

REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR 4 2004



Produktionspotential hos asp, björk och al

- en litteraturstudie över möjligheter till och konsekvenser av biomassa- och gagnvirkesuttag

Production potentials of aspen, birch and alder – a review on possibilities and consequences of harvest of biomass and merchantable timber.

Lars Rytter

Innehåll

| | |
|---|-----------|
| 1. Förord | 6 |
| 2. Sammanfattning | 7 |
| 3. Summary | 9 |
| 4. Inledning | 11 |
| 5. Trädslag | 13 |
| 6. Lövvirkessituationen – tillgång och efterfrågan | 15 |
| 6.1. Sverige | 15 |
| 6.2. Finland | 16 |
| 6.3. Norge | 16 |
| 6.4. Danmark | 17 |
| 7. Produktion | 18 |
| 7.1. Stam | 18 |
| 7.2. Grenar och toppar | 24 |
| 7.3. Odlingssystem – nya möjligheter | 27 |
| 7.4. Tekniska möjligheter | 29 |
| 8. Möjligheter att påverka produktion och kvalitet | 31 |
| 8.1. Förädlingspotential | 31 |
| 8.1.1. Historik och produktion | 31 |
| 8.1.2. Skador | 32 |
| 8.1.3. Näringsrelaterade egenskaper | 32 |
| 8.1.4. Virkeskvalitet | 33 |
| 8.2. Markförhållanden | 33 |
| 8.3. Effekter av vattentillgång | 34 |
| 8.4. Effekter av gödsling | 34 |
| 8.5. Effekter av skötselåtgärder | 36 |
| 8.5.1. Biomassamängder | 36 |
| 8.5.2. Dimensioner och virkeskvalitet | 36 |
| 8.5.3. Näring och uthållighet i produktionen | 37 |
| 8.6. Effektiv föryngring krävs | 40 |
| 8.6.1. Plantor | 40 |
| 8.6.2. Effekter av förberedelser | 40 |
| 8.6.3. Anläggningskostnader | 41 |
| 8.7. Hänsyn till andra intressen | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 9. Skaderisker | 43 |
| 9.1. Vilt | 43 |
| 9.2. Insekter | 43 |
| 9.3. Svamp och bakterier | 44 |
| 9.4. Klimatpåverkan och klimatskador | 45 |
| 10. Ekonomi | 46 |
| 10.1. Trädslag | 46 |
| 10.2. Skötselvarianter och virkessortiment | 47 |
| 10.3. Föryngring och skyddskrav | 48 |
| 10.4. Hänsyn och ekonomi | 48 |
| 11. Slutsatser | 50 |
| 12. Erkännanden | 51 |
| 13. Litteratur | 52 |

Contents

| | |
|---|-----------|
| 1. Preface | 6 |
| 2. Sammanfattning | 7 |
| 3. Summary | 9 |
| 4. Introduction | 11 |
| 5. Tree species | 13 |
| 6. The hardwood situation – supplies and demands | 15 |
| 6.1. Sweden | 15 |
| 6.2. Finland | 16 |
| 6.3. Norway | 16 |
| 6.4. Denmark | 17 |
| 7. Production levels | 18 |
| 7.1. Stem | 18 |
| 7.2. Lops and tops | 24 |
| 7.3. Cultivation systems – new possibilities | 27 |
| 7.4. Technical possibilities | 29 |
| 8. Possibilities to raise productivity and quality | 31 |
| 8.1. Breeding potential | 31 |
| 8.1.1. Background and productivity | 31 |
| 8.1.2. Damage | 32 |
| 8.1.3. Nutrient-related properties | 32 |
| 8.1.4. Wood quality | 33 |
| 8.2. Soil conditions | 33 |
| 8.3. Effects of water availability | 34 |
| 8.4. Effects of fertilization | 34 |
| 8.5. Effects of silvicultural measures | 36 |
| 8.5.1. Biomass amounts | 36 |
| 8.5.2. Tree dimensions and wood quality | 36 |
| 8.5.3. Nutrients and production sustainability | 37 |
| 8.6. The need for efficient regeneration | 40 |
| 8.6.1. Plants | 40 |
| 8.6.2. Effects of preparation | 40 |
| 8.6.3. Establishment costs | 41 |
| 8.7. Consideration of other interests | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 9. Damage risks | 43 |
| 9.1. Game | 43 |
| 9.2. Insects | 43 |
| 9.3. Fungi and bacteria | 44 |
| 9.4. Effects of and damage by climate | 45 |
| 10. Financial issues | 46 |
| 10.1. Tree species | 46 |
| 10.2. Silvicultural methods and wood assortments | 47 |
| 10.3. Regeneration and protection demands | 48 |
| 10.4. Environmental consideration and economics | 48 |
| 11. Conclusions | 50 |
| 12. Acknowledgement | 51 |
| 13. Literature | 52 |

1. Förord

År 2000 inleddes en ny programperiod hos Energimyndigheten då forskningsprogrammet *Biobränslen och miljön* utlystes. Programmet var en direkt efterföljare till NUTEK:s program *Uthållig produktion av biobränslen från skogsmark*.

I och med att nära ett decenniums forskning med inriktning mot biomassauttag från skogsmark nu närmar sig sitt slut har styrgruppen för programmet beslutat att ta fram en syntesrapport över de resultat som kommit fram under perioden, både inom och utanför programmets finansierade forskning.

I delprogrammet *Uthållig produktion av skogsbränslen* (StAAF m.fl. 2000) har bland annat produktionsforskning om olika trädslag ingått som en del. Syftet med den föreliggande Redogörelsen är att sammanfatta den teoretiska och praktiska kunskapen om snabbväxande lövträd som virkes- och biomassaproducenter i ett skandinaviskt perspektiv. Redogörelsen utgör ett faktaunderlag till ovanstående delprogramms kommande syntesarbete.

2. Sammanfattning

Al, asp och björk

Efter nära ett decenniums forskning om biobränslen på skogsmark och effekter på miljön genomför Energi-myndigheten ett syntesprojekt för att sammanställa och sammanfatta de resultat som kommit fram.

Denna Redogörelse sammanfattar kunskapsläget för snabbväxande trädformade trädslag under skandinaviska förhållanden.

Eftersom lövträd och lövvirke är en bristvara ur flera olika aspekter i vårt land ses en ökning av lövträdsarealen som positiv.

De trädslag som bedöms vara intressanta för att uthålligt producera vedbiomassa under nordliga förhållanden hittas i de tre släktena *Alnus* (alar), *Betula* (björkar) och *Populus* (aspar och popplar). Mer specifikt rör det sig för närvarande om klibbal, gråal, vårtbjörk, glasbjörk och hybridasp.

Hög produktion

Dessa arter uppvisar hög produktion som kulminerar vid tidig ålder och de är anpassade till rådande klimatförhållanden. Studier inom Energi-myndighetens program visar t.ex. att man i ogödslade hybridaspbestånd kan förvänta sig en medelproduktion som överstiger 20 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ (>7 ton TS) vid 20–25 års omloppstid. Dessutom tillkommer drygt 1 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ i form av GROT (Grenar Och Toppar) och möjligheten att ta ut 10–15 ton TS ha⁻¹ i form av röjningsbiomassa från de rot-skottuppslag som uppkommer efter avverkning.

Vissa hybridpoppelkorsningar har visat ännu högre tillväxt i försöksodlingar, men skaderisken för hybridpoppel är fortfarande hög under

svenska förhållanden.

Även inom alsläktet har höga produktionsnivåer uppmärts. I täta odlingar har den ovanjordiska medelproduktionen av vedbiomassa ibland uppgått till omkring 8 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ under en inledande tioårsperiod.

Björkens volymproduktion är lägre med medeltillväxter på drygt 10 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ som mest. Björk-virkets höga densitet medför dock att produktionen av torrsubstans blir förhållandevis hög, omkring 5 ton TS ha⁻¹ år⁻¹.

Gödsling och förädling kan öka produktionen

Ofta nås hög tillväxt utan tillförsel av gödselmedel, såsom i programmets hybridaspbestånd. Det finns dock sannolikt en stor potential för att öka produktionen med gödsling.

Förädlingspotentialen för tillväxt, vitalitet och virkeskvalitet bedöms genomgående vara stor för de tre släktena.

Skottskogsbruk, "vanligt" skogsbruk eller en kombination?

Vid odling av snabbväxande lövträd används huvudsakligen två typer av odling:

- 1) skottskogsbruk med stamtäta bestånd och korta omloppstider och med avsikt att producera biobränslen,
- 2) "vanligt" skogsbruk där inriktningen är massaved och timmer, men där GROT kan tas ut som extra sortiment.

Försök med hybridasp visar att en kombination av dessa typer är möjlig. Från och med andra generationen kan man ta ut en biobränsleskörd genom stråkröjning efter två år och sedan driva beståndet vidare på vanligt sätt i 20–25 år. Tekniska

lösningar finns, men de har ännu inte testats för detta ändamål. Ett liknande system kan eventuellt även användas för gråal.

Kompensationsgödsling

Eftersom uttaget av växtnäring i de intensivt odlade bestånden oftast överskrider de mängder som tillförs via vittring och deposition, kommer återföring av de näringsmängder som förts bort att bli nödvändig. Ask-återföring är sannolikt ett lämpligt sätt för alla näringsämnen utom kväve. Kväve är dock nästan alltid det tillväxtbegränsande näringsämnet, och därför kommer kvävegödsling troligen att vara en vanlig produktionshöjande åtgärd eftersom depositionen inte kan kompensera för kväveuttaget vid ett helträdsutnyttjande.

Skador

Skador som orsakas av vilt, insekter, svampar och klimat förekommer i snabbväxande lövträdsbestånd likaväl som vid all annan typ av skogsodling. Det finns vissa skador som kan komma att bli allvarliga i framtiden. En hög viltstam med kraftig betning liksom en del allmänt förekommande skadesvampar är uppenbara exempel. Al, björk och asp är dock inte värre utsatta än andra trädslag. Därför finns det knappast någon anledning att på grund av skaderisker avstå från att anlägga odlingar med dessa trädslag, i synnerhet inte om man utnyttjar förädlad material.

Lövträd ger mångfald

Det anses allmänt att snabbväxande monokulturer är artfattigare än våra ordinära skogar. Emellertid kan lövträd bidra till en ökad mångfald i

de landskap där andelen skog är liten eller domineras av barrträd. De kan också komma att verka som buffertzoner eller länkar mellan värdefullare skogsområden.

Lönsamt

Ekonomiska kalkyler visar ofta att odling av snabbväxande lövträd är en lönsam verksamhet. Hög produktion och kort omloppstid är viktigt för att nå god ekonomi, speciellt då räntekraven är höga. Vid odling av trädformade trädslag finns även möjlighet att variera uttaget av sortiment (biomassa för energiändamål, massaved, sågtimmer) beroende på den aktuella marknadsituationen, något som inte är möjligt i rena energiodlingar.

3. Summary

Alder, aspen and birch

A synthesis project directed by the Swedish National Energy Administration is currently underway. The aim is to collate and summarize the research work performed during the last decade relating to utilization of biofuels from forest land and its effects on the environment. This report is intended to support the project by summarizing the current state of knowledge and the status of fast-growing hardwood tree species when grown under Scandinavian conditions. In Sweden there is a shortage of hardwood trees and wood for a range of uses, so an increase in the extent of hardwood forest would be welcome.

The most interesting species with a tree-type growth habit for the sustainable production of woody biomass under Nordic conditions are likely to be members of the genera *Alnus* (alders), *Betula* (birches), and *Populus* (aspens and poplars). More specifically, the species currently being investigated are black alder, grey alder, silver birch, downy birch, and hybrid aspen.

High productivity

These species show high production levels, peaking at an early age; they are also well adapted to the prevailing climatic conditions. Studies performed under the auspices of the Swedish National Energy Administration show, for example, that a mean annual increment of at least 20 m³ of stem wood ha⁻¹ year⁻¹ (>7 tonnes of DM) can be expected from unfertilized hybrid aspen forests during a 20–25 year rotation period. To this, more than 1 tonne of branch and twig DM ha⁻¹ year⁻¹ should be

added, and there is also a possibility to harvest 10–15 tonnes of DM ha⁻¹ of woody biomass shortly after harvest from the succeeding sucker stands. Some hybrid poplar clones have achieved even higher production figures in research stands but, under Swedish conditions, their cultivation success is not sufficiently reliable.

High productivity has also been recorded from alder stands. During the first ten years, a mean annual increment of above-ground woody biomass as high as 8 tonnes of DM ha⁻¹ year⁻¹ has been recorded in dense stands.

The volume production of birches is lower: up to around 10 m³ of stem wood ha⁻¹ year⁻¹. However, because of birch's high wood density, the production of dry matter is relatively high: about 5 tonnes of DM ha⁻¹ year⁻¹.

Fertilization and breeding

High production figures are often attained without fertilizer inputs, as demonstrated by the hybrid aspen stands included in the programme. However, there is great potential for increased growth as a result of fertilization. High potential growth, vitality and wood quality can also be expected as a result of selective breeding.

Short or long rotation?

Two main methods of cultivation are used for short rotation hardwood forests: (i) the coppice system with dense stands grown in short rotations, the main purpose being to produce biofuels; and (ii) standard forestry for the production of pulpwood and saw logs, with the

added opportunity to harvest logging residues. The research work with hybrid aspen has demonstrated a third option, combining these two methods. From the second generation onwards it is possible to harvest large amounts of biofuel by corridor cleaning two years after the final harvest, and then to continue with standard forestry for 20 to 25 years. Machines with potential applicability to corridor cleaning are available, but they have not yet been tested for this particular purpose. A similar system may also be used for grey alder.

Reapplication of nutrients

Reapplication of nutrients is necessary in intensively grown forest systems because nutrient losses through harvesting exceed inputs from weathering and deposition. Reapplication of ash is likely to be the most common procedure for replenishing all nutrients except nitrogen. Nitrogen fertilization is likely to be a common measure for increasing growth, since it is almost always the growth-limiting element, and the deposition of nitrogen cannot compensate for the losses resulting from whole-tree harvests.

Damage

Damage by game, insects, fungi and climate occurs in fast-growing hardwood stands as well as in other types of cultivated forest. Some types of damage may have serious consequences. A high game population resulting in intensive browsing, or the presence of pathogenic fungi are obvious examples. However, damage within stands of alder, birch and aspen cannot be expected to be worse than in stands of other tree

species. Therefore, there is no reason to avoid the establishment of stands containing these species, especially if improved material is used.

Hardwoods promote biodiversity

It is generally accepted that monocultures of fast-growing species contain fewer associated species than ordinary forests. Nevertheless, they can contribute to improved biodiversity in landscapes where forests are rare or are dominated by conifers. They may also be used as buffer zones or as corridors between more diverse forest areas.

Profitability

Economic forecasts often predict that the cultivation of fast-growing hardwoods would be highly profitable. High productivity over short rotation periods can provide a significant contribution to the economy when interest rates are high. The cultivation of species with a standard tree-type growth habit also allows a number of different products to be harvested (biofuels, pulpwood, saw logs) depending on the prevailing market situation. This is not possible in pure energy crop systems.

4. Inledning

Under 1800-talet minskade trämaterialens betydelse för uppvärmning och hushållsändamål. Fossila bränslen kom alltmer att utnyttjas för uppvärmning. Samtidigt ersattes trä med andra material inom den ökande industrisektorn. Trä har blivit en tillgänglig resurs som i stor utsträckning har kommit att utnyttjas av pappersindustrin. Hur ser då framtiden ut för materialet trä? Först ska det observeras att jordens befolkning fortfarande i genomsnitt har tillgång till över 1/2 m³ ved per person och år varav drygt hälften används som brännved (FAO, 2003). En uppdelning på löv- och barrträd avslöjar också att det finns en dominerande preferens för lövträd sett ur ett globalt perspektiv (FAO, 1991).

Varje år avverkas nära 3,5 miljarder m³, eller uttryckt som biomassa, 2,1 miljarder ton. Samtidigt har skogsmarksarealen minskat med 9,4 miljoner hektar under perioden 1990–2000 (FAO, 2001). Endast i Europa ökade skogsmarksarealen. Schulz (1993) drar följande slutsats

från en global jämförelse av befolkningsökningen, tillgången på kol och olja och avverkningen av skogsprodukter: över hela världen kommer trä och skogsbruk att bli alltmer betydelsefulla. Schulz stödjer sig även på den s.k. ”trefasteorin” som förutsäger att en period då ved till stor del kunde ersättas av andra material nu kommer att följas av en period där råmaterialet trä återigen kommer att ha mycket stor betydelse (Figur 1). I Europa används för närvarande större delen, nära 86 %, av virket för industriella ändamål (FAO, 2001).

De nordeuropeiska länderna är gleset befolkade och en stor del av landarealen är skogsmark (Tabell 1). Inkomsterna från skogen har en mycket stor betydelse för ländernas ekonomi och välbefinnande. Enligt OECD var exportvärdet i slutet av 1990-talet per capita för skogsindustrin 1 530 € i Finland, 890 € i Sverige och 290 € i Norge (Mälkönen, 2000). Samtidigt är länderna nordligt belägna och behovet av energi och bränslen för uppvärmning är stort (Energi-

myndigheten, 2003). Biobränslen används i varierande utsträckning men det finns en stor potential för att öka dess andel av energiförsörjningen (t.ex. Lindroth & Åkerblom, 1984, Christersson m.fl., 1993, Mattsson, 1997, Parikka, 2000, Nilsen, 2001).

Under senare tid har trycket på skogsresursen ökat markant från olika intresseområden. Stora arealer skog har avsatts och kommer sannolikt fortsätta att avsättas för att gynna den biologiska mångfalden (se t.ex. Naturvårdsverket, 2003). I de tätbefolkade områdena ökar kravet på att skogsskötseln skall anpassas till friluftslivets krav (t.ex. Krott & Nilsson, 1998, Stähle, 2000), vilket troligen reducerar möjligheterna för virkesfångst. Samtidigt kommer signaler om att uttaget av virke i de svenska skogarna överskrider tillväxten (Malmgren, 2003, Skogsstyrelsen, 2003).

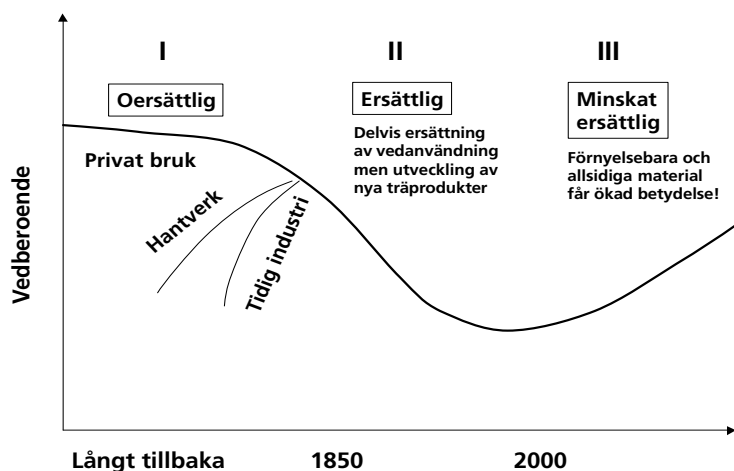
Det tycks därför oundvikligt att virkesproduktionen på den skogsmark där virkesproduktion är det primära målet måste öka liksom värdet på de sortiment som tas ut. Samtidigt måste produktionen vara vital och uthållig.

Det finns olika sätt att öka virkesproduktionen. Ett sätt är att utnyttja de framsteg som kommit fram genom skogsträdsförädling. Rosvall m.fl. (2001) uppger att den genetiska vinsten i tillväxt för andra generationens fröplantager i Sverige i allmänhet är 10–15 % jämfört med oförädlad material för gran, tall och björk. I nästa generation plantager kan man förvänta sig en förbättrad arealproduktion på 20–25 % jämfört med oförädlad material.

Ett annat väl beprövat sätt att få

Figur 1.

Ved användningens historia enligt trefasteorin (efter Schulz 1993).



tillgång till mer virke är att gödsla skogen. Jacobson och Pettersson (2003) har visat att kvävegödsling är en mycket lönsam investering i barrskog. Framförallt gäller det en engångsgödsling i slutet av omloppstiden, vilken ger en internränta på över 15 %. Upprepad kvävegödsling ger ytterligare produktionsökning men är svårare att motivera ekonomiskt.

Gödsling med andra essentiella näringsämnen än kväve har hittills givit låg respons på insatsen (Jacobson & Pettersson, 2001). Gödslingsstrategier är ett omdebatterat område som behöver undersökas ytterligare. Det gäller såväl ekonomi och produktionsökningar som miljöeffekter. Teoretiska beräkningar av Bergh m.fl. (1999a) visar att det i Sverige skulle gå att öka produktionen med mer än det dubbla och samtidigt kraftigt förkorta omloppstiderna. Beräkningarna grundar sig bl.a. på de resultat man erhållit för gran (Bergh m.fl., 1999b) där den löpande produktionen på kontrolltytor respektive på näringsbevattnade försöksytor nådde 3 respektive 14 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ i norra Sverige och 12 respektive 29 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ i södra Sverige efter 10 års behandling.

Ett tredje sätt att öka utnyttjandegraden av vedbiomassa är att öka antalet sortiment och ta ut andra träddelar än stam. Tidigare pågick försök och även praktisk drift av att tillvarata trädrötter. Detta visade sig förorsaka stora markskador och metoden har numera skrinlagts. Ett mera skonsamt alternativ är att ta vara på grenar och toppar, s.k. GROT. Detta förekommer numera allmänt i de nordiska länderna, samtidigt som forskning pågår för

att utreda konsekvenserna av GROT-uttaget (t.ex. Jacobson m.fl., 2000, Högbom & Berg 2003). Genom att ta ut såväl gagnvirke som GROT kan de två intressena virkes- och bio-bränsleuttag förenas.

En ytterligare möjlighet som undersöks, men som ännu har begränsad praktisk spridning, är att använda trädslag med högre tillväxtkapacitet eller trädslag som har någon annan värdefull egenskap som nuvarande trädslag, med stor dominans av gran och tall, inte kan erbjuda (Eriksson, 1984, Rytter m.fl., 1989, Elfving, 1996, Karlsson m.fl., 1997, Telenius, 1999, Rytter m.fl., 2002, Stener & Karlsson, 2003). Det är den möjligheten som den här Redogörelsen har ett starkt fokus på. Vid sammanställningen har ett grundkrav varit att trädslagen skall växa trädformat så att de kan ge ett bidrag både till det traditionella skogsbruket och till energisidan. Det innebär att energiskogsodling med *Salix*-arter inte ingår som ett alternativ. Däremot görs jämförelser i t.ex. produktion och ekonomi med både energiskogsodling och konventionell barrträdsodling.

5. Trädslag

Lövträdslag som ska vara av intresse för ett skogsbruk där traditionell virkesfångst i form av massaved och timmer kombineras med uttag av biomassa måste både kunna producera värdefullt virke och substantiella mängder av vedbiomassa. Dessutom skall trädslaget lätt gå att förnygra och kunna odlas uthålligt utan att bestånden degenererar på grund av klimat, sjukdomar eller andra orsaker.

Det finns tre lövträdssläkten som dominerar i Sverige och i Norden när det gäller klimatanpassade snabbväxande lövträd. Släkterna är *Betula* (björksläktet), *Populus* (asp- och poppelsläktet) och *Alnus* (alsläktet). Följaktligen fokuserar Redogörelsen på trädslag inom dessa släkten.

Björkar

Björken är det dominerande lövträdslaget i Sverige och svarar för två tredjedelar av lövvirkesförrådet (Berg m.fl., 1996). Det finns två inhemska trädformade arter av björk, vårtbjörk (*Betula pendula* Roth) och glasbjörk (*B. pubescens* Ehrh.), och båda är intressanta som virkesproducenter. Björkarna finns över hela landet, vårtbjörken dock inte i fjällskogarna och dess angränsande skogar.

Glasbjörken är den klart dominerande arten med tre fjärdedelar av landets virkesförråd av björk.

Vårtbjörk och glasbjörk har vissa skillnader i kraven på ståndort men förekommer ändå ofta i samma bestånd. Båda arterna växer bäst på friska och näringsrika lokaler men vårtbjörken kan också klara sig tämligen väl på torra och lite magrare marker även om produktionen naturligtvis blir lägre. Den klarar

däremot inte växtplatser med dålig syretillgång i marken, såsom våta marker, torvmarker och styv lera. Det gör däremot glasbjörken som i gengäld inte växer bra på mager mark.

Vårtbjörken har visat sig tåla pH-värden i marken på ända ned till 3,3 (Cameron, 1996).

Båda arterna kräver mycket ljus (Rytter, 1998) för att det enskilda trädets produktionsförmåga skall utnyttjas till fullo. Långvarig ljuskonkurrens mellan träden gör att man irreversibelt förlorar produktionskapacitet hos "framtidstammarna".

Glasbjörken anses ha en något bättre förmåga att kunna växa i täta bestånd än vårtbjörk (Almgren, 1990).

Björkarna är pionjärer anpassade till att överleva i ett skogsbrandpåverkat landskap där de kan dra nytta av en god fröspridning och förmågan att skjuta skott från stambasen. Björken är också först på plats på hyggen och övergiven jordbruksmark. Den växer fort i unga år och når sin slutliga höjd, drygt 25 m, före 80 års ålder (Lagerberg, 1972).

Aspar och popplar

I Sverige finns endast en inhemsk representant för släktet *Populus*, vår vanliga asp (*P. tremula* L.). Den finns å andra sidan allmänt spridd över hela landet och förekommer dessutom över hela Europa och stora delar av norra Asien. Ofta påträffar man andra poppelarter runt om i vårt land, men dessa arter eller korsningar har alla sitt ursprung från Europa, Asien eller Nordamerika.

En skogligt intressant korsning som utseendemässigt är mycket lik asp är hybrid Aspen. Den är en

korsning mellan vår vanliga asp och den nordamerikanska aspen, *P. tremuloides* Michx., och utmärker sig genom att vara mycket snabbväxande. Hybridasp kan, liksom utländska härdiga korsningar av olika poppelarter, vara lämpliga odlingsalternativ på före detta jordbruksmark.

Aspen är ett typiskt pionjärträdslag med snabb ungdomstillväxt under de första 20 åren och en relativt kort omloppstid på ungefär 50 år. Hybridasp har dock betydligt kortare omloppstid, 20–25 år. Aspen kan växa på de flesta marker, men för att växa bra och ge god kvalitet och avkastning krävs goda ståndorter, t.ex. finjordrik morän med god tillgång på syrerikt vatten. Normalt krävs minst lågörttyp (Almgren, 1990), torvmark och styv lera bör undvikas.

Aspen växer ofta i jämna mer eller mindre rena bestånd (Perala m.fl., 1996). De flesta bestånd blir likåldriga eftersom aspen omedelbart förnygrar sig efter en störning, t.ex. avverkning, och då huvudsakligen med rotskott.

Alar

Alsläktet tillhör liksom björkarna familjen *Betulaceae* och är extrema pionjärträd. Vissa arter kan dock genom livlig rotskott- och stubbskottbildning ge upphov till något mera långlivade bestånd. I Sverige finns naturligt de två arterna klibbal (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) och gråal (*A. incana* (L.) Moench.).

Klibbalen har hittills varit den mest intressanta arten skogligt sett, men gråalens snabba tillväxt gör att även den är intressant för virkesproduktion. Klibbalens utbredningsområde omfattar Götaland, Svealand

och Norrlandskusten, medan gråalen påträffas i Norrland, Svealand och inre Götaland.

Utbredningsområdena avspeglar från vilket håll arterna invandrat till vårt land. Klibbalen har kommit söderifrån medan gråalen invandrat från nordost. Det betyder också att gråalen är bäst anpassad till ett nordligt och kärvt klimat.

Alarna har den för svenska skogsträd unika förmågan att, i symbios med aktinomyceten (strålsvampen) *Frankia*, binda luftens kväve och därmed göra sig i princip oberoende av markens leveransförmåga av kväve. Det är en viktig förklaring till att alar är så framgångsrika pionjärer och kan kolonisera områden med nyligen blottad mineraljord. Förmågan att fixera luftkväve varierar med trädens tillstånd och ålder men kan i välväxande bestånd uppgå till ca 100 kg N per ha och år (Binkley, 1981, Rytter, 1996).

För att växa bra kräver klibbalen djup, näringsrik och mullrik jord med god vattentillgång. Den uppvisar god tillväxt på mycket fuktiga marker och tål även att marken blir översvämmad.

Gråalen föredrar fuktiga och näringsrika lokaler med kalkinslag men växer tämligen bra på magrare och torrare marker. Gråalen har lägre temperatur- och vattenkrav än klibbalen men tål inte i samma utsträckning stående vatten med begränsad syretillgång.

6. Lövvirkesituationen – tillgång och efterfrågan

6. 1. SVERIGE

Virkesförrådet av lövträd i Sverige har ökat sedan 1920-talet (Berg m.fl., 1996) och uppgår nu till nära 500 miljoner m³sk (Tabell 2) vilket är knappt 17 % av det totala virkesförrådet (Skogsstyrelsen, 2003). Eftersom virkesförrådet av barrträd ökat ännu mer har lövvirkesandelen ändå minskat (Stener, 1998a). På senare tid har dock förskjutningarna mellan trädslag varit små.

De ordinära lövträden, där björk, asp och al utgör merparten, dominerar kraftigt över de ädla lövträden och utgör 88 % av lövvirkesvolymen (Stener, 1998a). Av lövträdsvolymen återfinns ungefär två tredjedelar i barrträdsbestånd eller i blandskog av barr- och lövträd (Stener, 1998a). Lövträdsresursen är därmed svår att komma åt där den står glest utspridd, samtidigt som den är begränsad. Den svenska skogsindustrin

importerar därför årligen omkring 4 miljoner m³ rundvirke av lövträd (Skogsstyrelsen, 2003).

Det finns dessutom en allmän brist på gamla och grova lövträd, vilka har stort värde för den biologiska mångfalden (Sjöberg & Lennartsson, 1995).

Ett av delmålen för Levande skogar (Miljödepartementet, 2000) är att ”arealen äldre lövrik skog ska öka med minst 10 procent” och att ”arealen mark föryngrad med lövskog ska öka”. Certifieringsorganisationerna FSC och PEFC (Svenska FSC-rådet, 2000, PEFC, 2002) kräver också att certifierade fastigheter skall verka för att etablera och hålla en högre andel lövträd än vad som tidigare i allmänhet varit fallet. Lövträd och lövvirke måste därför betraktas som en bristvara ur flera olika aspekter.

Beräkningar som utförts av Mattsson (1997) och Parikka (2000) visar

att det finns en potential att höja det totala uttaget av vedbränslen ur de svenska skogarna. Vedbränslen från lövträd utgör en del av uttaget. Ett ökat utnyttjande kräver emellertid en teknisk utveckling av såväl maskiner för uttag av råvaran som av förbränningsanläggningar för att vedbiomassan effektivt ska kunna utnyttjas. Samtidigt visar Berg m.fl. (1996) att det med dagens skogsbruk inte går att höja lövträdsavverkningarna i någon större omfattning utan att minska lövträdens andel av virkesförrådet. Det behövs således både högre produktion och utökade arealer för att lövskogsbruket skall kunna expandera. Arealtillgången är inte begränsande (Lindroth & Åkerblom, 1984, Christersson m.fl., 1993), varken i Sverige eller i grannländerna.

Tabell 1.

Uppgifter om landareal, skogsmark, skog och dess användning för de nordiska länderna. Siffrorna är inte helt jämförbara eftersom beräkningarna skett på lite olika vis i de olika länderna. Vissa sortomvandlingar har skett för att öka jämförbarheten. Uppgifterna är hämtade från Peltola (2002), FAO (2003), Miljøministeriet (2003), Skogsstyrelsen (2003) och Statistisk Sentralbyrå (2003).

| | Sverige | Finland | Norge | Danmark | Island |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Landareal, km ² | 410 335 | 304 590 | 306 252 | 43 095 | 100 250 |
| Andel skogsmark ^a , % | 55,1 | 66,2 | 24,3 | 11,3 | 0,3 |
| Skogsmarksareal ^a per capita, ha | 2,5 | 3,9 | 1,7 | 0,09 | 0,11 |
| Virkesförråd ^b , milj m ³ | 2 955 | 2 003 | 872 | 60 | 1 |
| Årlig tillväxt ^b , milj m ³ | 101,7 | 77,8 | 27,6 | 5,2 | - |
| Nettoavverkning år 2000, milj m ³ | 67,5 | 59,4 | 8,4 | 1,8 | 0 |
| Andel brännved av virkeskonsumtionen, % | 8,7 | 8,7 | 8,5 | 20,3 | - |

^a exklusive impediment, d.v.s. mark med produktion under 1 m³sk per hektar och år

^b volymerna gäller för alla markslag men exklusive döda träd

6.2. FINLAND

Finland har den högsta andelen skogsmark av de nordiska länderna (Tabell 1). Samtidigt är lövskogsandelen nästan 19 % av den stående virkesvolymen och lövvirkesvolymen uppgår till ca 375 miljoner m³sk (Peltola, 2002, Tabell 2). Andelen brännved av virkeskonsumtionen ligger på samma nivå som i Sverige och Norge, d.v.s. mellan 8 och 9 %. I Finland har lövträd haft en hög status under lång tid. Det gäller framförallt björk, som länge varit en viktig råvara för plywood- och fanerindustrin (Raulo, 1987, Peltola, 2002).

På senare tid har även aspvirke blivit alltmer efterfrågat. Asp och hybridasp har mycket goda fiber-egenskaper som gör virket lämpligt för användning till produktion av högkvalitativt tryckpapper (Mattsson-Turku, 2003). Det finns ett

uppenbart behov av att anlägga nya asp- och framförallt hybridaspodlingar, för att snabbt försörja den växande finska massaindustrin (Metsämannut, 2001, Karlsson & Holm, 2002). Här finns samtidigt även möjlighet att producera betydande mängder GROT till energisektorn. Under perioden 1998 till 2003 mer än tredubblades den mängd skogsflis som värmeanläggningarna i Finland förbrukade (Manner, 2004).

6.3. NORGE

De norska skogstillgångarna kan inte mätas sig med de svenska och finska men är ändå betydande (Tabell 1). Lövträdandelen, som domineras av björk (Frivold, 1994), är högre än i Sverige och Finland, drygt 22 % (Tabell 2). Även asp och klibbal förekommer allmänt över stora delar av landet.

Fem procent av den totala energikonsumtionen i Norge (260 TWH per år) tillförs genom bioenergi, och skogsindustrin, privata vedeldare och fjärrvärmeverk konsumerar merparten av detta (Nilsen, 2001). Uppskattningar gör gällande att bioenergiproduktionen kan öka till ca 12 % av energikonsumtionen i slutet av decenniet. Ökad timmeravverkning och uttag av trädrester (toppar, grenar och stamdelar) gör detta möjligt tillsammans med andra potentiella energikällor såsom lövträd och rötat grantimmer. Priserna för de senare sortimenten är låga och det är realistiskt att använda dem som bioenergi. Det finns en politisk vilja att öka bioenergianvändningen i Norge, vilket sannolikt kommer att ha en positiv inverkan även om prisbildningen kommer att vara avgörande.

Tabell 2.

Stående virkesvolym i miljoner m³sk uppdelade på trädslag för Sverige, Finland, Norge och Danmark. Döda träd ingår inte. Uppgifterna har hämtats från Skogsstyrelsen (2003), Peltola (2002), Statistisk Sentralbyrå (2003) och Miljøministeriet (2003). Siffror inom parentes utgör de procentuella andelarna av totala virkesvolymen för respektive land.

| | Sverige | Finland | Norge ^a | Danmark ^b |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| Total virkesvolym | 2 954,8 (100) | 2 002,6 (100) | 872,5 (100) | - (100) |
| Barrträd | 2 458,8 (83,2) | 1 627,2 (81,3) | 678,2 (77,7) | - (62,6) |
| Gran | 1 276,5 (43,2) | 687,2 (34,3) | 385,8 (44,2) | -(28,2) |
| Tall, övriga i Danmark | 1 182,3 (40,0) | 939,7 (46,9) | 292,8 (33,5) | -(34,4) |
| Lövträd | 496,0 (16,8) | 375,5 (18,7) | 194,3 (22,3) | -(37,4) |
| Björk | 332,7 (11,3) | 304,9 (15,2) | - (-) | - (-) |
| Asp | 43,4 (1,5) | - (-) | - (-) | - (-) |
| Ek | 30,6 (1,0) | - (-) | - (-) | -(9,2) |
| Bok | 18,1 (0,6) | - (-) | - (-) | -(17,1) |
| Övriga | 71,2 (2,4) | 70,6 (3,5) | - (-) | -(11,1) |

^a siffrorna anges ursprungligen som m³fub. Omräkningsfaktorn 1,25 har använts för att beräkna m³sk

^b endast arealer för olika trädslag finns tillgängliga

6.4. DANMARK

Även i Danmark dominerar barrträd över lövträd och av lövträdsresursen är de ädla lövträden dominanta (Tabell 2). Liksom i övriga världen har Danmark tidigare förlitat sig på brännved för uppvärmning (Kjeldsen, 2002a). En annan viktig källa var torv. Användningen av halm ökade kraftigt under 1970-talet som ett resultat av energikrisen. Vedflis kom in på marknaden vid mitten av 80-talet och har spelat en alltmer betydande roll vid användning av biomassa för energiändamål. Biomassan har använts för uppvärmning, hushåll och på senare år för att producera el.

Av den totala energitillförseln bidrar de förnyelsebara källorna med nära 10 %. Danmark har den största andelen brännved av virkeskonsumtionen i Norden (Tabell 1). De största hindren för att utöka biomassa som energiproducent för konsumenterna är priset, leveranssäkerheten och användbarheten. För odlarna utgörs de största hindren av ekonomi, upplåsning av mark, skador på grödor samt tillgång till biologisk och teknisk assistans vid behov. I Danmark pågår endast ett fåtal forskningsprojekt om energi-grödor och det är låg kommersiell aktivitet (Kjeldsen, 2002b).

7. Produktion

En av de viktigaste egenskaperna för att ett trädslag ska vara attraktivt för skogsodling är dess tillväxtförmåga, vilket gör att al-, björk- och asp/popelsläktena hamnar i fokus. Deras löpande tillväxt kulminerar vid tidig ålder (Figur 2, 3), vilket innebär att även medeltillväxten når sitt maximum relativt tidigt. Detta brukar

användas som ett mått på omloppstidens längd.

En snabb tillväxt är, när det gäller lövträd, positivt oavsett användningsområde. Snabb tillväxt ger stora kvantiteter biobränslen, massaved och timmer, samtidigt som virkesegenskaperna påverkas i mycket liten grad. Omloppstiden är ekonomiskt

viktig eftersom lönsamheten blir bättre vid kortare tider. Ju högre förräntningskraven är desto viktigare blir en kort omloppstid.

7.1. STAM

Det vanligaste sättet att uppskatta tillväxt och produktion är att mäta stammar och beräkna deras volymer. Metoden har lång tradition och i Sverige uttrycks volymerna oftast som m^3sk (skogskubikmeter), vilket innefattar hela stammen inklusive topp och bark ovanför stubben.

På senare tid, inte minst när biobränslen hanteras, har trädens vikt alltmer kommit att användas som ett produktionsmått. Normalt räknar och prissätter man efter torrsvikt. Eftersom olika trädslag har olika veddensitet innebär det att man inte automatiskt kan rangordna tillväxt uttryckt som volym respektive vikt på samma sätt.

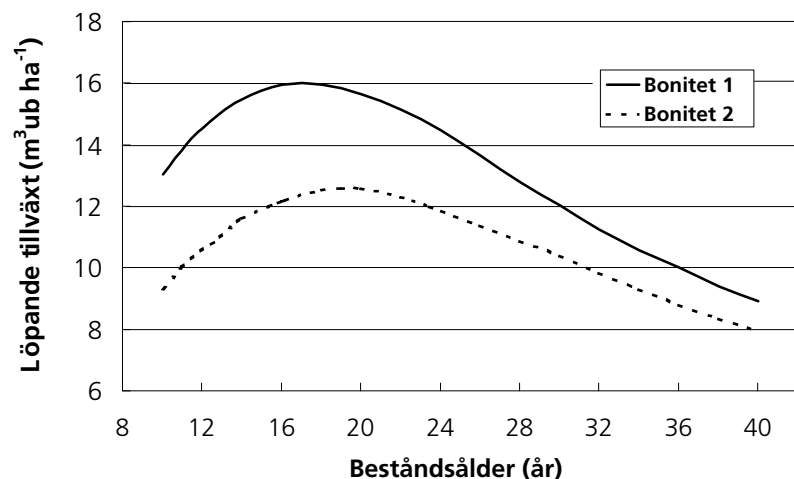
I tabell 3 anges veddensiteten för de snabbväxande lövträden i jämförelse med några andra trädslag. Värdena i tabellen ska betraktas som exempel vars medelvärden kan användas för att omvandla volym till vikt och vice versa.

Ferm (1985) visade att ved- och barkdensiteterna hos unga glasbjörkar varierade både mellan årsringar och mellan olika höjder. Dessutom syntes en årstidsvariation i densitet liksom skillnader mellan olika bestånd.

Stambarken har normalt en högre densitet än själva veden (Mälkönen, 1977, Björklund & Ferm, 1982, Ferm 1985), och grenarna har högre densitet än stammen (van der Meiden & Kolster, 1981, Björklund & Ferm, 1982), delvis beroende på en högre barkandel.

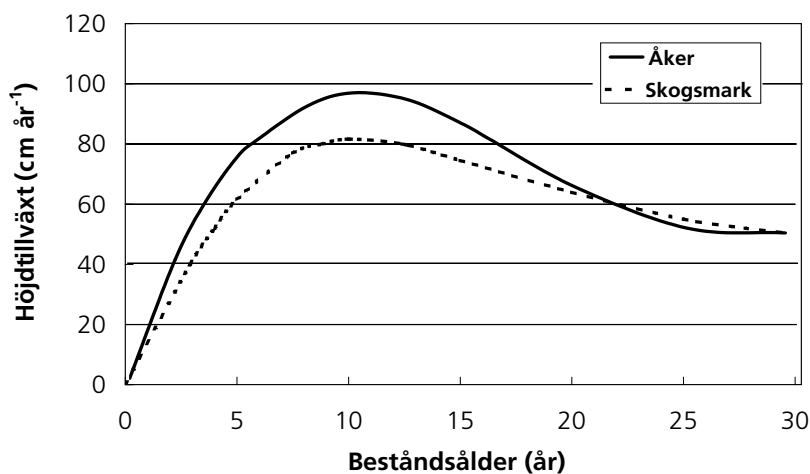
Figur 2.

Den löpande tillväxtens utveckling i gråalbestånd vid två olika boniteter. Figuren har hämtats från Børset och Langhammers (1966) norska undersökning.



Figur 3.

Den genomsnittliga årliga höjdtillväxten efter plantering av vårtbjörk på gammal åker och på skogsmark av Oxalis-Myrtillus-typ enligt Raulo (1977). Kurvorna visar utvecklingen för de hundra grövsta björkarna per hektar.



Tabell 3.

Stamdensitet hos våra snabbväxande lövträd samt några andra trädslag av intresse för plantageodling. Stamdensiteten uttrycks som torr-rådensitet (R), där $R = W_D/V_F$ och W_D = torrsvikt av stamdelen och V_F = volymen av samma stamdel i rått tillstånd. På engelska används begreppet basic density.

| Trädslag | Del | Information | Densitet (kg TS m ⁻³) | Källa |
|---|----------------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Snabbväxande inhemska lövträd | | | | |
| Asp (<i>Populus tremula</i>) | stam | 30-50 år | 402 | Nagoda (1981) |
| | stam | 28 år | 361 | Ilstedt & Gullberg (1993) |
| | ved | vuxna träd | 400 | Sv. Skogsv.förb. (1994) |
| Hybridasp (<i>P. tremula</i> x <i>P. tremuloides</i>) | ved | 10-15 år, triploid | 410 | Einspahr & Wyckoff (1975) |
| | ved | vuxna träd | 350 | Elfving (1986a) |
| | stam | 28 år | 378 | Ilstedt & Gullberg (1993) |
| | stam | 10 år, 35 kloner | 335 | Stener (1998b) |
| | stam | 14 år, 14 kloner | 348 | Rytter & Stener (2003) |
| | Björk (<i>Betula</i> sp.) | stam | 45-100 år | 444-522 |
| Glasbjörk (<i>B. pubescens</i>) | ved | vuxna träd | 490 | Sv. Skogsv.förb. (1994) |
| | stam | 54 år i medeltal | 482 | Hakkila (1966) |
| | stam | 55 år | 486 | Skogshögskolan (1970) |
| | ved | 45-56 år | 445 | Bhat (1980) |
| | ved | 10 år | 442 | Björklund & Ferm (1982) |
| | ved | 17-36 år | 463 | Ferm (1985) |
| Vårtbjörk (<i>B. pendula</i>) | bark | 17-36 år | 495-520 | Ferm (1985) |
| | stam | 57 år i medeltal | 497 | Hakkila (1966) |
| | stam | 35-60 år | 511 | Skogshögskolan (1970) |
| | stam | c. 10 år | c. 410 | Velling (1979) |
| | ved | 45-56 år | 483 | Bhat (1980) |
| | stam | 12 år, 564 träd | 433 | Nepveu & Velling (1983) |
| | stam | 55 år, 12 träd | 570 | Nepveu & Velling (1983) |
| | ved | vuxna träd | 500 | Elfving (1986a) |
| | stam | 28 år, helsyskon | 483 | Tammisola m.fl. (1995) |
| | stam | 17 år, helsyskon | 491 | Tammisola m.fl. (1995) |
| | stam | 11 år, 30 kloner | 429 | Stener & Hedenberg (2003) |
| Gråal (<i>Alnus incana</i>) | stam | Dbh 9-15 cm | 365 | Nagoda (1968) |
| | ved | 23 år i medeltal | 361 | Hakkila (1971) |
| | ved | 8 år | 353 | Björklund & Ferm (1982) |
| Klibbal (<i>A. glutinosa</i>) | skott | 2 år | 370 | Geyer (1981) |
| | ved | vuxna träd | 370 | Elfving (1986a) |
| Övriga trädslag | | | | |
| Amerikansk asp (<i>P. tremuloides</i>) | stam | Dbh 13-44 cm | 407 | Steinhilb & Erickson (1970) |
| | ved | 7-22 år | 377 | Bella & Hunt (1973) |
| | ved | 15+ år | c. 350 | Einspahr & Wyckoff (1975) |
| | stam | 28 år | 365 | Ilstedt & Gullberg (1993) |
| Balsampoppel (<i>P. trichocarpa</i>) | stam | 12 år | 327 | Børset & Langhammer (1967) |
| | stam | 9 år | c. 390 ^a | DeBell m.fl. (2002) |
| Svartpoppel (<i>P. deltoides</i>) | skott | 2 år | 340 | Geyer (1981) |
| | ved | 3 år | 330 | Olson m.fl. (1985) |

Tabell 3 forts.

| Trädslag | Del | Information | Densitet (kg TS m ⁻³) | Källa |
|---|-------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Hybridpoppel (<i>P. x canadensis</i>) (<i>P. deltoides</i> x <i>P. trichocarpa</i>) (<i>P. deltoides</i> x <i>P. trichocarpa</i>) (<i>P. x euramericana</i>) | skott | 4 år | 365 | Dik m.fl. (1987) |
| | skott | 4 år | 324 | Dik m.fl. (1987) |
| | stam | 9 år | 360 ^a | DeBell m.fl. (2002) |
| | ved | 10-15 år | 304-352 ^a | Mátyás & Peszlen (1997) |
| <i>Salix</i> (olika arter och kloner) | stam | 10 mm, 21 kloner | 332 | Flower-Ellis & Olsson (1981) |
| Gran (<i>Picea abies</i>) | stam | 78 år i medeltal | 387 | Hakkila (1966) |
| | ved | vuxna träd | 320 | Elfving (1986a) |
| | ved | vuxna träd | 400 | Sv. Skogsv.förb. (1994) |
| | ved | 27 år, skogsmark | 368 | Brolin m.fl. (1995) |
| | ved | 28 år, jordbr.mark | 307 | Brolin m.fl. (1995) |
| | stam | 17-54 år, jordbr.m. | 314 | Johansson (1999a) |

^a torrvolymvikt

Ur tabell 3 framgår att björk har betydligt högre veddensitet än asp och al. Poppel och gran ligger på ungefär samma nivå som asp och al.

Populus

Av de aktuella lövträdssläktena har aspar och popplar visat den högsta tillväxtpotentialen (Tabell 4). Det är framförallt korsningar mellan den europeiska och amerikanska aspen samt mellan olika poppelarter (t.ex. Ceulemans m.fl., 1992) som givit de högsta tillväxtsiffrorna. Den löpande tillväxten hos hybridasp i Sverige har i vissa fall överstigit 40 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ (Tabell 4) och medeltillväxten för det nuvarande odlingsmaterialet, som selekterats utifrån genetiska fälttester, uppskattas nå över 20 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ (>7 ton TS) vid en omloppstid på 20–25 år (Rytter m.fl. 2003a). I nästa generation kan man sannolikt förvänta sig en ännu högre produktion eftersom man från och med andra generationen får en mycket snabb beståndsstart genom ett kraftfullt rotskottuppslag (Rytter 2002,

Rytter m.fl. 2003a).

Vid direkt jämförelse mellan hybridasp och produktiva hybridpoppelkorsningar har de senare givit ännu högre tillväxtsiffror än hybridasp (Telenius, 1999, Karacic m.fl., 2003, Stener, 2004). Omloppstiderna var dock korta (8–12 år) och allvarliga skador i unga försöksodlingar av poppel har konstaterats (t.ex. Stener, 2004).

Tillsammans med andra iakttagelser från poppelodlingar på jordbruksmark kan slutsatsen dras att det odlingsmaterial av poppel som använts hittills inte är tillräckligt klimatanpassat för att tillåta en långsiktig skadefri odling. Ytterligare selektion samt introduktion av nytt poppelmateriale som är bättre klimatanpassat till svenska förhållanden kommer sannolikt att minska skaderisken (jfr, Christersson, 2002, Stener, 2004).

För släktet *Populus* är det vanligt att man, åtminstone i försök, anlägger odlingarna som skottskogsbruk med mycket höga stamantal och

korta omloppstider (Tabell 4). Man har då kunnat uppvisa mycket höga produktionssiffror. Liesebach m.fl. (1999) rapporterade en medelproduktion av ovanjordisk biomassa som översteg 12 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ för hybridasp under 10 år. Lee (1988) och Pontailier m.fl. (1999) uppmätte medelproduktioner på över 20 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ för hybridpoppel vid 2–3 års omloppstider.

Björk

Björkarnas volymproduktion är betydligt lägre än de högsta inom poppelsläktet (Tabell 5). De högsta löpande tillväxterna som rapporterats ligger kring 18 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ (Braastad, 1967, Sonesson m.fl., 1994). Eftersom björkvirket har en hög densitet (Tabell 3) blir biomasproduktionen per hektar ändå förhållandevis hög, 8–9 ton TS år⁻¹. De högsta medeltillväxterna ligger strax över 10 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ (ca 5 ton TS) för omloppstider på 30–60 år (Braastad, 1967, Utkin m.fl., 1987,

Tabell 4.

Rapporterad stamproduktion hos olika arter inom släktet *Populus* i Europa och Nordamerika. Värden inom parentes har beräknats från värden utan parentes genom att anta att veddensiteten är 350 kg TS m⁻³ (se Tabell 3). Kursiv stil anger att uppgifterna härrör från skottskogsbruk med korta omloppstider (upp till 10 år) medan övriga uppgifter kommer från konventionellt skogsbruk. MAI = medeltillväxt och CAI = löpande tillväxt. Vid stamantal anges ibland t vilket = x 1 000.

| Alder (år) | Stamantal (st ha ⁻¹) | MAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Maximal CAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Kommentar | Källa |
|--|----------------------------------|---|---|---|---|----------------|-------------------------------|
| ASPAR | | | | | | | |
| Asp (<i>P. tremula</i>) | | | | | | | |
| 49-57 | 280-1 480 | 5,2-7,9 | (1,8-2,8) | 9,4-13,2 | (3,3-4,6) | | Petrini (1945) |
| 62 | 2 500-320 | 7,7 | (2,7) | 10,8 | (3,8) | Bonitet II | Haugberg (1958) |
| 16 | 5 200-2 700 | 4,5 | (1,6) | | | | Langhammer (1973) |
| 16 | 2 500-1 150 | 3,3 | (1,2) | 8,8 | (3,1) | | Johnsson (1976) |
| 23 | 6 900-860 | 12,4 | (4,3) | 23,3 | (8,2) | | Johnsson (1976) |
| 50 | - | 9,0 | (3,2) | | | vanlig skog | Vuokila (1977) |
| 35 | - | 12,3 | (4,3) | | | skottuppslag | Vuokila (1977) |
| 40-60 | c. 1 100 | 8,6-9,3 | (3,0-3,3) | | | SI = G28-G30 | Eriksson (1984) |
| 2-85 | - | (8,0-20) | 2,8-7,0 | | | 12 bestånd | Utkin m.fl. (1987) |
| 80 | 1 900-320 | 14,8 | (5,2) | 21,6 | (7,6) | SI = Osp 26 | Opdahl (1992) |
| 5 | <i>165t-7,3t</i> | | <i>2,5^a</i> | | | | <i>Liesebach m.fl. (1999)</i> |
| 10 | <i>5 600-2 500</i> | | <i>2,6-8,3^a</i> | | | | <i>Liesebach m.fl. (1999)</i> |
| 26-91 | 3 900-270 | | 1,2-7,0 ^a | | | 38 försöksytor | Johansson (2002) |
| Amerikansk asp (<i>P. tremuloides</i>) | | | | | | | |
| 16 | 2 500-700 | 6,3 | (2,2) | 11,7 | (4,1) | | Johnsson (1976) |
| 15 | | 6,4-7,4 | (2,2-2,6) | | | plantering | Einspahr (1984) |
| 10 | | 6,3-7,0 | (2,2-2,5) | | | skottuppslag | Einspahr (1984) |
| 2-8 | <i>73 000-15 000</i> | | <i>0,8-2,4^a</i> | | | | <i>Perala (1979)</i> |
| 13-15 | 60 000-10 000 | | 2,4 ^a | | | | Stiell & Berry (1986) |
| 8-63 | 13 000-900 | (12-23) | 4,3-8,1 | | | | Ruark & Bockheim (1988) |
| 5 | <i>165t-8,0t</i> | | <i>3,8^a</i> | | | | <i>Liesebach m.fl. (1999)</i> |
| 10 | <i>5 600-3 600</i> | | <i>3,4-6,9^a</i> | | | | <i>Liesebach m.fl. (1999)</i> |
| 48-105 | 1 500 | | | | 4,8 ^{ab} | | MacPherson m.fl. (2001) |
| Hybridasp (<i>P. Tremula</i> x <i>P. tremuloides</i>) | | | | | | | |
| 26 | | 16,9 | (5,9) | 24,6 | (8,6) | beräkning | Johnsson (1953) |
| 16 | 5 200-2 700 | 21,3 | (7,5) | | | | Langhammer (1973) |
| 28 | 2 300-140 | 17,2 | (6,0) | 26,0 | (9,1) | Bonitet 1 | Jakobsen (1976) |
| 16 | 2 500-785 | 11,0 | (3,9) | 19,9 | (7,0) | | Johnsson (1976) |
| 17 | 3 300-775 | 22,7 | (7,9) | 46,4 | (16,2) | | Johnsson (1976) |
| 23 | 6 900-830 | 25,8 | (9,0) | 43,3 | (15,2) | | Johnsson (1976) |
| 15 | | 13,4 | (4,7) | | | plantering | Einspahr (1984) |
| 10 | | 12,6 | (4,4) | | | skottuppslag | Einspahr (1984) |
| 20-30 | c. 1 100 | 11,1-12,2 | (3,9-4,3) | | | SI = G30-G36 | Eriksson (1984) |

Tabell 4 forts.

| Ålder (år) | Stamantal (st ha ⁻¹) | MAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Maximal CAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Kommentar | Källa |
|---|----------------------------------|---|---|---|---|--------------------|---------------------------|
| Hybridasp (<i>P. Tremula</i> x <i>P. tremuloides</i>) | | | | | | | |
| 26 | c. 1 100 | 16 | 5,6 | | | prognos s. Sverige | Elfving (1986a) |
| 32 | 1 100-800 | 13,2 | (5,3) | 25,2 | (10,1) | n. Sverige | Elfving (1986b) |
| 5 | 17 000 | | c. 5,4 ^a | | | | Makeschin m.fl. (1989) |
| 5 | 165t-8,0t | | 4,3-6,4 ^a | | | | Liesebach m.fl. (1999) |
| 10 | 5 600-3 600 | | 6,6-12,4 ^a | | | | Liesebach m.fl. (1999) |
| 8 | 5 000 | | 3,0 ^a | | 9,1 ^a | | Telenius (1999) |
| 4 | 15 000 | 14,0 | (4,9) | 17,2 | (6,0) | skottuppslag | Rytter (2002) |
| 7-15 | 2 400-900 | 8,0-14,6 | (2,8-5,1) | 20,8-35,8 | (7,3-13) | planteringar | Rytter (2002) |
| 9 | 5 000 | 20,3 | 7,9 ^a | 33,5 | 12,9 ^a | | Karacic m.fl. (2003) |
| 11 | 5 000 | 18,2 | 7,0 ^a | 18,5 | 8,0 ^a | | Karacic m.fl. (2003) |
| 12 | okänt-2 000 | 16 ^c | | | | skottuppslag | Rytter & Stener (2005) |
| 14 | 2 500-1 100 | 10-16 | | 30 | | planteringar | Rytter & Stener (2005) |
| 2 | 91 000-69 000 | | 6,2-9,8 ^a | | | skottuppslag | Tabell 7 |
| ÖVRIGA POPPLAR | | | | | | | |
| Balsampoppel (<i>P. balsamifera</i> och <i>P. trichocarpa</i>) | | | | | | | |
| 12 | 1 480-1 250 | 14,9-15,4 | (4,9-5,0) | 27,7-28,2 | (9,1-9,2) | | Børset & Langh. (1967) |
| 4 | 6 900 | | 12,6 ^a | | | plantering | Heilman & Stettler (1990) |
| 4 | 15 000 | | 11,3 ^a | | | stubbskott | Heilman & Stettler (1990) |
| 2 | c 60t-c 30t | | 12,4 ^a | | | 5 generationer | Pontailleur m.fl. (1999) |
| 14 | 1 700 | 8,5 | 3,3 ^a | | | | Karacic m.fl. (2003) |
| 4 | 10 000 | | 8,0-8,6 ^a | | | | Laureysens m.fl. (2004) |
| 5 | 17 000 | | c 6,0 ^a | | | | Makeschin m.fl. (1989) |
| Svartpoppel (<i>P. deltoides</i> och <i>P. nigra</i>) | | | | | | | |
| 24 | 1 100 | 16,1 | (5,6) | 26,1 | (9,1) | | Johnsson (1976) |
| 4 | 28 000-6 900 | | 3,7-6,1 ^a | | | plantering | Geyer (1981) |
| 4 | - | | 5,9-8,9 ^a | | | stubbskott | Geyer (1981) |
| 30 | 1 100 | 6,4 | (2,2) | | | | Eriksson (1984) |
| 4 | 10 000 | | 8,2-10,2 ^a | | | | Laureysens m.fl. (2004) |

Tabell 4 forts.

| Alder (år) | Stamantal (st ha ⁻¹) | MAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Maximal CAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Kommentar | Källa |
|--------------------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|----------------------|---|
| Hybridpoppel (olika hybrider) | | | | | | | |
| 4 | 111t-22t | (5,9-16) | 2,1-5,7 | (29) | 10,0 | olika hybrider/förb. | Bowersox & Ward (1976, Wittwer & Immel (1977) |
| 4 | 19 000 | (25) | 8,8 | | | | |
| 6 | 2 000 | (29) | 10,0 | | | | Meiden & Kolster (1981) |
| 3 | 6 900 | | 9,8 ^a | | | | Heilman & Stettler (1983) |
| 25-30 | c. 1 100 | 11,9-17,1 | (4,2-6,0) | | | SI = G31 | Eriksson (1984) |
| 5 | 19 000 | (18) | 6,2 | | | plantering | Wittwer & Stringer (1985) |
| 4 | 10 000-2 500 | | 2,7-9,9 ^a | | | 5 kloner | Dik m.fl. (1987) |
| 2-3 | 15 000-5 000 | | 2,5-22,0 ^a | | 32,9 ^a | | Lee (1988) |
| 1 | 5 000 | | 1,4-2,2 ^a | | | plantering o stubbsk | Bergez m.fl. (1989) |
| 5 | 17 000 | | c. 5,6 ^a | | | | Makeschin m.fl. (1989) |
| 4 | 6 900 | | 23,6 ^a | | | plantering | Heilman & Stettler (1990) |
| 4 | 17 000 | | 32,8 ^a | | | stubbskott | Heilman & Stettler (1990) |
| 2 | c 125t-c 35t | | 11-25 ^a | | | 5 generationer | Pontailier m.fl. (1999) |
| 6 | 5 000 | | 7,6 ^a | | 14,1 ^a | | Telenius (1999) |
| 9-12 | 5 000-1 000 | 18,1-22,2 | 8,2-9,2 ^a | 19,2-37,2 | 8,9-16,8 ^a | | Karacic m.fl. (2003) |
| 4 | 10 000 | | 2,2-11,6 ^a | | | | Laureysens m.fl. (2004) |

^a ovanjordisk vedbiomassa, d.v.s. inkl. grenar

^b löpande tillväxt de senaste 5 åren

^c röjningsbiomassa ingår inte

Sonesson m.fl., 1994, Niemistö, 1996).

Vårtbjörk producerar bättre än glasbjörk på frisk mark. Enligt Koivisto (1959) är glasbjörkens medelproduktion ca 75 % av vårtbjörkens. På fuktig mark tycks däremot glasbjörkens produktion vara likvärdig (Karlsson m.fl., 1997).

Undersökningar visar att man kan förvänta sig att vårtbjörken har en volymproduktion som är 70–100 % av granens (t.ex. Braastad, 1983). Då emellertid veddensiteten är betydligt lägre hos gran än hos björk – björken har en veddensitet på ca 480 kg/m³ och granens ligger på 300–400 kg/m³ (Tabell 3) – betyder det att torrsubstansproduktionen ofta är ungefär likvärdig mellan vårtbjörk och gran.

I en norsk undersökning (Øyen & Tveite, 1998) låg glasbjörkens produktionsnivå för volym på 23–52 % av granens och 60–70 % av tallens.

Alar

Alsläktet har visat sig kunna vara högproduktivt i skottskogsbruk (Tabell 6). Geyer (1981) rapporterade en löpande tillväxt hos 4-årig klibbal på över 11 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ i täta bestånd, medan Granhall och Verwijst (1994) anger hela 17 ton TS för gråal på jordbruksmark. Produktionsnivån nåddes utan tillförsel av gödselmedel. På gödslad myrmark uppmättes en löpande tillväxt på ca 11 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ (Rytter m.fl., 1989). I båda gråalstudierna var bestånden 7 år gamla. Den högsta medeltillväxten för gråal ligger på 8–9 ton TS stamved ha⁻¹ år⁻¹ (Utkin m.fl., 1987, Löhmus m.fl. 1996).

Täta klibbalbestånd med kort omloppstid uppvisar liknande siffror (Geyer, 1981, Wittwer & Stringer, 1985).

En jämförelse mellan klibbal och gråal visar att gråalen har snabbare höjd- och diameter tillväxt under de första 25–30 åren (Ljunger, 1972). Därefter tar klibbalen över alltmer.

Den snabbväxande rödalen (*A. rubra* Bong.), som härstammar från Nordamerika, kan inte nyttjas som ren art i Sverige eftersom den är alldeles för klimatkänslig (Ljunger, 1959). Enstaka odlingar med hybrid-al (*A. glutinosa* x *A. rubra*) har dock visat både hög tillväxt och god klimatanpassning (Lars-Göran Stener, pers. komm.).

Salix

Vid energiskogsodling med *Salix*-arter kan man förvänta sig en medelproduktion i Sverige på strax över 10 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ (Willebrand m.fl., 1993, Ledin, 1996, Larsson, 2001). Det innebär att det åtminstone inom släktet *Populus* finns arter och hybrider som i produktionshänseende är konkurrenskraftiga med *Salix*-odling. Det skall också observeras att *Salix*-siffrorna har hämtats från gödslade bestånd medan t.ex. uppgifterna om hybridaspens produktion (bl.a. Rytter m.fl., 2003a) hänför sig till ogödslade bestånd.

7.2. GRENAR OCH TOPPAR

I odlingar med höga stamantal och korta omloppstider brukar produktionen ofta uttryckas som ovanjordisk vedbiomassa, d.v.s. stammar och grenar slås ihop till en enda fraktion (Tabell 4–6). Detta är en praktisk och enkel lösning för ”energiskogsodling” och i röjningsfasen då inget gagnvirke tas ut. Vid högre åldrar blir det emellertid aktuellt att ta ut såväl massaved som timmer, och då brukar man uttrycka stamtill-

växten som m³sk, vilket med hjälp av veddensiteten går att räkna om till stamvikt. Eftersom det blivit aktuellt att ta hand om grenar och toppar, GROT, och det samtidigt är den dominerande formen av uttag för energiändamål, är det av vikt att känna till den mängd grenar och toppar som finns till förfogande. I lövskogsbruk är det inte aktuellt att ta ut blad när intresset fokuseras på energi- och virkesuttag. Därför räknar man normalt inte med bladmassan i de biomassaskattningar som görs för lövträd och energiskog, även om det finns en hel del uppgifter om bladbiomassans storlek.

Mängden tillgänglig GROT är starkt kopplad till den stående virkesvolymen. Men den är även starkt beroende av trädslag, beståndets ålder, beståndets stamantal och trädens diameter, vilken i sin tur beror av bonitet, ålder och förband. I de funktioner för björk, asp och al som tagits fram av Johansson (1999b, 1999c, 1999d, 2002) finns inget entydigt mönster för hur relationen mellan gren- och stambiomassa utvecklas med ökande stamdiameter. Från Korsmos (1995) funktioner för bl.a. björk, asp och al framgår att grenbiomassan minskar i förhållande till stambiomassan allteftersom träden blir grövre (se Figur 4). Från litteraturen framgår att grenarna på lövträd ofta bidrar med från 7–8 % till 20 % av den ovanjordiska vedbiomassan (t.ex. Ovington & Madgwick, 1959a, Utkin m.fl. 1987, Johansson, 1992a). Zavitkovski (1971) visade för amerikansk asp att härskande träd har en större andel av den ovanjordiska biomassan som grenar än behärskade och undertryckta träd (Figur 5). Det förklaras av att kronan hissas upp och

Tabell 5.

Publicerad stamvedsproduktion hos vårtbjörk och glasbjörk. Värden inom parentes har beräknats från värden på stamvedsproduktion utan parentes genom att anta att veddensiteten är 480 kg TS m⁻³ (se Tabell 3). Kursivt angivna uppgifter representerar skottskogsbruk med korta omloppstider medan övriga uppgifter kommer från konventionellt skogsbruk. MAI = medeltillväxt och CAI = löpande tillväxt. OMT = *Oxalis-Myrtillus*-typ

| Ålder (år) | Stamantal (st ha ⁻¹) | MAI | | Maximal CAI | | Kommentar | Källa |
|--|-------------------------------------|--|--|--|--|------------------------|--|
| | | (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | | |
| Vårtbjörk (<i>Betula pendula</i>) | | | | | | | |
| 55 | 2 700-580 | 6,6 | (3,2) | 9,2 | (4,4) | OMT mark | Koivisto (1959) |
| 24-55 | 5 000-700 | (4,1-7,5) | 2,0-3,6 | | | organogen mark | Ovington & Madgwick (1959a) |
| 44 | 5 000-300 | 7,6-8,0 | (3,6-3,8) | 12,5-12,7 | (6,0-6,1) | h ₅₀ =26 | Fries (1964) |
| 42 | 5 000-400 | 8,3-11,4 | (4,0-5,5) | 11,3-17,2 | (5,4-8,3) | h ₄₀ =23 | Braastad (1967) |
| 39 | 2 500-500 | 8,2 | (3,9) | 12,3 | (5,9) | h ₄₀ =23 | Braastad (1977) |
| 6 | 40 000 | | 3,9 ^a | | | <i>litet försök</i> | <i>Frivold & Borchgrevink (1981)</i> |
| 11-16 | 36 000-14 000 | | 4,2 ^a | | 7,7 ^a | <i>torvmark</i> | <i>Ferm & Kaunisto (1983)</i> |
| 35 | 2 300-250 | 9,1-9,9 | (4,4-4,8) | 14,2 | (6,8) | h ₅₀ =30 | Oikarinen (1983) |
| 55 | 2 000-500 | 8 | 4,0 | | | prognos s Sverige | Elfving 1986a |
| 4-65 | - | (0,4-13,6) | 0,2-6,5 | | | 15 bestånd | Utkin m.fl. (1987) |
| 9 | 10 000 | (0,7-1,9) | 0,4-0,9 | | | <i>sandmark</i> | <i>Saarsalmi m.fl. (1992)</i> |
| 36-71 | 1 700-400 | 8,7-10,5 | (4,2-5,0) | 12,0-18,2 | (5,8-8,7) | Sl=B32 | Sonesson m.fl. (1994) |
| 7 | 20 000 | | 2,0-4,8 ^a | | | <i>NPK-gödsling</i> | <i>Hytönen m.fl. (1995)</i> |
| 30 | 2 400-1 300 | 10,4 | (5,0) | | | jordbruksmark | Niemistö (1996) |
| 30 | 2 400-1 300 | 9,8 | (4,7) | | | skogsmark | Niemistö (1996) |
| 8 | 5 000 | | 1,7 ^a | | 3,9 ^a | <i>jordbruksmark</i> | <i>Telenius (1999)</i> |
| Glasbjörk (<i>B. pubescens</i>) | | | | | | | |
| 60 | 3 500-700 | 4,8 | (2,3) | 6,4 | (3,1) | OMT mark | Koivisto (1959) |
| 75 | 8 000-500 | 3,6-4,6 | (1,7-2,2) | 5,2-6,5 | (2,5-3,1) | h ₄₀ =14 | Braastad (1967) |
| 66 | 2 500-900 | 3,8 | (1,8) | 5,7 | (2,7) | h ₄₀ =14 | Braastad (1977) |
| 40 | 1 000 | (6,3) | 3,0 | | | OMT mark | Mälkönen (1977) |
| 7-12 | 41 000-14 000 | (2,3-7,5) | 1,1-3,6 | | | 7 bestånd | <i>Björklund & Ferm (1982)</i> |
| 20-40 | 4 400-3 900 | 2,5-4,2 | 1,6-2,4 | 7,4-7,9 | | OMT mark | Mälkönen & Saarsalmi (1982) |
| 9-23 | 25 000-7 000 | | 2,6-3,8 ^a | | | 5 bestånd | Ferm (1990) |
| 7 | 20 000 | | 2,0-4,8 ^a | | | <i>torvmark</i> | <i>Hytönen m.fl. (1995)</i> |
| 21-68 | 3 300-1 000 | 1,7-6,0 ^b | (0,8-2,9) | | | 6 lokaler | Nieuwenhuis & Barrett (2002) |
| Björk, ospecificerat | | | | | | | |
| 10-60 | 2 100-300 | 5,3-11,8 | (2,5-5,7) | | | h ₅₀ =22-33 | Karlsson m.fl. (1997) |

^a ovanjordisk vedbiomassa, d.v.s. inkl. grenar

^b värdena har transformerats från m²fub till m³sk

kursiva

Tabell 6.

Publicerade uppgifter på stamproduktion för klibbal och gråal. Värden inom parentes har beräknats från värden utan parentes genom att anta att veddensiteten är 365 kg TS m⁻³ (se Tabell 3). Kursivt angivna uppgifter representerar skottskogsbruk med korta omloppstider (upp till 10 år) medan övriga uppgifter kommer från konventionellt skogsbruk. MAI = medeltillväxt och CAI = löpande tillväxt. Vid stamantal anges ibland t vilket = x 1 000. OMT = Oxalis-Myrtillus-typ, OT = Oxalis-Majanthemum-typ

| Ålder (år) | Stamantal (st ha ⁻¹) | MAI (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) | Maximal CAI | | Kommentar | Källa |
|---|-------------------------------------|--|--|--|-----------------------|---|
| | | | (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | (m ³ ha ⁻¹ år ⁻¹) (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | | |
| Klibbal (<i>Alnus glutinosa</i>) | | | | | | |
| 4 | 19 000 | (13) | 4,9 | | | Wittwer & Immel (1977) |
| 19-51 | 1 800-380 | 2,3-7,8 ^b | (0,8-2,9 ^b) | 7,3-13,7 | (2,6-5,0) | 22 bestånd Övergaard (1980) |
| 4 | 28 000-6 900 | | 0,5-5,2 ^a | | | plantering Geyer (1981) |
| 4 | - | | 2,3-11,3 ^a | | | skott Geyer (1981) |
| 4 | 14 000 | | 1,8-4,0 ^a | | | s Canada Prégent & Camiré (1985) |
| 5 | 19 000 | (21) | 7,6 | | | plantering Wittwer & Stringer (1985) |
| 5 | 50 000 | (30) | 10,8 | | | skott Wittwer & Stringer (1985) |
| 35 | 1 100 | 9 | (3,3) | | | prognos s Sverige Elfving (1986a) |
| 5 | 10 000 | | 5,5 ^a | | | plantering Hendrickson m.fl. (1991) |
| 21-91 | 3 000-430 | | 1,5-6,1 ^a | | | 32 bestånd Johansson (1999b) |
| 21 | 2 800-1 500 | (10-12) | 3,7-4,3 ^b | | | 3 lokaler Vares (2000) |
| Gråal (<i>A. incana</i>) | | | | | | |
| 40-45 | 26 000-680 | 6,3-7,7 | (2,3-2,8) | 7,0-8,7 | (2,6-3,2) | OMT o OT mark Miettinen (1932) |
| 30 | Tätt-250 | 12,1 | (4,4) | 15,7 | (5,7) | Bonitet 1 Børset & Langh. (1966) |
| 6-8 | 51 000-39 000 | (7,4-9,9) | 2,7-3,6 | | | Björklund & Fern (1982) |
| 5 | 40 000 | (14-15) | 5,0-5,4 | | | sandmark Saarsalmi m.fl. (1985) |
| 3-50 | - | (3,6-24,1) | 1,3-8,8 | | | 19 bestånd Utkin m.fl. (1987) |
| 7 | 40 000 | | 3,9-4,3 ^a | | c. 11 ^a | gödsl. torvmark Rytter m.fl. (1989) |
| 35 | 12 000-6 000 | 1,6-4,1 | 0,7-1,6 | 6,2-7,2 | | OMT mark Saarsalmi & Mälkönen (1989) |
| 5 | 10 000 | | 8,3 ^a | | | plantering Hendrickson m.fl. (1991) |
| 8 | 17 000-c. 4 000 | (3,7-8,1) | 1,4-2,9 | | | rotskott Saarsalmi m.fl. (1991) |
| 9 | 10 000 | (3,2-5,1) | 1,2-1,9 | | | sandmark Saarsalmi m.fl. 1992 |
| 5 | 20 000 | | 2,0 ^a | | 6,0 ^a | gödsl. sandmark Elowson & Rytter (1993) |
| 7 | 20 000 | | c. 8-8,5 ^a | | 17 ^a | jordbruksmark Granhall & Verwijst (1994) |
| 13 | 40 000-6 400 | | 4,4-4,7 ^a | | 8,2-10,9 ^a | gödsl. torvmark Rytter (1995) |
| 7 | 20 000 | | 1,0-3,4 ^a | | | PK-gödslingc Hytönen m.fl. (1995) |
| 14 | 5 200 ^c | (23) | 8,3 | | | 86 % gråal Löhmus m.fl. (1996) |
| 40 | 1 400 ^c | (11) | 4,2 | | | 77 % gråal Löhmus m.fl. (1996) |
| 21-66 | 4 000-550 | | 2,1-5,5 ^a | | | 26 bestånd Johansson (1999b) |
| 8 | 5 000 | | 3,3 ^{ab} | | 8,6 ^a | jordbruksmark Telenius (1999) |
| 3 | 188t-88t | | 3,6-4,6 ^a | | 5,0-6,4 ^a | skogsmark Rytter m.fl. (2000) |
| 5 | 14 000 | (6,5) | 2,4 | (10,3) | 3,8 | Uri m.fl. (2002) |

^a ovanjordisk vedbiomassa, d.v.s. inkl. grenar

^b ev. självgallring och gallring är ej inräknat

^c stamantal och produktion av gråal

blir smalare ju starkare ljuskonkurrens som ett träd utsätts för.

Klonvisa skillnader för andelen grenar av ovanjordisk biomassa har också påvisats (Scarascia-Mugnozza m.fl., 1997). Ofta finner man en positiv genetisk korrelation mellan stamvolym och grenbiomassa (Rogers m.fl., 1989, Rytter & Stener, 2003). Mer grenar ger mer GROT men sannolikt också sämre kvalitet på den värdefulla timmerdelen av stammen.

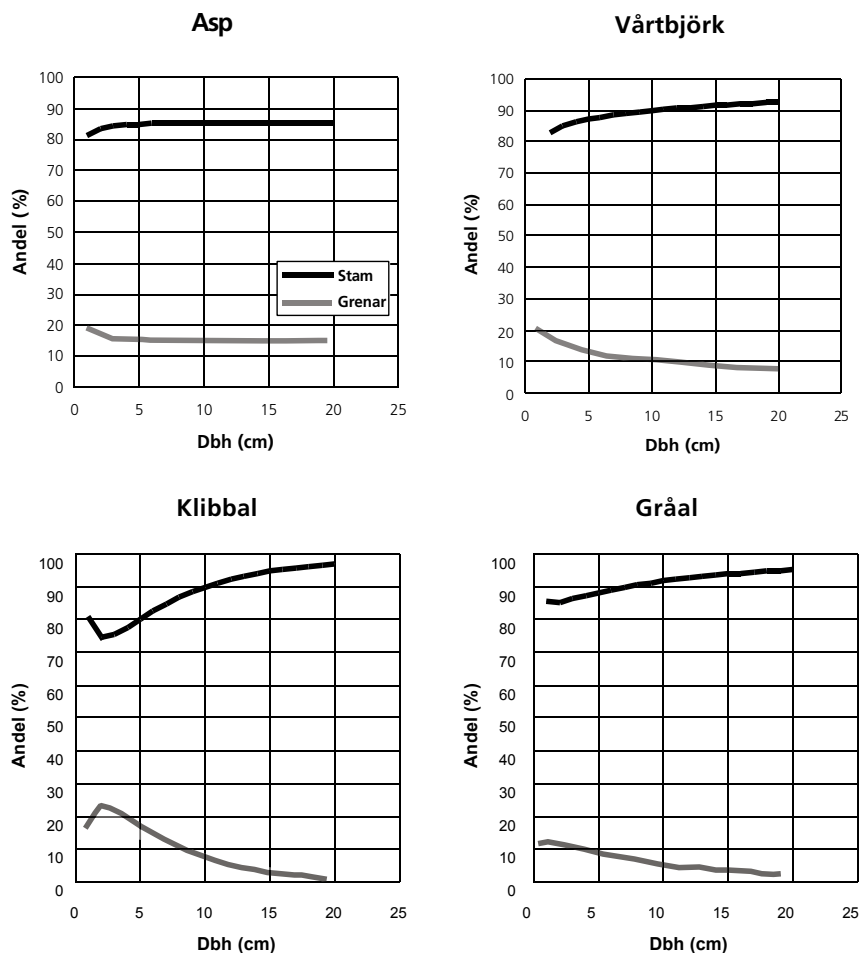
7.3. ODLINGSSYSTEM – NYA MÖJLIGHETER

Vid odling av snabbväxande lövträd är det i huvudsak två olika typer av odling som används. I det ena fallet, ofta kallat skottskogsbruk, odlar man stamtäta bestånd med mycket korta omloppstider. Den huvudsakliga produkten är biobränslen. I det andra fallet är målet att främst producera massaved och timmer, och där faller biobränslen ut som ett extra sortiment i form av grenar och toppar, s.k. GROT. Även i det senare fallet strävar man efter så korta omloppstider som möjligt.

De undersökningar som med stöd från Energimyndigheten genomförts på hybridasp (Rytter m.fl., 2003a, den här Redogörelsen) visar att det finns en tredje möjlighet till odlingsystem, en kombination av skottskogsbruk och konventionellt skogsbruk. Efter avverkning, d.v.s. från och med andra generationen, kommer ett tätt uppslag av rotskott. Uppslaget kan uppgå till omkring 100 000 skott per ha (Bärning, 1988, Hansson & Palmér, 1990, Rytter m.fl., 2000).

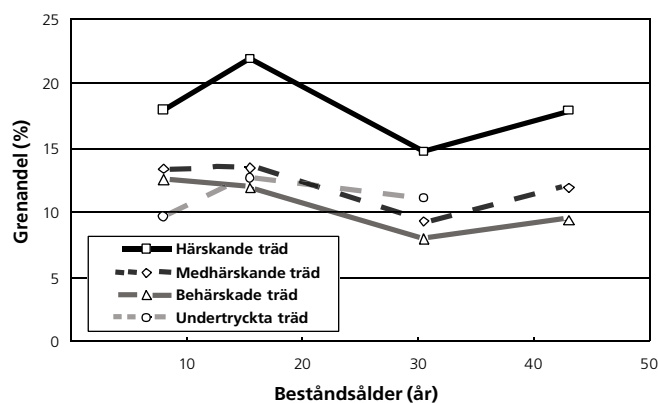
Figur 4.

Den ovanjordiska vedbiomassans fördelning på stam och grenar enligt Korsmos (1995) funktioner för asp, vartbjörk, klibbal och gråal.



Figur 5.

Grenandelens storlek av den ovanjordiska vedbiomassan hos amerikansk asp enligt Zavitskovi (1971).



På en lokal med medelbördig jordbruksmark i Skåne mättes rotskottens biomassa efter två års tillväxt (Tabell 7), d.v.s. då det är tid att genomföra en första röjning. Rot-skottuppslaget uppskattades till drygt 76 000 levande skott per hektar med en höjd över 130 cm. Biomassan var i genomsnitt 15 ton TS ha⁻¹. Beståndet bör kunna stråkröjas på liknande sätt som beskrivits av Bergkvist och Glöde (2004), samtidigt som biomassan buntas för att senare transporteras ut. I ett system där man tar upp 2,5 m breda gator och lämnar 0,5 m stråk (Figur 6), i vilka huvudstammar senare friställs, skulle i genomsnitt 12,5 ton TS av vedbiomassa ha⁻¹ kunna tas ut istället för att bara röjas bort.

Uttaget av biomassa påverkar inte den beräknade framtida produktionen av stamved som redan i planteringsgenerationen bedöms kunna bli över 20 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ i medeltal (Rytter m.fl., 2003a).

Ekonomiska beräkningar visar att redan en konventionell odling av hybridasp är lönsam och i många fall överträffar odling av gran (Rytter m.fl., 2002). Odling av hybridasp torde bli än mer attraktiv om man tidigt kan få en inkomst från energiflis istället för en röjningskostnad från och med andra generationen. Dessutom finns möjlighet att ta ut närmare 1 ton TS ha⁻¹ år⁻¹ som GROT i gallring och slutavverkning. Ett liknande koncept skulle kunna appliceras på gråal som också producerar rikligt med rotskott efter avverkning, 10–13 ton TS av levande ovanjordisk vedbiomassa efter tre år (Rytter m.fl., 2000), och i övrigt uppvisar hög produktion (Rytter

m.fl., 1989, Granhall & Verwijst, 1994, Tabell 6).

En typ av odlingssystem som håller på att utvecklas är att utnyttja avloppsvatten som gödselmedel i biomassainriktade odlingar av vedartade växter. Idén med den här typen av odlingar är att kombinera restavfallshandlingen från reningsverk med produktion av biobränslen. Hittills har man i hög grad koncentrerat sig på energiskogar med *Salix* (Perttu, 1993, 1996, Labreque m.fl., 1995, Hasselgren, 2001), men systemet torde även med framgång kunna utnyttjas för odling av trädformade arter. Man har även visat på möjligheterna att låta odlingen fungera som ett reningsfilter för tungmetaller (Labreque m.fl., 1995).

Det har under lång tid debatterats huruvida blandskog producerar bättre än trädslagsrena bestånd. Det finns rapporter både för och emot

blandskogens förträfflighet. Rothe och Binkley (2001) kom fram till att effekten för blandskog ofta är linjär, d.v.s. blandskogen presterar någonstans emellan vad de ingående arterna gör var för sig. Ibland är värdena lägre än förväntat vilket tyder på en antagonistisk verkan mellan arterna. I några fall är effekten synergistisk, framförallt om en kvävefixerande art ingår.

Vid intensiv odling av lövträd har också blandskogskonceptet testats. Varianten att blanda in ett kvävefixerande trädslag tillsammans med ett högproducerande fick positiv tillväxt-effekt på hybridpoppel men ingen effekt på den kvävefixerande klibb-alen (Côté & Camiré, 1984). Oavsett för- eller nackdelar för produktionen innebär en blandskog att skötsel och virkesuttag blir mer komplicerade än i en monokultur.



Figur 6.

Stråkröjning i tvåårig rotskottuppslag av hybridasp. Uttag av biomassa i röjningsskedet är en möjlighet som ytterligare kan förbättra ekonomin vid odling.

Tabell 7.

Biomassa och näringsinnehåll på fyra ytor ett i tvåårigt rotskottuppslag av hybridasp på jordbruksmark i Skåne. Beståndet härstammar från ett 11 årigt bestånd där etableringen var mindre tillfredsställande, 62-73 % överlevnad, vilket var ett avgörande skäl till den förtida avvecklingen. Ytorna nr 3 och 4 har torrare markförhållanden med sämre överlevnad och tillväxt än de båda andra ytorna. Det radvisa uttaget är beräknat så att man tar bort 2,5 m och lämnar en 0,5 bred remsa i vilken man vid nästa skötselåtgärd väljer ut framtidsstammar med ungefär 3 m mellanrum.

| | Yta nr | | | | Medel |
|--|--------|-------|-------|-------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Standdata | | | | | |
| Förband levande skott >130 cm (st ha ⁻¹) | 76241 | 68874 | 70325 | 90529 | 76492 |
| Brösthöjdsdiameter, D _G (cm) | 1,77 | 1,71 | 1,44 | 1,39 | 1,58 |
| Skotthöjd, H _A (cm) | 385 | 363 | 330 | 327 | 351 |
| Grundyta (m ² ha ⁻¹) | 18,74 | 16,48 | 11,89 | 13,64 | 15,19 |
| Biomassa | | | | | |
| Stående (ton TS ha ⁻¹) | 19,59 | 14,59 | 12,40 | 13,30 | 14,97 |
| Uttag radvis (ton TS ha ⁻¹) | 16,32 | 12,16 | 10,33 | 11,08 | 12,47 |
| Näring i stående biomassa | | | | | |
| N (kg ha ⁻¹) | 109,5 | 80,0 | 65,2 | 68,0 | 80,6 |
| P (kg ha ⁻¹) | 16,6 | 12,8 | 11,1 | 10,4 | 12,7 |
| K (kg ha ⁻¹) | 65,8 | 48,3 | 40,9 | 42,4 | 49,3 |
| Ca (kg ha ⁻¹) | 85,5 | 61,6 | 59,9 | 54,4 | 65,3 |
| Mg (kg ha ⁻¹) | 9,54 | 8,34 | 6,89 | 7,11 | 7,97 |
| S (kg ha ⁻¹) | 8,06 | 5,98 | 5,05 | 5,39 | 6,12 |
| Näring i biomassauttag | | | | | |
| N i uttag radvis (kg ha ⁻¹) | 91,2 | 66,7 | 54,3 | 56,7 | 67,2 |
| P i uttag radvis (kg ha ⁻¹) | 13,8 | 10,7 | 9,25 | 8,67 | 10,6 |
| K i uttag radvis (kg ha ⁻¹) | 54,8 | 40,2 | 34,1 | 35,3 | 41,1 |
| Ca i uttag radvis (kg ha ⁻¹) | 71,2 | 51,3 | 49,9 | 45,3 | 54,4 |
| Mg i uttag radvis (kg ha ⁻¹) | 7,95 | 6,95 | 5,74 | 5,92 | 6,64 |
| S i uttag radvis (kg ha ⁻¹) | 6,72 | 4,98 | 4,21 | 3,00 | 4,73 |

7.4. TEKNISKA MÖJLIGHETER

Det finns befintlig teknik för att ta ut stora mängder biomassa med klena dimensioner. Inom energiskogsbruket finns en typ av skördare i praktisk drift som kapar grödan med hjälp av två sågklingor och därefter flisar den direkt. Maskinen, av typen Claas Jaguar, är emellertid tillverkad för att arbeta på jämn åkermark med grödor

(*Salix*) som står i rader. Därför är det osäkert om den går att använda i vanliga täta röjningsskogar och den kan sannolikt inte utnyttjas då marken är mera ojämn.

En annan möjlighet under röjningsfasen är att använda ett ackumulerande fällaggregat kombinerat med skotning och flisning på avlägg. Detta system har visat sig användbart i grövre röjningsbestånd med stort

volyminnehåll och är ett alternativ för att åtminstone sänka röjningskostnaderna (Eriksson & Rytter, 2000, Tillström, 2000, Steineck, 2003). Steineck (2003) gjorde också bedömningen att det kan vara mer ekonomiskt att flisa direkt med en s.k. bestandsflisare och sedan skyttla ut flisen. Emellertid måste markens bärighet undersökas noga för ett sådant alternativ.

En tredje möjlighet är att genomföra s.k. stråkröjning (jfr Bergkvist & Glöde, 2004). Maskinell totalröjning i stråk kombinerad med traditionell motormanuell röjning mellan stråken anses på sikt kunna sänka röjningskostnaderna rejält. Ett dylikt system skulle kunna utnyttjas vid röjning i täta rotskottuppslag. Röjningsvirket kan sedan transporteras till avlägg för flisning. Stråkröjning där röjningsvirket omhändertas för biomassaändamål har inte testats men torde vara intressant för framtiden.

Vid gallring och föryngringsavverkning, liksom vid GROT-hantering, bedöms samma tekniska utrustning kunna användas i lövskogsbestånd som för närvarande används för barrskogsbestånd.

8. Möjligheter att påverka produktion och kvalitet

Det är viktigt att utnyttja den förädlingspotential som finns för att öka tillväxt, vitalitet, kvalitet och därmed lönsamheten vid skogsodling. Det finns även andra väl kända möjligheter att förbättra såväl produktionen som kvaliteten vid odling. Det gäller så självklara saker som att välja goda marker med tillräcklig vatten- och näringstillgång, och att ståndortsanpassa så att man väljer rätt trädslag för olika marktyper. Man kan även bättra på utfallet genom effektiv beståndsetablering, gödsling, bevattning, och olika intensiva skötselstrategier. Det är också av stor betydelse för lokalens uthålliga produktionsförmåga att man håller ett vakande öga på de näringsmängder som tas bort genom skörd och ersätter dessa på sikt.

8.1. FÖRÄDLINGSPOTENTIAL

Det finns en stor potential att förbättra produktion och kvalitet för lövträd genom förädling. Högre produktion ger kortare omloppstider vilket är ekonomiskt gynnsamt. Ett stort arbete har lagts ned på förädling av snabbväxande lövträd världen över, även om det inom Europa har fördelats mest resurser på tall och gran (Kleinschmitt, 2000). I Europa utgörs i genomsnitt ungefär 25 % av det totala förädlingsmaterialet av förädlad material (Kleinschmitt, 2000). Höga siffror hittas i Lettland (60 %) och i Finland, Nederländerna och Tjeckien (50 %). Lägst ligger Schweiz med endast 2 %. I Sverige kommer ungefär 25 % av förädlingsmaterialet från förädlade källor.

8.1.1. Historik och produktion

Björkar

Eftersom björk är det dominerande lövträdslaget i Sverige och Finland har följaktligen förädlingsresurserna för lövträd koncentrerats till detta trädslag. I Sverige startade ett nytt förädlingsprogram för björk 1988 (Danell & Werner, 1991), där utgångsmaterialet utgörs av 1 400 plusträd från Sverige och grannländerna i öster och söder, vilka fördelades på fyra förädlingszoner. Från detta program har genetiskt bra plusträd valts ut till en fröplantage i växthus. I Finland har fröplantager för vårtbjörk etablerats i plastväxthus sedan 1970-talet (Hagqvist & Hahl, 1998).

Det finns stora möjligheter att göra ett genetiskt urval för tillväxt hos vårtbjörk (Stener & Hedenberg, 2003). Resultatet av det svenska förädlingsprogrammet för vårtbjörk är i nuläget en fröplantage i växthus som producerar plantor med ungefär 15 % bättre tillväxt än för vanligt beståndsförö (Rosvall m.fl. 2001). Eftersom fröplantagen mer än väl täcker behovet för södra Sverige (Stener & Werner, 1997), finns det ingen anledning att välja något annat frö i södra delen av landet. För norra Svealand och Norrland rekommenderas godkända frötäcksbestånd eller finskt förädlad material. I Finland producerar ovan nämnda fröplantager vårtbjörkplantor som växer 26–29 % bättre i volym än plantor från kontrollbestånd (Hagqvist & Hahl, 1998).

Aspar

Det har länge varit känt att korsningen mellan europeisk och amerikansk asp, hybridasp, har betydligt högre tillväxt än de rena arterna (t.ex. Johnsson, 1953). Anledningen till hybridaspens överlägsenhet har bedömts bero på en heterosiseffekt, en effekt av nordförflyttning som förlänger tillväxtperioden och större motståndskraft mot svampangrepp (Yu m.fl., 2001a, Stener, 2002). Därför har förädlingsarbetet kring asp koncentrerats på att selektera bra kloner av hybridasp. I Sverige gjordes de första korsningarna redan 1939. Därefter följde en period av aktivt förädlingsarbete, föranlett av Tändsticksbolagets intresse att säkerställa råvara till sin industri (Stener, 2002). I början på 60-talet minskade intresset och förädlingsarbetet lades i träda. I och med det uppkomna överskottet på jordbruksmark på 80-talet vaknade intresset åter och ett nytt förädlingsprogram startades. I södra Sverige valdes 280 plusträd vilka förökades vegetativt och planterades ut i totalt 16 klontester under perioden 1986–1991. De bästa klonerna ur detta material används nu vid kommersiell plantering av hybridasp. Genom det senaste urvalet av kloner uppskattas nu medelproduktion kunna bli 25 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ på bättre marker i södra Sverige (Stener & Karlsson, 2004). Uppskattningen bygger på en 20–25-årig omloppstid utan tillförsel av gödselmedel. Liksom i Sverige startade förädling av hybridasp i Finland på grund av tändsticksindustrins råvarubehov. Plantmaterialet från den tiden (50- och 60-talet), som består av olika hybridaspfamiljer, ligger till grund för den nysatsning som inleddes 1996

och där inriktningen är att genetiskt förbättra vedkvalitet, tillväxt och vitalitet (Beuker, 2000).

Popplrar

Det finns en stor genetisk potential för selektion för tillväxt bland popplrar (t.ex. Mohn & Randall, 1971, Mitchell m.fl., 1988), samtidigt som artkorsningar ofta visat sig överlägsna rena arter i tillväxt (Hinckley m.fl. 1989). På grund av ett tämligen lågt intresse från skogsbrukets sida har poppelförädling ändå inte varit ett prioriterat område i Skandinavien. Därför har arbetet hittills begränsats till tester av material som erhållits från andra länders förädlingsorganisationer. Intensiv förädlingsverksamhet kring poppel bedrivs i Europa främst i Frankrike, Belgien och Holland. Material från dessa områden har ofta visat sig vara olämpligt för skandinaviska förhållanden eftersom det inte är anpassat till klimatet. Nyligen har emellertid nytt poppelmaterial hämtats från nordliga breddgrader i Nordamerika och tester av detta material pågår (Christersson, 2002).

Alar

Praktiskt förädlingsarbete med al påbörjades på 1940-talet och intensifierades under 1950-talet. Även inom alsläktet har korsningar mellan arter givit förbättrad tillväxt jämfört med de rena arterna. Ljunger (1959) visade t.ex. att korsningen mellan rödal och klibbal har en snabbare tidig tillväxt än ren klibbal.

Mejnartowicz (1982) rapporterade att korsningar mellan gråal och klibbal var tillväxtmässigt överlägsna ren klibbal. Arbetet med hybridalar har emellertid inte utvecklats

vidare. Dagens verksamhet med al är liten. Under 1990-talet har dock en mindre insats gjorts för att förbättra odlingsmaterialet av klibbal. Därvid har 160 nya plusträd valts ut i Götaland, Svealand och i Litauen. De nya plusträden finns sedan 1998 tillsammans med äldre plusträd i tester i södra Sverige och i Litauen. Förädlingsarbetet med gråal har varit minimalt.

8.1.2. Skador

Förädlingsarbetet är även inriktat på att sortera fram vitalt och skaderesistent odlingsmaterial. Ett av de problem som förädlare har att hantera när det gäller skaderesistens är skadeorganismernas jämförelsevis snabba förändring av egenskaper som gör att tidigare resistent trädkloner helt plötsligt kan bli angripna. Här ses en möjlighet att med avancerad bioteknik kunna hålla jämna steg med skadeorganismernas utveckling (t.ex. Ostry, 1988). Olika strategier för att hantera förädlingsarbetet mot patogener har presenterats (t.ex. Hubbes, 1988). Hansen m.fl. (1992) anser att det är en bättre strategi att selektera för motståndskraft – s.k. fältresistens – mot sjukdomar än för specifik resistens när det gäller ett långsiktigt skydd under fältförhållanden.

Vid introduktion av nytt odlingsmaterial är klimatanpassningen av avgörande betydelse. Som ett exempel kan nämnas ett försök med poppelkloner där 75 % av träden dött efter 14 år. Dessutom var många av de återstående trädens vitalitet kraftigt nedsatt (Stener, 2004). Slutatsen är att nyintroducerade arter och sorter bör testas under lång tid och på många lokaler innan slutliga

rekommendationer om odlingsmaterial kan ges.

Eftersom stamkräfta (*Entoleuca mammata*, tidigare *Hypoxyylon mammatum*) och grenkräfta (*Leucostoma niveum*) betraktas som allvarliga problem för hybridasp liksom *Melampsora* bland popplrar, sker ett aktivt urval i odlingsmaterialet mot känslighet för dessa skadesvampar (Stener & Karlsson, 2004).

Det är välkänt att olika trädslag utsätts i olika grad för betning, gnagskador och insektsangrepp (t.ex. Sennerby-Forsse, 1982). Men existerar genetiska skillnader inom en art? Prittinen m.fl. (2003) visade i en finsk undersökning att det finns klonvisa skillnader hos vårtbjörk när det gäller resistens mot insektsangrepp. Inga skillnader kunde däremot påvisas mellan kloner när det gällde tillväxtrespons på insektsangrepp. Rousi (1988) rapporterade att olika provenienser av vårtbjörk utsattes i olika grad av sorkgnag. Tikkanen m.fl. (2003) rapporterade också att man inte kunde se någon negativ korrelation mellan tillväxt och resistens hos vårtbjörk när det gällde angrepp från olika vilt- och insektsarter. I viltrika trakter tycks det således vara möjligt att i viss mån reducera viltskador genom att välja en mindre attraktiv sort. Stener och Karlsson (2004) kunde emellertid inte finna några klonvisa skillnader för sorkskador hos hybridasp.

8.1.3. Näringsrelaterade egenskaper

Förädlingsverksamheten har hittills inte varit inriktad på att ta fram s.k. näringseffektiva kloner för praktisk användning. Rytter och Stener (2003) visade emellertid att det finns

klonvisa skillnader i näringsinnehåll i stammar och grenar hos hybridasp i vintervila. Det betyder att det finns möjligheter att selektera genetiskt så att uttaget av näringsämnen vid skörd av stammar och grenar reduceras, alternativt ökar om man vill det, t.ex. då bestånd används som näringsfilter. En reduktion av näringsuttaget är ofta önskvärd eftersom fosfor, kalium, kalcium och magnesium måste återföras till lokalen genom aska eller tillföras genom vittring för att upprätthålla näringsstillgången.

Den kvävefixerande förmågan inom alsläktet är gynnsam för kvävehushållningen och medför ett minskat behov av kvävegödsling vid intensiv odling av al. Huss-Danell (1980) och Palmgren m.fl. (1985) visade att det finns klonvisa skillnader hos gråal i förmågan att binda kväve. Eftersom kvävefixeringen kan uppgå till över 100 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (Binkley, 1981, Rytter, 1996), kan skillnaderna ha stor betydelse för kvävehushållningen och därmed vara värda en genetisk selektion.

Heilman och Xie (1993) kunde inte se något betydande samspel mellan klon och kvävetillgång hos hybridpoppel utan klonerna reagerade ungefär likadant på kvävegödsling.

8.1.4. Virkeskvalitet

Genetiskt urval sker fortlöpande för stora kvistvinklar och klena grendimensioner. Dessutom sorteras krokiga träd, klykträd och dubbelstammar bort. I det finska förädlingsprogrammet för vårtbjörk har signifikant bättre kvalitet för stam och grenar påvisats för förädlad jämfört med oförädlad material (Hagqvist & Hahl, 1998). I en svensk undersökning av vårtbjörk (Stener & Hedenberg,

2003) noterades signifikanta skillnader mellan kloner för stamform och grenantal, men inte för genomgående huvudstam samt grenvinkel och grentjocklek. Signifikanta skillnader framkom även för vedfibrernas längd och bredd.

I både de svenska och finska förädlingsprogrammen för hybridasp har det visats att det finns skillnader i vedfiberkvalitet och veddensitet som till stor del är genetiskt betingade (Stener, 1998b, Beuker, 2000, Yu m.fl., 2001b). Klonvisa skillnader i vedkemin hos asp har rapporterats (Fernandez m.fl. 2002), vilket har betydelse vid tillverkning av pappersmassa. Zhang m.fl. (2003) visade i en nordamerikansk studie att det går bra att kombinera genetiskt urval för tillväxt och vedkvalitet för hybridpoppel.

8.2. MARKFÖRHÅLLANDEN

Den stora betydelse som ståndortens bördighet har på tillväxten har tydligt redovisats för flertalet trädslag. Man brukar upprätta produktionstabeller och/eller höjdtvecklingskurvor, där olika kurvor avspeglar ett trädslags tillväxt för olika ståndortsindex. För björk finns höjdtvecklingskurvor och produktionstabeller från Sverige (Fries, 1964, Eriksson m.fl., 1997), Norge (Braastad, 1967, 1977) och Finland (Koivisto, 1959, Oikarinen, 1983). I tabellerna 4–6 kan man få en uppfattning om produktionsnivån på de bättre ståndorterna för de olika trädslagen. För asp och al finns höjdtvecklingskurvor framtagna för Sverige (Johansson, 1996a, 1999e) och Norge (Haugberg, 1958, Børset & Langhammer, 1966, Opdahl, 1992). De höjdtvecklingskurvor som utarbetats för hybridasp är

gamla och av danskt ursprung (Jakobsen, 1976). Dessa ger definitivt en underskattning av höjdtillväxten för det odlingsmaterial som används idag (Rytter m.fl., 2003a) och nya höjdkurvor bör därför tas fram. Detsamma kan sägas om höjdtvecklingskurvor för vårtbjörkplanteringar på före detta jordbruksmark eller där det nya förädlade materialet för vårtbjörk används. Här behövs nya prognosinstrument.

Olika trädslag har olika krav på ståndortsförhållandena för att kunna växa på bästa sätt. Det betyder att det inte är alldeles enkelt att översätta ett trädslags höjdbonitet till värdet för ett annat. Øyen och Tveite (1998) visade problemen då höjdboniteter för gran, tall och glasbjörk skulle översättas till varandra. Förklaringsgraden var låg för de funktioner som togs fram. Ändå behöver man utnyttja dylika redskap för att göra en bra ståndortsanpassning för olika trädslag. Man måste dock vara medveten om funktionernas svagheter.

Markens surhetsgrad är ibland avgörande för om ett trädslag kan användas. De snabbväxande lövträdens känslighet för olika pH-värden har undersökts (t.ex. Ericsson & Lindsjö, 1981, Seiler & McCormick, 1982, van den Burg, 1988, Lu & Sucoff, 2001). Det tycks som om björkar och alar är tåligare mot framförallt lågt pH (<4,5) än popplar och *Salix*-arter.

Syretillgången i marken har stor betydelse för trädens tillväxt. Det finns tydliga skillnader mellan arter (Kozłowski, 1986). I allmänhet är lövträd mer toleranta mot syrebrist än barrträd, bl.a. beroende på att lövträd har en god förmåga att bilda nya rötter när de äldre dött. Kompaktering av marken leder ibland till

syrebrist men är i sig själv också en negativ faktor för trädens funktion eftersom det ökar det mekaniska motståndet för rottillväxt (Kozłowski, 1999).

8.3. EFFEKTER AV VATTENTILLGÅNG

Vatten är en primär faktor för att träd skall kunna växa. Utan vatten kan träden inte utveckla och underhålla sin krona och inte ta upp näring från marken. Vattenbrist förekommer, åtminstone tidvis, över stora delar av jorden. Vattentillgången måste därför säkras innan man t.ex. kan få några större effekter av gödsling. Odling av snabbväxande lövträd förutsätts ske på bra mark där torka inte utgör ett allvarligt problem. Risken för torkskador är därför inte så stor medan däremot produktionsnedsättningar på grund av vattenbrist är allmänt förekommande i södra Sverige.

Lindroth och Halldin (1988) beräknade att odling av snabbväxande *Salix* kommer att kräva vattentillskott genom bevattning i både Götaland och Svealand för att inte vattenbrist ska reducera tillväxten. De pekade också på att markvalet, med god vattentillgång, är viktigt då bevattning inte går att ordna. Rytter och Ericsson (1993) undersökte bestånd av *Salix viminalis* där den positiva effekten av bevattning på tillväxt syntes tydligt. Den försöksodling som Bergh m.fl. (1999b) redovisat för gran visar att vattentillgången var tillfredsställande i norra Sverige då ingen produktionskillnad syntes mellan fastgödslade och näringsbevattnade ytor. I södra Sverige blev däremot produktionen betydligt högre vid näringsbevatt-

ning än fastgödsling. Zheng m.fl. (1987) visade att extra bevattning av *Populus deltoides* gav avsevärt högre volymtillväxt i ett kinesiskt försök på latitud 35° N, men också att effektiviteten i vattenutnyttjandet sjönk. Einspahr och Wyckoff (1978) rapporterade 50–85 % högre stamvolymproduktion i amerikanska aspbestånd när de bevattades. För hybridasp gav bevattning 34 % högre produktion. Näringsbevattning ökade produktionen ytterligare till 100–150 % respektive 90 % jämfört med obevattnad och ogödslad kontroll. Enbart gödsling gav 30–35 % respektive 48 % tillväxtökning. I en brittisk studie av slamspridning i poppelbestånd syntes ingen effekt av själva slamtillförseln om inte ytorna samtidigt bevattades (Moffat m.fl., 2001). I ett kandensiskt gödslings- och bevattningsförsök (latitud 53° N) med asp (Van den Driessche m.fl., 2003) kunde ingen effekt av enbart bevattning ses men bevattning gav tillsammans med gödsling en betydligt högre tillväxt än enbart gödsling vilket visar på behovet av extra vatten för att få full utväxling på gödsling.

Effektiviteten att utnyttja vatten varierar mellan trädslag (t.ex. Braun, 1974, Marshall & Zhang, 1994, Tschaplinski m.fl., 1994) och inom arter (t.ex. Pallardy & Kozłowski, 1981, Hennessey m.fl., 1988, Weih & Nordh, 2002). Det innebär att det finns en stor potential för att minska effekten av begränsad vattentillgång genom att välja art eller klon för olika odlingslokaler.

8.4. EFFEKTER AV GÖDSLING

Det är väl känt att tillförsel av växtnäringsämnen ger ökad tillväxt (Ballard, 1984). Gödslingsförsök

har pågått sedan länge i de nordiska länderna och kunskapen om effekterna av gödsling är stor. Oftast är det kväve som begränsar tillväxten (Jonsson & Möller, 1975, Tveite, 1994, Näsholm m.fl., 2000, Jacobson, 2001) och därför ger mest respons på gödsling. Man bedömer att den kritiska belastningen med kväve, d.v.s. då tillgången överskrider ekosystemets behov, inte har nått annat än på ett fåtal platser i landet (Näsholm m.fl., 2000). Det förklarar också varför tillförsel av vedaska, som kan ses som ett kvävefritt gödselmedel, endast givit marginella tillväxtökningar. Det är på bördigare marker som en effekt av vedaska påvisats, och det kan förklaras med att vedaska påverkar kväveminaliseringen i positiv riktning på dessa marker (Jacobson, 2001). Andra ämnen, såsom fosfor och kalium, kan dock drastiskt öka tillväxten vid odling av snabbväxande lövarter (t.ex. Parfitt & Stott, 1987, Van den Driessche m.fl., 2003). Fosfor t.ex., immobiliseras tidigt i nedbrytningsprocessen och kan sålunda bli begränsande (Attiwill & Adams, 1993). Därför har man allt mer gått över till att använda s.k. kompletta gödselmedel, d.v.s. man tillför samtliga essentiella näringsämnen samtidigt (Tveite, 1994).

Ett speciellt fall utgör gödsling av alar eftersom de naturligt fixerar luftkväve och därmed kan förse sig själva med kväve. I svenska undersökningar med gråal gav extra tillförsel av kväve mycket liten positiv tillväxteffekt (Rytter m.fl., 1989, Granhall & Verwijst, 1994). I finska studier minskade t.o.m. produktionen vid kvävetillförsel (Saarsalmi, 1995). Radwan (1987) visade att gödsling med andra näringsämnen, framförallt

fosfor, kan ge ökad tillväxt hos rödal. Enligt beräkningar av Bormann och Gordon (1989) är alodlingar ett av få odlingssystem med träd som kan anses vara självförsörjande med kväve.

En viktig aspekt är i vilken form de olika näringsämnen skall tillföras (Ballard, 1984). Före 1970 användes t.ex. ofta urea som kvävegödselmedel men därefter har man i Skandinavien gått över till att använda ammoniumnitrat eftersom den visat sig ge större tillväxtökning per given kvävemängd (Malm & Möller, 1974, Möller, 1983). Man har också gjort försök med långtidsverkande gödselmedel som teoretiskt borde vara fördelaktiga genom att öka nyttjandegraden och minska läckage. Emellertid har man knappast funnit några fördelar med långtidsverkande gödselmedel i skogliga försök (Ballard, 1984, Brown & Van den Driessche, 2002).

En ny typ av gödsling som kommit fram med ökat kretsloppstänkande är att utnyttja slam och avloppsvatten som en näringskälla för odling av vedartade växter. Det har visats tydliga positiva tillväxteffekter när man tillfört avloppsslam (t.ex. Labreque m.fl., 1995).

Gödslingstrategin vid konventionell odling av barrträd har varit att ge näring i slutet av omloppstiden för att få extra dimension på kvarvarande träd (t.ex. Möller & Rytterstedt, 1974). Samma gödslingstrategi har även testats på björk (Jonsson & Möller, 1975). Gödslingseffektens varaktighet och förlopp har då varit viktiga att känna till för att kunna avgöra när åtgärden skulle sättas in. Det finns många undersökningar som visar att upprepad gödsling ger additiv tillväxteffekt i skogsbestånd

(Ballard, 1984). Miller (1995) har gjort näringsbudgetar som visar att nettoackumuleringen, dvs. näringsbehovet, är störst tidigt under omloppstiden, vilket antyder att gödsling snarare borde ske i början än i slutet av beståndets livscykel.

Ett nyare gödslingkoncept går ut på att bygga upp ståndortens bördighet genom en mer kontinuerlig gödsling med lägre givor (t.ex. Ingestad, 1991). Konceptet har testats för olika trädslag och visat på stora tillväxtökningar. Nilsson och Wasielewski (1987) rapporterade en ökning av ovanjordisk vedbiomassaproduktion under 3 år, från 3,2 ton TS ha⁻¹ yr⁻¹ till 7,3 ton TS i ett 11-årigt aspförsök. Daugaviete m.fl. (2003) visade på en ökad höjdtillväxt med 28–35 % hos ung vartbjörk i Lettland vid gödsling. Shoulders och Wittwer (1979) sammanställde gödslingseffekter från nordamerikanska försök och konstaterade att tillväxtökningen i volym varierade från 2–238 % i olika lövskogsplantager. Bergh m.fl. (1999b) rapporterade en ökning av den löpande tillväxten hos gran efter 9 års behandling, från ca 3 till ca 13 m³sk ha⁻¹ år⁻¹ i norra Sverige, och från ca 11 till ca 26 m³sk i södra Sverige. I södra Sverige hade även bevattning stor effekt på tillväxten.

I en lysimeterstudie av *Salix viminalis* i Uppland (Von Arnold, 1998) erhöles också en kombinerad tillväxteffekt av bevattning och gödsling. I allmänhet brukar utnyttjandegraden och den relativa tillväxteffekten för kväve vara högre på magrare lokaler, där träden har lägre kvävestatus (Sikström m.fl. 1998), och då givorna är låga och ges mer frekvent (Ballard, 1984). Hansen m.fl. (1988) erhöles betydligt större effekt

av kvävegödsling av hybridpoppel på mager sandig mark (+270 %) än på lerig bördig (+35 %) samtidigt som de högsta gödselgivorna medförde ungefär samma produktion på båda marktyperna. Emellertid är forskningsresultaten inte entydiga utan det finns även exempel där gödslingseffekten är mer jämn över bördighetsgradienten (jfr. Näsholm m.fl., 2000). En vidareutveckling av gödslingkonceptet består i att göra förlöpande analyser av barr/blad och utifrån dessa korrigera gödselmedlets komposition och mängd beroende på de halter och balanser som påträffas (Linder, 1995).

En effekt av gödsling och förbättrad tillgänglighet av kväve, med tillhörande högre näringsstatus, är att plantor svarar bättre med ökad tillväxt på förhöjd CO₂-halt i luften (t.ex. Silvola & Ahlholm, 1995, Zak m.fl. 2000).

Vid gödsling i nyanlagda bestånd kan effekten lätt bli den motsatta då konkurrerande ogräs gynnas, vilka förutom näringen även kommer att konkurrera om vatten och ljus. Försiktighet måste iakttagas vid beståndetableringen eftersom gödsling ställer högre krav på ogrärensning.

Även om många vedkaraktärer står under genetisk kontroll påverkas de av skötsel och miljö. Gödsling har t.ex. visat sig ha effekt på virkets sommarvedsandel, fiberkaraktärer, densitet (t.ex. Bergh m.fl., 1999b) och juvenilverde hos barrträd (Bevege, 1984). Lövträdens virke påverkas dock inte i samma utsträckning av ökad näringstillgång och tillväxt (jfr. t.ex. Stener & Hedenberg, 2003).

8.5. EFFEKTER AV SKÖTSEL-ÅTGÄRDER

Genom anpassade röjnings- och gallringsingrepp finns det stora möjligheter att styra beståndets utseende och det framtida utfallet. Kunskap om näringsuttag, vittring och deposition innebär att man kan ha kontroll på näringsituationen, vilket underlättar att en uthållig produktion upprätthålls.

8.5.1. Biomassamängder

Det har många gånger visats att ett högt stamantal ger hög produktion och stor stående biomassa. Även för lövträd är detta känt (t.ex. Smith & DeBell, 1974). En stor del av förklaringen ligger i att täta bestånd har kortare perioder då de inte är slutna, d.v.s. då trädkronorna inte fullt ut tar hand om det inkommande ljuset, än glesare bestånd. Emellertid kan måttligt starka gallringar i täta bestånd ge lika mycket uttagbar vedbiomassa som i ogallrade bestånd (jfr Rytter, 1995). Det har sedan länge noterats att det finns en gräns för hur täta förband som kan finnas vid olika storlek på träden. Funktioner har upprättats för detta och de går under namnet "självgallringslagen" (t.ex. Yoda m.fl., 1963, Gorham, 1979, Perry, 1985). Den linje som kan dras med hjälp av funktionerna visar hur många träd av en viss storlek som maximalt kan finnas i ett bestånd innan självgallring omöjliggör fler stammar. Olika trädslag har olika intercept och lutning eftersom t.ex. skuggtolerans och kronform varierar, men skillnaderna får ändå betraktas som små (Perry, 1985). Dessutom tycks inte ståndortsförhållandena påverka funktionerna i någon märkbar omfattning. Man kan alltså "sköta"

bestånd så att man ligger nära linjen men det går inte att passera den (jfr Rytter, 1995). Ju närmare man ligger desto mer biomassa finns i beståndet. Vid täta bestånd blir det således mer virke, men också mindre värdefullt virke p.g.a. kläna dimensioner. Inom biobränslebranschen är emellertid sådana skötselssystem av stort intresse. Skottskogsbruket är ett odlingsystem som arbetar med mycket täta förband. Det gäller att anpassa tillväxt, beståndstäthet och omloppstid till varandra (t.ex. Verwijst, 1991). Den kvantitativa tillväxteffekten av gödsling tycks dock avta för flera trädslag då beståndstätheten är hög (Ballard, 1984).

8.5.2. Dimensioner och virkeskvalitet

Konkurrens om ljus påverkar både själva tillväxten hos individuella träd och hur tillväxten fördelas. Då beståndet närmar sig slutenhet reduceras trädens grenstillväxt, kvistrensningen sätter igång och kronbasen hissas uppåt. Mäkinen (2002) har visat hur beståndstätheten påverkar grenutvecklingen och hur avdöendet av grenar sker för vårtbjörk. Kvistrensning har ansetts vara en nödvändig process i lövskogsskötseln för att skapa kvalitet på stammar. Emellertid har man sällan uppskattat storleken av den produktionsförlust som man får på de framtida stammarna av denna skötselstrategi. Tidiga röjnings-/gallringsingrepp i hybridaspbestånd har visat att man redan fem år efter ingreppet har signifikanta skillnader i diameter på de framtida stammarna (Rytter & Stener, 2005). Rice m.fl. (2001) redovisade på sex lokaler i Kanada att stora diametervinster för asp korrelerade starkt med

ökande avstånd mellan träden men samtidigt gav lägre totalproduktion. Cameron m.fl. (1995) visade att stark gallring gav en betydligt bättre diametertillväxt än svag eller ingen gallring i vårtbjörk. Samtidigt påverkades vedegenskaperna nästan inte alls. Den starka gallringen resulterade i fler och grövre grenar samt sämre stamform men träden klarade ändå uppställda kvalitetskrav för fanertimmer. Miller (2000) visade liknande resultat för frihuggna träd kontra kontrollträd i unga lövträdsbestånd i Nordamerika. Niemistö (1995) fann för vårtbjörk att diametertillväxten på dominerande träd minskade om stamantalet översteg 1000 ha⁻¹ vid 20 års ålder. Niemistö noterade också att ett rektangulärt förband med täta avstånd i planteringsraden och längre avstånd mellan raderna ledde till en större skiktning bland träden, och till att tillväxten hos dominerande träd reducerades i mindre omfattning när beståndet slöt sig än då förbanden var mer kvadratiska. Produktionen påverkades endast något åt det negativa hållet av de rektangulära förbanden. Slutsatsen blev att förstagallringen kan skjutas upp i tiden och bli mer ekonomisk om man planterar med ett rektangulärt förband. Även DeBell och Harrington (2002) konstaterade att rektangulära förband snabbade på skiktningen och ökade på tillväxten hos dominerande och överlevande träd.

En vanlig tumregel är att den gröna kronan inte ska understiga 50 % av trädets höjd om man vill undvika tillväxtnedläggningar på enskilda lövträd (Rytter & Werner, 1998). Niemistö (1991) visade att den kritiska grönkronandelen för glasbjörk låg på omkring 45 %. En lägre andel ledde

till en tydlig produktionsnedsättning.

Ett nytt röjningskoncept, som visat sig både vara billigt och ge bättre kvalitet hos framtidsstammar än vanlig röjning, är den s.k. toppröjningen (Fällman m.fl., 2003). Den innebär att man bryter av konkurrerande träd på lämplig höjd så att de inte konkurrerar med framtidsstammarna men samtidigt ger en beskuggning av deras nedre del.

Ett annat sätt att komma tillrätta med en sämre kvistrensning då röjning och gallring sker tidigt är att stamkvista de träd som ska stå kvar till slutet av omloppstiden. Effekterna på virkeskvaliteten av stamkvistning är bäst kända för tall och ek (t.ex. Walfridsson, 1978, Kärkäinen, 1982, Ståål, 1986). Heiskanen (1958) undersökte effekterna av stamkvistning på björk. Resultaten visade bl.a. att röta kring kvistarna var ett problem som ökade med kvistdiameter, men att rötan aldrig gick utanför den årsring där kvisten kapades. Effekterna av stamkvistning på vedkvalitet hos asp och al är mindre kända än för björk. Det är viktigt att man inte avlägsnar för mycket av den gröna kronan eftersom det skulle påverka trädets tillväxt negativt. Pinkard (2003) visade t.ex. för *Eucalyptus globulus* att man inte bör ta bort mer än 20 % av grönmassan på sämre marker och 40 % på bördigare lokaler.

Många hävdar att värdet av gödslingsresponsen i gallrade bestånd är avsevärt större än i ogallrade eftersom den riktas till färre och större utvalda stammar (Ballard, 1984).

8.5.3. Näring och uthållighet i produktionen

Näringsbehovet för skogar och plantager ökar med skötselintensiteten. Man kan förbättra näringshushållningen genom att antingen tillföra näringsämnen (se ovan) eller minska uttaget av näring. Ett minskat näringsuttag kan göras genom att undvika att skörda mycket unga plantager, lämna kvar näringsrika träddelar i beståndet, använda näringseffektiva arter och kloner, och skörda vid en näringsmässigt gynnsam tidpunkt. Näringsförluster genom läckage kan minskas genom en snabb etablering av den nya trädgenerationen efter skörd och genom att gödsla under perioder då träd och övrig vegetation snabbt förmår att ta upp näring.

Vid uttag av biobränslen, grenar och toppar, är det extra viktigt att ta hänsyn till den näring som förs bort med skörden. För framtiden ser återföring av aska ut som ett huvudalternativ för att bibehålla markens produktionspotential. Skogsstyrelsen har fastställt regler i Sverige efter att miljökonsekvensbeskrivningar utförts (se Lindkvist, 2000). Sedan 1998 rekommenderar man återföring av aska efter uttag av skogsbränsle. ”Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling” (Skogsstyrelsen, 2001) ger ett förslag till regelverk vid återföring av skogsbränsleaska. Än så länge har dock skogsbränsleaska bara återförts i begränsad omfattning i Sverige. För att bl.a. öka återföring av aska startades projektet RecAsh år 2003 tillsammans med Finland och Storbritannien. Eftersom olika askor från biobränslen skiljer sig åt har det gjorts sammanställningar om askornas kemiska sammansättning

och egenskaper (Lindkvist, 2000). Förbränning av skogsbränslen resulterar normalt i askor med acceptabel kemisk sammansättning för återföring, d.v.s. de innehåller bortförda näringsämnen, förutom kväve, och är inte kontaminerade med tungmetaller och andra oönskade ämnen. Ytterligare skäl till att återföra askor är att de kan kompensera för kalkförluster orsakade av kväve- och svaveldeposition.

I Finland har askåterföring hittills huvudsakligen använts för att öka skogsproduktionen på dikade myrmarker (Silvferberg, 2003). Orsaker är huvudsakligen att det varit virkesbrist och att försurningsproblematiken varit mycket mindre än i Sverige.

I Danmark rekommenderas att man återför de näringsmängder som tas bort vid avverkning (Møller & Ingerslev, 2001). Det finns dock begränsningar i askåterförelsen, både vad gäller dess innehåll av olika grundämnen som de mängder som får spridas. I Norge har man ännu inte fokuserat på effekterna av helträdsutnyttjande, annat än i viss forskningsverksamhet (Nilsen, 2001).

I snabbväxande lövträdsodlingar är produktionen hög vilket också medför att uttaget av näring vid skörd blir stort (Tabell 8). Näringshalterna i såväl stam som grenar avtar dock med åldern, framförallt i unga år (Ericsson m.fl., 1992). Raison och Crane (1986) visade att näringsuttaget per volym eller år blir större om man kortar omloppstiden för *Eucalyptus* och tallodlingar. Samma mönster rapporterade Adegbi m.fl. (2001) för *Salix*. En kort omloppstid (1 år) minskade näringseffektiviteten jämfört med en längre (3 år), dvs. mer näring togs ut per viktsenhet vid

skörd efter kort omloppstid. Rytter (2002) fann att näringsinnehållet per m³ stamved minskade med åldern hos hybridasp, då dimensionerna ökade och barkandelen blev allt mindre (Figur 7). Näringshalterna i stamved och bark varierar även under säsongen. Eftersom en del av näringen i lövträdens blad retranslokeras till bark, gren- och stamved under hösten kommer näringskoncentrationen att öka under vinterhalvåret i dessa delar (t.ex. Van den Driessche, 1984, Alban, 1985). Kalcium uppför sig inte på samma sätt som de andra näringsämnen eftersom ämnet är tämligen orörligt och därför lagras upp i biomassan (Tabell 8, Figur 7).

Näringskoncentrationen ökar även med stamhöjden, vilket avslöjar att näringskoncentrationen i GROT är betydligt högre än i gagnvirket (t.ex. Rytter, 2002). Beräkningar av Alban m.fl. (1978) gav att helträdsutnyttjande medförde ett näringsuttag som var två-tre gånger så stort som uttag av enbart stammar. Mann m.fl. (1988) uppmätte ett ungefär dubbelt så stort näringsuttag vid helträdsutnyttjande som vid enbart gagnvirkesuttag i såväl barr- som lövskog. Ändå blev skillnaderna i näringsläckage och produktion i nästa generation nästan obefintliga. Det är dock uppenbart att uttag av andra växtdelar än stammen medför en ökad belastning på näringsreserven och att man på något sätt – vittring, deposition, askåterföring, gödsling – blir tvungen att kompensera för detta på sikt. Skillnaderna i näringsuttag mellan lövträd och barrträd är inte alldeles klara. Barrträds-GROT medför uttag av näringsrika barr men lövträds-GROT innehåller näring som retranslokerats från bladen.

Shoulders och Wittwer (1979) bedömde dock att de behövde återföras 25–40 % mer kväve, 29–43 % mer fosfor och 17–33 % mer kalium i barrskog än lövskog för att upprätthålla produktionsnivån. Mann m.fl. (1988) noterade högre näringskoncentrationer i lövträds- än i barrträdsstammar. Det är viktigt att man för varje specifikt produktionssystem inhämtar information om näringsuttagets storlek vid skörd.

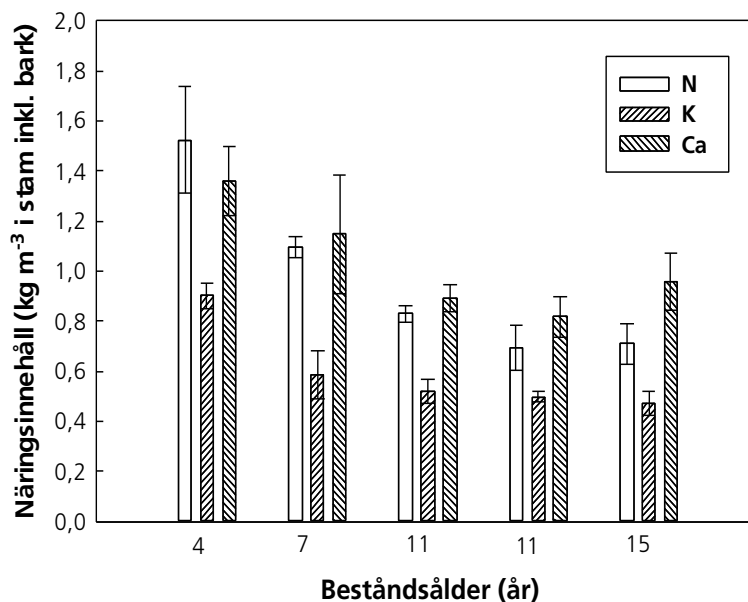
Nordiska försök med GROT-uttag vid gallring i gran- och tallskog gav en sänkt produktion under den följande 10-årsperioden (Jacobsson m.fl., 2000, Jacobson, 2001). Emellertid räckte det med att kompensera för kväveuttaget för att förhindra en produktionssänkning. Detta visade återigen att kväve är det begränsande näringsämnet under normala skog-

liga förhållanden. Balansräkningar i snabbväxande hybridaspbestånd (Rytter, 2002) pekar dock på att ett helträdsutnyttjande tär på näringsresursen för flera ämnen, vilka på lång sikt sannolikt behöver återföras. Miller (1995) visade via ett poppel-försök att skörd av lövträd under vintern istället för sommaren reducerade uttaget av kväve och fosfor med ungefär 35–40 % medan däremot kaliumuttaget ökade med ungefär 40 %. Olsson (1996) drog slutsatsen att biobränsleuttag inte kan bedrivas långsiktigt utan kompensatoriska åtgärder för baskatjoner i gran- och tallskog. Näringsfattiga och torra marker är mest känsliga för bortförsl av näring.

För kväve och svavel sker en viss kompensation genom en ganska betydande våt- och torrdeposition.

Figur 7.

Koncentration av kväve, kalium och kalcium i hybridaspstammar, uttryckt som kg m⁻³ i stamved inklusive bark. Konfidensintervall på 95 % signifikansnivå visas. Hämtad från Rytter (2002).



Tabell 8.

Årlig biomassaproduktion och årligt uttag av olika näringsämnen vid helträdsskörd (stam + grenar) i olika produktionssystem med lövträd. Siffrorna anger den uttagbara biomassan och näringen exklusive blad. Produktion som försvunnit via självgallring, betning m.m. ingår således inte. En del av provtagningarna har utförts under växtsäsongen och ger därför inte en helt sann bild av hur mycket näring som finns i stam och grenar eftersom retranslokeringen av näring inte skett vid den tidpunkten. Uttagen i äldre bestånd beräknas på föryngringshuggningen och innehåller ej biomassa och näring i ev. gallringar.

| Gröda | Land | Bestånds- ålder (år) | Uttagbar prod (ton TS ha ⁻¹ år ⁻¹) | Näringsuttag (kg ha ⁻¹ år ⁻¹) | | | | | Referens |
|---------------------------------------|----------|-------------------------|---|--|---------|---------|---------|---------|-----------------------------|
| | | | | N | P | K | Ca | Mg | |
| Hybridasp ^a | Sverige | 2 | 6,2 | 34 | 5,3 | 21 | 27 | 3,3 | Tabell 7 |
| Hybridasp | Tyskland | 4-5 | 2,0-11,5 | 20-38 | 3,0-5,4 | 10-30 | 12-35 | 1,6-5,6 | Jug m.fl. (1999) |
| Hybridasp | Sverige | 25 | 7 ^b | 30 | 4 | 18 | 30 | 4 | Rytter (2002) |
| Amerikansk asp | USA | 40 | 4 | 7,0 | 0,94 | 6,0 | 21 | 1,3 | Alban m.fl. (1978) |
| Hybridpoppel | USA | 3-4 | 5,9-9,2 | 48-53 | 7-8 | 19-22 | 30-32 | 6-7 | Hansen & Baker (1979) |
| Hybridpoppel | USA | 4 | 10,7 | 46 | 8,0 | 38 | 56 | 7,8 | Wittwer & Immel (1980) |
| <i>Populus trichocarpa</i> | Tyskland | 4-5 | 3,2-13,6 | 19-36 | 3,8-8,2 | 15-36 | 11-43 | 1,8-4,8 | Jug m.fl. (1999) |
| Hybridpoppel | USA | 5 | 7,7 | 22 | 6,4 | 16 | 21 | 5,4 | Wittwer & Stringer (1985) |
| <i>Populus deltoides</i> | USA | 7 | 8,7 | 17 | 3,1 | 21 | 40 | 4,4 | Nelson m.fl. (1987) |
| <i>Populus deltoides</i> ^c | USA | 7-20 | 7,2-11,1 | 13-32 | 2,4-5,5 | 14-30 | 29-60 | 3,3-4,9 | Shoulders & Wittwer (1979) |
| <i>Populus deltoides</i> ^d | USA | 12-20 | 6,8-9,4 | 13-19 | 2,3-3,2 | 14-20 | 29-42 | 3,2-4,5 | Shoulders & Wittwer (1979) |
| Klibbal | USA | 4 | 6,5 | 36 | 2,5 | 15 | 33 | 2,8 | Wittwer & Immel (1980) |
| Gråal | Estland | 4 | 2,6 | 16 | 3 | 7 | - | - | Uri m.fl. (2003) |
| Klibbal | USA | 5 | 9,6-12,7 | 50-52 | 1,9-4,2 | 17 | 18-45 | 3,5-5,0 | Wittwer & Stringer (1985) |
| Gråal | Finland | 5 | 5,8-6,1 | 42-45 | 3,6-4,8 | 13-14 | 15-16 | 2,5-3,2 | Saarsalmi m.fl. (1985) |
| Rödal | USA | 5 | 4,0 | 24 | 2,7 | 8,8 | 6,6 | 2,5 | Miller (1983) |
| Gråal | Finland | 6 | 4,0 | 28 | 2,8 | 7,7 | 7,3 | 1,7 | Hytönen m.fl. (1995) |
| Gråal | Sverige | 7 | 4,3 | 32 | - | - | - | - | Rytter m.fl. (1991) |
| Gråal ^e | Finland | 8 | 1,8-3,9 | 11-22 | 0,9-2,6 | 3,1-8,2 | 4,2-9,1 | 0,7-1,4 | Saarsalmi m.fl. (1991) |
| Gråal ^f | Finland | 9 | 1,8-2,5 | 12-23 | 1,5-2,5 | 4,0-7,1 | 4,9-8,0 | 0,8-1,4 | Saarsalmi m.fl. (1992) |
| Rödal | USA | 20 | 7,8 | 23 | 3,0 | 5,1 | 11 | 2,8 | Miller (1983) |
| Klibbal | Estland | 21 | 4,0-4,7 | 13-18 | 1,1-4,6 | - | - | - | Vares (2000) |
| Gråal | Finland | 35 | 0,8-1,9 | 4,7-10 | 0,4-0,8 | 1,2-2,4 | 2,3-4,7 | - | Saarsalmi & Mätkönen (1989) |
| Rödal ^g | USA | 36 | 5,0 | 8,7 | 0,8 | 1,4 | 5,5 | 2,5 | Turner m.fl. (1976) |
| Rödal | USA | 55 | 2,2-2,7 | 6,3-6,9 | 0,5-0,9 | 2,6-3,2 | 7,7 | - | Mann m.fl. (1988) |
| Vårtbjörk | Finland | 6 | 2,3-3,4 | 11-15 | 1,2-2,3 | 3,8-7,7 | 4,0-6,8 | 0,9-1,8 | Hytönen m.fl. (1995) |
| Glasbjörk | Finland | 6 | 2,3-5,6 | 13-26 | 1,2-2,8 | 4,0-7,8 | 4,3-10 | 1,0-2,0 | Hytönen m.fl. (1995) |
| Vårtbjörk | Finland | 9 | 0,5-1,3 | 3,1-7,0 | 0,4-0,9 | 1,1-2,5 | 1,6-3,6 | 0,3-0,6 | Saarsalmi m.fl. (1992) |
| Glasbjörk | Finland | 20-40 | 1,9-2,7 | 5,7-6,3 | 0,6-0,7 | 1,7-2,0 | 3,3-4,1 | - | Mätkönen & Saarsalmi (1982) |
| Glasbjörk | Finland | 40 | 2,2 | 3,6 | 0,4 | 2,1 | 3,6 | - | Mätkönen (1977) |
| Vårtbjörk | Storbr. | 24-55 | 2,0-3,6 | 3,0-7,8 | 0,2-0,6 | 1,0-2,5 | 4,6-9,0 | 0,4-0,8 | Ovington & Madgwick (1959b) |
| <i>Salix</i> | Finland | 1 | 4,2-10,3 | 33-72 | 6-12 | 30-51 | 14-32 | 4-6 | Saarsalmi (1984) |
| <i>Salix dasyclados</i> | USA | 1-3 | 15-22 | 75-86 | 10-11 | 27-32 | 52-79 | 4-5 | Adegbidi m.fl. (2001) |
| <i>Salix viminalis</i> | Sverige | 3 | 11 | 44 | - | - | - | - | Ericsson (1994) |
| <i>Salix</i> sp. | Finland | | 4,7 ^h | 27 | 4,5 | 14 | 14 | 4,5 | Hytönen (1995) |
| <i>Salix viminalis</i> ⁱ | Tyskland | 4-5 | 2,4-11,2 | 18-54 | 2,8-9,0 | 6,6-26 | 10-70 | 1,4-5,0 | Jug m.fl. (1999) |
| Lövblandskog | USA | 45-80 | 2,0-2,5 | 3,4-5,4 | 0,2-0,6 | 1,6-3,1 | 6,6-14 | - | Mann m.fl. (1988) |

^a uttag med röjning i tvåårigt rotskottuppslag

^d naturliga ogallrade bestånd

^g uttag enligt modell

^b stamproduktion

^e rotskottsbestånd

^h max produktion bland experimenten

^c plantager

^f odling på sandmark

ⁱ produktion hos ögödslande bestånd

Kvävetillförseln på detta sätt uppgår till som mest drygt 20 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sydvästra Sverige och till några få kg i norra Sverige (Hallgren Larsson m.fl., 1995, Lövsblad, 2000). Depositionen kan dock oftast inte fullt ut kompensera för det kväveuttag som sker vid skogsodling (jfr Tabell 8). Helträdsutnyttjande av hybridasp medför t.ex. att även kväve måste tillföras då depositionen av kväve inte räcker till för att bibehålla tillgången (Rytter, 2002). Svavelnedfallet uppvisar samma mönster som kväve med de största mängderna i sydvästra Sverige och med små mängder i Norrland (Hallgren Larsson m.fl., 1995). Samtidigt har svaveldeposition minskat kraftigt sedan 1980-talet och i mitten av 1990-talet låg nivån på mellan 10 och 20 kg ha⁻¹ år⁻¹ i södra Sverige. Dessa nivåer räcker för att kompensera uttagsförluster i snabbväxande lövskog (Rytter, 2002), men då man alltmer lyckas att effektivt reducera svavelutsläppen kan denna situation snabbt komma att förändras i framtiden.

Det finns även en vitalitetsfaktor hos grödan som gör att upprepad skörd kan ge lägre avkastning med tiden. Harrington och DeBell (1984) visade att stubbskottbildningen avtog med lägre produktion som följd i en studie med slamspridning i poppel (*P. trichocarpa*) och rödal (*A. rubra*) efter fyra stycken tvååriga omloppstider, oavsett slamgivans storlek. Stiell och Berry (1986) rekommenderade minst 10 år mellan skördar för amerikansk asp om produktionen skall förbli uthållig. Willebrand m.fl. (1993) bedömde att 4–6-åriga omdrev var optimala för *Salix* i Sverige. Kortare omloppstider gav ofta lägre

produktion med tiden. Hytönen och Issakainen (2001) undersökte glasbjörkens produktion vid varierande omloppstider i Finland. Man studerade omloppstider från 1 till 16 år och konstaterade att högsta medelproduktion erhöles med de längsta skördeintervallen. Omloppstider på 1 och 2 år resulterade i svag skottskjutning och låg produktion. Auclair och Bouvarel (1992) kunde däremot inte se något åldrande hos stubbarna med lägre tillväxt som följd efter en 6-årig undersökning av hybridpoppel. Johansson (1996b) rapporterade att stubbskott av björk inte uppvisar högre frekvens av rotröta än vad som påträffas i björkar från fröplantor. Pontailier m.fl. (1999) undersökte produktionen hos hybridpoppel och poppel under fem stycken 2-årsstycken och kunde inte se någon märkbar nedgång i stubbskottbildning och produktion. Pitt m.fl. (2001) testade *Hypoxylon*-kräftans (*Entoleuca*) angrepp vid olika gallringsintensiteter i amerikansk asp men kunde inte finna några förhöjda angrepp i gallrade jämfört med ogallrade ytor. Den varierande känsligheten för olika omloppstider visar att det finns all anledning att fortsätta med studier rörande uthållighet vid skogsodling.

8.6. EFFEKTIV FÖRYNGRING KRÄVS

8.6.1. Plantor

Föryngringskostnaden är ofta avgörande för om skogsbruket ska bli ekonomiskt lönsamt. En kostnadseffektiv föryngring innebär bl.a. att man producerar vitala plantor till en låg kostnad. Därför har man genomfört studier av sommarplantering, d.v.s. plantering av små plantor

som befinner sig i tillväxt och som producerats under innevarande år (Luoranen m.fl., 2003). Gödslingsregimerna i plantskolan är också föremål för forskning (t.ex. Rytter m.fl., 2003b). Eftersom t.ex. hybridaspplantor är dyra att producera är det av stort intresse att förenkla och reducera kostnaderna för produktionen. Haapala m.fl. (2004) visade att det finns intressanta metoder där man förökar grönsticklingar. Den mest lovande metoden innebär att man tar grönsticklingar av hybridasp från grundplantor med fyra veckors intervall. Vid all plantering och sådd rekommenderas att lämpligt förädlad odlingsmaterial används.

8.6.2. Effekter av förberedelser

Betydelsen av att hålla tillbaka ogräskonkurrensen vid beståndsetablering av lövträd kan inte nog betonas. En dåligt förberedd föryngringsyta och/eller en dålig uppföljning ger ofta ett luckigt bestånd som ger en svag inledande produktion. Czapowskyj och Safford (1993) visade t.ex. för hybridpoppel att en fortgående ogräsbekämpning under de inledande tre åren gav betydligt bättre tillväxt under beståndens första tio år. Karlsson (2002) demonstrerade att markpreparering har oerhört stor betydelse för överlevnad och tillväxt för små planterade björkar. Morrison (2003) konstaterade att aspens rotskottuppslag gynnades av att det organiska skiktet skrapades av från markytan. Även resultatet av naturlig föryngring och sådd gynnas starkt av en inledande markbehandling (Karlsson, 1996, Karlsson m.fl., 1998).

Det finns dock även negativa sidor av en mekanisk påverkan av föryngringsytor. Smidt och Blinn (2002)

rapporterade t.ex., att spårbildning vid skörd försämrade både rotskott-uppslagets storlek och tillväxt hos asp.

8.6.3. Anläggningskostnader

Eftersom anläggningskostnaderna kommer tidigt under omloppstiden blir dessa kostnader av stor vikt för den totala ekonomin, framförallt om man har stora räntekrav på odlingen. Naturlig förnygring är därför en attraktiv metod sett ur ekonomisk synvinkel. Det är emellertid tveksamt om det blir särskilt lönsamt om det innebär att man får ett mindre lämpligt trädslag eller ett bestånd med undermålig genetik för tillväxt och kvalitet. Träd som skjuter vitala stubbskott kan användas, inte minst för biomassaproduktion, även om kvaliteten brukar bli bättre med fröplantor. Johansson (1992b) visade att man bör undvika att avverka björk under perioden april–juni om man avser att bygga ett nytt bestånd på stubbskottskjutning. Rotskott brukar ge bättre kvalitet än stubbskott och ge raka stammar. Rotskottsfornygring kan dock bara utnyttjas för asp/hybridasp och gråal (Barring, 1988, Saarsalmi m.fl., 1991, Rytter m.fl., 2000, Tabell 7).

8.7. HÄNSYN TILL ANDRA INTRESSEN

En viktig faktor att ta hänsyn till vid intensiv odling av träd är påverkan på vattenkvaliteten (jfr Sands, 1984). För att förhindra läckage av näring, framförallt nitrat, är det viktigt att återväxten efter skörd sker snabbt, eftersom det är denna fas som är mest kritisk för läckage. Andra orsaker till läckage kan vara låg rotdensi-

tet på lokalen, grov marktstruktur, eller att gödning sker under den biologiskt inaktiva vinterperioden alternativt strax före kraftig nederbörd. Stor tillförsel av näring i intensiva odlingar behöver inte i sig innebära att näringsläckaget blir stort om bara gödselmängderna anpassas till grödans upptagningsförmåga (se t.ex. Rytter, 1990, Aronsson m.fl., 2000). Man använder det något svårtolkade begreppet 'kritisk belastning' för att ange en nivå på näringstillförsel som lokalen kan hantera på lång sikt (t.ex. Nohrstedt & Bertills, 2000). Definitionen är 'en kvantitativ uppskattning av den exponering av en eller flera "föroreningar" under vilken inga signifikanta negativa effekter på känsliga element förekommer enligt befintlig kunskap'. För närvarande pågår ett internationellt samarbete för att ta fram kritiska belastningar och kritiska uttag för olika näringsämnen ur skogsekosystem (se bl.a. Nohrstedt & Bertills, 2000, Freer-Smith & Kennedy, 2003).

Det har länge diskuterats huruvida lövträd har en "positiv" inverkan på marken jämfört med barrträd. Ett av problemen är att definiera vad som är positivt. Binkley (1995) noterar i sin sammanställning att det inte finns någon studie som visar att ett trädslag genomgående förändrar markvariablerna i en ofördelaktig riktning. De bevis som finns tyder också på att en sämre tillväxt i senare generationer snarare beror på dålig skötsel (kompaktering av marken, brand, näringsuttag i biomassa, och ogräskonkurrens) än på det enskilda trädslaget som sådant. Det uppstår dock skillnader i marken som beror av olika trädslag. Eftersom barrträd dominerar i de nordiska länderna

kan man hävda att lövskogen bidrar till en större mångfald i marken om marken under lövskogen avviker från den i barrskog, oavsett om det är "positivt" eller inte. Frank (1994) har sammanställt nordiska studier som jämför markkemin för barr- och lövträd. Det framkommer enhetligt att björk och asp påverkar markens pH-värde i positiv riktning vid en jämförelse med gran. Augusto och Ranger (2001) noterade i ett franskt försök att marklösningen i det översta markskiktet var surare under barrträd än under lövträd men skillnaderna var små under perioder då nederbörden var hög. Brandtberg (2001) visade att björkinblandning i granskog kan öka mängderna av K, Ca, Mg och P i de övre markskikten. Förklaringen för Mg och K var att björk tillför dessa ämnen via förfallet medan ökningen av Ca och P förklarades med att björk har ett lägre upptag av dessa ämnen än gran. Det har upprepat rapporterats att de kvävefixerande alarterna bidrar till att öka kväveinnehållet i marken (t.ex. Tarrant & Trappe, 1971, Höglind och Nilsson, 1989, Rytter, 1990). Sammanfattningsvis verkar det alltså som att det inte finns någon anledning att ur marksynpunkt undvika att använda ett specifikt trädslag, särskilt inte de olika snabbväxande lövträden.

En annan viktig fråga är hur intensivt odlade plantageskogar kan bidra till den biologiska mångfalden. Carnus m.fl. (2003) behandlade frågan i en sammanställning och drog bl.a. följande slutsats: även om en plantageskog i allmänhet innehåller färre arter än en "naturlig" skog kan den på andra sätt vara positiv för biodiversiteten. Intensivt odlade

skogar kan t.ex. bidra till att andra mer värdefulla skogar för mångfalden kan lämnas ifred utan att virkesfångsten minskar. Då de ersätter andra av människan modifierade system, såsom åkermark, medför det ofta att biodiversiteten ökar, vilket bl.a. kommer till uttryck som en mer artrik markvegetation (t.ex. Heilmann m.fl., 1995). Intensivodlade skogar kan även vara lämpliga som buffertzoner och också fungera som länkar mellan områden med höga mångfaldsvärden. Genom lämplig förädlingsstrategi, utnyttja olika arter samt variera skötsel och omloppstider kan man dessutom öka biodiversiteten i plantagerna.

9. Skaderisker

Odling av skog medför att man alltid är utsatt för olika typer av produktionsförluster. Frostskador på frostlänta marker uppträder ofta eftersom temperaturer under 0° C är vanligt förekommande nattetid under nordiska förhållanden under vegetationssäsongen. Vattenbrist reducerar produktionen på många håll, särskilt i sydöstra Sverige. Viltbetning förorsakar stora skador och produktionsförluster på många olika trädslag. Gnagskador kan tidvis utgöra ett stort problem och sätta ned vitaliteten hos plantor och träd. Insektsangrepp är allmänt förekommande liksom svampangrepp och kan i vissa fall utgöra ett hot mot odlingen.

Plantor bildar organiska föreningar som minskar konsumtion av blad och stamdelar. Föreningarna utgörs av två kategorier (Sutinen & Niemilä, 2000): kvävehaltiga försvars-substanser (t.ex. alkaloider) som är toxiska för herbivorer och effektiva i mycket låga doser, samt kolbaserade substanser (t.ex. tanniner, fenoler och terpenener) vilka minskar nedbrytbarheten och ger en bitter smak men bara är effektiva vid höga koncentrationer.

9.1. VILT

Skador av hjortvilt (älg och rådjur) och gnagare (hare och sork) är ofta ett stort problem i lövföryngringar. Då antalet utvecklingsbara plantor minskar och de överlevande individerna utsätts för upprepade angrepp, försämras både produktionen och kvaliteten i bestånden. I den sammanställning som gjorts av Stener och Bergquist (1998) rekommenderas i första hand vilthägn i viltrika trakter. Växtrör bör främst användas

som skydd mot rådjur och gnagare, och då beståndet är dåligt arronderat eller då ett mindre antal plantor behöver skyddas. Repellerter brukar fungera bra vid upprepad applicering på barrplantor men är en oprövad metod på lövträd. Akustiska och optiska skydd har visat sig ha begränsad användningstid. Stener och Bergquist föreslår bl.a. följande generella åtgärder vid föryngring av lövträd i områden med högt vilttryck:

- a) lämna ett övermål av stammar vid röjning,
- b) hägna större föryngringar av känsliga trädslag,
- c) lämna redan betade träd eftersom de är fortsatt attraktiva för viltet och kan reducera skador på andra obetade träd,
- d) markbered väl och använd snabbväxande förädlade sorter så att den kritiska tidsperioden blir så kort som möjligt,
- e) håll ogräsrent de första åren för att undvika sorkskador,
- f) genomför organiserad jakt för att reducera klövvilt.

Renaud m.fl. (2003) visade t.ex. att kronhjort föredrar att beta på 85–115 cm höjd vilket understryker vikten av att en odling snabbt kommer över viltkritisk höjd. Det är också väl känt att olika trädslag utsätts i olika grad för betning (t.ex. Sennerby-Forsse, 1982, Danell m.fl., 1991, Kullberg & Bergström, 2001). Asp är t.ex. attraktiv för älg medan gråal i högre grad undgår att betas. Hjältén och Palo (1992) visade i en undersökning att hare och sork föredrog rönn och asp före björk, och björk före gråal. Rousi m.fl. (1991) rapporterade att vårtbjörkens ”vår-tighet” var avgörande för skogsharens

betestryck, ju mer ”vårtor” desto mindre betesskador.

Kostnaderna för viltskador i snabbväxande lövskogsodlingar är okänd men naturligtvis totalt sett av liten omfattning jämfört med barrskog eftersom odlingsarealen är liten. De höga siffror som redovisats av Bergström och Glöde (2004) antyder dock att viltskadeproblematiken måste tas på stort allvar, inte minst för lövskogsplantager.

9.2. INSEKTER

Värme och torka har generellt en positiv inverkan på de flesta insektspopulationer (Ehnström, 1989). Främst inverkar detta på fortplantning och larvutveckling. Stressade träd angrips ofta av insekter. En vanlig uppfattning är att det beror på att trädens motståndskraft är försvagad. Studier under kontrollerade förhållanden stödjer emellertid endast delvis hypotesen att stressade träd gynnar insekters utveckling (Larsson, 1989). Insekter med skilda födosätt tycks vara i olika grad gynnade av stressade träd. Larsson m.fl. (1986) visade t.ex. att *Salix*-plantor som odlades i svagt ljus bildade endast en tredjedel så mycket fenoler som plantor odlade vid goda ljusförhållanden. De blev dessutom ätna fem gånger så mycket av en bladbagge (*Galerucella lineola* F.). En kombination av värme, torka, dåliga ljusförhållanden etc. och förekomst av stressgynnade skadeinsekter kan således få allvarliga följder.

Växtätande insekter brukar delas in i bladätande insekter, inkluderande knoppkonsumenter, och stamätande insekter (Christersson m.fl., 1992). Skador av bladätare brukar vara relativt enkla att bedöma och tillväxtminskningen brukar vara

proportionell till hur mycket bladyta som konsumerats. Stamätare däremot brukar ge upphov till mer komplicerade skador, vilka växten ibland kan läka men som ibland blir inkörsporten till sekundära infektioner av svampar och bakterier. Skadorna kan också utgöra en svag punkt som ökar risken för vind- och snöbrott. Poppelodlingar har en tendens att drabbas hårdare av stamskador än t.ex. *Salix*-odlingar. Exempel på allvarliga stamkonsumenter på asp är främst mindre aspvedbocken (*Saperda populnea*), men även den större aspvedbocken (*Saperda carcharias*) kan komma att bli ett problem. I poppelbestånd konsumerar aspglansbaggen *Chrysomela populi* ibland avsevärda bladmängder.

Hos björk har björkbastflugans (*Phytobia betulae*) larver på senare tid blivit ett problem då den missfärgar sågbart björkvirke. Ylloja m.fl. (2000) kunde konstatera att det förekommer klara genetiska skillnader i motståndskraft mot angrepp vilket möjliggör selektion.

Kostnaden för insektsskador i intensiva skogsodlingar är dåligt utredda men Larsson (1983) visade för *Salix smithiana* att tillväxten tycks avta linjärt med förlusten av bladyta och att de allvarligaste produktionsförlusterna uppstår då bladen förloras mitt under tillväxtsången. Anttonen m.fl. (2002) kom fram till att björkplantor kan tolera en upp till 25 % avlövnings utan synbar tillväxtförlust under förutsättning att näringstillgången är god. Större bladförlust inverkar menligt på den framtida utvecklingen.

9.3. SVAMP OCH BAKTERIER

Snabbväxande lövträdsbestånd odlas oftast i monokulturer vilket gör att de är mer känsliga för sjukdomar än en blandskog. Därför är hanteringen av potentiella farsoter av stor vikt. Angrepp kan allvarligt hota uppställda produktionsmål. Patogener som har liten betydelse för enstaka isolerade träd kan få stor betydelse när de uppträder i intensivodlade monokulturer. Det är viktigt att optimera den naturliga resistensen och gynna trädens vitalitet genom att anpassa odlingsmaterial till ståndort och beståndsdesign.

Beståndstätheten är en viktig faktor och ett glest bestånd ger patogenerna mindre möjlighet att spridas och förökas till skadliga nivåer.

Monoklonkulturer löper sannolikt större risk att drabbas av svamp och virus än ett bestånd grundat på fröplantor. Därför arbetar man med klonblandningar.

Skadesvampar kan delas in i tre grupper med hänsyn till typ och de problem de orsakar (Christersson m.fl., 1992). Den första gruppen utgörs av bladrost, *Melampsora* spp. på *Salix* och popplar och *Melampsoridium* spp. L. på al och björk. Den andra gruppen består av en stor grupp av askomycetpatogener vilka huvudsakligen angriper blad. Den tredje gruppen innefattar svampar som orsakar stam-, gren- och barkkräfta och ger varierande grad av avdöende och deformation. Bakteriesjukdomar ger oftast stamkräfta och avdöende av stam, bark och grenar.

Popplar angrips inte enbart av *Melampsora* rost utan också av *Marssonina brunnea* och *Septoria*

bladfläcksjuka. På hybridpoppel i Nordamerika påträffas *Septoria* kräfta medan naturliga poppelarter och aspar är mer känsliga för *Entoleuca mammata* (t.ex. Ilstedt & Gullberg, 1993). Bakteriell kräfta orsakad av *Xanthomonas populii* utgör ett problem på många poppelkloner och leder till avdöende och produktionsförluster. Stampatogenerna angriper plantorna på olika sätt, t.ex. genom fysiskt uppkomna skador, döda kvistar och grenar, lenticeller och bladarr. Årsmånen spelar stor roll där hög humiditet och hög temperatur gynnar patogenerna. Pankuch m.fl. (2003) varnade för att skador på asprötter kan vara inkörsport för *Armillaria*-svampar och resultera i röta i såväl stammar som rot-skott. Pitt m.fl. (2001) undersökte gallringsintensitetens inverkan på infektionen av *Hypoxylon*-kräfta (*Entoleuca*) i bestånd av nordamerikansk asp men kunde inte se någon skillnad mellan gallringsalternativen, vilket leder till slutsatsen att gallringsregimen kan väljas efter önskemål.

Det är av stor vikt att använda klimatanpassat odlingsmaterial, annars ökar sannolikt risken för både klimatbetingade skador och svampskador (Enebak m.fl., 1996).

Hubbes (1983) redovisade sjukdomar inom släktet. Det allvarligaste hotet mot alodling ansågs vara rotsvamparna *Melampsoridium alni* och *M. betulinum*. Hubbes drog slutsatsen att även om skadesvampar påträffats över stora delar av jorden finns det ingen som för närvarande hotar användningen av alar i snabbväxande plantager.

9.4. KLIMATPÅVERKAN OCH KLIMATSKADOR

Frostskador på fleråriga växter varierar kraftigt under året eftersom plantorna genomgår olika faser där frostkänsligheten varierar (Christersson m.fl., 1992). Under vintern uppstår sällan frostskador eftersom frosthärdigheten är stor. De mest kritiska perioderna är vår och höst då frosthärdigheten avtar respektive byggs upp. Om frosthärdighetens utveckling inte befinner sig i fas med det aktuella klimatet är risken för skador stor. Det finns ingen detaljerad kunskap om vad som orsakar frostskador men störningar i cellernas plasmamembran spelar sannolikt en central roll då skadorna utvecklas. Det finns även skillnader mellan olika arter i frosttolerans för plantor som befinner sig i tillväxt (Christersson & von Fircks, 1984). Gråal och vårtbjörk klarar -4 till -5 °C utan skada medan *Salix*-arter i allmänhet inte klarar mer än -2 °C. Eftersom kvävegödsling påverkar växternas fenologi och medför att tillväxtperioden förlängs innebär det också att risken för frostskador ökar (Christersson m.fl., 1992).

Stamsprickor är ett problem som ibland kan vara besvärande stort i aspbestånd. Albrecht (1987) såg skillnader i stamsprickefrekvens mellan olika artkorsningar och bedömde att utstrålningsfrost och stora temperaturvariationer låg bakom problemen. Stamsprickor kan sannolikt vara inkörsport för angrepp av svampar såsom *Entoleuca mammata* (jfr. Manion & Griffin, 1986). Stormkänslighet är inget som utmärker lövträd utan stormskador är vanligare i granbestånd.

10. Ekonomi

Om man vill veta om en åtgärd är lönsam, eller om en åtgärd är bättre eller sämre än en annan från ekonomisk synpunkt, måste man på något sätt beräkna och jämföra lönsamheten (Jäghagen, 1999). Att göra ekonomiska jämförelser mellan olika trädslag och odlingssystem är alltid förenat med stora svårigheter. Framtiden är okänd och eftersom man i skogsbruket arbetar med omloppstider som ofta överstiger 50 år blir tidsfaktorn ett accentuerat problem. De säkraste skattningarna låter sig göras av de ingrepp som kommer tidigt under omloppstiden. Det betyder att anläggnings- och röjningskostnader och eventuella intäkter från biomassauttag kan uppskattas med hyfsad noggrannhet medan intäkterna vid slutavverkning, vilka genererar de stora intäkterna, är behäftade med en ansenlig osäkerhet. Med samma resonemang torde en kalkyl för snabbväxande lövträd, t.ex. hybridasp på 20–25 år, komma närmare det slutliga utfallet än en kalkyl för ordinär barrodling, t.ex. gran på god bonitet med ca 60 års omloppstid. Mot detta talar emellertid en stabilare marknad för barr- än för lövträd, men prisförändringar – såg-timmer av gran och tall har haft fallande priser under de senaste 20 åren (Skogsstyrelsen, 2003) – utgör en uppenbar osäkerhet. För att reda ut de ekonomiska konsekvenserna vid förändrade förutsättningar genomförs ofta en s.k. känslighetsanalys.

Mark med ett högt ståndortsindex är alltid en bra grund för att få god lönsamhet i skogsbruket. Dels produceras stora virkesmängder och dels får man dessa volymer efter en kort odlingstid. En kort omloppstid blir särskilt fördelaktig då räntekra-

ven är höga. En kort omloppstid gynnar lövträd då deras virkesegenskaper påverkas i mycket liten grad av en ökad tillväxttakt.

10.1. TRÄDSLAG

Jämförelser av lönsamheten mellan olika trädslag har en lång tradition (t.ex. Elfving, 1986a, Albrektson & Jäghagen, 1991) eftersom valet av trädslag är det långsiktigt mest avgörande beslutet vid all beskogning (Eriksson, 1991). Jämförelser mellan trädslag är dock vanskliga att göra av flera skäl (Eriksson, 1991, Jäghagen, 1999). En viktig orsak är att man inte säkert vet hur mycket olika trädslag kommer att producera på den aktuella marken, en annan att den framtida råvarumarknaden är svår att förutspå. Till hjälp har därför t.ex. scheman utarbetats (Populus, 1991, Rytter & Werner, 1998) som visar på vilka olika typer av mark som olika trädslag är lämpliga att odla, s.k. ståndortsanpassning.

En vanlig och återkommande jämförelse brukar ske mellan gran och björk. Utfallet varierar. Ofta anses granen vara vinnare, huvudsakligen på grund av att den producerar större virkesvolymer (Elfving, 1986a, Libäck, 1988, Albrektson & Jäghagen, 1991, Eriksson, 1991, Jäghagen, 1999). Men om man tar hänsyn till att björkens omloppstid är kortare och att man ofta kan få en tillfredsställande naturlig föryngring kan björk hävda sig väl (Persson, 2000), särskilt vid högre räntekrav, liksom om man bedömer att björkvirket kommer att bli mer värdefullt än granens. Ett alternativ är att samodla gran och björk. Kalkyler tyder på att det på normala ståndorter (G24–G28) är lönsamt att behålla

björken åtminstone så länge att den ger massaved (Persson, 2000).

Ekonomiska kalkyler för hybridasp visar ofta en mycket god lönsamhet oavsett vilket trädslag man jämför med (Elfving, 1986a, Libäck, 1988, Eriksson, 1991, Rytter m.fl., 2002). Detta beror till stor del på den höga tillväxten och därmed korta omloppstiden som trädslaget uppvisar. Även om poppel ibland ger högre virkesavkastning än hybridasp, och i t.ex. Tyskland visat på god ekonomi (t.ex. Genssler, 1986), betraktas poppelodling ännu som en riskfylld verksamhet i Skandinavien (Eriksson, 1991) eftersom skaderisken bedöms vara stor.

Norska beräkningar för gråal (Opdahl & Veidahl, 1993) visar att gråalodling som syftar till sågbart virke är ekonomisk gynnsamma och kan konkurrera med odling av gran, särskilt på goda marker där kvaliteten på granvirket sjunker. Eriksson (1991) gör en något blygsammare bedömning av gråalens ekonomiska förutsättningar.

För att få positiv ekonomi på intensiva skottskogsodlingar/energiskogsodlingar avsedda endast för biomassaproduktion krävs en viss miniminivå på den uthålliga produktionen. Lønner och Parikka (1989) beräknade att den kritiska nivån för småskalig odling på jordbruksmark låg på 10–12 ton TS ha⁻¹ år⁻¹, vilket är ungefär den nivå som man kan väntas uppnå i *Salix*-odlingar (Willebrand m.fl., 1993, Ledin, 1996, Larsson, 2001).

10.2. SKÖTSELVARIANTER OCH VIRKESSORTIMENT

Väl genomtänkta röjningar är en bra ekonomisk investering för framtiden. Argument som talar för röjningsinsatser är ökad diametertillväxt hos kvarvarande träd, mindre virkesförluster på grund av lägre naturlig avgång, ökad virkeskvalitet samt högre virkesproduktion (Albrektson, 1999). Persson och Rytter (1998) visade hur lövskogsbestånds nuvärdet försämras genom att röjnings- och gallringsinsatser försummas eller senareläggs (Figur 8). En viktig fråga för framtiden är därför röjningsteknik, och detta är ett område som för närvarande undersöks. Eriksson & Rytter (2000) visade att bränsleuttag kan vara ett bra alternativ för röjning i stamtäta lövbestånd, men man varnade för "dolda" kostnader i form av lägre tillväxt på grund av stickvägar och näringsförluster. De senare kan

dock undvikas genom askåterföring och gödsling. Fortsatta praktiska röjningar med ackumulerande aggregat visar att röjningskostnaden åtminstone går att halvera jämfört med en motormanuell röjning (Tillström, 2000, Steineck, 2003). Ett alternativ som ger billig röjning, men som inte medger något biomassauttag, är att bryta av konkurrerande träd, s.k. toppröjning, och därmed friställa framtidsstammar (Karlsson & Albrektson, 2001, Fällman m.fl., 2003). Toppröjning har också visat sig förbättra framtidsstammarnas kvalitet jämfört med vanlig röjning.

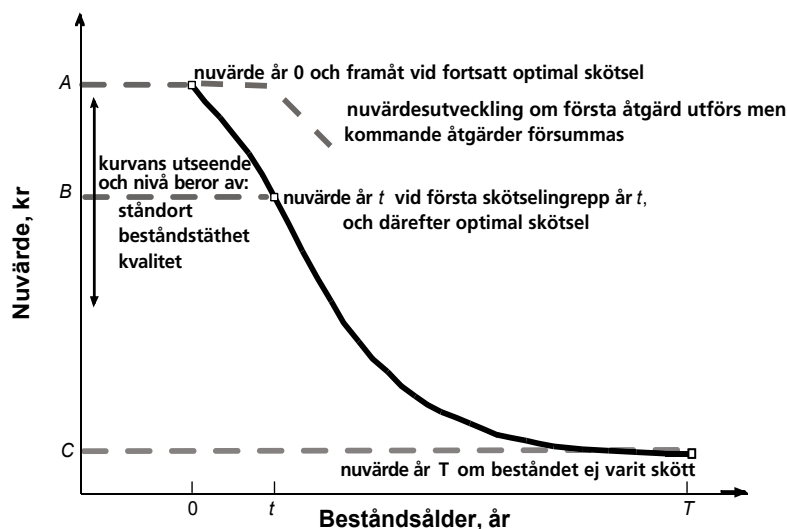
Även gallringar är lönsamma ingrepp (Eriksson, 1999). Det kan motiveras av att produktionen ytterligare flyttas över på ett färre antal stammar vars dimensionsutveckling främjas, att sjuka, skadade och kvalitetsmässigt sämre träd tas bort och att gallring ger tidiga intäkter. Eriks-

son (1999) varnar för att senarelägga gallringar eller dra ut perioderna mellan gallringar. Det är alltid bra att kunna odla fram värdefulla sortiment men omloppstiden får inte förlängas i någon större utsträckning om vinsten med de dyrbarare sortimenten skall kunna räknas hem. Camerons (2002) kalkyler visade att tidig "olönsam" gallring blir lönsam på sikt under förutsättning att beståndet växer på lämplig mark.

Ett sätt att förbättra ekonomin, även om virkesproduktionen knappast påverkas, är att stamkvista stammar som ska stå kvar till slutet av omloppstiden. Erfarenheterna är störst för tall och ek, där stamkvistning anses som en lönsam åtgärd (t.ex. Walfridsson, 1978, Kärkkäinen, 1982, Ståål, 1986). Undersökningar har även gjorts av stamkvistad björk och resultaten var ekonomiskt gynnsamma (se sammanställning

Figur 8.

Schematisk figur av hur lövskogsbestånds nuvärde förändras beroende på när skötselåtgärder genomförs under omloppstiden, från år 0 till slutet av omloppet (år T). Skillnaden i nuvärde mellan punkterna A och C är ofta mycket stor. Figuren har hämtats från Persson & Rytter (1998) och Werner m.fl. (2000).



av Vadla, 1999). Lönsamheten av stamkvistning är emellertid svår att förutse eftersom man inte vet vad industrin är villig att betala för stamkvistat virke i framtiden. Vadla (1999) bedömde dock att industrin borde betala mer för virke som man säkert vet är kvistfritt in till en viss diameter. Det finns således anledning att tro att ekonomin i al- och asp-odling också kan påverkas positivt av stamkvistning.

En odlingsform som bara delvis utnyttjas idag är att kombinera biobränsleuttag med vanligt konventionell skörd av massaved och timmer (se ovan). Denna variant kan användas från och med den andra generationen för hybridasp, och eventuellt gråal, då de skjuter rikligt med rotskott efter förnygringsavverkning (Tabell 7, Rytter m.fl., 2000). Det har redan visats att hybridasp utan biobränsleuttag är en god affär redan i den första generationen (Rytter m.fl., 2002), och att odlingen även kan bära kostnaden för vilthägn vid en jämförelse med gran. En inkomst från röjningsskedet skulle ytterligare förbättra ekonomin. Ett krav för god lönsamhet är dock att man i sen gallring och förnygringsavverkning kan ta ut ett sågbart sortiment, i det här fallet tändsticksvirke.

En central fråga vid odling av snabbväxande lövträd är om det är lönsamt att gödsla bestånden. Lothner (1986) kom fram till, från ett amerikanskt exempel, att det beror på bl.a. på tidshorisont och räntekrav. I detta sammanhang har alsläktet en fördel då dessa trädslag kan betraktas som självförsörjande med kväve via sin kvävefixering. Följaktligen kan man spara kostnaden för kvävegödselmedel vid alodling.

Perttu (1996) drog slutsatsen att system som använder *Salix*-grödor som vegetationsfilter, för att rena vatten och samtidigt producera biomassa, är ett ekonomiskt sett realistiskt alternativ till konventionell odlingsteknik. Hansson m.fl. (1999) utvecklade en modell som visade att användningen av obehandlat kommunalt avloppsvatten är ett ekonomiskt gynnsamt sätt att gödsla energiskog med *Salix*-grödor om produkten finns tillgänglig och ett permanent bevattningssystem kan användas. Hasselgren (2001) har rapporterat att såväl system som ekonomi fungerar i praktiken om man jämför med konventionell avskiljning av näringssalter. Systemet torde, som sagts ovan, kunna fungera bra även med andra snabbväxande trädslag.

En annan viktig aspekt för markägaren för att nå god lönsamhet i sitt skogsbruk är att virket apteras och sorteras efter sin kvalitet. Tyvärr har det visat sig att en del av det sågbara lövträdsvirket hamnar bland massaveden. En undersökning i södra Sverige avslöjade att ca 15 % av björk- och lövmassavedsvolymen bestod av sågbart virke (Bylund & Rytter, 1997). I en mellansvensk studie av massavedsleveranser av björk och asp var innehållet ca 10 % sågbar volym (Pape, 2000). När det gäller sortering av virke finns sålunda uppenbara möjligheter till förbättring.

10.3. FÖRYNGRING OCH SKYDDSKRAV

Eftersom förnygringen utgör en kostnad som är avgörande för skogsodlingens ekonomi är det av stor vikt att utveckla säkra och billiga förnygringsmetoder.

Hybridasp har visat sig vara ett starkt ekonomiskt alternativ vid skogsodling (Rytter m.fl., 2002). Plantorna för att etablera den första generationen är emellertid dyra (8-10 SEK/styck). Det har därför stor betydelse för odlingsekonomin om plantkostnaden kan reduceras. Haapala m.fl. (2004) har visat en framkomlig väg för hybridasp där man använder sig av grönsticklingar.

Byte av trädslag eller införande av förädlad material kan gynna alternativet att plantera, annars är självförnygring en billig metod där den går att använda.

Om förnygringen är viltbegärlig eller skadebenägen lönar sig sannolikt någon form av skydd, möjligen kan annat trädslag vara att föredra.

10.4. HÄNSYN OCH EKONOMI

Miljöhänsyn i skogsbruket tar en väsentlig del av produktionsutrymme. Därför är det viktigt att åtgärderna görs med hög miljönytta och till effektiv kostnad. Detta är också ett arbete som har intensifierats inom forskningen (Weslien & Gustafsson, 2004). Den mest kostnadskrävande delen av miljöhänsynen i produktionsbestånd brukar vara de kvarlämnade miljöträden, s.k. evighetsträd (Persson, 2000). Kostnaden för dessa kan delas upp i a) trädets eget rotvärde, b) förlorad produktionsyta för framtiden och, c) fördyrad skötsel av området kring evighetsträden (Persson, 2000, Rytter & Werner, 2000).

Rytter och Werner (2000) konstaterade att antalet träd som lämnas kvar efter avverkning för att stärka den biologiska mångfalden måste anpassas till beståndets slutförband. Ett bestämt antal träd per areal får

t.ex. betydligt allvarligare ekonomiska konsekvenser i ett ekbestånd än i ett björkbestånd. Det är rimligt att antalet kvarlämnade miljöträd anpassas till olika bestånds slutförband.

Eftersom miljöhänsynen har stor inverkan på fastighetens produktionskapacitet innebär en effektiv hantering att man koncentrerar miljöinsatserna (Persson, 2000). Om möjligt bör kvarlämnade miljöträd ställas i grupp och en bra modell är att förstärka kantzoner med kvarlämnade träd. Dessutom kan även andra hänsynsåtgärder kopplas till denna miljö. Modeller har presenterats som kombinerar produktionsekonomi och biodiversitet beroende på t.ex. val av trädslag och omloppstid (Lu & Buongiorno, 1993), men de har ännu inte kommit till bred praktisk användning i Skandinavien.

Rytter m.fl. (2004) har dock tagit fram ett beslutsstöd för hur lövträdsbestånd bäst kan introduceras på en fastighet beroende på markägarens mål med sitt skogsinnehav avseende skogsproduktion, biologisk mångfald, sociala hänsyn och kulturmiljövård. Beslutsstödet är ämnat att inom kort börja användas i det praktiska skogsbruket i södra och mellersta Sverige.

11. Slutsatser

1. Ekonomin avgörande

En avgörande faktor för de snabbväxande lövträdens framtid är deras ekonomi. Det framgår ur tabellerna 4–6 att de trädslag som kan anses vara aktuella under skandinaviska förhållanden i många fall uppvisar en tillväxt som är högre än vad vi kan förvänta oss i barrträdsodlingar. Framförallt kan vi på goda grunder anta att omloppstiderna blir korta vilket är en tung faktor för ekonomin om räntekraven är höga.

Produktionen i vissa odlingar av framförallt poppel och hybridasp ligger på samma nivå som man beräknar för praktiska energiskogsodlingar. Ofta nås hög tillväxt även utan tillförsel av gödselmedel. Det finns dock sannolikt en stor potential för att öka produktionen med gödsling. Man bedömer också att förädlingspotentialen för tillväxt, vitalitet och virkeskvalitet genomgående är hög för björk, asp och al.

Följaktligen visar upprättade ekonomiska kalkyler att det finns en god lönsamhet i odling av snabbväxande lövträd. Det finns även möjlighet att variera de sortiment som tas ut (biomassa för energiändamål, massaved, sågtimmer) beroende på hur den aktuella marknadsituationen ser ut, något som inte är möjligt i rena energiodlingar. Man kan också tänka sig en odling som kombinerar uttag av klen energived i ungdomen med normalt uttag av GROT, massaved och timmer under senare delen av omloppstiden. Ett sådant system är applicerbart på asp, hybridasp och gråal som alla skjuter rikligt med rotskott efter avverkning och därför omgående producerar stora mängder biomassa.

2. Uthållig produktion kräver näringskompensation

En viktig aspekt är de snabbväxande odlingarnas uthållighet. Eftersom uttaget av näring ofta överskrider de mängder som tillförs via vittring och deposition kommer man att bli tvungen att återföra de mängder som tas ut. Askåterföring är det kanske lämpligaste sättet för alla näringsämnen utom kväve. Då kväve nästan alltid är det tillväxtbegränsande näringsämnet kommer kvävegödsling antagligen att vara en vanlig produktionshöjande åtgärd eftersom depositionen inte kan kompensera för näringsuttaget vid ett helträdsutnyttjande.

3. Skaderisk i nivå med barrträd

Skador orsakade av vilt, insekter, svampar och klimat förekommer i all typ av skogsodling. De snabbväxande lövträden är inget undantag och det finns vissa skador som kan komma att bli allvarliga i framtiden. En hög viltstam med kraftig betning liksom vissa typer av svampangrepp är uppenbara exempel. Man kan dock inte påstå att de tre släkten som behandlats här är värre utsatta än andra trädslag. Därför finns det knappast någon anledning att på grund av skaderisker avstå från att anlägga odlingar av björk, asp eller al.

4. Bidrag till vår energiförsörjning

Kan då snabbväxande lövträd bidra till Sveriges energiförsörjning? Arealen med ren lövskog är liten i dag. Emellertid syftar såväl de nationella målen som certifieringsorganisationernas krav till att öka arealen av lövskogar. På så sätt har en ökning av lövträdsodlingarna ett starkt stöd. Dessutom är den framtida använd-

ningen av åkermark oviss, och här kan lövskogsplantering bli ett alternativ, precis som det varit i tidigare skeden.

Även om biobränsleuttaget ur lövplantagerna kanske aldrig kan få samma betydelse som GROT-uttag ur våra barrskogar så kan snabbväxande lövskogar åtminstone regionalt få stor betydelse för energiförsörjningen. Dessutom lider den svenska industrin brist på inhemsk råvara av lövträd, vilket borde medföra god avsättning för lövvirke om bara kvalitet och jämna virkesflöden kan säkerställas.

5. Bra för miljö och rekreation

Kan snabbväxande lövskog ge ett positivt tillskott till biodiversitet eller rekreation? Det anses allmänt att snabbväxande monokulturer är artfattigare än våra ”vanliga” skogar. Emellertid kan lövträd även i monokultur bidra till en ökad mångfald i de landskap där andelen skog är liten eller domineras av barrträd. I sådana fall bidrar de intensivt odlade lövskogarna till en ökad variation och mångfald i landskapet, dessutom kan de också komma att verka som buffertzoner eller länkar mellan värdefullare skogsområden.

12. Erkännande

Arbetet med att sammanställa den vetenskapliga och praktiska informationen om odling av snabbväxande lövträdsarter har finansierats av Energimyndigheten i Sverige.

Jag vill passa på att tacka kollegorna Egbert Beuker, Björn Elfving, Lars Helge Frivold, och Tord Johansson som bidragit med information och kunskap inom ämnesområdet för de olika nordiska länderna. Jag vill också tacka Lars-Göran Stener, Martin Werner och Kaj Rosén för värdefulla synpunkter på manuskriptet.

13. Litteratur

- Adegbidi, H.G., Volk, T.A., White, E.H., Abrahamson, L.P., Briggs, R.D. & Bickelhaupt, D.H. 2001. Biomass and nutrient removal by willow clones in experimental bioenergy plantations in New York State. *Biomass and Bioenergy* 20: 399-411.
- Alban, D.H. 1985. Seasonal changes in nutrient concentration and content of aspen suckers in Minnesota. *Forest Science* 31: 785-794.
- Alban, D.H., Perala, D.A. & Schlaegel, B.E. 1978. Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota. *Canadian Journal of Forest Research* 8: 290-299.
- Albrecht, J. 1987. Crack injuries on aspen and aspenhybrids. *Die Holzzucht* 41: 29-34. På tyska, engelsk sammanfattning.
- Albrektson, A. 1999. Det är ekonomiskt att röja. I: *Forskning för Familjeskogsbruk, en Antologi* (Lundell, S. & Persson, O., eds.), LRF Skogsägarna, s. 29-37.
- Albrektson, A. & Jäghagen, K. 1991. Aktuella skötselkalkyler. Åkerplantering - Föryngringsproblem - Kvalitetsröjning - Höggallring. SLU, Inst. f. skogsskötsel, Arbetsrapport Nr 53, Umeå, 53 s.
- Almgren, G. 1990. Lövskog - Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård. Skogsstyrelsen, Jönköping, 261 s.
- Anttonen, S., Piispanen, R., Ovaska, J., Mutikainen, P., Saranpää, P. & Vapaa-vuori, E. 2002. Effects of defoliation on growth, biomass allocation, and wood properties of *Betula pendula* clones grown at different nutrient levels. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 498-508.
- Aronsson, P.G., Bergström, L.F. & Elowson, S.N.E. 2000. Long-term influence of intensively cultured short-rotation willow coppice on nitrogen concentrations in groundwater. *Journal of Environmental Management* 58: 135-145.
- Attwill, P.M. & Adams, M.A. 1993. Nutrient cycling in forests. *New Phytologist* 124: 561-582.
- Auclair, D. & Bouvarel, L. 1992. Influence of spacing and short rotations on *Populus trichocarpa x deltoides* coppice. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 541-548.
- Augusto, L. & Ranger, J. 2001. Impact of tree species on soil solutions in acidic conditions. *Annals of Forest Science* 58: 47-58.
- Ballard, R. 1984. Fertilization of plantations. In: *Nutrition of Plantation Forests* (Bowen, G.D. & Nambiar, E.K.S., eds.), Academic Press, London, pp. 327-360.
- Bella, I.E. & Hunt, K. 1973. Kraft pulping of young trembling aspen from Manitoba. *Canadian Journal of Forest Research* 3: 359-366.
- Berg, S., Lundström, A. & Svensson, S.A. 1996. Lövträd i Sverige. Tillgångar och utnyttjande idag samt framtida utveckling i några områden. SLU, Umeå, 86 s.
- Bergez, J.-E., Auclair, D. & Bouvarel, L. 1989. First-year growth of hybrid poplar shoots from cutting or coppice origin. *Forest Science* 35: 1105-1113.
- Bergh, J., Linder, S. & Bergström, J. 1999a. Intensivodling av gran - en outnyttjad möjlighet. SLU, Fakta Skog Nr 2 1999, Uppsala, 4 s.
- Bergh, J., Linder, S., Lundmark, T., Elfving, B. 1999b. The effect of water and nutrient availability on the productivity of Norway spruce in northern and southern Sweden. *Forest Ecology and Management* 119: 51-62.
- Bergkvist, I. & Glöde, D. 2004. Stråkröjning - en metod med stor potential. Skogforsk, Resultat Nr 3 2004, Uppsala, 4 s.
- Bergström, R. & Glöde, D. 2004. Viltbete - smakar det så kostar det. Skogforsk, Redogörelse Nr 1, Uppsala, s. 53-58.
- Beuker, E. 2000. Aspen breeding in Finland, new challenges. *Baltic Forestry* 6: 81-84.
- Bevege, D.I. 1984. Wood yield and quality in relation to tree nutrition. In: *Nutrition of Plantation Forests* (Bowen, G.D. & Nambiar, E.K.S., eds.), Academic Press, London, pp. 293-326.
- Bhat, K.M. 1980. Variation in structure and selected properties of Finnish birch wood: I. Interrelationships of some structural features, basic density and shrinkage. *Silva Fennica* 14: 384-396.
- Binkley, D. 1981. Nodule biomass and acetylene reduction rates of red alder and sitka alder on Vancouver Island, B. C. *Canadian Journal of Forest Research* 11: 281-286.
- Binkley, D. 1995. The influence of tree species on forest soils: Processes and patterns. In: *Proceedings of the Trees and Soil Workshop* (Mead, D.J. & Cornforth, I.S., eds.), Lincoln Univ., 28 Feb - 2 March 1994, Agr. Soc. of New Zealand, Spec. Publ. No. 10, Lincoln Univ. Press, Canterbury, pp. 1-33.
- Björklund, T. & Ferm, A. 1982. Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder. *Folia Forestalia* 500: 1-37. På finska, engelsk sammanfattning.
- Bormann, B.T. & Gordon, J.C. 1989. Can intensively managed forest ecosystems be self-sufficient in nitrogen? *Forest Ecology and Management* 29: 95-103.
- Bowersox, T.W. & Ward, W.W. 1976. Growth and yield of close-spaced, young hybrid poplars. *Forest Science* 22: 449-454.
- Braastad, H. 1967. Produksjonstabeller for bjørk. *Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen* 22: 265-365.
- Braastad, H. 1977. Tilvekstmodellprogram for bjørk. Norsk Institutt for Skogforskning, Rapport 1/77, Ås, 17 s.
- Braastad, H. 1983. Forholdet mellom høydebonitet og produksjonsevne for gran, furu og bjørk på same voksested. Informasjonsmøte skogbruk 1983. Aktuelt fra Statens fagteneste for landbruket 1983(3): 50-59.
- Brandtberg, P.-O. 2001. Bjørk istället för vitaliseringsgödsling? SLU, Fakta Skog Nr 8 2001, Uppsala, 4 s.
- Braun, H.J. 1974. Rhythm and amount of growth, water consumption and water economy of tree species. *Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung* 145: 81-86. På tyska, engelsk sammanfattning.
- Brolin, A., Norén, A. & Ståhl, E.G. 1995. Wood and pulp characteristics of juvenile Norway spruce: A comparison between a forest and an agricultural stand. *Tappi Journal* 78: 203-214.
- Brown, K.R. & Van den Driessche, R. 2002. Growth and nutrition of hybrid poplars over 3 years after fertilization at planting. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 226-232.
- van den Burg, J. 1988. Bodenansprüche von Leuce-Pappeln. *Die Holzzucht* 42: 29-32.

- Bylund, N. & Rytter, L. 1997. Inventering av sågbart lövvirke i massavedsleveranser. SkogForsk, Arbetsrapport Nr 374, Uppsala, 7 s.
- Bärring, U. 1988. On the reproduction of aspen (*Populus tremula* L.) with emphasis on its suckering ability. Scandinavian Journal of Forest Research 3: 229-240.
- Børset, O. & Langhammer, A. 1966. Vekst og produksjon i bestand av gråor (*Alnus incana*). Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole 45.24: 1-35.
- Børset, O. & Langhammer, A. 1967. Et 10-årig plantefelt av *Populus trichocarpa* (Hook.) i Ås. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen 85(23): 41-65.
- Cameron, A.D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. Forestry 69: 357-371.
- Cameron, A.D. 2002. Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. Forestry 75: 25-35.
- Cameron, A.D., Dunham, R.A. & Petty, J.A. 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (*Betula pendula* Roth). Forestry 68: 275-285.
- Carnus, J.-M., Parrotta, J., Brockerhoff, E.G., Arbez, M., Jactel, H., Kremer, A., Lamb, D., O'Hara, K. & Walters, B. 2003. Planted forests and biodiversity. IUFRO Occasional Paper 15 Part II: 33-50.
- Ceulemans, R., Scarascia-Mugnozza, G., Wiard, B.M., Braatne, J.H., Hinckley, T.M., Stettler, R.F., Isebrands, J.G. & Heilman, P.E. 1992. Production physiology and morphology of *Populus* species and their hybrids grown under short rotation. I. Clonal comparisons of 4-year growth and phenology. Canadian Journal of Forest Research 22: 1937-1948.
- Christersson, L. 2002. Cultivation of American poplars and aspen in Sweden – Potentials and some results. In: IEA, Bioenergy: Task 17 Short-Rotation Crops for Energy Purpose (Christersson, L. & Kuiper, L., eds.). Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Rep. 70, Uppsala, pp. 36-39.
- Christersson, L. & Fircks, H.A. von 1984. Production losses in intensively cultivated energy plantations. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Ecol. & Environ. Res., Rep. 15, Uppsala, pp. 363-373.
- Christersson, L., Ramstedt, M. & Forsberg, J. 1992. Pests, diseases and injuries in intensive short-rotation forestry. In: Ecophysiology of Short Rotation Forest Crops (Mitchell, C.P., Ford-Robertson, J.B., Hinckley, T. & Sennerby-Forsse, L., eds.), Elsevier Appl. Sci., London, pp. 185-215.
- Christersson, L., Sennerby-Forsse, L. & Zuffa, L. 1993. The role and significance of woody biomass plantations in Swedish agriculture. The Forestry Chronicle 69: 687-693.
- Côté, B. & Camiré, C. 1984. Growth, nitrogen accumulation, and symbiotic dinitrogen fixation in pure and mixed plantings of hybrid poplar and black alder. Plant and Soil 78: 209-220.
- Czapowskyj, M.M. & Safford, L.O. 1993. Site preparation, fertilization, and 10-year yields of hybrid poplar on a clearcut forest site in eastern Maine, USA. New Forests 7: 331-344.
- Danell, K., Edenius, L. & Lundberg, P. 1991. Herbivory and tree stand composition: moose patch use in winter. Ecology 72: 1350-1357.
- Danell, Ö. & Werner, M. 1991. Svensk björkförädling – förväntade framsteg under första generationen. Inst. f. skogsförbättring, Rapport 22, Uppsala, 18 s.
- Daugaviete, M., Krūmiņa, M., Kāposts, V. & Lazdiņš, A. 2003. Farmland afforestation: the plantations of birch *Betula pendula* Roth. on different soils. Baltic Forestry 9: 9-21.
- DeBell, D.S. & Harrington, C.A. 2002. Density and rectangularity of planting influence 20-year growth and development of red alder. Canadian Journal of Forest Research 32: 1244-1253.
- DeBell, D.S., Singleton, R., Harrington, C.A. & Gartner, B.L. 2002. Wood density and fiber length in young *Populus* stems: relation to clone, age, growth rate, and pruning. Wood and Fiber Science 34: 529-539.
- Dik, E.J., Timmer, W., van den Burg, J. & Faber, P.J. 1987. Dry-matter production of shoots of five poplar clones in a four-year rotation on former agricultural land. Proc. IUFRO Proj. Grp P1.09.00, Integrated Research in Biomass for Energy, Ljubljana, Yugoslavia, 1986. Swed. Univ. Agric. Sci., Sect. Energy Forestry, Uppsala, pp. 97-101.
- Ehnström, B. 1989. Insektskadorna i skogen - förr och nu. SLU, Uppsala, Skogsfakta Konferens 12: 20-27.
- Einspahr, D.W. 1984. Production and utilization of triploid hybrid aspen. Iowa State Journal of Research 58: 401-409.
- Einspahr, D.W. & Wyckoff, G.W. 1975. Aspen hybrids promise future source of Lake States fiber. Pulp and Paper 49(12): 118-119.
- Einspahr, D.W. & Wyckoff, G. 1978. Growth response of hybrid aspen to intensive forest management. Tappi 61: 49-52.
- Elfving, B. 1986a. Odlingsvärdet av björk, asp och al på nedlagd jordbruksmark i Sydsverige. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5/86: 31-41.
- Elfving, B. 1986b. Ett försök med åkerplantering av hybridasp och gran nära Sundsvall. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 5/86: 43-45.
- Elfving, B. 1996. Hybridasp – ett miljövänligt produktionsalternativ. Skogseko 3/96: 10-11.
- Elowson, S. & Rytter, L. 1993. Spatial distribution of roots and root nodules and total biomass production in a grey alder plantation on sandy soil. Biomass and Bioenergy 5: 127-135.
- Enebak, S.A., Ostry, M.E., Wyckoff, G.W. & Li, B. 1996. Mortality of hybrid triploid aspen in Wisconsin and upper Michigan. Canadian Journal of Forest Research 26: 1304-1307.
- Energimyndigheten 2003. Energisituationen i Norden – nuläge, hotbilder och åtgärder. Energimyndigheten, Eskilstuna, 67 s.
- Ericsson, T. 1994. Nutrient cycling in energy forest plantations. Biomass and Bioenergy 6: 115-121.
- Ericsson, T. & Lindsjö, I. 1981. Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. SLU, Projekt ESO, Teknisk Rapport 11, Uppsala, 7 s.
- Ericsson, T., Rytter, L. & Linder, S. 1992. Nutritional dynamics and requirements of short rotation forests. In: Ecophysiology of Short Rotation Forest Crops (Mitchell, C.P., Ford-Robertson, J.B., Hinckley, T. & Sennerby-Forsse, L., eds.), Elsevier Appl. Sci., London, pp. 35-65.

- Eriksson, H. 1984. Yield of aspen and poplars in Sweden. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Ecol. & Environ. Res., Report 15, Uppsala, s. 393-419.
- Eriksson, H., Johansson, U. & Kiviste, A. 1997. A site-index model for pure and mixed stands of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 12: 149-156.
- Eriksson, L. 1991. Ekonomin vid åkermarksbeskogning. SLU, SIMS, Rapport Nr 17, Uppsala, 141 s.
- Eriksson, L. 1999. Det lönar sig att gallra rätt! I: Forskning för Familjeskogsbruk, en Antologi (Lundell, S. & Persson, O., eds.), LRF Skogsägarna, s. 53-66.
- Eriksson, P. & Rytter, L. 2000. Bränsleuttag med drivare – ett alternativ till sen röjning i lövbestånd. SkogForsk, Resultat Nr 4 2000, Uppsala, 4 s.
- FAO 1991. Forest Products Yearbook, FAO, Rome.
- FAO 2001. State of the World's Forests. FAO Forestry Department, Rome, 173 pp.
- FAO 2003. State of the World's Forests. FAO Forestry Department, Rome, 155 pp.
- Ferm, A. 1985. Variation in the water content and basic density of small-sized pubescent birch (*Betula pubescens*) stems on peatland. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 206: 19-39. På finska, engelsk sammanfattning.
- Ferm, A. 1990. Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland. Folia Forestalia 744: 1-17. På finska, engelsk sammanfattning.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia Forestalia 558: 1-32. På finska, engelsk sammanfattning.
- Fernandez, M.P., Breuil, C. & Watson, P.A. 2002. Natural clonal variation of wood extractives in *Populus tremuloides*. Canadian Journal of Forest Research 32: 1192-1199.
- Flower-Ellis, J.G.K. & Olsson, L. 1981. Wood density and the weight and proportion of bark in current shoots of *Salix* clones. Swed. Univ. Agric. Sci., Energy Forestry Project, Technical Report 18, Uppsala, 31 pp.
- Frank, J. 1994. Effekter på jordforsuringen av mer lauvtær i skogene i Sør-Norge. Aktuelt fra Skogforsk 4-94, NISK, Ås, s. 75-93.
- Freer-Smith, P.H. & Kennedy, F. 2003. Base cation removal in harvesting and biological limit terms for use in the simple mass balance equation to calculate critical loads for forest soils. Water, Air, and Soil Pollution 145: 409-427.
- Fries, J. 1964. Vårtbjörkens produktion i Svealand och södra Norrland. Studia Forestalia Suecica 14: 1-227.
- Frivold, L.H. 1994. Trær i Kulturlandskapet. Landbruksforlaget, Oslo, 224 s.
- Frivold, L.H. & Borchgrevink, I. 1981. Biomasseproduksjon av lavlandsbjørk (*Betula verrucosa* Ehrh.) i en 6-årig forsøksplantering i Ås, Norge. Meldinger fra Norges Landbruks-høgskole 60.12: 1-16.
- Fällman, K., Ligné, D., Karlsson, A. & Albrektson, A. 2003. Stem quality and height development in a *Betula*-dominated stand seven years after precommercial thinning at different stump heights. Scandinavian Journal of Forest Research 18: 145-154.
- Genssler, H. 1986. 50 years of poplar cultivation in the forest district of the Arenberg-Nordkirchen GmbH – an economic and ecological review. Die Holzzucht 40: 21-26. På tyska med engelsk sammanfattning.
- Geyer, W.A. 1981. Growth, yield, and woody biomass characteristics of seven short-rotation hardwoods. Wood Science 13: 209-215.
- Gorham, E. 1979. Shoot height, weight and standing crop in relation to densing of monospecific plant stands. Nature 279: 148-150.
- Granhall, U. & Verwijst, T. 1994. Grey alder (*Alnus incana*) - a N₂-fixing tree suitable for energy forestry. In: Biomass for Energy and Industry (Hall, D.O., Grassi, G. & Scheer, H., eds.), 7th EC Conf., Ponte Press, Bochum, Germany, pp. 409-413.
- Haapala, T., Pakkanen, A. & Pulkkinen, P. 2004. Variation in survival and growth of cuttings in two clonal propagation methods for hybrid aspen (*Populus tremula* x *P. tremuloides*). Forest Ecology and Management 193: 345-354.
- Hagqvist, R. & Hahl, J. 1998. Genetic gain provided by seed orchards of silver birch in southern and central Finland. Reports from the Foundation for Forest Tree Breeding 13: 1-32.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 61.5: 1-98.
- Hakkila, P. 1971. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder (*Alnus incana*). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 71.5: 1-32.
- Hallgren Larsson, E., Knulst, J., Malm, G. & Westling, O. 1995. Deposition of acidifying compounds in Sweden. Water, Air and Soil Pollution 85: 2271-2276.
- Hansen, E.A. & Baker, J.B. 1979. Biomass and nutrient removal in short rotation intensively cultured plantations. Proc. Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling, State Univ. N. Y., Syracuse, pp. 130-151.
- Hansen, E.A., McLaughlin, R.A. & Pope, P.E. 1988. Biomass and nitrogen dynamics of hybrid poplar on two different soils: implications for fertilization strategy. Canadian Journal of Forest Research 18: 223-230.
- Hansen, E., Heilman, P. & Strobl, S. 1992. Clonal testing and selection for field plantations. In: Ecophysiology of Short Rotation Forest Crops (Mitchell, C.P., Ford-Robertson, J.B., Hinckley, T. & Sennerby-Forsse, L., eds.), Elsevier Appl. Sci., London, pp. 124-145.
- Hansson, P. & Palmér, C.H. 1990. Självföryngring av hybridasp. Inst. f. skogsförbättring, Information Skogsträdsförädling Nr 3 1989/90, Uppsala, 4 s.
- Hansson, P.-A., Svensson, S.-E., Hallefält, F. & Diedrichs, H. 1999. Nutrient and cost optimization of fertilizing strategies for *Salix* including use of organic waste products. Biomass and Bioenergy 17: 377-387.
- Harrington, C.A. & DeBell, D.S. 1984. Effects of irrigation, pulp mill sludge, and repeated coppicing on growth and yield of black cottonwood and red alder. Canadian Journal of Forest Research 14: 844-849.
- Hasselgren, K. 2001. Utnyttjande av kommunala restprodukter i *Salix*-odling. Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 111: 73-83.

- Haugberg, M. 1958. Produksjonsoversikter for osp. Foreløpig rapport. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen 15: 143-186.
- Heilman, P. & Stettler, R.F. 1983. Phytomass production in young mixed plantations of *Alnus rubra* (Bong.) and cottonwood in western Washington. Canadian Journal of Microbiology 29: 1007-1013.
- Heilman, P. & Stettler, R.F. 1990. Genetic variation and productivity of *Populus trichocarpa* and its hybrids. IV. Performance in short-rotation coppice. Canadian Journal of Forest Research 20: 1257-1264.
- Heilman, P. & Xie, F. 1993. Influence of nitrogen on growth and productivity of short-rotation *Populus trichocarpa* x *Populus deltoides* hybrids. Canadian Journal of Forest Research 23: 1863-1869.
- Heilmann, B., Makeschin, F. & Rehfuess, K.E. 1995. Phytosociological investigations in a fast growing plantation of poplars and willows on former arable land. Forstwissenschaftliches Centralblatt 114: 16-29. På tyska, engelsk sammanfattning.
- Heiskanen, V. 1958. Studies on pruning of birch. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 49.3: 1-68. På finska, engelsk sammanfattning.
- Hendrickson, O.Q., Fogal, W.H. & Burgess, D. 1991. Growth and resistance to herbivory in N₂-fixing alders. Canadian Journal of Botany 69: 1919-1926.
- Hennessey, T.C., Lorenzi, E.M. & McNew, R.W. 1988. Stomatal conductance and growth of five *Alnus glutinosa* clones in response to controlled water stress. Canadian Journal of Forest Research 18: 421-426.
- Hinckley, T.M., Ceulemans, R., Dunlap, J.M., Figliola, A., Heilman, P.E., Isebrands, J.G., Scarascia-Mugnozza, G., Schulte, P.J., Smit, B., Stettler, R.F., Van Volkenburgh, E. & Wiard, B.M. 1989. Physiological, morphological and anatomical components of hybrid vigor in *Populus*. In: Structural and Functional Responses to Environmental Stresses (Kreeb, K.H., Richter, H. & Hinckley, T.M. eds.), SPB Acad. Publ., The Hague, pp 199-217.
- Hjältén, J. & Palo, T. 1992. Selection of deciduous trees by free ranging voles and hares in relation to plant chemistry. Oikos 63: 477-484.
- Hubbes, M. 1983. A review of the potential diseases of *Alnus* and *Salix* in energy plantations. FE/IEA, PG'B' Biomass Growth and Production, Rep. 5, Univ. Toronto, 35 pp.
- Hubbes, M. 1988. Methods of biotechnology for development of disease-resistant plant material for energy plantations. Proc. IEA Joint Workshop Willow Breeding and Biotechnology Development, Long Ashton Res. Stn., Bristol, UK, 28 Sep - 6 Oct 1988, pp. 93-104.
- Huss-Danell, K. 1980. Nitrogen fixation and biomass production in clones of *Alnus incana*. New Phytologist 85: 503-511.
- Hytönen, J. 1995. Effect of fertilizer treatment on the biomass production and nutrient uptake of short-rotation willow on cut-away peatlands. Silva Fennica 29: 21-40.
- Hytönen, J. & Issakainen, J. 2001. Effect of repeated harvesting on biomass production and sprouting of *Betula pubescens*. Biomass and Bioenergy 20: 237-245.
- Hytönen, J., Saarsalmi, A. & Rossi, P. 1995. Biomass production and nutrient uptake of short-rotation plantations. Silva Fennica 29: 117-139.
- Högbom, L. & Berg, S. 2003. Åt skogen med groten? Skog & Forskning 3/2003: 16-19.
- Höglind, E. & Nilsson, T. 1989. Inverkan av al på markegenskaper och samplanterade granars utveckling på en torvmark. SLU, Inst. f. skoglig marklära, Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära 61, Uppsala, 40 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.
- Ingestad, T. 1991. Nutrition and growth of forest trees. Tappi Journal 74: 55-62.
- Jacobson, S. 2001. Fertilization to increase and sustain tree growth in coniferous stands in Sweden. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 217 Diss., Uppsala, 34 pp.
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2001. Growth responses following nitrogen and N-P-K-Mg additions to previously N-fertilized Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in Sweden. Canadian Journal of Forest Research 31: 899-909.
- Jacobson, S. & Pettersson, F. 2003. Ny vår för skogsgödslingen? Skogforsk, Resultat Nr 23 2003, Uppsala, 6 s.
- Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. Forest Ecology and Management 129: 41-51.
- Jakobsen, B. 1976. Hybridasp (*Populus tremula* L. x *Populus tremuloides* Michx.). Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 34: 317-338.
- Johansson, T. 1992a. Production of forest fuelwood in hardwood stands growing on former farmland. In: Forest Energy Production from Conventional Forestry Systems on a Small Scale (Johansson, T., ed.), Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. For. Yield Res., Report No. 33, pp. 27-35.
- Johansson, T. 1992b. Sprouting of 10- to 50-year-old *Betula pubescens* in relation to felling time. Forest Ecology and Management 53: 283-296.
- Johansson, T. 1996a. Site index curves for European aspen (*Populus tremula* L.) growing on forest land of different soils in Sweden. Silva Fennica 30: 437-458.
- Johansson, T. 1996b. Management of birch forest. Norwegian Journal of Agricultural Sciences, Suppl. 24: 7-20.
- Johansson, T. 1999a. Biomass production of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) growing on abandoned farmland. Silva Fennica 33: 261-280.
- Johansson, T. 1999b. Dry matter amounts and increment in 21- to 91-year-old common alder and grey alder and some practical implications. Canadian Journal of Forest Research 29: 1679-1690.
- Johansson, T. 1999c. Biomass equations for determining fractions of *pendula* and *pubescent* birches growing on abandoned farmland and some practical implications. Biomass and Bioenergy 16: 223-238.

- Johansson, T. 1999d. Biomass equations for determining fractions of European aspen growing on abandoned farmland and some practical implications. *Biomass and Bioenergy* 17: 471-480.
- Johansson, T. 1999e. Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 441-453.
- Johansson, T. 2002. Increment and biomass in 26- to 91-year-old European aspen and some practical implications. *Biomass and Bioenergy* 23: 245-255.
- Johnsson, H. 1953. Hybridaspens ungdomsutveckling och ett försök till framtidsprognos. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 51: 73-96.
- Johnsson, H. 1976. Das Produktionspotential der Hybridaspe (*Populus tremula x tremuloides*) in Südschweden. *Die Holzzucht* 11/76: 19-22.
- Jonsson, S. & Möller, G. 1975. Björkens reaktion på kvävegödsling. *Föreningen Skogsträdsförädling & Institutet för Skogsförbättring, Årsbok 1975*, Uppsala, s. 103-144.
- Jug, A., Hofmann-Schielle, C., Makeschin, F. & Rehfuess, K.E. 1999. Short-rotation plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the Federal Republic of Germany. II. Nutritional status and bioelement export by harvested shoot axes. *Forest Ecology and Management* 121: 67-83.
- Jäghagen, K. 1999. *Kalkylhandbok*. SLU, Umeå, 50 s.
- Karacic, A., Verwijst, T. & Weih, M. 2003. Above-ground woody biomass production of short-rotation *Populus* plantations on agricultural land in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 427-437.
- Karlsson, A. 1996. Site preparation of abandoned fields and early establishment of naturally and direct-seeded birch in Sweden. *New Forests* 23: 159-175.
- Karlsson, A. 2002. Site preparation of abandoned fields and early establishment of planted small-sized seedlings of silver birch. *New Forests* 23: 159-175.
- Karlsson, A. & Albrektson, A. 2001. Height development of *Betula* and *Salix* species following pre-commercial thinning through breaking the tops of secondary stems: 3-year results. *Forestry* 74: 41-51.
- Karlsson, A., Albrektson, A. & Sonesson, J. 1997. Site index and productivity of artificially regenerated *Betula pendula* and *Betula pubescens* stands on former farmland in southern and central Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 256-263.
- Karlsson, A., Albrektson, A., Forsgren, A. & Svensson, L. 1998. An analysis of successful natural regeneration of downy and silver birch on abandoned farmland in Sweden. *Silva Fennica* 32: 229-240.
- Karlsson, K. & Holm, S. 2002. Industrial aspen plantations in Finland. In: *Aspen in Papermaking* (Pulkkinen, P., Tigerstedt, P.M.A. & Viirros, R., eds.), University of Helsinki, Dept. Applied Biology, Publications 5, pp. 5-8.
- Kjeldsen, J.B. 2002a. Utilisation of biomass for energy in Denmark. In: *IEA, Bioenergy: Task 17 Short-Rotation Crops for Energy Purpose* (Christersson, L. & Kuiper, L., eds.). Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Rep. 70, Uppsala, pp. 28-32.
- Kjeldsen, J.B. 2002b. How are energy crops introduced to farmers and the energy sector in Denmark. In: *IEA, Bioenergy: Task 17 Short-Rotation Crops for Energy Purpose* (Christersson, L. & Kuiper, L., eds.). Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Rep. 70, Uppsala, pp. 72-76.
- Kleinschmit, J. 2000. Tree breeding and plantations in Europe: A regional situation report. IUFRO WP 2.02.00 & 2.08.00 meeting in Kuala Lumpur, Malaysia, Aug. 2000, 9 pp.
- Korsmo, H. 1995. Weight equations for determining biomass fractions of young hardwoods from natural regenerated stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 333-346.
- Koivisto, P. 1959. Growth and yield tables. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 51.8: 1-49. På finska, engelsk sammanfattning.
- Kozłowski, T.T. 1986. Soil aeration and growth of forest trees (review article). *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 113-123.
- Kozłowski, T.T. 1999. Soil compaction and growth of woody plants. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 596-619.
- Krott, M. & Nilsson, K. (eds.) 1998. Multiple-use of Town Forests in International Comparison. IUFRO, Proc. of the 1st European Forum on Urban Forestry, Working Group S.6.14.00, Wuppertal, Germany, 198 pp.
- Kullberg, Y. & Bergström, R. 2001. Winter browsing by large herbivores on planted deciduous seedlings in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 371-378.
- Kärkkäinen, M. 1982. Results on sawing pruned pines. *Folia Forestalia* 520: 1-19. På finska, engelsk sammanfattning.
- Labrecque, M., Teodorescu, T.I. & Daigle, S. 1995. Effect of wastewater sludge on growth and heavy metal bioaccumulation of two *Salix* species. *Plant and Soil* 171: 303-316.
- Lagerberg, T. 1972. *Kompendium i Träd-kännedom*. II. Lövträd & Växtgeografi. Omarb. av H. Sjors, Skogshögskolans kompendiekommitté, Stockholm, 111 s.
- Langhammer, A. 1973. Et forsøk med hybridosp i Norge. *Meldinger fra Norges landbrukshøgskole* 52(9): 1-36.
- Larsson, S. 1983. Effects of artificial defoliation on stem growth in *Salix smithiana* grown under intensive culture. *Acta (Ecologica/Ecologia Applicata* 4: 343-349.
- Larsson, S. 1989. Risken för insektsangrepp på stressade träd. *SLU, Uppsala, Skogsfakta Konferens* 12: 43-48.
- Larsson, S. 2001. Förädling av *Salix*. *Sveriges Utsädesförenings Tidskrift* 111: 91-97.
- Larsson, S., Wirén, A., Lundgren, L. & Ericson, T. 1986. Effects of light and nutrient stress on leaf phenolic chemistry in *Salix dasyclados* and susceptibility to *Galerucella lineola* (Coleoptera). *Oikos* 47: 205-210.
- Laureysens, I., Bogaert, J., Blust, R. & Ceulemans, R. 2004. Biomass production of 17 poplar clones in a short-rotation coppice culture on a waste disposal site and its relation to soil characteristics. *Forest Ecology and Management* 187: 295-309.

- Ledin, S. 1996. Soil characteristics and production potential of willow on farmland. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Rep. 57, Uppsala, pp. 25-31.
- Lee, D.K. 1988. Leaf biomass yield and coppice growth of poplar hybrids. Swed. Univ. Agric. Sci., Energy For. Proj., Rep. 44, Uppsala, 21 pp.
- Libäck, K. 1988. Björkodlingens ekonomi. STFI-Meddelande D320, STFI, Stockholm, s. 66-70.
- Liesebach, M., von Wuehlisch, G. & Muhs, H.-J. 1999. Aspen for short-rotation coppice plantations on agricultural sites in Germany: Effects of spacing and rotation time on growth and biomass production of aspen progenies. *Forest Ecology and Management* 121: 25-39.
- Linder, S. 1995. Foliar analysis for detecting and correcting nutrient imbalances in Norway spruce. *Ecological Bulletins* 44: 178-190.
- Lindkvist, L. 2000. Aska från biobränsle. Produktions- och kvalitetsaspekter beträffande näringskompensation och vitalisering av skogsmark. Skogsstyrelsen, Rapport 5/2000, Jönköping, 31 s.
- Lindroth, A. & Halldin, S. 1988. Vattenförbrukning och bevattningsbehov vid energiskogsodling i Götaland och Svealand. *Vatten* 44: 44-53.
- Lindroth, S. & Åkerblom, K. 1984. Arealer för energiskogsbruk i Sverige. SLU, Inst f skogstaxering, Rapport 36, Umeå, 134 s.
- Ljunger, Å. 1959. Al och alförädling. *Sko-gen* 5: 1-7.
- Ljunger, Å. 1972. Artkorsning och polyploidförädling inom släktet *Alnus*. Skogshögskolan, Lic. avhandling, Stockholm, 67 s.
- Lothner, D.C. 1986. Dollars and sense: Fertilization of intensively cultured plantations. IEA/ENFOR/OMNR Joint Rep. 1986:2, IEA, OMN and ENFOR, pp. 99-109.
- Lu, E.-Y. & Sucoff, E.I. 2001. Responses of *Populus tremuloides* seedlings to solution pH and calcium. *Journal of Plant Nutrition* 24: 15-28.
- Lu, H.-C. & Buongiorno, J. 1993. Long- and short-term effects of alternative cutting regimes on economic returns and ecological diversity in mixed-species forests. *Forest Ecology and Management* 58: 173-192.
- Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. 2003. Root egress and field performance of actively growing *Betula pendula* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 133-144.
- Löhmus, K., Mander, Ü., Tullus, H. & Keebus, K. 1996. Productivity, buffering capacity and resources of grey alder forests in Estonia. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Rep. 57, Uppsala, pp. 95-105.
- Lönner, G. & Parikka, M. 1989. Economic potential of intensively cultivated energy forests in Sweden. In: *Modelling of Energy Forestry* (Perttu, K.L. & Kowalik, P.J., eds.), Pudoc, Wageningen, pp. 165-180.
- Lövblad, G. 2000. Nitrogen deposition now and in the future. In: *Effects of Nitrogen Deposition on Forest Ecosystems* (Bertills, U. & Näsholm, T., eds.), Swedish Environmental Protection Agency, Report 5067, Stockholm, pp. 21-28.
- MacPherson, D.M., Liefers, V.J. & Blenis, P.V. 2001. Productivity of aspen stands with and without a spruce understory in Alberta's boreal mixedwood forests. *The Forestry Chronicle* 77: 351-356.
- Makeschin, F., Rehfuess, K.E., Rüschi, I. & Schörry, R. 1989. Anbau von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb auf ehemaligem Acker: Standortliche Voraussetzungen Nährstoffversorgung, Wuchsleistung und bodenökologische Auswirkungen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 108: 125-143.
- Malm, D. & Möller, G. 1974. Skillnader i volymtillväxtökning efter gödsling med urea resp ammoniumnitrat. Föreningen Skogsträdsförädling & Institutet för Skogsförbättring, Årsbok 1974, Uppsala, s. 46-74.
- Malmgren, K.R. 2003. Avverkningen slår i taket. *Skogseko* Nr 3 2003: 4-5.
- Manion, P.D. & Griffin, D.H. 1986. Sixty-five years of research on *Hypoxylon* canker of aspen. *Plant Disease* 70: 803-808.
- Mann, L.K., Johnson, D.W., West, D.C., Cole, D.W., Hornbeck, J.W., Martin, C.W., Riekerk, H., Smith, C.T., Swank, W.T., Tritton, L.M. & Van Lear, D.H. 1988. Effects of whole-tree and stem-only clearcutting on postharvest hydrologic losses, nutrient capital, and regrowth. *Forest Science* 34: 412-428.
- Manner, A. 2004. Värmeföretagen blev fler. *Skogsbruket* 1-2004: 22-23.
- Marshall, J.D. & Zhang, J. 1994. Carbon isotope discrimination and water-use efficiency in native plants of the North Central Rockies. *Ecology* 75: 1887-1895.
- Mattsson, S. 1997. Sammanställning av tillgångar, produktion och förbrukning av trädbränslen. SkogForsk, Arbetsrapport Nr 370, Uppsala, 12 s.
- Mattsson-Turku, G. 2003. Industrin vill ha asp. *Skogsbruket* 10-2003: 22-23.
- Mátyás, C. & Peszlen, I. 1997. Effect of age on selected wood quality traits of poplar clones. *Silvae Genetica* 46: 64-72.
- van der Meiden, H.A. & Kolster, H.W. 1981. Biomass production with poplar. In: *Energy From Biomass, 1st E.C. Conference* (Palz, W., Chartier, P. & Hall, D.O., eds.), Applied Science Publishers Ltd, London, pp. 193-197.
- Metsämänt 2001. Efterfrågan på aspvirke ökar. *Skogsbruket* 11-2001: 26-27.
- Mejnartowicz, L. 1982. Morphology and growth of *Alnus incana* x *glutinosa* F1 hybrids. *Arboretum Kórnickie* 26: 15-29.
- Miettinen, L. 1932. Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserenlenbestände. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 18.1: 1-100. På finska, tysk sammanfattning.
- Miljödepartementet 2000. Svenska miljömål – delmål och åtgärdsstrategier. Regeringens proposition 2000/01:130, Regeringskansliet, Stockholm, 255 s.
- Miljöministeriet 2003. Skov og nature i tal 2003. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, København, 28 s.
- Miller, G.W. 2000. Effect of crown growing space on the development of young hardwood crop trees. *Northern Journal of Applied Forestry* 17: 157-167.
- Miller, H.G. 1983. Nutrient cycling in alder. IEA Report NE 1983:2, National Swedish Board for Energy Source Development, Stockholm, 54 pp.
- Miller, H.G. 1995. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. *Plant and Soil* 168-169: 225-232.

- Mitchell, C.P., Sennerby-Forsse, L. & Zsuffa, L. 1988. Biomass qualities and potential for genetic improvement in poplars and willows. *Biomass* 17: 21-37.
- Moffat, A.J., Armstrong, A.T. & Ockleston, J. 2001. The optimisation of sewage sludge and effluent disposal on energy crops of short rotation hybrid poplar. *Biomass and Bioenergy* 20: 161-169.
- Mohn, C.A. & Randall, W.K. 1971. Inheritance and correlation of growth characters in *Populus deltoides*. *Silvae Genetica* 20: 182-184.
- Morrison, I.K. 2003. Biomass growth and element uptake by young trembling aspen in relation to site treatments in Northern Ontario, Canada. *Biomass and Bioenergy* 24: 351-363.
- Mäkinen, H. 2002. Effect of stand density on the branch development of silver birch (*Betula pendula* Roth) in central Finland. *Trees* 16: 346-353.
- Mälkönen, E. 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 91.5, 35 pp.
- Mälkönen, E. 2000. Importance of forests in Finland. In: *Forest Condition in a Changing Environment – The Finnish Case* (Mälkönen, E., ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-4.
- Mälkönen, E. & Saarsalmi, A. 1982. Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands. *Folia Forestalia* 534: 1-17. På finska, engelsk sammanfattning.
- Möller, G. 1983. Praktiska gödslingsförsök. SLU, Garpenberg, Skogsfakta, Supplement Nr 2: 57-64.
- Möller, G. & Rytterstedt, P. 1974. Gödslingseffektens varaktighet och förlopp hos tall och gran. *Föreningen Skogs-trädsförädling & Institutet för Skogs-förbättring*, Årsbok 1974, Uppsala, s. 75-97.
- Møller, I.S. & Ingerslev, M. 2001. The need for and effects of wood-ash application in Danish forests. In: *Environmental consequences of recycling wood-ash to forests* (Högbom, L. & Nohrstedt, H.-Ö., eds.), SkogForsk, Report No. 2, Uppsala, pp. 6-8.
- Nagoda, L. 1968. Volumvekt og vanninnhold hos gråor (*Alnus incana*). *Meldinger fra Norges Landbruks-høgskole* 47(13), Ås, 9 s.
- Nagoda, L. 1981. Fysiske egenskaper hos osp (*Populus tremula* L.). *Meldinger fra Norges Landbruks-høgskole* 60(7), Ås, 192 s.
- Naturvårdsverket 2003. *Natura 2000 i Sverige – Handbok med allmänna råd*. Naturvårdsverket, Handbok 2003:9, Stockholm, 87 s.
- Nelson, L.E., Switzer, G.L. & Lockaby, B.G. 1987. Nutrition of *Populus deltoides* plantations during maximum production. *Forest Ecology and Management* 20: 25-41.
- Nepveu, G. & Velling, P. 1983. Individual genetic variability of wood quality in *Betula pendula*. *Folia Forestalia* 575: 1-21. På finska, engelsk sammanfattning.
- Niemistö, P. 1991. Growing density and thinning models for *Betula pubescens* stands on peatland in northern Finland. *Folia Forestalia* 782: 1-36. På finska, engelsk sammanfattning.
- Niemistö, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the growth and yield of silver birch (*Betula pendula*). *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 245-255.
- Niemistö, P. 1996. Yield and quality of planted silver birch (*Betula pendula*) in Finland – Preliminary review. *Norwegian Journal of Agricultural Science, Suppl.* 24: 51-59.
- Nieuwenhuis, M. & Barrett, F. 2002. The growth potential of downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.)) in Ireland. *Forestry* 75: 75-87.
- Nilsen, P. 2001. Bioenergy from forests in Norway – status and future research challenges. In: *Environmental consequences of recycling wood-ash to forests* (Högbom, L. & Nohrstedt, H.-Ö., eds.), SkogForsk, Report No 2 2001, Uppsala, pp. 9-10.
- Nilsson, L.O. & Wasielewski, D. 1987. Influence of fertilization in a natural *Populus tremula* stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 343-348.
- Nohrstedt, H.-Ö. & Bertills, U. 2000. Critical loads. In: *Effects of Nitrogen Deposition on Forest Ecosystems* (Bertills, U. & Näsholm, T., eds.), Swedish Environmental Protection Agency, Report 5067, Stockholm, pp. 105-114.
- Näsholm, T., Nohrstedt, H.-Ö., Kårén, O., Kytö, M. & Björkman, C. 2000. How are forest trees affected? In: *Effects of Nitrogen Deposition on Forest Ecosystems* (Bertills, U. & Näsholm, T., eds.), Swedish Environmental Protection Agency, Report 5067, Stockholm, pp. 53-75.
- Oikarinen, M. 1983. Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113: 1-28. På finska, engelsk sammanfattning.
- Olson, J.R., Jourdain, C.J. & Rousseau, R.J. 1985. Selection for cellulose content, specific gravity, and volume in young *Populus deltoides* clones. *Canadian Journal of Forest Research* 15: 393-396.
- Olsson, M. 1996. Långsiktiga näringsbalanser vid uttag av skogsbränsle. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 135(13): 37-44.
- Opdahl, H. 1992. Bonitet, vekst og produksjon hos osp (*Populus tremula* L.) i Sør-Norge. *Meddelelser fra Skogforsk* 44.11: 1-44.
- Opdahl, H. & Veidahl, A. 1993. Gråor – produksjon og økonomi. *Aktuelt fra Skogforsk* 5/93, Ås, Norge, s. 7-10.
- Ostry, M.E. 1988. Application of biotechnology for the development of disease-resistant poplars. In: *Proc. IEA/BA Task II Workshop*, Uppsala, Sweden, 1987 (Lin, D., Hubbes, M. & Zsuffa, L., eds.), IEA/BA - Task II, Inf. Rep. 88:1, pp. 13-27.
- Ovington, J.D. & Madgwick, H.A.I. 1959a. The growth and composition of natural stands of birch. 1. Dry-matter production. *Plant and Soil* 10: 271-283.
- Ovington, J.D. & Madgwick, H.A.I. 1959b. The growth and composition of natural stands of birch. 2. The uptake of mineral nutrients. *Plant and Soil* 10: 389-400.
- Pallardy, S.G. & Kozlowski, T.T. 1981. Water relations of *Populus* clones. *Ecology* 62: 159-169.
- Palmgren, K., Saarsalmi, A. & Weber, A. 1985. Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones. *Silva Fennica* 19: 407-420.

- Pankuch, J.M., Blenis, P.V., Lieffers, V.J. & Mallett, K.I. 2003. Fungal colonization of aspen roots following mechanical site preparation. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 2372-2379.
- Pape, R. 2000. Sågbart virke av björk och asp i massaveden. Projekt Al, Asp, Björk, Mellanskog, 6 s.
- Parfitt, R.I. & Stott, K.G. 1987. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium levels on the productivity of 13 willow clones. In: *Biomass for Energy and Industry* (Grassi, G., Delmon, B., Molle, J.-F. & Zibetta, H., eds.), Proc. 4th EC Conf., Orleans, France, pp 546-550.
- Parikka, M. 2000. Biosims – a method for the calculation of woody biomass for fuel in Sweden. *Ecological Engineering* 16: S73-S82.
- PEFC. 2002. System för certifiering av skogsbruk och virkesflöde – Tekniskt dokument. Pan European Forest Certification, PEFC/05-1-1, Stockholm, 16 s.
- Peltola, A. (ed.) 2002. Finnish Statistical Yearbook of Forestry. Metla, SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2003:45, Helsinki, 388 s.
- Perala, D.A. 1979. Regeneration and productivity of aspen grown on repeated short rotations. USDA Forest Service, Research Paper NC-176, North Central Forest Experiment Station, St Paul, MN, 7 pp.
- Perala, D.A., Host, G.E., Jordan, J.K. & Cieszewski, C.J. 1996. A multi-product growth and yield model for the circumboreal aspens. *Northern Journal of Applied Forestry* 13: 164-170.
- Perry, D.A. 1985. The competition process in forest stands. In: *Attributes of Trees as Crop Plants* (Cannell, M.G.R. & Jackson, J.E., eds.), Titus Wilson & Son, Kendal, Cumbria, pp. 481-506.
- Persson, O. (red.) 2000. Lönsamt Familjeskogsbruk. Skogsgårdens ekonomi och framtidsfrågor. LRF Skogsägarna, 163 s.
- Persson, T. & Rytter, L. 1998. Sågutbyten och trädvården hos björk, ek och klibbal – röjda och gallrade bestånd i södra Sverige. SkogForsk, Arbetsrapport Nr 397, Uppsala, 15 s.
- Perttu, K.L. 1993. Biomass production and nutrient removal from municipal wastes using willow vegetation filters. *Journal of Sustainable Forestry* 1: 57-70.
- Perttu, K. 1996. Willow vegetation filters: principles, results and economy. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Report 57, Uppsala, pp. 149-157.
- Petrini, S. 1945. Tre försöksytor i aspskog. *Meddelanden från Statens Skogsför-söksanstalt* 34: 309-325.
- Pinkard, E.A. 2003. Physiological and growth responses related to pattern and severity of green pruning in young *Eucalyptus globulus*. *Forest Ecology and Management* 182: 231-245.
- Pitt, D., Weingartner, D. & Greifenhagen, S. 2001. Precommercial thinning of trembling aspen in northern Ontario: Part 2 – Interactions with *Hypoxylon* canker. *The Forestry Chronicle* 77: 902-910.
- Pontailier, J.Y., Ceulemans, R. & Guittet, J. 1999. Biomass yield of poplar after five 2-year coppice rotations. *Forestry* 72: 157-163.
- Populus 1991. Plantera skog på åker – ett lönsamt alternativ!? *Populus Handelsbolag, Kristianstad*, 4 s.
- Prégent, G. & Camiré, C. 1985. Biomass production by alders on four abandoned agricultural soils in Québec. *Plant and Soil* 87: 185-193.
- Prittinen, K., Pusenius, J., Koivunoro, K. & Roininen, H. 2003. Genotypic variation in growth and resistance to insect herbivory in silver birch (*Betula pendula*) seedlings. *Oecologia* 137: 572-577.
- Radwan, M.A. 1987. Effects of fertilization on growth and foliar nutrients of red alder seedlings. USDA For. Serv., Research Paper PNW-RP-375, 14 pp.
- Raison, R.J. & Crane, W.J.B. 1986. Nutritional costs of shortened rotations in plantation forestry. In: *Forest Site and Productivity* (Gessel, S.P., ed.), Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, pp. 117-125.
- Raulo, J. 1977. Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth. and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 90.4.
- Raulo, J. 1987. Björkboken. Skogsstyrelsen, Jönköping, 87 s.
- Renaud, P.C., Verheyden-Tixier, H. & Dumont, B. 2003. Damage to saplings by red deer (*Cervus elaphus*): effect of foliage height and structure. *Forest Ecology and Management* 181: 31-37.
- Rice, J.A., MacDonald, G.B. & Weingartner, D.H. 2001. Precommercial thinning of trembling aspen in northern Ontario: Part 1 – Growth responses. *The Forestry Chronicle* 77: 893-901.
- Rogers, D.L., Stettler, R.F. & Heilman, P.E. 1989. Genetic variation and productivity of *Populus trichocarpa* and its hybrids. III. Structure and pattern of variation in a 3-year field test. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 372-377.
- Rosvall, O., Jansson, G., Andersson, B., Ericsson, T., Karlsson, B., Sonesson, J. & Stener, L.-G. 2001. Genetiska vinster i nuvarande och framtida fröplantager och klonblandningar. SkogForsk, Redogörelse Nr 1 2001, Uppsala, 41 s.
- Rothe, A. & Binkley, D. 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1855-1870.
- Rousi, M. 1988. Resistance breeding against voles in birch: possibilities for increasing resistance by provenance transfers. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 18: 257-263.
- Rousi, M., Tahvanainen, J. & Uotila, I. 1991. A mechanism of resistance to hare browsing in winter-dormant European white birch (*Betula pendula*). *American Naturalist* 137: 64-82.
- Ruark, G.A. & Bockheim, J.G. 1988. Biomass, net primary production, and nutrient distribution for an age sequence of *Populus tremuloides* ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 435-443.
- Rytter, L. 1990. Biomass and nitrogen dynamics of intensively grown grey alder plantations on peatland. Dissertation. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Ecol. & Environ. Res., Report 37, Uppsala, 21 pp.
- Rytter, L. 1995. Effects of thinning on the obtainable biomass, stand density, and tree diameters of intensively grown grey alder plantations. *Forest Ecology and Management* 73: 135-143.
- Rytter, L. 1996. Grey alder in forestry: a review. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences, Suppl.* 24: 61-78.

- Rytter, L. 1998. Löv- och lövblandbestånd – ekologi och skötsel. SkogForsk, Redogörelse nr 8 1998, Uppsala, 62 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 and Bioenergy* 23: 13-25.
- Rytter, L. & Ericsson, T. 1993. Leaf nutrient analysis in *Salix viminalis* (L.) energy forest stands growing on agricultural land. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 156: 349-356.
- Rytter, L. & Stener, L. 2003. Clonal variation in nutrient content in woody biomass of hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 37: 313-324.
- Rytter, L. & Stener, L. 2005. Productivity and thinning effects in hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) stands on southern Sweden. *Forestry* (in press)
- Rytter, L. & Werner, M. 1998. Lönsam lövskog – steg för steg. SkogForsk,Handledning, Uppsala, 43 s.
- Rytter, L. & Werner, M. 2000. How can we estimate the cost of nature conservation? – Swedish conditions. In: 7th Symposium on Systems Analysis in Forest Resources (Vasievich, J.M., Fried, J.S. & Leefers, L.A., eds.), 1997 May 28-31, Traverse City, Michigan. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. NC-205, St Paul, MN, pp. 166-173.
- Rytter, L., Slapokas, T. & Granhall, U. 1989. Woody biomass and litter production of fertilized grey alder plantations on a low-humified peat bog. *Forest Ecology and Management* 28: 161-176.
- Rytter, L., Arveby, A.S. & Granhall, U. 1991. Dinitrogen (C₂H₂) fixation in relation to nitrogen fertilization of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) plantations in a peat bog. *Biology and Fertility of Soils* 10: 233-240.
- Rytter, L., Sennerby-Forsse, L. & Alriksson, A. 2000. Natural regeneration of grey alder (*Alnus incana* [L.] Moench.) stands after harvest. *Journal of Sustainable Forestry* 10: 287-294.
- Rytter, L., Stener, L. & Werner, M. 2002. Hybridasp – ett lönsamt alternativ som passar i det nya skogsbruket. SkogForsk, Resultat Nr 10 2002, Uppsala, 4 s.
- Rytter, L., Stener, L. & Werner, M. 2003a. Hybridasp för kombinerad produktion av biomassa och gagnvirke. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 543, Uppsala, 23 s.
- Rytter, L., Ericsson, T. & Rytter, R.-M. 2003b. Effects of demand-driven fertilization on nutrient use, root:plant ratio and field performance of *Betula pendula* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 401-415.
- Rytter, L., Werner, M., Gustafsson, L., Hörnsten, L. & Widerberg, A. 2004. Lövslogen i ett mångbruksperspektiv – ett beslutsstöd för förbättrad lövskogsstruktur på fastighetsnivå. Skogforsk, Redogörelse Nr 1 2004, Uppsala, s. 67-74.
- Saarsalmi, A. 1984. Biomass production and nutrient and water consumption in *Salix* 'Aquatika Gigantea' plantation. *Folia Forestalia* 602: 1-29. På finska, engelsk sammanfattning.
- Saarsalmi, A. 1995. Nutrition of deciduous tree species grown in short rotation stands. Diss., University of Joensuu, Faculty of Forestry, Joensuu, 60 pp.
- Saarsalmi, A. & Mälikönen, E. 1989. Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands. *Folia Forestalia* 728: 1-16. På finska, engelsk sammanfattning.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1985. Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation. *Folia Forestalia* 628: 1-24. På finska, engelsk sammanfattning.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1991. Biomass production and nutrient consumption of the sprouts of *Alnus incana*. *Folia Forestalia* 768: 1-25. På finska, engelsk sammanfattning.
- Saarsalmi, A., Palmgren, K. & Levula, T. 1992. Biomass production and nutrient consumption of *Alnus incana* and *Betula pendula* in energy forestry. *Folia Forestalia* 797: 1-29. På finska, engelsk sammanfattning.
- Sands, R. 1984. Environmental aspects of plantation management. In: *Nutrition of Plantation Forests* (Bowen, G.D. & Nambiar, E.K.S., eds.), Academic Press, London, pp. 413-438.
- Scarascia-Mugnozza, G.E., Ceulemans, R., Heilman, P.E., Isebrands, J.G., Stettler, R.F. & Hinckley, T.M. 1997. Production physiology and morphology of *Populus* species and their hybrids grown under short rotation. II. Biomass components and harvest index of hybrid and parental species clones. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 285-294.
- Schulz, H. 1993. The development of wood utilization in the 19th, 20th and 21st centuries. *The Forestry Chronicle* 69: 413-418.
- Seiler, J.R. & McCormick, L.H. 1982. Effects of soil acidity and phosphorus on the growth and nodule development of black alder. *Canadian Journal of Forest Research* 12: 576-581.
- Sennerby-Forsse, L. 1982. Älg eller sälg. *Forskning och Framsteg* 7: 12-15.
- Shoulders, E. & Wittwer, R.F. 1979. Fertilizing for high fiber yield in intensively managed plantations. *Proc. Impact of Intensive Harvesting on Forest Nutrient Cycling*, State Univ. N.Y., Syracuse, pp. 343-359.
- Sikström, U., Nohrstedt, H.-Ö., Pettersson, F. & Jacobson, S. 1998. Stem-growth response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* to nitrogen fertilization as related to needle nitrogen concentration. *Trees* 12: 208-214.
- Silfverberg, K. 2003. Ash issues, studies and solutions in Finland. In: *Regular Recycling of Wood Ash to Prevent Waste Production, RecAsh - a LIFE Environment Demonstration Project*, Seminar Report, Jyväskylä 1.9.2003, pp. 6-8.
- Silvola, J. & Ahlholm, U. 1995. Combined effects of CO₂ concentration and nutrient status on the biomass production and nutrient uptake of birch seedlings (*Betula pendula*). *Plant and Soil* 168-169: 505-511.
- Sjöberg, K. & Lennartsson, T. 1995. Fauna and flora management in forestry. In: *Multiple-Use Forestry in the Nordic Countries* (Hytönen, M., ed.), METLA, The Finnish Forest Research Institute, pp. 191-243.
- Skogshögskolan 1970. Ved- och massae-genskaper hos björk - En orienterande undersökning. Skogshögskolan, Inst. f. skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser Nr 18, Stockholm, 55 s.

- Skogsstyrelsen 2001. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling. Skogsstyrelsen, Meddelande 2-2001, Jönköping, 16 s.
- Skogsstyrelsen 2003. Skogsstatistisk årsbok 2003. Skogsstyrelsen, Jönköping, 345 s.
- Smidt, M.F. & Blinn, C.R. 2002. Harvest caused soil disturbance decreased suckering capacity of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) following growing season harvests in Minnesota, USA. *Forest Ecology and Management* 163: 309-317.
- Smith, J.H.G. & DeBell, D.S. 1974. Some effects of stand density on biomass of red alder. *Canadian Journal of Forest Research* 4: 335-340.
- Sonesson, J., Albrektson, A. & Karlsson, A. 1994. Björkens produktion på nedlagd jordbruksmark i Götaland och Svealand. SLU, Inst. f. skogsskötsel, Arbetsrapport 88, Umeå, 31 s.
- Staaf, H., Egnell, G. & Lundborg, A. 2000. Energimyndighetens forskningsprogram om Biobränslen och miljön, delprogram Uthållig produktion av skogsbränsle, juli 2000 – juni 2004. Energimyndigheten, Eskilstuna, 14 s.
- Statistisk sentralbyrå 2003. Statistisk årsbok 2003. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Steineck, F. 2003. Tidig gallring i eftersatta lövbestånd med ackumulerande energiskördare. Sydved Energileveranser, distrikt Syd, Vittsjö, 10 s.
- Steinhilb, H.M. & Erickson, J.R. 1970. Weights and centers of gravity for quaking aspen trees and boles. USDA Forest Service, Research Note NC-91, St. Paul, Minnesota, 4 pp.
- Stener, L.-G. 1998a. Länsvisa uppgifter om areal och virkesförråd för lövträd. SkogForsk, Redogörelse Nr 4 1998, Uppsala, 61 s.
- Stener, L.-G. 1998b. Analys av fiber-egenskaper 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* (Pulkkinen, P., Tigerstedt, P.M.A. & Viirros, R., eds.), University of Helsinki, Dept. Applied Biology, Publications 5, pp. 9-13.
- Stener, L.-G. 2004. Resultat från sydsvenska klontester med poppel. Skogforsk, Arbetsrapport Nr 571, Uppsala, 27 s.
- Stener, L.-G. & Bergquist, J. 1998. Viltet och lövet i södra Sverige. SkogForsk, Arbetsrapport Nr 409, Uppsala, 29 s.
- Stener, L.-G. & Hedenberg, Ö. 2003. Genetic parameters of wood, fibre, stem quality and growth traits in a clone test with *Betula pendula*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 103-110.
- Stener, L.-G. & Karlsson, B. 2003. Förädling av hybridasp i Sverige. I: *Föreningen Skogsträdsförädling- Årsbok 2002*, Föreningen Skogsträdsförädling, Uppsala, s. 7-13.
- Stener, L.-G. & Karlsson, B. 2004. Improvement of *Populus tremula* x *P. tremuloides* by phenotypic selection and clonal testing. *Forest Genetics* 11: 13-26.
- Stener, L.-G. & Werner, M. 1997. Skogsodlingsmaterial av björk – Vad finns idag och vad kommer att finnas i morgon? SkogForsk, Resultat Nr 6 1997, Uppsala, 4 s.
- Stiell, W.M. & Berry, A.B. 1986. Productivity of short-rotation aspen stands. *The Forestry Chronicle* 2/86: 10-15.
- Stähle, A. 2000. Metodstudie – Sociotop som redskap i grönområdesplanering. Stockholms Stad, Stadsbyggnadskontoret, SBK 2000:4, Stockholm, 56 s.
- Ståål, E. 1986. Eken i Skogen och Landskapet. Södra Skogsägarna, Växjö, 127 s.
- Sutinen, M.-L. & Niemilä, P. 2000. Tree tolerance, resistance and defence. In: *Forest Condition in a Changing Environment – The Finnish Case* (Mälkönen, E., ed.), Kluwer Acad. Publ., Forestry Sciences Vol. 65, Dordrecht, The Netherlands, pp. 87-92.
- Svenska FSC-rådet 2000. Svensk FSC-standard för certifiering av skogsbruk. Forest Stewardship Council A.C., Uppsala, 37 s.
- Sveriges Skogsvårdsförbund 1994. *Praktisk Skogshandbok*. Sveriges Skogsvårdsförbund, Djursholm, 510 s.
- Tamminen, Z. 1970. Fuktighet, volymvikt, m.m. hos ved och bark – III. Björk. Skogshögskolan, Inst. f. virkeslära, Rapporter R 63, Stockholm, 34 s.
- Tammisola, J., Varhimo, A., Velling, P., Viherä-Aarnio, A., Kauppinen, V., Sundquist, J. & Lapinjoki, S. 1995. Variation in the wood and pulping properties of European white birch. *Paper and Timber* 77: 648-654.
- Tarrant, R.F. & Trappe, J.M. 1971. The role of *Alnus* in improving the forest environment. *Plant and Soil, Spec. Vol.*: 335-348.
- Telenius, B.F. 1999. Stand growth of deciduous pioneer tree species on fertile agricultural land in southern Sweden. *Biomass and Bioenergy* 16: 13-23.
- Tikkanen, O.-P., Rousi, M., Ylioja, T. & Roininen, H. 2003. No negative correlation between growth and resistance to multiple herbivory in a deciduous tree, *Betula pendula*. *Forest Ecology and Management* 177: 587-592.
- Tillström, G. 2000. Utvärdering av avverkning och flisning på Fulltofta. Sydved Energileveranser, distrikt Syd, Vittsjö, 3 s.
- Tschaplinski, T.J., Tuskan, G.A. & Gundersen, C.A. 1994. Water stress tolerance of black and eastern cottonwood clones and four hybrid progeny. I. Growth, water relations, and gas exchange. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 364-371.
- Turner, J., Cole, D.W. & Gessel, S.P. 1976. Mineral nutrient accumulation and cycling in a stand of red alder (*Alnus rubra*). *Journal of Ecology* 64: 965-974.
- Tveite, B. 1994. Gjödning på fastmark med andre näringsstoff enn nitrogen. Vekstresultat frå nordiske gjødslingsforsøk. Aktuelt fra Skogforsk 4-94, NISK, Ås, s. 107-112.
- Uri, V., Tullus, H. & Löhmus, K. 2002. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management* 161: 169-179.
- Uri, V., Tullus, H. & Löhmus, K. 2003. Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations. *Silva Fennica* 37: 301-311.
- Utkin, A.I., Gul'be, Y.I., Ermolova, L.S., Kaplina, N.F. & Rozhdestvensky, S.G. 1987. Primary productivity of birch, aspen, grey alder stands in Yaroslavl province (USSR) as an example of production invariability of the vegetation cover. *Proc. IUFRO Proj. Grp P1.09.00*, Inte-

- grated Research in Biomass for Energy, Ljubljana, Yugoslavia, 1986. Swed. Univ. Agric. Sci., Sect. Energy Forestry, pp. 29-38.
- Vadla, K. 1999. Verdiøkning og lønnsamhet ved stammekvisting (En litteraturstudie). Rapport fra skogforskningen – Supplement 7, NISK, Ås, s. 1-13.
- Van den Driessche, R., Rude, W. & Martens, L. 2003. Effect of fertilization and irrigation on growth of aspen (*Populus tremuloides* Michx.) seedlings over three seasons. *Forest Ecology and Management* 186: 381-389.
- Van den Driessche, R. 1984. Nutrient storage, retranslocation and relationship of stress to nutrition. In: *Nutrition of Plantation Forests* (Bowen, G.D. & Nambiar, E.K.S., eds.), Academic Press, London, pp. 181-209.
- Vares, A. 2000. Biomass, nitrogen and phosphorus allocation in above-ground parts of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) plantations. *Baltic Forestry* 6: 47-52.
- Velling, P. 1979. Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. *Folia Forestalia* 416, 24 pp.
- Verwijst, T. 1991. Shoot mortality and dynamics of live and dead biomass in a stand of *Salix viminalis*. *Biomass and Bioenergy* 1: 35-39.
- Von Arnold, K. 1998. Growth and biomass distribution in basket willow (*Salix viminalis*) in relation to water and nutrient availability. Swed. Univ. Agric. Sci., Dept. Short Rotation Forestry, Report 62, Uppsala, 21 pp.
- Vuokila, Y. 1977. On the growth capacity of aspen stands on good sites. *Folia Forestalia* 299: 1-11. På finska, engelsk sammanfattning.
- Walfridsson, E. 1978. Stamkvistningens ekonomi. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift* 76: 457-466.
- Weih, M. & Nordh, N.-E. 2002. Characterising willows for biomass and phytoremediation: growth, nitrogen and water use of 14 willow clones under different irrigation and fertilisation regimes. *Biomass and Bioenergy* 23: 397-413.
- Werner, M., Rytter, L. & Stener, L.-G. 2000. Förbättrat lövedsutnyttjande för vida-reförädling, SkogForsk, Redogörelse nr 3 2000, Uppsala, 28 s.
- Weslien, J. & Gustafsson, L. 2004. Naturvård: olika åtgärder – olika nyttor. Skogforsk, Redogörelse Nr 1, Uppsala, s. 64-66.
- 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 and Bioenergy* 4: 323-331.
- Wittwer, R.F. & Immel, M.J. 1977. A comparison of five tree species for intensive fiber production. *Forest Ecology and Management* 1: 249-254.
- Wittwer, R.F. & Immel, M.J. 1980. Chemical composition of five deciduous tree species in four-year-old, closely spaced plantations. *Plant and Soil* 54: 461-467.
- Wittwer, R.F. & Stringer, J.W. 1985. Biomass production and nutrient accumulation in seedling and coppice hardwood plantations. *Forest Ecology and Management* 13: 223-233.
- Ylioja, T., Roininen, H., Heinonen, J. & Rousi, M. 2000. Susceptibility of *Betula pendula* clones to *Phytobia betulae*, a dipteran miner of birch stems. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 1824-1829.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. & Hozumi, K. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *Journal of Biology Osaka City University* 14: 107-129.
- Yu, Q., Tigerstedt, P.M.A. & Haapanen, M. 2001a. Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. x *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 35: 15-25.
- Yu, Q., Pulkkinen, P., Rautio, M., Haapanen, M., Alén, R., Stener, L.G., Beuker, E. & Tigerstedt, P.M.A. 2001b. Genetic control of wood physicochemical properties, growth, and phenology in hybrid aspen clones. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 1348-1356.
- Zak, D.R., Pregitzer, K.S., Curtis, P.S., Vogel, C.S., Holmes, W.E. & Lussenhop, J. 2000. Atmospheric CO₂, soil-N availability, and allocation of biomass and nitrogen by *Populus tremuloides*. *Ecological Applications* 10: 34-46.
- Zavitkovski, J. 1971. Dry weight and leaf area of aspen trees in northern Wisconsin. In: *Forest Biomass Studies* (Young, H.E., ed.), Life Sci. & Agric. Exp. State Univ. of Maine, Orono, pp. 193-203.
- Zhang, S.Y., Yu, Q., Chauret, G. & Koubaa, A. 2003. Selection for both growth and wood properties in hybrid poplar clones. *Forest Science* 49: 901-908.
- Zheng, Z., Liu, F. & Zang, D. 1987. Effect of water supply on volume increment in young poplar plantation. *Proc. IUFRO Proj. Grp P1.09.00, Integrated Research in Biomass for Energy, Ljubljana, Yugoslavia, 1986. Swed. Univ. Agric. Sci., Sect. Energy Forestry, pp. 80-96.*
- Övergaard, R. 1980. Klibbalens produktion i Malmöhus län. SLU, Skogsmästar-skolan, Examensarbete, Skinnskatteberg, 73 s.
- Øyen, B.-H. & Tveite, B. 1998. En sammanligning av høydebonitet og produksjonsevne mellom treslag på samme voksested i Vest-Norge. Rapport fra skogforskningen 15/98, NISK & NLH, Ås, s. 1-32.

Skogforsk — Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

arbetar för långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom Skogforsk står skogsbolagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagarna, allmänningar 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.

Forskning

Tre forskningsområden:

- Skogsodlingsmaterial för tillväxt, kvalitet och diversitet
- Skogsskötsel för produktion och miljö
- Förbättrat råvaruutnyttjande och effektivare produktionssystem

Uppdrag

På de områden där Skogforsk har särskild kompetens utför vi i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla speciella utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner till lokala förhållanden.

Information

För en effektiv spridning av resultaten utnyttjas olika kanaler: Personliga kontakter, Internet, kurser, fackpress, filmer samt egna publikationer i olika serier.



SKOGFORSK

Uppsala Science Park
751 83 UPPSALA
Tel: 018-18 85 00, Fax: 018-18 86 00
skogforsk@skogforsk.se
www.skogforsk.se
© Skogforsk december 2004,
ISSN 1103-4580