwd over de volgende essentiële teeltaspecten:

- De keuze van het plantmateriaal (soorten, variëteiten en steklengte)
- Plantafstanden
- Uitgangspunten voor het beplantingsontwerp
- Kapcycli en oogstmethode
- Regeneratievermogen van de afgezette stobben
- Ziektes en plagen
- Mengingen
- Aantrekkelijkheid van wilgensoorten voor wildvraat
- Reële inputgegevens voor bedrijfseconomische kosten/baten analyses

Samenvatting van de resultaten

In totaal zijn er 36 teeltproeven en 18 demo's aangelegd met een gezamenlijk netto oppervlak van 19,6 ha (tabel 2.1 en 2.2). De 36 teeltproeven (14,7 ha) bestonden uit 634 plots, die ieder afzonderlijk zijn gemeten; sommige gedurende 6 jaar.

- 7 proeven hadden betrekking op het onderling vergelijken van klonen;
- 14 bestonden uit proeven met verschillende plantafstanden;
- 5 waren kapcyclusproeven;
- 5 proeven gingen over met verschillende methoden van aanleg;
- 5 proeven met bemesting

De 18 demo's met een gezamenlijk oppervlak van 4,9 ha bestonden voornamelijk uit klonendemo's (14 x) en verder uit 2 demonstraties van kapcyclus, 1 wildvraatdemo en 1 demo van menging.

Tabel 2.1. Teeltproeven van het CPV

Code	Opp. (ha)	Aanleg	Soort proef	Plots	Behandelingschema	Herhalingen	Klonen	Plantafstand
D1	0,27	1993	Kapcyclus	36	2 kapcyclus x 6 kloon	3	Populier 5x, wilg 1x	1
D2	0,93	1993	Kapcyclus	54	3 kapcyclus x 6 kloon	3	Populier 5x , wilg 1x	1
D3	0,12	1994	plantafstand	12	4 plantafstand x 1 kloon	3	Wilg 1x	4
D4	0,18	1994	aanlegmethode	12	2 afzetten x 2 kloon	3	Populier 1x, wilg 1x	1
D5	0,12	1994	aanlegmethode	12	2 stekkwiteit x 2 kloon	3	Populier 1x, wilg 1x	1
D6	0,12	1994	plantafstand	12	4 plantafstand x 1 kloon	3	Populier 1x	4
D7	1,35	1994	plantafstand	27	3 plantafstand x 3 kloon	3	Populier 3x	3
D8	0,69	1994	aanlegmethode	12	4 plantsoen x 1kloon	3	Populier 1x	1
D9	0,58	1994	Klonen	28	14 kloon	2	Populier 14x	1
D10	0,81	1994	plantafstand	12	4 plantafstand x 1 kloon	3	Populier 1x	4
D11	0,72	1994	plantafstand	9	3 plantafstand x 1 kloon	3	Populier 1x	3
D12	0,32	1994	Klonen	19	11 kloon	2	Populier 11x	1
D13	1,04	1994	aanlegmethode	18	6 onkruidbestr x 1 kloon	3	Populier 1x	1
S1	0,63	1994	plantafstand	60	4 plantafstand x 5 kloon	3	Populier 4x, wilg 1x	4
S2	0,25	1994	aanlegmethode	24	2 steklengte x 4 kloon	3	Populier 3x, wilg 1x	1
S3	0,36	1994	kapcyclus	24	2 afzetten x 4 kloon	3	Populier 3x, wilg 1x	1
S4	0,25	1994	plantafstand	18	3 plantafstand x 2 kloon	3	Populier 1x, wilg 1x	3
S5	0,72	1994	plantafstand	18	3 plantafstand x 2 kloon	3	Populier 2x	3
S6	1,15	1995	plantafstand	48	4 plantafstand x 4 kloon	3	wilg 4x	4
S7	0,22	1995	Plantafstand	9	3 plantafstand x 1 kloon	3	wilg 1x	3
S8	0,22	1995	Klonen	9	3 kloon	3	Populier 1x, Wilg 2x	1
B1	0,09	1995	Klonen	6	2 kloon	3	Wilg 2x	1
B2	0,18	1995	bemesting	12	4 bemesting x 1 kloon	3	Wilg 1x	1
B3	0,15	1995	bemesting	10	5 bemesting x 1 kloon	2	Populier 1x	1

Tabel 2.1. Teeltproeven van het CPV (vervolg)

Code	Opp. (ha)	Aanleg	Soort proef	Plots	Behandelingschema	Herhalingen	Klonen	Plantafstand
B8	0,02	1997	kapcyclus	9	3 kapcyclus x 1 kloon	3	Wilg 1x	1
F1	0,36	1996	bemesting	12	3 bemesting x 2 kloon	3	Populier 2x	1
F2	0,72	1996	plantafstand	18	2 plantafstand x 3 kloon	3	Populier 3x	2
F5	0,36	1996	plantafstand	24	2 plantafstand x 4 kloon	3	Wilg 4x	2
F6	0,27	1996	bemesting	12	4 bemesting x 1 kloon	3	Wilg 1x	1
F7	0,24	1996	bemesting	9	3 bemesting x 1 kloon	3	Wilg 1x	1
E2	0,14	1996	Plantafstand	4	2 plantafstand x 1 kloon	2	Wilg 1x	2
E6	0,14	1997	Klonen	9	3 kloon	3	Wilg 3x	1
E8	0,14	1997	Klonen	6	2 kloon	3	Wilg 2x	1
E9	0,14	1997	Klonen	9	3 kloon	3	Wilg 3x	1
E11	0,45	1996	Plantafstand	12	2 plantafstand x 2 herk.	3	Robinia 2x	2
E12	0,15	1996	Kapcyclus	9	3 kapcyclus x 1 herkomst	3	Robinia 1x	1

(D= dronten; S = Slootdorp; Z = Zeewolde; B = Boxtel; F = Flakkee; E = Emmen)

Tabel 2.2. Demo's van het CPV

Code	Opp. (ha)	Jaar Aanleg	Soort demo	Plots	Herhalingen	Klonen
D14	0,12	1997	Klonen	6	1	Wilg 6x
Z1	2,50	1996	Klonen	6	1	Populier 6x
Z2	0,33	1996	Klonen	18	1	Populier 18x
B4	0,14	1997	Klonen	18	1	Populier 6x, wilg 12x
B5	0,06	1996	Klonen	4	1	Wilg 4x
B6	0,04	1996	Klonen	2	1	Robinia 2x
F3	0,16	1996	Klonen	8	1	Wilg 8x
F4	0,33	1996	Klonen	12	1	Populier 12x
F8	0,04	1996	Klonen	4	1	Wilg 4x
F9	0,26	1996	Soorten	4	1	Es 2x, Robinia 2x
F10	0,14	1997	Klonen	10	1	Populier 2x, wilg 8x
E1	0,06	1996	Klonen	7	1	Wilg 7x
E4	0,06	1997	Klonen	6	1	Populier 6x
E7	0,06	1997	Klonen	6	1	Populier 6x
E3	0,14	1997	Kapcyclus	9	1	Wilg 1x
D15	0,12	1997	Kapcyclus	3	1	Wilg 3x
E5	0,14	1997	Menging	24	1	Pop. 10x, wilg 14x
SUS	0,25	1996	Wildvraat	21	1	Wilg 21x

(D= Dronten; Z = Zeewolde; B = Boxtel; F = Flakkee; E = Emmen; Sus = Susteren)



Energiebeplantingen kunnen landschappelijk goed worden ingepast

3 Klonen

Waarom klonenproeven? Overzicht van de resultaten. Beschrijving afzonderlijke teeltproeven. Doelstellingen gehaald? Wat weten we nog niet? Samenvattende conclusies.

3.1 Waarom klonenproeven?

De klonenkeuze bepaalt in hoge mate welke biomassaproductie er mogelijk is op een bepaalde groeiplaats, hoe vitaal de bomen zijn (en blijven), welke risico's de beplanting loopt ten aanzien van het optreden van ziekten en plagen, welk plantverband het meest optimaal is, tot welke afmeting de bomen groeien en welke vorm ze dan hebben (wat weer van grote invloed is op de oogstmethode) en of de teelt economisch verantwoord en rendabel is. Praktijkkennis over klonen, plantafstand en oogstcyclus is doorslaggevend voor het optimaliseren van de biomassaproductie in korte omlopen. Als daarbij verkeerde keuzen worden gemaakt dan kan dit een productieverlies opleveren van meer dan 50% ten opzichte van het potentieel mogelijke.

De genetische basis van energiebeplantingen die uit klonen bestaan, is meestal uitermate smal, hetgeen grote teeltrisico's inhoudt. Daarom is het zo belangrijk om over een groot aantal klonen te kunnen beschikken, die aangepast zijn aan de lokale groeiplaatsomstandigheden (bodem, klimaat). Voor biomassaproductie in korte omloopbossen is sinds 1995 in een aantal landen een uitgebreid selectie- en veredelingsprogramma opgezet, met het doel om snelgroeïende, ziekeresistente klonen te selecteren, die goed reageren op periodiek afzetten met behoud van een goede struikvorm, die bij voorkeur

bodemvaag zijn (en dus geschikt voor uiteenlopende groeiplaatsen) en die genetisch zo ver mogelijk uit elkaar liggen om een buffer te kunnen vormen tegen het optreden van ziekten en plagen. Binnen de IEA Bioenergy Task 17 en 30 (Short rotation crops) worden de ervaringen in verschillende landen met de aanplant van klonen afkomstig uit dit selectie- en veredelingsprogramma onderling uitgewisseld. Nederland heeft tot 2000 aan Task 17 daarna aan Task 30 deelgenomen, waarbij SBH als landenvertegenwoordiger fungeerde (zie o.a. Kuiper 1999; Christersson and Kuiper 2002).

Voor een duurzame teelt is het uitgangspunt om niet 'op één paard te wedden' en voldoende variatie aan te brengen door de aanplant van verschillende klonen. Zo'n energiebeplanting gaat immers minstens 20 jaar mee en aan een verkeerde klonenkeuze zit je dan 20 jaar vast. Dat betekent, dat soms ook (verouderde) klonen, die net iets minder productief zijn of een iets minder gewenste vorm hebben, zullen worden aangeplant om maar voldoende (genetische) variatie in de beplanting te krijgen, zelfs al zou dat enigszins ten koste gaan van de maximale biomassa-productie. De mix van oude en nieuwe klonen levert dan minder teeltrisico's op dan wanneer je je zou beperken tot de aanplant van een beperkt aantal zeer productieve klonen.

Praktijkkennis van de juiste kloon op de juiste groeiplaats kan alleen door middel van teeltproeven en praktijkexperimenten worden verkregen. Veldproeven zijn des te urgenter naar mate er zwaarder wordt geleund op het aanbod van klonen die zijn geselecteerd en veredeld voor omstandigheden buiten Nederland, wat voor veel wilgenvariëteiten het geval is (bijvoorbeeld op de markt gebracht door

het Zweeds-Engelse consortium van Sveiloff-Weibull). Het begin van het groeiseizoen kan hier immers net een paar weken eerder of later optreden met het risico van te vroeg uitlopen en vorstschade aan de jonge scheuten, waardoor de bomen een groeiachterstand oplopen of verzwakken, wat vervolgens weer secundaire aantasting teweeg kan brengen. Of de klonen krijgen hier te maken met een periode van zomerdroogte waaraan ze in hun oorsprongsgebied normaal gesproken niet worden blootgesteld. Of de winter valt een paar weken vroeger in, terwijl de bomen nog niet helemaal zijn afgehard, wat ernstige vorstschade kan veroorzaken later in de winter. Ook kunnen bepaalde klonen in hun oorsprongsgebied zeer resistent zijn tegen bijvoorbeeld bladroest, terwijl ze dan in Nederland gevoelig blijken te zijn omdat hier de roestdruk misschien groter is of uit andere roestfysio's bestaat of doordat de plaatselijke weersomstandigheden het uitbreken van bladroest bevorderen. Slechts door langjarige teeltproeven kun je er achter komen welke soorten wel en niet geschikt zijn om in Nederland te worden aangeplant.

Elke keer dat er nieuwe klonen op de markt komen, zouden ze eigenlijk eerst een aantal jaren moeten worden uitgetest op proefvelden. In de praktijk gebeurt dat niet altijd en dat houdt een zeker risico in. Het aanleggen en monitoren van veldproeven is echter een zeer kostbare aangelegenheid, die het CPV dankzij subsidies een aantal jaren heeft kunnen volhouden. Het oorspronkelijke CPV-proefveldprogramma zou volgens de plannen minstens tien jaar duren, maar vanwege geldgebrek moest na zes groeiseizoenen helaas de stekker er uit. Toch heeft het in die zes jaar zeer waardevolle inzichten en resultaten opgeleverd, waar de praktijk nu op kan

voortbouwen. Er zijn voldoende geschikte klonen uit de proefvelden naar voren gekomen, waarmee energiebeplantingen op een verantwoorde wijze kunnen worden aangelegd.

3.2 Overzicht van de resultaten

In 5 teeltproeven en 16 demo's (tabel 3.1 en 3.2) zijn in totaal 33 populierenklonen en 38 wilgenklonen uitgetest. Tabel 3.3 geeft een overzicht welke klonen dit zijn.

Aanvankelijk (1993 en 1994) was het CPV-onderzoek vooral gericht op populier waarbij soms *Salix alba* 'meeliep' als referentie. In de jaren daarna is het accent steeds meer op een onderling vergelijk van wilgenklonen komen te liggen. Daarbij is dankbaar gebruik gemaakt van wilgencollecties van Ben Braster in de Ooijpolder, van Ferdinand de Vos in Eksaarde (België) het Institut für schnellwachsende Baumsorten in Hanover-Münden, van gangbare (ingeburgerde) wilgenklonen uit de Nederlandse griendcultuur en verder van in de handel gebrachte biomassaklonen van Sveiloff-Weibull (Zweden) en Long Ashton (UK). Behalve populieren en wilgen zijn op de proefveldlocaties Boxtel, Emmen en Flakkee twee Hongaarse herkomsten van *Robinia pseudoacacia* ('pusztavacsi' en 'nyirsegi') en op Flakkee tevens twee verschillende essensoorten aangeplant (*F. excelsior* en *F. pensylvania*). Op de locaties Emmen en Flakkee is er tevens een vak *Miscanthus* (olifantsgras) bijgeplant als demonstratie.

Tabel 3.1. Klonenproeven van het CPV

Code	Opp. (ha)	Aanleg	Plots	Behandelingschem a	Klonen	Plant-afstand
S8	0,22	1995	9	3 kloon x 3 herhaling	Pop. 1x, Wilg 2x	1
B1	0,09	1995	6	2 kloon x 3 herhaling	Wilg 2x	1
E6	0,14	1997	9	3 kloon x 3 herhaling	Wilg 3x	1
E8	0,14	1997	6	2 kloon x 3 herhaling	Wilg 2x	1
E9	0,14	1997	9	3 kloon x 3 herhaling	Wilg 3x	1

(D= dronten; S = Slootdorp; B = Boxtel; E = Emmen)

Tabel 3.2. Klonendemo's van het CPV (aangelegd zonder herhaling)

Code	Opp. (ha)	Aanleg	Plots	Klonen	Plant-afstand
D9	0,58	1994	28	Populier 14x	1
D12	0,32	1994	19	Populier 11x	1
Z1	2,50	1996	6	Populier 6x	1
Z2	0,33	1996	18	Populier 18x	1
B4	0,14	1997	18	Populier 6x, wilg 12x	1
B5	0,06	1996	4	Wilg 4x	1
B6	0,04	1996	2	Robinia 2x	1
F3	0,16	1996	8	Wilg 8x	1
F4	0,33	1996	12	Populier 12x	1
F8	0,04	1996	4	Wilg 4x	1
F9	0,26	1996	4	Es 2x, Robinia 2x	1
F10	0,14	1997	10	Populier 2x, wilg 8x	1
E1	0,06	1996	7	Wilg 7x	1
E4	0,06	1997	6	Populier 6x	1
E7	0,06	1997	6	Populier 6x	1
totaal	5,08		152		

(D= Dronten; Z = Zeewolde; B = Boxtel; F = Flakkee; E = Emmen)

Tabel 3.3. Uitgeteste populieren- en wilgenklonen in de CPV proeven en demo's

Code		Populierenklonen	Wilgenklonen
S8	Proef	Koster	S. alba Het Goor, Belders
B1	Proef		S. vim. Orm, S. vim.95001
E6	Proef		S. triandra Black Spaniard, S. triandra Gravance nantois, S. triandra Zwarte driebast.
E8	Proef		S. schwerinii x viminalis Bjorn and Tora
E9	Proef		S. Jorr, Jorunn, Loden
D9	Demo	Oxford, Blom, Barn, Donk, Boelare, Beaupré, 69.038/6, 69.039/4, 71.009/1, 71.009/2, 71.015/1, 76.004/10, 70.045/1, 71.085/1	
D12	Demo	Robusta, Agathe F, Florence biondi, Hees, Ellert, Koster, Ghoy, Gaver, Primo, S681.84, S681.24	
Z2	Demo	Agathe F, Robusta, Donk, Beaupré, Hees, Ghoy, Koster, Barn, Spijk, Florence biondi, Ellert	
B4	Demo	Vereecken, Brandaris, Dorschkamp, Spijk, Suwon,	S. dasyclados 57/57, S. viminalis Carmen, S. viminalis Zieverich, S. viminalis Bfh, S. molissima Deventer rood, S. dasyclados Duitse dot 1 en 2, S. triandra Grixette de falaise, S. viminalis Jorunn, S. Viminalis Jorr, S. Bjorn, S. Tora.

Code		Populierenklonen	Wilgenklonen
B5	Demo		S. vim. Groenlandensis, S. triandra Zwarte driebast, S. x mollissima Deventer rood, S. vim. Gravange nantois
F3	Demo		S. rubens Bouton aigu, S. vim. Groenlandensis, S. vim. Orm, S. vim. Ulv, S. vim. Rapp, S. vim. Gravange nantois, S. alba Het Goor, S. alba Lieveelde
F4	Demo	Agathe F, Spijk, Florence biondi, Barn, Beaupré, Gaver, S681-84, S681-24, Hybride 275, 20/85(7), D Jac 4.	
F8	Demo		S. dasyclados 57/57, S. vim. Zieverich, S. vim. Carmen, S. vim. BFH
F10	Demo	P. nigra Vereecken, P. nigra Brandaris,	S. schwerinii x viminalis Bjorn, S. schwerinii x viminalis Tora, S. viminalis Jorr, S. viminalis Jorunn, S. viminalis rapp, S. dasyclados Duitse dot 1, S. dasyclados Duitse dot 2, S. viminalis Ool 2.
E1	Demo		S. alba Belders, S. x smithiana Romarain, S. vim. Rapp, S. vim. Ulv, S. x mollissima Deventer rood, S. triandra 95010, S. triandra Black hollander, S. fragilis Belgisch rood, S. vim. Gravange Nantois
E4	Demo	Robusta, Dorskamp, Florence biondi, Brandaris, Suwon, Vereecken	
E7	Demo	Donk, Koster, Hees, Ellert, Beaupre, Spijk	
SUS	Demo		S. vim. Groenlandensis, Duitse dot 2, Belgisch groen, Amerikaan, Belgisch rood, Bjorn, Rhoon, Ool2, Belders, Duitse dot 1, Waardenburg, Platanoides, Rhomer, rapp, Frans geel, Tortuosa, Gravange nantois, Deventer rood, Zwarte driebast, Orm



De meeste wilgenklonen lopen na het afzetten opnieuw uit met een groot aantal scheuten

3.3 Beschrijving afzonderlijke teeltproeven

PROEF S8

Proefbeschrijving

Proef S8 had tot doel om voor twee wilgenklonen en een populierenkloon te onderzoeken of er verschillen in biomassa-productie bestaan bij een vierjarige omloop, gedurende twee kapcycli. De proef is in 1995 aangelegd en in 1999 beëindigd, zodat er alleen maar over de eerste vierjarige kapcyclus jaarlijkse meetcijfers beschikbaar zijn.

Proefopzet

De proef bestaat uit 3 behandelingen (verschillende klonen) in 3 herhalingen, dus 9 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 15 x 16 m en bestaat uit 160 planten met een onderlinge plantafstand van 1 x 1,5 m. De totale proef is 0,22 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst. De proef was tevens bedoeld om de groei van de klonen te kunnen vergelijken met soortgelijke proeven in Slootdorp en Dronten die in 1993 en 1994 waren aangelegd.

Resultaten

Na één groeiseizoen had de wilg 'Het Goor' een significant hogere productie dan populier 'Koster'. Tussen de wilgen 'Het Goor' en 'Belders' was er geen verschil. Na het tweede groeiseizoen was er geen aantoonbaar verschil meer tussen de soorten. Ook na vier groeiseizoenen waren er geen statistische verschillen in productieniveau tussen de klonen, ondanks het feit dat 'Het Goor' zoveel beter is gegroeid (gem. productie 7,2 odt/ha/j) ten opzichte van 'Belders' met 5,1 odt/ha/j en Koster met 4,8 odt/ha/j.

PROEF B1

Proefbeschrijving

Proef B1 had tot doel om te onderzoeken of er tussen twee wilgenklonen verschillen in biomassa-productie bestaan bij een vierjarige omloop. De proef is in 1995 aangelegd en in 1998 beëindigd. Alleen in het tweede jaar na aanleg zijn er metingen verricht.

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (verschillende klonen) in 3 herhalingen, dus uit 6 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 10 x 15 m en bestaat uit 150 planten met een onderlinge plantafstand van 1 x 1 m. De totale proef is 0,09 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

De Zweedse wilgenkloon 'Orm' produceerde het eerste groeiseizoen 3,4 ton droge stof per ha, terwijl de aanwas in het tweede jaar al 14 ton/ha was. De Belgische wilgenkloon '95001' zat aan het einde van het eerste jaar op 2,6 ton droge stof en in het tweede jaar was de aanwas 7,5 ton/ha/jr/. Dit toont aan dat de onderzochte wilgenklonen in het jaar van aanplant vrij traag op gang komen. In zijn algemeenheid is bij korte omloop bossen het eerste groeiseizoen een soort aanloopjaar (Conclusie 1). Er is wat voor te zeggen om het aanloopjaar voor de berekening van gemiddelde productiecijfers buiten beschouwing te gelaten.

Na twee groeiseizoenen is er een significant verschil in biomassaproductie tussen de Zweedse kloon 'Orm' en de Belgische kloon '95001'. Het verschil in productie wordt geschat op 6,5 ton droge stof per ha, oftewel 3,7 ton/ha/jr.

PROEF E6

Proefbeschrijving

Proef E6 was bedoeld om de biomassaproductie te vergelijken van drie traditionele snijgriendwilgen (*Salix triandra*). De proef is in 1997 aangelegd en in 2001 beëindigd. In januari 1999 en in januari 2001 zijn er metingen verricht. De beplanting had toen 2 respectievelijk 4 groeiseizoenen achter de rug.

Proefopzet

De proef bestaat uit 3 behandelingen (verschillende klonen) in 3 herhalingen, dus uit 9 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 10 x 15 m en bestaat uit 200 planten met een onderlinge plantafstand van 0,5 x 1,5 m. De totale proef is 0,14 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Twee jaar na aanleg was de biomassa-productie 10 ton droge stof/ha, oftewel een gemiddelde van 5 ton/ha/jaar. Ook hier was er sprake van een traag op gang komen van de productie in het eerste jaar en een veel grotere productie in het tweede groeiseizoen. Eén kloon ('Gravange nantois') was inmiddels vrijwel geheel dood gegaan. Tussen de overgebleven twee triandra-klonen ('Black spaniard' en 'Zwarte driebast') was er een verschil in productie van 4 ton/ha (na 2 jaar).

Na het vierde jaar was de gemiddelde biomassa-productie opgelopen tot 9,6 odt/ha/jr, maar waren er geen significantie verschillen meer tussen de twee overgebleven klonen. In totaal stond er op dat potentiële oogstmoment 38 ton droge stof per ha, wat voor wilgen op een relatief arme groeiplaats beslist redelijk genoemd mag worden (mede gezien de geringe productie in het eerste aanloopjaar).

PROEF E8

Proefbeschrijving

Doel van proef E8 was om de biomassaproductie tussen twee nieuwe Zweedse wilgenklonen 'Björn' en 'Tora' onderling te vergelijken. De proef is in 1997 aangelegd en in 2001 beëindigd. Er zijn veldmetingen verricht na het tweede (in januari 1999) en vierde groeiseizoen (in januari 2001).

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (verschillende klonen) in 3 herhalingen, dus uit 6 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 15 x 15 m en bestaat uit 150 planten met een onderlinge plantafstand van 1 x 1,5 m. De totale proef is 0,14 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na twee groeiseizoenen varieerde de totale hoeveelheid biomassa tussen de 4,5 en 5,5 ton/ha, oftewel een gemiddelde productie van nog geen 2,5 ton/ha/jr. Deze klonen hebben dus een zeer langzame start gemaakt. Na het vierde groeiseizoen stond er echter in totaal 42,5 ton droge stof per ha, wat neer komt op een gemiddelde productie van 10,6 odt/ha/jr. Tussen de klonen 'Björn' en 'Tora' kon geen verschil worden aangetoond; beiden groeiden ongeveer even snel.

PROEF E9

Proefbeschrijving

Doel van proef E9 was om de biomassaproductie tussen drie andere nieuwe Zweedse wilgenklonen 'Jorr', 'Jorunn', en 'Loden' onderling te vergelijken. De proef is in 1997 aangelegd en in 2001 beëindigd. Er zijn veldmetingen verricht na het tweede en vierde groeiseizoen.

Proefopzet

De proef bestaat uit 3 behandelingen (verschillende klonen) in 3 herhalingen, dus uit 9 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 10 x 15 m en bestaat uit 100 planten met een onderlinge plantafstand van 1 x 1,5 m. De totale proef is 0,14 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na twee groeiseizoenen bedroeg de totale hoeveelheid biomassa gemiddeld 4,1 ton droge stof per ha, oftewel een gemiddelde productie van 2 ton/ha/jr. Ook deze Zweedse klonen hebben dus een zeer trage start gemaakt. Na het vierde groeiseizoen stond er in totaal 30,5 ton droge stof per ha, wat neer komt op een gemiddelde productie van 7,3 odt/ha/jr. Tussen de klonen kon een significant verschil in productie worden aangetoond, met een betrouwbaarheid van 1%: de gemiddelde jaarlijkse aanwas van 'Jorunn' was duidelijk minder (met 5,8 odt/ha/jr) dan van beide andere klonen, die rond de 8,5 odt/ha/jr uitkwamen.

Meervoudige proeven D1, D2, D4, D5, D7, S1, S2, S3, S4, S5, S6, F1, F2, F5

In deze meervoudige proeven is de factor 'kloon' getoetst samen met andere behandelingswijzen zoals de lengte van de kapcyclus, plantafstand, stek kwaliteit en bemesting. De proefopzet is zodanig gekozen dat de effecten van behandelingen onafhankelijk van elkaar zijn (geen significante interactie te verwachten). Dan geven deze proeven tevens inzicht in de eventuele verschillen in biomassa-productie tussen de klonen. Tabel 3.4 vat de productieresultaten samen. Slechts bij twee proeven (S4 en F2) waren er geen significante verschillen in biomassa-productie; bij 12 proeven was dit overtuigend wèl het geval.

Tabel 3.4. Samenvatting van de gemiddelde biomassa-productie en gemiddelde jaarlijkse energieopbrengst per ha (GJ/ha) van diverse klonen in de meervoudige proeven D1, D2, D4, D5, D7, S1, S2, S3, S4, S5, S6, F1, F2, F5.

Proef	Meet- periode (jr)	Klonen	Productie (odt/ha/j)	Energie- opbrengst
D1	6	Het Goor	14,6	263 GJ/ha
		Dorskamp	14,1	254
		Spijk	11,3	203
		Donk	8,5	153
		Robusta	7,4	133
		Barn	6,3	113
D2	6	Het Goor	10,6	191
		Dorskamp	9,5	171
		Robusta	4,9	88
		Barn	4,9	88
D4	5	Belders	9,4	169
		Spijk	7,0	126
D5	3	Belders	6,8	122
		Barn	4,0	72
D7	5	Beaupré	8,4	151
		Spijk	5,6	101
		Barn	4,0	72

Proef	Meet- periode (jr)	Klonen	Productie (odt/ha/j)	Energie- opbrengst
S1	5	Hees	8,0	144
		Ellert	7,6	137
		Belders	6,6	119
		Spijk	6,0	108
		Koster	5,1	90
S2	5	Beaupré	9,7	175
		Hees	8,9	160
		Belders	7,2	130
		Ghoy	6,2	108
S3	5	Dorskamp	9,4	169
		Flevo	8,7	157
		Spijk	7,9	142
		Belders	7,5	135
S4	5 (n.s.)	Belders	9,8	176
		Spijk	8,7	157
S5	5	Spijk	6,4	115
		Ellert	5,2	94
S6	5	95011 triandra	7,6	137
		Orm	7,4	133
		Belders	6,9	124
		95001 vimin.	6,5	117
F1	3	Ellert	10,4	187
		Hees	8,9	160
F2	3	Koster	8,3	149
		Donk	7,7	139
		Ghoy	6,4	115
F5	3	Zw. driebast	16,6	299
		Belders	9,7	175
		Groenland.	7,5	135
		Molissima	5,5	99

Tabel 3.5. Top-tien van de meest productieve klonen

Rang nr.	Klonen	Productie (odt/ha/j)	Energie-opbrengst GJ/ha	Proef	Meet-periode (jr)
1	Zw. driebast	16,6	299	F5	3
2	Het Goor	14,6	263	D1	6
3	Dorskamp	14,1	254	D1	6
4	Spijk	11,3	203	D1	6
5	Het Goor	10,6	191	D2	6
6	Ellert	10,4	187	F1	3
7	Belders	9,8	176	S4	5
8	Beaupré	9,7	175	S2	5
9	Belders	9,7	175	F5	3
10	Dorskamp	9,5	171	D2	6

3.4 Doelstellingen gehaald?

De afzonderlijke proeven laten over het algemeen significante verschillen zien in biomassaproductie tussen klonen en dus in de gemiddelde jaarlijkse energieopbrengst per ha (Conclusie 2). In sommige gevallen is een aanvankelijk verschil in productiviteit na enkele jaren echter niet meer meetbaar. Je kunt dan hoogstens daaruit opmaken dat sommige klonen een iets snellere jeugdgroei hebben dan andere en dat kan in geval van een grote onkruiddruk een groot voordeel zijn. Bij de meervoudige proeven was het opvallend hoe sterk de productie uiteenloopt: van gemiddeld ruim 15 tot minder dan 4 ton droge stof per ha per jaar, overeenkomend met verschillen in gemiddelde energie-opbrengst die kunnen variëren van 270 tot 72 GJ/ha. Het is dus bepaald niet zo dat onder Nederlandse

omstandigheden altijd wel een gemiddelde biomassa-productie van 10 ton/ha/jr gehaald wordt (Conclusie 3). Per proef kwamen er soms productiever verschillen van 7 ton/ha/jr voor, of te wel 126 GJ/ha (proef D1). De meest productieve soorten waren bij de wilgen: Zwarte driebast, Het Goor en Belders en bij de populieren: Dorskamp, Ellert, en Beaupré (tabel 3.5). Er waren maar weinig klonen die altijd goed scoren (vb. Het Goor). De aanplant van een bepaalde kloon biedt dus beslist geen zekerheid dat er hoge producties zullen worden gehaald (Conclusie 4).

Uit beide typen proeven blijkt dat een zorgvuldige klonenkeuze een belangrijk middel lijkt te zijn om de biomassa-productie en daarmee de energie-opbrengst te kunnen optimaliseren (Conclusie 5).

Verantwoorde uitspraken in kwantitatieve zin kun je echter alleen maar doen wanneer het een aantal klonen betreft die in hetzelfde jaar zijn aangeplant, op dezelfde groeiplaats, met dezelfde terreinvoorbereiding en hetzelfde onderhoud in het eerste jaar.

Een voorbeeld hiervan zijn de klonenproeven E6, E8 en E9 in Emmen. Een onderling vergelijk tussen deze proeven maakt het mogelijk om op grond van voorlopige cijfers (gemeten over slechts één kapcyclus van 4 jaar) een rangorde aan te brengen van meest productieve naar de minst productieve klonen (tabel 3.6). Ter vergelijking staat in onderstaande tabel ook de gemiddelde jaarlijkse aanwas van Robinia in proef E11 vermeld. Er is een hardnekkig terugkerend misverstand dat deze soort geschikt zou zijn voor biomassateelt in korte omlopen, maar de meetcijfers in proefveld Emmen, wijzen eerder naar het tegendeel: hier heeft Robinia bij een vergelijkbare dichte stand van 1 x 1,5 m een gemiddelde biomassa-productie van slechts 3,4 ton/ha/jr

(Conclusie 6). Het is overigens de eerste keer dat hier in Nederland een energiebeplanting met Robinia gemeten is.

Tabel 3.6. Gemiddelde productie en gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst per ha van een aantal wilgenklonen in Proefveld Emmen, gemeten over een periode van 4 jaar

Soorten/Klonen	Gem.productie (odt/ha/jr)	Energie-opbr. (GJ/ha)
Tora	10,7	193
Bjorn	10,6	191
Zwarte driebast	9,7	175
Black spaniard	9,5	171
Loden	8,8	158
Jorr	8,3	149
Jorrun	5,8	104
<i>Robinia</i>	<i>3,4</i>	<i>61</i>

3.5 Wat weten we nog niet?

Meetcijfers over een beperkt aantal jaren geven weliswaar een indicatie dat er verschillen zijn in biomassaproductie die uitsluitend tot de factor 'kloon' terug te voeren zijn, maar niemand weet nog hoe diezelfde klonen zich gedragen na 3, 4 of 5 achtereenvolgende kapcycli. Het kan heel goed zijn dat zeer productieve klonen, die er in de eerste kapcyclus duidelijk uitspringen, in een later stadium zich minder krachtig zullen herstellen na herhaalde kap. Ook kunnen er in de loop van het bestaan van zo'n energiebeplanting verschuivingen optreden in de mate van roestgevoeligheid van de verschillende

klonen. Een snelgroeïende en weinig gevoelige kloon kan dan opeens in rangorde zakken. Om deze teeltrisico's met enige betrouwbaarheid te kunnen inschatten is veldonderzoek met een groot aantal klonen over meerdere kapcycli nodig (Conclusie 7). Voor dergelijk (duur) onderzoek bestaat op dit moment echter weinig draagvlak.

Ook zou het wenselijk zijn om nieuwe klonen die pas op de markt verschenen zijn, of waarvan aannemelijk is dat ze de komende jaren op de markt zullen verschijnen, op een aantal locaties in Nederland uit te testen alvorens ze op grote schaal worden toegepast.

Tot slot is het uitermate belangrijk om ergens in Nederland (en bij voorkeur op meerdere locaties) een klonenverzameling in stand te houden, waar in de toekomst op teruggevallen kan worden. Er bestaan gelukkig (nog) enkele wilgencollecties uit de griendcultuur, maar hun voortbestaan is uitermate onzeker. Als die collecties verloren gaan, dan zullen we weer helemaal opnieuw moeten beginnen. Ook voor de landschappelijke aankleding zijn dergelijke wilgencollecties uitermate belangrijk omdat de meeste van die wilgen zich in de praktijk hebben bewezen aangepast te zijn aan ons klimaat en onze bodemomstandigheden.

3.6 Samenvattende conclusies

- 1. Het eerste groeiseizoen is als een soort aanloopjaar op te vatten, omdat wilgenklonen in het jaar van aanplant vrij traag op gang komen en slechts zeer weinig biomassa produceren.*
- 2. De teeltproeven laten over het algemeen significante verschillen zien in biomassaproductie tussen klonen en dus in de gemiddelde jaarlijkse energieopbrengst per ha.*
- 3. Onder Nederlandse omstandigheden wordt lang niet altijd een gemiddelde biomassaproductie van 10 ton/ha/jr gehaald, overeenkomend met een energie-opbrengst van 180 GJ/ha.*
- 4. De aanplant van een als productief bekend staande kloon biedt geen zekerheid dat er hoge producties zullen worden gehaald.*
- 5. Een zorgvuldige klonenkeuze is een belangrijk middel om de biomassaproductie en daarmee de gemiddelde energieopbrengst per ha te kunnen optimaliseren.*
- 6. Meetcijfers in proefveld Emmen wijzen er op dat Robinia een veel geringere productie heeft dan populier of wilg en is daardoor eigenlijk niet geschikt is voor biomassateelt in korte omlopen.*
- 7. Om de risico's van energieteelt met enige betrouwbaarheid te kunnen inschatten, is veldonderzoek met een groot aantal klonen over meerdere kapcycli nodig.*



Kijkje binnenin een energiebeplanting

4 Plantafstand

Waarom proeven met plantafstand? Overzicht van de resultaten. Beschrijving afzonderlijke teeltproeven. Doelstellingen gehaald? Wat weten we nog niet? Samenvattende conclusies.

4.1 Waarom proeven met plantafstand?

In de traditionele snijgriencultuur worden zeer nauwe plantverbanden aangehouden waarbij er 60.000 tot zelfs wel 100.000 wilgen per ha staan. Zulke enorm hoge plantaantallen zijn nodig om lange, flexibele wilgentenen te verkrijgen met zo min mogelijk zijtakjes en om een hoge productie per ha te kunnen realiseren in een één- of tweejarige kapcyclus. Meestal wordt er daarbij intensief gespoten tegen onkruid en tegen insecten en intensief bemest. Voor energieteelt is meestal een minder intensieve cultuur vereist. Hier is het de bedoeling een optimale biomassaproductie te krijgen tegen zo min mogelijk kosten. In de praktijk komt het erop neer dat er gemiddeld tussen 10.000 en 20.000 wilgen per ha worden aangeplant.

Behalve de kwaliteit van de groeiplaats is ook de lengte van de kapcyclus en de betreffende oogstmachine bepalend hoeveel wilgen per ha gewenst zijn. Hoe gunstiger de groeiplaatsomstandigheden, hoe minder wilgen er hoeven te worden aangeplant en hoe langer de kapcyclus, hoe groter de onderlinge plantafstand kan zijn. De oogstmachine bepaalt welke dikte van de stammetjes nog mechanisch geogst kunnen worden en de dikte van de stammetjes op het oogstmoment is direct afhankelijk van het aantal wilgen/ha. Hoe

minder je er plant, hoe meer groeiruimte de individuele planten krijgen en des te sneller zullen ze dik worden. Tot een bepaalde diameter is er niks aan de hand, maar boven een bepaalde diameter kan de oogstmachine ze niet meer aan. Ook de betreffende wilgenvariëteit is van invloed op de diktegroei: sommige soorten maken veel dunnen scheuten, terwijl andere soorten juist weinig dikke scheuten produceren.

De onkruidsituatie bij de aanleg kan eveneens van invloed zijn op de gewenste plantaantallen: hoe meer last van onkruid er te verwachten is, hoe meer wilgen per ha nodig zullen zijn om het eerste groeiseizoen door te komen, zonder extreme kosten te hoeven maken voor onkruidbestrijding. Daar staat tegenover dat de kosten van aanleg direct afhankelijk zijn van het aantal stekken dat wordt aangeplant. Elk stekje kost ongeveer 10 eurocent en daar komen nog een paar centen bij voor het aanplanten zelf. Bij energieteelt gaat het erom de kosten van aanleg zo laag mogelijk te houden, anders kan het bedrijfs-economisch niet uit.

Het is daarom uitermate belangrijk om zicht te krijgen op de range van plantafstanden waarbij enerzijds de kosten acceptabel zijn en anderzijds de biomassa-productie op een aanvaardbaar (hoog) niveau is en blijft. Ervaringen in het buitenland geven een indicatie, maar zijn niet maatgevend voor het bepalen van de juiste plantafstanden, omdat de groeiplaatsomstandigheden vaak afwijken van de Nederlandse situatie.

Het is verstandig om al bij de terreininrichting ermee rekening te houden welke plantmachine en welke oogstmachine zal worden ingezet. Zweedse stepplanters die een dubbele rij wilgen tegelijk aanplanten, zijn zo'n beetje de internationale standaard geworden. Dat is de reden dat de meeste energiebeplantingen worden aangelegd met het Zweedse plantverband met dubbele rijen op 75 cm uit elkaar en dan een tussenruimte van 1.5 m tot aan de volgende dubbele rij. De plantafstanden in de dubbele rijen kunnen daarbij overigens variëren. Er bestaan overigens moderne oogstmachines, zoals de Zweedse 'Bender', die rij-onafhankelijk kunnen oogsten. Die kunnen dus in alle mogelijke plantverbanden worden ingezet.

Eerdere ervaringen in proefvelden met korte omloopbos van populier in Nederland door Stichting Bos en Hout in de zeventiger jaren lieten zien dat een plantafstand van 2 x 2 m en een 7 of 8 jarige kapcyclus hoge bijgroecijfers opleveren van gemiddeld 10 ton droge stof per ha per jaar. Op die leeftijd hebben de bomen echter al forse afmetingen en moeten derhalve individueel geoogst worden, wat de oogst erg duur maakt. Bovendien is de hergroei van dergelijke grote bomen vaak problematisch zodat de opstanden niet in een periodiek hakhout-beheer kunnen worden genomen. Opnieuw aanplanten is dan vaak een beter alternatief, maar dat is een kostbare aangelegenheid. Energieteelt in zeer korte omlopen gaat uit van een drie- of vierjarige kapcyclus en de bijbehorende plantafstanden zijn dan veel kleiner. Onderzoek van het bosbouwkundig onderzoeksinstituut "De Dorschkamp" in de jaren tachtig gaven aan dat een onderlinge plantafstand van 1 x 1 m voor populieren heel geschikt is. Zou je de bomen nog dichter planten, dan is een relatief grote mortaliteit te

verwachten. Beide onderzoeken hebben zich in eerste instantie op de populier gericht en het was nog onbekend hoe de wilg zich zou gedragen.

Ter indicatie: voor de aanleg van regulier bos wordt meestal een plantafstand van 1 x 1,5 m aangehouden (6700 stuks/ha), of 1,5 x 1,5 m (4360 stuks/ha). Voor lichtbehoefte boomsoorten aangeplant op goede grond wordt soms een plantafstand van 2 x 2 m aangehouden (2500 stuks per ha). Deze bosaanplant geschiedt dan evenwel niet met stekken maar met beworteld plantsoen, waardoor ze een wat snellere start kunnen maken en het onkruid eerder de baas zijn.

4.2 Overzicht van de resultaten

In 10 teeltproeven met een gezamenlijk oppervlak van 5,8 ha zijn door het CPV 12 verschillende plantafstanden uitgetest, die variëerden van 2 x 2,5 m tot 0,4 x 1,5 m, overeenkomend met een range in plantaantallen van 2000 tot bijna 20.000 stuks/ha (tabel 4.1).

Tabel 4.1. CPV-proeven met verschillende plantafstanden

Code	Opp. (ha)	Aanleg	Plots	Behandelingschema	Klonen	Plantafstand
D3	0,12	1994	12	1 (kloon) x 4 (afstand); 3 herhalingen	Salix alba 'Belders'	1.5 x 0.5 m 1.5 x 0.7 m 1.5 x 1.0 m 1.5 x 1.5 m
D6	0,12	1994	12	1 (kloon) x 4 (afstand); 3 herhalingen	Pop. Beaupré	1.5 x 0.5 m 1.5 x 0.7 m 1.5 x 1.0 m 1.5 x 1.5 m
D7	1,35	1994	27	3 (kloon) x 3 (afstand) ; 3 herhalingen	Spijk, Barn, Beaupré	2.0 x 1.5 m 2.0 x 2.0 m 2.0 x 2.5 m
S1	0,63	1994	60	5 (kloon) x 4 (afstand); 3 herhalingen	Koster, Hees, Ellert, Spijk, Salix alba Belders	1.5 x 0.5 m 1.5 x 0.7 m 1.5 x 1.0 m 1.5 x 1.5 m
S4	0,25	1994	18	2 (kloon) x 3 (afstand); 3 herhalingen	Spijk, Salix alba Belders	1.5 x 0.45 m 1.5 x 0.6 m 1.5 x 0.75 m

Code	Opp. (ha)	Aanleg	Plots	Behandelingschema	Klonen	Plantafstand
S5	0,72	1994	18	2 (kloon) x 3 (afstand) via het Zweedse systeem; 3 herhalingen	Spijk, Ellert	2.0 x 1.5 m 2.0 x 2.0 m 2.0 x 2.5 m
S6	1,15	1995	48	4 (kloon) x 4 (afstand); 3 herhalingen	Salix alba Belders, Salix vim Orm, Salix triandra 95011, Salix vim. 95001	1.5 x 0.5 m 1.5 x 0.6 m 1.5 x 0.7 m 1.5 x 0.9 m
S7	0,22	1995	9	1 (kloon) x 3 (afstand); 3 herhalingen	Salix alba Belders	1.5 x 0.5 m 1.5 x 0.7 m 1.5 x 1.0 m
F2	0,72	1996	18	3 (kloon) x 2 (afstand); 3 herhalingen	Koster, Donk, Ghoy	1.5 x 1.0 m 1.5 x 2.0 m
F5	0,36	1996	24	4 (kloon) x 2 (afstand); 3 herhalingen	Salix vim. Groenlandensis, Salix alba Belders, Salix triandra Zwarte driebast, Salix x mollissima Deventer rood	1.5 x 1.0 m 1.0 x 1.0 m

(D= Dronten; S = Slotdorp; F = Flakkee)

4.3 Beschrijving afzonderlijke teeltproeven

PROEF D3

Proefbeschrijving

Doel van proef D3 was om te onderzoeken of er aantoonbare verschillen zijn in biomassa-productie bij verschillende plantafstanden en verschillende kapcyclus (mede afhankelijk van de plantafstand). De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 4 behandelingen (verschillende plantafstanden) in 3 herhalingen, dus 12 vakken. De plantafstanden varieerden van 0,5 x 1,5 m tot 1,5 x 1,5 m, corresponderend met plantaantallen van 4450 tot 13.300 stuks per ha. De kapcycli waren 3, 4, 4 en 5 jaar respectievelijk. De proef was 0,12 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste groeiseizoen was er geen significant effect van de plantafstand op de biomassa-productie van de wilg Belders. Na het tweede en het derde groeiseizoen kon er evenmin een significant effect worden aangetoond. Na 5 groeiseizoenen idem dito: geen significante verschillen in productie tussen de plantafstanden. Bovendien is er ook

nog een bijkomend effect van variabele kapcycli, wat de proef niet goed bruikbaar maakt om het effect van plantafstand aan te kunnen tonen.

PROEF D6

Proefbeschrijving

Doel van proef D6 was om te onderzoeken of er aantoonbare verschillen zijn in biomassa-productie bij verschillende plantafstanden en verschillende kapcyclus (mede afhankelijk van de plantafstand). Een afgeleid doel was om de resultaten te vergelijken met proef D3, die precies hetzelfde is opgezet maar met een andere boomsoort. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 4 behandelingen (verschillende plantafstanden) in 3 herhalingen, dus 12 vakken. De plantafstanden varieerden van 0,5 x 1,5 m tot 1,5 x 1,5 m, corresponderend met plantaantallen van 4450 tot 13.300 stuks per ha. De kapcycli waren 3, 4, 4 en 5 jaar respectievelijk. De proef was 0,12 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste groeiseizoen was er een significant effect van de plantafstand op de biomassaproductie van de populier 'Beaupré': bij de kleinste plantafstand was de biomassaproductie het hoogst. Ook na het tweede en het derde groeiseizoen kon er een significant effect worden aangetoond: bij de kleinste plantafstand zijn de totale productie en de gemiddelde bijgroei significant hoger dan bij de twee grootste plantafstanden. Na vijf groeiseizoenen idem dito: er is statistisch bewijs dat er verschil is in de productie tussen de plantafstanden. Echter, is er het bijkomend effect van variabele kapcycli, wat het lastig maakt om het effect van plantafstand te kunnen kwantificeren. Na elke kap is er immers een tijdelijke terugval in biomassaproductie, en die kap vindt op verschillende leeftijden plaats, waardoor de resultaten onderling niet goed te vergelijken zijn. De ruimste plantafstand heeft gemiddeld over 5 jaar de hoogste productie, maar dat kan dus komen omdat de beplanting niet is gekapt, in tegenstelling tot de andere behandelingen. Verschillen met proef D4 (*Salix alba* 'Belders') waren na 5 jaar niet aantoonbaar.

PROEF D7

Proefbeschrijving

Doel van proef D7 was om de optimale plantafstand voor de productie van vezelhout te onderzoeken van populier in een 7 jarige omloop bij wezenlijk grotere plantafstanden dan bij proef D6. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 voortijdig beëindigd. De meetcijfers hebben betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 3 behandelingen (verschillende plantafstanden) met 3 klonen in 3 herhalingen, dus 27 vakken. De plantafstanden varieerden van 1,5 x 2 m, 2 x 2 m tot 2,5 x 2 m, corresponderend met plantaantallen van respectievelijk 3300, 2500 tot 2000 stuks per ha. De proef besloeg een oppervlakte van 1,35 ha. De vakken waren 20 bij 20 m en zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden en klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

De resultaten na één groeiseizoen gaven aan dat de factor plantafstand een significant effect heeft op het productieniveau van de onderzochte populierenklonen: bij de kleinste plantafstand was de productie het hoogst. Onderlinge verschillen tussen de klonen konden (nog) niet worden aangetoond. Tussentijdse resultaten na het tweede en derde groeiseizoen bevestigen dat de plantafstand een effect heeft op de productie: bij de kleinste plantafstand is de biomassa-productie significant hoger. Er werd geen interactie geconstateerd tussen plantafstand en kloon: voor alle klonen is het effect van plantafstand op de productie kennelijk min of meer hetzelfde. Na het vijfde groeiseizoen bleek dat de grootste plantafstand (2 x 2,5 m) duidelijk minder productief was (gemiddeld 4 odt/ha/j) dan de plantafstand 2 x 2 m (gemiddeld 5,9 ton/ha/j) en 1,5 x 2 m (gemiddeld 18,1 ton/ha/j). Het effect was significant bij een 95% betrouwbaarheidsinterval.

PROEF S1

Proefbeschrijving

Proef S1 had tot doel om voor vier populierenklonen en één wilgenkloon te onderzoeken of er verschillen in biomassa-productie bestaan bij vier verschillende plantafstanden. Helaas is ook hier een variabele kapcyclus toegepast van 3 tot 5 jaar, hetgeen de analyse en interpretatie van de resultaten niet gemakkelijk maakt. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De resultaten hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 4 behandelingen (verschillende plantafstanden) met 5 klonen in 3 herhalingen, dus 60 vakken. De plantafstanden variëerden van 0,5 x 1,5 m, 0,75 x 1,5 m, 1 x 1,5 m tot 1,5 x 1,5 m corresponderend met plantaantallen van respectievelijk 13.300, 8900, 6700 tot 4450 stuks per ha. De proef besloeg een oppervlakte van 0,63 ha. De vakken waren verschillend van grootte en bevatten 70 of 91 planten. Ze zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden en klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden en klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na één groeiseizoen bleek er een zeer significant effect te zijn van de plantafstand op de biomassa-productie (99% betrouwbaarheidsniveau). Ook waren er duidelijke verschillen tussen de klonen, waarbij de wilg 'Belders' de grootste productie had. Het kloneneffect was het

duidelijkst bij de kleinste plantafstand van 0,5 x 1,5 m. Na het tweede groeiseizoen heeft de plantafstand bij de populieren nog een duidelijk effect op de productie, maar bij de wilg 'Belders' was er geen effect meer aantoonbaar. Dit suggereert dat het niet persé nodig is om van 'Belders' een groot aantal stekken per ha te planten. Ook met minder stekken is de biomassaproductie na het tweede jaar vrijwel even hoog. Na het derde groeiseizoen heeft de plantafstand bij alle klonen een effect op de productie. Het verschil is duidelijker dan na het tweede groeiseizoen. Na het vijfde groeiseizoen is er nauwelijks verschil meer tussen de plantafstanden; althans niet significant bij een 95% betrouwbaarheidsniveau. Er is wèl verschil in productie tussen de klonen.

PROEF S4

Proefbeschrijving

Proef S4 had tot doel om voor een populierenkloon en een wilgenkloon te onderzoeken of er verschillen in biomassaproductie bestaan bij drie verschillende plantafstanden. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De resultaten hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat voor iedere kloon uit 3 behandelingen (verschillende plantafstanden) in 3 herhalingen, dus 9 vakken. In feite gaat het om twee afzonderlijke, maar vergelijkbare subproeven die naast elkaar voorkomen: voor populier 'Spijk' en voor de wilg 'Belders'. Ieder vak is 10 x 14 m en de wilgen zijn aangeplant volgens het Zweedse systeem

met dubbele plantrijen. De onderlinge afstand tussen de planten in de rij is 45 cm, 60 en 75 cm, wat correspondeert met plantaantallen van 19800, 14800 en 11800 stuks per ha. De proef was 0,25 ha groot. De vakken zijn voor elke subproef at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een multiple comparisons analyse van Scheffé zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste groeiseizoen bleek dat de kleinste plantafstand van 45 cm in de rij een significant hogere productie had ten opzichte van beide andere plantafstanden. Dit gold voor beide klonen. Na het tweede en het derde groeiseizoen was het effect van de kleinste plantafstand op de biomassa productie bij 'Spijk' nog significant, maar bij 'Belders' al niet meer aantoonbaar. Na het derde jaar is de beplanting afgezet en liep weer opnieuw uit. Na het vijfde groeiseizoen (3 + 2 groeiseizoenen) is er nog steeds een significant effect van de plantafstand op de productie: het productieniveau is bij de kleinste plantafstand zeer veel hoger dan bij de ruimere plantafstanden: gemiddeld 13,5 odt/ha/jr bij 45 cm in de rij, tegenover 8,8 ton/ha/j bij 60 cm in de rij en 5,4 ton/ha/j bij 75 cm in de rij. Er was geen interactie tussen kloon en plantafstand. 'Belders' produceerde gemiddeld iets meer, maar het verschil was statistisch niet significant.

PROEF S5

Proefbeschrijving

Proef S5 had tot doel om voor twee populierenklonen te onderzoeken of er verschillen zijn in biomassaproductie bij drie verschillende, vrij ruime plantafstanden. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetresultaten hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat voor iedere kloon uit 3 behandelingen (verschillende plantafstanden) in 3 herhalingen, dus 9 vakken. In feite gaat het hier weer om twee afzonderlijke, maar vergelijkbare subproeven die naast elkaar voorkomen: voor de kloon 'Spijk' en voor 'Ellert'. De vakken zijn variabel qua grootte en bevatten 100 planten. De plantafstand is 1,5 x 2 m; 2 x 2m en 2,5 x 2 m, wat correspondeert met plantaantallen van 3300, 2500 en 2000 stuks per ha. De proef was 0,72 ha groot. De vakken zijn voor elke kloon at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een multiple comparisons analyse van Scheffé zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste jaar gaf de kleinste plantafstand van 1,5 x 2 m een significant hogere productie. Dit was bij beide klonen het geval. Na het tweede jaar was er bij 'Spijk' nog een significant effect van de plantafstand, maar bij 'Ellert' was er geen verschil meer te constateren. Na het derde groeiseizoen waren er geen significante

verschillen meer. Ook na het vijfde groeiseizoen was er geen effect van de plantafstand op de gemiddelde productie. Weliswaar is het productieniveau bij de kleinste plantafstand iets hoger dan bij de ruimere plantafstanden (gemiddeld 6,4 odt/ha/j) tegenover 5,7 odt/ha/j en 5,4 odt/ha/j), maar de verschillen zijn niet significant. Er was slechts een marginaal verschil in productie tussen de klonen.

PROEF S6

Proefbeschrijving

Proef S6 had tot doel om voor vier wilgenklonen te onderzoeken of er verschillen zijn in biomassaproductie bij vier verschillende plantafstanden. De proef is in 1995 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetresultaten hebben dus betrekking op een periode van 4 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 4 behandelingen (verschillende plantafstanden) met 4 klonen in 3 herhalingen, dus 48 vakken. De plantafstanden bestonden uit enkele en dubbele rijen: 2 behandelingen volgens het Zweeds systeem met dubbele rijen en een afstand van 60 cm en 90 cm in de rij, en twee behandelingen met enkele rijen met een plantafstand van 0,45 x 1,5 m en 0,7 x 1,5 m. Dit komt overeen met twee series van 10.000 en 15.000 planten per ha.

Resultaten

Na het eerste jaar werd een significant verschil tussen de plantafstanden geconstateerd: de kleinste plantafstanden hadden de hoogste productie. Na het tweede jaar kon er niet langer meer een

effect van de plantafstand op de productie worden aangetoond. Wel waren er verschillen in productie tussen de klonen. Na het vierde jaar was er geen effect van het plantverband en evenmin een verschil tussen de vier klonen. Gemiddeld was de productie 7,1 odt/ha/jr.

PROEF S7

Proefbeschrijving

Proef S7 had tot doel om voor een wilgenklonen te onderzoeken of er verschillen in biomassaproductie bestaan bij drie verschillende plantafstanden en een vierjarige kapcyclus. De proef is in 1995 aangelegd en in 1999 beëindigd. De resultaten hebben dus betrekking op een periode van 4 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 3 behandelingen (verschillende plantafstanden) in 3 herhalingen, dus 9 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 15 x 16 m. De wilgen hadden een onderlinge plantafstand van 0,4 x 1,5 m; 0,7 x 1,5 m en 1 x 1,5 m, corresponderend met plantaantallen van respectievelijk 15.000, 10.000 en 6670 stuks per ha. De proef was 0,22 ha groot. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de plantafstanden. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Als tussentijdsresultaat na één en na twee groeiseizoenen kon er al geen verschil in productie worden geconstateerd bij verschillende

plantafstanden. Ook na 4 groeiseizoenen was er geen merkbaar effect op de gemiddelde productie. De kleinste plantafstand had overigens wel de hoogste productie, maar vanwege de variabiliteit tussen de vakken waren de aanwezige verschillen niet significant.

PROEF F2

Proefbeschrijving

Proef F2 had tot doel om voor drie populierenklonen te onderzoeken of er verschillen in biomassa-productie bestaan bij twee verschillende plantafstanden en een vierjarige kapcyclus. De proef is in 1996 aangelegd en in 1999 beëindigd. De eerste metingen zijn verricht in 1998 en de afsluitende metingen in 1999. De resultaten betreffen de accumulatie van de producties van de eerste drie groeiseizoenen.

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (verschillende plantafstanden) voor 3 klonen in 3 herhalingen, dus 18 vakken. Ieder afzonderlijk vak is 20 x 20 m en de wilgen hadden een onderlinge plantafstand van 1 x 1,5 m en van 1,5 x 2 m, wat overeenkomt van plantaantallen van 6700 en 3350 stuks/ha. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het derde groeiseizoen was er geen verschil in productie tussen de klonen en ook niet tussen de plantafstanden. Er was geen interactie

tussen kloon en plantverband (dus alle klonen reageerden min of meer hetzelfde op verschillen in plantafstand).

PROEF F5

Proefbeschrijving

Proef F5 had tot doel om voor vier wilgenklonen te onderzoeken of er verschillen in biomassaproductie bestaan bij twee verschillende plantafstanden in een vierjarige kapcyclus. De proef is in 1996 aangelegd en in 1999 beëindigd. De eerste metingen zijn verricht in 1998 en de afsluitende metingen in 1999. De opbrengstcijfers betreffen de accumulatie van de producties in de eerste drie groeiseizoenen.

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (verschillende plantafstanden) voor 4 klonen in 3 herhalingen, dus 24 vakken. Ieder vak was 10 x 15 m. De wilgen hadden een onderlinge plantafstand van 1 x 1 m en van 1 x 1,5 m, wat overeenkomt van plantaantallen van 10.000 en 6700 stuks/ha. De vakken zijn at random toegekend aan de verschillende plantafstanden. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de plantafstanden. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na drie groeiseizoenen was er geen interactie tussen kloon en plantafstand. Er waren geen verschillen tussen de plantafstanden maar wel significante verschillen tussen de klonen. *Salix triandra* 'Zwarte driebast' is enorm hard gegroeid vanaf het tweede

groeiseizoen en had een gemiddelde jaarlijkse productie van 16,6 odt/ha/j, terwijl 'Belders' bijvoorbeeld op de tweede plaats met 9,7 odt/ha/j uitkwam.

Tabel 4.2. Samenvatting van het effect van plantafstand op de gemiddelde jaarlijkse productie

Proef	Geen effect	Geen effect, maar eerst wel	Wél effect
F2	X		
F5	X		
S7	X		
D3	X		
S1		X	
S5		X	
S6		X	
D6			X
D7			X
S4			X

4.4 Doelstellingen gehaald?

Zeventig procent van de proeven laten geen effect zien van de plantafstand op de gemiddelde biomassaproductie; bij dertig procent is er wél een effect (tabel 4.2). Daaruit blijkt dat de plantafstand nauwelijks geschikt is als middel om de biomassaproductie te kunnen sturen (Conclusie 1). Uiteraard is deze stelling alleen van toepassing binnen de onderzochte range van 2000 tot 20.000 stekken per ha. In veertig procent van de onderzochte gevallen (proef D3, S7, F2 en F5) is er geen enkel effect waar te nemen van de plantafstand. In dertig procent van de gevallen (proef S1, S5, S6) was er aanvankelijk een

effect, maar dat verdween dan binnen een paar jaar (Conclusie 2). Over het algemeen was er geen interactie tussen de plantafstand en kloon. Met andere woorden de klonen reageerden ongeveer op dezelfde wijze op verschillen in plantafstand (Conclusie 3). Die stelling moet overigens meteen genuanceerd worden, omdat sommige klonen (met name de wilg 'Belders') veel eerder een niet meer aantoonbaar effect lieten zien van de plantafstand op de productie in vergelijking tot andere klonen.

Wanneer we alleen naar één soort (of kloon) kijken, dan geeft tabel 4.3 een indruk hoezeer de productie van de wilg 'Belders' kan variëren als gevolg van verschillende plantafstanden. Er lijkt een direct verband te bestaan tussen plantaantallen per ha en de gemiddelde biomassa-productie en dus met de gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst (Conclusie 4). Bij de grootste plantaantallen van 19.800 stekken/ha was de gemiddelde productie van 'Belders' 13,5 ton droge stof/ha/jr, terwijl bij plantaantallen van 6.700 stuks/ha de productie slechts 5,2 ton/ha/jr bedroeg.

4.5 Wat weten we nog niet?

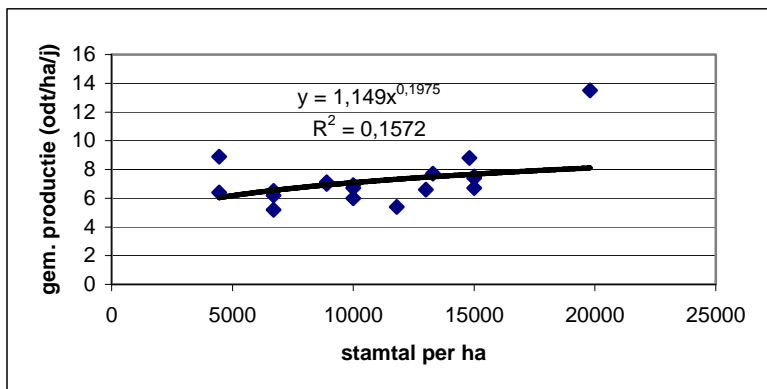
De onderzochte range van plantaantallen van 2000 tot 20.000 stuks per ha dekt ruimschoots de plantaantallen die in de praktijk worden toegepast voor energiebeplantingen. De laatste jaren is er in het buitenland een trend ontstaan om meer stekken te planten dan strikt genomen nodig is, maar dat heeft vooral te maken met een recente reductie in de aanschafprijs door de belangrijkste leverancier van wilgenstekken Sveiloff-Weibull (deze levert nu meer stekken voor

dezelfde prijs). Er worden dan al gauw 16.000 wilgenstekken per ha neergezet.

Tabel 4.3. De relatie tussen plantafstand en biomassaproductie (odt/ha/jr) bij de wilg 'Belders'. Alle proeven zijn in hetzelfde jaar (1994) aangelegd en gedurende 5 jaar opgemeten.

Proef	Plantafstand	Aantal/ha	Gem.productie	Energie-opbr.*
D3	0,5 x 1,5 m	13.300	7,7	139
	0,7 x 1,5 m	8.900	7,0	126
	1,0 x 1,5 m	6.700	6,2	112
	1,5 x 1,5 m	4.450	8,9	160
S1	0,5 x 1,5 m	13.300	6,6	119
	0,75 x 1,5 m	8.900	7,1	128
	1,0 x 1,5 m	6.700	6,5	117
	1,5 x 1,5 m	4.450	6,4	115
S4	0,45 x 1,5 m	19.800	13,5	243
	0,6 x 1,5 m	14.800	8,8	158
	0,75 x 1,5 m	11.800	5,4	97
S6	0,6x(0,75x 1,5 m)	15.000	7,5	135
	0,9x(0,75x 1,5 m)	10.000	6,9	124
	0,45 x 1,5 m	15.000	7,4	133
	0,70 x 1,5 m	10.000	6,7	121
S7	0,45 x 1,5 m	15.000	6,7	121
	0,7 x 1,5 m	10.000	6,0	108
	1,0 x 1,5 m	6.700	5,2	94

* gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst in GJ/ha



In de CPV proeven is vooral de ondergrens verkend van de minimaal vereiste plantaantallen om nog een redelijke biomassa-productie te krijgen. Je zit dan in de range van 6700 tot 10.000 stuks per ha, indien er wordt gemikt op een 3 tot 4 jarige kapcyclus (Conclusie 5). Het kan geen kwaad om 12.000 tot 15.000 stekken per ha aan te planten, maar dat betekent in de praktijk een enorme toename in de aanplantkosten. Het positieve effect van dergelijke grote aantallen op de productie is slechts in één proef (S4) overtuigend gebleken. Veel vaker maakte het geen wezenlijk verschil voor de gemiddelde productie. Dat geeft aan dat we inderdaad op de aanplantkosten kunnen besparen, zonder dat dit (noemenswaardig) ten koste gaat van de productie (Conclusie 6).

Een van de meest opmerkelijke resultaten van de CPV-proeven is dat aanvankelijke verschillen in productie door het hanteren van verschillende plantaantallen al na een paar jaar niet meer meetbaar zijn. Het effect is dus slechts tijdelijk en dat betekent meer speelruimte voor de beheerder. Als hij uit kostenoverwegingen voor geringere

plantaantallen/ha kiest, dan heeft dat slechts een paar jaar lang negatieve gevolgen voor de biomassa-productie, maar dat trekt meestal al snel weer bij. Hoe het effect is over meerdere kapcycli, is echter nog onbekend. Daarvoor hebben de CPV-proeven te kort gelopen.

Verder onderzoek naar de relatie tussen plantafstand en biomassa-productie lijkt voor zavel en kleigronden weinig zin te hebben omdat dit aspect reeds uitvoerig aan de orde is gekomen in de hier gepresenteerde CPV-proeven. Voor minder productieve groeiplaatsen (zandgronden) is er relatief weinig onderzoek gedaan, dus daar zou nog wat winst te behalen zijn. Naar mate er meer productieve wilgenklonen op de markt worden gebracht, kan er meer bespaard worden op het aan te planten aantal stekken. Voor snelgroeïende struikwilgen en zeker voor boomvormige wilgensoorten en voor populieren lijkt 6700 stuks/ha een redelijke ondergrens te zijn (plantafstand 1 x 1,5 m). Bij nog minder stekken per ha worden de individuele stammetjes al gauw te dik, wat voor problemen bij de oogst kan zorgen.

Op onkruidgevoelige plaatsen of op plaatsen waar chemische onkruidbestrijding niet is toegestaan kan het verstandig zijn om wat meer stekken per ha te planten. De beplanting is dan een paar maanden eerder in sluiting en dat kan net het verschil uitmaken tussen een geslaagde aanplant en één die aan het onkruid ten gronde is gegaan. De onkruidsituatie speelt met name in de eerste vier maanden na aanplant. Als de beplanting eenmaal goed de zomer is doorgelopen dan is onkruid zelden meer een probleem en heb je eerder last van teveel planten per ha dan dat je er profijt van hebt. Het

heeft daarom weinig zin om 'voor de zekerheid' 30.000 stekken per ha aan te planten of nog meer, in de veronderstelling dat je daarmee een maximale biomassaproductie kunt realiseren. Het levert ongetwijfeld een zeer snelle sluiting op, maar als snel zullen de stekken elkaar in de weg staan, met een relatief hoge mortaliteit als gevolg. Bij een te dichte stand neemt de vitaliteit van de individuele bomen af en daarmee staat de deur open voor ziekten en plagen. Tenzij je daar weer wat aan doet dmv aanvullende bemesting, en het spuiten met insecticiden en fungiciden. Voor energiebeplantingen zal dat echter bij uitzondering gewenst zijn.

4.6 Samenvattende conclusies

- 1. De plantafstand is nauwelijks geschikt als een middel om de gemiddelde biomassaproductie te kunnen sturen.*
- 2. In veertig procent van de proeven was er geen enkel effect van de plantafstand; in dertig procent van de proeven was er aanvankelijk een effect van de plantafstand, maar dat verdween dan binnen een paar jaar. Het effect was dus slechts tijdelijk.*
- 3. Over het algemeen was er geen interactie tussen de plantafstand en kloon. Met andere woorden de klonen reageerden ongeveer op dezelfde wijze op verschillen in plantafstand.*
- 4. Binnen één kloon lijkt er een direct verband te bestaan tussen plantaantallen per ha en de gemiddelde biomassaproductie hoe groter het aantal per ha des te hoger de productie (en dus ook des te hoger de gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst).*

5. *De ondergrens van de vereiste plantaantallen om nog een redelijke biomassaproductie te krijgen, zit in de range van 6700 tot 10.000 stuks per ha, indien er wordt gemikt op een 3 tot 4 jarige kapcyclus.*
6. *In veel proeven maakte de plantafstand geen wezenlijk verschil voor de gemiddelde productie. Dat geeft aan dat we inderdaad op de aanplantkosten kunnen besparen, zonder dat dit (noemenswaardig) ten koste gaat van de productie.*



Spectaculaire hoogtegroeï van wilgen na één groeiseizoen

5 Kapcyclus

Waarom proeven met kapcyclus? Overzicht van de resultaten. Beschrijving afzonderlijke teeltproeven. Discussie. Samenvattende conclusies. Aanbevelingen.

5.1 Waarom proeven met kapcyclus?

De lengte van de kapcyclus bepaalt hoeveel biomassa er op dat moment geoogst kan worden. Als een energiebeplanting na 4 jaar wordt geoogst dan staat er per ha vier keer de jaarlijkse bijgroei, bijvoorbeeld 4 x 10 ton droge stof = 80 ton vers materiaal/ha. Bij een driejarige kapcyclus staat er op het oogstmoment 60 ton vers materiaal per ha. Dat moet worden afgezaagd en versnipperd, afgevoerd naar een berijdbare weg waar containers klaar staan, overgekiept in deze containers en vervolgens getransporteerd naar een houtwerf voor tussentijdse opslag of direct afgevoerd naar de bioenergiecentrale. Het heeft dus alles te maken met de logistiek.

Het tijdstip van oogst bepaalt tevens hoe groot en hoe dik de boompjes maximaal zullen worden en dat stelt weer bepaalde eisen aan de oogstmachine. Het is daarom uitermate belangrijk om plantafstand, kapcyclus en de toe te passen oogstmethode en de daarop aansluitende logistiek zorgvuldig op elkaar af te stemmen, bij voorkeur al tijdens de fase van terreininrichting.

Sommige soorten (struik)wilgen groeien aanvankelijk zeer snel, maar de groei is vervolgens na enkele jaren over zijn hoogtepunt heen en neemt dan weer af. Het is dan zaak om de oogst te plannen op het

moment dat de bijgroei op zijn top zit. Bij andere soorten (of klonen) van wilg komt de groei relatief traag op gang maar gaat vervolgens steil omhoog en deze wilgen blijven vaak jarenlang stug doorgroeien. Dergelijke wilgen kun je beter op een later tijdstip oogsten, en dat betekent bijvoorbeeld dat het stamtal/ha bij de aanleg minder hoog kan zijn. Op goede grond gaat de ontwikkeling sneller en is het gewenste oogsttijdstip eerder bereikt.

Ook de mate waarin de wilgen opnieuw uitlopen na elke kap bepaalt hoe frequent de kap kan zijn, voordat de vitaliteit van de stoven achteruit begint te lopen. Normaal gesproken gaat een energiebeplanting 15 tot 20 jaar mee en in die periode zullen er in de regel 4 tot 6 kapcycli hebben plaatsgevonden. Sommige wilgen kunnen misschien wel 10 keer opnieuw uitlopen voordat de vitaliteit minder wordt, terwijl andere er al na 4 keer de brui aan geven.

Voor het beheer is het praktisch als het oogstmoment met een zekere flexibiliteit kan worden toegepast. Het komt in de praktijk namelijk wel eens voor dat een bepaalde oogst gepland is maar door omstandigheden niet door kan gaan. Als een energiebeplanting dan een vrij vlakke top heeft in zijn bijgroei, dan maakt een jaartje eerder of later oogsten niet zo veel uit. De productie blijft dan op een hoog niveau gehandhaafd en een vroegere of latere ingreep heeft dan hoogstens consequenties voor de logistiek.

Na elke kap duurt het even voordat de bijgroei weer op gang komt. De biomassa-productie volgt een "S"-curve: het begint met een trage start, dan een periode van lineaire bijgroei, die na verloop van tijd begint af

te vlakken. Als deze productiecurve plotseling onderbroken wordt door een kap, dan moet de groei weer van voren af aan beginnen, met dat verschil dat er inmiddels een flink wortelstelsel in de grond zit, waaruit de scheuten snel kunnen uitlopen. Vaak staan de wilgen dan na een paar maanden al weer meters hoog. Bij een nieuwe aanplant moet het wortelstelsel echter eerst gevormd worden en daarom is het eerste jaar na aanplant eigenlijk een aanloopjaar. Soms worden de wilgen na het eerste jaar afgezet zodat de hergroei uit een bestand wortelstelsel kan plaatsvinden. In het jaar volgend op elke kap is de productie uiteraard een stuk lager dan in de jaren ervoor of erna. Het is echter onduidelijk hoe groot deze “dip” is in bijgroei en of het bijvoorbeeld voor de totale biomassaproductie uitmaakt of een beplanting drie rondjes van vier jaar maakt of vier rondje van drie jaar.

5.2 Overzicht van de resultaten

Door het CPV zijn 2 kapcyclus-proeven aangelegd en gemonitord, met een gezamenlijk oppervlak van 1,2 ha (tabel 5.1). De proeven hadden betrekking op een kapcyclus van 2 en 3 jaar (proef D1), en van 3, 4 en 5 jaar (proef D2).

Tabel 5.1: Proeven met kapcyclus

Code	Opp. (ha)	Aanleg jaar	Aantal plots	Behandelingen	Klonen	Plant- afstand
D1	0,27	1993	36	6 (klonen) x 2 (kapcycli); 3 herhalingen	Robusta, Dorskamp, Donk, Barn, Spijk, Salix alba 'Het Goor'	1 x 1.5 m
D2	0,93	1993	54	6 (klonen) x 3 (kapcycli); 3 herhalingen	Robusta, Dorskamp, Donk, Barn, Spijk, Salix alba 'Het Goor'	2 x 2 m

5.3 Beschrijving afzonderlijke teeltproeven

PROEF D1

Proefbeschrijving

Doel van proef D1 was om te onderzoeken in hoeverre de biomassa-productie wordt beïnvloed door een 2-jarige dan wel 3-jarige kapcyclus. De proef is in 1993 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 6 jaar.

Proefopzet

De 3 herhalingen van de 6 klonen zijn 'at random' verdeeld over 18 plots. Elke plot is vervolgens verdeeld in 2 subplots, waar in sub-plot (a) de planten na 2 jaar zijn afgezet en in sub-plot (b) na 3 jaar. In totaal bestaat deze proef dus uit 36 sub-plots. Er vanuit gaande dat de effecten van kapcyclus en de verschillende klonen op de biomassa-productie onafhankelijk zijn (geen significante interactie), dan geeft deze proef inzicht in (1) de invloed van de kapcyclus op de totale biomassa-productie en (2) op de eventuele verschillen in biomassa-productie tussen de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de kapcycli en geen verschil tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na de eerste kap aan het einde van het tweede groeiseizoen nam het aantal scheuten per plant sterk toe: bij de onderzochte populieren-

klonen werden aan het eind van het derde groeiseizoen 3 x zoveel scheuten geconstateerd ten opzichte van de niet-gekapte exemplaren en bij de wilg Het Goor waren er meer dan 5 x zoveel scheuten gevormd. Er was een significant effect (betrouwbaarheidsniveau 95%) van de kap op de biomassaproductie in het derde groeiseizoen. De lopende bijgroei in het derde jaar van de niet-gekapte bomen was gemiddeld 2,5 ton/ha hoger. De gemiddelde biomassaproductie (over 3 jaar) lag ongeveer 1 ton/ha/jr hoger bij de niet-gekapte vakken dan bij de gekapte vakken. Na het vierde jaar was er een significant effect van de kap op de lopende bijgroei, maar het effect was niet meer significant voor de totale gemiddelde productie. Bovendien werd er een significante interactie tussen kloon en kapcyclus geconstateerd. Dat betekent dat niet elke kloon op dezelfde manier reageert op een kortere of iets langere kapcyclus. De wilg Het Goor lijkt het meest geschikt voor een korte kapcyclus, omdat die bij een tweejarige kapcyclus meer scheuten per ha vormt dan bij een driejarige kapcyclus. Vergeleken met populier heeft deze wilg veruit de meeste scheuten, zowel bij 2- als 3-jarige kapcyclus. Populieren vormen over het algemeen meer scheuten bij een drie-jarige kapcyclus. Na het zesde groeiseizoen was er echter geen interactie meer tussen kloon en kapcyclus en evenmin een verschil in productie tussen de twee kapcycli.

PROEF D2

Proefbeschrijving

Doel van proef D2 was om te onderzoeken in hoeverre de biomassa-productie wordt beïnvloed door een 3-jarige, 4-jarige of 5-jarige

kapcyclus bij wezenlijk grotere plantafstanden dan bij proef D1. De proef is in 1993 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 6 jaar.

Proefopzet

De 3 herhalingen van de 6 klonen zijn 'at random' verdeeld over 18 plots. Elke plot is vervolgens verdeeld in 3 subplots, waar in sub-plot (a) de planten na 3 jaar zijn afgezet, in sub-plot (b) na 4 jaar en in sub-plot (c) na 5 jaar. In totaal bestaat deze proef dus uit 54 sub-plots. Er vanuit gaande dat de effecten van kapcyclus en de verschillende klonen op de biomassa-productie onafhankelijk zijn (geen significante interactie), dan geeft deze proef inzicht in (1) de invloed van de kapcyclus op de totale biomassa-productie en (2) op de eventuele verschillen in biomassa-productie tussen de verschillende klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de kapcycli en geen verschil tussen de klonen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het derde groeiseizoen bleken er tussen de klonen significante verschillen te bestaan in biomassa-productie en lopende bijgroei. Vergeleken met proef D1 (zelfde klonen, maar in een veel dichtere stand aangeplant) lag de productie gemiddeld 3 ton/ha/jr lager. Wat betreft de lopende bijgroei in het derde jaar waren de verschillen tussen proef D1 en D1 minimaal. Dit wijst erop dat de plantafstand van 2 x 2 m een langzamer start van de beplanting tot gevolg heeft gedurende de eerste twee jaar, maar dat de verschillen daarna heel snel bijtrekken.

Aan het einde van het vierde groeiseizoen hadden de a-vakken een jaar bijgroei na de kap; de rest was nog niet gekapt. Er was een zeer significant (99% betrouwbaarheidsniveau) effect van de kap op zowel de bijgroei als de gemiddelde biomassaproductie. Wat betreft de lopende bijgroei in het vierde jaar was er enige interactie tussen kloon en kap. Met andere woorden: de klonen reageerden verschillend op de kap. Wilg Het Goor en populier Dorskamp vertoonden de hoogste lopende aanwas na de kap: respectievelijk 6,5 en 5,4 odt/ha/jr. Het verschil in gemiddelde productie na 4 jaar tussen de reeds gekapte vakken en de nog niet gekapte vakken was gemiddeld 2 tot 3 odt/ha/jr, ten gunste van de niet gekapte vakken.

Na het zesde jaar was er nog maar zeer marginaal statistisch bewijs voor de stelling dat er interactie bestaat tussen kloon en kapcyclus. Er was wel een significant verschil in productie tussen de kapcycli: (3+ 3) had de hoogste gemiddelde productie (8,2 odt/ha/jr), gevolgd door (5+1) met gemiddeld 7,5 odt/ha/jr en (4+2) op de laatste plaats met gemiddeld 6,9 odt/ha/jr. Maar er zit geen logische volgorde in. De vakken met een vierjarige kapcyclus hadden twee jaar bijgroei na de kap, terwijl de vijfjarige kapcyclus slechts één jaar bijgroei had. Je zou verwachten dat het relatief ongunstige jaar direct volgend op de kap zwaarder meetelt in de gemiddelde jaarlijkse productie en dat die productie bij (5+1) daarom lager zou uitvallen dan bij (4+2). Dat was echter niet het geval.

Daarnaast zijn er nog enkele proeven geweest waarbij de kapcyclus een extra variabele was in het uittesten van de effecten van plantafstand en klonen (bijvoorbeeld D3, D6 en S1; zie vorige hoofdstuk). De gecompliceerde proefopzet maakte het doen van

betrouwbare uitspraken over het effect van kapcyclus echter niet mogelijk. Proeven D3 en D6 lieten de hoogste gemiddelde jaarlijkse biomassaproductie zien voor de vakken die nog niet afgezet waren op het moment van meten (bij een 5-jarige kapcyclus), ondanks het feit dat deze vakken de grootste plantafstand hadden. Het effect van niet kappen en dus van een voortdurende hoge bijgroei was kennelijk groter dan het (negatieve) effect van een relatief grote plantafstand.

5.4 Discussie

Voor de beheerder is het prettig als het hanteren van een kapcyclus van 3, 4 of 5 jaar geen noemenswaardig effect zou hebben op de gemiddelde biomassaproductie, want dat verschaft de nodige flexibiliteit in het beheer. Het kan immers van pas komen om een bepaald perceel nog een jaartje te laten staan als andere werkzaamheden dringender zijn op dat moment. Echter, de resultaten gemeten over een periode van 6 jaar, spreken elkaar op dit punt tegen.

Proef D1 liet geen verschil zien tussen twee volledige kapcycli van drie jaar en drie volledige kapcycli van twee jaar. Dit suggereert dat de lengte van de kapcyclus geen (groot) effect heeft op de totale biomassaproductie en dus ook niet op de gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst per ha (Conclusie 1). De andere proef (D2) heeft echter niet lang genoeg geduurd: er was slechts tijd om twee kapcycli van drie jaar te meten terwijl de andere kapcycli van 4 en 5 jaar incompleet waren, binnen de periode van 6 jaar dat er gemeten is. Bij proef D2 was er wel een effect bij de 3-jarige kapcyclus, maar tegenstrijdige effecten bij de 4- en 5-jarige kapcycli (Conclusie 2).

Uit de proeven blijkt een zeer uitgesproken “dip” in bijgroei op te treden na elke periodieke kap. Vergeleken met (nog) niet gekapte vakken was de lopende bijgroei in het jaar na de kap vaak 2 tot 3 ton/ha/jr lager. Het effect is echter tijdelijk en trekt meestal snel weer bij (Conclusie 3).

Uit de CPV-proeven in Dronten en uit het recente project Flevo-Energieteelt is gebleken dat populier niet zo geweldig uitloopt na periodieke kap. Op grond van deze ervaringen concludeert Staatsbosbeheer dat populieren in feite ongeschikt zijn voor een intensief hakhoutbeheer, zeker in omstandigheden met een grote onkruiddruk (Conclusie 4). Wilgen kunnen veel beter tegen periodiek afzetten tot op de grond en lopen over het algemeen snel en krachtig uit. Het onkruid heeft dan geen kans de uitlopende beplanting te overgroeien, hetgeen bij populier wel vaak het geval is.

5.5 Samenvattende conclusies

1. *Proef D1 liet geen verschil zien tussen twee volledige kapcycli van drie jaar en drie volledige kapcycli van twee jaar. Dit suggereert dat de lengte van de kapcyclus geen (groot) effect heeft op de totale biomassa-productie en dus ook niet op de gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst per ha.*
2. *De proefveldresultaten van D1 en D2, gemeten over een periode van 6 jaar, spreken elkaar tegen: bij proef D1 was er geen aantoonbaar effect van de kapcyclus. Bij proef D2 was er wel een effect bij de 3-jarige kapcyclus, maar tegenstrijdige effecten bij de 4- en 5-jarige kapcycli*
3. *Uit de proeven blijkt een zeer uitgesproken “dip” in bijgroei op te treden na elke periodieke kap. Het effect is echter tijdelijk en trekt meestal snel weer bij.*
4. *Uit de ervaringen van het CPV-onderzoek en het praktijkexperiment Flevo-Energieteelt blijkt dat populieren in feite ongeschikt zijn voor een intensief hakhoutbeheer, zeker in omstandigheden met een grote onkruiddruk. Wilgen zijn dan veel meer geschikt.*

6 Aanlegmethode

Waarom proeven met aanlegmethode? Overzicht van de resultaten. Beschrijving afzonderlijke teeltproeven. Discussie. Samenvattende conclusies.

6.1 Waarom proeven met aanlegmethode?

De aanlegmethode bepaalt in belangrijke mate het succes van de beplanting. Een zorgvuldige terreinvoorbereiding (op tijd ploegen en eggen), eventuele aanvullende bemesting, het juiste plantmateriaal (stekken van de gewenste klonen), het tijdstip van aanplanten, de weersomstandigheden tijdens en vlak na de aanplant en de gebruikte plantmachine bepalen of de energiebeplanting een goede start kan maken. Daarbij is het uitermate belangrijk dat er heel secuur wordt gewerkt bij de aanplant, zoals de ervaringen met het eerste jaar onderhoud van de energiebeplanting van het project Flevo-Energieteelt overtuigend hebben laten zien (Kuiper 2001). De stekken moeten strak in de rij komen te staan, van de juiste dikte en lengte zijn en op de juiste diepte worden geplant. Hoofdstuk 4 laat zien dat de gehanteerde plantafstanden mede van invloed zijn op de lengte van de kapcyclus en het type oogstmachine dat later kan worden ingezet.

Wanneer de stekken daarentegen onzorgvuldig worden geplant (bijvoorbeeld niet strak in de rij) dan wordt het uitermate lastig om mechanische onkruidbestrijding toe te passen. Een goede onkruidbestrijding gedurende de eerste maanden na de aanplant is de allerbelangrijkste factor voor het welslagen van de beplanting, naast

de weersomstandigheden en de kwaliteit van het gebruikte plantmateriaal. Door schade en schande zijn we wijs geworden dat onkruidbestrijding erg nauw komt. Zelfs een paar dagen te laat zijn met schoffelen of wiedegeen kan er voor zorgen dat de strijd tegen het onkruid in een totale mislukking uitloopt. Dat is vooral een kwestie van goed organiseren en voldoende mankracht en machines ter beschikking hebben op de momenten dat het nodig is. Juist in het voorjaar zijn er een heleboel andere klussen te doen die ook belangrijk zijn.

Behalve dit soort organisatorische aspecten die met het onderhoud en terreinbeheer te maken hebben, zijn er teeltechnische zaken die van invloed kunnen zijn op de aanleg. Wat is de meest ideale lengte van de stekken? Zou het zin hebben om langere stekken te planten of juist kortere, wat immers een flinke kostenbesparing kan opleveren. Maakt het verschil of de stekken worden geknipt uit het bovenste of onderste deel van de moederscheut? Is het nodig om de scheuten na het eerste groeiseizoen tot aan de grond af te zetten, zodat de scheuten in het daarop volgende seizoen krachtig kunnen uitlopen vanuit een reeds gevormd wortelstelsel, wat langere scheuten en een betere groeivorm tot gevolg kan hebben? Sommige beheerders zweren erbij, terwijl anderen er het nut niet van inzien. Het is nog onduidelijk of het afzetten van de wilgen na het eerste groeiseizoen positief of negatief (of neutraal) uitpakt voor de biomassa-productie. Het CPV onderzocht een aantal van deze teeltechnische knelpunten.



Voor het aanslaan van de beplanting is het belangrijk om gedurende het eerste groeiseizoen de grond goed zwart te houden

6.2 Overzicht van de resultaten

Door het CPV zijn er 4 proeven gedaan naar de mogelijkheden om de aanleg te optimaliseren door verschillende typen stek te gebruiken en door het effect van het afzetten van de planten na het eerste jaar te onderzoeken. Deze proeven hadden een gezamenlijk oppervlak van 0,9 ha (tabel 6.1).

6.3 Beschrijving afzonderlijke teeltproeven

PROEF D4

Proefbeschrijving

Doel van proef D4 was om te onderzoeken of de biomassaproductie wordt beïnvloed door het afzetten van de planten na één groeiseizoen bij twee verschillende steklengten. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (klonen) met 2 steklengten in 3 herhalingen, dus 12 vakken. Ieder vak is vervolgens opgesplitst in twee subvakken: wel afzetten en niet afzetten. De proef besloeg een oppervlakte van 0,18 ha. De vakken waren 16 bij 9 m en zijn at random toegekend aan de steklengten. De klonen zijn gescheiden

Tabel 6.1 CPV-proeven met typen stek en afzetten na het eerste jaar

Proef	Opp. (ha)	Aanleg jaar	Aantal plots	Behandelingen	Klonen	Plant-afstand
D4	0,18	1994	12	2 (klonen) x 2 (afzetten); 3 herhalingen	Spijk, Salix alba Belders	1 x 1.5 m
D5	0,12	1994	12	2 (klonen) x 2 (type stek); 3 herhalingen	Barn, Salix alba Belders	1 x 1.5 m
S2	0,25	1994	24	4 (klonen) x 2 (type stek); 3 herhalingen	Ghoy, Hees, Beaupré, Salix alba Belders	1 x 1.5 m
S3	0,36	1994	24	4 (klonen) x 2 (afzetten); 3 herhalingen	Dorskamp, Flevo, Spijk, Salix alba Belders	1 x 1.5 m

(D= Dronten; S = Slootdorp)

gehouden, waardoor het in feite gaat om twee parallelle proeven: voor de populier 'Spijk' en voor de wilg 'Belders'. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de stekken met verschillende lengte en geen effect van het afzetten na het eerste jaar. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na één groeiseizoen hadden bij de wilg 'Belders' de vakken met een steklengte 35 cm een significant hogere productie dan de stekken van 23 cm. Bij de populier werd geen verschil geconstateerd. In de helft van het aantal vakken werden de scheuten aan het eind van het eerste groeiseizoen aan de grond afgezet.

Na het tweede jaar was de gemiddelde productie van 'Belders' nog steeds significant hoger bij steklengte 35 cm ten opzichte van stekken van 23 cm. Voorts bleek de gemiddelde jaarlijkse productie hoger te zijn voor de afgezette vakken in vergelijking met de niet-afgezette vakken. Dat gold voor de steklengte 23 cm bij zowel 'Belders' als 'Spijk' en voor de steklengte 35 cm alleen voor 'Spijk'. Het verschil bedroeg gemiddeld 1 odt/ha/j.

Na het derde jaar had de steklengte geen effect meer, noch bij 'Belders' noch bij 'Spijk'. Er was wel een significant effect van het afzetten op de gemiddelde biomassaproductie bij 'Spijk' en een significant effect van het afzetten op de lopende bijgroei bij 'Belders' (bijna twee keer zo hoog).

Na het vijfde jaar was er geen effect van steklengte op de productie en evenmin een effect van het afzetten op de gemiddelde productie.

PROEF D5

Proefbeschrijving

Doel van proef D5 was een kort onderzoek naar het effect van 'slapende knoppen' ten opzichte van stekken met goed ontwikkelde knoppen op de initiële groei. De proef is in 1994 aangelegd en in 1996 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 3 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (kwaliteit stek) in 3 herhalingen, dus uit 6 vakken. In feite zijn er twee identieke proeven gedaan parallel naast elkaar: één met populier 'Barn' en één met de wilg 'Belders'. De vakken waren 9 x 10 m en zijn at random gekozen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassa-productie tussen de stekken met slapende knoppen en die met normaal ontwikkelde knoppen. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste groeiseizoen had de stekkwaliteit een significant effect op de productie van de wilg 'Belders': de stekken met slapende knoppen gaven een iets hogere productie. Bij de populier was er overigens geen effect.

Na het tweede jaar en na het derde jaar was er geen effect meer op de gemiddelde jaarlijkse productie of op de bijgroei. De proef is daarom na het derde jaar beëindigd.

PROEF S2

Proefbeschrijving

Doel van proef S2 was om te onderzoeken welk effect de lengte van de stekken heeft op de biomassaproductie. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 2 behandelingen (lengte stek) voor 4 klonen in 3 herhalingen, dus uit 24 vakken. De vakken waren 10 x 10,5 m en zijn volledig at random verdeeld. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de stekken met verschillende lengte. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste jaar bleek er een zeer significant effect te zijn van de steklengte op de biomassaproductie (99% betrouwbaarheidsniveau): bij stekken van 35 cm was de productie hoger dan bij stekken van 23 cm. Dit gold voor alle klonen, maar het effect was niet voor alle klonen significant en er was duidelijk sprake van interactie tussen kloon en steklengte. Met andere woorden het effect is niet voor elke kloon hetzelfde. De hogere productie is waarschijnlijk vooral een gevolg van het produceren van meer scheuten per stek in het eerste jaar na aanleg.

Na het tweede jaar gaf de steklengte van 35 cm een significant hogere productie dan stekken van 23 cm. Er bestaat nog steeds een interactie

tussen kloon en steklengte, dus een gecombineerd effect op de productie, dat niet voor elke kloon hetzelfde is.

Na het derde jaar was er zeer significant effect van de steklengte op zowel de gemiddelde productie als op de lopende bijgroei in het derde jaar (betrouwbaarheidsniveau 99%) Ook de interactie tussen kloon en steklengte was zeer significant, met andere woorden het effect van steklengte op de productie was niet voor elke kloon gelijk.

Na het vijfde jaar was er echter nog maar een marginaal effect van steklengte op de gemiddelde productie. Het productieniveau bij een steklengte van 35 cm was gemiddeld 8,5 odt/ha/j en die bij een steklengte van 23 cm gemiddeld 7,6 odt/ha/jr. Het verschil was net nog significant ($p=0,03$). Er was geen interactie meer tussen kloon en steklengte.

PROEF S3

Proefbeschrijving

Doel van proef S3 was om te onderzoeken of er een effect is van het afzetten van de scheuten na het eerste jaar op de biomassaproductie. De proef is in 1994 aangelegd en in 1999 beëindigd. De meetcijfers hebben dus betrekking op een periode van 5 jaar.

Proefopzet

De proef bestaat uit 4 behandelingen (klonen) in 3 herhalingen, dus uit 12 vakken. Ieder vak is vervolgens opgesplitst in twee subvakken: wel afzetten en niet afzetten. Er is een identieke proef naast elkaar aangelegd voor stekken van 23 cm en één voor stekken van 35 cm. De proef besloeg een oppervlakte van 0,36 ha. De vakken waren 10 bij 15

m en zijn at random toegekend aan de klonen. De nulhypothese was: geen verschil in biomassaproductie tussen de klonen en geen verschil tussen wel of niet afzetten. Er is geen verschil tussen stekken van 23 cm en 35 cm. Met behulp van een variantie-analyse zijn eventuele verschillen getoetst.

Resultaten

Na het eerste groeiseizoen is er een significant verschil in productie tussen stekken van 23 cm en die van 35 cm.

Na het tweede groeiseizoen is er een zeer significant effect van het afzetten op de biomassaproductie. De niet-afgezette vakken hadden een hogere gemiddelde productie dan de afgezette vakken. Het afzetten bleek een effect te hebben op de scheutvorming: na het afzetten ontstonden er per stek zeven tot vijftien scheuten. Voor het afzetten waren dat er maar drie tot vijf.

Na het derde jaar had het afzetten nog steeds een zeer significant effect op de gemiddelde productie en op de lopende bijgroei in het derde jaar. Dit gold voor zowel de stekken van 23 cm als voor die van 35 cm.

Na het vijfde jaar was er een significant effect van het afzetten op de productie: het afzetten levert een productieverlies op van gemiddeld 1,4 odt/ha/j. Ook was er een (marginaal) effect van de steklengte op de gemiddelde productie: de biomassaproductie van de vakken met stekken van 35 cm was gemiddeld 0,9 odt/ha/j hoger.

6.4 Discussie

De proeven laten een duidelijk effect zien van de steklengte op de biomassaproductie: de productie is hoger bij langere stekken (Conclusie 1). Langere stekken zijn echter in de aanschaf duurder, dus het is maar de vraag of de winst van een (iets) hogere productie opweegt tegen de hogere kosten. Bij proef D4 was het gunstige effect van langere stekken slechts twee jaar merkbaar. Daarna was er geen verschil meer. Bij proef S2 en S3 was het effect drie jaar lang aantoonbaar, maar na vijf jaar nog slechts heel marginaal. Het gunstige effect van langere stekken op de productie blijkt dus slechts tijdelijk te zijn (Conclusie 2).

Het aanplanten van stekken met slapende knoppen had geen aantoonbaar effect ten opzichte van 'gewone' stekken met goed ontwikkelde knoppen (Conclusie 3).

Het afzetten van de scheuten direct na het eerste groeiseizoen heeft tijdelijk een positief effect op de productie (Conclusie 4). In proef D4 nam in het groeiseizoen direct na het afzetten het aantal scheuten enorm toe. Dat vertaalde zich tevens in een toename van de gemiddelde productie. Het effect was ook in het daaropvolgende groeiseizoen (het derde jaar) nog merkbaar, maar na vijf jaar niet meer. Proef S3 leverde hetzelfde beeld op: aanvankelijk door het afzetten een grote toename in het aantal scheuten en daarmee een positief effect op de biomassaproductie. Het effect was in het derde jaar nog meetbaar. Echter na vijf groeiseizoenen hadden juist de niet-afgezette vakken een gemiddelde productie die 1,4 ton/ha/j hoger was. Het tijdelijke positieve effect op de productie is na 5 jaar niet meer

aantoonbaar of zelfs omgekeerd in een productieverlies ten opzichte van de niet-afgezette vakken (Conclusie 5).

6.5 Samenvattende conclusies

- 1. De proeven laten een duidelijk effect zien van de steklengte op de biomassaproductie: de productie is hoger bij langere stekken*
- 2. Het gunstige effect van langere stekken op de productie blijkt echter slechts tijdelijk te zijn (hoogstens een paar jaar)*
- 3. Het aanplanten van stekken met slapende knoppen had geen aantoonbaar effect ten opzichte van 'gewone' stekken met goed ontwikkelde knoppen*
- 4. Het afzetten van de scheuten direct na het eerste groeiseizoen heeft tijdelijk een positief effect op de productie*
- 5. Het tijdelijke positieve effect op de productie is na 5 jaar niet meer aantoonbaar of zelfs omgekeerd in een productieverlies ten opzichte van de niet-afgezette vakken*



7 Overige factoren

Welke aspecten zijn verder nog onderzocht? Bemesting. Wildvraat. Menging. Samenvattende conclusies

7.1 Welke aspecten zijn verder nog onderzocht?

Behalve klonen, plantafstand, kapcyclus en aanlegmethode zijn er uiteraard nog andere factoren van invloed op de biomassaproductie van energiebeplantingen. Het effect van bemesting, wildvraat en menging wordt in dit hoofdstuk in het kort belicht.

Bemesting

Als er bij zulke intensieve teelten in korte omloop niet aanvullend wordt bemest om minimaal de bodemvruchtbaarheid in stand te houden, dan zal dit onherroepelijk tot aanwasverliezen leiden en tot een verminderde vitaliteit en vervroegde uitputting van de stoven. Met elke oogst verdwijnen er immers nutriënten. De energiebeplantingen zullen dan hun vitaliteit verliezen en eerder moeten worden vervangen. Als er helemaal niet wordt bemest, is het beheer ecologisch gezien niet-duurzaam (Conclusie 1).

Op de locatie Slootdorp heeft er één keer bemesting plaatsgevonden, in het voorjaar (eind april) twee jaar na de aanplant. Er is daarbij handmatig 400 kg KAS per ha gestrooid; op de overige proefveldlocaties is niet bemest. Op de terreinen van Staatsbosbeheer was dit nadrukkelijk niet toegestaan. Een uitzondering vormt de proeflocatie Emmen, waar in het jaar voorafgaand aan de overdracht

van het terrein aan het CPV, grote hoeveelheden drijfmest zijn opgebracht en ondergeploegd. Er is daar toen ook bekalkt om de zuurgraad van de bodem op te krikken. Dat was destijds niet bekend en bleek pas achteraf, toen de proeven reeds in de grond zaten. Maar het is vermoedelijk wèl de reden geweest dat de biomassaproductie in Emmen opvallend gunstig is gebleken voor zo'n relatief arme groeiplaats (Conclusie 2). Vooral in de latere jaren van het CPV-onderzoek werd de noodzaak tot het doen van aanvullende bemestingsproeven steeds urgenter geacht. Een aantal proeven is als zodanig opgezet bijvoorbeeld (B2, B3, F1, F6 en F7), maar geen van die proeven is lang genoeg gemonitord (door de voortijdige beëindiging van het CPV-onderzoek wegens geldgebrek) om statistisch verantwoorde resultaten te kunnen opleveren. De effecten van bemesting zijn bij de CPV-proeven dus eigenlijk niet of nauwelijks aan de orde gekomen. Voor toekomstig onderzoek aan energiegewassen valt er met dit onderwerp waarschijnlijk nog heel wat winst te behalen (Conclusie 3).

Het is noodzakelijk om het stikstof- en fosfaatgehalte op peil te houden (kali valt wel mee). Via atmosferische depositie valt er in Nederland gemiddeld 40 kg N/ha/jaar, maar dat zou ongeveer 80 kg moeten zijn om de bodemvruchtbaarheid in stand te houden. Als voorlopig bemestingsadvies geldt: ééns in de 3 jaar na het afzetten bemesten met ongeveer 150 kg N/ha, bij voorkeur toedienen op het moment dat de wilgen beginnen te groeien (vanaf begin mei). De benodigde fosfaatgift moet blijken uit de chemische samenstelling van blad- en bodemmonsters, die het beste kunnen worden genomen in augustus van het jaar voorafgaand aan het afzetten.

Wildvraat

Samen met de Stichting Energie Boerderij Project Sittard is nabij Susteren in Zuid-Limburg een wildvraatproef gedaan. Vooral in een bosrijke omgeving lopen energiebeplantingen het risico om letterlijk te grazen te worden genomen door reewild, hazen en konijnen. Behalve wildvraat (het afvreten van de jonge scheuten en verse bast) kan het wild ook schade aanbrengen door het omver duwen van de boompjes en door vegen (beschadigen van de bast door er tegen aan te schuren). Van reeën is bekend dat ze een voorkeur hebben voor bepaalde boomsoorten en een afkeur van andere (tenzij er natuurlijk niets anders meer te vreten is). Het doel van deze proef was om de mate van wildvraat bij verschillende wilgenklonen te onderzoeken.

De proef werd in 1996 aangelegd op een oppervlakte van 0,2 ha en bestond uit 26 verschillende wilgensoorten en –variëteiten (klonen), aangeplant met een dichtheid van 18.000 stuks/ha. Al snel bleek gedurende het eerste groeiseizoen dat het proefveld frequent door het wild werd bezocht en verschillen in vraat werden al gauw zichtbaar. Verrassend genoeg vertoonden enkele klonen geen enkel spoor van vraat. De meest resistente – minst smakelijke – soorten waren *Salix dasyclados* ‘Duitse dot 1’ en ‘Duitse dot 2’, *Salix molissima* ‘Deventer rood’ en *Salix fragilis* ‘Belgisch rood’. Het meest gevoelig voor wildvraat waren *Salix alba* ‘Rhoon’, *Salix triandra* ‘Zwarte driebast’, *Salix fragilis* ‘Platanoides’ en *S. fragilis* ‘Waardenburg’. In het tweede groeiseizoen was er nauwelijks sprake van vraatschade door het wild, omdat de scheuten zo snel boven het vraatniveau uitgroeiden, dat er voor het wild geen beginnen aan was. Het proefveld in Susteren heeft aangetoond dat wildvraat kennelijk vooral in het eerste jaar na aanleg

een rol van betekenis speelt (Conclusie 4). Een hoge beplantingsdichtheid zorgt ervoor dat er voldoende scheuten kunnen doorgroeien en daardoor is het niet nodig om aanvullende (en kostbare!) maatregelen te nemen om wildschade te voorkomen (Conclusie 5).

Menging

Ervaringen in Noord Ierland met de aanleg van gemende energiebeplantingen laten een significante reductie zien in de aantasting door roest. Het effect is tweeledig: het tijdstip van aantasting treedt enkele weken later op in het seizoen, hetgeen een aanzienlijk groeiwinst oplevert, en de mate van aantasting is een stuk minder ernstig. In Noord Ierland hebben ze al sinds 1976 ervaring met de aanleg van energieplantages. Roest wordt opgevat als de belangrijkste groei-beperkende factor in Ierland. De afgelopen 15 jaar is er onderzoek verricht naar het effect van mengingen om de impact van roest te beperken. De proef bestaat uit 20 verschillende wilgenklonen die in drie dichtheden zijn geplant (10.000, 15.000 en 20.000 stuks/ha), zowel in monocultuur als in individuele menging, waarbij het aantal klonen in de menging varieerde van 5, 10, 15 en 20 klonen (McCracken and Dawson 2001).

In situaties met een hoge roestdruk bleek menging de beste manier om de impact van roest te beperken en menging is bovendien de beste garantie om de duurzame instandhouding van de beplanting gedurende een periode van 20-30 jaar te waarborgen. De effectieve levensduur van een wilgenkloon in monocultuur is waarschijnlijk niet meer dan 10 jaar. Een bijkomend effect van menging was dat de opbrengst in droge stof groter was in vergelijking tot de monoculturen

van dezelfde variëteiten en dat de opbrengst toeneemt naar mate er meer klonen individueel worden gemengd. Het positieve effect van menging om de gevolgen van roestaantasting te beperken kwam in het Ierse onderzoek ongeveer overeen met het effect van het spuiten met fungicide met een tweewekelijks interval gedurende het hele groeiseizoen. Het gebruik van fungiciden in energieplantages is echter af te raden vanwege (1) de hoge kosten, (2) het dichte gewas maakt het vrijwel onmogelijk om de chemicaliën effectief te verspreiden en (3) het gebruik van grote hoeveelheden chemicaliën in (de omgeving van) kwetsbare natuurgebieden is maatschappelijk onacceptabel. Op grond van 15 jaar ervaring met gemengde beplantingen durven de Ieren te stellen dat het absoluut onverantwoord is om nog monoculturen aan te leggen die bestaan uit één of slechts enkele wilgenklonen (Conclusie 6) (zie ook Kuiper en Jansen 2002). Het beeld van zo'n gemengde opstand is bovendien voor bezoekers heel aantrekkelijk.

In Nederland is er eigenlijk nog geen ervaring met de aanleg van gemengde energiebeplantingen. Het CPV heeft in 1997 een proef opgezet met rijgewijze menging van populieren en wilgen in een demonstratiebeplanting nabij Nieuw Weerdinge in Drenthe. Van de 23 soorten wilgen en populieren in deze proef is slechts 1 wilgenkloon (*Salix viminalis* 'Gravance nantois') uitgevallen. De gemengde beplanting had 4 jaar na aanleg een gemiddelde jaarlijkse bijgroei van ruim 12 ton droge stof/ha. Dat is voor deze arme groeiplaats een opmerkelijk hoge productie. Dat suggereert dat de populieren en wilgen wederzijds profijt hebben gehad van de menging. De meest productieve soorten waren in deze proef: de wilgen *Salix alba* 'Het Goor', *Salix rubens* 'Bouton aigu', *Salix triandra* 'Black hollander' en

Salix triandra 'Grisette' en de populieren 'Koster' en 'Dorskamp'. Een redelijke groei vertoonden de wilgen Salix alba 'Lieveelde', Salix alba 'Belders' en Salix viminalis 'Orm' en de populieren 'Hees', 'Ellert' en 'Suwon'. Er is dus een groot aantal populieren- en wilgenrassen waaruit gekozen kan worden.

Rijgewijze of individuele menging?

Menging is altijd te prefereren boven een bloksgewijze aanplant per kloon in monocultuur. Menging kan zowel individuele menging of rijgewijze menging zijn. Beide methoden hebben voor- en nadelen. Voordeel van rijgewijze menging is de overzichtelijkheid bij de aanleg (elke rij een andere soort) en een grotere overzichtelijkheid bij het latere beheer, mits goed gedocumenteerd is welke klonen in welke rij staan. De beoordeling van de groeiprestaties of vatbaarheid voor ziekten is dan betrekkelijk eenvoudig. Het nadeel is, dat als er een kloon uitvalt, er meteen een hele rij verdwijnt, waardoor de opstand (tijdelijk) minder gesloten is. De hele rij aangrenzende bomen groeien dan scheef het gat in, waardoor de struiken een asymmetrische vorm krijgen, hetgeen de oogstbaarheid van de scheuten nadelig beïnvloedt. Dit is meteen het grootste voordeel van individuele menging: als er een kloon uitvalt, zal er slechts hier en daar een klein gat vallen, dat echter meteen door de buurbomen wordt opgevuld. Dat geeft veel minder asymmetrische groei. Individuele menging heeft als grootste nadeel dat alles door elkaar staat en vrijwel niemand meer weet wat waar staat. Valt er een kloon uit, of is er eentje minder vitaal, dan is het vaak lastig om vast te stellen om welke kloon het gaat. In het geval van individuele menging is de aanplant het gemakkelijkst te organiseren: er kan gewoon voor de voet weg worden geplant, als de

langscheuten van verschillende wilgenrassen voor de aanplant door elkaar worden gemengd. Op de stepplanter komen de verschillende klonen dan willekeurig in het afsnijmechanisme terecht. Bij het gebruik van een stepplanter worden er steeds 4 of 5 stekken van dezelfde kloon achter elkaar geplant, maar bij elke nieuwe langscheut zal het een andere kloon zijn. Het resultaat is dus een vrijwel 'at random' aanplant met korte "runs" van dezelfde soort.

Hoeveel soorten door elkaar mengen?

De ervaringen in Noord Ierland laten zien dat rond de 10 verschillende wilgenrassen het beste resultaat oplevert. Méér variëteiten mengen geeft nauwelijks een toegevoegde waarde, maar wel een hoop gedoe om voldoende stekmateriaal te vinden van zoveel soorten. Echter, het lijkt logisch dat de duurzaamheid van de beplanting op de langere termijn baat heeft bij het mengen van een groter aantal rassen, omdat een grotere (genetische) diversiteit de selectiedruk op de schimmel vermindert. Daardoor is er minder kans dat een agressief fysio (pathotype) van de schimmel gaat domineren. Minder dan 10 rassen is niet aan te raden, want als er dan een ras uitvalt, dan ben je meteen 10% van de oppervlakte en dus ook ongeveer 10% van de biomassaproductie kwijt.

Bij de nieuwste aanplant van het project Flevo-Energieteelt bij Lelystad is de suggestie uit Ierland (en elders) ter harte genomen: in het plantseizoen 2000 werd nog gewerkt met een bloksgewijze en rijgewijze menging, waarbij het aantal rassen varieerde van 1 tot 6. Echter, vanaf het plantseizoen 2001 is individuele menging toegepast. Het is nog te vroeg om uitspraken te kunnen doen over welke menging het meest succesvol is.

7.2 Samenvattende conclusies

1. *In energiebeplantingen zal aanvullende bemesting moeten plaatsvinden om de bodemvruchtbaarheid in stand te houden. Met elke oogst verdwijnen er immers nutriënten. Zonder bemesting zou het beheer ecologisch niet-duurzaam zijn.*
2. *De overvloedige bemesting met drijfmest in combinatie met bekalking voorafgaand aan de inrichting als energiebeplanting is vermoedelijk de reden geweest dat de biomassaproductie in Emmen opvallend hoog is voor zo'n relatief arme groeiplaats.*
3. *Met toekomstig bemestingsonderzoek aan energiegewassen valt er waarschijnlijk nog heel wat winst te behalen.*
4. *De wildvraatproef in Susteren heeft aangetoond dat wildvraat vooral in het eerste jaar na aanleg een rol van betekenis speelt in een bosrijke omgeving. In de jaren daarna was er nauwelijks sprake van vraatschade door het wild, omdat de scheuten snel boven het vraatniveau uitgroeiden.*
5. *Een hoge beplantingsdichtheid kan ervoor zorgen dat er voldoende scheuten doorgroeien boven het vraatniveau uit en daardoor is het niet nodig om aanvullende maatregelen te nemen om wildschade te voorkomen.*
6. *Ervaringen met energiebeplantingen in Ierland suggereren dat het vanwege de risico van roestaantasting onverantwoord is om (nog) monoklonale beplantingen aan te leggen.*



Al vrij snel na de aanleg kan er een aantrekkelijk bosbeeld ontstaan

8 Implicaties voor het beheer

Als energiebeplantingen in de (nabije) toekomst op grote schaal zullen worden toegepast, wat overigens niet persé in Nederland hoeft te gebeuren, maar bijvoorbeeld goed zou passen in de perifere gebieden van de EU-25, dan is het handig om te weten dat deze beplantingen 1 tot 2 jaar nodig hebben om goed op gang te komen. De terreinvoorbereiding, de aanschaf van stekmateriaal, de aanleg en het onderhoud gedurende het eerste groeiseizoen is specialistenwerk en het kan verstandig zijn om dat geheel of gedeeltelijk uit te besteden aan een aannemer of loonwerker die hiermee ervaring heeft. Contractueel kan bijvoorbeeld worden vastgelegd dat een definitieve afrekening pas plaatsvindt nadat de beplanting goed is aangeslagen en zijn eerste jaar goed is doorgekomen. Wanneer op deskundige wijze en op tijd wordt ingegrepen om het onkruid te bestrijden, voorkomt dat waarschijnlijk een boel teleurstelling of zelfs het mislukken van de beplanting. Wanneer de wilgen twee meter hoog staan te wuiven in de wind, wordt de beplanting overgedragen aan de beheerder. Na deze aanloopperiode is het beheer relatief eenvoudig. Ook de periodieke oogst en afvoer van de houtsnippers is desgewenst door een gespecialiseerde aannemer uit te voeren.

De biomassaproductie – en dus de energie-opbrengst per ha - wordt vooral bepaald door de groeiplaatsomstandigheden (bodem, klimaat, beschikbaarheid van water) in relatie tot de gebruikte klonen, plantafstand, lengte van de kapcyclus, kwaliteit van het stekmateriaal, het aanbrengen van menging en aanvullende bemesting. Tevens zijn

de roestdruk in de omgeving, het optreden van ziekten en plagen (met name insectenvraat), en de aanwezigheid van aangrenzend bos (i.v. m. wildvraat) mede bepalend voor de productiviteit en energie-opbrengst van energiebeplantingen. Het oppervlak van de energiebeplanting mag niet te klein of te versnipperd zijn, omdat anders de noodzakelijke beheersmaatregelen bedrijfseconomisch niet uit kunnen. Vaak is een minimale oppervlakte vereist om bijvoorbeeld oogstmachines effectief te kunnen inzetten. Ten aanzien van de maatschappelijke acceptatie is het belangrijk om energiebeplantingen landschappelijk op een aantrekkelijke wijze in te passen en zo veel mogelijk rekening te houden met recreatief medegebruik en de ontwikkeling van natuurwaarden. Met andere woorden: streven naar functie-combinaties. Uiteraard dient de beplanting te passen binnen de provinciale omgevingsplannen en gemeentelijke bestemmingsplannen.

Op teeltechnisch vlak heeft het CPV-onderzoek een aantal concrete maatregelen aan het licht gebracht om de aanleg en het duurzame beheer van energiebeplantingen te kunnen optimaliseren:

De belangrijkste conclusies op een rij

- 1. Het eerste groeiseizoen is als een soort aanloopjaar op te vatten, omdat wilgenklonen in het jaar van aanplant vrij traag op gang komen en slechts zeer weinig biomassa produceren.*
- 2. De teeltproeven laten (zeer) significante verschillen zien in biomassa-productie en dus in gemiddelde jaarlijkse energie-opbrengst per ha tussen klonen.*

3. *Onder Nederlandse omstandigheden wordt lang niet altijd een gemiddelde biomassa-productie van 10 ton/ha/jr gehaald.*
4. *Een zorgvuldige klonenkeuze is een belangrijk middel om de biomassa-productie te kunnen optimaliseren.*
5. *Meetcijfers in proefveld Emmen wijzen er op dat Robinia een veel geringere productie heeft dan populier of wilg en is daardoor eigenlijk niet geschikt is voor biomassateelt in korte omlopen.*
6. *Om de risico's van energieteelt met enige betrouwbaarheid te kunnen inschatten, is veldonderzoek met een groot aantal klonen over meerdere kapcycli nodig.*
7. *De plantafstand is nauwelijks geschikt als een middel om de gemiddelde biomassa-productie te kunnen sturen.*
8. *In veertig procent van de proeven was er geen enkel effect van de plantafstand; in dertig procent van de proeven was er aanvankelijk een effect van de plantafstand, maar dat verdween dan binnen een paar jaar. Het effect was dus slechts tijdelijk.*
9. *In bijna de helft van de proeven was er aanvankelijk een effect van de plantafstand, maar dat verdween dan binnen een paar jaar. Het effect was dus slechts tijdelijk.*
10. *Over het algemeen was er geen interactie tussen de plantafstand en kloon. Met andere woorden de klonen reageerden ongeveer op dezelfde wijze op verschillen in plantafstand.*

11. *Binnen één kloon lijkt er een direct verband te bestaan tussen plantaantallen per ha en de gemiddelde biomassaproductie: hoe groter het aantal per ha des te hoger de productie.*
12. *De ondergrens van de vereiste plantaantallen om nog een redelijke biomassaproductie te krijgen, zit in de range van 6700 tot 10.000 stuks per ha, indien er wordt gemikt op een 3 tot 4 jarige kapcyclus.*
13. *In veel proeven maakte de plantafstand geen wezenlijk verschil voor de gemiddelde productie. Dat geeft aan dat we op de aanplantkosten kunnen besparen, zonder dat dit (noemenswaardig) ten koste gaat van de productie.*
14. *De CPV-proeven lieten geen verschil zien tussen twee volledige kapcycli van drie jaar en drie volledige kapcycli van twee jaar. Dit suggereert dat de lengte van de kapcyclus geen (groot) effect heeft op de totale biomassaproductie.*
15. *Uit de proeven blijkt een zeer uitgesproken “dip” in bijgroei op te treden na elke periodieke kap. Het effect is echter tijdelijk en trekt meestal snel weer bij.*
16. *Uit de ervaringen van het CPV-onderzoek en het praktijkexperiment Flevo-Energieteelt blijkt dat populieren in feite ongeschikt zijn voor een intensief hakhoutbeheer, zeker in omstandigheden met een grote onkruiddruk. Wilgen zijn dan veel meer geschikt.*
17. *De proeven laten een duidelijk effect zien van de steklengte op de biomassaproductie: de productie is hoger bij langere stekken. Het gunstige effect van langere stekken op de productie blijkt echter slechts tijdelijk te zijn (hoogstens een paar jaar).*

18. *Het afzetten van de scheuten direct na het eerste groeiseizoen heeft tijdelijk een positief effect op de productie. Echter, na 5 jaar is het effect niet meer aantoonbaar.*
19. *In energiebeplantingen zal aanvullende bemesting moeten plaatsvinden om de bodemvruchtbaarheid in stand te houden. Met elke oogst verdwijnen er immers nutriënten.*
20. *Met toekomstig bemestingsonderzoek aan energiegewassen valt er waarschijnlijk nog winst te behalen.*
21. *De wildvraatproef in Susteren heeft aangetoond dat wildvraat vooral in het eerste jaar na aanleg een rol van betekenis speelt. In de jaren daarna was er nauwelijks sprake van vraatschade door het wild, omdat de scheuten snel boven het vraatniveau uitgroeiden.*
22. *Een hoge beplantingsdichtheid kan ervoor zorgen dat er voldoende scheuten doorgroeien boven het vraatniveau uit en daardoor is het niet nodig om aanvullende maatregelen te nemen om wildschade te voorkomen.*
23. *Ervaringen met energiebeplantingen in Ierland suggereren dat het vanwege de risico van roestaantasting onverantwoord is om (nog) monoklonale beplantingen aan te leggen.*
24. *Naar mate de productie van biomassa in energiebeplantingen in omvang toeneemt, zullen op basis van de opgedane praktijkervaringen nieuwe inzichten ontstaan voor optimalisatie van aanleg en beheer.*

Hoe nu verder?

Energieteelt kan op dit moment qua kosten nauwelijks uit. In het meest ideale geval, wanneer de grond gratis beschikbaar wordt gesteld en er een goede prijs voor de houtsnippers wordt betaald (bijvoorbeeld 35 euro/verse ton), dan duurt het ongeveer 12 jaar voordat met een energiebeplanting de initiële investeringskosten zijn terugverdiend. Daarna begint het een bescheiden winst begint op te leveren. De prijs voor biomassa is niet of nauwelijks te beïnvloeden omdat deze op de internationale markt wordt bepaald. Daarom ligt het meer voor de hand te streven naar kostenreducties. Om tot kostenreductie te komen, is een integrale benadering van de hele biomassaketten nodig. Optimale teelttechnieken, de lokale beschikbaarheid van aangepaste oogstmachines, efficiënte logistieke kanalen en de aansluiting op de brandstofeisen van de betreffende bio-energiecentrales zullen in onderlinge samenhang moeten worden bekeken. Om een constante aanvoer van biomassa naar de bio-energiecentrale te kunnen garanderen, is met name een goede logistiek erg belangrijk. In eerste instantie zullen goedkope reststromen worden ingezet als biomassa. Op termijn echter, kan geteelde biomassa een belangrijk onderdeel gaan vormen in de totale biomassa-mix, waarmee de beschikbaarheid en de vereiste kwaliteit van de brandstof goed in de hand kan worden gehouden.

Niet alleen vanuit de duurzame energiewereld zal er steeds harder getrokken gaan worden aan biomassa, maar naar verwachting ook vanuit de markt voor vloeibare en gasvormige biobrandstoffen (biofuels), o.a. voor motorvoertuigen. Als beide markten zich

inderdaad gaan ontwikkelen volgens hun eigen ambitieuze doelstellingen, dan staat de deur straks wijd open voor energieteelt.

Ontwikkelingen in de papierindustrie (immers ook een grote biomassagebruiker) laten zien dat zij nu reeds de aanleg van houtplantages krachtig aan het stimuleren zijn. Hout uit het 'gewone' bos zal ook in de toekomst in beperkte mate beschikbaar komen, omdat er steeds meer aanspraken worden gedaan op het bos vanuit verschillende maatschappelijke groeperingen (multifunctionaliteit). Dat betekent in concreto dat de houthouder steeds meer onder druk komt te staan. Industrieën met een grote houtbehoefte zien de bui al hangen en nemen zélf het initiatief om althans een deel van hun houtvoorziening veilig te stellen. Het areaal houtplantages in de wereld neemt dan ook in hoog tempo toe.

Het is zeer waarschijnlijk dat de biomassa-industrie een vergelijkbare ontwikkeling zal doormaken: aanvankelijk lijkt er voldoende biomassa beschikbaar te zijn om bio-energiecentrales te voeden met oud hout en sloophout en hout dat vrijkomt bij de traditionele houtverwerking. Echter nu reeds (2003) begint de rek er al uit te gaan wat betreft de inzet van oud hout. Bijvoorbeeld in Duitsland is dat al goed merkbaar. Bovendien heeft veel van het industriële resthout al een andere (zinvolle) bestemming. Dus ook die potentiële bron van biomassa voor energiedoeleinden is beperkt. Dan blijft het gewone bos over als belangrijkste leverancier van biomassa én natuurlijk speciale energieplantingen. Wereldwijd wordt er nu al jaarlijks ruim een miljoen ha korte omloopbos aangeplant en die uitbreiding van het areaal zal alleen maar toenemen. Het is een kwestie van tijd voordat er

op grote schaal biomassa-plantages voor duurzame energie en voor biofuels zullen worden aangelegd op voormalige landbouwgrond. In Europees verband zullen de komende jaren miljoenen hectares landbouwgrond vrijkomen voor andere bestemmingen. Energieteelt kan dan een zeer reële optie zijn. In Nederland zal de bijdrage van energieteelt overigens zeer beperkt zijn vanwege de schaarse ruimte en de zeer dure grond.

Energiebeplantingen zouden in ons land bijvoorbeeld onderdeel kunnen gaan uitmaken van meervoudig landgebruik, waarbij de teelt van biomassa bijdraagt aan de financiering van multifunctionele landgebruiksvormen. Voorbeelden van dergelijke functiecombinaties zijn de combinatie van energieteelt met natuurontwikkeling in bufferzones, herinrichting van het landelijk gebied, recreatie, drinkwatervoorziening of de biologische reiniging van baggerspecie. Deze opties dienen verder verkend te worden. Ook de opschaling van energieteelt naar een praktijkschaal is een belangrijk aandachtspunt, waarmee een verdere kostenreductie mogelijk is. Ten slotte zijn voorlichting en communicatie essentieel om voldoende maatschappelijk draagvlak te genereren voor duurzame energie uit geteelde biomassa.

Omdat de kansen voor financiering van langlopend onderzoek naar energieteelt op dit moment niet erg groot lijken, zou als alternatief het praktijkexperiment Flevo-Energieteelt met 60 ha energiebeplantingen zodanig kunnen worden beheerd en gemonitord dat in de loop der jaren de effecten van verschillende beheersmaatregelen zichtbaar worden. Dat vereist een bereidheid van Staatsbosbeheer om het

beheer op dit punt aan te passen. Om de meerkosten van het aangepaste beheer en de monitoring te kunnen dekken zou externe financiering kunnen worden gezocht.



Geraadpleegde literatuur

Christersson, L. and Kuiper, L. 2002. IEA Bioenergy Task 17, Short rotation crops for energy purposes. Proceedings from the Task 17 meeting in The Netherlands and Sweden, December 11-16, 2000.

Coeleman, B. en Pijanowska, B. 1996. Mogelijkheden voor kleinschalige energie-opwekking met geteelde biomassa. Rapport CPV, Wageningen.

Daamen, W. 1995. Meetinstructie biomassa-bepaling van energie-beplantingen. Rapport 62, Maatschap Daamen, Schoonderwoerd en De Klein.

Daamen, W. 1996. Onderzoeksresultaten 1996 van de energie-beplantingen in Slootdorp en Dronten. Rapport 64, Maatschap Daamen, Schoonderwoerd en De Klein.

Daamen, W. en Heineman, A. 1999. CPV Bioenergy crops experimental database 1993-1998. Rapport CPV, Wageningen.

Dik, E. en Burg, J. van den, Timmer, W. en Wit, M. de. 1986. Drogestof productie van enkele populierencultivars in een vierjarige omloop. Rapport 427, De Dorschkamp, Wageningen.

Dik, E. en Burg, J. van den. 1991. Drogestof productie van enkele populierencultivars in een vierjarige omloop. De tweede omloopperiode. Rapport 683, De Dorschkamp, Wageningen.

Gigler, J.K., Meeusen-van Onna, M.J.G. en Annevelink, E. 1999. kansen voor energie uit biomassa. Resultaten van een 4-jarig DLO-onderzoekprogramma. Dienst landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 58 p.

Kuiper, L., Brouwer, H. en Venendaal, R. 1998. Handreiking biomassa voor duurzame energie. Brandstofvoorziening voor een ecologisch en economisch verantwoorde bio-energieketen. Novem, Utrecht, 56 p.

Kuiper, L. 1999. Dossiers CPV proefbeplantingen Boxtel, Flakkee, Dronten, Emmen, Slootdorp, Zeewolde. Rapport SBH Wageningen.

Kuiper, L. 1999. Verslag Annual Meeting IEA Bioenergy Task 17. Impressies van een workshop in Auburn, USA, september 1999. EWAB-rapport 9931

Kuiper, L en Jans, R. 2000. Eindrapportage project Flevo-Energie Hout 2000. Rapport SBH Wageningen.

Kuiper, L. 2001. Praktijkexperiment met het eerste jaar onderhoud van energieplantages. Rapport SBH Wageningen.

Kuiper, L. 2001. Fase 2 van het project Flevo-Energieteelt. Rapport SBH Wageningen

Kuiper, L. en Jansen P.A.G. 2002. Financiële analyse en risicoprofiel van Flevo-Energieteelt. Rapport SBH Wageningen.

Kolster, H. 1982. De teelt van populierenhout bij zeer korte omlopen. Themanummer "Bos en energie", Nederlands Bosbouw tijdschrift juli/augustus.

McCracken, A.R and Dawson, W.M. 2001 Effect on yield of growing short rotation coppice willow in species and varietal mixtures. First World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, Spain, 5-9 June 2000, pages 187-190. James & James (Science Publishers) Ltd.

Ruinaard, H. 2002. De energieteelt van wilgen in Nederland. Rapport Stichting Energie Boerderij Poject Sittard.

Schoonderwoerd, H. Statistische onderbouwing van enkele onderzoeken naar biomassaproductie van populier en wilg. Rapport 54, Maatschap Daamen, Schoonderwoerd en De Klein.

Schoonderwoerd, H. Statistische onderbouwing van enkele onderzoeken naar biomassaproductie van populier en wilg (II). Rapport 57, Maatschap Daamen, Schoonderwoerd en De Klein.