

Egenskaper hos soppfarget lauvtrevirke

<i>Saksbehandler:</i>	Håkon Helgerud Myhra, Norsk Treteknisk Institutt Sverre Bjørn Holøs og Lone Ross Gobakken, Mycoteam
<i>Dato:</i>	1997-12-01
<i>Oppdragsgiver:</i>	Landbruksdepartementet
<i>Kontaktperson:</i>	Oddmund Øfsthus
<i>Prosjektnummer:</i>	369502

Sammendrag

Soppfarget lauvtrevirke er vanligvis angrepet av hvitråtesopper som danner ulike farger og mønstertegninger som gir dekorative materialer. Materialet fortøner seg som eksklusivt, og kan gi svært attraktive produkter.

I prosjektet er det utført prøving av materialeegenskaper hos soppfarget trevirke av bjørk, selje og lønn. Trevirket ble visuelt klassifisert i tre ulike suksesjonstrinn (0, 1 og 2). Med suksesjonstrinn menes ulike faser i nedbrytningsprosessen av trevirke, dvs. graden av soppangrep. Suksesjonstrinn 0 angir frisk ved, mens suksesjonstrinn 2 angir en sterk soppfarging.

Følgende materialeegenskaper ble bestemt ved utprøving: densitet, krymping, hardhet, skruefasthet og skjøtstyrke ved liming. Det ble ikke utført prøving av krymping og skjøtstyrke ved liming for selje og lønn. For bjørk ble det registrert en reduksjon for alle egenskapene fra suksesjonstrinn 0 til suksesjonstrinn 2. For selje var reduksjonen i materialeegenskapene større enn for bjørk, mens lønn viste ingen vesentlige reduksjoner.

I prosjektet ble det også etablert et forsøk med soppfarging av bjørk i et stabilt klima. Fra dette forsøket ble det månedlig tatt ut prøver hvor sopper ble isolert og dyrket opp, for deretter å bli identifisert og klassifisert. Prøvene var dominert av muggsopper, og det viste seg å være vanskelig å isolere hvitråtesopper. Et utvalg av de isolerte soppene ble dyrket opp på sterilt trevirke av bjørk for å forsøke å gjenskape farger og mønstertegninger i trevirket. Det ble også isolert og identifisert sopp fra en materialprøve av bjørk med et "ideelt" utseende med hensyn til soppfarging. Det ble ikke identifisert hvitråtesopp fra disse isolatene.

<i>Stikkor</i>	Lauvtre, hvitråtesopper, virkesegenskaper
<i>Keywords:</i>	Hardwood, white rot fungus, wood properties

Innhold

Sammendrag	3
Forord	6
1. Innledning	7
2. Teoretisk bakgrunn.....	7
2.1. Suksessjoner i trevirke	7
2.2. Om hvitråtesopper	8
2.3. Vekstbetingelser	9
2.3.1. Temperatur	9
2.3.2. Fuktighet	9
2.3.3. Næring.....	10
2.3.4. Andre vekstbetingelser	10
2.4. Materialelegenskaper	10
2.4.1. Substanstap.....	10
2.4.2. Mekaniske egenskaper.....	11
2.4.3. Fuktighet	12
3. Materiale og metoder.....	13
3.1. Materialer	13
3.1.1. Klassifikasjonssystem	13
3.1.2. Soppfargingsforsøk	13
3.2. Metoder	14
3.2.1. Densitet	14
3.2.2. Krymping	14
3.2.3. Hardhet	14
3.2.4. Skruefasthet	14
3.2.5. Skjøtstyrke ved liming.....	14
3.2.6. Soppfargingsforsøk	15
3.2.7. Isolering, identifisering og klassifisering av sopp.....	15
4. Resultater	18
4.1. Densitet.....	18
4.2. Krymping.....	20
4.3. Hardhet.....	21
4.4. Skruefasthet.....	22
Eksempler fra forsøkene	24
4.5. Skjøtstyrke ved liming	26
4.6. Klima ved soppfargingsforsøk	27
4.7. Soppfargingsprosessen.....	28
5. Konklusjon og diskusjon.....	37
6. Litteratur	40

Forord

Denne rapporten omfatter delprosjekt 1 og 2 i prosjektet "Soppfarget lauvtrevirke brukt som dekormaterialer i møbelproduksjon". Rapporten dokumenterer egenskaper hos soppfarget lauvtrevirke gjennom et litteraturstudium og laboratorieforsøk.

Lektor Arne Eide, Høgskolen i Akershus, avdeling for formgivning og produktdesign, er initiativtaker til prosjektet.

Prosjektet har bestått av tre delprosjekter som har vært ledet av Håkon Helgerud Myhra ved Norsk Treteknisk Institutt.

Delprosjekt 1 er utført av Mycoteam, som er et konsulentfirma med spesialkompetanse innen biologiske skadegjørere i forbindelse med bygninger. Dette delprosjektet er finansiert av Borregaard AS Forskningsfond. Delprosjekt 2 er gjennomført ved laboratoriet til Norsk Treteknisk Institutt. Gjennomføringen av dette delprosjektet og prosjektledelsen av hele prosjektet er finansiert av Landbruksdepartementet gjennom prosjekt "Trevirke og Treindustrien - Verdiskapning og Foredling" (TTVF).

Delprosjekt 3 har hatt som mål å utvikle produkter som egner seg for serieproduksjon, og å knytte industrikontakter. Delprosjekt 3 er utført av Arne Eide gjennom et ettårig høgskolestipend.

1. Innledning

Prosjektets hovedmålsetting er å øke bruken av norsk lauvtrevirke som dekormateriale i møbel- og trevareproduksjon. I prosjektet er det tatt utgangspunkt i soppfarget lauvtrevirke. Soppfarget lauvtrevirke er vanligvis angrepet av hvitråtesopper som danner ulike farger og mønstertegninger, som gir dekorative materialer. Materialet fortoner seg som eksklusivt, og kan gi svært attraktive produkter. Materialet er kjent som "soppfarget" eller "surnet" ved, og er brukt til dreie- og formingsmateriale.

Delprosjekt 1 har hatt som mål å dokumentere hvilke sopper som opptrer på ulike treslag, og beskrive soppfargingsprosessen. Delprosjekt 2 har hatt som mål å dokumentere materialegenskaper til soppfarget lauvtrevirke.

2. Teoretisk bakgrunn

Den teoretiske bakgrunnen tar sikte på å gi en generell beskrivelse av hvordan råtesopper utvikler seg i trevirket, og hvordan de påvirker trevirkets materialegenskaper. Noen av litteraturhenvisningene er derfor gjort til kompendier og forelesningshefter som bygger på andre vitenskapelige kilder.

2.1. Suksesjoner i trevirke

Ulike organismer som sopper og bakterier invaderer trevirket ved ulike tidspunkt. Sopper og bakterier som lever på lett nedbrytbare stoffer i veden, kommer gjerne først. Fargeskadesoppene hører gjerne med til denne gruppen, mens råtesoppene kommer seinere. En slik invadering av organismer kalles en suksesjon.

Tidlig i suksesjonen deltar oftest få arter, og for lauvtrær kommer vanligvis bakterier først. Deretter kommer sopper som lever av lett nedbrytbar næring som sukker og enkle karbohydrater i cellehulrommene. Dette er gjerne fargeskadesopper. I neste omgang kommer sopper som bryter ned veden i liten grad, og seinere kommer vednedbrytende sopper som spalter cellulose og lignin. I denne fasen vil det i tillegg være tilstede en rekke organismer som ikke er i stand til å bryte ned veden.

Soppfarging av lauvtrevirke vil derfor være et resultat av en rekke organismer som utvikles i veden. Det typiske skadebildet for "soppfarget" eller "surnet" lauvtrevirke er dannet av hvitråtesopper.

2.2. Om hvitråtesopper

Råtesopper i trevirke skiller seg fra fargeskadesopper ved at de bryter ned substans i celleveggene. Det er vanlig å dele råtesopper i trevirke inn i brunrâte, hvitrâte og grårâte. De tre råtetyperne har ulike nedbrytningsmønstre som gir ulike egenskaper hos trevirket.

Brunrâte kjennetegnes ved at trevirket blir brunt, og etter uttørking sprekker det opp i terningformede biter. Hvitrâte gir lyst trevirke, ofte med spredte, tydelig fargete demarkasjonslinjer. Virket beholder til dels sin styrke og elastisitet. Grårâte ligner brunrâte i utseende, men opptrer mest i overflaten på trevirket.

Hvitråtesoppene bryter ned både cellulose og lignin i celleveggene. Under nedbrytningen beholder derfor trevirket sin struktur uten noe kollaps eller krymping, men det skjer en generell fortykning av celleveggen. Store variasjoner i nedbrytningsmønsteret forekommer, men vanligvis skjer det en jevn nedbrytning av cellulose og lignin fra cellelumen til midtlamellen i en celle (fig. 1).

Figur 1. Nedbrytningsmønster for hvitråtesopp (Montgomery 1982).

Sekundærveggen hos en celle består av de tre lagene S_1 , S_2 og S_3 , og nedbrytningen skjer fra S_3 til S_2 og til S_1 .

Tabell 1 viser ulike karakteristiske trekk ved trevirke angrepet av hvitråte og brunråte.

Tabell 1. Sammenligning av karakteristika mellom trevirke angrepet av hvitråte og brunråte (Kollmann & Côte 1968).

Egenskap/ karakteristikk	Trevirke med hvitråte	Trevirke med brunråte
Farge	Hvitbleket	Rødbrun
Bestanddel fjernet	Cellulose og lignin	Cellulose
Krymping	Tilnærmet normalt	Unormalt stor, spesielt i lengderetning
Statisk styrke	Begrenset reduksjon	Stor reduksjon
Hardhet	Rask reduksjon, også på et tidlig stadium.	Rask reduksjon, også på et tidlig stadium
Masseutbytte (vektenhet)	Tilnærmet som for friskt trevirke	Lavt
Fiberkvalitet	Sammenlignbart med friskt trevirke	Dårlig
Løselighet i 1% NaOH	Litt mer enn normalt	Høy
Foretrukket vertstrevirke	Lauvtre	Bartre

2.3. Vekstbetingelser

For å kunne si noe om utvikling av sopp, er det vesentlig å kjenne til hvilke vekstbetingelser som kreves. I de følgende avsnittene er vekstbetingelsene for vedboende sopper beskrevet.

2.3.1. Temperatur

Temperatur er en av de viktigste miljøfaktorene for vekst og utvikling. Man kjenner temperaturoptimum, -maksimum og -minimum for en rekke vedboende sopper. Det er vanlig å regne med at under -5 °C til -6 °C og over 60 °C til 65 °C vil all vekst opphøre. De fleste soppene har optimum mellom 20 °C og 32 °C . Under 10 °C og over 32 °C er veksten sterkt redusert.

2.3.2. Fuktighet

For at soppsporer skal etablere seg og soppmycel skal vokse, kreves det at veden er fuktig. I alminnelighet kreves at fuktighetsinnholdet overstiger fibermetningspunktet, altså omkring 30 % fuktighetsinnhold, men med et fuktighetsinnhold ned mot 20 % er det også vanlig å finne soppvekst. Den

gunstigste situasjonen for soppenes vekst er når celleveggene er mettet med vann, og det i tillegg er en vannfilm på celleveggene. Beregninger har vist at minst 20 % av porevolumet må være fritt for vann for å tilfredsstille soppenes vekst.

De ulike soppers optimale fuktighetsinnhold varierer hovedsakelig mellom 40 % og 100 % vanninnhold i veden. Det er vist at bjørk og osp kan angripes av råtesopper med opptil 160 % fuktighetsinnhold i veden.

2.3.3. Næring

Råtesopper ernærer seg hovedsakelig av vedens cellevegger, mens fargeskadesoppene ernærer seg av innholdet i cellehulrommene. Kjerneveden hos enkelte treslag inneholder giftige stoffer som gjør den motstandsdyktig mot soppangrep, for eksempel furu, eik og einer.

Karbohydrater i celleveggene utnyttes som energikilde for soppene. I tillegg krever soppene en rekke andre stoffer. Nitrogen er et viktig stoff for soppene til syntese av protein og nukleinsyrer. Lavt nitrogeninnhold i veden vil redusere soppens vekst. Andre stoffer som er viktig for soppene, er fosfor, svovel, kalium, magnesium, molybden, sink, kobber, jern, mangan og bor. For å gi en normal vekst og utvikling, er det også viktig med en viss mengde vitaminer. (Vadla & Wilhelmsen 1982)

2.3.4. Andre vekstbetingelser

Vedboende sopper får sin energi fra respirasjonsprosessen, og krever av den grunn oksygen, men i relativt små mengder. Undersøkelser har vist at oksygeninnhold på 1 % er nok for vekst av råtesopper.

Normalt vil luft inneholde omkring 0,03 volumprosent CO₂. CO₂-innholdet i råttent ved ligger vanligvis betydelig over dette nivået. Undersøkelser viser at vedboende sopper har tilpasset seg et høyere CO₂-innhold enn hva man finner i luft. (Huse, Roll-Hansen & Venn 1992)

Soppenes krav til pH vil vanligvis ligge i området pH 2-8.

2.4. Materialeegenskaper

2.4.1. Substanstap

Med substanstap menes tap av vedsubstans pr. vektenhet i prosent av opprinnelig tørrvekt.

Wilhelmsen (1968) viste at substanstapet til bjørk som var lagret én sommer var 4-5 %. Dette var uavhengig av lagringssted og om virket var barked eller ubarked. Etter lagring i to somrer hadde bjørk som var lagret på en åpen flate, et substanstap på 5-8 %, mens bjørk lagret i skogen hadde et substanstap på 10-14 %.

Fra Syd-Sverige (Henningsson 1967a) er det vist at bjørk fikk et substanstap på hele 10 % etter ett års lagring, mens det i midtre deler av landet ble målt substanstap på 3-5 %. Undersøkelsene viste også at ospe- og bjørkevirke nesten utelukkende ble angrepet av hvitråtesopper.

Tamminen (1979) viste at med mindre enn ett års lagring av bjørk, var det ingen forskjell i substanstap i endene og på midten av stokkene. Videre lagring viste at substanstapet var betydelig større i endene enn på midten av stokkene.

2.4.2. Mekaniske egenskaper

Av erfaring vet man at råteskadet virke har dårligere styrkeegenskaper enn friskt virke. Ved substanstap større enn 5-10 %, er det god sammenheng mellom styrkereduksjon og substanstap. Ved lave substanstap er det liten eller ingen forskjell i styrkereduksjon mellom hvitråtesopper og brunråtesopper, men ved høyere substanstap vil generelt brunråtesoppene gi sterkest reduksjon i styrkeegenskaper. (Huse, Roll-Hansen & Venn 1992)

Flere undersøkelser har vist at slagbruddfasthet er en av de første styrkeegenskaper som påvirkes av råteangrep. Reduksjon av slagbruddfasthet oppstår hurtigere enn reduksjon i bøyefasthet og trykkfasthet. Figur 2 viser hvordan de ulike styrkeegenskapene hos ask reduseres i forhold til inkubasjonstiden for hvitråtesoppen pelskjuke (*Inonotus hispidus*).

Figur 2. Prosentvis reduksjon i slagbruddfasthet, bøyefasthet, trykkfasthet og elastisitetsmodul hos askevirke i relasjon til inkubasjonstid i uker for hvitråtesoppen Inonotus hispidus (Cartwright & Findlay 1958).

Figur 3 viser forholdet mellom slagbruddfasthet og vekttap hos brunråte- og hvitråtesopper.

Figur 3. Forholdet mellom slagbruddfasthet og vekttap hos noen hvitråte- og brunråtesopper (Henningsson 1967b).

Friskt trevirke vil ved overbelastning knake, og sammenbrudd foregår vanligvis langsomt. For råteangrepet trevirke vil sammenbruddet komme raskt uten noen forvarsel i form av knaking.

2.4.3. Fuktighet

Virke angrepet av råte- og fargeskadesopper er mer permeabelt enn friskt virke. Dette betyr at en oppfuktning som følge av f.eks. nedbør vil gå raskere for råteskadet virke enn for friskt virke. Borehullene i celleveggene som er laget av soppfyfene, medfører at vann absorberes raskt.

Forskjell i likevektsfuktighet mellom soppangrepet trevirke og friskt trevirke synes å være svært liten, og uten praktisk betydning.

3. Materiale og metoder

3.1. Materialer

Materialene som ble benyttet ved testing av ulike materialegenskaper, kommer fra trær fra Romerike i Akershus, og er av treslagene bjørk, selje og lønn. Soppfargingen har blitt til på ulike måter. Noe av materialet er hentet ute i skogen, noe har en ukjent opprinnelse, og noe er tilrettelagt for soppfarging under gunstige vekstbetingelser.

Det er stor usikkerhet i materialet med hensyn til opprinnelse og avhengighet mellom prøvebitene, altså hvorvidt prøvebitene kommer fra samme tre eller ikke. Materialet vil imidlertid kunne gi indikasjoner på hvilke forskjeller man kan forvente i egenskaper mellom friskt trevirke og soppfarget trevirke. Materialene ble tørket i forsøksstørka ved Norsk Treteknisk Institutt, og videre bearbeidet til aktuelle prøvedimensjoner beskrevet i *Normer for prøving av heltre* (Foslie 1981).

3.1.1. Klassifikasjonssystem

Høgskolelektorene Eide & Murud (1986) har utført et hovedfagsstudium med emne "Soppfarget bjørk, tilvirkning og bruk". For å beskrive graden av "soppfarging" eller soppangrep, har de funnet det tjenlig å klassifisere materialet i ulike faser i nedbrytningsprosessen. Heretter kalles disse ulike fasene for suksesjonstrinn. Med bakgrunn i erfaringene fra hovedfagsstudiet, ble det i prosjektet definert tre ulike suksesjonstrinn.

- **Suksesjonstrinn 0** angir frisk ved uten visuelle tegn til soppfarging.
- **Suksesjonstrinn 1** angir at veden har fått brune flekker som følge av råteangrep.
- **Suksesjonstrinn 2** angir at veden har fått svarte og brunaktige striper innimellom de brune flekkene.

Materialene ble klassifisert visuelt i de tre suksesjonstrinnene før utprøving.

3.1.2. Soppfargingsforsøk

I september 1996 ble det startet et forsøk med soppfarging av bjørkekubber. Fra et nyfelt bjørketre ble det kappet 10 bjørkekubber à 60 cm. Disse kubbene ble deretter lagt i en trekasse innvendig kledd med plast. Kassen var dekket til med et løst treløkk, og hadde et volum på omkring 1 m³. Kassen ble plassert i et lagerrom med temperatur omkring 20-25 °C. Den relative luftfuktigheten i kassen forble høy fordi den var kledd med plast innvendig. Luftutvekslingen gjennom det løse treløkket var begrenset. Det ble ikke utført noen testing av materialegenskaper på dette virket. Det ble derimot jevnlig tatt ut treprøver til isolering og identifisering av sopp hos Mycoteam.

3.2. Metoder

Prøvemethodene er valgt med hensyn til egenskaper av praktisk betydning ved bruk i møbler og trevareprodukter, og ut i fra de ressursene som var til rådighet i prosjektet. Prøvingene er hovedsakelig utført etter *Normer for prøving av heltré* (Foslie 1981). Det er kun foretatt beregninger av gjennomsnittsverdier og standardavvik for materialet. Statistiske analyser er unnlatt på grunn av store usikkerheter når det gjelder avhengighet i materialet, og et svært begrenset antall prøver.

3.2.1. Densitet

Densiteten hos de ulike treslagene og suksesjonstrinnene er bestemt på samme prøver som er benyttet ved testing av krymping, hardhet og skruefasthet. Prøvenes tørrvekt er bestemt ved veiing, og prøvenes volum ved aktuell fuktighet er bestemt ved måling med skyvelære. Ut fra vitenskapelig kjente verdier for volumkrymping er tørrdensiteten beregnet.

3.2.2. Krymping

Målingene gir uttrykk for krymping av treprøvene fra fersk tilstand til absolutt tørr tilstand, og er utført i radial-, tangential- og lengderetning. Prøvene er målt i fersk tilstand (fuktighet over fibermetningspunktet), ved ca. 12 % likevektsfuktighet og i tørr tilstand. Målingene er utført med en dimensjonsmåler med målenøyaktighet på 1/100 mm. Prøvingen er utført etter TRENORM 6.

3.2.3. Hardhet

Hardhet er bestemt etter Janka kuleprøve, og angir virkets motstand mot inntrenging av et halvkuleformet legeme. Hardheten avleses som belastningen ved nedpressing av halvkulen, og er utført i radial-, tangential- og lengderetning. Prøvingen er utført i henhold til TRENORM 14. For prøvene av bjørk er hardheten justert til å gjelde for 12 % fuktighet. Dette er gjort etter formel beskrevet i TRENORM 14. Dette kan gjøres når prøvenes fuktighet ligger i området 9 % til 15 %. For prøvene av selje og lønn var fuktigheten lavere enn 9 %, slik at resultatene er angitt for gjeldende fuktighet.

3.2.4. Skruefasthet

Skruefastheten angir den aksielle uttrekkskraft for å trekke ut en skrue av trevirket dividert på skruens innskrudd lengde. Skruefastheten angis i N/mm, og er utført i radialretning i trevirket. Prøvingen er utført i henhold til TRENORM 20.

3.2.5. Skjötstyrke ved liming

Prøvingene er utført etter *NS-EN 302-1, Lim for bærende konstruksjoner, Prøvemethoder - Del 1: Bestemmelse av skjötstyrke ved strekkprøving på langs* (NS-EN 302-1 1992). Standarden beskriver en metode for å bestemme skjötstyrken i en limfuge mellom to treprøver. Prøvemethoden benyttes til uttesting av limtyper. Skjötstyrken bestemmes som skjærfastheten i den sammenlimte prøven. Bruddet

vil gi indikasjoner på om det har gått i eller i nærheten av limfugen eller i trevirket ellers. Ved brudd i trevirket vil man kunne få indikasjoner på om skjærfastheten er svekket for de soppfargete prøvene i forhold til prøver som ikke er soppfarget. Prøvene ble behandlet på to ulike måter. Halvparten av prøvene ble testet ut ved trefuktighet omkring 12 %. Den andre halvparten av prøvene ble testet ut etter fire døgn nedsenking i vann, altså våtprøving.

3.2.6. Soppfargingsforsøk

I prosjektet ble det etablert et forsøk med soppfarging av bjørk i en kasse. Kassen ble plassert i et oppvarmet rom. Formålet var å følge soppfargingsprosessen i bjørk gjennom et kontrollert forsøk. Bjørkekubbene hadde soppsporer fra skogen, slik at med de rette lagringsbetingelsene, ville soppfargingsprosessen naturlig gå sin gang.

Fra denne kassen ble det månedlig tatt ut en kubbe til revisjon. For hver revisjon ble kubben delt langsetter marginen, og det ble tatt ut én treprøve fra hver ende og på midten for bestemmelse av fuktighet. Det ble tatt til sammen seks revisjoner. Klimaet i kassen ble jevnlig registrert ved enkeltmålinger av relativ luftfuktighet, og temperatur ved hjelp av en kapasitiv luftfuktighetsmåler. For hver revisjon ble det tatt ut treprøver som ble levert til Mycoteam for isolering og identifisering av sopper.

3.2.7. Isolering, identifisering og klassifisering av sopp

Fra treprøver som Mycoteam mottok ved hver revisjon, ble det forsøkt å isolere de soppene som hadde betydning for fargingsprosessen i veden. Det ble valgt mellom fire og åtte aktuelle prøvepunkter på hver treprøve hvor det ble tatt ut fliser til oppdyrking og isolering. Det ble tatt fliser til oppdyrking i overgangssonen mellom ved med normal farge og ved med avvikende farge (brun, sort, blå mm.), overgangssone mellom to områder med avvikende farge, og fra ved med avvikende farge og hardhet.

To typer isolasjonsmedier, MA (maltagar) og BDC (benomyl-dichloran-chloramphenicol agar), ble hovedsakelig benyttet ved isolering av soppene. MA er det vanligste mediet for vedlikehold av kulturer. Mange sopper vokser meget hurtig på MA, og vil derfor være lite egnet til isolering fra sterkt infiserte prøver. BDC er et medium utviklet for selektiv isolasjon av basidiomyceter, ved at en maltagar er tilsatt benomyl i en konsentrasjon som favoriserer den type sopper (Worrall 1992). Dichloran begrenser utbredelsen av kolonier, spesielt av hurtig voksende zygomyceter. BDC er også tilsatt chloramphenicol som hindrer bakterievekst. Ved å benytte både MA og BDC, regner man med å kunne isolere et bredt spekter av sopper som er tilstede i veden.

På hver dyrkingsskål ble det plassert fire trefliser, og skålen ble inkubert ved 20 °C i 5-7 dager. Totalt var det ca. 420 enkeltbiter til analyse. Soppkulturene ble etter inkubering overført til maltagar. Etter rendyrking på maltagar ble kulturene overført til rør med maltagar for oppbevaring. Ved tredje revisjon viste det seg at en vanlig forurensningsopp ofte dominerte i dyrkingsskålene. Det ble derfor

ansett som nødvendig ved enkelte revisjoner å overflatesterilisere treflisene før de ble satt på dyrkingsskålene. Ved overflatesterilisering ble treflisene vendt i en klorinoppløsning i 1-2 minutter og deretter skylt i to bad med sterilt destillert vann før de ble satt på skåler med isolasjonsmedium.

Et utvalg på 22 av de isolerte soppene (tabell 2) ble benyttet videre i et forsøk som hadde til hensikt å gjenskape enkelte av fargesjatteringene som etterhvert ble observert i bjørkekubbene.

Tabell 2. Isolater (22 stk.) ble valgt ut til oppdyrking på ferskt trevirke av bjørk.

Isolat	Type	Isolat	Type
96-69/2/1	<i>Ulocladium chartarum</i>	96-73/3/2	Svertesopp
96-69/3/1	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	96-73/6/1	Ukjent (<i>Trichoderma koningii</i>)
96-71/2/1	<i>Trichoderma viride</i>	97-7/1/1	<i>Trichoderma</i> sp.
96-71/5/1	Ukjent muggsopp	97-7/2/2	Muggsopp
96-71/8/2	Ukjent (<i>Trichoderma viride</i>)	97-7/3/1	<i>Gliocladium viride</i>
96-71/9/2	Ukjent	97-7/4/1	Svertesopp
96-71/13/1	Ukjent (<i>Trichoderma viride</i>)	97-7/4/3	<i>Trichoderma viride</i>
96-71/13/2	Ukjent	97-8/1/1/1	Svertesopp
96-72/7/1	Ukjent muggsopp	97-8/1/1/2	Svertesopp
96-73/1/1	Svertesopp	97-8/4/2	Ukjent
96-73/3/1	Svertesopp	97-9/1/1	Brunråde

Ferskt trevirke av bjørk ble splittet i ca. 2 mm tykke skiver. Av disse skivene ble trefliser på ca. 2x2 cm tillaget for oppdyrking av de 22 isolatene. Treflisene ble mettet med vann, deretter sterilisert ved autoklaving og satt på dyrkingsskåler. Dyrkingsskåler med TWA (tap-water agar) ble benyttet i denne testen. TWA er et medium med lite næring. Mange sopper vokser sparsomt på TWA, men dannelsen av sporer vil gjerne være god. Utvalget av soppisolater ble gruppert i to. I gruppe 1 ble kun ett isolat inokulert på hver skål. Inokulumet ble plassert tett inntil treflisene, og slik at det kunne vokse i vedens lengderetning. I gruppe 2 ble to isolater inokulert på hver sin side av treflisene. Alle isolater ble testet mot hverandre. Dyrkingsskålene ble inkubert ved 20 °C, og kontrollert hver 7., 14. og 21. dag. Etter endt forsøksperiode ble treflisene rengjort for overflatemycel slik at fargeendringene lettere kunne undersøkes.

Mikroskopipreparater ble laget fra isolasjonsskåler og subkulturer fra sopper i kassen. Fra forsøket med oppdyrking av isolatene på sterile treprøver av bjørk, ble

det laget mikroskopipreparater fra treprøvene og fra dyrkingsskålene. De isolerte soppene ble delvis bestemt og videre gruppert. Ikke alle soppisolater fremviser tilstrekkelig mange karakterer i kultur til at identifikasjon er mulig. Soppisolatene ble klassifisert etter en økologisk inndeling som vist i tabell 3.

Tabell 3. Inndeling av vedboende sopp etter grupper

Type	Bryter ned	Utseende hos treverk
Brunråte	Cellulose m.m.	Brunt, sprøtt, sprekker på tvers av fiberretningen
Hvitråte	Ligning, cellulose og hemicellulose	Lyst, mykt og fibrøst
Gråråte	Cellulose m.m.	Grått / brunt, mykt, særlig i overflater
Svertesopp	Celleinnhold, "sukker"	Svart, grått eller blåaktig
Muggsopp	Celleinnhold, "sukker"	Overflaten kan farges av sporer

I tillegg til prøvene nevnt ovenfor, ble det isolert og identifisert sopper fra en materialprøve av bjørk som hadde "ideelt" utseende med hensyn til soppfarging.

4. Resultater

4.1. Densitet

Tabell 4 viser tørrdensiteten til de ulike prøvene av bjørk.

Tabell 4. Tørrdensitet hos bjørk i suksesjonstrinn 0, 1 og 2.

Tørrdensitet i g/cm³ for bjørk				
Prøvetype	Suks.	0	1	2
Densitet på krympeprøver	Gj.sn.	0,579	0,504	0,485
	Std.av.	0,062	0,043	0,040
	Antall	35	20	20
Densitet på hardhetsprøver	Gj.sn.	0,566	0,545	0,549
	Std.av.	0,019	0,030	0,040
	Antall	13	20	20
Densitet på skruefasthetsprøver	Gj.sn.	0,574	-	0,537
	Std.av.	0,025	-	0,020
	Antall	11	-	10

Tørrdensiteten for de ulike prøvene av bjørk viser en reduksjon fra 3-16 % fra suksesjonstrinn 0 til 2.

Tabell 5 viser tørrdensiteten til de ulike prøvene av selje.

Tabell 5. Tørrdensitet hos selje i suksesjonstrinn 0 og 2.

Tørrdensitet i g/cm³ for selje				
Prøvetype	Suks.	0	1	2
Densitet på hardhetsprøver	Gj.sn.	0,473	-	0,406
	Std.av.	0,003	-	0,033
	Antall	20	-	20
Densitet på skruefasthetsprøver	Gj.sn.	0,489	-	0,407
	Std.av.	0,009	-	0,103
	Antall	20	-	10

For selje er det en reduksjon i tørrdensiteten fra 14-17 % fra suksesjonstrinn 0 til 2 for de to prøvetypene. Det er verdt å legge merke til at standardavviket er langt høyere for suksesjonstrinn 2 enn for suksesjonstrinn 0. Tabell 6 viser tørrdensiteten hos de ulike prøvene av lønn.

Tabell 6. Tørrdensitet hos lønn i suksesjonstrinn 0 og 2.

Tørrdensitet i g/cm³ for lønn				
Prøvetype	Suks.	0	1	2
Densitet på hardhetsprøver	Gj.sn.	0,625	-	0,604
	Std.av.	0,027	-	0,022
	Antall	15	-	15
Densitet på skruefasthetsprøver	Gj.sn.	0,608	-	0,614
	Std.av.	0,043	-	0,021
	Antall	8	-	9

For prøvene av lønn viser resultatet en reduksjon på 3 % og en økning på 1%.

4.2. Krymping

Tabell 7 viser maksimal krymping for bjørk for de ulike suksesjonstrinnene.

Tabell 7. Krymping i radial-, tangential- og lengderetning for bjørk i suksesjonstrinnene 0, 1 og 2.

Maksimal krymping i % for bjørk				
Retning	Suks.	0	1	2
Radial	Gj.sn.	6,0	5,3	4,0
	Std.av.	0,5	1,2	0,2
	Antall	35	20	20
Tangential	Gj.sn.	8,2	6,4	6,3
	Std.av.	0,5	1,2	0,4
	Antall	35	20	20
Lengde	Gj.sn.	-	0,5	0,6
	Std.av.	-	0,3	0,2
	Antall	-	20	20

Resultatene for bjørk viser en reduksjon i krymping for radial- og tangentialretning fra suksesjonstrinn 0 til 2. Standardavviket for suksesjonstrinn er langt høyere enn for suksesjonstrinn 0 og 2 i radial- og tangentialretning.

4.3. Hardhet

Hardheten hos prøver av bjørk i tre ulike suksesjonstrinn er gitt i tabell 8. Hardheten er målt etter Janka kuleprøve og er beregnet til å gjelde for 12 % fuktighet i prøvene i radial-, tangential- og lengderetning.

Tabell 8. Hardhet for bjørk i suksesjonstrinn 0, 1 og 2 (Janka kuleprøve).

	Hardhet for bjørk i N								
	Tangentielt			Radielt			Lengde		
Suks.	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Gj.sn.	3 537	3 393	3 003	3 481	3 435	2 807	4 722	4 918	4 101
Std.av.	233	681	833	373	582	554	436	666	1 025
Antall	10	17	18	10	16	18	10	16	19
Fukt.	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %	12 %

Hardheten hos bjørk viser en reduksjon fra 13-19 % fra suksesjonstrinn 0 til 2. Videre viser tabellen at standardavviket er betydelig større i suksesjonstrinn 2 enn i 0. Hardheten for prøver av selje i to ulike suksesjonstrinn er gitt i tabell 9. Hardheten er målt etter Janka kuleprøve og gjelder for aktuell fuktighet i prøvene ved prøvetidspunktet.

Tabell 9. Hardhet for selje i suksesjonstrinn 0 og 2 (Janka kuleprøve).

	Hardhet for selje i N								
	Tangentielt			Radielt			Lengde		
Suks.	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Gj.sn.	2 932	-	1 347	3 121	-	1 612	4 158	-	3 153
Std.av.	322	-	577	128	-	610	257	-	938
Antall	18	-	20	18	-	20	19	-	20
Fukt.	8,8 %	-	9,1 %	8,8 %	-	9,1 %	8,8 %	-	9,1 %

Resultatet for selje viser en reduksjon i hardhet fra 24-54 % fra suksesjonstrinn 0 til 2, og med et betydelig høyere standardavvik i suksesjonstrinn 2.

Hardheten for prøver av lønn i to ulike suksesjonstrinn er gitt i tabell 10. Hardheten er målt etter Janka kuleprøve og gjelder for aktuell fuktighet i prøvene ved prøvetidspunktet.

Tabell 10. Hardhet for lønn i suksesjonstrinn 0 og 2 (Janka kuleprøve).

	Hardhet for lønn i N								
	Tangentielt			Radielt			Lengde		
Suks.	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Gj.sn.	5 937	-	5 877	6 203	-	6 233	9 170	-	8 413
Std.av.	1 003	-	1 018	1 238	-	881	744	-	629
Antall	20	-	20	20	-	20	20	-	20
Fukt.	8,8 %	-	9,1 %	8,8 %	-	9,1 %	8,8 %	-	9,1 %

Hardheten for lønn viser en reduksjon fra 1-8 % fra suksesjonstrinn 0 til 2 i tangential- og lengderetning. I radialretningen er det en liten økning. Standardavviket er langt jevnere for prøvene av lønn enn for prøvene av bjørk og selje.

4.4. Skruefasthet

Skruefasthet for bjørk i de to suksesjonstrinnene 0 og 2 er gitt i tabell 11 ved aktuell fuktighet ved prøvetidspunktet.

Tabell 11. Skruefasthet for bjørk i suksesjonstrinn 0 og 2.

Skruefasthet for bjørk		
Radielt, N/mm		
Suks.	0	2
Gj.sn.	133,3	111,3
Std.av.	20,4	12,3
Antall	11	10
Fuktighet	9,0 %	9,0 %

Skruefastheten for bjørk viser en reduksjon på 16 % fra suksesjonstrinn 0 til 2.

Skruefasthet for selje i de to suksesjonstrinnene 0 og 2 er gitt i tabell 12 ved aktuell fuktighet ved prøvetidspunktet.

Tabell 12. Skruerfasthet for selje i suksesjonstrinn 0 og 2.

Skruefasthet for selje		
Radielt, N/mm		
Suks.	0	2
Gj.sn.	126,3	63,9
Std.av.	4,7	31,5
Antall	20	10
Fuktighet	9,6 %	9,6 %

For selje viser resultatet en reduksjon på hele 49 % fra suksesjonstrinn 0 til 2, og med et betydelig høyere standardavvik for suksesjonstrinn 2. Prøveantallet var også dobbelt så høyt i suksesjonstrinn 0. Skruerfasthet for lønn i de to suksesjonstrinnene 0 og 2 er gitt i tabell 13 ved aktuell fuktighet ved prøvetidspunktet.

Tabell 13. Skruerfasthet for lønn i suksesjonstrinn 0 og 2.

Skruefasthet for lønn		
Radielt, N/mm		
Suks.	0	2
Gj.sn.	167,5	180,3
Std.av.	41,6	27,5
Antall	8	9
Fuktighet	9,1 %	8,8 %

Skruefastheten reduseres fra suksesjonstrinn 0 til 2 for både bjørk og selje, mens resultatet for lønn viser en økning.

Eksempler fra forsøkene

4.5. Skjølstyrke ved liming

Skjærfastheten for limprøver av bjørk ved 12 % fuktighet (såkalte "tørre" prøver) er gitt for de tre suksesjonstrinnene 0, 1 og 2 i tabell 14.

Tabell 14. Skjærfasthet for "tørre" prøver av bjørk i suksesjonstrinnene 0, 1 og 2.

Skjærfasthet for limprøver av bjørk N/mm²			
"Tørre" prøver (12 % fuktighet)			
Suks.	0	1	2
Gj.sn.	12,0	8,0	6,7
Std.av.	3,0	1,4	1,9
Antall	20	20	20
Trebrudd	91 %	100 %	100 %

100 % trebrudd betyr at alle bruddene har skjedd i trevirket. For tørre prøver i suksesjonstrinn 0 har 91 % av bruddene skjedd i trevirket, mens 9 % av bruddene har skjedd i limfugen. Skjærfastheten ble redusert med 44 % fra suksesjonstrinn 0 til 2.

Skjærfastheten for limprøver av bjørk etter nedsenking i vann i fire døgn (såkalte "våte" prøver) er gitt for de tre suksesjonstrinnene 0, 1 og 2 i tabell 15.

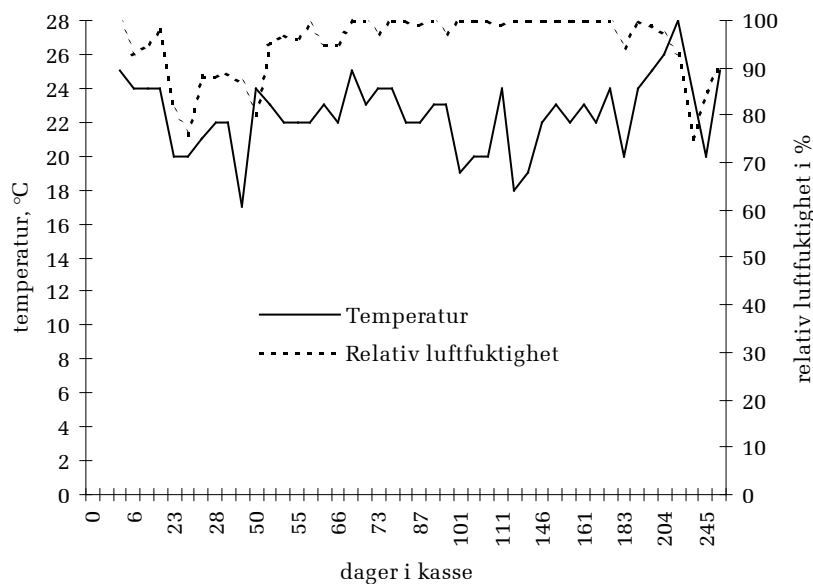
Tabell 15. Skjærfasthet for "våte" prøver av bjørk i suksesjonstrinnene 0, 1 og 2.

Skjærfasthet for limprøver av bjørk N/mm²			
"Våte" prøver			
Suks.	0	1	2
Gj.sn.	6,9	5,8	5,1
Std.av.	1,7	1,4	1,4
Antall	20	20	20
Trebrudd	100 %	100 %	100 %

For de våte prøvene hadde samtlige brudd skjedd i trevirket, og skjærfastheten ble redusert med 26 % fra suksesjonstrinn 0 til suksesjonstrinn 2.

4.6. Klima ved soppfargingsforsøk

Klimaet i kassen hvor soppfargingsforsøket foregikk, ble jevnlig fulgt opp. Registreringene av klimaet i kassen illustreres i figur 3.



Figur 3. Relativ luftfuktighet (%) og temperatur (°C) i kassen som ble brukt til soppfargingsforsøk.

Figur 3 viser at den relative luftfuktigheten over en lang periode var lik eller tilnærmet lik 100 %. Variasjonen i relativ luftfuktighet var fra 75-100 %, mens variasjonen i temperatur var fra 17-28 °C. Ved første revisjon (69 dager) framkom det klart at soppfargingen hadde startet i endepartiene på kubbene. Ved andre revisjon (101 dager) kunne materialet klassifiseres til suksesjonstrinn 1 i endepartiene. Ved den tredje revisjonen (161 dager) hadde soppfargingen kommet til suksesjonstrinn 2 i endepartiene. Det ble ved samme revisjon også registrert betydelig blåved i materialet. Ved den sjette og siste revisjonen (253 dager) hadde materialet fått løs råte i endepartiene.

Fuktigheten på midten av bjørkekubbene ble redusert fra 73 % ved den første revisjonen til 50 % ved den sjette og siste revisjonen.

4.7. Soppfargingsprosessen

Utseendet på treprøvene ved de ulike revisjonene er oppsummert i tabell 16-21 sammen med en beskrivelse av de ulike stedene der det ble forsøkt isolert sopp, og resultatet av denne isoleringen.

Tabell 16. Revisjon 1 fra soppfargingsforsøk (1996-10-28).

Trevirket er uten synlig preg av soppvekst, unntatt endene, som er svakt - moderat bevokst med muggsopper (<i>Penicillium</i> og <i>Trichoderma</i>).			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse/art	Gruppe
1/1	Ikke farget av sopp	<i>Alternaria alternata</i>	Svertesopp
2/1	Ikke farget av sopp	<i>Ulocladium chartarum</i>	Svertesopp
2/2		Lys m/ brune "klumper"	Ukjent
2/3		Som over	
2/4		Som over	
3/1	Ikke farget av sopp	<i>Cladosporium</i> sp.	Muggsopp
4/1	Ikke farget av sopp	Som 2/2-2/4	
4/2		Som over	
4/3		<i>Trichoderma</i> sp. + ukjent	Muggsopp
5/1	Ikke farget av sopp	Hvit, reniforme konidier	Ukjent muggsopp
6/1	Ikke farget av sopp	<i>Penicillium</i> sp.	Muggsopp
7/1	Ikke farget av sopp	<i>Gliocladium viride</i>	Muggsopp

Tabell 17. Revisjon 2 fra soppfargingsforsøk (1996-11-29).

Trevirket er uten synlig preg av soppvekst, unntatt endene, som er moderat - kraftig bevokst med muggsopper (<i>Penicillium</i> og <i>Trichoderma</i>). På en av halvdelene er det tegn til begynnende brunfarging i enkelte felter.			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse	Gruppe
1/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
2/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
3/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
4/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
4/2		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
5/1	Ikke farget av sopp	Ukjent muggsopp	Muggsopp
6/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
6/2		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
7/1	Ikke farget av sopp	Karamellfarget muggsopp	Muggsopp
8/1	Ikke farget av sopp	Karamellfarget muggsopp	Muggsopp
8/2		Ukjent, hvit, steril	Ukjent
8/3		<i>Penicillium</i> sp.	Muggsopp
9/1	Svakt brunfarget	Ukjent muggsopp	Muggsopp
9/2		Ukjent, hvit, steril	Ukjent
9/3		Som over	Som over
9/4		Som over	Som over
10/1	Svakt brunfarget	Ukjent, hvit, steril	Ukjent
11	Rødbrun sone	Ingen soppvekst	-
12	Rødbrun sone	Ingen soppvekst	-
13/1	Svakt gråfarget	Ukjent, hvit, steril	Ukjent
13/2		Som over	Ukjent
14	Svakt gråfarget	Ingen soppvekst	-

Tabell 18. Revisjon 3 fra soppfargingsforsøk (1997-01-28).

Trevirket er kraftig bevokst med muggsopper (<i>Penicillium</i> og <i>Trichoderma</i>) på ender, under bark og sekundært på langsgående snittflater. Begynnende brunfarging fra endene.			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse	Gruppe
1/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
2/1	Ikke farget av sopp	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
3	Ikke farget av sopp	Ingen sopp	-
4	Ikke farget av sopp	Ingen sopp	-
5	Ikke farget av sopp	Ingen sopp	-
6/1	Svakt gråfarget	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
6/2		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
7/1	Svakt gråfarget	Karamellfarget muggsopp	Muggsopp
8/1	Ikke farget av sopp	Ukjent, hvit, steril	Ukjent
8/2		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
9/1	Ikke farget av sopp	Ukjent, hvit steril	Ukjent

Tabell 19. Revisjon 4 fra soppfargingsforsøk (1997-02-28).

Trevirket er flekkvis farget i rødbrune toner, med lysere felter innimellom. Et felt med grållilla toner. Stort felt med kraftig brunrâte under barken.			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse	Gruppe
1/1	Grållilla farget	Sklerotiserende svertesopp	Svertesopp
2/1	Lyst med mørk randsone	Som over	Svertesopp
2/2		Som over	Svertesopp
3/1	Lyst med rødbrun randsone	<i>Gliocladium viride</i>	Muggsopp
3/2		Som over	Svertesopp
4/1	Gråbrunt	kfr. <i>Phoma</i>	Svertesopp
4/2		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
4/3		<i>Trichoderma viride</i>	Muggsopp
5/1	Lyst brunt	Ukjent svertesopp	Ukjent svertesopp
6/1	Gråaktig	Ukjent, hvit, steril	Ukjent
7/1	Avbleket	Som 1/1	Svertesopp
7/2		Ukjent, hvit, steril	Ukjent
7/3		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
8/1	Under guloransje mycel, ved enden på prøvebiten	kfr. <i>Phoma</i>	Svertesopp
8/2		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
8/3		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp

Tabell 20. Revisjon 5 fra soppfargingsforsøk (1997-04-01).

Noe mønstret med brune randsoner. Ikke åpenbar nedbrytning på prøvestykket.			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse	Gruppe
1/1	Ufarget, friskt	Ukjent svertesopp	Svertesopp
1/2		Ukjent svertesopp	Svertesopp
2/1	Grå	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
3/1	Grå spetter på friskt tre	<i>Gliocladium viride</i>	Muggsopp
4/1	Lillabrun	Ukjent, hvit, steril	Ukjent
4/2		Som over	
4/3		Som over	
4/4		Som over	
5/1	Svakt gråbrun	som 4/1-4/4 Som over	Ukjent
6/1		<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp

Tabell 21. Revisjon 6 fra soppfargingsforsøk (1997-04-29).

Felter med ulike farger (grå, brune og lyse), men lite utpregede randsoner. Felter under barken med utpreget hvitråte.			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse	Gruppe
1	Kraftig brunråte	Basidiomycet med medaljongbøyler	Brunråte
2	Kraftig brunråte	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
3	Grå spetter	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
4	Brunt, moderat brunråte	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
5/1	Mørk sone mellom lysbrun og ufarget felt	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
5/2		Ukjent, lys	Ukjent
6	Svakt brunfarget med mørk stripe	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
7	Svakt brunfarget	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
8	Svakt brunfarget med grå spetter.	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp
9	Mørk flekk	<i>Trichoderma</i> sp.	Muggsopp

Tabell 22 viser resultatet fra isolering og identifisering av sopp på en materialprøve av bjørk med et "idéelt" utseende med hensyn til soppfarging. Materialprøven er ikke fra soppfargingsforsøket.

Tabell 22. Materialprøve av bjørk med "idéelt" utseende med hensyn til soppfarging.

Vakkert mønstret med sorte / fiolettbrune grenselinjer. Enkelte felter er noe brunfargede, enkelte har små, svarte "spetter", og enkelte områder er lite farget av sopp.			
Isolat	Utseende på trevirket	Beskrivelse	Gruppe
1/1	Noe svekket, lysgrått, tydelig mørke randsoner	Ukjent svertesopp	Svertesopp
2/1	Noe svekket, gråspettet hvitt, tydelig mørke randsoner	som 1/1	Svertesopp
3/1	Gråspettet hvitt, tydelig mørke randsoner	Svertesopp, farger agar	Svertesopp
3/2		Ukjent svertesopp	Svertesopp
4/1	Lysbrunt, tydelig mørke randsoner	Som 1/1-2/1	Svertesopp
5/1	Gulhvitt, tydelig mørke randsoner	<i>Trichoderma sp.</i>	Svertesopp
6/1	Lysbrunt tydelig mørke randsoner	Ukjent	Ukjent

Det oppsto ikke hvitråte i noen av flisene. Fliser podet med svertesopp ble mer eller mindre jevnt mørkfarget. Et isolat (97-9/1/1) ga brunråte, og i tillegg ble agaren her delvis nedbrutt.

Tabell 23 viser resultatet fra isolatene som hadde til hensikt å gjenskape enkelte farger og mønstertegninger i trevirket.

Tabell 23. Oppdyrking av utvalgte isolater på trevirke.

Isolat	Type	Farging av trevirket	Svekkelse av trevirket	Utseende
Rev. 1 2/1	<i>Ulocladium chartarum</i>	Brunsvart, mest utvendige hyfer	Nei	Kraftig brunsvart mycel
Rev. 1 3/1	kfr <i>Phoma</i>	Flekkvis grønnsvart	Nei	Ikke jevnt podet. Brunt mycel, delvis hvite myceltufter
Rev. 2 13/1	<i>Trichoderma</i> sp.	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 2 13/2	<i>Trichoderma</i> sp.	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 2 2/1	<i>Trichoderma</i> sp.	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 2 5/1	Ukjent muggsopp	Ingen	Nei	Hvite felter ellers tynn
Rev. 2 8/2	Ukjent	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 2 9/2	Ukjent	Ingen	Nei	Hvite felter ellers tynn
Rev. 3 7/1	Ukjent muggsopp	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Tab. 22 1/1	Svertesopp	Mørke "småprikker"	Nei	Mycel på agar nesten hvitt
Tab. 22 3/1	Svertesopp	Svarte klumper, mest utenpå	Nei	Feltvis svarte sporeansamlinger på agar
Tab. 22 3/2	Svertesopp	Svartbrun, jevn	Nei	
Tab. 22 6/1	Ukjent	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 4 1/1	<i>Trichoderma</i> sp.	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 4 2/2	Muggsopp	Ingen	Nei	Kraftig luftmycel
Rev. 4 3/1	<i>Trichoderma</i> sp.	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 4 4/1	Svertesopp	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 4 4/3	<i>Trichoderma</i> sp.	Ingen	Nei	Grønne flekker med konidier
Rev. 5 1/1/1	Svertesopp	Jevnt gråsvart	Nei	Mycel på agar nesten hvitt
Rev. 5 1/1/2	Svertesopp	Jevnt gråsvart	Nei	Mycel på agar nesten hvitt
Rev. 5 4/2	Ukjent	Svak brunfarging	Nei	Hvit, meget tynn
Rev. 6 1/1	Brunrâte	Ingen	Tydelig	Hvit, tynn, agar sviner

Oppdyrkingen med to isolater på trefliser ga ikke noen av de typiske randsonene som var ønsket. Det vokste opp *Trichoderma/Gliocladium*-isolater også på en del av de skålene som var podet med isolater klassifisert som "ukjent" eller "svertesopp". Det eneste oppdyrkingsforsøket som ga en flekkvis mørkfarging var 96-73/3/1 podet sammen med 96-69/2/1.

Utvalgte områder på de fargede treprøvene ble gjenstand for mikroskopiundersøkelser. Dette viste at det etterhvert var lite sopphyfer til stede i de lysere områdene. I områder med gråsvarte spetter var det typiske ansamlinger av mørkt pigmenterte svertesopphyfer. Disse var tildels også til stede i de mørkfargede randsonene, men mesteparten av den mørke fargingen skyldtes brunt stoff i vedcellene utenom sopphyfene. Dette stoffet viste seg å være delvis løselig i lut.

5. Konklusjon og diskusjon

På grunn av stor usikkerhet omkring eventuell avhengighet mellom prøvebiter og et lite prøveantall, er det valgt å ikke utføre noen statistiske analyser av materialet. Resultatene må derfor tolkes i lys av disse momentene. Gjennomsnittsverdier og spredning i materialet vil kunne gi noen indikasjoner på forventede materialegenskaper for soppfarget lauvtrevirke i forhold til friskt lauvtrevirke.

For bjørk ble det registrert en reduksjon i gjennomsnittsverdiene for alle materialegenskapene fra suksesjonstrinn 0 (frisk ved) til suksesjonstrinn 2 som angir sterk soppfarging. Selje viste en betydelig større reduksjon enn for bjørk, mens lønn viste ingen vesentlige endringer. For de fleste materialegenskapene var det et lavere prøveantall for selje og lønn enn det var for bjørk.

Tørrdensiteten for bjørk ble redusert med 3-16 %, mens tørrdensiteten for selje ble redusert med 14-17 %. Det vil være naturlig å forvente en reduksjon i densitet når trevirket blir angrepet av råtesopper som ernærer seg av celleveggene. For lønn ble det ikke registrert noen vesentlige endringer i tørrdensitet, men her var også prøveantallet betydelig lavere.

Stemsrud (1971) oppgir radial-, tangential- og lengdekrymping for bjørk til å være henholdsvis 5,4 %, 8,5 % og 0,5 %. Registreringene som ble gjort for bjørk i suksesjonstrinn 0 viste gjennomsnittsverdier som er nær dette. I radial- og tangentialretning ble krympingen redusert med omkring 2 %-poeng fra suksesjonstrinn 0 til 2. Det er grunn til å anta at krympingen er mindre for bjørk i suksesjonstrinn 2 enn i suksesjonstrinn 0.

Forsøkene viste at bjørk fikk en merkbar reduksjon i hardhet, men erfaringene med bearbeiding (skjæring og høvling) av bjørk i suksesjonstrinn 2 var tilfredstillende. For selje var reduksjonen i hardhet ved suksesjonstrinn 2 så stor at materialet ble mer eller mindre uegnet for bearbeiding. Lønn viste de beste resultatene, og viste gode egenskaper ved bearbeiding av materialene i suksesjonstrinn 2.

Skruefastheten for bjørk viste en merkbar reduksjon, men ikke mer enn at materialet fortsatt var bra. Selje viste derimot en sterk reduksjon som gjorde materialet dårlig, mens lønn igjen viste svært gode resultater for suksesjonstrinn 2. Materialet av lønn bestod av svært få prøver, slik at resultatet må tolkes deretter.

Skjærfastheten for limprøver av bjørk viste klare reduksjoner fra suksesjonstrinn 0 til 2. For de "tørre" bjørkeprøvene i suksesjonstrinn 0 (frisk ved) forekom 91 % av bruddene i trevirket, mens det for de andre suksesjonstrinnene og de "våte" limprøvene var samtlige brudd i trevirket. Altså har limsystemet fungert svært godt på materialene. Kucera (1984) har i sine undersøkelser funnet skjærfastheten til bjørk å være 10,5 N/mm² i radialretning og 12,9 N/mm² i tangentialretning. Forsøket viste en skjærfasthet på 12,0 N/mm² for bjørk i suksesjonstrinn 0 (frisk ved).

Fra forsøket med soppfarging av bjørk ble det gjort en rekke erfaringer. Soppfargingen starter som kjent i endene på kubbene og beveger seg innover mot midten. Det praktiske problemet er å få en jevn soppfarging gjennom hele kubben. Ved den fjerde revisjonen (190 dager) kunne man finne materiale av suksesjonstrinn 2 gjennom hele kubben, men betydelig mer utbredt i endepartiene. Ved den tredje revisjonen (161 dager) hadde materialet også fått betydelige mengder med blåved som ikke var ønskelig ut fra klassifikasjonssystemet. Det er mulig at det betydelige innslaget av blåved kan skyldes den høye luftfuktigheten som var i kassen over lengre tid.

Farging av trevirke på grunn av soppaktivitet kan forekomme av flere årsaker. Fargede soppfyfer (som regel sorte eller brune) som vokser inne i vedcellene, vil gi veden en gråaktig, blå, brun eller svart fargetone. Et vanlig eksempel på denne typen misfarging er blåved på yteved av furu, som skyldes vekst av sorte, insektsprede sopparter inne i vedcellene. Det er også beskrevet at de sorte randsonene rundt områder med hvitråte forårsaket av *Hypoxylon*-arter skyldes at hyfene i randsonen omdannes til en sklerotisk plate, som blant annet tjener til å holde fuktighet ute fra det angrepne området (Rayner & Boddy 1988).

Fargen i trevirket kan endres på grunn av kjemiske endringer. Et enkelt eksempel på slike endringer er brunfarging ved brunråte, som skyldes at den hvite cellulosen er borte, og eventuelt at det har skjedd kjemiske endringer (oksydasjonsprosesser) i ligninet. Sopper som vokser i veden kan også utskille stoffer som fører til fargeforandringer. Blanchette (1984) observerte for eksempel avleiring av sorte manganoksyder, sannsynligvis en følge av at mangan og hydrogenperoksyd er vesentlige for ligninbrytningen hos enkelte hvitråtesopper.

Det er vanlig at det oppstår mørk misfarging der hvor to soppmycel av samme eller forskjellig art møtes. Dette kan skyldes at soppfyfene pigmenteres i interaksjonssonen, eller at det skilles ut fargestoffer. I tillegg kan det oppstå farging som følge av respons hos levende trær på angrep fra sopp. Dette er ikke aktuelt i dette prosjektet, da substratet hele tiden har vært dødt trevirke.

Oppdyringsprøvene var fullstendig dominert av sopper i slekten *Trichoderma* s.p. Artsbestemmelsene må betraktes som veiledende. Samuels (1996) anslår at det finnes minst 100 arter i slekten *Trichoderma*, hvorav de fleste hittil ikke er beskrevet og navnsatt. Disse hurtigvoksende soppartene dukket opp i form av synlige sporeansamlinger på treprøvene allerede etter kort tid. De er ukjennede stadier av arter i slekten *Hypocrea*, en gruppe vedboende sekksporesopper (kjernesopper).

Enkelte *Trichoderma*-arter er svært konkurransekraftige sopper som er i stand til å holde andre sopper borte fra et substrat (Lindgren & Harvey 1952, Bruce & King 1986). På grunn av den hurtige veksten og denne evnen til å utkonkurrere andre sopparter, er det knyttet usikkerhet til om dominansen av disse soppene i oppdyringsprøvene reflekterer en like stor dominans i trematerialet.

De fleste misfargende soppene i prøvene lot seg ikke artsbestemme entydig. Det var ikke tegn til borende insekter i treprøvene, og også fordelingen tydet på at de hører til de luftspredte misfargende soppene.

Suksesjonsstudier av bjørkestubber og -stammer (Rayner 1977) tydet på at de vanligste soppartene som etablerte seg de to første årene, i tillegg til svertesopp og muggsopp var sølvglanssopp (*Chondrostereum purpureum*), ragglærsopp (*Stereum hirsutum*) og bjørkekullsopp (*Hypoxylon multiforme*). Av disse kan i hvert fall de to siste gi kraftige sorte randsoner. Wilhelmsen (1962) fant i tillegg at favnvedsopp (*Cylindrobasidium evolvens*), raggkjuke (*Trametes hirsuta*) og beltekjuke (*Trametes ochracea*) var vanlige på lagret ved. Det skal legges til at begge disse studiene baserer seg mest på observasjon av fruktlegemer. Generelt regner man med en suksesjon der man først får inn primære muggsopp og svertesopp: dvs. arter som lever av de lett nedbrytbare stoffene som finnes først og fremst inne i vedcellene. Deretter etableres det hurtigvoksende råtesopper. Disse kan i sin tur bli fortrent av mer konkurransesterke råtesopper. Når nedbrytningen av trevirket kommer i gang, vil det frigjøres lettere nedbrytbare forbindelser, og muggsopp og svertesopp kommer inn igjen.

Resultatet av selve soppfargingen var ikke optimalt, da det oppsto områder med kraftig brunrâte før trevirket fikk det ønskede utseendet. Det viste seg også vanskelig å isolere hvitråtesopper fra ved der det var et så sterkt innslag av *Trichoderma*-arter tilstede, til tross for at det ble brukt agar som skulle favorisere de ønskede artene. Ved eventuelle videre undersøkelser kan det derfor være aktuelt å velge ut trematerialer med ønsket utseende, og så isolere fra disse, eventuelt etter at soppen har utviklet fruktlegemer. Det vil være gunstig å arbeide med materialer som i mindre grad er gjennominfisert av *Trichoderma* og andre arter.

6. Litteratur

- BLANCHETTE, R.A. 1984.** Manganese accumulation in wood decayed by white rot fungi. *Phytopathology*, 74: 725-730.
- BRUCE, A. & KING, B. 1986.** Biological control of decay in creosote treated utility poles by immunizing commensal fungi in poles. *Mater. Org.* 21: 1-13.
- CARTWRIGHT, K.S.G. & FINDLAY, W.P.K. 1958.** Decay of timber and its prevention. 2. edition. H.M. Stationary Office, London. 322 s.
- EIDE, A. & MURUD, E. 1986.** Soppfarget bjørk, tilvirkning og bruk. Hovedfagsoppgave ved Statens lærerhøgskole i forming i Oslo.
- FOSLIE, M. 1981.** Normer for prøving av heltre. Arbeidsrapport, Norsk Treteknisk Institutt, Oslo.
- HENNINGSSON, B. 1967a.** Microbial decomposition of unpeeled birch and aspen pulpwood during storage. *Studia For. Suec.* 54.
- HENNINGSSON, B. 1967b.** Changes in impact bending strength, weight and alkali solubility following fungal attack on birch wood. *Studia Forestalia Suecica* nr. 41. 20 s.
- HUSE, K.J., ROLL-HANSEN, F. & VENN, K. 1992.** Vedboende sopper. Støttelitteratur for kurset TT32 Virkesbehandling, Norges landbrukshøgskole, Ås. 111 s.
- KOLLMANN, F.F.P. & CÔTE, W.A. 1968.** Principles of wood science and technology I. Solid Wood. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York. 592 s.
- KUCERA, B. 1984.** Bjørkevirkets mekaniske, teknologiske og fysiske egenskaper. Sluttrapport nr. 500. Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd.
- LINDGREN, R.M. & G.M. HARVEY 1952.** Decay control and increased permeability in southern pine sprayed with fluoride solutions. *J. Forest Prod. Soc.* 2: 250-256.
- MONTGOMERY, R.A.P. 1982.** The role of polysaccharidase enzymes in the decay of wood by basidiomycetes. In *Decomposer basidiomycetes: their biology and ecology*. Ed. Frankland, J.C., Hedgar, J.N. & Swift, M.J., Cambridge University Press.
- NS-EN 302-1, 1992.** Lim for bærende konstruksjoner. Prøvmingsmetoder - Del 1: Bestemmelse av skjøtstyrke ved strekkprøving på langs. Norges Standardiseringsforbund.
- RAYNER, A.D.M. 1977.** Fungal colonization of hardwood stumps from natural sources. *Trans. Br. Mycol Soc.* 69: 291-312.

- RAYNER, A.D.M. & L. BODDY 1988.** Fungal decomposition of wood. John Wiley & sons, New York.
- SAMUELS, G.J. 1996.** Trichoderma: a review of biology and systematics of the genus. Mycol. Res. 100: 923-935.
- STEMSRUD, F. 1971.** Trevirkets kvalitet I og II. Institutt for treteknologi, Ås-NLH. Stensiltrykk, 235 s.
- TAMMINEN, Z. 1979.** Rötskador hos 3-meters obarkad lagrad massaved av tall, gran, björk och klibbal. Rapp. Inst. Virkeslära, Skogshögsk.
- VADLA, K. & WILHELMSSEN, G. 1982.** Virkesbehandling. Landbruksforlaget, Oslo. 168 s.
- WILHELMSSEN, G. 1962.** Lagringsråte på björk og spesielt sammenhengen med de skader råten påfører produksjonen av halvkjemisk masse. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole. 70 s.
- WILHELMSSEN, G. 1968.** Fuktighetsendringer og substans tap i björk (*Betula pubescens*) ved lagring i skog og på åpen flate. Det norske skogforsøksvesen, Vollebekk. 43 s.
- WORRALL, J.J. 1992.** Media for selective isolation of Hymenomycetes. Mycologia 83(3): 296-302.