

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 543 2003



Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke

– SLUTRAPPORT FÖR ENERGIMYNDIGHETENS PROJEKT P12705

Lars Rytter, Lars-Göran Stener & Martin Werner
Foto: Lars Rytter

Framsidesbild: Det självföryngrade hybridaspbeståndet söder om Hjälmarén vid Dimbo vid 11 års ålder (Lars Rytter)

Ämnesord: Biomassa, hybridasp, gagnvirke, tillväxt

Skogforsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

Skogforsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på tre centrala frågeställningar: Skogsodlingsmaterial, Skogsskötsel samt Råvaruutnyttjande och produktionseffektivitet. På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien ARBETSRAPPORT dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från Skogforsk publiceras i följande serier:

NYTT: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

RESULTAT: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

REDOGÖRELSE: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

HANDLEDNINGAR: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Summary.....	3
Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Bakgrund.....	5
Mål	6
Sektorsrelevans.....	6
Projektets omfattning och försöksuppläggning	6
Resultat och diskussion.....	8
Tillväxt och produktion	8
Effekter av gallringsstrategi.....	11
Skottuppslag efter gallring och avvverkning.....	13
Näringsinnehåll och näringsuttag	15
Slutsatser	19
Måluppfyllelse	19
Allmänt	19
Publicering	20
Omnämnande i pressen	21
Referenser.....	22

Summary

The main objective of this project has been to produce information about growth levels in stands of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) of varying ages and treated with different silviculture alternatives. Other objectives were to examine economic and ecological effects of hybrid aspen cultivation. Measurements were carried out in 17 different stands at 15 locations. The sites represent plantations with selected plant material from the 1980's as well as root sucker generations originating from older selections. Three different silviculture alternatives were studied on seven of the sites. The alternatives are: 1) weak thinnings aiming at giving large biomass quantities as well as giving information about the highest possible yield of the site; 2) conventional thinnings according to forestry practice in Sweden; 3) strong thinnings aiming at early biomass harvest and rapid stem dimension development of remaining trees.

The results obtained so far indicate a mean annual increment of above 20 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ during a 20–25 year rotation period on good soils in southern Sweden. Since the branches constitute about 30 % of the stem weight, the total average above ground biomass production will annually exceed 25 m³ ha⁻¹. The mean increment is now between 17 and 20 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ for the different treatments in the oldest stand (18 years). The current annual increments varied considerably because of different sites, between year differences in climate, and different treatments, but they reach roughly about 30 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ at 15 years of age. Significant effects of the different silviculture alternatives could be seen already five years after starting the treatments. The stronger the thinning, the lower the production has been, but the thicker the stem dimensions have become in dominating trees. No differences in height development were detected between the treatments.

A rich appearance of root suckers will be seen after thinning and harvest operations. On our research areas, we have estimated the number of root suckers to be between 60 000 and 90 000 living shoots two years after final felling. This shows that a cheap regeneration can be obtained but also that early pre-commercial thinnings are necessary. These measures may result in considerable quantities of available biofuels. An understorey of root suckers will also appear after ordinary thinnings. Our studies indicate that this understorey will rapidly lose its vitality, so the possibilities to use it for energy purposes seem quite small.

The rapid growth of hybrid aspen stands gives a positive profitability. Economic estimates have shown that hybrid aspen forestry may be more profitable than spruce forestry, especially if the rate of interest is high. Cultivation of hybrid aspen can also cope with the costs for fencing when game populations are problematically high.

Analyses of the nutrient content in woody biomass show that the nutrient concentrations in hybrid aspen stems decrease with age. The variation between trees of different sizes is, however, small within the stand. The results also indicate that removal of tops and branches leads to a demand of reapplication of nutrients to sustain the site productivity. Removal of only stems at harvest also means that at least some of the macronutrients must be brought back. Some decrease of the nutrient removal may result from the use of hybrid aspen clones that store less nutrient amounts in stems and branches during wintertime. A study revealed significant differences among clones, but also that the differences were quite small.

Sammanfattning

Viktiga mål för projektet har varit att ta fram information om tillväxtnivåer i hybridaspbestånd (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) vid varierande ålder och vid olika skötselalternativ, samt att ge ekonomiska och ekologiska synpunkter på odling av hybridasp. Mätningar och inventeringar har utförts i 17 olika bestånd på 15 lokaler i södra Sverige. Lokalerna representerar dels planteringar med selekterat växtmaterial från 1980-talet, dels rotskottsförnyringar från äldre utvalt material. På sju av lokalerna har olika skötselalternativ studerats. De tre alternativen är: 1) svag gallring med syfte att snabbt ge stora kvantiteter biomassa och samtidigt ge information om högsta möjliga produktion på lokalen; 2) konventionell röjning och gallring enligt upprättade scheman från det praktiska skogsbruket; 3) kraftiga röjningar och gallringar med avsikten att tidigt ta ut biomassa och snabbt nå grova dimensioner av god kvalitet hos kvarvarande träd.

Resultaten hittills tyder på att medelproduktionen kommer att överstiga $20 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ under en 20–25-årig omloppstid på bra mark i södra Sverige. Då grenarna utgör ungefär 30 % av stamvikten kommer den årliga totala ovanjordiska medelproduktionen av vedbiomassa att bli över $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. I det äldsta beståndet har medelproduktionen nått upp till mellan 17 och $20 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i de olika skötselalternativen efter 18 år. Den löpande tillväxten har varierat kraftigt beroende på lokal, årsmån och skötsel, men kan grovt sägas nå upp till ungefär $30 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ vid 15 års ålder. Signifikanta effekter av de olika skötselalternativen framkommer redan efter fem år. Ju starkare gallringsin-greppen var, desto lägre medelproduktion, men grövre stamdimensioner hos dominerande träd uppmättes. Inga skillnader i höjdtveckling kunde ses mellan skötselalternativen.

Efter gallring och avverkning kommer ett rikligt uppslag av rotskott. I våra försök uppskattades antalet skott två år efter slutavverkning till 60 000 – 90 000 levande skott per hektar. Detta visar att man kan få en billig förnyring, men också att tidiga röjningsinsatser är nödvändiga. Dessa kan ge ett värdefullt tillskott av biobränsle. Även efter gallring uppkommer ett underbestånd av rotskott, men deras vitalitet avtar dock snabbt och möjligheterna att utnyttja dessa skott för biomassaändamål bedöms som relativt små.

Den höga tillväxten i hybridaspbestånd ger god lönsamhet och utförda beräkningar visar att ekonomin blir bättre än vid granodling, särskilt då avkastningskraven är höga. Odling av hybridasp kan ekonomiskt även bära kostnaderna för att sätta upp hägn där viltbetning utgör ett problem.

Resultat från näringsanalyser av vedbiomassan visar att näringskoncentrationen i hybridaspstammar sjunker med stigande ålder. Variationen mellan olikstora träd är dock liten inom ett bestånd. Resultaten tyder på att uttag av grenar och toppar i samband med skörd leder till att näring måste återföras till lokalen för att tillväxten skall vara uthållig. Även då enbart stammar skördas är det sannolikt att flera makronäringsämnen måste tillföras. Det går att i viss mån minska näringsuttaget vid vinteravverkning genom att välja hybridaspkloner som lagrar upp mindre näring i stam och grenar. En studie har påvisat signifikanta skillnader mellan kloner, men att de är relativt små.

Inledning

BAKGRUND

De första korsningarna i Sverige mellan europeisk och amerikansk asp (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.) utfördes 1939 på Ekebo utanför Svalöv i Skåne. Svenska tändsticksbolaget visade stort intresse för hybridasp och ett ganska omfattande förädlingsarbete lades ned på att förbättra odlingsmaterialet. Då hybridens tillväxt visade sig vara överlägsen den vanliga aspens (*P. tremula*) koncentrerades förädlingsarbetet på hybrididen. Efter ett par decennier minskade intresset för produktion av tändstickor i Sverige och därmed upphörde förädlingsverksamheten. Under slutet av 1980-talet vaknade åter intresset för hybridasp, nu som en alternativ gröda på överbliven jordbruksmark. Åtskilliga undersökningar rörande hybridasp har utförts i de nordiska länderna (se t.ex. Johnsson, 1953; Eriksson, 1984; Stener, 2002), men även utanför Norden har ett intresse funnits för odling av hybridasp (t.ex. Melchior & Seitz, 1966; Li et al., 1993; Hofmann-Schielle et al., 1999). Odlingarna i Sverige är ännu av liten omfattning, men i Finland och Estland görs nu stora kommersiella satsningar (Laipio, 1997; Karlsson & Holm, 2002).

Hybridasp har ett flertal positiva egenskaper som gör att den är intressant för odling. Den har en dokumenterat hög produktion över stora delar av landet under en kort omloppstid på 20–25 år (Elfving, 1986a, 1986b; Karlsson, 1986; Rytter et al., 2000; Rytter, 2002). Man får också en mer eller mindre gratis förnygring från och med andra generationen, eftersom slutavverkning av etablerad hybridasp ger ett rikligt uppslag av rotskott (Bärring, 1988; Hansson, 1989; Rytter et al., 2000). Virket av asp och hybridasp är mycket likartat och har många användningsområden, bl.a. som massaved, energived, tändstickor, pallvirke, träsnideri, emballage och blindfaner. De många användningsområdena leder i sin tur till stora variationsmöjligheter i skogsskötseln där uttagen av bränsleflis, massaved och timmer kan varieras. Man har även funnit en stor genetisk variation för olika egenskaper (Johnsson, 1953; Karlsson & Danell, 1992; Stener, 1998; Yu et al., 2001; Rytter & Stener, 2003). Detta innebär att det i framtiden finns goda förutsättningar att förbättra tillväxt, kvalitet och näringshantering genom förädling.

Det finns också en del negativa sidor med odling av hybridasp, bl.a. ett högt plantpris. Det kompenseras av att man använder ett glesst förband (ca 1 100 plantor ha⁻¹) och att plantering är en engångsföreteelse, eftersom man i fortsättningen sannolikt kan förlita sig på självförnygring med rotskott. Även om hybridasp är relativt konkurrenstålig, medför konkurrens från markvegetation, främst gräs, att etableringen fördröjs och att risken för gnagskador av sork ökar (Rytter, 2000). Hybridasp är mycket viltbegärlig och vilthägn krävs sannolikt i ca 10 år vid normalt vilttryck och i princip under hela omloppstiden där vilttrycket är högt.

Stamkräfta (*Hypoxyylon mammatum*) och grenkräfta (*Leucostoma niveum* tidigare *Valsa nivea*) kan vara ett problem på hybridasp (Ilstedt & Gullberg, 1993). Resultat från 11–16-åriga genetiska fältförsök i södra Sverige med totalt 280 hybridaspkloner har visat att andelen träd med tecken på kraft- och stamspricksskador varierade från 1 till 19 % mellan de totalt 10 försöken (Stener & Karlsson, 2003). Det skall dock påpekas att inga träd hade dött och få träd

hade allvarliga skador. Klonernas känslighet för kräfte har vägt tungt vid urvalet av bra skogsodlingsmaterial till södra Sverige, varför dagens material torde vara mindre känsligt för kräfte än gårdagens.

För att förebygga skador är det också viktigt att bestånden hålls vitala. Hybridasp kräver näringsrika, friska marker med rörligt markvatten för att trivas.

MÅL

Det långsiktiga målet för projektet är, att 1) utvärdera möjligheterna att kombinera hög biomassaproduktion och biomassauttag med produktion av högkvalitativt gagnvirke i hybridaspbestånd. Därvid undersöks även, 2) bortförda näringsmängder i samband med skörd av vedbiomassa, vilket ger underlag för bedömning av behov och storlek av askåterförsel, samt 3) hybridens uthålliga produktionsförmåga vid upprepad avverkning.

SEKTORSRELEVANS

För att utveckla intensiva skogsskötselsystem till bärkraftiga alternativ i omställningen till förnyelsebara energikällor krävs att produktionen, och därmed uttaget av biobränslen, är hög och uthållig. I detta ligger också en billig, men säker, förnyring efter avverkning. Samtidigt är det väl känt att bestånd med färre och grövre stammar ger ett värdefullare virke och kan förbättra ekonomin och öka flexibiliteten i skogsbruket. Förutom en hög produktion krävs det även att systemen är miljömässigt acceptabla och att bortförd näring kan kvantifieras och återföras.

I de undersökta skötselmodellerna ingår att tillvarata röjningsvolymen. Dessa kan, som exempel, tas ut med hjälp av en drivare med ackumulerande fällhuvud med efterföljande flisning på avlägg (Eriksson & Rytter, 2000). Det medför att bränsleflis erhålls samtidigt som kostnaden för röjning reduceras och i vissa situationer även kan ge en intäkt. Flisen kan utnyttjas i biobränsleanläggningar.

En ökad gagnvirkesproduktion av lövträd är angelägen då en fortsatt brist på inhemsk lövmassaved och lövtimmer kan förutspås. Import av lövvirke bedöms vara en långsiktigt osäker lösning. Det finns även önskemål att generellt sett öka lövandelen i våra skogar (Swedish FSC-Council, 1998; Miljödepartementet, 2000; PEFC Sweden, 2002). Ett sätt att genomföra detta är att visa på ekonomiskt lönsamma odlingsalternativ för lövskog. Ekonomiska kalkyler har visat att redan ett ordinärt skogsbruk med hybridasp, d.v.s. uttag av massaved och sågbart virke, har god lönsamhet (Rytter et al., 2002). Projektets resultat bör i stor utsträckning kunna tillämpas då man odlar andra snabbväxande lövträdsarter och kan ses som ett bidrag till att införa nya intensiva, men miljömässigt anpassade, skogsskötselsystem.

PROJEKTETS OMFATTNING OCH FÖRSÖKSUPPLÄGGNING

För att ge underlag för en skötselutvärdering jämförs tre olika skötselalternativ på sju olika lokaler. Alternativen är 1) svaga ingrepp där avsikten är att snabbt erhålla stora mängder vedbiomassa och nå slutavverkning, och där odlingen balanserar på gränsen till självgallring, 2) konventionell röjning och gallring

enligt befintliga skötselmodeller där man upprätthåller hög produktionsnivå, men också tydligt undviker självgallring, och 3) kraftiga tidiga röjningar/gallringar, i kombination med stamkvistning, i syfte att dels tidigt få stora vedbiomassamängder i röjnings- och gallringsuttag, och dels grova dimensioner och hög kvalitet på kvarstående timmerträd. I flera av dessa bestånd har vedprover samlats in för att uppskatta näringsinnehållet i röjda och gallrade träd (Rytter, 2002). I ett av bestånden (Lönnstorp) har vi även tagit vedprover för att studera skillnader i näringsinnehåll i stam- och grenbiomassa mellan kloner av hybridasp (Rytter & Stener, 2003).

Under projektets första år lokaliserades och inmättes de bestånd som nu ingår i projektets gallringsstudie. Dessutom etablerades ett nytt försök på lokalen i Snogeholm (se nedan). Grundkraven på ingående gallringsbestånd var att de skulle rymma åtminstone två av ovanstående skötselalternativ, samt vara någorlunda homogena. Ett ytterligare krav var att viltskador endast tillåts i liten omfattning varför flera av lokalerna varit eller är hägnade. Det visade sig vara omöjligt att lägga ut tre upprepningar av varje skötselalternativ på alla lokaler. Antalet väletablerade, och hägnade, hybridaspbestånd var begränsat och de som fanns var i flera fall små. Eftersom vi prioriterade jämna bestånd och kraven på hägn i viltrika trakter fick vi acceptera ett mindre antal provytor än vad vi ursprungligen planerade. Förutom de bestånd som använts för gallringsstudien har även andra försök, som etablerats inom Skogforsks förädlingsverksamhet, utnyttjats för att få information om hybridaspens tillväxtpotential. På dessa lokaler har det konventionella gallringsalternativet applicerats. De bestånd som i någon form utnyttjats inom projektet under de gångna åren finns angivna i tabell 1. Samtliga bestånd, utom i Ramsås, växer på före detta jordbruksmark.

På lokalen i Snogeholm har ett hybridaspbestånd anlagts där hybridens uthållighet i produktion och vitalitet vid upprepade avverkningar kommer att studeras. Vi avser, och hoppas på, att få finansiering för att framdeles testa de fyra omloppstiderna 5, 10, 15 och 20 år. Inventering av beståndet hösten 2002 visade att överlevnaden varierade mellan 72 % och 99 % över de olika ytorna, vilket är acceptabelt för att kunna utföra uthållighetsstudien enligt plan. Medelhöjden var nära 6 meter.

Tabell 1.

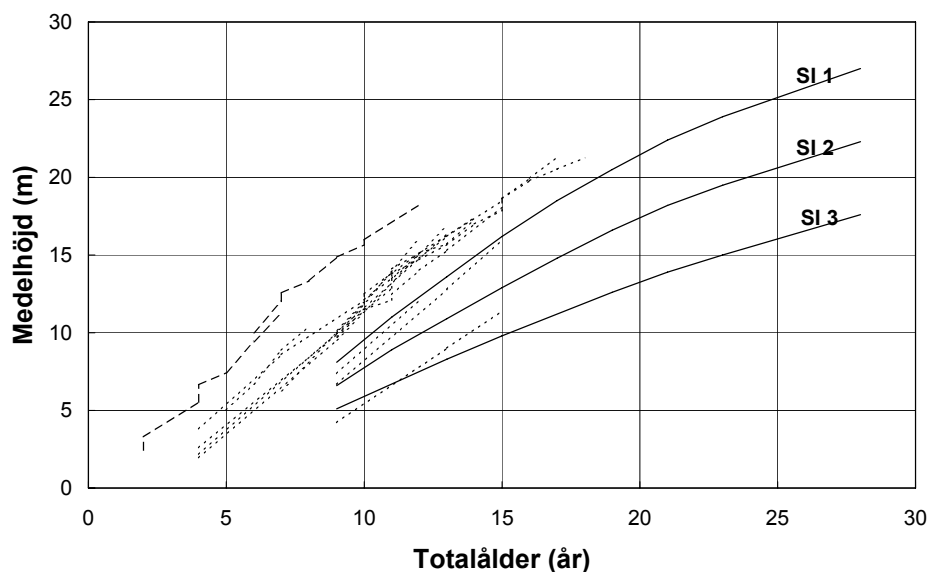
Hybridasplokaler som i någon form ingått i Energimyndighetens projekt "Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke". Lokaler som markerats med * ingår i gallringsstudien.

Lokal	Län	Latitud (°N)	Longitud (°Ö)	Altitud (m ö.h.)	Totalålder 02/03 (år)
Plantering					
Braxstad	T	59° 18'	15° 20'	100	16
Bulstofta*	M	56° 00'	13° 00'	75	18
Ekebo	M	55° 57'	13° 07'	95	14
Helenedal*	L	55° 36'	14° 00'	85	15
Hyby	M	55° 34'	13° 16'	40	10
Ingelstad*	G	56° 43'	14° 54'	150	17
Kavlås	R	58° 13'	13° 52'	145	14
Lönnstorp*	M	55° 57'	13° 06'	80	16
Snogeholm	M	55° 33'	13° 43'	45	5
Sofielund	M	55° 58'	13° 01'	75	13
Trolleholm	M	55° 55'	13° 21'	95	13
Ättersta	D	59° 08'	15° 57'	60	13
Självföryngring					
Dimbo*	T	59° 08'	15° 45'	30	12
Jordkull*	M	55° 59'	13° 02'	80	2
Ramsås*	G	56° 42'	14° 13'	145	6
Bulstofta*	M	56° 00'	13° 00'	75	18
Ekebo	M	55° 57'	13° 07'	95	14

Resultat och diskussion

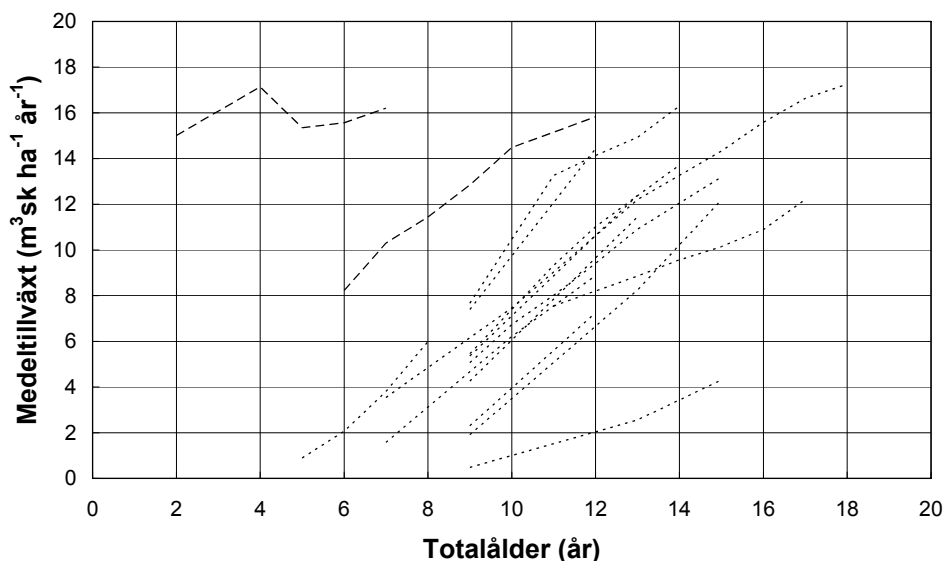
TILLVÄXT OCH PRODUKTION

Hybridasp uppvisar en snabb höjdtillväxt och redan vid 12 års ålder nåddes en medelhöjd på ca 15 m i många av de planterade bestånden (figur 1). Utvecklingen var betydligt snabbare än vad Jakobsen (1976) redovisar för bästa bonitet i Danmark. Höjdtillväxten var tämligen lika för de flesta planteringarna och endast tre av dem växte inledningsvis betydligt långsammare. Starkt bidragande orsaker till detta var sannolikt en betydande konkurrens om vatten och näring i etableringsskedet från gräs och/eller mindre lämplig ståndort. Höjdtillväxten i de båda rotskottföryngrade bestånden var avsevärt snabbare än i planteringarna och låg ungefär 2–3 m före de bästa planteringarna vid beståndsåldrarna 4–12 år. Den viktigaste förklaringen är att rotskotten inledningsvis kan utnyttja det gamla rotsystemet. Till skillnad från höjdtillväxten skiljde sig däremot inte diameterutvecklingen mellan planterade och rotskottföryngrade bestånd. Detta kan både bero på att rotskotten vuxit tätare än träden i planteringarna, trots att kraftfulla röjningar utförts, och att rotskotten inledningsvis är slankare än planterade träd. Brösthöjdsdiametern nådde ungefär 15 cm vid 12 års ålder på de bästa lokalerna och i det äldsta beståndet i Bulstofta (Skåne) var grundyttemedelstammen över 22 cm vid 18 års ålder.



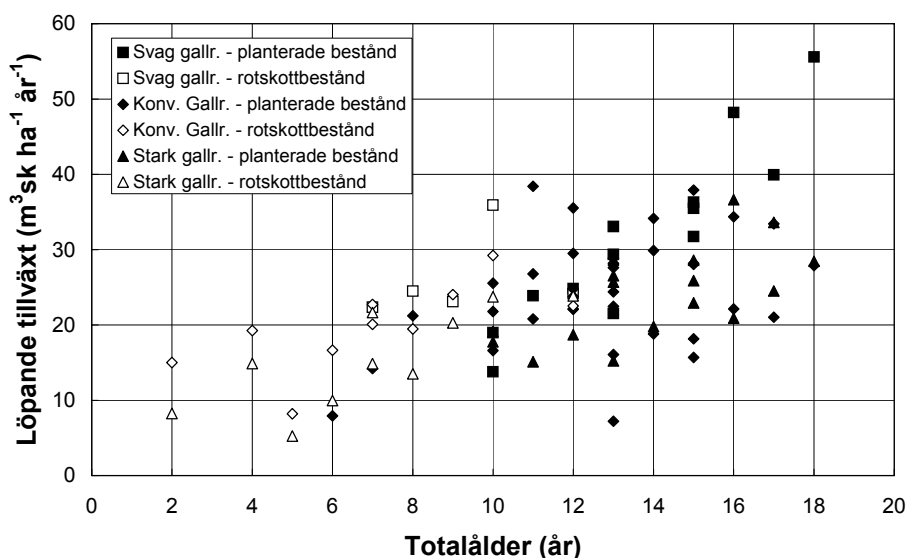
Figur 1. Höjdtvecklingen i planterade bestånd (prickade linjer) och i rotskottföryngringar (streckade linjer). Höjdtvecklingskurvorna för tre boniteter i Danmark (Jakobsen, 1976) har inkluderats. Höjderna i vår studie har uttryckts som aritmetiska medelvärden, medan Jakobsen anger höjder för grundytmedelstammarna.

För det konventionellt gallrade alternativet i de planterade hybridaspbestånden var medeltillväxten $10\text{--}16\text{ m}^3\text{sk ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ efter 14 års odling (figur 2). I försöksseriens äldsta bestånd, Bulstofta, är medeltillväxten redan nu uppe i över $17\text{ m}^3\text{sk ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ vid normal gallring, vilket är $1\text{ m}^3\text{sk}$ mer än vad Jakobsen (1976) och Elfving (1986a) bedömde som sannolikt under en omloppstid på ca 25 år. Den löpande tillväxten, baserad på 1–3 års tillväxt, har varierat kraftigt, bl.a. på grund av ålder, förband, årsmån och gallringsingrepp, men kan i medeltal bedömas nå ungefär $30\text{ m}^3\text{sk ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ vid 16 års ålder (figur 3). Vi har ännu inte sett att den löpande tillväxten planat ut. De redovisade resultaten ger således goda förhoppningar om att det med dagens odlingsmaterial ska gå att få över $20\text{ m}^3\text{sk ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ i medeltillväxt vid praktisk drift. Då grenarnas andel utgör ungefär 30 % av stamvikten (Rytter & Stener, 2003) bör medeltillväxten komma att överstiga 25 m^3 vedbiomassa eller, uttryckt i vikt, över $8\text{ ton TS ha}^{-1}\text{år}^{-1}$. De nämnda siffrorna har erhållits utan att bestånden vattnats och gödslats, vilket är viktigt att notera när man jämför med andra snabbväxande grödor. I gödslade bestånd med *Salix*-arter brukar man räkna med en medelproduktion på drygt $10\text{ ton TS ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ (Willebrand et al., 1993; Ledin, 1996; Larsson, 2001). Hybridasp kan alltså hävda sig väl med de snabbast växande vedartade grödorna i landet.



Figur 2.
Utvecklingen av medeltillväxten, uttryckt som stamvolym på bark, för hybridaspbestånd med konventionell gallringsregim. Planterade bestånd visas med prickade linjer och självföryngrade rotskottbestånd anges med streckade linjer. Ett röjningsingrepp, vars volym inte tagits med, utfördes i det äldsta rotskottbeståndet innan det togs med i projektet (efter Rytter et al., 2002).

Volymtillväxten i andra generationens skottuppslag kan förväntas bli högre än i de inledande planteringarna, bl.a. beroende på att beståndens täthet ofta är mycket höga. Produktionen, liksom höjdtillväxten, startade också, som väntat, mycket snabbare i självföryngrade än i planterade bestånd (figur 1 och 2). I självföryngrade bestånd erhålls ofta ett stort antal skott, huvudsakligen rotskott, och dessa försörjs av ett redan befintligt rotsystem. I Ramsås var därför medelproduktionen vid 7 års ålder drygt $16 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ vid konventionell röjning. Den löpande tillväxten har varierat starkt på grund av röjningsingrepp och var år 7 ca $20 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (figur 3).

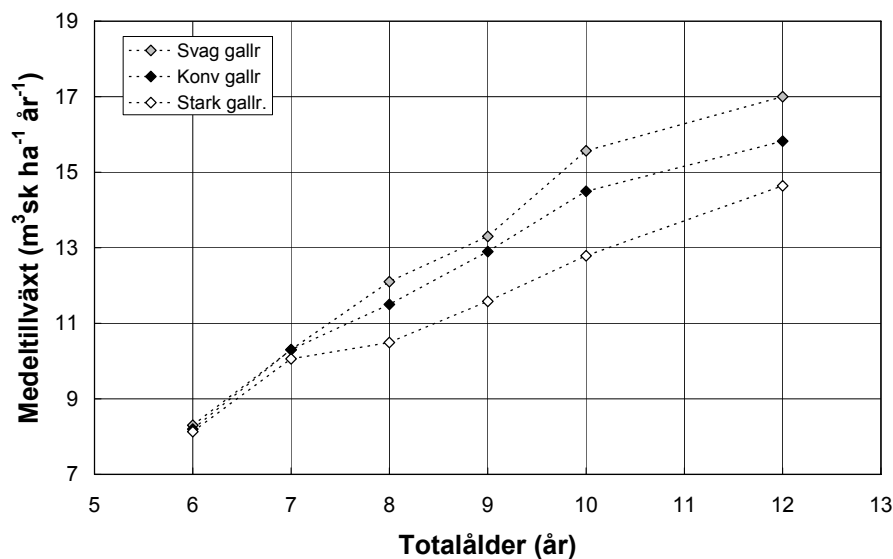


Figur 3.
Löpande tillväxt, uttryckt som stamvolym på bark, i de inventerade hybridaspbestånden. Symboler för olika beståndstyper och behandlingar framgår av figuren.

I Dimbo nådde medeltillväxten nästan $16 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ vid 12 års ålder i det konventionellt gallrade alternativet, och då är inte en inledande röjning medräknad. Den löpande tillväxten var år 10 drygt $29 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (figur 3). På lokalen i Ramsås uppskattades totalproduktionen efter 6 år till ca $77 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1}$ som ett medelvärde av de båda skötselalternativen. Som en jämförelse kan nämnas att i det planterade beståndet i Hyby beräknades totalproduktionen till ungefär $12 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1}$ efter 6 år. Då asp är ett ljuskrävande trädslag (Almgren, 1990; Rytter, 1998) är det stor risk att trädens vitalitet avtar om inte bestånden röjs i ett tidigt skede. Det finns således inledningsvis i andra generationens självföryngring ett stort antal stammar som inte är tillräckligt grova för att kunna utnyttjas som konventionellt gagnvirke, men som måste röjas bort och då bör kunna tas om hand som biobränsle.

EFFEKTER AV GALLRINGSSTRATEGI

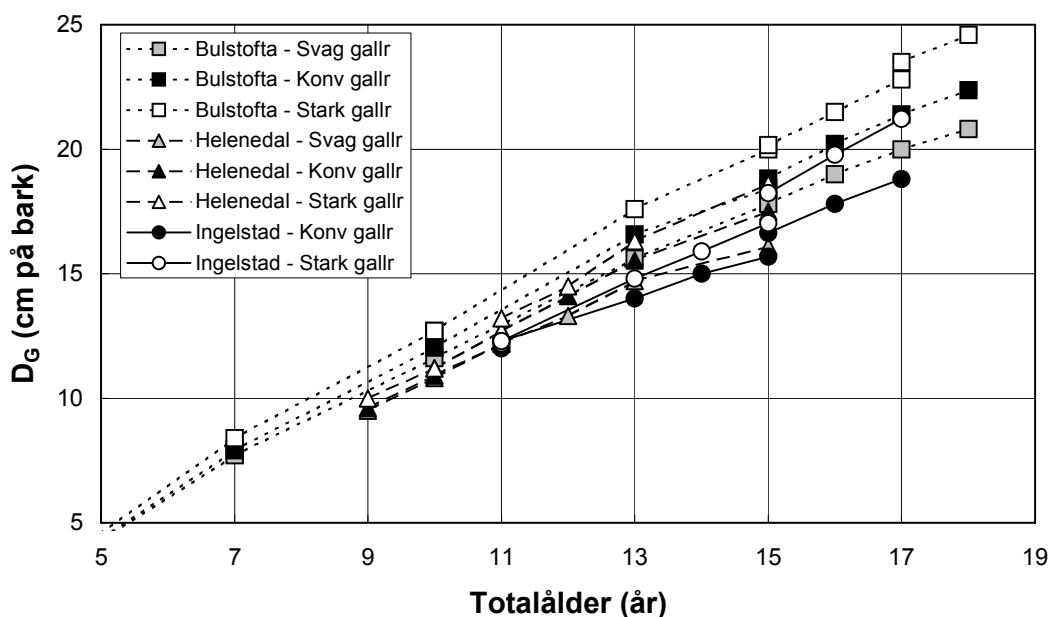
Den svaga gallringen, vilket i en del fall hittills inte gallrats, uppvisar som väntat de högsta tillväxtsiffrorna. Den konventionella gallringen uppvisar i sin tur högre medeltillväxt än de starkt gallrade ytorna. Skillnaderna är signifikanta fem år efter att de olika behandlingarna påbörjades. Ett exempel på hur medeltillväxten utvecklats vid de olika gallringsalternativen ges från lokalen i Dimbo söder om Hjälmarén (figur 4). Gallringsuttaget får därmed negativa effekter på den arealrelaterade tillväxten under åren efter åtgärd. Ett glest planteringsförband, på försöksytorna 1 100 – 1 600 plantor ha^{-1} , medför att det tar ca 10 år att komma upp i en löpande tillväxt på $15\text{--}20 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (figur 3). I planterade bestånd var den löpande tillväxten i allmänhet omkring eller högre än $20 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ vid 12 års ålder, oavsett skötselstrategi (figur 3). Nivån har sedan fortsatt att stiga, vilket indikerar att medeltillväxten kommer att öka kraftigt de närmaste åren. Hittills har den löpande tillväxten varit över $40 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i det äldsta beståndet i Bulstofta, där knappt 1 200 stammar ha^{-1} finns kvar i det svagt gallrade alternativet från ursprungligen 2 400. Nedgångar i löpande tillväxt förklaras i de flesta fall av nyligen genomförda gallringar. Ett exempel på hur medeltillväxten utvecklats vid de olika gallringsalternativen ges från lokalen i Dimbo söder om Hjälmarén (figur 4).



Figur 4. Medeltillväxtens utveckling i de olika gallringsalternativen i det rotskottsförnygrade beståndet vid Dimbo söder om Hjälmaren. En inledande röjning utfördes av markägaren innan mätningar påbörjades. Vid 7 och 10 års ålder utfördes gallringar i de konventionella och starka gallringsalternativen.

Exempel på de kvarvarande trädens diameterutveckling framgår av figur 5. Diameterutvecklingen var signifikant snabbare i de gallrade försöksalternativen jämfört med i det svagaste skötselalternativet. Det är en effekt dels av själva gallringen, där det i genomsnitt avverkadades klenare träd än de som lämnades kvar, dels av att de kvarlämnade träden vuxit snabbare där förbandet varit glesare och ljusstillgången varit bättre. Det sistnämnda kan ses i att diameterutvecklingen divergerar mellan skötselalternativen och gallringstillfällena (figur 5). I Bulstofta var grundytamedelstammens diameter nästan 25 cm i det starkast gallrade alternativet vid 18 års ålder. Även då de 400 grövsta stammarna per hektar sorterades ut i respektive behandling har diameterutvecklingen hos dessa varit signifikant snabbare vid kraftigare gallringsingrepp. Höjduvecklingen har däremot inte påverkats av gallringsstyrkan.

Grundytamedelstammens diameterutveckling följer samma mönster i det självförnygrade beståndet i Dimbo som i planteringarna. Ju starkare gallring, desto grövre har diametern blivit på de kvarstående träden. På de svagt gallrade ytorna var diametern 10,9 cm efter 10 år, vid normal gallring 12,2 cm och vid stark gallring 12,8 cm.



Figur 5.
Grunddytemedelstammens utveckling vid de olika gallringsalternativen i planterade bestånd. Diametern har mätts i brösthöjd på bark.

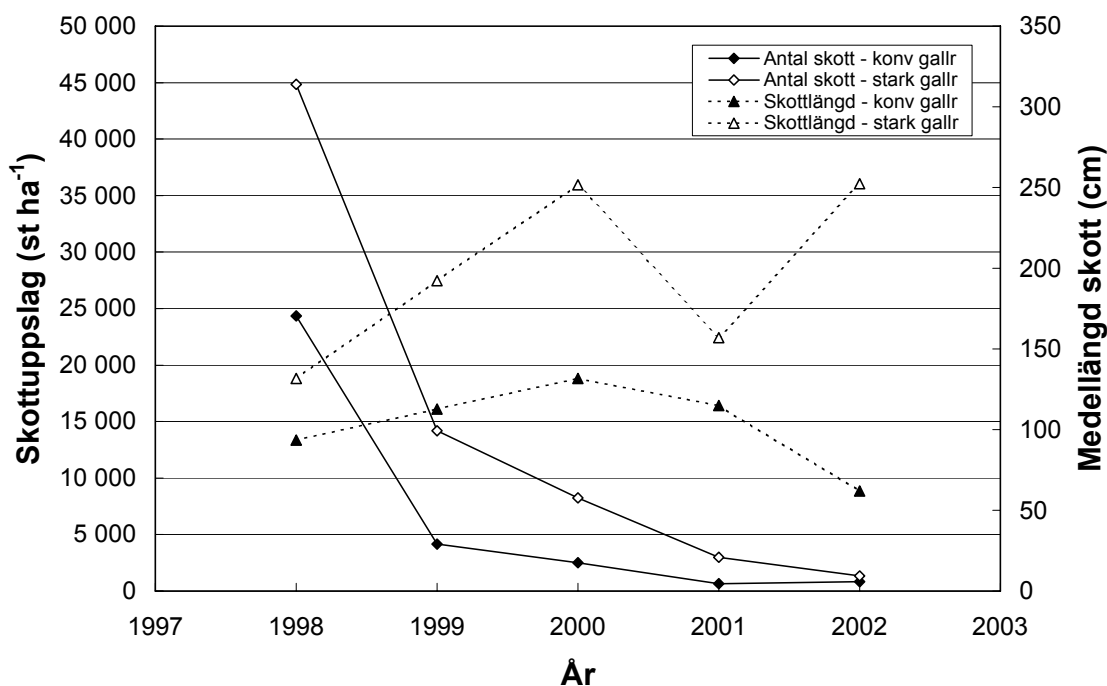
SKOTTUPPSLAG EFTER GALLRING OCH AVVVERKNING

Efter slutavverkning i hybridaspbestånd kommer oftast ett rikligt uppslag av huvudsakligen rotskott. Hansson (1989) uppger ca 150 000 skott ha^{-1} ett år efter slutavverkning i en studie i Kronobergs län och Bärning (1988) gör ungefär samma uppskattning för vanlig asp. Inom projektet har mätningar på Ramsåslokalen visat på ett uppslag på i medeltal ca 66 000 skott ha^{-1} två år efter avverkning. Ytterligare en lokal (Jordkull) har slutavverkats och en preliminär uppskattning pekar på att antalet levande skott är 70 000 till 90 000 två år efter avverkning. Då döda skott inkluderas blir siffran en bit över 100 000 skott ha^{-1} .

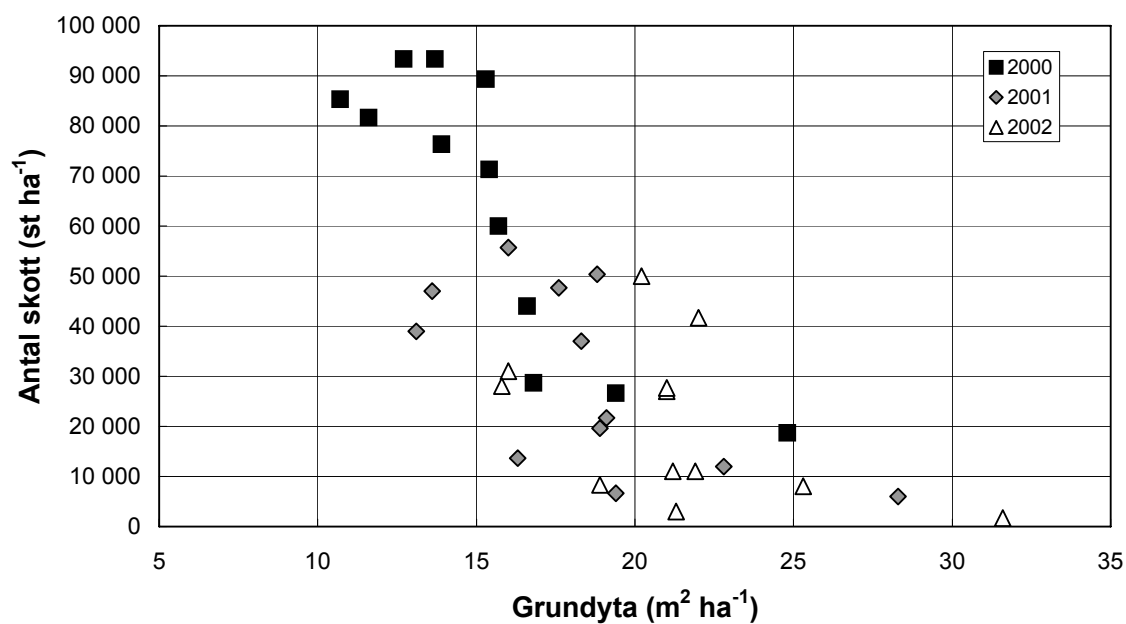
Skottuppslaget efter slutavverkning utgör således en stor potential för biobränsleuttag och vi avser att inhämta mer kunskap om de biomassa- och näringsmängder som är aktuella om denna potential utnyttjas.

Skottuppslaget har även mätts i gallrade bestånd där vi observerat att såväl rot- som stubbskott kommer upp då hybridaspbestånd glesas ut. Antalet skott blir emellertid oftast färre än vid slutavverkning. Mätningarna visar att det vanligtvis kommer upp 10 000 – 20 000 skott ha^{-1} . Det finns en tendens till att de hårt gallrade ytorna, med mer ljus på marken och lägre grundtytor, får fler skott, vilket exemplifieras från Ingelstad (figur 6). På Ekebo t.ex., finns ett klart samband mellan grundytan efter gallring och skottuppslaget samt dess utveckling (figur 7). Orsakerna är troligen att själva skottuppslaget gynnas av god ljusställgång, samtidigt som fler träd avverkats där grundytan är låg. Det är sannolikt de avverkade trädens rötter som till största delen reagerar och skjuter skott. Upprepade inventeringar avslöjar också att skottantalet minskar i takt med att överbeståndet fortsätter att växa och ta alltmer av det tillgängliga ljuset i anspråk (figur 6 och 7). Ur figur 7 framgår t.ex. att antalet skott reduceras

kraftigt i Ekebo då överbeståndets grundyta ökar från 15 till 20 m² ha⁻¹. Efter några år avtar höjdtillväxten och även de kraftigaste skotten börjar konkurreras ut då ljusstillgången fortsätter att avta (figur 6).



Figur 6. Skottuppslag och skottens aritmetiska medellängd efter gallring i Ingelstad vintern 1996/97. Stamantalet efter gallring var ca 900 i konventionellt gallrade försöksytor och ca 700 där gallringen var stark. En ytterligare gallring ned till ca 550 respektive ca 400 stammar per hektar utfördes vintern 2000/2001, men resulterade inte i något förnyat skottuppslag.



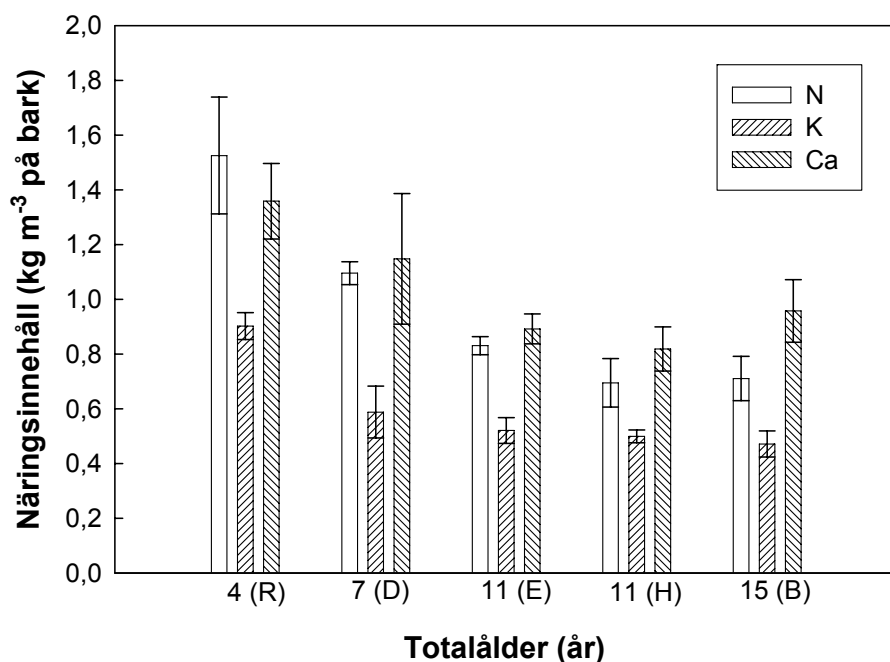
Figur 7. Totala antalet rot- och stubbskott efter gallring i det planterade hybridaspbeståndet i Ekebo. Gallringen genomfördes vintern 1999/2000. Angivna grundytor och skottantal gäller för hösten efter det angivna årets växtsäsong.

Det tycks således finnas en viss potential för att få upp rotskott i gallringsskog, rotskott som sedan skulle kunna utnyttjas som energiråvara. Det har vi bl.a. kunnat se i beståndet i Bulstofta. Huvudbeståndets tillstånd och utveckling är emellertid en mycket kritisk faktor för utvecklingen av rotskotten (figur 6 och 7), då asp tillhör de ljuskrävande trädslagen (t.ex. Almgren, 1990; Rytter, 1998). Vår bedömning är att skottuppslaget i gallringsfasen endast marginellt kan utöka de biomassamängder som annars kan tas ut i tidig röjningsfas och som grenar och toppar vid gallring och slutavverkning. Studierna fortsätter dock för att tydligare klargöra relationerna mellan skottuppslag och huvudbeståndets karaktärer såsom stamantal, höjd och grundyta.

I Nordamerika har Stiell & Berry (1986) bedömt att man inte bör slutavverka den nordamerikanska aspen (*P. tremuloides*) oftare än ungefär vart tionde år om produktion och vitalitet skall bibehållas på sikt. Försöket i Snogeholm avser att göra motsvarande uppskattning för hybridasp. Beståndet är nu etablerat och inledande mätningar har utförts. Dessa visar att överlevnaden varierar mellan 72 % och 99 % i de olika försöksytorna, vilket är acceptabelt för att studien skall kunna genomföras. Beståndet var vid fem års totalålder hösten 2002 nära 6 meter i aritmetisk medelhöjd.

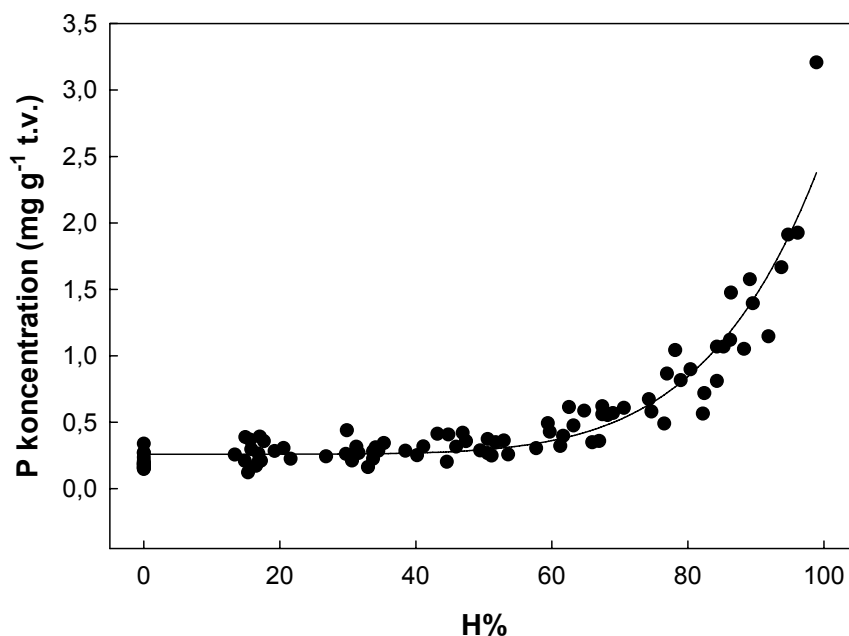
NÄRINGSINNEHÅLL OCH NÄRINGSUTTAG

Studier av näringsuttag vid virkesfångst har pågått under ett antal år och resultat har nu publicerats (Rytter, 2002; Rytter & Stener, 2003). I den första studien uppskattades innehållet av makronäringsämnen (kväve, fosfor, kalium, kalcium, magnesium, svavel) i hybridaspstammar i fem av projektets bestånd. Stammarnas medelkoncentration minskade med beståndsåldern, t.ex. från 1,5 kg N m⁻³ vid 4 års ålder till 0,7 kg N m⁻³ vid 15 års ålder (figur 8).



Figur 8. Medelkoncentration, inklusive bark, av N, K och Ca i hybridaspstammar. I figuren har 95 % konfidensintervall markerats. Förkortningar: R = Ramsås, D = Dimbo, E = Ekebo, H = Helenedal, B = Bulstofta. Från Rytter (2002).

Det kunde dock inte påvisas några skillnader i näringshalt mellan olika stora träd inom respektive bestånd för kväve, fosfor och kalium. Endast i några fall kunde skillnader ses för kalcium, magnesium och svavel. Som väntat ökade näringshalten högre upp i träden (figur 9), utom för kalcium, där en ökning av halten bara kunde ses i ett par fall. Det innebär att biobränslen, bestående av grenar och toppar, kommer att ha en högre näringshalt än gagnvirke, och medför därmed att betydelsen av kunskap om uthållig tillväxt och behovet av askåterföring accentueras. Eftersom andelen gagnvirke ökar med större stamdimensioner och antalet träd blir färre med tiden kommer det absoluta uttaget av skörderester att minska med beståndsåldern. I den genomförda studien (Rytter, 2002) fördes 15–58 kg N ha⁻¹ bort via stammar vid gallring (tabell 2). Vid avverkning i ett konventionellt skogsbruk är det vissa näringsämnen (K, Ca, Mg) som sannolikt tas ut i högre takt än vad vittringen kan kompensera för (Egnell et al., 1998). I det fall då även biobränslen tas ut vid odling av hybridasp behöver troligen alla makronäringsämnen, förutom svavel, återföras i viss utsträckning för att produktionen ska vara uthållig. Vittring och nedfall räcker sannolikt inte till för att upprätthålla näringstillgången (Rytter, 2002).



Figur 9. Ett exempel på hur näringskoncentrationen i hybridaspstammar varierar med höjden i träden. Figuren visar P-halten vid olika relativa trädhöjder (H %) i det då 15-åriga beståndet i Bulstofta. De 15 provträdens höjd varierade mellan 13,9 och 22,4 m. Från Rytter (2002).

I den andra studien undersöktes om det finns skillnader mellan kloner i mängden upplagrad makronäring i stam och grenar (Rytter & Stener, 2003). Undersökningen genomfördes i ett välväxande 14-årigt hybridaspbestånd (Lönnstorp) med 119 olika kloner. Av dessa valdes 14 kloner slumpmässigt ut bland kategorierna medelbra och mycket bra kloner med avseende på tillväxt. De båda kategorierna representerades av vardera sju kloner med fyra träd per klon. Urval av kloner bland de bättre växande kategorierna motiverades med att studien anpassades för att ge information om kloner som kan bli aktuella för praktisk odling.

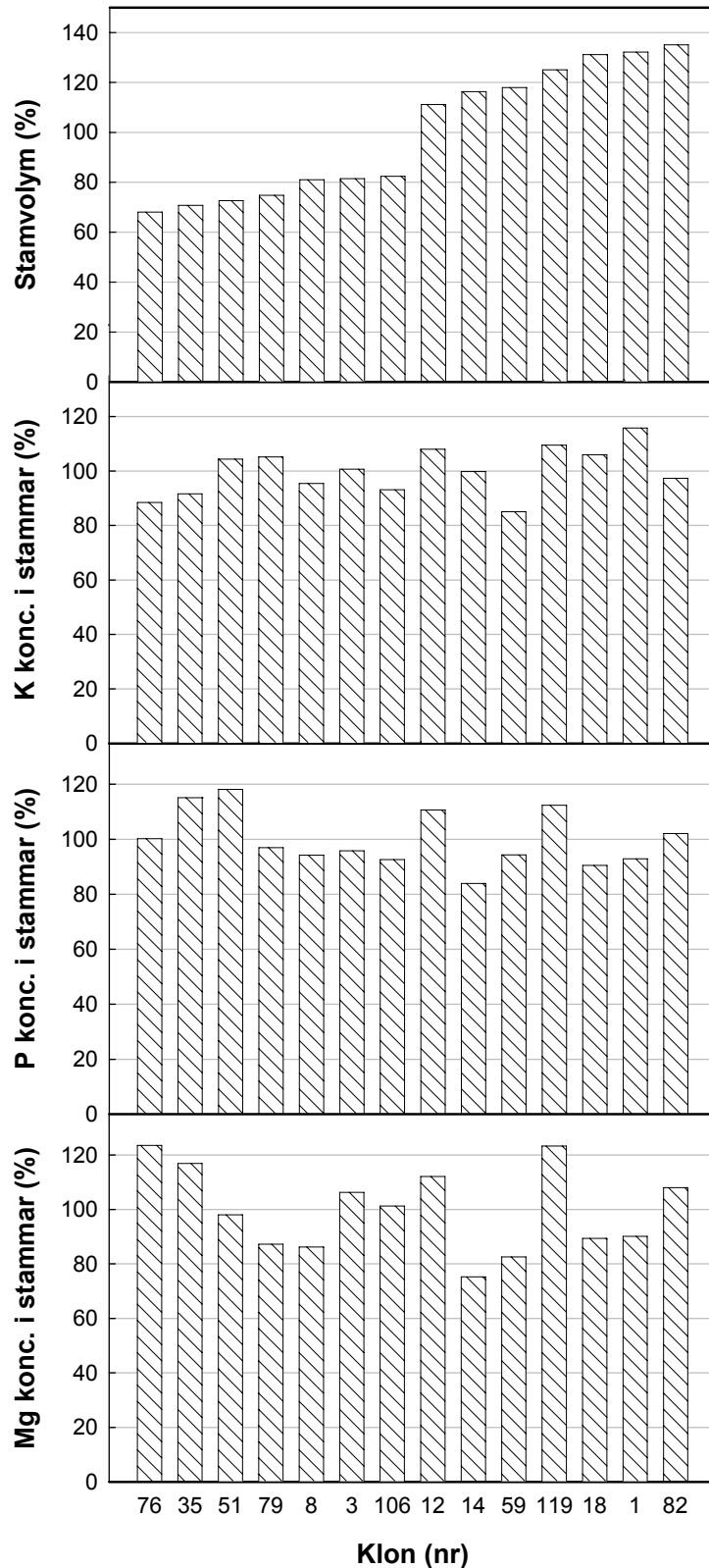
Tabell 2.

Med stammar borttagen volym, trädantal och näringsmängd vid gallring i olika hybridaspbestånd. Andelen gagnvirke beräknades för de olika bestånden. Tabellen har hämtats från Rytter (2002).

Bestånd	Ramsås (4 år)	Dimbo (7 år)	Ekebo (11 år)	Helenedal (11 år)	Bulstofa (15 år)
Utgallrad volym (m ³ pb)	40,3	17,9	51,6	21,9	44,8
Uttagna träd (st/ha)	13,706	827	648	382	226
Gagnvirkesandel (%)	0	59,0	89,8	86,5	95,8
Näringsuttag (kg/ha)					
N	57,7	19,5	41,4	15,2	31,0
P	7,49	2,28	5,69	2,58	4,59
K	33,7	11,1	26,7	10,9	20,6
Ca	51,7	18,9	45,7	17,4	40,3
Mg	7,92	2,35	5,12	1,79	4,09
S	4,97	1,56	3,86	1,42	2,77
I gagnvirke (%)					
N	0	51,2	80,1	76,1	90,4
P	0	47,2	78,7	75,4	88,8
K	0	51,8	81,7	76,3	89,7
Ca	0	54,9	88,6	81,9	94,9
Mg	0	49,2	82,6	76,1	91,8
S	0	51,3	81,2	77,2	90,4

Resultaten visade att det fanns signifikanta skillnader i näringskoncentration för alla makroämnen utom kväve mellan kloner, både i stammar och i grenar. Oftast samverkade fraktionerna så, att om en klon lagrade upp lite näring i stammen så skedde även endast en liten upplagring i grenarna. Ett undantag från detta mönster utgjorde fosfor. Ett exempel på resultat är halten av K, P, och Mg i stamveden hos de olika klonerna (figur 10). Det framgår att det finns skillnader mellan kloner (signifikanta), men att dessa inte går att härleda till att trädens storlek varierade hos de olika klonerna.

Beräkningar visade att skillnaderna mellan ”närrika” och ”närrfattiga” kloner var 15–25 % för makronäringsämnena K, P och Mg. För praktiskt bruk gjordes bedömningen att 0,5 kg K och 0,2 kg Mg årligen kan sparas per hektar genom att välja ”näringseffektiva” hybridaspkloner. Värdena syns vara ganska låga, sett under en kort period, men bör ändå beaktas i ett lite längre perspektiv. Möjligheterna att välja kloner med olika näringsupplagring i veden kan användas såväl för att minska näringsuttag vid ”vanlig” skörd som att samla upp näring i grödan när odlingen utnyttjas som vegetationsfilter.



Figur 10. Relativa genetiska värden, där medelvärdet för ingående kloner = 100 %, för stamvolym och koncentration av K, P och Mg i stammar av olika hybridaspkloner. Barken ingår i värdena och klonerna presenteras i stigande ordning med avseende på stamvolym. Från Rytter & Stener (2003).

Slutsatser

De resultat som hittills genererats inom Energimyndighetens projekt P12705 ("Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke") visar att odling av hybridasp snabbt ger stora kvantiteter vedbiomassa. Med det nya genetiskt selekterade växtmaterial som i dag står till förfogande, hamnar medelproduktionen sannolikt över $20 \text{ m}^3 \text{ sk ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ under en omloppstid av 20–25 år. Om man räknar in grenar och uttrycker biomassan som torrsbstans blir siffran drygt $8 \text{ ton ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, vilket är konkurrenskraftigt om man jämför med andra grödor, t.ex. *Salix*. Genom olika skötselriktning går det sedan att dirigera tillväxten mot biobränslen, massaved eller timmer. Signifikanta skillnader i tr addediametrar – och tillväxt – mellan olika skötselalternativ var påvisbara redan fem år efter att studien påbörjades. Kalkyler visar att odling av hybridasp kan konkurrera mycket bra ekonomiskt med odling av gran, speciellt då räntekraven är höga.

De troligen största möjligheterna till biobränsleuttag ges av grenar och toppar vid gallring och slutavverkning samt vid röjning av rotskottföryngrade bestånd. Beroende på om skogsindustrins betalningsförmåga för massaved hamnar lägre än priset på brännved kan även stamdelar av hybridasp komma att bli aktuella som biobränslesortiment. Skottskjutningen i samband med gallringsuttag kan ge en del biomassa, men denna källa är sannolikt begränsad.

Beräkningar för svenska förhållanden anger att K, Ca och Mg sannolikt måste återföras även då endast stamskörd är aktuell. Då röjningsvolymen, eller grenar och toppar tas ut, förstärks behovet av askåterförsel och även kväveuttaget måste kompenseras enligt uppskattningar för hybridasp. Det finns möjligheter att reducera näringsuttaget genom att, dels skörda vintertid då inga näringsrika blad tas ut, och dels välja snabbväxande kloner som lagrar små mängder näring i stam och grenar. En studie genomfördes för att belysa eventuella klonskillnader i näringsinnehåll i den vedartade biomassan. Signifikanta skillnader påträffades mellan kloner, men skillnaderna var relativt små och askåterföring blir fortsatt en aktuell åtgärd vid helträdsutnyttjande av hybridasp.

Måluppfyllelse

ALLMÄNT

Projektets verksamhet har till större delen inriktats mot de biologiska frågeställningarna (se Publikationer). Arbetet kan i stort sägas ha följt uppgjorda planer. Efter en inledande period som dominerades av datainsamling samt etablering av provytor med olika skötselalternativ (Rytter et al., 2000; Rytter, 2000), har projektet under senare år kommit in i en fas där bearbetning och avrapportering intensifierats. Publicering sker genom såväl populärvetenskapliga kanaler (t.ex. Palmér, 2001a, 2001b; Rytter et al. 2002), som i vetenskapliga fora (Yu et al., 2001; Stener, 2002; Rytter, 2002; Rytter & Stener, 2003). För att utföra studier om röjningsekonomi, klonskillnader i tillväxt och näringsinnehåll, samt markanalys har samarbete etablerats med andra aktörer inom Skogforsk och på SLU. Inledande studier av teknisk natur har också utförts tillsammans med andra forskargrupper inom Skogforsk. Under 1999 genomfördes en studie där en drivare försedd med ett ackumulerande fälldon röjde lövskogsbestånd i södra Sverige (Eriksson & Rytter, 1999),

2000). Studien visade att metoden är ett ekonomiskt alternativ i täta röjningsbestånd och torde kunna anpassas till rotskottsföryngrade hybridaspbestånd.

Arbetet med att mäta tillväxt och skottuppslag fortsätter och för närvarande pågår arbetet med att sammanställa uppgifter om produktionen i hybridaspbestånd. Samtidigt görs en utvärdering av tillväxtskillnader i de olika behandlingsalternativen. När det gäller näringsuttag vill vi inom projektet genomföra en studie i röjningsfasen för att få bättre information om biomassa- och näringsmängder som kan utnyttjas av biobränslesidan. Vi hoppas också på möjlighet att genomföra den planerade studien av skördeintervallens betydelse för odlingens uthålliga produktion. Ett försök med syftet att inhämta kunskap om problematiken har anlagts och etablerats under projektets gång.

PUBLICERING

Följande arbeten med direkt anknytning till projektet, förutom tidigare lägesrapporter, har publicerats hittills:

- 1) Rytter, L.; Werner, M. & Stener, L.-G. 2000. Utnyttjande av hybridasp för att kombinera produktion av biomassa med högkvalitativt gagnvirke. Slutrapport för projekt P8440 för perioden 1997–2000. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 460, Uppsala, 30 s.
- 2) Rytter, L. 2000. Effect of protection tubes on browsing damage in a plantation of hybrid aspen. Report to Nortène Technologies, Lille, France. Stencil, 4 s.
- 3) Palmér, C.H. 2001a. Hybridasp – stamved och bioenergi på en gång? Skogforsk-Nytt Nr 1/2001, Uppsala, s. 8.
- 4) Palmér, C.H. 2001b. Hybrid aspen – dual production of roundwood and energy wood? Skogforsk News Nr 1/2001, Uppsala, s. 3.
- 5) Yu, Q.; Pulkkinen, P.; Rautio, M.; Haapanen, M.; Alén, R.; Stener, L.G.; Beuker, E. & Tigerstedt, P.M.A. 2001. Genetic control of wood physicochemical properties, growth, and phenology in hybrid aspen clones. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1348–1356.
- 6) Stener, L.-G. 2002. Hybrid aspen improvement in Sweden during the period 1939–2000. In: *Aspen in Papermaking* (eds. Pulkkinen, P.; Tigerstedt, P.M.A. & Viirros, R.), pp. 9–13. University of Helsinki, Dept. of Applied Biology, Publications 5.
- 7) Rytter, L. 2002. Nutrient content in stems of hybrid aspen as affected by tree age and tree size, and nutrient removal with harvest. *Biomass & Bioenergy* 23: 13–25.
- 8) Rytter, L.; Stener, L.-G. & Werner, M. 2002. Med fokus på ekonomi. Hybridasp – ett lönsamt alternativ som passar i det nya skogsbruket. Skogforsk, Resultat Nr 10, Uppsala 4 pp.
- 9) Rytter, L. & Stener, L.-G. 2003. Clonal variation in nutrient content in woody biomass of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 37: 313–324.

10) Stener, L.-G. & Karlsson, B. 2003. Förädling av hybridasp i Sverige. Föreningen Skogsträdsförädling, Årsbok 2002, Uppsala, s. 7-13.

Förutom ovanstående publicerade artiklar och rapporter föreligger två arbeten i manuskriptform:

Rytter, L. & Stener, L.-G. Productivity and thinning effects in current hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) stands in southern Sweden, och

Stener, L.-G. & Karlsson, B. Improvement of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) by phenotypic selection and clonal testing.

För att få en mer fullständig information om projektet hänvisar vi till ovan uppräknade arbeten. Tillsammans med slutrapporten ger dessa en god bild av projektarbetet sedan starten 1997.

OMNÄMNANDE I PRESSEN

En viktig del i att sprida information om projektet och dess resultat är att delta i fackpress och dagspress. Under de senaste åren har flera facktidningar skrivit om hybridasp och om den kunskap som genererats i projektet. Följande artiklar har vi kännedom om:

Land Skog 13 nov 2002: Hybridasp alternativ när EU-trädan upphör, Internet (Carina S:son Wigren)

Nordisk TräTeknik (NTT) 20 sep 2002: Ny användning för hybridasp (Karin Lepikko)

PLANTaktuellt Nr 3 2002: Hybridasp lönsammare än gran (notis)

Skog & Forskning Nr 3/2002: Pojkarna Asp skjuter i höjden, s. 30 (Nils Lindstrand)

Skogseko Nr 3, oktober 2002: HYBRID som går på fullgas, s. 2–3 bilagan (Kurt Malmgren)

Vi Skogsägare Nr 5/02: Full fart rakt upp i himlen, s. 30–31 (Pär Fornling)

I dagspressen har kortare artiklar eller notiser förekommit i bl.a. följande tidningar: Bergslagsposten–Bergslagernas Tidning, Blekinge Läns Tidning, Gefle Dagblad, Hudiksvalls Tidning, Katrineholms-Kuriren, Norrköpings Tidningar, Skövde Nyheter, Sundsvalls Tidning, Sydsvenska Dagbladet, Trelleborgs Allehanda, Upsala Nya Tidning, Västerbottens-Kuriren och Örnsköldsviks Allehanda. Dessutom omnämndes hybridaspprojektet i Dagens Eko den 11 november 2002.

Referenser

- Almgren, G. 1990. Lövsog, björk, asp och al i skogsbruk och naturvård. Skogsstyrelsen, Jönköping, 261 s.
- Bärning, U. 1988. On the reproduction of aspen (*Populus tremula* L.) with emphasis on its suckering ability. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 229–240.
- Egnell, G.; Nohrstedt, H.-Ö.; Weslien, J.; Westling, O. & Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. National Board of Forestry, Rapport 1/98, Jönköping, Sweden, 170 pp.
- Elfving, B. 1986a. Odlingvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsvrige. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 5/86: 30–41.
- Elfving, B. 1986b. Ett försök med åkerplantering av hybridasp och gran nära Sundsvall. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 5/86: 42–45.
- Eriksson, H. 1984. Yield of aspen and poplars in Sweden. Department of Ecology and Environmental Research, Swedish University of Agricultural Sciences, Report 15: 393–419.
- Eriksson, P. & Rytter, L. 1999. Skogsbränsleuttag med drivare i sistaröjning av bok och eftersatta lövbestånd – drivning, skötsel och ekonomi. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 447, Uppsala, 41 s.
- Eriksson, P. & Rytter, L. 2000. Bränsleuttag med drivare – ett alternativ till sen röjning i lövbestånd. Skogforsk, Resultat 4/2000, Uppsala, 4 s.
- Hansson, P. 1989. Rotskottföryngring av hybridasp. SLU, Inst. f skogsskötsel, Examensarbete i ämnet skogsskötsel 1989–1, Umeå, 41 s.
- Ilstedt, B. & Gullberg, U. 1993. Genetic variation in a 26-year old hybrid aspen trial in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 185–192.
- Jakobsen, B. 1976. Hybridasp (*Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx.). *Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark* 34: 317–338.
- Johnsson, H. 1953. Hybridaspens ungdomsutveckling och ett försök till framtidsprognos. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 51: 73–96.
- Karlsson, B. 1986. Förädling av hybridasp. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 5/86: 46–51.
- Karlsson, B. & Danell, Ö. 1992. Genotypisk variation och möjliga urvalsvinster i två klonförsök med hybridasp (*Populus tremula* × *P. tremuloides*). Institutet för skogsförbättring, Rapport 26, Uppsala, 15 s.
- Karlsson, K. & Holm, S. 2002. Industrial aspen plantations in Finland. In: *Aspen in Papermaking* (eds. Pulkkinen, P., Tigerstedt, P.M.A. & Viirros, R.), pp. 5–8. Univ. Helsinki, Dept. Applied Biology, Publications No 5.
- Laipio, M. 1997. Galerie fine starts a renaissance in aspen use. *Finnish Business Report* 6-97: 26–27.
- Larsson, S. 2001. Förädling av *Salix*. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 91–97.
- Ledin, S. 1996. Willow wood properties, production and economy. *Biomass & Bioenergy* 11: 75–83.
- Li, B., Wyckoff, G.W. & Einspahr, D.W. 1993. Hybrid aspen performance and genetic gains. *Northern Journal of Applied Forestry* 10: 117–122.
- Melchior, G.H. & Seitz, F.W. 1966. Einige Ergebnisse bei Testanbauten mit Aspenhybriden. *Silvae Genetica* 15: 127–133.

- Miljödepartementet. 2000. Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier. Regeringens proposition 2000/01:130. Regeringskansliet, Stockholm, 255 s.
- Palmér, C.H. 2001a. Hybridasp – stamved och bioenergi på en gång? Skogforsk-Nytt Nr 1/2001, Uppsala, s. 8.
- Palmér, C.H. 2001b. Hybrid aspen – dual production of roundwood and energy wood? Skogforsk News Nr 1/2001, Uppsala, s. 3.
- PEFC Sweden 2002. System for certification of forest operations and wood supply. Pan European Forest Certification, Revised Swedish Technical Document, 30 May 2002. Swedish PEFC Board, Stockholm, 18 pp.
- Rytter, L. 1998. Löv- och lövblandbestånd – ekologi och skötsel. Skogforsk, Redogörelse nr 8/1998, Uppsala, 62 s.
- Rytter, L. 2000. Effect of protection tubes on browsing damage in a plantation of hybrid aspen. Report to Nortène Technologies, Lille, France. Stencil, 4 s.
- Rytter, L. 2002. Nutrient content in stems of hybrid aspen as affected by tree age and tree size, and nutrient removal with harvest. *Biomass & Bioenergy* 23: 13–25.
- Rytter, L. & Stener, L.-G. 2003. Clonal variation in nutrient content in woody biomass of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 37: 313–324.
- Rytter, L., Werner, M. & Stener, L.-G. 2000. Utnyttjande av hybridasp för att kombinera production av biomassa med högkvalitativt gagnvirke. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 460, Uppsala, 30 s.
- Rytter, L., Stener, L.-G. & Werner, M. 2002. Med fokus på ekonomi. Hybridasp – ett lönsamt alternativ som passar i det nya skogsbruket. Skogforsk, Resultat Nr 10, Uppsala 4 pp.
- Stener, L.-G. 1998. Analys av fiberegenskaper för kloner av hybridasp. Skogforsk, Arbetsrapport nr 387, Uppsala, 11 s.
- Stener, L.-G. 2002. Hybrid aspen improvement in Sweden during the period 1939–2000. In: *Aspen in Papermaking* (eds. Pulkkinen, P., Tigerstedt, P.M.A. & Viirros, R.), pp. 9–13. Univ. Helsinki, Dept. Applied Biology, Publications No 5.
- Stener, L.-G. & Karlsson, B. 2003. Förädling av hybridasp i Sverige. Föreningen Skogsträdsförädling, Årsbok 2002, Uppsala, s. 7–13.
- Stiell, W.M. & Berry, A.B. 1986. Productivity of short-rotation aspen stands. *Forestry Chronicle* 2/86: 10–15.
- Swedish FSC-Council 1998. Swedish FSC standard for forest certification. Forest Stewardship Council, Uppsala, 37 pp.
- Willebrand, E., Ledin, S. & Verwijst, T. 1993. Willow coppice systems in short rotation forestry: effects of plant spacing, rotation length and clonal composition on biomass production. *Biomass & Bioenergy* 4: 323–331.
- Yu, Q., Pulkkinen, P., Rautio, M., Haapanen, M., Alén, R., Stener, L.G., Beuker, E. & Tigerstedt, P.M.A. 2001. Genetic control of wood physicochemical properties, growth, and phenology in hybrid aspen clones. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1348–1356.