



Är förekomst av knäckesjuka i tallföryngringar mindre på stora naturvårdsaspar än på aspsly?

A comparative study on pine twisting rust occurrence between mature aspens and aspen suckers in Scots pine regenerations

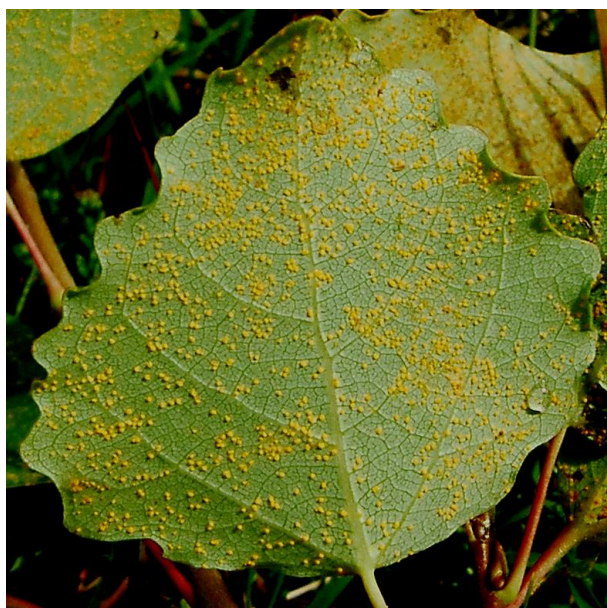


Foto: Per Hansson, SLU

Maja Löfstrand



Är förekomst av knäckesjuka i tallföryngringar mindre på stora naturvårdsaspar än på aspsly?

A comparative study on pine twisting rust occurrence between mature aspens and aspen suckers in Scots pine regenerations

Maja Löfstrand

Nyckelord / Keywords:

Knäckesjuka, *Melampsora pinitorqua*, sporspridning, naturvårdsasp, *Populus tremula*, uredosporer, teleutosporer, rostsvampar / *Pine twisting rust, Melampsora pinitorqua*, spore dispersal, European aspen, *Populus tremula*, urediniospores, teliospores, rust fungus

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Förord

Examensarbetet är på 30 poäng i ämnet skogshushållning med inriktning mot tillämpad skogspatologi och det har utförts vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruks universitet (SLU). Mina handledare på institutionen har varit SkogD Andreas Bernhold och Docent Per Hansson. Fältarbetet genomfördes under september 2008 och litteraturstudie och det skriftliga arbetet utfördes i oktober 2008 till och med juni 2009.

Jag vill tacka Andreas och Per för god handledning. Jag vill även tacka Anders Molin, privat markägare utanför Nordmaling, eftersom jag fick komma dit och studera aspar på två olika lokaler. Vill även tacka David Rönnblom, produktionsledare på Holmen skog, för att han hjälpte till med kartor över tänkbara lokaler för studien. Slutligen vill jag tacka Åsa Fjällborg som har hjälpt till med fältarbetet och Frida Carlstedt och Ylva Vänglund-Linnman för stödet under skrivandet av rapporten.

Maja Löfstrand

Abstract

Pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*) is a parasitic rust fungus found all across Sweden causing damage resulting in lower quality and reduced tree growth in pine stands. In Sweden, the fungus is dependent on two alternate hosts; European aspen (*Populus tremula*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*). Pine twisting rust has five different spore stages, two of them (uredinio- and teliospores) on the leaves of aspen. Injuries on aspen caused by pine twisting rust is not extensive. On the other hand, when it infects the annual shoots of Scots pine it often results in a bent stem or even a top shoot breakage. Aspens provide an essential environment for a lot of different plants and animals. Therefore, the forestry of today often retains mature aspens in pine regenerations for conservation purposes. The aim of this study was to evaluate if leaves on young aspens sprouts contain more spores of pine twisting rust than leaves on mature aspens and therefore in higher extent might spread the disease. The field study was conducted in the county of Västerbotten, during the autumn 2008, in nine infected pine regenerations with retained mature aspen and young aspens sprout. Proportion of infected leaves and coverage of spores in the tree tops was estimated by using a telescope of highest quality. For each mature aspen, leaves from four different heights, in total 100 leaves per aspen, were studied. For comparison, spore occurrence and coverage of 100 leaves on the surrounding aspen suckers ($r = 10\text{m}$) was estimated. In total, 41 mature aspens were included in the study. To evaluate whether infected leaves falls from the trees earlier, a pilot study was conducted at one site. Additionally, a short questionnaire was sent to forest organizations to investigate how forest owners' look at pine twisting rust. The result of the study showed that the occurrence of spores was three times higher, and the coverage of spores, five times higher, on aspen sprouts than on mature aspens. There was no significant difference in spore occurrence in aspens tops. There were a few infected leaves even at 25-30 m height. The results indicate that mature aspen are less important compared to aspen sprouts for the spread of pine twisting rust. Thus, management practices in Scots pine regeneration should incorporate control of the more infected aspen suckers. It could also be wise to avoid planting Scots pine on fertile sites where frequency of aspen often is high.

Keywords: pine twisting rust, *Melampsora pinitorqua*, spore dispersal, European aspen, *Populus tremula*, urediniospores, teliospores, rust fungus

Sammanfattning

Knäckesjuka (*Melampsora pinitorqua*) är en rostsvamp som förekommer i hela Sverige och orsakar skador i tallföryngringar i form av försämrad kvalitet och tillväxtförluster. I Sverige värdväxlar svampen mellan asp (*Populus tremula*) och inhemsk tall (*Pinus sylvestris*). Aspens blad hyser två av knäckesjukans totalt fem sporstadier. På asp innebär inte angrepp några betydande skador. På värdväxten tall däremot angrips årskotten som kan böjas ned eller knäckas av angreppet. Asp är en mycket viktig livsmiljö för flera växt och djurarter och i dagens skogsbruk lämnas ofta aspar på hygget vid avverkning för naturvårdshänsyn. Syftet med studien var att utvärdera om löv på aspsly i högre utsträckning kan antas sprida knäckesjuka genom att hysa fler sporer av knäckesjuka än kvarlämnade stora aspar, s.k. "naturvårdsaspar". Fältstudien utfördes i Västerbottens kustland under hösten 2008 i nio infekterade tallföryngringar med både kvarlämnade stora aspar och aspsly. Bedömningen av sportäkningsgraden, uppe i aspkronorna, skedde okulärt med hjälp av en kvalitetstubbikare. För varje asp bedömdes löv på fyra olika mäthöjder, totalt 100 löv per asp. Som en jämförelse bedömdes sportäkningsgraden på lika många löv från aspsly inom en radie på 10 meter kring varje stor asp. I studien ingick totalt 41 naturvårdsaspar. Det visade sig att andelen infekterade löv var tre gånger högre och sportäkningsgraden fem gånger högre för löv från aspsly än för löv från stora aspar. Inom naturvårdsasparnas kronor gick det inte att se någon tydlig infektionsminskning med ökad höjd och infekterade löv återfanns även i toppen av kronorna på 25-30 m höga träd. Eftersom studien utfördes sent på hösten undersöktes på en av lokalerna om kraftigt infekterade löv faller av träden tidigare. För att undersöka hur knäckesjuka uppfattas i det praktiska skogsbruket skickades även en enkel enkät ut till skogsorganisationer. Med hänsyn till resultatet av studien så bedöms inte kvarlämnade naturvårdsaspar på hygget i sig orsaka omfattande skador av knäckesjuka på tallföryngringar. Åtgärder för att förhindra att skador uppkommer bör därför inriktas på att förhindra uppkomsten av det mer infekterade aspslyet i samband med föryngring av tall. För att undvika skador av knäckesjuka på bördigare marker med ett stort aspuppslag kan andra trädslag än tall övervägas, exempelvis gran.

Nyckelord: knäckesjuka, *Melampsora pinitorqua*, sporspridning, naturvårdsasp, *Populus tremula*, uredosporer, teleutosporer, rostsvampar

Innehållsförteckning

Inledning.....	6
Knäckesjuka	6
<i>Förekomst</i>	6
<i>Biologi – livscykel</i>	6
<i>Skador på tallen</i>	8
Asp	9
<i>Biologisk mångfald</i>	9
<i>Asp i landskapet</i>	9
<i>Föryngring</i>	9
Syfte	10
Material och metod.....	11
Datainsamling	11
Statistisk analys	13
Lövfällningsstudie	14
Enkätstudie	15
Resultat	16
Sporinfektion inverkan på lövfällning	21
Enkätstudie	22
Diskussion	23
Slutsatser.....	27
Referenser	28
Bilaga Enkäten; frågor och svar.....	31

Inledning

Knäckesjuka

Förekomst

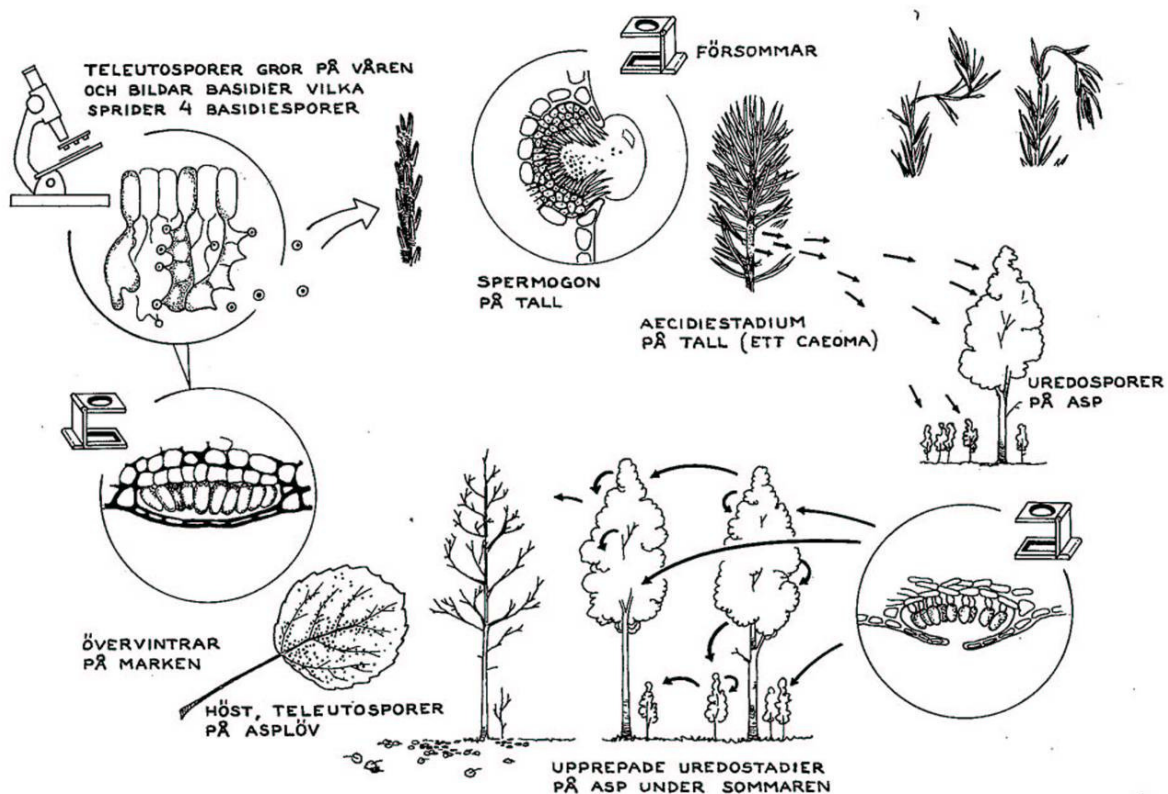
Knäckesjuka (*Melampsora pinitorqua*) är en svampskadegörare som angriper årsskotten på framför allt tall (*Pinus sylvestris*) vilket kan innebära att skottet böjs eller knäcks och det kan medföra nedsatt kvalitet eller att tallplantor dör. Under svenska förhållanden är det den inhemska tallen och asp (*Populus tremula*) som agerar värdväxter åt knäckesjuka. Knäckesjukan återfinns i så gott som hela Europa samt stora delar av Norra Asien (Klingström 1969). Studier, framför allt i Italien, har visat att knäckesjuka, utöver tall, även kan angripa flera tvåbarriga tallarter såsom *Pinus pinea*, *P. pinaster* och *P. halepensis* (Longo m.fl. 1975). Knäckesjuka kan även infektera arter av släktena *Pseudotsuga* och *Larix* (Longo m.fl. 1975). Contortatallen (*Pinus contorta*) har dock visat sig vara i det närmaste resistent (Bergman 1954). Av *Populus*-arterna är det flera som är alternativa värdväxter för knäckesjukans sporer (Klingström 1969). Knäckesjuka förekommer i hela Sverige men är som skadegörare mest uppmärksam i norra Sverige.

Släktet *Melampsora*, till vilket knäckesjuka hör, är omfattande och flera arter har en skoglig betydelse som skadegörare. I Sverige är det dock främst *M. pinitorqua* som orsakar skador (Klingström 1969). I övriga Europa finns däremot flera arter av *Melampsora* som är skadegörare på träd och där valet av alternativa värdväxter varierar och det medför att sporer på aspladen kan vara av olika arter. Av dessa brukar fyra arter (*M. pinitorqua*, *M. larici-tremulae*, *M. rostrupii* och *M. magnusiana*), vars ena värdväxt är asp, benämnas med samlingsnamnet *Melampsora populnea*. Arterna skiljs inte åt genom morfologiska karaktärer utan genom valet av värdväxt (Hylander m.fl. 1953). Värdväxter för *M. populnea* är förutom tall (*Pinus spp.*) lärk (*Larix spp.*), skogsbingel (*Mercurialis perennis*), skelört (*Chelidonium majus*) och nunneörter, (*Corydalis spp.*) (Pei & Shang 2005).

Biologi – livscykel

Knäckesjukan är en rostsvamp. Rostsvampar hör till gruppen basidiesvampar, eller basidiomyceter, och hit räknas även de flesta av våra matsvampar. Rostsvampar är obligata parasiter, vilket innebär att de kräver en eller flera specifika levande värdväxter för att fortleva. Flera rostsvampar förekommer som parasiter i Sverige, t.ex. törskate (*Cronartium flaccidum* & *Peridermium pini*) och grankotterost (*Thekopsora areolatum*) (Eidman & Klingström 1990).

Redan i slutet av 1800-talet utfördes forskning om knäckesjukans biologi. I början av 1900-talet sammanställdes och kompletterades denna forskning i Sverige av Sylvén (1917). Andra forskare har sedan fortsatt med beskrivningen av svampens biologi, däribland Kurkela (1973) som bland annat studerade knäckesjukans olika sporstadiers spridningsförmåga och gröningsförmåga under skilda väderförhållanden.



Figur 1. Knäkesjukans livscykel under ett år (Från: Eidman & Klingström 1990).

Knäkesjuka har totalt fem sporstadiet, varav spermatier och aecidiesporer utvecklas på tallskotten och uredosporer (sommarsporer), teleutosporer (vintersporer) och basidiesporer utvecklas på aspladens undersidor (Eidman & Klingström 1990) (Figur 1).

På våren vid fuktig väderlek och relativt hög lufttemperatur (Siwecki 1973; Klingström 1963), gror teleutosporerna på aspladen och bildar där basidier med fyra stycken basidiesporer (Klingström 1963). Basidiesporema sprids sedan från asplöven till tallskotten där de gror. En groningshämmning hindrar att teleutosporer gror för tidigt på våren (Klingström 1963). Tallskotten är endast mottagliga för infektion under en begränsad tid av skottskjutningen eftersom tallskott innehåller ämnen, inhibitorer, som verkar hämmande på basidiesporernas groningsförmåga. Mängden av dessa ämnen är lägre under skottsträckningen. Detta innebär att gynnsam väderlek och minimal groningshämmning måste sammanfalla med tallens skottsträckning för att svåra infektioner av tall ska ske. Halten av inhibitorer varierar mellan olika tallar vilket medför att vissa tallar är mer resistent än andra (Klingström 1963).

Efter infektion av tallskott med basidiesporer bildas det med tiden aecidiesporer på tallen (Sylvén 1917). Antalet aecidiesporer beror på hur många basidiesporer som infekterar tallskotten samt i vilken utsträckning aecidiesporansamlingar, så kallade caeoma, utvecklas på tallskotten (Kurkela 1973).

Aecidiesporerna sprids i början av sommaren (Kurkela 1973) till asplöven, där de gror och bildar mycel i bladvävnaden (Sylvén 1917). Efter ett antal dagar bildas gula uredosporer på aspbladets undersida (Kurkela 1973). För att uredosporer ska gro krävs det att de utsätts för fritt vatten under spridningen eftersom vattnet lakar ur en groningshämmande substans. När groningshämningen upphör gror sporen relativt snabbt, i allmänhet inom några timmar. Detta är en anpassning till relativt korta perioder av hög fuktighet i kombination med värme som krävs för att sporens hyfer ska ta sig in genom bladets klyvöppningar (Strange 2003). När sporerna är mogna sprängs hylllet samt utanliggande bladvävnad och sporena kan spridas för vinden och infektera nya asplöv och där genast gro och bilda nytt mycel. Flera generationer uredosporer kan därför efterträda varandra under en sommar vilket innebär att en omfattande sporspridning mellan aspar kan ske. Gulgröna fläckar på bladets översida ger tidigt en hänvisning om svampinfektion och då ses på undersidan av lövet gultpunkterade uredosporsamlingar. Genom nyinfektioner av uredosporer under sommaren ökar täckningsgraden av sporer successivt och det medför att lövets undersida så småningom blir gultpudrat av frilagda sporer (Sylvén 1917). Infektion av knäckesjuka gör att klorofyllet i löven bryts ned och det innebär att löven gulnar (Kurkela 1973; Mlodzianowski & Siwecki 1974).

I augusti börjar bildningen av teleutosporer på bladets undersida. Sporena bildas från samma mycel som tidigare bildade uredosporer (Sylvén 1917). I de fall teleutosporer bildas på aspbladens undersida är de 2-5 gånger fler än uredosporerna (Kurkela 1973). Teleutosporerna är först ljusare bruna för att senare på hösten mörkna till svarta något upphöjda fläckar. De aspblad som är kraftigast infekterade är nästan brunsvarta på undersidan vid tiden för lövfällning. Kraftiga angrepp av svampmycelet kan torka ut bladen så till den grad att de dör innan det bildas teleutosporer (Sylvén 1917). Teleutosporerna övervintrar på bladets undersida för att sedan gro ut till nya basidier med basidiesporer på våren.

Skador på tallen

Knäckesjuka angriper tallskott samt i undantagsfall även späda tallbarr. Knäckesjuka kan i början av sommaren, under en kortare tid, ses på tallskott som rostfärgade aecidiesporsamlingar (Eidman & Klingström 1990) och de kan bli upp till 2 cm långa (Pei & Shang 2005). Vid svåra angrepp kan tallskottet dö och vid lindrigare angrepp kan skottet försvagas vid angreppsstället så att det böjs ner (Figur 2). Om tallskottet senare rätar upp sig bildas en karakteristisk S-böj. I bästa fall medför svampangreppen skador som endast lämnar små ärr på barken. I de mer allvarliga fallen, när toppskottet böjs eller dör, kan bestående kvalitetsfel på rotstocken, t.ex. dubbeltopp och sprötkvist, bli följden. Omfattande angrepp som innebär toppskottbyte och/eller svårt skadade grenar medför även en försämrad tillväxt (Klingström 1969; Martinsson 1985). Den försämrade tillväxten innebär att tallplantan är mottaglig för andra skadegörare under en längre tid, däribland snöskytte (*Phacidium infestans*) vilken angriper snötäckta tallbarr (Klingström 1969).



Figur 2. Tallskott skadat av knäckesjuka. Foto: Per Hansson, SLU

Angrepp av knäckesjuka har visats på 50 år gamla tallar (Kardell 1966). I praktiken orsakar emellertid knäckesjuka de största skadorna på yngre tallbestånd. Det är större risk för permanenta skador eller att plantan dör, ju yngre plantorna är vid angreppet (Klingström 1969). Skador orsakade av knäckesjuka på tall ökar även med ökande förekomst av aspsly samt på lokaler med högre bonitet (Mattila 2005).

Asp

Biologisk mångfald

I det svenska skogslandskapet har aspen en ekologisk nyckelroll som värdväxt. Inslag av asp är därför mycket viktigt för den biologiska mångfalden (Essen m.fl. 1997). Aspen uppskattas av ett stort antal växt och djurarter tack vare egenskaper som näringsrik lövförna, mjuk och lätt bearbetad ved samt en tjock bark som håller kvar fukt (Almgren 1990). Aspen överträffar de ädla lövträden vad gäller antalet lav-, svamp- och mossarter som är helt beroende av trädslaget. När det gäller artrikedomen av mindre trädartsberoende insekter är asp, även här, överlägsen de flesta andra trädslag. I norra Sverige finns arter på asp som i södra Sverige är knutna till ek, lind och bok (Almgren 1990). Flera snäckor lever av den närings- och kalkrika aspföman, däribland flera hotade arter (Suominen 2002). Asp är även en uppskattad foderväxt åt däggdjur såsom älg (*Alces alces*) och skogshare (*Lepus timidus*) (Almgren 1990). För den utrotningshotade vitryggiga hackspetten (*Dendroccopos leucotos*) är murkad aspved viktig för födosök efter insektslarver. Vintertid är även yngre levande aspar, 5-20 cm tjocka viktiga eftersom de utgör habitat åt aspvedbock (*Saperda carcharias*) som vintertid är föda åt den vitryggiga hackspetten (Nuorteva 1980). Av hackspettsarterna föredrar flera asp som boträd. Äldre kvarlämnade aspar på hyggen är särskilt viktiga boträd för gråspetten (*Picus canus*) samt den vitryggiga hackspetten (Gjerde 2005). De gamla hackspettshålen används sedan som bohål av många andra fågelarter (Almgren 1990).

Asp i landskapet

Skogsstyrelsen gjorde 1995 en aktionsplan för biologisk mångfald och uthålligt skogsbruk (Walin m.fl. 1995). Den ändrade skogsbrukspolitiken, med likställda miljö- och produktionsmål, har bland annat medfört att asp ofta lämnas fristående eller i grupper vid avverkning (Skogsstyrelsen 1997). Asp har tidigare aktivt avlägsnats från skogsbruket genom bl.a. ringbarkning några år innan avverkning samt genom användning av herbicider (Latva-Karjanmaa 2006). I det norrländska skogsbruket har tallen gynnats och det i sin tur har medfört att asp aktivt avlägsnats på grund av knäckesjuka (Kurkela 1973). Eftersom asp är en omtyckt foderväxt hämmas även återväxten av asp av en hög viltstam. Även minskade arealer bränd skogsmark har påverkat aspförekomsten då brand är en markstörning som gynnar förnygring av asp (Essen m.fl. 1997). I dagens skogsbruk är antalet hänsynsaspar (brh >15 cm) som lämnas vid förnygringsavverkning i medel 0,7 per hektar (2005 -2007) (Anon 2008 a). Av det totala virkesförrådet på skogsmark utgör asp idag 1,4 % och det motsvarar 42,9 milj. m³sk (Anon 2008 b).

Förnygring

Aspen producerar stora mängder frön men förnygringen sker ändå till största del med rotskott eftersom det är svårt för grodplantorna att etablera sig (Zackrisson 1985; Almgren 1990; Håkansson 2000). Mängden aspsly som uppkommer på hygget efter avverkning av asp verkar ha

en mängd orsaker t.ex. markstörning, konkurrens, aspbiomassa innan störning, samt olika abiotiska miljöförutsättningar, t.ex. temperatur, näring och ljusförhållanden (Frey m.fl. 2003). Den primära orsaken till att rotskott inte bildas är dock apikal dominans d.v.s. flöde av hormonet auxin från växande toppskott till rötterna (Eliasson 1971). När den apikala dominansen bryts exempelvis genom att aspen avverkas bildas en mängd rotskott och de kan bli så många som 50 000- 100 000 per hektar (Børset 1985). Merparten av rotskotten uppkommer under den första växtsäsongen efter en avverkning eftersom apikal dominans verkar återuppstå en kort tid efter det att de första rotskotten har bildas (Eliasson 1971; Kransy & Jonson 1992). Det är klenare rötter nära markytan som producerar merparten av rotskotten (Worell 1995). Aspens rötter kan leva kvar i den slutna skogen med hjälp av ett fåtal rotskott, långt efter det att moderträdet försvunnit. Det innebär att vid en avverkning kan stora mängder rotskott växa upp trots att inga stora aspar finns kvar på hygget (Worell 1995).

Syfte

Ändrade skogspolitiska ambitioner med mål att bevara den biologiska mångfalden har medfört att grova aspar regelbundet lämnas kvar för naturvårdande ändamål vid slutavverkningar. Knäckesjuka (*Melampsora pinitorqua*), som värdväxlar mellan asp och tall, kan dock orsaka omfattande skador på tallar i en föryngring. Syftet med studien var att undersöka sporförekomsten på kortvuxet (ofta betat) aspsly i jämförelse med större kvarlämnade "naturvårdsaspar" för att därigenom kunna värdera vilka aspar som i huvudsak sprider knäckesjuka.

Studiens hypotes är att förekomsten av knäckesjukans uredo- och teleutosporer är mindre uppe i kronan på stora naturvårdsaspar jämfört med på aspsly samt att sportäckningsgraden minskar högre upp i kronan.

Material och metod

Studien utfördes norr om Sävar (sju lokaler) och öster om Nordmaling (två lokaler) i södra Västerbottens kustland (Tabell 1). Urvalskriterierna var att det skulle finnas naturvårdsaspar kvarlämnade ute på hygget, att föryngringen till största del bestod av tall med medelhöjden 0,5-2 m och att det fanns skador orsakade av knäcksjuka i tallföryngringen. Till hjälp för att finna lämpliga hyggen utnyttjades Skogsstyrelsens avverkningsanmälningar, Holmen Skogs databas över unga planteringar och beståndsdata från satellitbildsskattningar, bl.a. data över aspkloner (SLU, Umeå). Sex av bestånden ägdes av Holmen Skog och tre av privata markägare (Lokal E, H och I). Lokal A var bränd år 2000 och där var föryngringen av tall och aspsly mycket tät. Lokal C, D och G hade relativt låg andel tallar med symptom av knäcksjuka. Lokal E var endast någon hektar stor och antalet kvarlämnade naturvårdsaspar var så stort att det liknade en lövskärm.

Datainsamling

Förekomst och täckningsgrad av knäcksjuka mättes på löv från naturvårdsaspar (stora aspar) samt på löv från angränsande aspsly. Antalet naturvårdsaspar som var kvarlämnade på hyggerna och därför kunde studeras inom ramen för detta examensarbete varierade från två till tio stycken per lokal. Totalt för hela studien bedömdes 41 naturvårdsaspar.

Tabell 1. Deskriptiva data för de inventerade lokalerna.

Lokal	Inventerings datum	Latitud/Longitud (WGS 84)	Höjd över havet (m)	Antal hektar (ha) per lokal*	Antal inv. naturvårdsaspar per lokal	Medelhöjd naturvårdsaspar (intervall) (m)
A	2008-09-12	64° 00' N 20° 34' E	77	17	2	20 (19-21)
B	2008-09-14	63° 58' N 20° 39' E	44	9,4	10	19 (16-22)
C	2008-09-15	63° 58' N 20° 38' E	53	4,1	2	26 (25-27)
D	2008-09-16	63° 57' N 20° 39' E	55	21	7	17 (14-23)
E	2008-09-17	63° 56' N 20° 34' E	35	1,5	6	20 (18-24)
F	2008-09-17	64° 00' N 20° 34' E	38	4,7	3	17 (15-20)
G	2008-09-18	63° 59' N 20° 34' E	67	10	5	17 (16-20)
H	2008-09-24	63° 30' N 19° 42' E	12	7	4	25 (22-27)
I	2008-09-24	63° 30' N 19° 41' E	20	4	2	27 (27-27)

* Arealuppgifter (Fjällborg 2009)

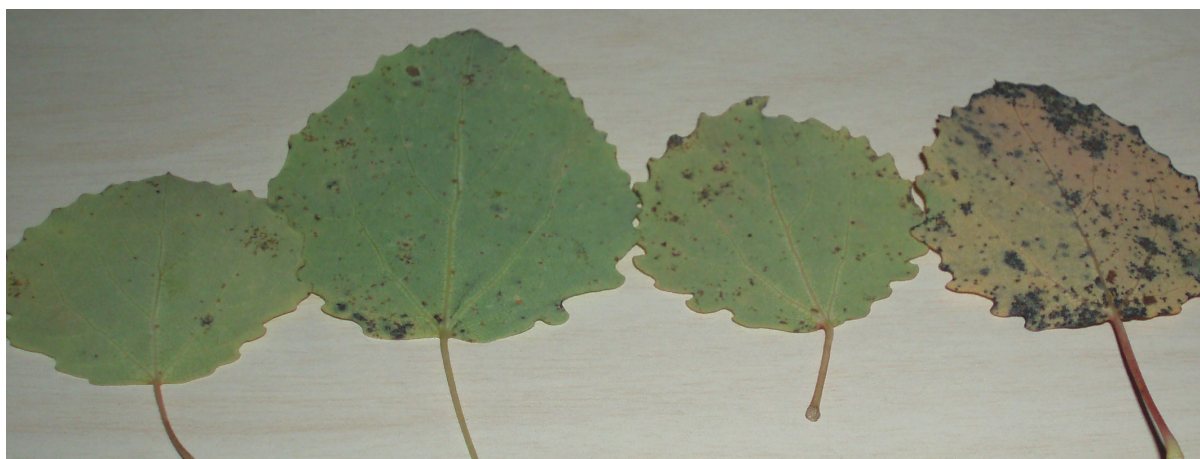
Avståndet mellan de studerade naturvårdsasparna var minst 20 meter och även aspar belägna i beståndskant valdes. Var avståndet mellan asparna mindre än 20 meter valdes den asp där det var lättast att bedöma asplövens undersidor. I de fall aspgruppen var stor valdes flera aspar, dock med minsta avstånd 20 meter. De aspar som bedömdes ha tappat mer än 40 % av löven valdes bort. Asparnas höjd och krongräns mättes med höjdmätare på ett avstånd av tio meter. Kronan delades in i fyra nivåer: krongränsen, 1/3 och 2/3 av kronhöjden samt trädhöjden. Med andra ord uppskattades måthöjderna hos kronnivå 2 och 3 subjektivt och måthöjderna hos kron-nivå 1 och 4 mättes med höjdmätare.

Inom varje höjdnivå bedömdes täckningsgrad av uredo- och/eller teleutosporer på undersidan av 25 löv; totalt 100 löv per naturvårdsasp. De okulära bedömningarna utfördes på ett avstånd av cirka tio meter från asparna med en kvalitetstubbkikare (Carl Zeiss, Diascope 85 T* FL, 20-60x)

monterad på ett stadigt Gitzo- stativ). För kalibrering av observationerna med tubkikare, observerades sportäckning genom kikaren på löv från aspsly på ett avstånd av 20-30 meter.

För jämförelse samlades totalt 100 löv från aspslyet runt varje naturvårdsasp ($r = 10$ m). Val av löv skedde objektivt och ingen hänsyn togs till lövens storlek. I studien räknades de aspar som var 2 m och lägre till aspsly. Aspslyet delades in i fyra mäthöjder, 0-0,5 m, 0,5-1 m, 1-1,5 m och 1,5-2 m. Eftersom aspslyet var hårt älgbetat samlades merparten av löven in från mäthöjden 0-0,5 m. Sportäckningsgraden för samtliga löv bedömdes i fyra klasser: 0 %, 1- 25 %, 26-50 % och >50 % (Figur 2). I en provyta ingår en naturvårdsasp med angränsade aspsly.

Antalet kron-nivåer och därmed mäthöjder för naturvårdsasparna var vanligen fyra men i ett undantagsfall var dock antalet mäthöjder två eftersom aspens krona bedömdes vara så upphissad att det inte var rimligt att utse fler än två mäthöjder. I detta fall bedömdes 50 löv per mäthöjd istället för som annars 25 löv. Totalt för hela studien studerades löv på 163 mäthöjder på naturvårdsasparna. För aspslyet var samtliga 100 löv i 80 % av fallen från en och samma mäthöjd (0,5 m) och därför blev det totala antalet mäthöjder bara 53. För varje mäthöjd beräknades hur stor andel av löven som var infekterade av sporer, "**andel infekterade löv**", samt hur stor del av löven som i medel täcktes av sporer, "**sportäckningsgraden**".



Klass 2. Täckningsgrad uredo/teleutosporer 1-25 %.



Klass 3. Täckningsgrad uredo/ teleutosporer 26-50 %.



Klass 4. Täckningsgrad uredo/ teleutosporer > 50 %.

Figur 3. Klassindelning av asplöv efter förekomst av uredo/teleutosporer av knäckesjuka.

Statistisk analys

För att undersöka skillnaden i förekomst av knäckesjuka mellan stora naturvårdsaspar och aspsly samt mellan olika höjder i aspens krona användes variansanalys (ANOVA, GLM) och följande modeller:

1. $y = \mu + lokal + sly/stor\ asp + lokal \times sly/stor\ asp + mäthöjd + e$
2. $y = \mu + provyta + sly/stor\ asp + provyta \times sly/stor\ asp + mäthöjd + e$

där y är den beroende variabeln: "andel infekterade löv" eller "sportäckningsgrad", μ är populationens totala medelvärde, "lokal" är skillnaden mellan lokaler, "provyta" är skillnaden mellan lokala provytor på hyggena, "sly/stor asp" är skillnaden mellan aspsly och naturvårdsaspar, "mäthöjd" är skillnaden mellan olika höjder och e den slumpmässiga avvikelsen. Bland klassvariablerna är "lokal" och "provyta" satta som slumpmässiga variabler och "sly/stor asp" som fix variabel i analysen. I modellerna ingår ett samspel mellan de olika klassvariablerna. Variabeln "mäthöjd" analyserades som kontinuerlig variabel och sattes därför som kovariat. Olikheter för variablerna testades med Turkey's test.

Variansanalyserna enligt modell 1 och 2 utfördes på hela datamängden, inkl. både sly och naturvårdsaspar. På datamängden för enbart naturvårdsasparna utfördes liknade analyser som för hela datamängden (modell 1 & 2) men med modifikationen att klassvariablerna "sly/stor asp" och "provyta $\times$ sly/stor asp" inte ingick i modellerna.

För att pröva hur de olika nivåerna i kronan (1, 2, 3, 4), oavsett mäthöjd, påverkar andel infekterade löv och sportäckningsgrad utfördes en variansanalys på datamängden för naturvårdsasparna enligt följande modell:

$$3. y = \mu + lokal + kronnivå + lokal \times kronnivå + e$$

där y är den beroende variabeln: "andel infekterade löv" eller "sportäckningsgrad", μ är populationens totala medelvärde, "lokal" är skillnaden mellan lokaler, "kronnivå" är skillnader mellan olika nivåer i kronan oavsett måthöjden och e den slumpmässiga avvikelsen. Bland klassvariablerna är "lokal" och satt som slumpmässiga variabler och "kronnivå" som fix variabel i analysen. I modellerna ingår ett samspel mellan de olika klassvariablerna. Olikheter för variablerna testades med Tukey's-test.

För att ytterligare åskådliggöra sambandet mellan måthöjd och sporförekomst utfördes även en enkel linjär regressionsanalys enligt modellen:

$$y = a + b \times \text{måthöjd}$$

där y är den beroende variabeln "andel infekterade löv" eller "sportäckningsgrad", a är interceptet (värdet på y när måthöjd i kronan = 0) och b är regressionskoefficient (förändring i y -led).

För relationen naturvårdssp och angränsade aspsly beräknades Pearsons produktmomentkorrelation för "andel infekterade löv" och för "sportäckningsgraden". Samtliga analyser utfördes i statistikprogrammet Minitab 15.0 med 5 % signifikansnivå.

Lövfällningsstudie

Eftersom fältarbetet utfördes sent på hösten undersöktes på lokal E om löv kraftigt infekterade av knäcksjuka tenderar att falla av träden tidigare än löv med ingen eller liten infektion.



Figur 4. Bilden till vänster: nät utspänt under en naturvårdssp. Bilden till höger: nät kring aspsly.

Hypotesen testades på såväl en naturvårdssp som på två aspskott. Under en stor asp med en ungefärlig höjd på 15 meter spändes nät ut och aspskotten (ca 1,3 meter höga) täcktes med nät

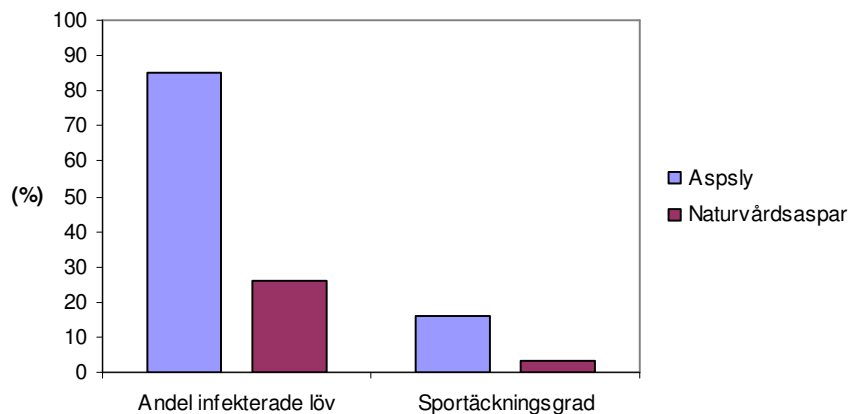
(Figur 4). Med några dagars mellanrum under lövfällningsperioden samlades löven i näten in. Löven klassindelades utifrån täckningsgraden av teleutosporer. I denna mätning användes fem klasser, i stället för som tidigare fyra, eftersom det bedömdes vara lättare att mer noggrant klassindela insamlade löv än det var att göra bedömningen av sportäckning med hjälp av tubkikare. Klasserna för täckningsgraden var 0 %, >0-20 %, 21-35 %, 36-50 % och >50 %. Löven från de tre träden samlades in vid fem tillfällen (5/9, 22/9, 26/9, 29/9 och 3/10). Andel infekterade löv samt sportäckningsgrad beräknades på samma sätt som i huvudstudien.

Enkätstudie

En enkel enkät med sex frågor formulerades för att få en uppfattning om hur branschfolk inom skogsnäringen ser på knäckesjuka som skadegörare. Frågorna i enkäten var huruvida knäckesjuka ses som en allvarlig skadegörare och hur de ekonomiska konsekvenserna på tallbestånden i form av tillväxtförluster och/eller försämrad kvalitet uppfattas. I enkäten var det även frågor om skogsskötseln anpassades till risken för skador av knäckesjuka och om risken för skador påverkar valet att lämna kvar naturvårdsaspar vid en slutavverkning (Bilaga). Enkäten skickades via e-post till skogsstyrelsen, SCA Skog, Sveaskog och Holmen Skog. Totalt skickades nio enkäter till sakkunniga inom skogsskötsel i södra och norra Sverige.

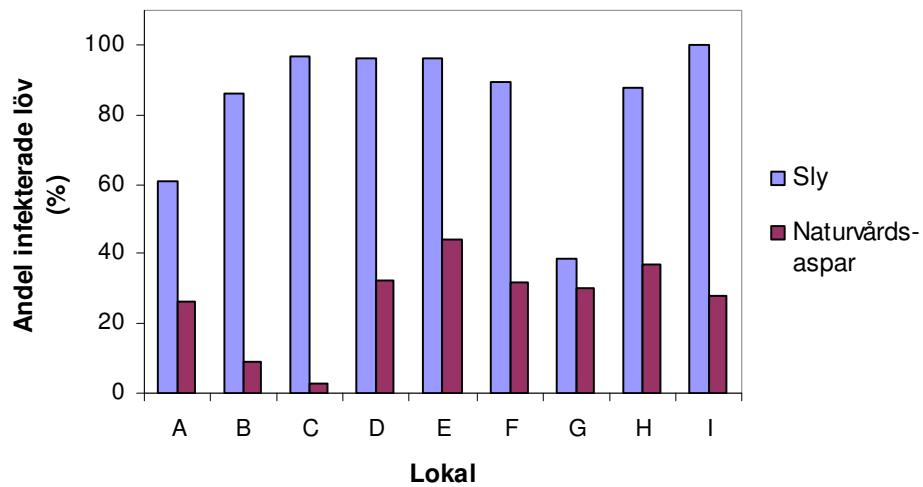
Resultat

För hela datasetet var andelen infekterade löv i medel 85 % för aspsly och 26 % för naturvårdsaspar (Figur 5), vilket innebar att slyet hade tre gånger högre infektionsandel än de stora asparna. Sportäckningsgraden var i medeltal 16 % för aspsly och 3,5 % för naturvårdsaspar, vilket innebar att slyet hade fem gånger större täckningsgrad än löven på de stora asparna.

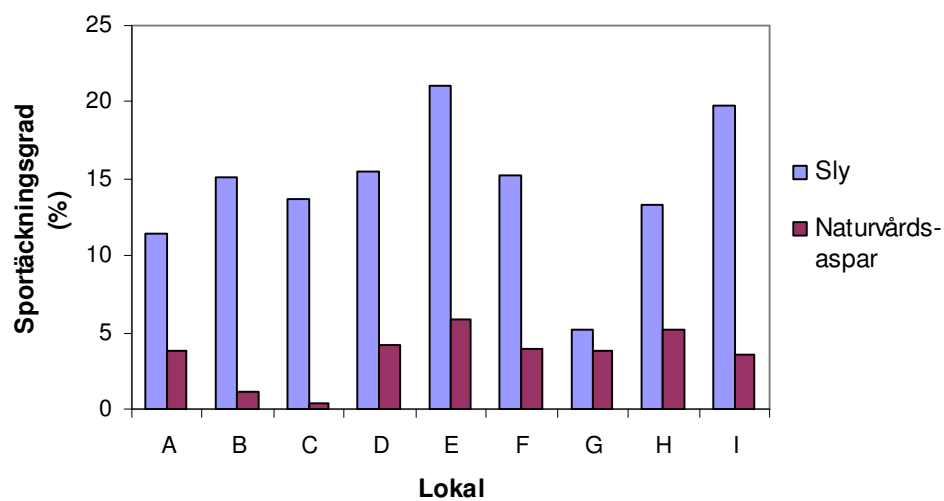


Figur 5. Andelen infekterade löv samt sportäckningsgrad på aspsly och naturvårdsaspar. Medelvärde för hela datamängden.

Andelen infekterade löv samt sportäckningsgraden skiljde sig inte signifikant mellan de olika lokalerna (Tabell 2 & 3). För aspslyet varierade medelvärdet för andel infekterade löv mellan lokalerna från 39 % till 100 % och för naturvårdsaspar var motsvarande intervall 3 till 44 % (Figur 6). Medelvärdet på sportäckningsgraden för aspsly varierade, mellan de olika lokalerna, från 5 till 21 % och för naturvårdsasparna från 0,4 till 5,8 % (Figur 7). Inom en och samma provyta var inte andelen infekterade löv av aspsly korrelerade med andel infekterade löv av naturvårdsaspar ($r_{\text{sly, naturvårdsasp}} = 0,025$; $p = 0,88$). För sportäckningsgraden var korrelationen mellan löv av aspsly och löv av naturvårdsaspar något högre ($r_{\text{sly, naturvårdsasp}} = 0,22$; $p = 0,17$), dock ej signifikant.

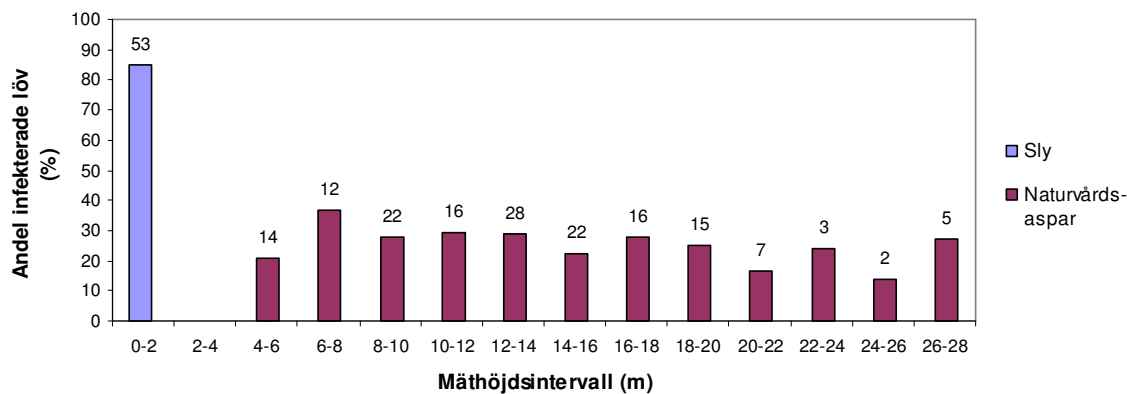


Figur 6. Medelvärde för andel infekterade löv på lokalerna.

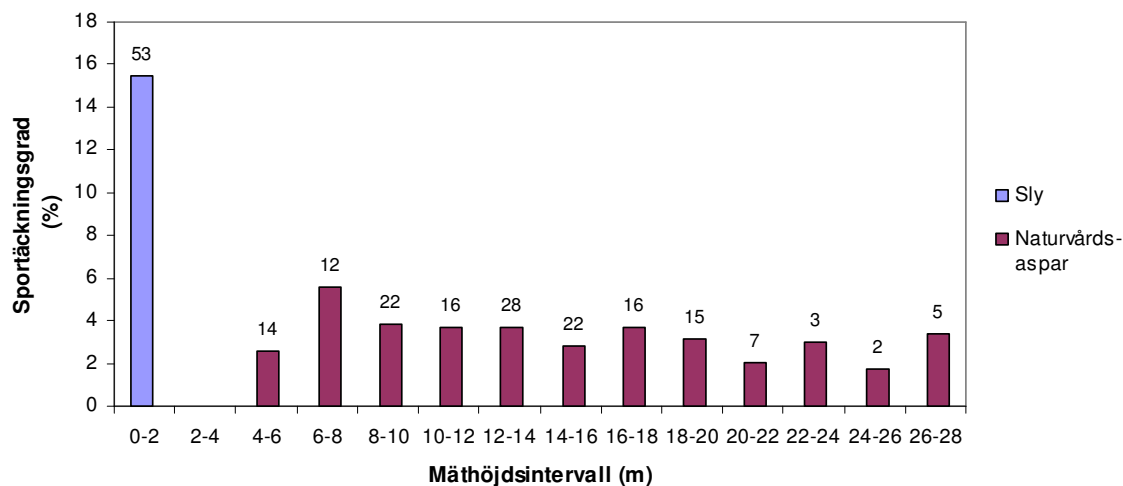


Figur 7. Medelvärde för sportäckningsgraden på löven på de olika lokalerna.

Löv från aspslyet samlades i 80 % av fallen från mätthöjden 0-0,5 m och på naturvårdsasparna skedde flest observationerna med kikare i intervallet 12-14 m (28 av totalt 163) (Figur 8 & 9). Höjden 2-4 m saknar mätningar.

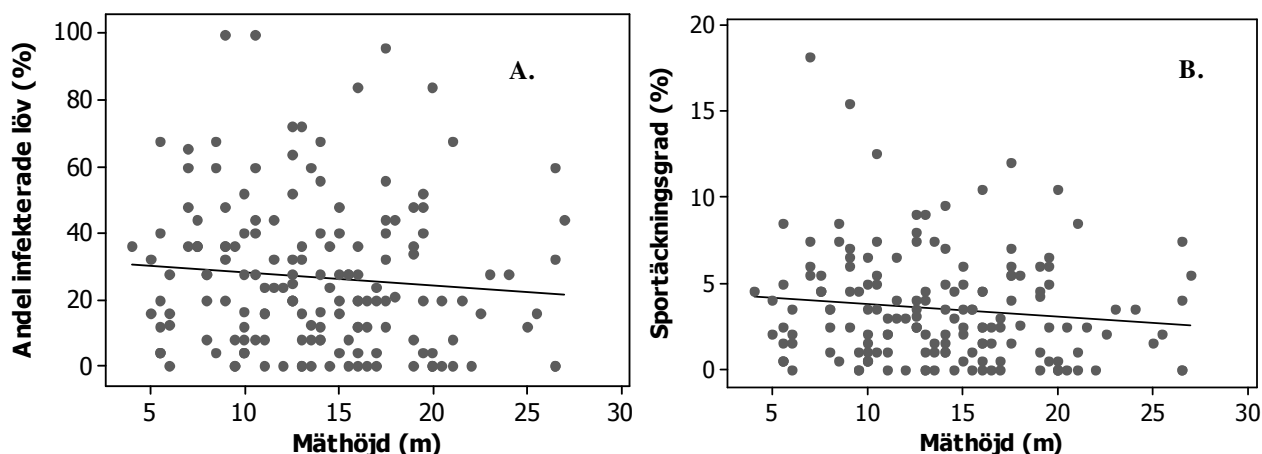


Figur 8. Medelvärde (hela datamängden) för andel infekterade löv i 2-meters intervall (0-2, 2-4, 4-6... meter). Siffrorna över staplarna står för antalet mätningar.



Figur 9. Medelvärde (hela datamängden) för sportäckningsgraden i 2-meters intervall (0-2, 2-4, 4-6... meter). Siffrorna över staplarna står för antalet mätningar.

Vid regressionsanalys på enbart naturvårdsaspar var minskningen i andel infekterade asplöv med ökad mäthöjd däremot inte signifikant ($p = 0,247$) och detsamma gällde för sportäckningsgraden ($p = 0,133$) (Figur 10).



Figur 10. Regression över sporrförekomsten hos naturvårdsasparna. A: Andelen infekterade asplöv för samtliga mätthöjder. Regressionsmodell: $Y = 31,9 - 0,389 \times \text{mätthöjd i krona (m)}$, $R^2 \text{ Adj} = 0,2 \%$; B: Sportäckningsgrad för samtliga mätthöjder. Regressionsmodell: $Y = 4,46 - 0,0706 \times \text{mätthöjd i krona (m)}$, $R^2 \text{ Adj} = 0,8 \%$.

Andelen infekterade asplöv samt sportäckningsgraden per studerat asplöv var signifikant högre för aspsly jämfört med naturvårdsaspar ($p < 0,001$) på såväl lokalnivå som på provytenivå (Tabell 2-5). När variansanalys utfördes på provytenivå var skadegraden signifikant högre på lägre mätthöjder, såväl för andel infekterade löv (Tabell 4) som för sportäckningsgraden (Tabell 5). Detta signifikanta samband konstaterades ej på lokalnivå (Tabell 2-3). När variansanalyserna utfördes för enbart naturvårdsasparna var mätthöjden signifikant för sportäckningsgraden på lokalnivå ($p = 0,047$; $R^2 \text{ Adj.} = 28,3 \%$) samt även på provytenivå för både andel infekterade löv ($p = 0,014$; $R^2 \text{ Adj.} = 54,0 \%$) och sportäckningsgrad ($p < 0,001$; $R^2 \text{ Adj.} = 53,15 \%$).

Tabell 2. Variansanalys för hela datamängden (aspsly och naturvårdsaspar) på lokalnivå (modell 1) med andel infekterade löv som beroende variabel. Justerad förklaringsgrad, $R^2 \text{ Adj.} = 69,8 \%$.

Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma (Seq SS)	Medelkvadratsumma (Adj MS)	F	P
Lokal	8	3,707	0,274	1,27	0,371
Lokal x Sly/Stor asp	8	1,720	0,215	6,09	< 0,001
Mätthöjd i kronan (m)	1	0,072	0,067	1,91	0,169
Sly/Stor asp	1	12,566	2,948	32,36	< 0,001
Variation inom gruppen (error)	196	6,923	0,035		
Totalt	214	24,987			

Tabell 3. Variansanalys för hela datamängden (aspsly och naturvårdsaspar) på lokalnivå (modell 1) med sportäckningsgrad som beroende variabel. Justerad förklaringsgrad, $R^2 \text{ Adj.} = 62,6 \%$.

Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma (Seq SS)	Medelkvadratsumma (Adj MS)	F	P
Lokal	8	0,144	0,014	1,61	0,257
Lokal x Sly/Stor asp	8	0,071	0,009	4,50	< 0,001

Mäthöjd i kronan (m)	1	0,002	0,002	1,08	0,300
Sly/Stor asp	1	0,522	0,112	27,29	< 0,001
Variation inom gruppen (Error)	196	0,384	0,002		
Totalt	214	0,122			

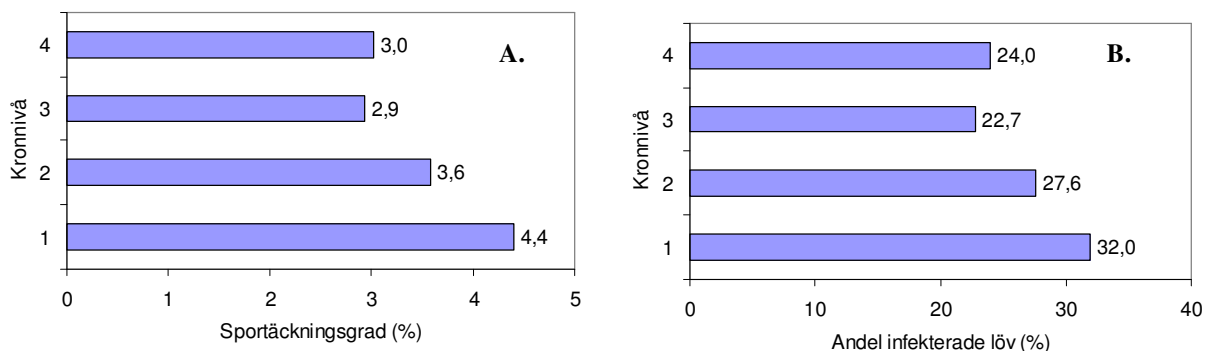
Tabell 4. Variansanalys för hela datamängden (aspsly och naturvårdsaspar) på provytenivå (modell 2) med andel infekterade löv som beroende variabel. Justerad förklaringsgrad, R^2 Adj. = 81,6 %.

Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma (Seq SS)	Medelkvadrat-summa (Adj MS)	F	P
Provyta	40	6,565	0,104	1,25	0,241
Provyta x Sly/Stor asp	40	3,331	0,083	3,88	<0,001
Mäthöjd i kronan (m)	1	0,169	0,145	6,74	0,010
Sly/Stor asp	1	12,086	3,025	71,57	< 0,001
Variation inom gruppen (Error)	132	2,836	0,021		
Totalt	214	24,987			

Tabell 5. Variansanalys för hela datamängden (aspsly och naturvårdsaspar) på provytenivå (modell 2) med sportäckningsgrad som beroende variabel. Justerad förklaringsgrad, R^2 Adj.= 85,79 %.

Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma (Seq SS)	Medelkvadrat-summa (Adj MS)	F	P
Provyta	40	0,350	0,007	1,48	0,110
Provyta x Sly/ Stor asp	40	0,195	0,005	6,54	< 0,001
Mäthöjd i kronan (m)	1	0,006	0,005	6,39	0,013
Sly/Stor asp	1	0,472	0,101	47,21	< 0,001
Variation inom gruppen (Error)	132	0,098	0,001		
Totalt	214	1,122			

Medelvärdet för andel infekterade löv per kronnivå minskade från 32 % strax ovan krongräns (kronnivå 1) till 24 % högst upp i kronan (kronnivå 4). Medelvärdet för sportäckningsgraden minskade från 4,4 % i kronnivå 1 till 3,0 % i kronnivå 4. Andel infekterade löv samt sportäckningsgraden ökade marginellt från kronnivå 3 till 4 (Figur 11) Minskningen med ökad kronnivå var inte signifikant vare sig för andel infekterade löv eller sportäckningsgraden (Tabell 6- 7).



Figur 11. Sporförekomst per kronnivå (oavsett höjd,) hos naturvårdsasparna. A: Andel infekterade löv. B: Sportäckningsgrad.

Tabell 6. Variansanalys för naturvårdsaspar på fyra olika nivåer i kronan (modell 3) på lokalnivå med andel infekterade löv som beroende variabel. Justerad förklaringsgrad, R^2 Adj.= 25,3 %.

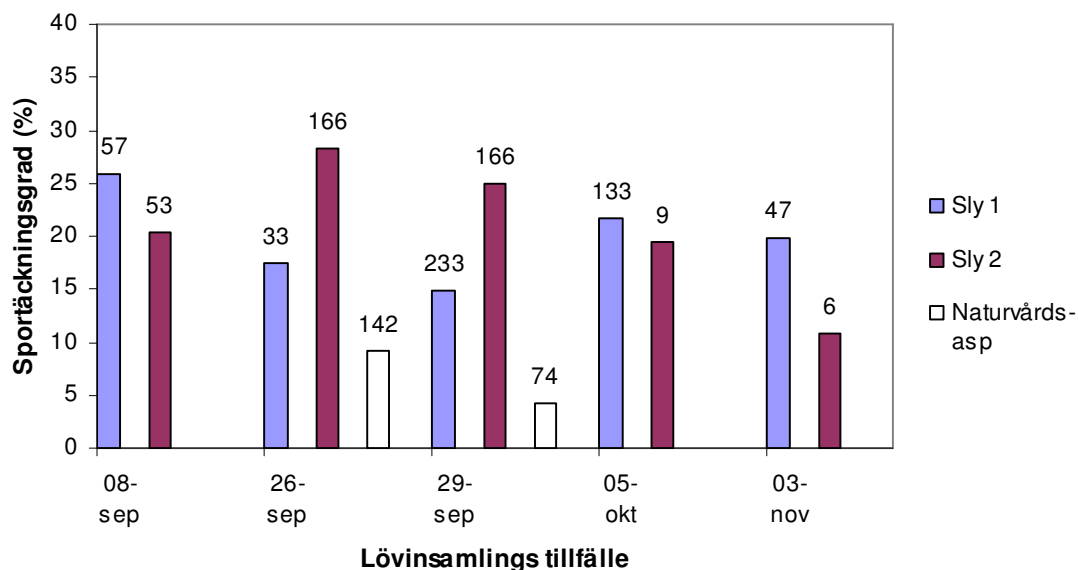
Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma (Seq SS)	Medelkvadrat-summa (Adj MS)	F	P
Lokal	8	2,75975	0,34558	19,28	<0,001
Kronnivå	3	0,18836	0,06279	2,66	0,054
Lokal x kronnivå	24	0,44988	0,01786	0,47	0,983
Variation inom gruppen (Error)	126	4,78270	0,03796		
Totalt	161	8,18069			

Tabell 7. Variansanalys för naturvårdsasparna på fyra olika nivåer i kronan (modell 3) på lokalnivå med sportäckningsgrad som beroende variabel. Justerad förklaringsgrad, R^2 Adj.= 24,63 %.

Källa	Frihetsgrader	Kvadratsumma (Seq SS)	Medelkvadrat-summa (Adj MS)	F	P
Lokal	8	0,048716	0,006079	13,06	<0,001
Kronnivå	3	0,004244	0,001415	2,6	0,061
Lokal x kronnivå	24	0,012439	0,000464	0,62	0,911
Variation inom gruppen (Error)	126	0,0940544	0,0007465		
Totalt	161	0,1594523			

Sporinfektion inverkan på lövfällning

Så gott som alla löv som föll av aspslyet och sedan samlades in var infekterade av sporer av knäckesjuka. Andel infekterade löv på den stora aspen var i medel 78 % och för aspsly var motsvarande siffra 99 %. Sportäckningsgraden för den stora aspen var i medel 7 % och för aspsly 20 %. Det var ingen tydlig korrelation mellan lövfällning och sportäckningsgrad då sportäckningsgraden varierade mycket mellan insamlingstillfällena (Figur 11). För naturvårdsaspen, däremot, minskade både sportäckningsgrad (Figur 11) och andel infekterade löv mellan de två insamlingstillfällena. Andelen infekterade löv minskade från 100 % den 26 september till 50 % den 29 september då de sista löven föll från trädet.



Figur 12. Sportäkningsgraden på löven från två aspskott (sly) och en naturvårdsasp vid fem olika insamlingstillfällen. Siffrorna på staplarna visar antal löv som samlades in vid varje tillfälle från respektive sly/naturvårdsasp.

Enkätstudie

Totalt svarade fem personer på enkäten, varav tre arbetade för Skogsstyrelsen, en för Holmen Skog och en för Sveaskogs förvaltning AB. Av personerna som svarade på enkäterna arbetade två för Skogsstyrelsen i södra Sverige och resterande var verksamma i norra Sverige. På frågan om knäcksjukan generellt är att betrakta som en allvarlig skadegörare var alla överrens om att den inte orsakar betydande skador men att det lokalt och under vissa år i norra Sverige kan uppstå allvarliga problem i tallföryngringar med mycket asp. I södra Sverige ansågs inte knäcksjuka som ett problem. Vad gäller frågan om knäcksjukans ekonomiska konsekvenser till följd av försämrad kvalitet och tillväxt så är den rådande uppfattningen att det i vissa tallbestånd kan bli så svåra skador att det märks ekonomiskt men att det ändå i de flesta fallen inte blir allvarligt eftersom skadade stammar i många fall kan röjas eller gallras bort. På frågan om det vid föryngring tas hänsyn till risken för knäcksjuka var svaren att på tallmarker med gott om asp rekommenderades/planteras alternativa trädslag och då främst contorta och gran. På frågan om det sker aktiva åtgärder såsom röjning av aspsly för att förhindra knäcksjuka svarade samtliga att det inte sker. Vad gäller frågan om risken för att knäcksjuka påverkar valet att lämna naturvårdsaspar på hyggen svarade fyra personer att det inte gjorde det. Dock svarade en av de tillfrågade på Skogsstyrelsen i södra Sverige att det sannolikt påverkar i områden där man tidigare haft problem med knäcksjuka (Bilaga).

Diskussion

Resultatet av studien visade att löven på aspsly i betydligt högre utsträckning var infekterade av knäckesjukasporer än löven uppe i naturvårdsasparnas kronor. Slyet hade tre gånger högre infektionsandel än de stora asparna och fem gånger så stor sportäckningsgrad. Skillnaderna i sporförekomst skulle bland annat kunna bero på; 1) hur sporer av knäckesjuka sprids 2) skillnader i gröningsförhållanden 3) skillnader i lövens resistens mot knäckesjuka.

Skillnaden i sporförekomst på aspsly och stora aspar kan påverkas av hur infektionen med aecidiesporer från tallplantorna till asplöven sker. Det kan vara så att aecidiesporerna lättare sprids till de rumsligt sett närmaste asplöven på slyuppslagen. Detta skulle medföra att sporinfektionen på aspsly startar tidigare och blir rikligare än uppe i kronorna på de stora asparna. Vid den fortsatta infektionen med uredosporer påverkas sporförekomsten på aspsly och stora aspar av hur uredosporerna sprids från asp till asp. Tyvärr verkar det inte finnas några utförda studier vare sig över knäckesjukans aecidie- eller uredosporers spridningsförmåga i höjddled. Det finns dock en finsk allergistudie med sporfällor av Rantio-Lehtimäki m.fl. (1991) som visade att mängden uredosporer av rotsvampar vid marknivå är 1,4 gånger större än 15 meter upp i luften. I samma studie är förhållandet i pollenförekomst av malörter (*Artemisia* sp) istället 11,48. Även om studien inte är utförd på skogsmark tyder den på att även uredosporer av knäckesjukan troligtvis sprids högt upp i luften men att det sker en viss minskning med ökad måthöjd.

Skillnaden i sporförekomst hos aspsly och stora aspar kan bero på sämre gröningsförhållanden för knäckesjukans sporer högre upp i luften än nere vid marken. Enligt Kurkela (1973) var täckningsgraden av uredosporer på asplövens undersida flera gånger större under gynnsamma år med fuktig väderlek i kombination med värme jämfört med en kall och regnig sommar. För att uredosporer ska gro krävs det att de utsätts för fritt vatten under spridningen (Strange 2003). Anpassningen medför att sporer inte är fullt så känsliga eftersom de bara gro när förhållandena är gynnsamma. Trots denna anpassning är troligen gröningsförhållandena pga. minskande temperatur och luftfuktighet, så pass mycket sämre uppe i kronorna än nere på marken att färre sporer gro.

Skillnaden i sportäckningsgrad kan även tänkas bero på skillnader i lövens resistens mot knäckesjuka beroende på om de kommer från aspsly eller stora aspar. I min studie var slyet i de flesta fallen kraftigt betat och bara ett fåtal av löven på aspslyet var därför från yngre aspsly. Det innebär att skillnaden i morfologi i fråga om resistens mellan löv från aspsly och stora aspar troligen inte är betydande. I en studie av Gallo m.fl. (1985) jämfördes resistensen mot infektion av *Melampsora* spp. på löv från europeisk asp (*P. tremula*) med löv från nordamerikansk asp (*P. tremuloides*). I den studien var det ingen skillnad i infektionsgrad på löven från aspar (europeisk och nordamerikansk asp) med åldern 2, 18 eller 20 år.

Det var ingen tydlig minskning i andel infekterade löv eller sportäckningsgrad med ökad måthöjd i kronan hos naturvårdsasparna. Infekterade löv återfanns även i toppen av kronorna på 25-30 m höga träd. I en studie av Close (1978) noterades en spridning på över 100 mil av uredosporer från rotsvampar på spannmål. Eftersom uredosporerna verkar kunna spridas med vindar långa sträckor är det troligt att spormängden på olika höjder, ovan aspslyet, inte minskar signifikant

med ökad höjd. Antagligen är det tillfälligheter, så som olika vindförhållanden när sporer sprids, som påverkar hur mycket sporer som finns på olika höjder.

Vid parvis jämförelse av sporförekomsten på stora aspar och det angränsande aspslyet (inom 10 m) fanns inget starkt samband. Det innebär att det inte nödvändigtvis blir fler sporer uppe i kronorna om mängden sporer på det angränsande aspslyet ökar. Detta kan tolkas som att det troligen inte är aspsly i absolut närhet till en stor asp som står för infektion med uredosporer uppe i naturvårdsasparnas kronor. Även detta tyder på att uredosporerna från knäcksjuka sprids längre sträckor.

Olika aspkloner kan vara olika resistenta mot infektion av sporer av knäcksjuka (Gallo m.fl. 1985). Dock är asp oavsett klon mycket mottaglig för infektion av *Melampsora spp* (Gallo m.fl. 1985). I studien antas naturvårdsasparna och det angränsande aspslyet (inom 10 m) vara av samma klon. Eftersom aspens jordstammar, ur vilka rotskott bildas, brukar utsträcka sig 10-20 m (Delin 2004; Latva-Karjanmaa 2006). Däremot är det sannolikt att de olika aspggrupperna på lokalerna är flera olika kloner (Delin 2004). I min studie uppskattades aspklonerna innehålla mellan 1 och 6 träd vilket i medel var 3 aspar per klon. I en finsk studie av Latva-Karjanmaa (2006) undersöktes genetiskt hur stora olika aspkloner var. I studien innehöll aspklonerna i medel 2,3 stora aspar.

Sportäckningsgraden på löven bedömdes utifrån procentandelar av lövet som täcktes av sporer. Stora löv som procentuellt bedöms täckas av sporer i samma utsträckning som ett mindre löv innehåller fler sporer än det mindre lövet och därför blir skattningen av spormängd inte helt jämförbar mellan små löv från betat aspsly och större löv på naturvårdsaspar. Ett sätt att komma ifrån problemet är att istället räkna antal sporer per cm² (Gallo m.fl. 1985). Men eftersom bedömningen av löven på stora aspar skedde okulärt med hjälp av tubkikare i den här studien, var denna metod inte möjlig. I studien bedömdes inte sportäckningsgrad av uredo- och teleutosporer var för sig och det kan vara en möjlig felkälla då det är osäkert om täckningsgraden blir densamma när teleutosporerna ersätter uredosporerna. Eftersom studien utfördes så pass sent på hösten var det som tur var bara ett fåtal mätningar där uredosporer observerades istället för teleutosporer.

Under perioden som studien utfördes var vindförhållandena goda, dvs jag undvek att registrera sporförekomst under blåsiga dagar. Löven uppe i kronan rörde sig ändå en del och därför fick bedömningen av sportäckningsgrad med tubkikare oftast ske relativt snabbt. Studien utfördes så pass sent på hösten att det finns en risk att skador på löven förväxlades med andra skador till följd av lövens ålder. Löven på aspslyet var i vissa fall fläckvis uttorkade och svarta till färgen och var troligen infekterade av aspskorv (*Pollaccia radiosa* alt. *Venturia tremulae*) (Butin 1995; Håkansson 2000). Vid en första anblick gick det att förväxla dessa skador med ansamlingar av svarta teleutosporer. Lyckligtvis gick det att, genom skillnader i struktur, okulärt skilja dessa partier från teleutosporer. Aspskorv förekommer på större aspar men är mycket vanligare på aspsly varför förväxlingsrisken måste bedömas som minimal i de större asparna (Håkansson 2000). I studien noterades inte heller några angrepp på asplöven uppe i kronorna.

Observerade uredo/teleutosporer på löven var med all sannolikhet sporer från knäcksjuka inte minst eftersom ett av kriterierna vid valet av lokal var att det fanns skador orsakade av knäcksjuka på tallföryngringen. Studien utfördes även så långt norrut att det troligen bara finns tall som alternativ värdväxt till *Melampsora populnea* och det skulle utesluta andra *Melampsora*-

arter än knäckesjuka på asp. En tänkbar alternativ värdväxt till *M. populnea* i norra Sverige är lärk, det observerades dock ingen lärk på eller i närheten av någon av lokalerna som ingick i studien.

Enligt Sylvén (1917) så kan kraftigt infekterade löv torka ut och därför falla av träden tidigare. I en studie med asp och hybridasp (*P. tremula* x *P. tremuloides*) med åldern 2-5 år noterades att löv med kraftig infektion av rostsvamp, faller av tidigare än löv utan infektion (Yu m.fl. 2001). Eftersom huvudstudien utfördes sent på hösten och asparna som studerades i många fall hade hunnit falla en betydande mängd löv är det en stor felkälla om löv med kraftig infektion av knäckesjukans sporer faller av träden tidigare. På aspslyet satt nästan alla löv kvar och det innebär att skillnaden i sportäkningsgrad mellan aspsly och naturvårdsaspar kan vara lägre i verkligheten, än vad resultatet av studien indikerar.

För att undersöka hur lövfällningen påverkade resultatet för de lokaler där lövfällningen påbörjats innan inventeringen, utfördes en begränsad lövfällningsstudie på en av lokalerna. Resultatet visade en svag minskning i sportäkningsgrad på löven som föll av från aspsly senare men det fanns inte en tydlig trend. För den stora aspen däremot var det en mer noterbar minskning. Insamling av löv från den stora aspen skede dock endast vid två tillfällen och med tre dagars mellanrum och detta kan anses för litet för att dra några slutsatser av studien för naturvårdsaspar. Insamlingen med nät, utspänt under ett stort träd medförde även en osäkerhet om var ifrån löven i näten kom samt hur många löv som föll av som verkligen hamnade i nätet. Studien begränsades även av att den utfördes så sent på hösten att många löv redan fallit av trädet. På det mindre aspslyet däremot satt de flesta löven kvar när insamlingen startade. I denna studie så som i huvudstudien var det dock en tydlig ökning i sporinfektion på löv från aspsly jämfört med löv från den stora aspen.

I lövfällningsstudien var andel infekterade löv i medel 77,5 % och sportäkningsgraden i medel 7 % för den stora aspen. Detta kan jämföras med resultatet i huvudstudien för naturvårdsasparna där andel infekterade löv var i medel 26 % och sportäkningsgraden 3,5 %. Tyvärr tyder den stora skillnaden i andel infekterade löv mellan de olika studierna att sporförekomst i asp kronorna till viss del inte observerades i huvudstudien. En tänkbar orsak till skillnaderna i sporförekomst är att antalet aspar på lokalen där lövfällningsstudien utfördes liknade en lövskärm och att sporförekomsten därför där var högre.

På samma lokaler som ingick i min studie, utfördes ett annat examensarbete under hösten 2008 (Fjellborg 2009). Här utvärderas risken för skador orsakade av knäckesjuka på tallplantor i förhållande till spridningskällorna aspsly och naturvårdsaspar. En ökad mängd aspsly medför betydligt fler skador på tall. När mängden aspsly är 0-1 000 per hektar är antal infekterade tallplantor 0-10 % det kan jämföras med infektionsgraden 40-60 % när mängden aspsly istället är 4 000-5 000 per hektar (Fjellborg 2009). Även denna studie stödjer därför hypotesen att risken för skador på tall orsakade av knäckesjuka, ökar kraftigt med ökad mängd aspsly samt att naturvårdsasparna i mindre utsträckning är värd för sporer av knäckesjuka. Naturvårdsasparna i sig påverkar emellertid mängden sly som bildas där ett ökat avstånd till naturvårdsasp medför en minskad mängd sly (Fjellborg 2009).

Troligtvis kan hyggesbränning medföra en viss ökad risk för skador eftersom uppslaget av aspsly tenderar bli högt efter bränning pga. en större mängd rotskott och att fler aspslyer gror till

aspplantor (Sylven 1917; Zakrisson 1985; Latva-Karjanmaa 2006). I min studie var en av lokalerna hyggesbränd och hade rikligt uppslag av aspsly. Det kan vara värt att notera att aspslyet på denna lokal inte hade högre sporförekomst än på de övriga lokalerna.

Eftersom det visade sig att det är betydligt mer sporer på det låga oftast betade aspslyet kring naturvårdsasparna är det troligtvis ur skadesynpunkt bättre att lämna kvar naturvårdsaspar vid en avverkning. En avverkning av asp innebär att den apikala dominansen från tillväxtzonen på den stora aspen bryts och det får följderna att stora mängder rotskott kan bildas. Även betning och röjning av aspsly samt att asprötter skadas och skiljs från moderträdet verkar till viss del gynna produktionen av rotskott (Eliasson 1971). Vid en avverkning på tallmark är det för att undvika skador av knäcksjuka viktigt att minimera aspens möjligheter att skjuta rotskott genom att inte orsaka onödiga markstörningar som medför att konkurrerande växter ur fältskiktet avlägsnas (Frey m.fl. 2003). Enklaste och troligtvis effektivaste sättet att minimera skador av knäcksjuka är dock att vid förnygring välja andra trädslag på marker med mycket asp. Aspen trivs bäst på bördigare marker så gran är oftast ett bra och ståndortsanpassat alternativ till tall i många fall. Ur natursynpunkt är det viktigt att asp förnygras i skogslandskapet eftersom det är en ytterst begränsad andel aspsly som lyckas växa upp till stora träd. Naturvårdande åtgärder med inriktning att bevara det viktiga habitatet som asp och miljöer med asp innebär bör därför inriktas på åtgärder där aspsly skyddas mot betning så att nya aspar kan växa upp. Det är även troligt att en förnygring av asp lättare sker i en granförnygring än tillsammans med tall eftersom betetrycket av framförallt älg torde vara lägre bland, de för älgen osmakliga, granplantorna.

Skattningar av mängden asp i skogslandskapet innan dagens trakthyggesbruk tog sin början, är osäkra men med all sannolikhet har volymen asp i det norrländska skogslandskapet minskat (Zakrisson & Östlund 1991). Risken för skador av knäcksjuka är troligtvis en bidragande orsak till minskningen. Det verkar dock ha skett en viss ökning av asp i de grövre diameterklasserna under de senaste åren (Riksskogstaxeringen 2009). Den ändrade trenden kan bero på ökat fokus på biologisk mångfald i skogsbruket och att aspar därför i högre utsträckning lämnas kvar vid avverkning.

Enkätundersökningen som utfördes indikerade att knäcksjuka inte betraktas som ett stort problem i det svenska skogsbruket. Medvetenheten om knäcksjuka verkar dock vara större i norra Sverige än i södra. En av orsakerna till att knäcksjuka ses som ett mindre problem söderut är ett sjunkande intresse för tall som skogsproduktionsträd. Få skador i södra Sverige är inte nödvändigtvis bevis på att skador inte förekommer utan kan bero på att knäcksjukaskador förväxlas med andra skador så som dåligt utläkta betesskador (Bilaga). I södra Sverige är även betetrycket på aspsly så pass högt att problemen med knäcksjuka minskar.

Ett förslag på fortsatt studie är att använda sporfällor så som exempelvis Hirst (1952) för att under svenska förhållanden mäta sporförekomst av knäcksjukans aecidie- och uredosporer på olika höjder. Det skulle innebära en ökad kunskap om aecidie- / uredosporer spridningsförmåga i höjdled och även ge en hänvisning om hur långt sporer kan spridas. Knäcksjukans aecidie- / uredosporers gröningsförmåga på löv från aspsly och på löv från större aspar skulle även behöva utredas mer noggrant i syfte att undersöka vad skillnader i sporförekomst beror på.

Slutsatser

Det är sannolikt mängden aspsly och inte kvarlämnade stora aspar som i första hand påverkar förekomsten av skador på tall orsakade av knäckesjuka (eftersom det visade sig att det är mångfaldigt mer sporer på det låga oftast betade aspslyet kring asparna). Resultatet innebär att det troligtvis ur skadesynpunkt är bättre att lämna kvar naturvårdsaspar vid avverkning, då en avverkning innebär ett ökat uppslag av aspsly.

Resultatet av studien visade inte någon tydlig höjdgradient i sporförekomst med ökad mäthöjd inom naturvårdsasparnas kronor. Knäckesjuka har således förmågan att sprida sig till toppen av kronan på fullvuxna aspar.

Referenser

Almgren, G. (1990) *Lövskog: Björk, asp och al i skogsbruk och naturvård*. sid 160-162. Jönköping. Skogsstyrelsen. (ISBN 91-85748-84-6).

Anonym. Skogstatistisk årsbok (2008) Skogsstyrelsen, Jönköping.

a) Källa: Skogsstyrelsen; Polytax R5/7. b) Källa: Riksskogstaxeringen.

Bergman, F. (1954) Om skogsträdens sjukdomsresistens och dess utnyttjande inom skogsträdsförädling. Föreningen skogsförädling av skogsträd. Årsberättelse (1953), 70-98.

Butin, H., Lonsdale, D., & Strouts, R., G. (1995) Damage to buds, shoots, and branches. I *Tree diseases and disorders: causes, biology, and control in forest and amenity trees*. Sid 89-90. Oxford University Press. (ISBN 0-19-854932-6)

Børset, O. (1985). Bjørk osp or - Veiledning for det praktiske skogbruk. Institutt for skogskjøtsel, Norges lantbrukshøgskole.

Close, R. C., Moar, N. T., Tomlinson, A. I., & Lowe, A. D. (1978) Aerial dispersal of biological material from Australia to New Zealand. *International journal of Biometeorology* 22, 1-19.

Delin, A. (2004) Aspen rich world of solitary hosts. *Fauna och Flora (Stockholm)* 99 (1), 2-11.

Eidman, H. H., & Klingström, A. (1990) Rostsvampar. I: *Skadegörare i skogen*. sid. 96-104. Stockholm. LTs förlag. (ISBN 91-36-02004-4)

Eliasson, L. (1971). Growth regulators in *Populus tremula*. IV. Apical dominance and suckering in young plants. *Physiology Plant* 25, 236-267.

Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L., & Sjöberg, K. (1997) Boreal forest. *Ecological Bulletins* 46, 16-47.

Fjellborg, Å. (2009). Infection rate of pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) regenerations with retained aspens (*Populus tremula*) - Evaluation of the importance of large aspen trees compared to aspen sprouts. Examensarbete/SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel. 2009: 7.

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 Forest Resort* 33, 1169-1179.

Gallo, L. A., Stephan, B. R., & Krusche, D. (1985). Genetic variation of *Melampsora* leaf rust resistance in progenies of crossigs between and within *Populus tremula* and *P. tremuloides* clones. *Silvae Genetica* 34 (6), 208-214.

Gjerde, I., Sætersdal, M., & Nilsen, T. (2005) Abundance of two threatened woodpecker species in relation to the proportion of spruce plantations in native pine forests of western Norway. *Biodiversity and Conservation* 14, 377–393.

Hirst, J. M. (1952) An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology* 39, 257-265.

Hylander, N., Jørstad, I., & Nanfeldt, J.A. (1953) *Enumeratio Uredinearum Scandinavicarum*. *Opera Botanica* 1, 1-102.

Håkansson, M., (2000) *Skogsencyklopedin* : [8.400 artiklar och ordförklaringar] Stockholm Sveriges skogsvårdsförb. Sid 24-25. (ISBN 91-7646-041-2)

Kardell, L. (1966) Några observationer av knäckesjukeangrepp på tall i Västerbottens inland. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*. 7, 649-663.

Klingström, A. (1963) *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. – Pine twisting rust. Some experiments in resistance-biology. *Skogshögskolan* 6, 1-23.

Klingström, A. (1969) *Melampsora pinitorqua* (Braun) Rostr. on progenies of *Pinus sylvestris* L. and in relation to growth regulating substances. *Skogshögskolan* 69, 1-74.

Kurkela, T. (1973b) Epiphytology of *Melampsora* rusts of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and aspen (*Populus tremula* L.). *Commun. Institution Forest Fennica*. 79, 1-68.

Krasny, M., & Johnson, E. (1992). Stand development in aspen clones. *Canadian Journal Forest Resour.* 22, 1424-1429.

Latva-Karjanmaa, T. (2006) Reproduction and population structure in the European aspen. Department of Biological and Environmental Sciences University of Helsinki Finland

Longo, N., Moriondo, F., & Naldini Longo, B. (1975) The status of *Melampsora pinitorqua* Rostr. In Italy. *European Journal Forest Pathology* 5, 147-152.

Martinsson, O. (1985) The influence of pine twist rust (*Melampsora pinitorqua*) on growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *European Journal Forest Pathology* 15, 103-110.

Mattila, U. (2005) Probability models for pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*) damage in Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands in Finland. *Forest Pathology* 35, 9-21.

Minitab 15[®] Statistiskt analysprogram för Windows[®] [datormjukvara]

Młodzianowski, F., & Siwecki, R. (1975) Ultrastructural changes in chloroplasts of *Populus tremula* L., leaves affected by the fungus *Melampsora pinitorqua* Braun. *Rostr. Physiological Plant Pathology* 6, 1-3.

Nuorteva, M., Patomäki J., & Saari L., (1980) Large poplar longhorn, *Saperda carcharias* (L.), as food for white-backed woodpecker, *Dendrocopos leucotos* (Bechst.). *Silvae Fennica* 15 (2), 208-221.

Pei, M. H., & Shang Y. Z. (2005) A Brief Summary of *Melampsora* Species on *Populus*. I: Pei, M. H. & McCracken, A. R. (Ed.) *Rust diseases of willow and poplar* sid. 51-61. Wallingford: CABI Publishing. (ISBN 0-85199-999-9).

Rantio-Lehtimäki, A., Koivikko, A., Kupias, R., Mäkinen, Y., & Pohjola, A. (1991) Significance of sampling height of airborne particles for aerobiological information. *Allergy* 46, 68-76.

Skogsstyrelsen (1997) Naturskydd och naturhänsyn i skogen. Meddelande 1-1997. Jönköping

Siwecki, R. (1973) A review of studies on the occurrence of *Melampsora pinitorqua* in Central and Eastern Europe. *European Journal Forest Pathology* 4, 148-155.

Strange, R. N. (2003) Kap.3 Epidemiology. I *Introduction to Plant Pathology* (Ed. Strange, R. N.). sid. 61-88. Chichester: Wiley, cop. (John Wiley & Sons, Ltd) (ISBN 0-470-84973-8).

Suominen, O., Edenius L., Ericsson, G., & Resco de Dios, R. (2002) Gastropod diversity in aspen stands in coastal northern Sweden. *Forest Ecology and Management* 175 (2003), 403-412.

Sylvén, N. (1917) Om tallens knäckesjuka [*Melampsora pinitorqua* (BRAUN) ROSTR], 1077-1140.

Wallin, B., Wester, J., & Johansson, O., (1995) Aktionsplan för biologisk mångfald och uthålligt skogsbruk. Skogsstyrelsen. Jönköping 1-76.

Worrell, R. (1995) European aspen (*Populus tremula* L.): a review with particular reference to Scotland I. Distribution, ecology and genetic variation. *Forestry* 68 (2), 93-105.

Yu, Q., Tigerstedt, P. M. A., & Haapanen, M. (2001) Growth and phenology of hybrid aspen clones (*Populus tremula* L. x *Populus tremuloides* Michx.). *Silva Fennica* 35 (1), 15-25.

Zackrisson, O., & Östlund, L. (1991) Branden formade skogslandskapets mosaik. *Skog Forskning* 4, 13-17.

Zackrisson, O. (1985) Some evolutionary aspects of life history characteristics of broadleaved tree species found in boreal forest. I : Hägglund, B. Peterson G, Broad leaves in boreal silviculture – an obstacle or an asset? Report 14. Sveriges Lantbruks Universitet, Umeå.

Officiella hemsidor

Riksskogstaxeringen. Hemsida. [Online] Tillgänglig: <http://www-riksskogstaxeringen.slu.se> [2009-02-11].

Bilaga Enkäten; Frågor och Svar

Hur ser det ut med knäcksjuka i tallföryngringarna, är det generellt en allvarlig skadegörare?

Holmen Skog

- Nej, men den är vanlig och lätt att konstatera.

Sveaskogs förvaltning AB

- Vi har ingen bra sammanställning på detta. Min uppfattning är att knäcksjuka inte är ett generellt problem, men kan vara ett problem lokalt.

Skogsstyrelsen Jönköping

- Det varierar mellan år och mellan olika delar av landet.

Skogsstyrelsen Nord

- Det handlar om en mindre andel skadade träd. I förhållande till andra skadeorsaker (inkl. dåliga föryngringar och illa skött plant- och ungskog) är knäcksjukan ett litet problem.

Har ni någon uppfattning om knäcksjukans ekonomiska konsekvenser på tallbestånden i form av främst tillväxtförlust och/eller försämrad kvalitet?

Holmen Skog

- Nej de skador som uppkommer går sällan att konstatera på stammen då trädet har kommit upp i dimensioner för sågtimmer.

Sveaskogs förvaltning AB

- Vi har inte tittat närmare på detta. Vi försöker välja ett resistent trädslag när vi föryngrar. Men klart är att det kan bli stora negativa ekonomiska konsekvenser i tallbestånd vid angrepp.

Skogsstyrelsen Jönköping

- Nej, inte mer än att skadorna vissa fall kan vara betydande och därmed kan orsaka betydande negativa ekonomiska konsekvenser.

Skogsstyrelsen Nord

- Nej, ingen egentlig uppfattning, bortsett från det ovan. Men antagligen kan man räkna på en del bestånd och komma fram till att man förlorat 5-10 % av nuvärdet, knappast mer. Man gallrar ju rimligen ut de flesta skadade stammar, kanske redan i förstagallring.

Tas det hänsyn till knäcksjuka vid föryngring och då främst vid valet av trädslag?

Holmen Skog

- Ja, med större förekomst av asp på tallmarker kan risken för knäcksjuka vara underlaget för beslut om att använda contorta.

Sveaskogs förvaltning AB

- Ja. I områden där vi har problem med knäcksjuka använder vi alternativa trädslag, tex contorta.

Skogsstyrelsen Jönköping

- Ja sannolikt

Skogsstyrelsen Nord

- Ja, vi rekommenderar gran eller contorta om det finns farhågor för mer betydande knäckesjukaangrepp (närvaro av asp och lokal erfarenhet får råda).

Om Ja på fråga 2, vilka bestånd (beståndsegenskaper så som vegetation, bördighet, fuktförhållanden etc) är det som anses löpa större risk för skador?

Holmen Skog

- Beståndsegenskaper som gör att man väljer tall som trädslag vid återbeskogningen.

Sveaskogs förvaltning AB

- Jag har ingen sammanställning över vilka beståndstyper som löper störst risk för angrepp. Återväxtplaneraren avgör om det finns risk för knäckesjuka och föreslår då lämpligt trädslag.

Skogsstyrelsen Jönköping

- Inom områden där skadorna är tämligen frekventa torde man vara mer försiktiga med att anlägga tallbestånd på platser där gran eller contorta kan vara lämpliga alternativ.

Skogsstyrelsen Nord

- Jag tror inte att det är ”finliret”, utan att det är enligt parenteserna i svaret ovan som gäller. Men det kan skilja mellan rådgivande konsulenter (kunskap, intresse och därför råd).

Vid slutavverkning, spelar risken för knäckesjuka någon roll vid valet att lämna aspar till naturvård?

Holmen Skog

- Nej

Sveaskogs förvaltning AB

- Nej

Skogsstyrelsen Jönköping

- Ja sannolikt, speciellt om man har dåliga erfarenheter sedan tidigare.

Skogsstyrelsen Nord

- Jag tror inte att någon skillnad görs. Har inte hört talas om det.

Utförs aktivt skadeförebyggande åtgärder så som t.ex. röjning av aspsly i syfte att förebygga knäckesjuka?

Holmen Skog

- Nej det gör vi inte.

Sveaskogs förvaltning AB

- Nej

Skogsstyrelsen Jönköping

- Kanske i sällsynta fall, men det är sannolikt inte vanligt!

Skogsstyrelsen Nord

- Vet ej. Jag tror att man snarast röjer för att klara barrträden och ibland också lämna asp(-r) för att det saknas andra lämpliga huvudstammar, ibland av naturvårdsskäl.

Övrigt att tillägga?

Holmen Skog

Sveaskogs förvaltning AB

- Mycket bra att ni gör ett examensarbete om knäckesjukan. Vi tar gärna del av resultaten.

Skogsstyrelsen Jönköping

Skogsstyrelsen Nord

- Mitt intryck sedan länge (25 år) är att det talas mycket om knäckesjukans risker och problem, men att man inte särskilt ofta eller utbrett tar hänsyn till det i skogsskötseln. Antagligen finns det "lokalt" (men var???) stora problem och man sköter skoghen delvis med hänsyn till detta. Det ska bli intressant och se vad ni kommer fram till.

Svar på utskicket som inte följde frågeformuläret

Skogsstyrelsen Syd

- Knäckesjuka är inte någon stor fråga i södra Sverige. Detta beror dels på att plantering av tall förekommer i mycket liten utsträckning numera på grund av viltskador. Naturlig föryngring tillämpas mest på marker där aspuppslag inte är så dominerande. Detta innebär dock inte att knäckesjuka inte förekommer utan kan lika gärna bero på att man inte observerar eller identifierar sjukdomsfall korrekt. Många gånger kan gamla skador av knäckesjuka förväxlas med dåligt utläkta betesskador av älg och rådjur. Samtidigt är betestystcket av älg och rådjur så pass högt att aspslyet röjs bort naturligt på de flesta håll vilket minskar problemet med knäckesjuka. Medvetenheten om problemen knäckesjuka är i stora delar av södra Sverige ganska liten, delvis på grund av det sjunkande intresset för tall som skogsproduktionsträd.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2009:1 Författare: Marianne Karlsson
Influence of light competition on vitality in old aspen
- 2009:2 Författare: Frida Carlstedt
Kan risken för spontan contortaföryngring elimineras genom hyggesbränning?
- 2009:3 Författare: Emma Kassfeldt
Susceptibility of hybrid aspen (*Populus tremula x tremuloides*) to pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*)
- 2009:4 Författare: Karin Nolén
Inverkan av årstid för förstagallring på avverkningsskador i contorta och tall
- 2009:5 Författare: Daniel Hägglund
Produktionseffekter och behov av dikesrensning i Sveaskogs skogar
- 2009:6 Författare: Jenny Gustafsson
Habitat and plant selection of livestock in a fire-managed Afro-alpine heathland in Ethiopia
- 2009:7 Författare: Åsa Fjellborg
Infection rate of pine twisting rust (*Melampsora pinitorqua*) in Scots pine (*Pinus sylvestris*) regeneration with retained aspen (*Populus tremula*) – evaluation of the importance of large aspen trees compared to aspen sprouts
- 2009:8 Författare: Sara M Östh
2000 years of forest dynamics in the Ecopark Raslången, South Sweden – a basis for ecological management
- 2009:9 Författare: Erik Kretz
Traditional housing in northern Laos – wood preferences and impact on the forest biodiversity
- 2009:10 Författare: Markus Steén
Forest products and services in northern Laos – Case studies from two forest dwelling villages
- 2009:11 Författare: Carolina Sundin
Sådd av tallfrön med vattenryggsäck: En laboratoriestudie
- 2009:12 Författare: Johan Dammström
Rottillväxt och rotmorfologi hos groddplantor av tall och gran efter sådd i humus och mineraljord
- 2009:13 Författare: Niklas Karlsson
Ålgbete och skogsskador på beståndsnivå
- 2009:14 Författare: Lars Karlsson
Site preparation, planting position and planting stock effects on long-term survival, growth and stem form properties of *Pinus contorta* on southern Iceland
- 2009:15 Författare: Jennie Sverker
A comparison of protein complexation capacity among six boreal species and the consequences for nitrogen mineralization
- 2009:16 Författare: Ida Nilsson
Markberedningsresultat och plantbildning med såddaggregaten Humax 2-4 och KSM-såddskopa

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se