

Slutrapport

Energimyndighetens titel på projektet – svenska
Uthållig odling av rotskottföryngrad hybridasp

Energimyndighetens titel på projektet – engelska
Sustainable cultivation of root sucker generated hybrid aspen

Organisation
Skogforsk
Uppsala science park
751 83 Uppsala

Nyckelord
Biomassa, rotationslängd, produktion, tillväxt

Förord

Projektet grundar sig på ett försök som har följts från etableringen 2009 till avslutningen av den planerade försöksperioden 2025. Försöket har i huvudsak finansierats med medel från Energimyndigheten. Skogforsk har bidragit till projektet med medel via sitt ramprogram. Lars Rytter tog initiativet till försöket och var projektledare fram till sin pension 2020. Även Rose-Marie Rytter och Rebecka Mc Carthy som varit delaktiga under tidigare skeden av denna långsiktiga uppföljning av rotskottsfröyngra hybridasp. Under denna projektperiod har Monika Strömgren vid Skogforsk ansvarat för insamling och analys av jordprover. Jag vill rikta ett tack till Energimyndigheten för den unika och värdefulla möjligheten att etablera ett långsiktigt försök och följa det fram till avslut. Tack till Stiftelsen Skånska landskap som har varit markvärddar och som har varit behjälpliga i samband med avverkningar. Jag vill också tacka fältpersonalen på Skogforsk som har utfört inventeringen av försöken.

Nils Fahlvik, Ekebo 2026-03-01

2026-03-01

2026-203373-0001

2026-203373-0001 2026-03-01

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
Summary	5
Inledning/bakgrund	7
Genomförande	8
Resultat	16
Diskussion	19
Publikationslista	21
Referenser, källor	22

Sammanfattning

För att nå klimatmålen behöver andelen förnybar energi och förnybara råvaror öka. I Sverige utgör biomassa från skogsbruket en viktig del av den förnybara energin. Odling av snabbväxande lövträd på tidigare jordbruksmark kan ytterligare stärka tillgången på biomassa. Hybridasp är en snabbväxande korsning mellan europeisk och amerikansk asp som kan ge en hög produktion under en kort omloppstid. Etablerade skötselkoncept omfattar plantering med 1200–1500 stammar per hektar samt en till två gallringar innan slutavverkning vid cirka 25-30 års ålder. Forskning har följt upp tillväxt och produktion för denna typ av skötsel.

Efter avverkning skjuter hybridasp i regel rikligt med rotskott. Uppslag på över 100 000 skott per hektar har observerats i försök. Den täta förnygringen möjliggör olika skötselriktningar: antingen enligt den etablerade modellen genom tidig enkelställning och en skötsel inriktad mot rundvirkesproduktion eller en inriktning mot biomassaproduktion med höga stamantal och korta omloppstider. Det finns ett stort behov av grundläggande forskning kring skötseln av vegetativt förnygrad hybridasp. En viktig fråga är uthålligheten i skötselmetoder vid täta avverkningsintervalls och stora uttag av biomassa. Skörd av hela rotskott innebär att merparten av den ovanjordiska biomassan förs bort och därmed också stora mängder näring.

I denna studie har vi följt tillväxt och produktion av biomassa i ett försök med rotskottsfornygrad hybridasp på en jordbruksmark i södra Skåne. Försöket anlades i ett rotskottsuppslag som uppstått efter avverkningen av första generationen planterad skog. I försöket ingår tre behandlingar med olika skötsel och avverkningsintervall (4, 8 och 16 år). Inom denna projektperiod har den planerade försöksperioden på 16 år avslutats. Det innebär att de tre olika behandlingarna har fullföljt fyra, två respektive en full omloppstid.

Medeltillväxten (netto, uttagen biomassa) för försöksperioden på 16 år var hög, 11–13 ton torrsubstans per hektar och år. Högst totalt biomassauttag under hela försöksperioden uppnåddes i behandlingen med 16-årig omloppstid. Det totala uttaget för 4- och 8-årigt avverkningsintervall låg på samma nivå. För behandlingen med 8-årig omloppstid fanns det inga skillnader i produktionsnivå mellan den första och andra rotationen. Inom behandlingen med fyraårig omloppstid varierade uttaget mellan rotationerna. Uttaget var högst i den andra rotationen och lägst i den fjärde rotationen. Även antalet skott var som lägst i den fjärde rotationen. Detta kan eventuellt tyda på en avmattning av produktionen vid upprepning av

korta avverkningsintervall. Vid slutavverkning av behandlingen med 16-årigt intervall hade merparten av träden uppnått rundvirkesdimensioner.

Studien visar på en flexibilitet att välja skötselprogram i rotskottsuppslag. Baserat på resultaten i denna studie kan upprepade, korta rotationer innebära en nedgång i produktion.

Summary

To achieve climate goals, the share of renewable energy and renewable raw materials needs to increase. In Sweden, biomass from forestry constitutes an important part of renewable energy. Cultivation of fast-growing deciduous trees on former agricultural land can further strengthen the supply of biomass. Hybrid aspen is a fast-growing crossing between European and American aspen that can provide high production during a short rotation period. Established management concepts include planting with 1200–1500 trunks per hectare and one to two thinnings before final felling at around 25–30 years of age. Research has followed up growth and production for this type of management.

In this study, we have followed the growth and production of biomass in an experiment with root sucker regenerated hybrid aspen on an agricultural land in southern Sweden. The experiment was established in a root sucker regeneration that arose after the felling of the first generation of planted forest. The experiment included three treatments with different management and final felling intervals (4, 8 and 16 years). Within this project period, the planned experimental period of 16 years has been completed. This means that the three different treatments had completed four, two and one full rotation period, respectively.

The average growth (net, harvested biomass) for the 16-year trial period was high, 11–13 tons of dry matter per hectare per year. The highest total biomass harvest during the entire trial period was achieved in the 16-year rotation treatment. The total harvest for the 4- and 8-year harvesting intervals was at the same level. For the 8-year rotation treatment, there were no differences in production levels between the first and second rotations. Within the 4-year rotation treatment, the harvest varied between the rotations. The harvest was highest in the second rotation and lowest in the fourth rotation. The number of shoots was also lowest in the fourth rotation. This may indicate a reduced production when short harvesting

2026-03-01

intervals are repeated. At the final harvest of the 16-year interval treatment, most of the trees had reached roundwood dimensions.

The study shows flexibility in choosing a management program in root shoot explants. Based on the results of this study, repeated, short rotations may result in a decline in production.

2026-203373-0001

Inledning/bakgrund

För att uppnå de klimatpolitiska målen (Regeringens proposition 2016/17:146, European Parliament and the Council of the European Union 2018) behöver tillgången på förnybara energikällor öka. Biomassa från skog utgör redan idag en betydande andel av förnybara energi i Sverige. Odling av snabbväxande lövträd på tidigare jordbruksmark kan vara ett sätt att öka tillgången på biomassa från träd. Arter inom släktet *Populus* kan producera stora mängder biomassa under en relativt kort omloppstid på bördig mark (Tullus m.fl. 2013). Hybrid Aspen är en korsning mellan europeisk (*Populus tremula*) och amerikansk asp (*Populus tremuloides*). Försök på tidigare åkermark har visat att planterad hybridasp kan producera upp till 22 kubikmeter stamvolym per hektar och år (7.4–8.2 ton torrs substans per hektar och år) under en omloppstid på 30 år (Fahlvik m.fl. 2019). Det finns idag beprövade koncept för plantering och skötsel av hybridasp på jordbruksmark (Persson m.fl. 2015, Fahlvik m.fl. 2018). Skötselkonceptet för planterad hybridasp innebär normalt plantering med 1200-1500 stammar per hektar följt av en till två gallringar under en omloppstid på upp till 25-30 år. Hybrid Aspen är ett begärligt viltfoder och hägn är oftast en förutsättning för en lyckad plantering.

Efter avverkning av den planterade generationen skjuter hybrid Aspen i regel mycket täta uppslag av rotskott. Studier från södra Sverige har visat att stamantalet kan uppgå till över 100 000 per hektar (McCarthy & Rytter 2015, Rytter & Rytter 2017). Då rotskotten ofta är jämnt fördelade i beståndet finns det goda förutsättningar att bygga nästa generation på den vegetativa förnyringen. De täta förnyringarna gör det möjligt att välja olika inriktning på den framtida skötseln. En möjlighet är att genom kraftiga, och ofta kostsamma, röjningar reducera antalet rotskott till ett traditionellt förband på 1200-1500 stammar per hektar som sedan skötsel med inriktning på rundvirkesproduktion. Ett annat alternativ är ett skötselkoncept helt inriktat på biomassaproduktion med höga stamantal och korta avverkningsintervall. Försök har visat på en snabb initial tillväxt och en hög biomassaproduktion i rotskotts förnygrade bestånd. Inom en serie med försök i södra Sverige registrerades en stående biomassa på i medeltal 14,5 ton torrs substans per hektar i tvååriga rotskotts förnyringar (McCarthy & Rytter 2015). Själv gallringen i den vegetativa förnyringen är dock stor under de första åren (Doucet 1989, McCarthy & Rytter 2015). En möjlighet att förekomma denna avgång kan vara att i ett tidigt skede utföra en schematisk gallring i stråk för att ta tillvara biomassan och ge mer växtplats för de återstående stammarna.

Det finns ett stort behov av grundläggande forskning kring skötseln av vegetativt förnygrad hybridasp. En viktig fråga är uthålligheten i

skötselmetoder med täta avverkningsintervalls och stora uttag av biomassa. Skörd av hela rotskott innebär att merparten av den ovanjordiska biomassan förs bort och därmed också stora mängder näring.

En tänkbar skötselmodell för att dra nytta av det stora uppslaget av rotskott med en hög initial tillväxt är biomassaskörd med täta intervall. Det finns dock studier som indikerar att ett allt för kort avverkningsintervall kan påverka produktionens hållbarhet. Resultat från tidigare studier med asp tyder på en avmattning av produktionen vid täta avverkningsintervall (Berry & Stiehl 1978, Perala 1979, Liesebach m.fl. 1999). I ett försök med amerikansk och stortandad asp (*Populus grandidentata*) rekommenderade Berry & Stiehl (1978) ett avverkningsintervall på 15 år för en uthållig tillväxt. Perala (1979) jämförde skörd av skottskog med amerikansk asp med 1, 4 och 8 års avverkningsintervall och fann betydande produktionsförluster vid intervall på fyra år och korta. Liesebach m.fl (1999) fann att två rotationer med femåriga avverkningsintervall i hybridasp hade producerat mindre biomassa än ett 10-årigt intervall. Studierna visar på vikten av långsiktiga studier för att kunna dra slutsatser om lämplig skötsel för en uthållig produktion.

I denna studie jämför vi tre olika behandlingar för skötsel av vegetativt förnygrad hybridasp på tidigare åkermark. Behandlingarna omfattar skötselkoncept med tre olika avverkningsintervall; 4, 8 och 16 år. Det första halvåret av den 16-åriga försöksperioden har rapporterats i Rytter och Rytter (2017). Resultatet från den studie visade inte på några skillnader i produktion mellan de olika skötselalternativen efter åtta års tillväxt. Nu har försöket följts under hela den planerade försöksperioden vilket innebär att fyra, två respektive ett avverkningsintervall har fullföljts inom de olika behandlingar. Inom denna projektperiod ingick mätningar av tillväxt under de tre sista åren av försöksperioden. Syftet med denna rapport är att redovisa resultaten från dessa mätningar samt tillväxten och produktionen av biomassa. Resultaten från dessa mätningar redovisas här tillsammans med utvecklingen över hela försöksperioden på 16 år.

Genomförande

Försöket

Detta projekt bygger på resultat från ett försök anlagt år 2009 på jordbruksmark cirka 10 kilometer söder om Sjöbo i Skåne (55°33' N, 13°43' E, 40 meter över havsnivå) (Fig. 1). Föregående bestånd utgjordes av ett förädlingsförsök som etablerades våren 1998 genom plantering av ettåriga hybridaspplantor (Rytter & Rytter 2017). Plantmaterialet var en

mix av åtta utvalda kloner som drivits upp vid Skogforsks försöksstation i Ekebo, Svalöv. Planteringen gjordes i 3 meters kvadratförband (cirka 1100 stammar per hektar). Bestånd avverkades vintern 2008/2009.



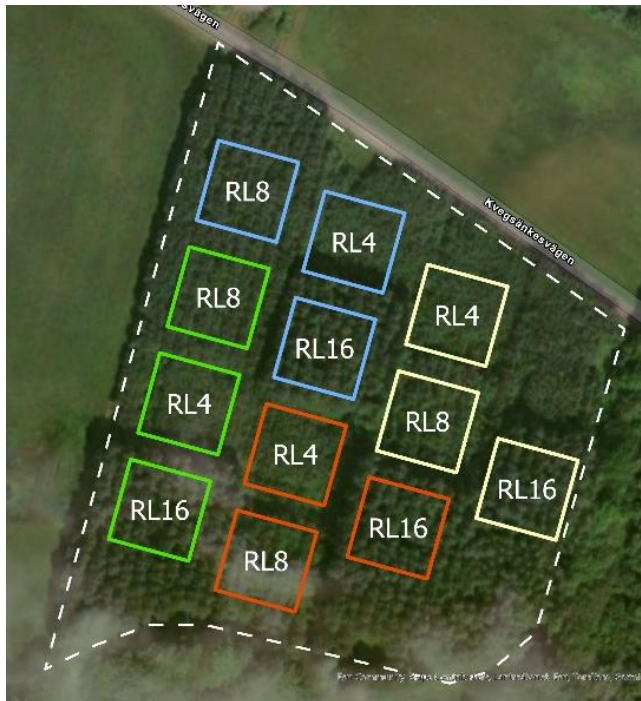
Figur 1. Försöket är beläget på tidigare jordbruksmark i Snogeholm, cirka 10 kilometer söder om Sjöbo i Skåne.

Försöket anlades hösten 2009 i det uppslag av rotskottsförnygrad hybridasp som följde efter avverkningen. Försöket designades som ett randomiserat blockförsök med fyra block. Tolv försöksytor med dimensionen 30*30 m fördelades så att tre ytor ingick i varje block (Fig. 2). Inom varje block slumpades tre behandlingar med olika rotationslängd (RL):

- RL4. Avverkning med fyra års intervall. Ingen röjning eller gallring under omloppstiden.
- RL8. Avverkning med åtta års intervall. En stråkgallring utfördes vid fyra års ålder.
- RL16. Avverkning med sexton års intervall. En stråkgallring utfördes vid två års ålder. Vid fyra års ålder utfördes en röjning varvid motsvarande 1100 stammar per hektar lämnades efter enkelställning av vitala individer i stråken.

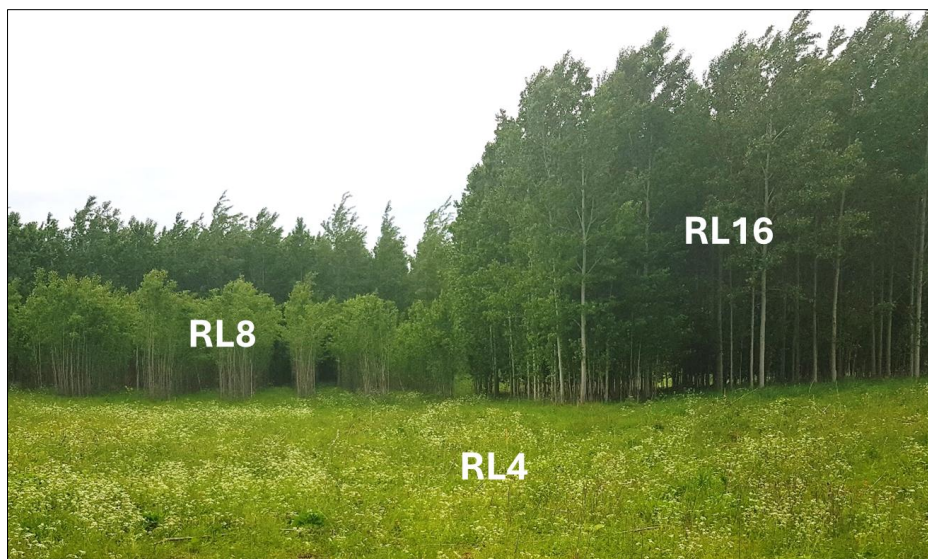
Försöksytorna hörn markerades permanent med käppar. Runt varje försöksyta anlades en cirka fem meter bred kapp med samma behandling som inom försöksytan.

2026-203373-0001 2026-03-01



Figur 2. Inom ett försöksområde på cirka 3 hektar etablerades ett randomiserat blockförsök med fyra block (blått, grönt, rött och gult) hösten 2009. Behandlingarna omfattade tre olika skötselprogram med fyra (RL4), åtta (RL8) respektive sexton års (RL16) omloppstid.

Stråkgallringarna utfördes som schematiska uttag där alla träd i 3,2-3,4 meter breda stråk fälldes (Fig. 3). Träd lämnades i 1,8-1,9 meter breda rader mellan stråken i RL8 och rader med 1,3 meters bredd i RL16. I RL16 enkelställdes träden i stråken vid fyra års ålder varvid de fällda träden lämnades på försöksytan.



Figur 3. Försöket i Snogeholm försommaren 2021. Försöksled RL4 i förgrunden med 4-årig omloppstid avverkades helt vintern 2020/2021, efter den tredje fullbordade omloppstiden. Vid samma avverkning stråkgallrades försöksled RL8 med 8-årig omloppstid (till vänster), 4

år in på den andra omloppstiden. Försöksled RL16 med 16-årig omloppstid (till höger) är på bilden 12 år och har tidigare stråkgallrats och friställts och lämnats utan åtgärd fram till slutavverkning. Foto: Nils Fahlvik.

Röjningen utfördes motormanuellt med röjsåg (Fig. 4a). Slutavverkningar inom alla försöksled och korridorsgallringar i RL8 och RL16 utfördes som helträdsuttag där stammar och grenar transporterades till bilväg.

Avverkningarna utfördes med konventionella skogsmaskiner (Fig. 4 b,c).

Vid slutavverkningar i RL4 och RL8 samt vid stråkgallringar användes klippande skördaraggregat (Fig. 4d). Vid slutavverkning av den 16-åriga skogen i RL16 användes ett konventionellt skördaraggregat med såg.

Avverkningarna och gallringarna utfördes under vintersäsongen då träden var avlövnade. Frusna markförhållanden eftersträvades vid avverkning för att minska risken för körskador. Vid stråkgallringen i den andra rotationen i RL8 använde maskinen samma stråk vid avverkningen som vid den första rotationen.



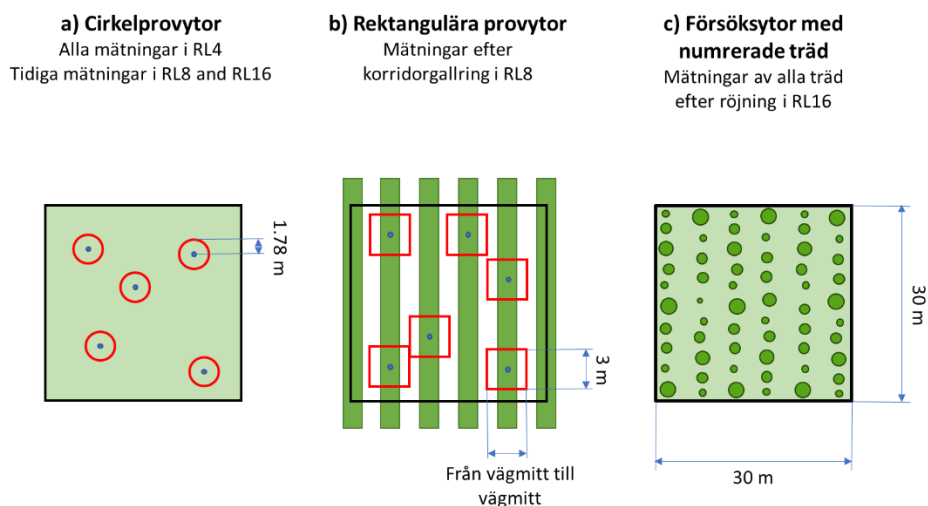
Figur 4. Rövning, gallring och avverkning utfördes med konventionell teknik. Enkelställning av stammar i RL16 utfördes med röjsåg (a). Stråkgallringar i RL8 och RL16 (b) samt slutavverkningar i RL4 (c) och RL8 gjordes skogsmaskin försett med klippande aggregat (d). Foto Lars Rytter (a,b) och Nils Fahlvik (c,d).

Mätningar

De första mätningarna utfördes hösten 2009 då försöket etablerades. Försöket har sedan följts genom kontinuerliga mätningar fram till vintern 2024/2025 då den 16 år långa försöksperioden avslutades. Denna projektperiod omfattade mätningar utförda hösten 2020 och framåt.

Fältmätningar av trädsnittet

Alla behandlingar mättes vid ett och två års ålder. Därefter var mätintervall två år. Alla mätningar i RL4 och tidiga mätningar i RL8 och RL16 utfördes som stickprovsinventeringar genom utläggning av 3-5 cirkelprovytor (1,78 m radie) inom varje försöksyta (Fig. 5a). Efter stråkgallringen i RL8 utfördes stickprovsinventeringen inom sex slumpmässigt fördelade rektangulära provytor inom respektive försöksyta. Provytorna var 3 meter långa i stråkens riktning och bredden omfattade sträckan från centrum av ett stråk till centrum av angränsande stråk (Fig. 5b). Inom provytorna mättes diameter i brösthöjd (DBH, 1,3 m) på alla skott med klave och skottens ursprung (rotskott/stubbe, Fig. 6) och vitalitet (levande/död) registrerades. Höjden mättes på schematiskt utvalda provträd och omfattade var 3:e till var 10:e levande skott, beroende på utvecklingsgrad.



Figur 5. Den inventerade arealen av respektive försöksyta varierade med utvecklingsgrad och försöksled. Vid låg ålder utfördes mätningarna inom 3-5 slumpvis fördelade cirkelprovytor inom varje försöksyta (a). RL4 mättes på detta sätt under hela försöksperioden. Efter stråkgallring i RL8 gjordes mätningarna inom sex slumpvis fördelade rektangulära provytor (b). Mätningar i RL16 utfördes på alla stammar inom försöksytan efter utförd rövning fram till slutavverkning.

2026-03-01

2026-203373-0001

Efter röjningen i RL16 tilldelades alla kvarvarande träd inom försöksytorna ett ID-nummer. Efterföljande mätningar omfattade alla numrerade träd inom försöksytorna i RL16 (Fig. 5c). Diameter i brösthöjd mättes på alla träd genom korsklavning (två riktningar, vinkelrätt mot varandra). Trädhöjden mättes på provträd som i regel omfattade vart 10:e träd. Samma provträd mättes vid återkommande revisioner. Vid den sista revisionen mättes även all underväxt av hybridasp på motsvarande sätt som huvudbeståndet.



Figur 5. Skott i anslutning till stubbar inom försöksled RL4 (vänster) och RL8 (höger). Foto: Nils Fahlvik

Insamling av provträd för analys av biomassa

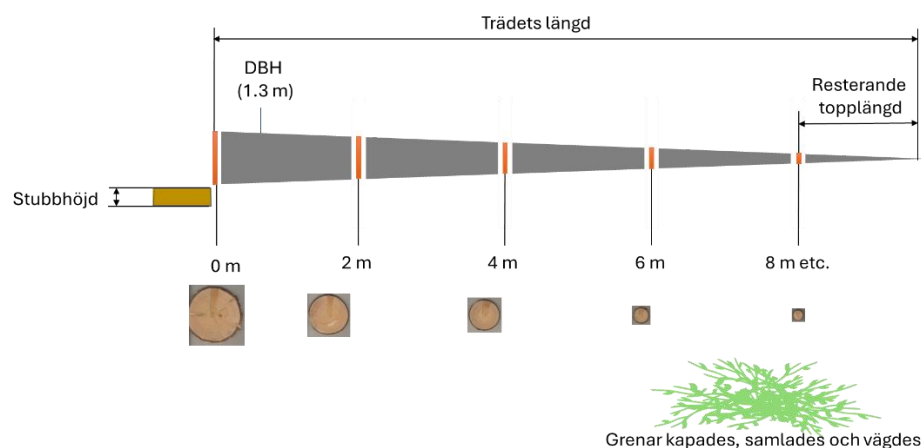
Vid varje mättillfälle i RL4 och RL8 samt vid tidiga mätningar inom RL16 (1, 2 och 4 års ålder) fälldes 20-30 provträd per försöksled för analys av biomassa. Två olika förfaranden användes för att beräkna biomassan för provträden:

1. Kapning och vägning av hela skott inklusive grenar. Friskvikten mättes i fält varefter skotten kapades i bitar och torkades till konstant vikt i 85 C vid Skogforsks försöksstation i Ekebo. Därefter mättes torrvikten och förhållandet mellan friskvikt och torrsvikt beräknades. Denna metod användes för ettåriga skott.
2. Provträden kapades och stam och grenar separerades. Grenarnas friskvikt mättes i fält. Trissor kapades längs ekvidistanser av stammen (en eller två meter beroende på utvecklingsgrad) (Fig.7). Trissornas diameter korsklavades och friskvikten mättes. Trissornas volym fastställdes enligt Olesen (1971). Ett kärl med vatten placerades på en våg och vågen nollställdes. Trissan sänktes

2026-03-01

2026-203373-0001

sedan ned i vattnet så att vattnet precis täckte hela trissan. Vågen avlästes sedan och utslaget i gram översattes till volym i kubikcentimeter (Fig. 8). Trissorna torkades därefter till konstant vikt i 85 C och torrvikten mättes. Med kännedom om trissornas volym och torrsvikt beräknades torrsviktsdensiteten. Volymen för varje sektion längs stammen beräknades enligt formeln för en stympad kon baserat på sektionens längd och trissornas diameter. Biomassan för varje sektion beräknades genom att multiplicera medeltalet för torrsviktsdensiteten hos sektionens undre och övre trissa med volymen. Toppens volym beräknades enligt formeln för en kon och biomassan baserades på torrsviktsdensiteten hos trissan närmast toppen. Grenarnas biomassa beräknades genom att multiplicera medeltalet av kvoten mellan torrsvikt och frisksvikt hos de två översta trissorna med frisksvikten för grenarna. Den totala biomassan erhöles genom att summera biomassa för de lika fraktionerna.



Figur 7. Mätning av provträd för bestämning av biomassa. Brösthöjdsdiameter (DBH) mättes och total trädhöjd erhöles genom att addera stubbhöjd och längden på det fällda trädet. Trissor för bestämning av torrsvikts densitet kapades i botten av varje två meters sektion. Grenar kapades och frisksvikten mättes.



Figur 8. Utrustning för att mäta trissornas volym. Kärlet fylldes med vatten och vågen nollställdes. Därefter placerades trissan i vattnet och trycktes ned med ett spetsigt föremål så att den precis täcktes med vatten. Därefter avlästes vågen. Foto: Eva Persson

Vid den sista revisionen i RL16 utsågs 10 provträd för analys av biomassa. Träden fälldes och trissor kapades med två meters intervall med start från stubbskåret. Stammens biomassa bestämdes på samma sätt som i metod 2 ovan. Grenarna delades upp i tre olika fraktioner; döda grenar, delar av levande grenar med diameter <4 centimeter samt delar av levande grenar med diameter >4 centimeter. Den totala friskvikten för varje fraktion mättes i fält. Därefter togs ett stickprov på cirka 1-2 kilogram från varje fraktion. Provet friskvikt mättes och torrvikten fastställdes genom torkning till konstant vikt i 85 C. Grenarnas biomassa beräknades genom att multiplicera provets torrsvikt/frisksvikt-kvot med den totala vikten för respektive fraktion.

Brösthöjdsdiameter och trädhöjd mättes på alla provträd i alla behandlingar och vi alla mättillfällen.

Beräkningar

För att beräkna uttagets storlek i samband med stråkgallring beräknades först avverkad areal genom att mäta stråkens bredd i fält. Därefter multiplicerades data från inventeringen innan gallring med andelen gallrad areal för att erhålla gallringsuttaget.

Höjdmätta provträd användes för att ta fram funktioner som beskriver höjd-diametersambandet. Med dessa funktioner beräknas sedan trädhöjden för samtliga träd. Två olika ekvationer tillämpades:

$$H = aDBH^b$$
$$H = \frac{DBH^2}{(a+bDBH)^2} + 1.3 \quad (\text{Näslund 1947})$$

Där H är trädhöjden, DBH är diametern i brösthöjd och a och b är koefficienter. Separata funktioner togs fram för varje revision och försöksled. Valet av ekvation vid varje tillfälle grundade sig på en jämförelse av determinationskoefficienten (R^2) och root mean squared error (RMSE).

Provträden för analys av biomassa användes för att ta fram funktioner som beskriver sambandet mellan biomassa och träddimension. Ekvationen som användes var:

$$TS = a(DBH^2H)^b$$

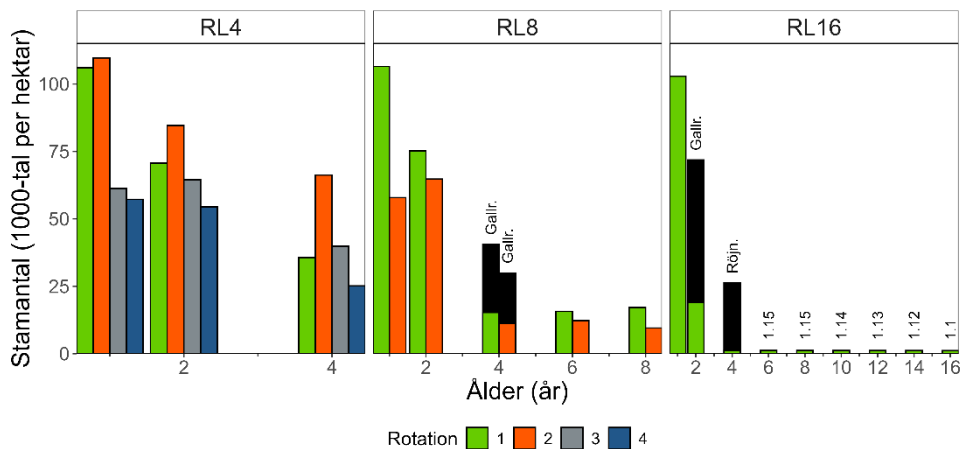
Där TS är biomassa uttryckt som torrsubstans, DBH är diametern i brösthöjd, H är mätt eller skattad trädhöjd och a och b är koefficienter.

För att skatta stamvolymen vid sista revisionen i RL16 användes en volymfunktion för hybridasp framtagen av Johansson (1953).

I resultaten presenteras medeltalen för de fyra blocken vid varje revisionstillfälle.

Resultat

Antalet levande skott vid mätningen en tillväxtsång år efter avverkning var över 100 000 stammar per hektar i den första rotationen (Fig. 9). Efter fyra tillväxtsångar hade antalet levande skott minskat med 50 % i genomsnitt för RL4 och RL8. Efter stråkröjning i RL8 och efter röjningen i RL16 var förändringarna i antalet levande skott små. En jämförelse mellan olika rotationer inom samma behandling visar att stamantalet vid slutavverkning var högst i den andra och lägst i den fjärde generationen inom RL4. I RL8 var antalet stammar genomgående högre i den första rotationen jämfört med den andra. Andelen döda stammar av det totala stamantalet vid slutavverkning var i genomsnitt 35 % i RL4 och 18 % i RL8. Bland numrerade träd inom RL16 förekom enbart levande stående individer vid den sista revisionen.



Figur 9. Antal levande stammar vid olika ålder och rotationsperioder. Den svarta delen av staplarna i RL8 och RL16 utgörs av avverkade stammar i samband med stråkgallring och röjning. Stamantal vid ålder 6-16 år i RL16 anges ovanför stapeln och avser bara numererade träd.

Valet av skötselstrategi har haft stor betydelse för medeldimensionen vid slutavverkning (Tabell 1). En rotationslängd på 16 år i kombination med stråkgallring och röjning resulterade i en medeldiameter på cirka 20 centimeter och en medelhöjd på 24 meter för de numererade träden vid slutavverkning. I RL4 var medeltalet för alla träd och över alla rotationer 2,6 centimeter för diametern och 6,0 meter för höjden vid slutavverkning. Grundytan vid slutavverkning var lägre i den fjärde rotationen i RL4 jämfört med tidigare rotationen. Andelen döda stammar av den totala grundytan vid slutavverkning var i genomsnitt 6,5 % i RL4 och 3,0 % i RL8.

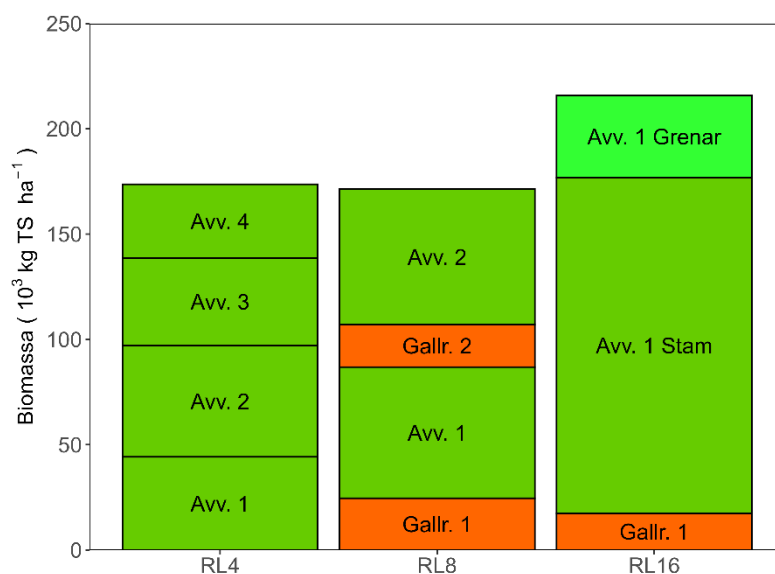
Tabell 1. Aritmetisk medel för brösthöjdsdiameter och trädhöjd vid slutavverkning för olika försöksled och generationer. Medel visas för alla mätta träd (alla) samt för träd som motsvara de 1000 grövsta per hektar (grövsta). Grundyta redovisas för levande träd och totalt, inklusive döda träd. För RL8 ingår enbart träd i rader mellan stråken. För RL16 ingår enbart numererade träd.

Försöksled	Rotation	Diameter (centimeter)		Höjd (meter)		Grundyta (kvadratmeter per hektar)	
		Alla	Grövsta	Alla	Grövsta	Levande	Totalt
RL4	1	2,9	5,3	6,7	9,3	26,8	29,3
	2	2,1	5,9	5,0	8,8	32,7	34,2
	3	2,8	5,2	5,9	8,8	28,5	30,3
	4	2,7	5,1	6,5	9,6	17,3	18,7
RL8	1	3,6	10,4	7,2	13,3	27,4	27,5
	2	4,6	9,5	9,2	15,2	21,9	23,2
RL16	1	19,4	20,3	23,7	24,3	34,4	34,4

Det schematiska uttaget vid stråkgallringarna omfattade 62 % respektive 74 % av arealen i RL8 och RL16. Vid den selektiva röjningen i RL16

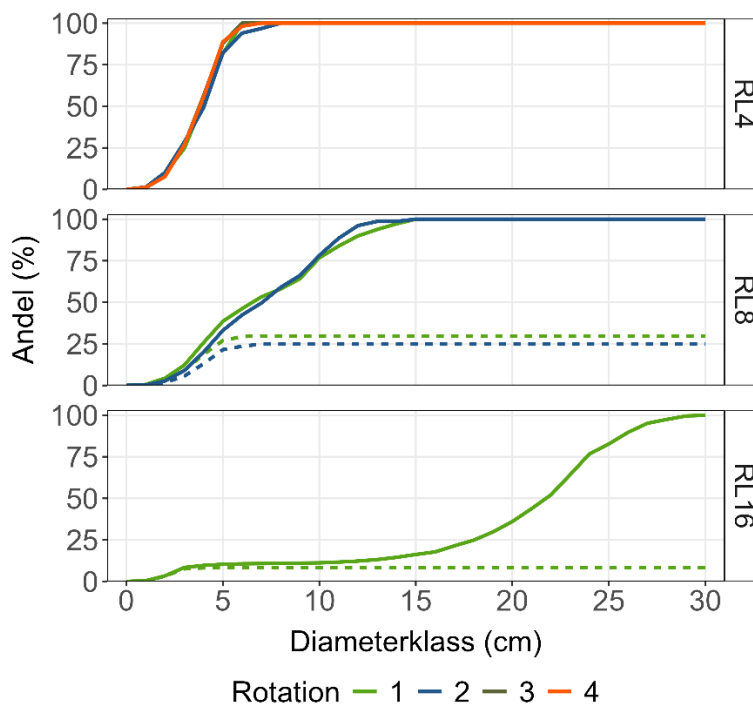
fälldes 95 % av stamantalet och 80 % av grundytan och lämnades i beståndet.

Inom RL4 var uttaget av biomassa störst i den andra rotationen och lägst i den fjärde och sista (Fig. 10). Uttaget av biomassa var lika stort i första och andra rotationen inom RL8. Inga skillnader observerades mellan den första och andra rotationen inom RL8. I RL8 stod stråkgallringarna för 28 % av det totala uttaget. Sätt över hela den studerade 16-årsperioden låg uttaget av biomassa i RL4 och RL8 på samma nivå. Det totala uttaget för hela försöksperioden var högst i RL16. Stråkgallringen stod för 8 % av uttaget i detta försöksled. Vid slutavverkning utgjorde stammar 80 % av den totala biomassan. Vid röjning fälldes 16 ton torrsubstans per hektar och lämnades på försöksytorna. Medelproduktionen av tillgänglig biomassa från levande träd var 11, 11 och 13 ton torrsubstans per hektar och år under försöksperioden för RL4, RL8 respektive RL16.



Figur 10. Avverkad biomassa från levande träd under försöksperioden på 16 år. Under perioden har RL4, RL8 och RL16 fullföljt fyra, två respektive en rotationsperiod. Uttag har gjorts vid stråkgallring (RL8 och RL16, orange) och slutavverkning (grön). Siffran i staplarna anger under vilken rotationsperiod som uttaget gjorts. För RL16 redovisas biomassauttaget vid slutavverkning fördelat på stamved och grenar.

Den uttagna biomassans fördelning på olika diameterklasser skilde sig åt mellan försöksleden (Fig. 11). Stammar klenare än 4 centimeter utgjorde 75 % av den levande biomassan i RL4 och 25 % i RL8. I RL8 fälldes merparten av dessa stammar i samband med stråkgallringen. I RL8 och RL16 var hälften av biomassan fördelad på diameterklasserna 7 respektive 23 centimeter och grövre.



Figur 11. Andelen biomassa ackumulerad över stigande stamdiameter. Andelen uttrycks som procent av den totala avverkade biomassan under respektive rotation. Under försöksperioden på 16 år har RL4, RL8 och RL16 fullföljt fyra, två respektive en rotationsperiod. Uttagen avser stråkgallring (RL8 och RL16, streckad linje) och slutavverkning (heldragen linje).

Den första rotationen bestod till övervägande delen av rotskott. För varje rotation i RL4 ökade andel skott med ursprung från stubbar (Fig. 5). I slutet av den fjärde rotationen i RL4 bedömdes 69% av skotten härröra från stubbar. För den andra generationen i RL8 var motsvarande siffra 53%.

Diskussion

Antalet levande skott en tillväxtsång efter avverkning var högt (>57 000 per hektar) för alla generationer i RL4 och RL8. Det fanns därför goda förutsättningar att skapa täta och slutna bestånd i alla generationer genom hela försöksperioden. Det initiala antalet skott är på samma nivå som observationer från tidigare studier med hybridasp (Liesebach 1999, Mc Carthy & Rytter 2015). Redan andra året efter föryngring minskade antalet skott kraftigt och efter fyra år i RL4 var antalet levande skott ungefär hälften jämfört med efter en tillväxtsång. En kraftig självagallring i unga skottföryngringar med asp har också noterats in andra studier (Berry & Stiell 1978, Doucet 1989, Liesebach 1999, Mc Carthy & Rytter 2015). Vid slutavverkning i RL4 var dock föryngringarna fortfarande täta med över 25 000 stammar per hektar i medeltal. Efter stråkgallring i RL8 var

2026-03-01

2026-203373-0001

förändringarna i antalet levande skott små fram till slutavverkning. Det samma gällde för RL16 från röjning fram till slutavverkning. Ett syfte med de tidiga ingreppen, förutom ett tidigt uttag av biomassa, var just att minska självgallringen.

Medeltillväxten (netto, enbart uttagen biomassa) var 11-13 ton torrs substans per hektar och år för hela försöksperioden. Det är en hög nivå jämfört med tidigare studier av hybridaspens produktion (ex. Tullus m.fl. 2012, Tullus m.fl. 2013, Fahlvik m.fl. 2019). Det potentiella uttaget av biomassa under hela försöksperioden var störst inom RL16, om även grenarna hos de stora träden inkluderas i uttaget. Uttaget i RL4 och RL8 låg på samma nivå. En förklaring till det större uttaget i RL16 kan vara den tidiga reduceringen av stamantalet vid stråkgallringen efter två år och röjningen efter fyra år. Genom att i ett tidigt skede minska konkurrensen kan tillväxten koncentreras på ett färre antal träd i stället för att gå förlorad i självagallring. Samtidigt kan kraftiga gallringsuttag leda till minskad produktion (Pettersson 1993, Mäkinen & Isomäki 2004). Den tidiga tillväxten i detta försök har tidigare sammanställts av Rytter & Rytter (2017). I studien fanns det en tendens till lägre produktion i RL16 jämfört med övriga försöksled åren efter enkelställningen till ca 1200 stammar per hektar. Vid åtta års ålder, det vill säga fyra år efter röjningen, var medelproduktionen åter på samma nivå som för övrig försöksled.

Ett viktigt syfte med studien var att studera tillväxtens uthållighet vid upprepade, korta avverkningsintervall. För RL8 fanns ingen tendens till minskad tillväxt under försöksperioden. För RL4 fanns det en tydlig variation i antalet skott och biomassaproduktion mellan rotationerna. I medeltal var antalet skott störst i den andra generationen. Efter den andra rotationen minskade stamantalet och var lägst i det fjärde och sista omdrevet. Samma mönster gällde för produktionen. En faktor som kan ha påverkat skottskjutningen kan vara förändringar i skottens ursprung. I den första rotationen bestod förnygringen uteslutande av rotskott. Inom RL4 ökade därefter andel skott i anslutning till stubbar och dessa skott dominerade i slutet av den fjärde rotationen. Ett liknande mönster observerades för amerikans asp i en studie med olika avverkningsintervall (Perala 1979). Årsmånen kan också ha betydelse. Låga temperaturer kan hämma skottskjutning och tillväxt (Fraser m.fl. 2002, Landhäusser m.fl. 2006). Även torra och fuktiga förhållanden kan vara hämmande för skottens utveckling (Frey m.fl. 2003). Orsaken till det lägre stamantalet och den lägre produktionen i den fjärde rotationen inom RL4 har inte gått att fastställa i denna studie. Det kan vara ett tecken på en avmattning av produktionsförmågan vid täta avverkningsintervall. Rotröta kan vara en bidragande orsak till en minskad tillväxt i skottförnygringar av asp. I en amerikansk undersökning studerades rotröta orsakad av *Armillaria* i

aspbestånd med korta avverkningsintervall (Stanosz & Patton 1987). I studien var skott från stubbar mer infekterade än rotskott. Efter tre omdrev med 4-5 års avverkningsintervall minskade skottskjutningen kraftigt. Förekomsten av rotröta inom försöket i detta projekt är något som bör följas upp.

Val av skötselprogram har haft stor påverkan på träddimensionen och därmed på möjliga sortiment vid slutavverkning. De klenare dimensionerna i RL4 och RL8 gör att dessa skötselalternativ framför allt är inriktade på biomassaproduktion. Den grövre dimensionen på träden i RL16 gör det möjligt att anpassa sortimenten vid slutavverkning efter vad som ger bäst avkastning. Både biomassaskörd och skörd av traditionella rundvirkessortiment är möjligt. Vid slutavverkning av RL16 hade i stort sett alla träd en diameter grövre än 8 centimeter i brösthöjd och 60 % av stamantalet hade en diameter grövre än 20-30 cm. Det talar för att medparten av träden kan apteras som antingen massaved eller timmer. Slutavverkningen av RL16 kan utföras med konventionella skogsmaskiner. Det saknas idag rationell och kostnadseffektiv teknik för skörd av täta skottuppslag.

Slutsatser

Vegetativa föryngringar med hybridasp har en snabb initial tillväxt och kan nå en hög biomassaproduktion även vid korta omloppstider.

Det lägre antal skott och den lägre tillväxten vid den senaste rotationen i RL4 kan indikera att fyra år är ett för ett kort intervall för en uthållig produktion vid upprepade uttag,

RL16 kombinerade en stor biomassa med en hög andel av träd som uppnått gagnvirkesdimension vid slutavverkning. Alternativet erbjuder således en flexibilitet gentemot marknaden.

Rotskott dominerade i den första rotationen men andelen skott med ursprung från stubbar ökade med tiden vid upprepade skördar.

Publikationslista

Fahlvik, N. Sustainable cultivation of root sucker generated hybrid aspen. Nordic-Baltic Forest Growth and Yield conference August 26 - 28, 2025 Tartu, Estonia. Konferensbidrag. <https://nbgymu.ee/>

Referenser, källor

Berry A B, Stiel W M. 1978. Effect of rotation length on productivity of aspen sucker stands. *The Forestry Chronicle* 54(5):265-7.

European Parliament and the Council of the European Union, Directive 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources, in: *Official Journal of the European Union*, Publications office of the European Union, Luxembourg, 2018.

Doucet R. 1989. Regeneration silviculture of aspen. *The Forestry Chronicle*, 65(1), pp.23-27.

Fahlvik N, Hjelm K, Mc Carthy R, Rytter L. 2018. Kan snabbväxande löv etableras problemfritt? Skogforsk. Arbetsrapport 976-2018.

Fahlvik N, Rytter L, Stener L G. 2019. Production of hybrid aspen on agricultural land during one rotation in southern Sweden. *Journal of Forestry Research* 32: 181-189.

Fraser E, Lieffers V J, Landhäusser S M, Frey B. 2002. Soil nutrition and temperature as drivers of trembling aspen root suckering. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 1685-1691.

Frey B R, Lieffers V J, Landhäusser S M, Comeau P G, Greenway K J. 2003. An analysis of sucker regeneration of trembling aspen. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 1169-1179.

Johnsson H. 1953. Hybridaspens ungdomsutveckling och ett försök till framtidsprognos. *Svenska Skogsvårdsförbundets Tidskrift* 51, 73-96.

Landhäusser S M, Lieffers V J, Mulak T. 2006. Effects of soil temperature and time of decapitation on sucker initiation of intact *Populus tremuloides* root systems. *Scandinavian journal of forest research*, 21(4): 299-305.

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.

Mc Carthy R, Rytter L. 2015. Productivity and thinning effects in hybrid aspen root sucker stands. *Forest Ecology and Management* 354: 215-223.

2026-03-01

2026-203373-0001

Mäkinen H, Isomäki A. 2004. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management* 201(2-3): 311-325.

Näslund M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd, tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut 36:3. Stockholm.

Olesen P O. 1971. Water displacement method; a fast and accurate method of determining the green volume of wood sample. *Forest Tree Improvement*, Arboretet, Hørsholm, Denmark, 23.

Perala D A. 1979. Regeneration and productivity of aspen grown on repeated short rotations. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Research paper NC-176.

Persson P-O, Rytter L, Johansson T, Hjelm B. 2015. Handbok för odlare av pop-pel och hybridasp. Jordbruksverket, Jönköping, 23 s.

Pettersson N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8(1-4), pp.528-539.

Regeringens proposition 2016/17:146. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige. Stockholm: Miljö- och energidepartementet.

Rytter L, Rytter R M. 2017. Productivity and sustainability of hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) root sucker stands with varying management strategies. *Forest Ecology and Management* 401: 223-232.

Stanosz G R, Patton R F. 1987. Armillaria root rot in aspen stands after repeated short rotations. *Canadian Journal of Forest Research*. 17(9): 1001-1005.

Tullus A, Rytter L, Tullus T, Weih M, Tullus H. 2012. Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(1): 10-29.

Tullus H, Tullus A, Rytter L. 2013. Short-rotation forestry for supplying biomass for energy production. I: Kellomäki S, Kilpeläinen A, Alam A (red) *Forest BioEnergy production: management, carbon sequestration and adaptation*. Springer Verlag, New York, pp 39–56.