EXAMENSARBETE

Inverkan av värmepressning på mögelbeständighet hos granpanel

Anna-Lena Johansson

Civilingenjörsexamen
Maskinteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för Teknikvetenskap och matematik

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

Förord

Denna rapport är ett 30 hp examensarbete som avslutar studierna på civilingenjörsprogrammet Träteknik vid Luleå tekniska universitet. Examensarbetet utgör en del av TCN-projektet ”Processanpassning för funktionsbeständiga träprodukter II” som genomfördes under 2009 vid LTU Skellefteå och SP Trätek (avrapporterades mars 2010).

Jag vill rikta ett stort tack till alla som varit inblandade i arbetet. Några som bör nämnas vid namn är min handledare Margot Sehlstedt-Persson, LTU samt Thomas Wamming, SP Trätek. Utan deras hjälp hade jag varit vilse i mögeldjungeln. Ett stort tack även till Urban och de andra på labbet på SP Trätek för hjälpen med det praktiska kring uppstart och drift av mögelförsöket. Jag vill också passa på att tacka Johan Oja, SP Trätek för värdefulla tips angående multivariat analys och Eva Lövf, LTU för att hon alltid tar sig tid att diskutera statistik med mig.

Sist men inte minst vill jag tacka min familj för att de alltid finns där för mig. Mamma och pappa, tack för er hjälp och omtanke under studietiden, det har varit guld värt! Tyra, Line, Elly och Sam, ni har motiverat mig att fortsätta kämpa mot mitt mål! Och Dennis, tack för att du alltid stöttar mig till 110 procent. Du är bäst!

Skellefteå, december 2010

Anna-Lena Johansson

Sammanfattning

Mögel- och blånadsangrepp har blivit ett växande problem inom byggnadsindustrin. Angreppen ger problem av varierande slag. Om de förekommer inomhus kan de orsaka hälsoproblem och i de fall där svampangreppen är utomhus och fullt synliga blir problemen främst av estetisk art.

Föreliggande examensarbete ingår i ett TCN-projekt (Processanpassning för funktionsbeständiga träprodukter II) som genomfördes under 2009 vid LTU Skellefteå och SP Trätek. Ett av målen i TCN-projektet var att reducera mögelrisken på råspont genom temperaturbehandling. Examensarbetet utgör en del av det arbetet.
Detta arbete består av två delar:

A. **Fastställa om värmepressning på flatsidor av ohyvlat sidoutbyte av gran har någon inverkan på mögelbenägenheten**. Går det att göra näringen vid ytan samt ytan i sig mindre attraktiv för svampar genom kontaktvärmning?

   Arbetet innehåller följande huvudmoment:
   - Inskanning av provytor med linjekamera före och efter mögeltest
   - Värmningsförsök i fanérpress
   - Mögeltest i klimatkammare
   - Visuell bedömning av mögelangrepp med verktyg i form av egen mögelskala

B. **Utvärdering av programvaran MouldAnalyser 1.0.**
   Programvarans syfte är att bestämma procentandel mögelpåväxt i inskannade RGB-bilder av angripna träytor.

Virket som användes i genomförda experiment var 22x100 mm brädor av gran. Provmaterialet bestod av fem stycken 30 cm långa provbitar per grupp (= 10 ytor) samt nio stycken referenser (obehandlade).

Till värmepressningen valdes tre temperaturer samt tre tider ut.
- Temperaturer: 140°C, 170°C och 200°C
- Tider: 1 min, 3 min och 10 min
- Totalt 9 grupper *(3 tider x 3 temperaturer)*

Mögeltestet pågick under åtta veckor i en klimatkammare med en relativ luftfuktighet på 95 % och vid en temperatur av 22°C. Utvärderingen gjordes utifrån en fyrgradig mögelskala.

Slutsatser

A. **Det är möjligt att göra virkesytor mindre attraktiva för mögelsvampar genom kontaktvärmning**. Alla tre presstemperaturerna samt två av tre (3 min och 10 min) presstider gav signifikant lägre medelmögelgrad än referensgruppen. (Samtliga signifikanta skillnader är på signifikansnivå 0,05).

B. **MouldAnalyser 1.0.**

+	-
Fungerar bra vid riklig mögeltillväxt	Vid liten mögeltillväxt blir det så mycket brus att resultatet kan ifrågasättas
Fungerar bra vid kontrastrik påväxt	Vankant och kvistar klassas som mögel
Fungerar bra med homogent material	Markerar ibland ådringar och andra ytojämnheter som mögel

   Rekommenderas till analys av mikroskopibilder eller andra utvalda (homogena) ytor.

Abstract

Mould and blue stain attacks has become a growing problem in the construction industry. These attacks cause problems of various kinds. If it occurs indoors, it may cause health problems and in cases where mould is outside and fully visible problems become mainly of aesthetic nature.

This thesis is a part of a TCN-project (Mould growth on sapwood boards exposed outdoors: Impact of drying process) which was conducted in 2009 at LTU Skellefteå and SP Trätek. One of the goals of the TCN-project was to reduce mould risk of tongued and grooved boards by temperature treatment. This thesis is a part of that work.
The thesis consists of two parts:

A. **Determine whether heat pressing on the flat sides of unplaned lateral exchange of spruce has any effect on mould susceptibility.** Is it possible to make the sugars at the surface and the surface itself less attractive to fungi by contact heating?

   The work contains the following main elements:
   - Scanning of wood surfaces with line camera before and after mould test
   - Heating experiments in veneer press
   - Mould test in climate chamber
   - Visual assessment of mould growth with self-made grading system

B. **Evaluation of the software MouldAnalyser 1.0.**

   The purpose of the program is to determine percentage of mould growth in scanned RGB images of infested wood surfaces.

The wood used in conducted experiments was 22x100 mm boards of spruce. The test material consisted of five 30 cm long specimens per group (=10 surfaces) and nine references (untreated).

Three temperatures and three treatment times were selected for the heat pressing.
- Temperatures: 140°C, 170°C and 200°C
- Times: 1 min, 3 min and 10 min
- A total of 9 groups *(3 times x 3 temperatures)*

The mould test lasted for eight weeks in a climate chamber with a relative humidity of 95% and a temperature of 22°C. The evaluation of the mould growth was made with a four-point mould scale.

Conclusions

A. **It is possible to make wood surfaces less attractive to mould by contact heating.** All three press temperatures and two out of three (3 min and 10 min) press times resulted in significantly lower mean mould growth than the reference group. (All significant differences are at significance level 0,05).

B. **MouldAnalyser 1.0.**

+	-
Works well when mould growth is heavy	When mould growth is moderate, a unreasonable amount of noise occurs
Works well with contrasty fouling	Wane and knots are classified as mold
Works well with homogeneous material	Sometimes veining and other surface roughnesses are classified as mould

Recommended for analysis of microscopy images or other selected (homogeneous) surfaces.

Innehåll

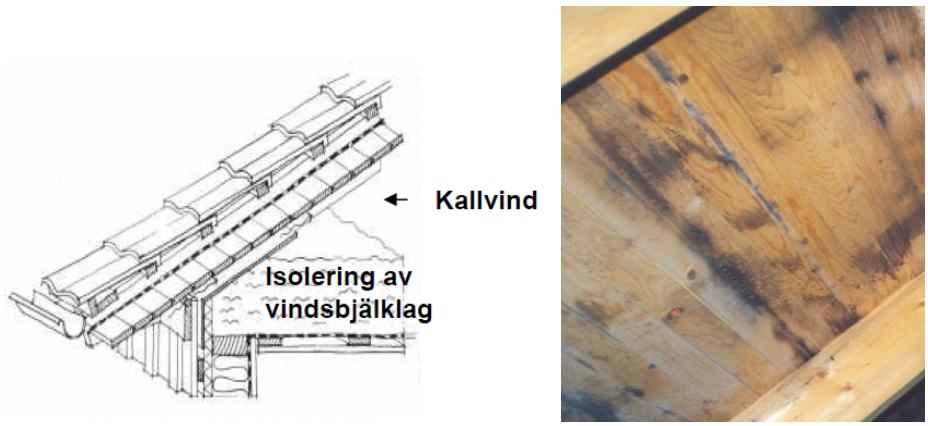
1 Inledning 6
1.1 Bakgrund till detta projekt 7
1.2 Syfte och mål 7
1.2.1 Avgränsningar 7
2 Teori 8
2.1 Svampar 8
2.1.1 Tillväxt 8
2.2 Virkesskadesvampar 8
2.2.1 Mögelsvamp 9
2.2.2 Blånadssvamp 10
2.2.3 Rötsvamp 11
2.3 Råvaran 12
2.3.1 Råspont 12
2.4 Torkningsprocessen 13
2.4.1 Lågmolekylära sockerarters årstidsvariation 13
2.4.2 Torkningens inverkan på näringsanrikning vid virkesytan 14
2.4.3 Torkningens inverkan på mögelbenägenhet 16
2.5 Test- och utvärderingsmetoder 17
2.5.1 Laboratorietester 17
2.5.2 Utomhustester 18
2.5.3 Mögelskalor 18
2.6 Multivariat statistik 19
3 Material och metod 23
3.1 Försöksdesign 23
3.2 Provberedning 23
3.3 Torrviktsmetod ISO 3130 24
3.4 Värmepressning 25
Fanérpress 25
Pressningen 25
3.5 Inskanning av provytor 26
Färglinjekamera 26
Skanningen 26
3.6 Mögelförsök 27
Fuktkvoter i klimatkammare 27
Agarplattor 28
3.7 Ytterligare inskanningar 28
3.8 Mögelbedömning 28
3.9 MouldAnalyser 28
4 Resultat 29
4.1 Del A Mögelförsök 29
Fuktkvotsminskningar vid pressning 29
Multivariat analys 29
Faktorn temperatur 32
Faktorn tid 35
4.2 Del B MouldAnalyser 38
Utvärdering 38
5 Diskussion 41
Fuktkvotsskillnader efter värmepressning 41
Multivariat dataanalys 41
Inverkan av temperatur respektive tid 42
MouldAnalyser 42

Felkällor 42
Övrigt 43
Fortsatt arbete 43
***Referenser* 44**
Elektroniska referenser 45
***Bilagor* 46**
Bilaga a - Monthly climatological summary for 6/2009 46
Bilaga b – Loggerförsök uppvärmning av virkesytan 47
Bilaga c – Gruppindelning provbitar 48
Bilaga d – Startfuktkvoter 49
Bilaga e – Fuktkvotsminskningar vid pressning 50
Bilaga f – Fuktkvoter efter pressning 51
Bilaga g – MC i klimatkammare 52
Bilaga h – Yt-MC i klimatkammare 53
Bilaga i – Positioner i värmepressen 54
Bilaga j – Provbitarnas mögelgrader 56
Bilaga k – Variabler i multivariat statistik 57
Bilaga l – Typexempel på de olika mögelgraderna (0-3) 58
Bilaga m – Beskrivning av MouldAnalyser 62

1 Inledning

Mögel- och blånadsangrepp har blivit ett växande problem inom byggnadsindustrin (Terziev et al 2003). Fall med mögelbeväxning på obehandlad råspont utomhus eller i ouppvärmda inomhusutrymmen tycks hela tiden öka i antal (Nilsson och Samuelsson 2006). Dessa ökade beständighetsproblem har väckt frågor kring torkning och beständighet. Går det att utföra torkning på ett sådant sätt att virket blir mer motståndskraftigt mot angrepp än det är idag?

Mögel och blånad på trä ger problem av olika slag. Om det förekommer inomhus kan det orsaka hälsoproblem och i de fall där möglet är utomhus och fullt synligt blir problemen främst av estetisk art. Exempel på konstruktioner som ligger i farozonen är carportar och takutsprång. Kallvindar i småhus är ett annat av dessa problemområden.



Figur 1. Till vänster: principskiss av kallvindskonstruktion (www.sp.se). Till höger: angripet tak på kallvind.

Kallvindars klimat bestäms av de fukt- och värmetransporter som sker till och från utrymmet över de klimatavskiljande delarna (tak och vindsbjälklag) samt genom vindens ventilationsöppningar. I och med stigande energipriser och införande av krav på energihushållning för nybyggda småhus tenderar vindsbjälklag bli alltmer välisolerade. Det får som följd att temperaturen på vindsutrymmena sjunker. Med den minskade temperaturen ökar problemen med fukt och mögelpåväxt. Om fuktig luft t.ex. smiter emellan isoleringen i vindsbjälklaget till den lägre temperaturen på vinden så kondenserar den mot tak och takstol (www.anticimex.com). Tabell 1 innehåller en sammanställning av förväntad relativ luftfuktighet (RF) och temperatur på ventilerade kallvindar under olika årstider (Samuelson 1985). Uppskattningarna är gjorda utifrån RF och temperatur i uteluften. Därutöver tillkommer risker för lokalt inträngande fukt via otätheter. Samuelsons uppgifter säger att RF vintertid ligger på 85-100 %. Enligt Boverket (2008) ligger kritiskt fukttillstånd för träkonstruktioner på 75 % RF. Om materialet utsätts för 75 % RF eller mer under en längre tid finns risk för mikrobiella angrepp. Denna gräns ifrågasätts dock starkt av Lars-Olof Nilsson et al (2009). Den anses vara alldeles för lågt satt.

Tabell 1. Förväntad RF och temperatur på ventilerade kallvindar i skandinaviskt klimat (Samuelson 1985).

Ventilerat kalltak – undersida underlagstak av råspont		
Årstid	**RF (%)**	**Temperatur (°C)**
Vinter	85-100	<5
Sommar	40-70	>15

1.1 Bakgrund till detta projekt

Under 2009 genomfördes ett TCN-projekt med arbetsnamnet ”Processanpassning för funktionsbeständiga träprodukter II” vid LTU Skellefteå och SP Trätek. Målet med projektet var att med rätt torkningsprocess skapa en beständigare utomhusprodukt för paneler, råspont, konstruktionsvirke och limträ av gran. Det är väl känt sedan tidigare att det förekommer en anrikning av näringsämnen vid ytan när furu torkas. I projektet skulle det tas reda på om så också är fallet för gran. Om det visade sig att det är så skulle det om möjligt arbetas fram en metod som förändrar strukturen på näringen så den inte längre fungerar som grogrund för mögel.

Målsättningen var följande:

- Med rätt torkningsprocess och utifrån ny kunskap skapa en mögelbeständig råspont för utomhusanvändning ovan mark med fokus mot mögelbeständighet och effektivt processflöde
- Ta reda på om anrikning av näringsämnen mot ytan förekommer vid torkning av gran
- Att träslaget gran inte ska påverkas negativt ur beständighetssynpunkt under torkningsprocessen
- Ta fram rekommendationer för hur beständighetsanpassad torkning av virke skall utföras för att säkerställa funktionsbeständigt virke
- Reducera mögelrisken på råspont genom temperaturbehandling

Detta examensarbete utgör en del av sista punkten ovan.

1.2 Syfte och mål

Examensarbetet består av två delar:

A. Fastställa om värmepressning på flatsidor av ohyvlat sidoutbyte av gran har någon inverkan på mögelbenägenheten. Går det att göra näringen vid ytan samt ytan i sig mindre attraktiv för svampar genom kontaktvärmning?

Arbetet innehåller följande huvudmoment:

- Inskanning av provytor med linjekamera före och efter mögeltest
- Värmningsförsök i fanérpress
- Mögeltest i klimatkammare
- Visuell bedömning av mögelangrepp med verktyg i form av egen mögelskala

B. Utvärdering av programvaran MouldAnalyser 1.0.
Programvarans syfte är att bestämma procentandel mögelpåväxt i inskannade RGB-bilder av angripna träytor.

1.2.1 *Avgränsningar*

Utvärderingen gäller enbart träslaget gran. Vidare kommer endast luftcirkulationstorkat dubbellagt virke från ett enda torkprogram att behandlas. Inskanningen samt mögelbedömningen kommer enbart att utföras på flatsidorna av virket. Allt virke till provmaterialet hämtades på Kåge såg vid samma tillfälle i juni 2009.

2 Teori

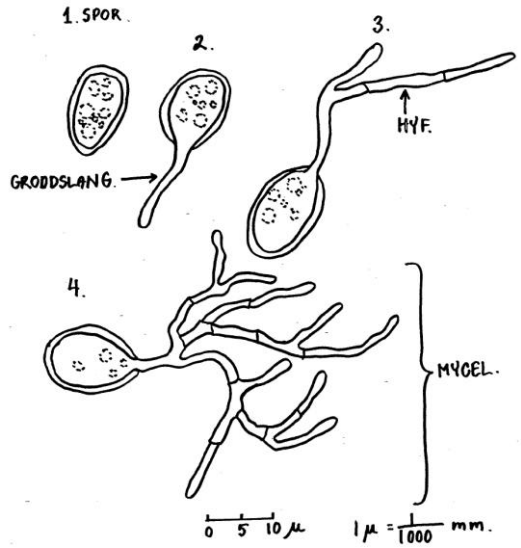
Detta kapitel innehåller bakgrundsfakta om virkesskadesvampar, träråvaran, lågmolekylära sockerarters betydelse för beständigheten, test- och utvärderingsmetoder för fastställande av mögelbenägenhet samt multivariat statistik.

2.1 Svampar

Källan till avsnittet ”Svampar” är boken Trämögel (1984) om inget annat anges.

2.1.1 *Tillväxt*

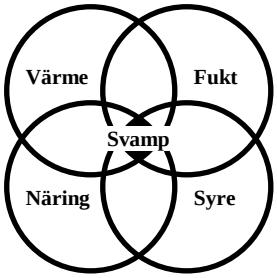
Svampar bildas genom att en fruktkropp avger sporer som under gynnsamma tillväxtbetingelser utvecklar en groddslang. Från denna groddslang växer det sedan ut hyfer som tillsammans bildar ett mycel. Hyfernas ändar utvecklas därefter vidare till sporbärande fruktkroppar som avger sporer till omgivningen och så är cykeln igång igen (Virkeslära).



Figur 2. En svamps utveckling från spor till färdig svamp (Virkeslära).

2.2 Virkesskadesvampar

Det finns tre typer av svampar som är vanligt förekommande på virke. Dessa grupper är mögelsvamp, blånadssvamp samt rötsvamp och brukar gå under benämningen virkesskadesvampar. De olika svamparna växer till och yttrar sig på skiftande sätt och har varierande krav beträffande nödvändiga tillväxtfaktorer såsom vatten, temperatur, näring och tillgång till syre. Hur ett svampangrepp på trä går till beror på vilken typ av svamp det handlar om. En del typer växer ovanpå virket utan att ge någon viktminskning eller hållfasthetsminskning medan andra tränger sig igenom träets cellväggar och bryter ned virket.

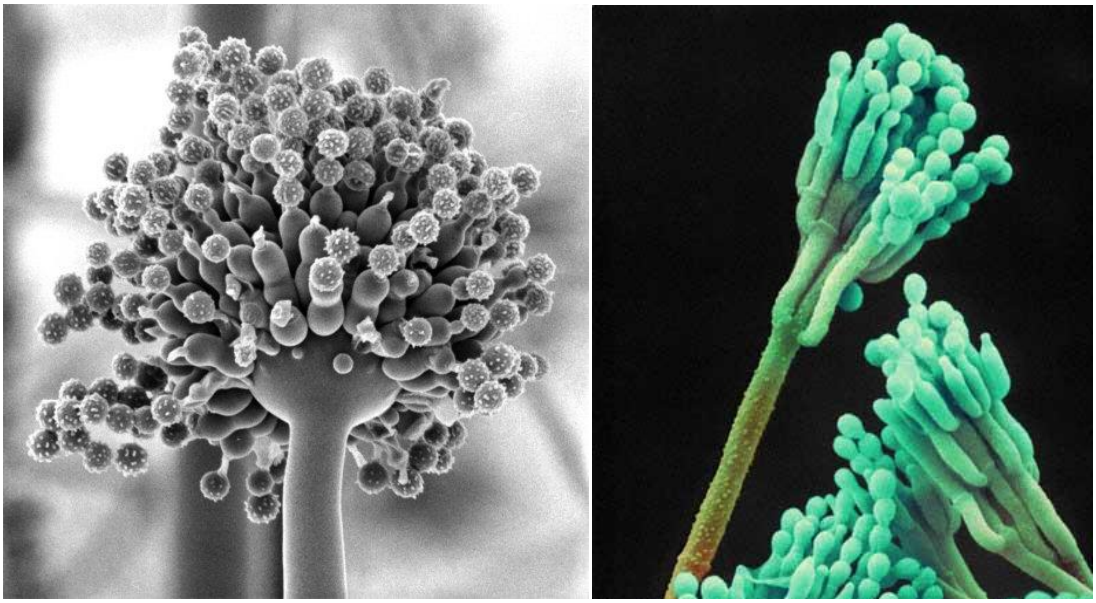


Figur 3. Risk för svampangrepp på virke om alla tillväxtfaktorer är närvarande.

2.2.1 ***Mögelsvamp***

Mögelsvampar växer endast *på* virkesytor. Vedens cellvägg genomträngs inte, vilket gör att mögelsvamp kan skrapas från träet. Mycelet är ofärgat medan sporerna vanligen är färgade i en vitgrå, grå, gråsvart, grågrön eller gulgrön nyans. Sporspridning sker via luften. Tillväxten av mögelsvampar sker med hög hastighet. I vissa fall kan livscykeln understiga ett dygn (18-24 timmar).

Mögelsvamp växer till på trä med fuktkvoter mellan ca 20-120 % (Saarman 1992). Fritt vatten i träet är inte nödvändigt, det är viktigare med hög luftfuktighet för att sporerna skall kunna gro. Svamparna kan även överleva under långa perioder i torrt tillstånd. Mögelsvamp har ett brett spektrum gällande temperaturtolerans och kan växa vid temperaturer från strax över 0°C upp till 55°C. Vissa mögelsporer kan till och med tåla temperaturer på över 70°C under en till flera timmar. Optimal tillväxttemperatur varierar mycket beroende på vilken art det gäller. Möglet hämtar näring från lättillgängliga kolhydrater i form av enkla sockerarter samt vissa proteiner. Dess pH-tolerans är mycket hög; tillväxt kan ske mellan pH 2 och pH 10 med en optimal tillväxt mellan pH 5 och pH 6.

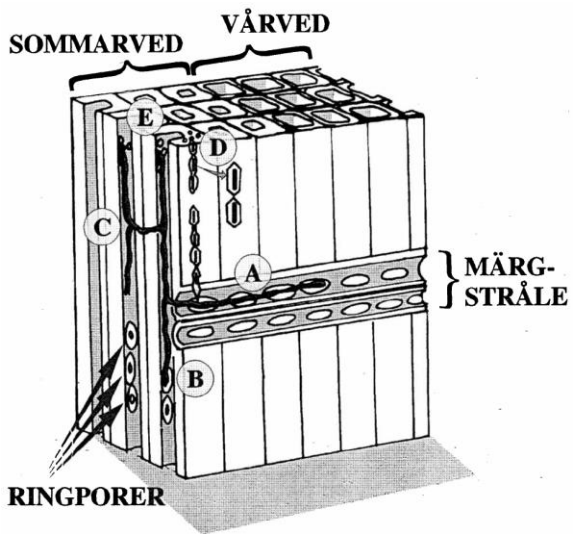


Figur 4 . De mest kända mögelsvamparna Aspergillus (borstmögel)(elektronisk referens [1]) och Penicillium (penselmögel)(elektronisk referens [2]).

2.2.2 *Blånadssvamp*

Blånadssvampar växer *in* i virket utan att angripa eller skada vedcellerna i någon större utsträckning (se figur 5). Mycelet är pigmenterat i grönt, brunt, blått eller svart. Blånad kan uppstå på nysågat virke redan efter någon dag (Saarman 1992). Vissa blånadssvampar kan vid långvariga angrepp förorsaka en speciell typ av röta som kallas soft rot.

Blånadssvamp kräver fritt vatten för att sporerna skall gro och växa till. Gynnsam fuktkvot ligger mellan 30-70 % (Saarman 1992). Till skillnad från de andra virkesskadesvamparna tål blånadssvampar inte någon längre tids uttorkning. De kan växa till vid temperaturer från -3°C upp till 40°C. Temperaturoptimum för tillväxt ligger vid 22-28°C. Liksom mögelsvampar hämtar blånadssvampar näring från enkla sockerarter och vissa proteiner. Blånadssvampar har däremot något högre krav på näringstillgång än vad mögelsvampar har. Dess pH-spann för tillväxt ligger mellan pH 2 och pH 7. Optimal tillväxt sker vid ett pH på ca 5,5.



Figur 5. Tillväxt av blånadssvampars hyfer på och i veden (Virkeslära).

A Hyf i märgstråle
B Hyf i cellumen som växer vidare genom en ringpor
C Hyf genom cellvägg som lämnar efter sig ett hål
D Hyf som växer inne i cellväggen och förorsakar soft rot
E Sporer

2.2.2.1 Blånadsproblem för trä

Det finns tre typer av blånad som utgör problem för träråvaran:

- **Insektsblånad.** Sprids genom direktöverföring med insekter och med vinden till snittytor på obarkat virke.
- **Brädgårdsblånad.** Sprids med vinden och angriper nysågat virke och även virke som återfuktats.
- **Ströblånad.** Sprids genom direktöverföring från blånadsangripna strön till virke.

Figur 6. Insektsblånadsangrepp på gran (elektronisk referens [3]).

2.2.3 *Rötsvamp*

Rötsvampar växer inne i träet och bryter ned vedfibrernas cellväggar, dvs. veden ruttnar. Nedbrytningen leder till försämrad hållfasthet och viktminskning. Svamparnas mycel är ofärgat och sporspridningen sker till största delen via luften.

Det finns tre typer av röta:

- **Vitröta**. Cellulosa, hemicellulosa och lignin angrips.
- **Brunröta**. Enbart cellulosa och hemicellulosa angrips.
- **Soft rot**. Huvudsakligen cellulosa och hemicellulosa men även lignin kan angripas.

Liksom blånadssvamp kräver rötsvamp fritt vatten för sporgroning och tillväxt. Gynnsam fuktkvot ligger vid 60 % (Saarman 1992). De kan dessutom överleva en längre tids uttorkning. Rötsvampar har en temperaturtolerans för tillväxt som ligger mellan strax över 0°C upp till omkring 40°C. Kolhydratbehovet tillgodoses från vedens cellulosa och hemicellulosor och vissa arter kan även nyttja ligninet. Rötsvampar har samma pH-tolerans som blånadssvampar, dvs. ett pH mellan 2 och 7. Optimal tillväxt sker vid pH ca 5,5.

Tabell 2. Förutsättningar för svampangrepp.
(Information hämtad från Trämögel (1984), Virkeslära samt Saarman 1992)

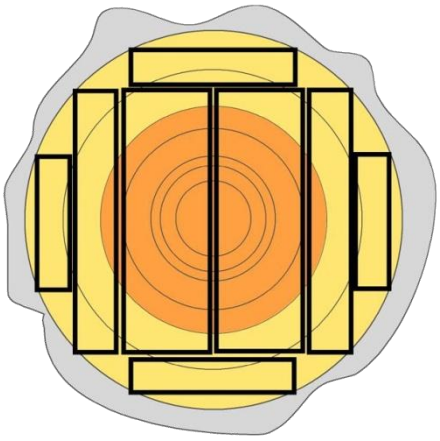
Förutsättningar för svampangrepp			
	Mögelsvampar	**Blånadssvampar**	**Rötsvampar**
Relativ luftfuktighet	> 85 %	-	-
Fuktkvot	20-120 %	30-70 %	30-120 %
Temperatur	$\pm$ 0-55 °*C* optimum 18-28 °*C*	– 3-40 °*C* optimum 22-28 °*C*	$\pm$ 0-40 °*C* optimum 25-32 °*C*
pH-värde	2-10 optimum 5-6	2-7 optimum 5-6	2-7 optimum 5
Kolhydratbehov	Kräver kolhydrater i form av fria sockerarter	Kräver kolhydrater i form av fria sockerarter	Behöver ej fria kolhydrater
Kvävebehov	Ja	Ja	Ja
Övrigt	Kan inte bryta ned cellväggen	Kan skada cellväggen i mindre utsträckning	Bryter ned cellväggen och livnär sig på den

2.3 Råvaran

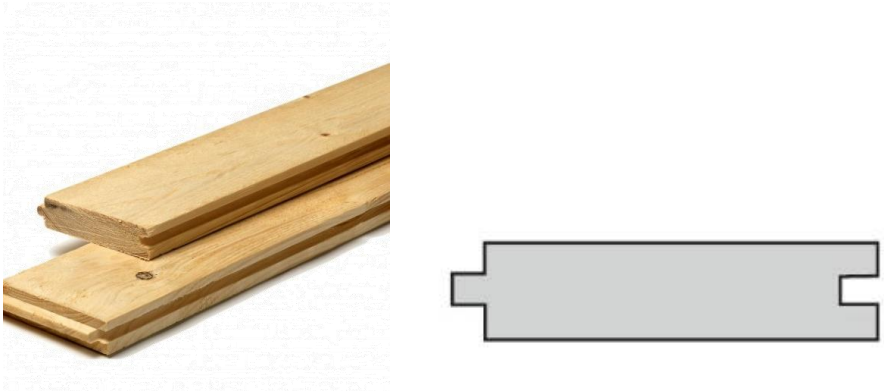
2.3.1 *Råspont*

Råspont framställs av brädor som sågas från periferin av stocken, s.k. sidoutbyte (se figur 7). Sidoutbytet utgör ¼ - ⅓ av det totala sågutbytet. Enligt Nationalencyklopedins definition är råspont ”virke med spontade kanter där den bättre flatsidan är sågad och den andra sidan grovhyvlad”. Det används istället för skivmaterial till exempelvis yttertak, undergolv samt invändig väggbeklädnad. Ett annat stort användningsområde är som formbrädor vid gjutning. Icke bearbetat sidoutbyte används i stor utsträckning som virke till emballage.

Övervägande andelen råspont som finns på marknaden i Sverige är av gran. Norra Skogsägarna sågade 2009 totalt 5231 m^3 råspont varav 87 % var gran och 13 % furu. Råspontens andel av den totala produktionen uppgick till 1,5 %.



Figur 7. Sidoytbyte är brädor som sågas från periferin av stocken.
Bildens källa: Margot Sehlstedt-Persson (LTU).



Figur 8. Råspont som framställts av sidoutbyte.

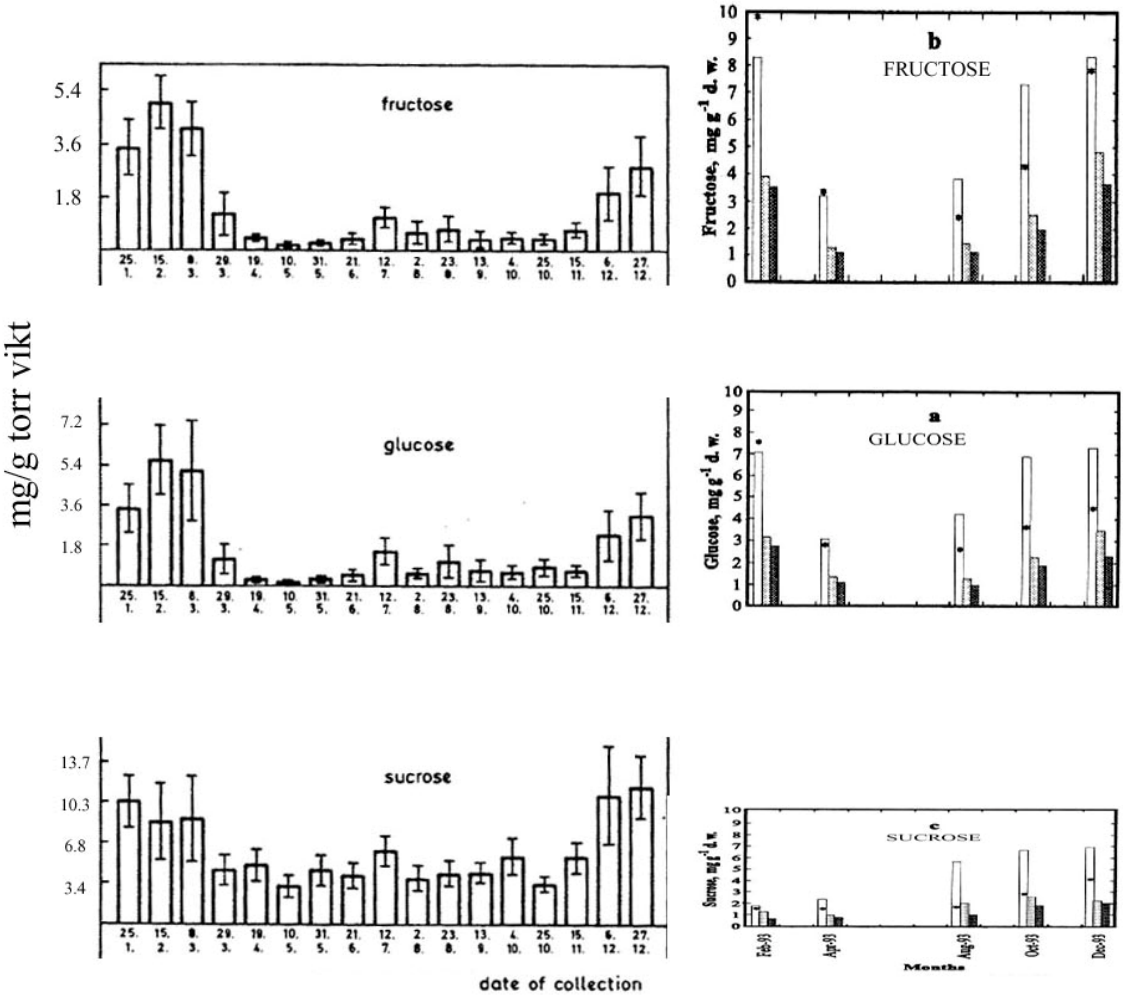
Att råspont ligger i farozonen beständighetsmässigt kan inses genom att göra en undersökning av trädets anatomi. Råspont tillverkas som nämnts från brädor som sågas från den yttre delen av stocken. Det innebär att den oftast innehåller störst andel splintved. Splintveden består till största delen av biologiskt döda trakeider men även levande epitel- och parenkymceller. Den är rik på näring (lågmolekylära sockerarter) i och med att dess parenkymceller är aktiva, till skillnad från kärnvedens. Kärnveden är ved belägen i mitten av stocken vars parenkymceller dött vid kärnvedsbildningen. I den sker ingen transport av vare sig vatten eller näring vilket är mycket positivt ur beständighetssynpunkt. Ovan nämnda näringsfördelning bekräftas i en studie av Saranpää och Höll (1989). Den är utförd på furu och visar att kärnved och den allra innersta splintveden innehåller blygsamma mängder lågmolekylära sockerarter, men att innehållet ökar gradvis ut mot kambiet.

2.4 Torkningsprocessen

En träbit går igenom många processer på sin väg från träd i skogen till slutanvändare. På sågverken läggs mycket tid och funderingar ner på att utveckla optimala metoder för att maximera sågutbyte och spara sekunder. Även torkningen genomgår ständiga förbättringsprocesser för att höja kvaliteten på virket. Dessa förbättringar inriktar sig oftast på torkningsfel såsom deformation och sprickbildning. Ett område som ofta glöms bort och som många nog inte ens är medvetna om är torkningens inverkan på virkets beständighet. Kring 1970-talet var mögel- och blånadstillväxt i virkestorkar ett stort problem. Inandning av höga koncentrationer mögelsporer orsakade många fall av ”justerverkssjuka” (allergisk alveloit) och dessutom nedklassades virket pga missfärgning. Dessa problem fick man bukt på genom att höja temperaturen i torkarna. Det har dock visat sig att temperaturhöjningarna i vissa fall kan orsaka beständighetsproblem i ett senare skede.

2.4.1 *Lågmolekylära sockerarters årstidsvariation*

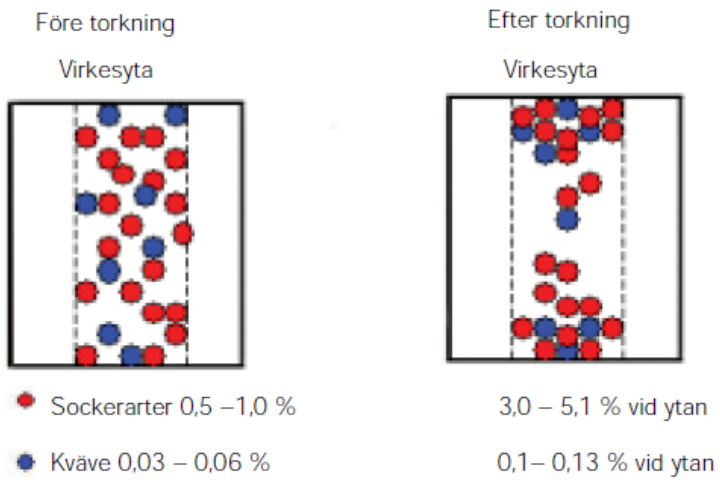
Processen börjar i skogen. Undersökningar har visat att halten av näringsämnen (lågmolekylära sockerarter) i veden varierar beroende på när avverkningen sker. Förekomsten är hög under höst och vinter och låg under vår och sommar (Höll 1985, Fisher och Höll 1992, Terziev 1996). Figur 9 (till vänster) visar resultatet av Hölls mätningar 1978 (Höll 1985). Mätningarna är utförda på splintved från 80-åriga granar med ursprung utanför München. Den horisontella skalan är graderad från januari till december. Till höger i figur 9 ses resultatet av Terzievs mätningar på furusplint från tallar med svenskt ursprung (Terziev 1996).



Figur 9. *Till vänster: Lågmolekylära sockerarters fördelning under året enligt Hölls mätningar 1978. Mätningarna utfördes på gransplint från München i de 5-7 yttersta årsringarna . Vertikal skala ommodifierad gentemot originalet för att bli lättare att tolka. Till höger: Årstidsvariationer av sockerinnehåll i furusplint (Terziev 1996). Vit stapel 0-4 mm närmast kambiet, grå stapel 5-10 mm och svart stapel 11-15 mm från kambiet.*

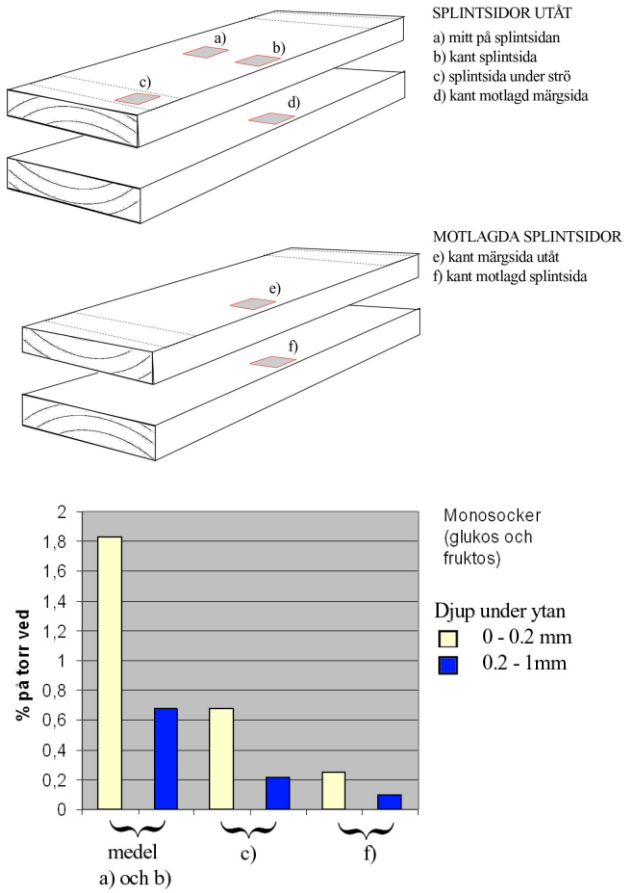
2.4.2 *Torkningens inverkan på näringsanrikning vid virkesytan*

Anrikningen av lågmolekylära sockerarter samt kväve vid virkesytan på furu blir större ju mer pådriven torkningen är (Terziev et al 1996). Sockeranrikningen är som störst 0-1 mm under ytan, minskar något vid 1-2 mm (utom friluftstorkat som har sin topp vid detta djup) för att under 3 mm vara konstant låg, dvs. det finns en tydlig gradient.



Figur 10. Fördelning av sockerarter och kväve i splintved av furu före och efter torkning (Fakta Skog 2003).

När gransplint torkas sker det även där en näringsanrikning med mätbar gradient mot ytan (Sehlstedt-Persson et al 2010). Gransplint som torkats dubbellagt vid 115°C under 24 timmar undersöktes i olika positioner på fyra prov vid två olika djup.

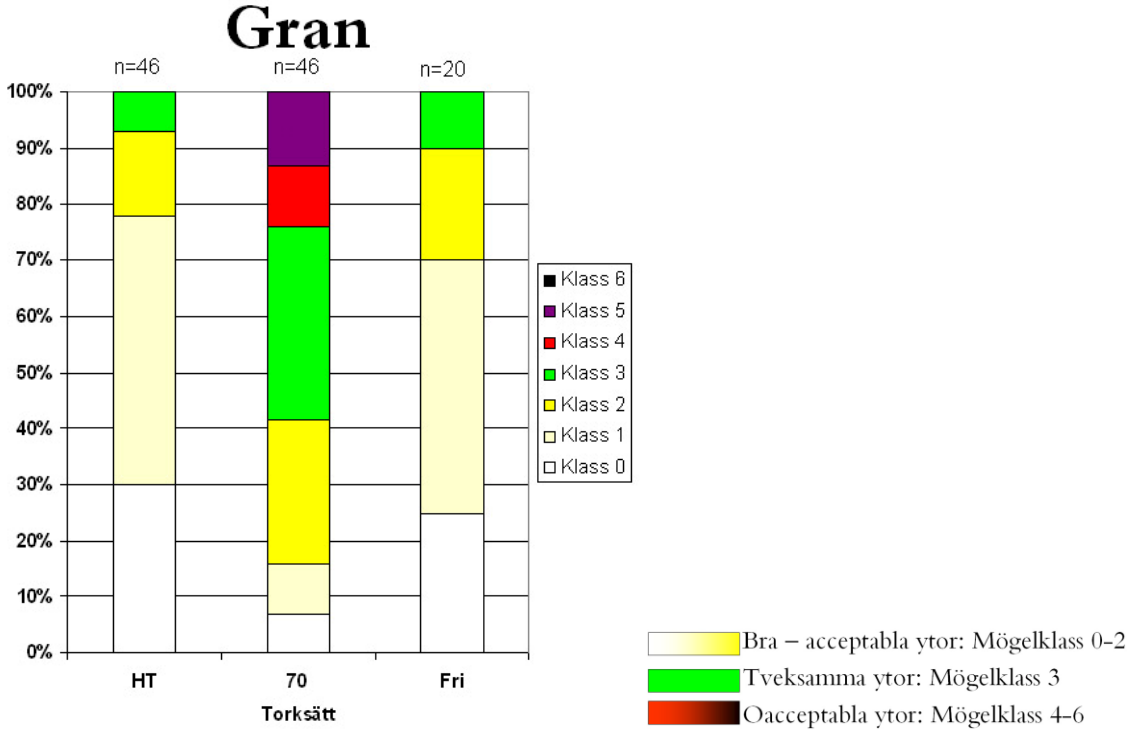


Figur 11. Analys av monosockergradient i gransplint som torkats vid 115 °C under 24 timmar. Mätningar är gjorda på fyra dubbellagda prov i olika positioner på två djup enligt figuren överst (Sehlstedt-Persson et al 2010).

Resultaten visar att ytor under strö [c)] har mindre näring i ytan jämfört med övriga ytor. Anledningen till det är att strömet motverkat näringsvandringen mot ytan. En annan dragen slutsats är att näringen kan styras mot en sida under torkning genom dubbelläggning. Effekten är densamma som under strö, näringen tvingas åt motsatt håll. Ytterligare slutsatser är att minst näring finns i märgsidor som lagts mot varandra under torkning samt att splintsidor som lagts utåt i dubbelläggning har mest näring i ytan.

2.4.3 *Torkningens inverkan på mögelbenägenhet*

Högtemperaturtorkad (110°C) samt friluftstorkad gran uppvisar god motståndskraft mot mögelangrepp (Sehlstedt-Persson et al 2010). Ca 90 % av totalt 25 st (högtemperaturtorkade) respektive 10 st (friluftstorkade) undersökta ytor av gransplint klassas som bra-acceptabla. I den tredje torkmetoden som undersöktes (70 °C) var motsvarande siffra 40 %.

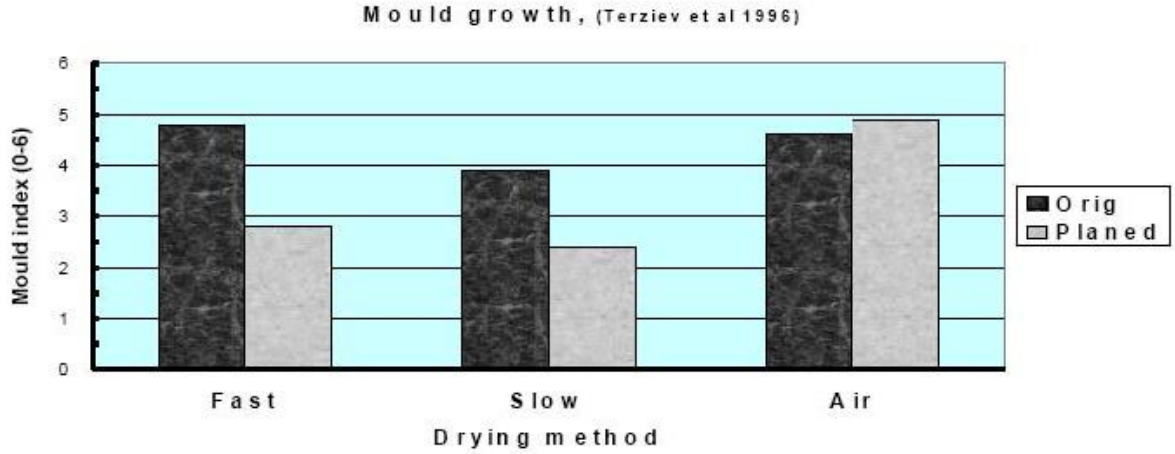


Figur 12. Frekvensfördelning av mögelgrader på gran torkat med tre olika metoder (Sehlstedt-Persson et al 2010).

Tabell 3. Beskrivning av bedömningsvillkor för mögelgrader vid utvärdering. (Sehlstedt-Persson et al 2010).

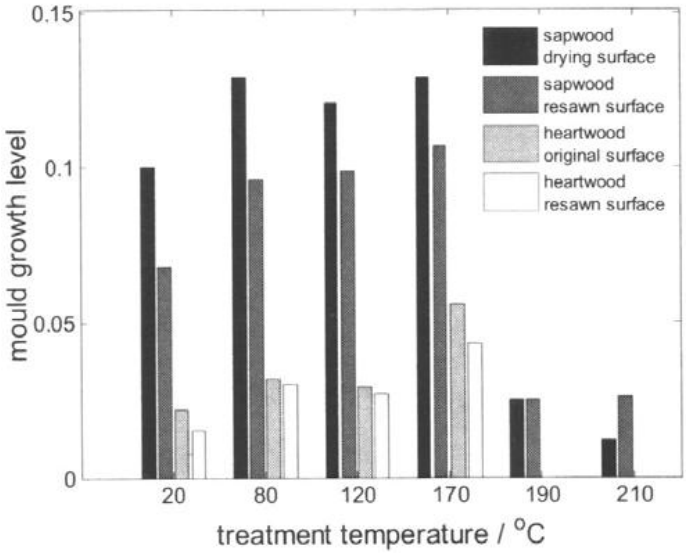
Mögelgrad	Beskrivning	Praktisk bedömning
0	**Inget synligt mögel** ses med blotta ögat någonstans på ytan	0-2 Bra till acceptabla ytor
1	Inte helt mögelfri. Med tvekan görs bedömning: *"den här fläcken är mögel"* **Mycket liten mögelpåväxt**	
2	Utan tvekan finns mögel någonstans på biten men i liten omfattning. Enstaka svarta/mörka öar och fläckar förekommer exempelvis nära vankant. **Liten mögelpåväxt**	
3	Mögel finns i mer sammanhängande stråk och som större svarta och färgade fläckar och öar. Största delen av splintvedsytorna är dock inte mögelangripna. **Måttlig mögelpåväxt** *"kan eventuellt tänka mig använda detta"*	3 Tveksamma ytor
4	Mögel täcker hela splintvedsytorna. Förutom svart mögel kan även flerfärgat brunt, gult, ockrafärgat mögel ses. Virkesytan sedd från sidan luddig av mycel och färgade sporer. **Kraftig mögelpåväxt**. I HT-torkat virke med tydlig KBS täcker möglet hela splintvedsytan men är inte lika luddigt. Eventuellt finns speciella mögelarter som trivs bättre på dessa ytor.	4-6 Oacceptabla ytor
5	Mögel täcker hela splintvedsytorna. Möglet är förutom svart även flerfärgat brunt, gult, ockrafärgat. Ytorna luddiga av flerfärgade sporer. **Mycket kraftig mögelpåväxt.**	
6	**Extremt kraftig mögelpåväxt** av samma typ som klass 5 I denna klass fanns endast furu.	

Furusplintytor som torkats med snabbt torkningsschema har högre mögelbenägenhet än ytor som torkats långsamt (Terziev 1996), se figur 13. Resultaten från undersökningen visar också att vid forcerad torkning är mögeltillväxten lägre på ytor som hyvlats ned 2 mm än på originalytor. Friluftstorkat virke möglar däremot mer vid 2 mm hyveldjup än vid sågytan.



Figur 13. Torkningshastighets och hyvlings inverkan på mögelbenägenheten hos furusplint, originalyta respektive 2 mm hyveldjup (Terziev 1996).

Figur 14 visar skillnader i mögelgrad på granytor som efter torkning har kvar originalytan respektive sådana där 5 mm sågats bort. Vid samtliga torktemperaturer (utom värmebehandlat 190°C, 210°C) är mögelgraden lägre på den sågade ytan än originalytan (Frühwald 2007). Detta beror på att näringsanrikningen är som störst vid virkesytan.



Figur 14. Mögelgrad på granytor som genomgått 20 veckors mögeltest. "Resawn" är en yta på 5 mm djup under originalytan. Provmaterialet är torkat vid olika temperaturer mellan 20°C-170°C. De två sista paren av staplar är värmebehandlad gran (Frühwald 2007).

2.5 Test- och utvärderingsmetoder

2.5.1 *Laboratorietester*

En typ av testmetod för att bestämma trämaterials mögelbenägenhet är laboratorietester. Det finns inga standardiserade sådana, de kan gå till på en mängd olika vis. En del metoder går ut på att tillåta spontan tillväxt medan andra sker genom inokulering av olika svampar. Proven placeras i ett visst klimat under en viss tid (förutbestämd eller obestämd). Utvärderingsytorna består i vissa test av små provbitar utan kvistar eller andra skavanker, s.k. clear wood, i andra

fall förekommer större ”naturliga” ytor. Slutgiltig utvärdering görs exempelvis visuellt med eller utan mikroskop med mögelskalor som stöd eller via bildbehandling. En fördel med laboratorietester är att de är repeterbara (i och med att klimatet går att styra).

Ett exempel på ett laboratorietest för mögelbedömning är testet SP metod 2899, en testmetod för att fastställa byggnadsmaterials mögelbenägenhet. Metoden går ut på att en vattenlösning med sporer från 6 olika mögelsvampar först sprayas på provmaterialet. Därefter inkuberas dessa i 95 % RF och en temperatur vid 22°C under 28 dagar, varpå en visuell utvärdering görs.

I ett annat laboratorietest delades provmaterialet in i två grupper varav den ena sprayades med en vattenlösning innehållande sporer från *Cladosporium cladosporioides* och *Penicillum commune* och den andra fick genomgå naturell kontamination inomhus. Samtliga provbitar placerades direkt på ett plastnät i stående position med plastlådor innehållande vatten under. Den relativa luftfuktigheten (RF) var nära 100 % under experimentet och temperaturen var 20°C. Efter 20 veckor gjordes en utvärdering med hjälp av bildanalys (Frühwald 2007).

2.5.2 *Utomhustester*

En annan typ av mögeltest är utomhusmögeltester där provmaterialet utsätts för naturlig årstidsvariation av RF respektive temperatur. En nackdel med utomhusförsök är repeterbarheten. Det är svårt att direkt jämföra resultat mellan olika utomhusförsök eftersom klimatförhållanden aldrig är identiska. Utomhustester pågår vanligtvis under längre tid än de forcerade laboratorietesterna. Ett sådant typ av mögeltest utfördes av Sehlstedt-Persson et al i Skellefteå 2009. Testet bygger på ett utomhustest som genomfördes i Uppsala i mitten av 90-talet (Terziev 1996). Ett antal provbitar placerades horisontellt stående på högkant i en ställning 10 cm ovanför en jordbädd med iblandad kompostjord. Ovanför materialet sattes ett tak av plast som skydd mot nederbörd. Efter 61 dagar sattes ett ”innertält” över provställningen som tätades mot marken och i ändarna. 96 dagar efter uppstarten avbröts försöket varpå en visuell utvärdering med mögelskala följde.

2.5.3 *Mögelskalor*

Ett vanligt sätt att utvärdera mögelpåväxt är genom visuell bedömning utifrån mögelskalor av varierande antal grader. Det finns bl.a. en skala som Viitanen och Ritschkoff (1991) tagit fram, se tabell 4. Det är en sjugradig skala som förutsätter riklig tillväxt av mögel.

Tabell 4. Sjugradig mögelskala (Viitanen och Ritschkoff 1991).

Index	Growth Rate	Description
0	No growth	Spores not activated
1	Small amounts of mold on surface (microscope)	Initial stages of growth
2	<10% coverage of mold on surface (microscope)	—
3	10%–30% coverage of mold on surface (visual)	New spores produced
4	30%–70% coverage of mold on surface (visual)	Moderate growth
5	>70% coverage of mold on surface (visual)	Plenty of growth
6	Very heavy and tight growth	Coverage around 100%

En annan mögelskala har fyra grader och medger användning på material med allt emellan sparsam till riklig mögeltillväxt (Edlund och Jermer 2004).

Tabell 5. Fyrgradig mögelskala (Edlund och Jermer 2004).

Rating	Description	Definition
0	No discolouration	No evidence of discolouration caused by micro-organisms
1	Slight discolouration	Individual spots
2	Distinct discolouration	Groups of spots/streaks and/or patches of continuous staining
3	Total discolouration	Entire surface area

Mögelskalan i tabell 6 används vid bedömning av mögelpåväxt vid laboratorietest SP metod 2899.

Tabell 6. Bedömning av mögelpåväxt enligt SP metod 2899.

Frekvens av påväxt	*Klassning*	*Beskrivning (bedömning i mikroskop)*
Ingen	0	Det finns ingen påväxt på materialet
Sparsam	1	Liten, eller mycket spridd, påväxt
Medel	2	Svagt, utspritt angrepp. Gles påväxt, eventuellt med enstaka konidioforer.
Fläckvis riklig	3	Fläckvis kraftig påväxt på materialet, ofta med utvecklade konidioforer
Generellt riklig	4	Hela materialet har en kraftig påväxt
Mycket riklig	5	Hela materialet är mer eller mindre täckt av sammanvuxen påväxt och syns (oftast) med blotta ögat

2.6 Multivariat statistik

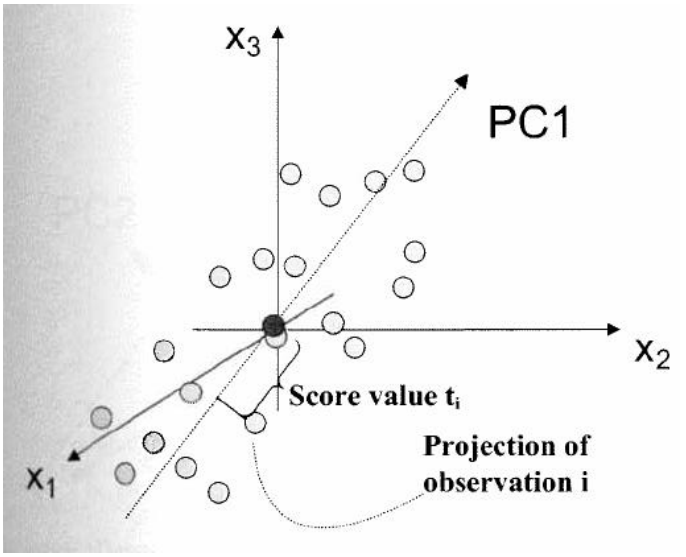
Det traditionella sättet att arbeta med statistik är att analysera en variabel i taget. Vetenskapliga undersökningar har dock en tendens att resultera i stora mängder variabler och relativt få observationer. Sådana dataset väcker frågor såsom hur ska alla variabler kunna analyseras och hur korrelerar de med varandra? Om man använder sig av multivariat statistik kan man få svar på dessa frågor.

Multivariat analys är en bilinjär regressionsmetod. Det innebär att minsta kvadratanpassning används för att anpassa en modell efter uppmätta värden. Analysmetoden lämpar sig väl för data innehållande många variabler, inklusive vissa samvarierande (kolinjära) (Martens och Naes 1989).

En uppsättning data innehåller alltid en del så kallat brus, det vill säga data som inte tillför någon information. Brus kan bero på exempelvis felaktiga mätningar, slumpmässiga variationer i mätningar, irrelavanta variabler eller tvivelaktiga metoder osv. Det är den del av datat som inte är brus som är intressant vid en analys. Den innehåller den information som behövs för att göra prediktioner och modeller.

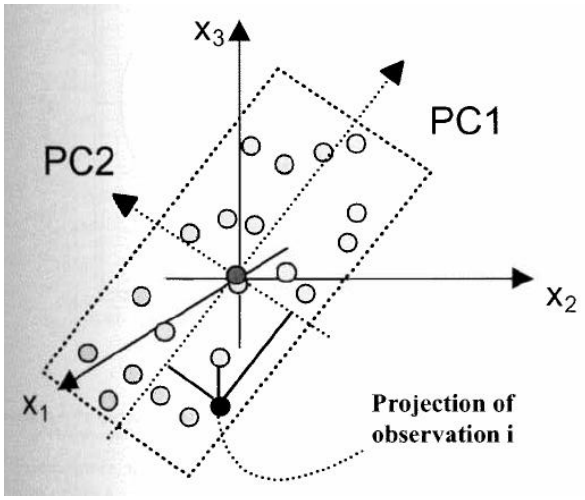
För att genomföra en multivariat analys behövs en datatabell med N rader och K kolumner. Analysen börjar med en principalkomponentanalys (PCA) som komprimerar datat. Målet med PCA-analysen kan till exempel vara förenkling eller reduccering av data, upptäckt av eventuella uteliggare, val av variabler, klassificering etc (Wold 1987). PCA-analysen är helt enkelt ett sätt att synliggöra information ur ett komplext dataset.

Steg ett är att ta fram principalkomponent (PC) 1. Det som händer är att de spridda observationerna projiceras ortogonalt ned på en PC-linje som ligger i den riktningen som är mest representabel för punktsvärmen, detta för att den skall förklara så hög andel av datat som möjligt (se figur 15).



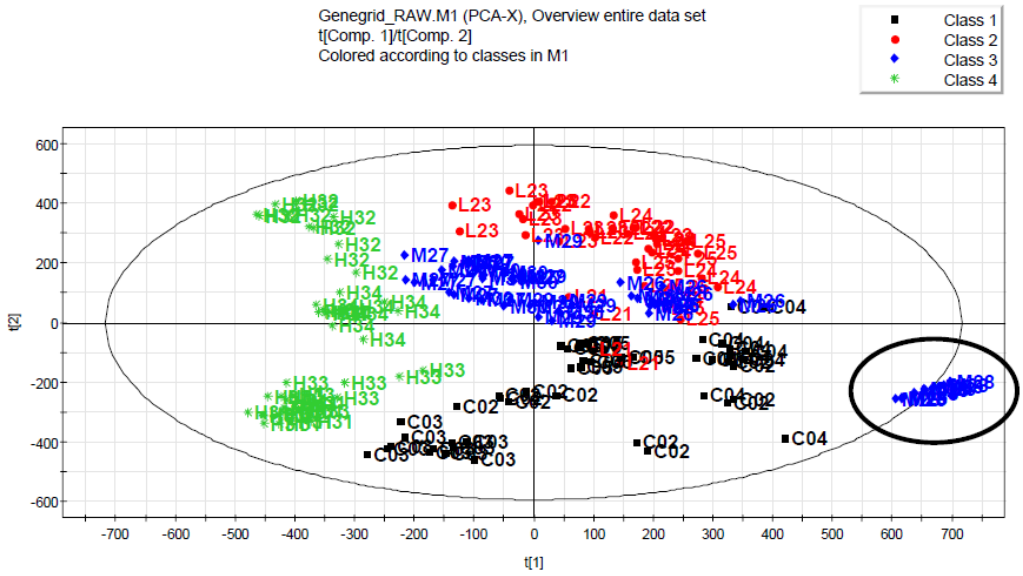
Figur 15. Principalkomponent (PC)1. Spridda observationer projiceras ortogonalt ned på en linje (PC1) som ligger i sådan riktning att den bäst representerar punktsvärmen (Eriksson et al 2001).

Den andra principalkomponenten skall förklara så mycket som möjligt av det som den första inte förklarade, det vill säga PC2 svarar mot nästa dominanta riktning och är ortogonal mot PC1 (se figur 16). PC1 och PC2 bildar ett plan. PC3 kommer att bli ortogonal mot PC1-PC2-planet osv. Genom att projicera observationerna på planet möjliggörs en visualisering av strukturen på datasetet.



Figur 16. PC2 är ortogonal mot PC1. Tillsammans bildar de ett plan för projicering av observationer, vilket möjliggör en visualisering av datasetet (Eriksson et al 2001).

I programvaran SIMCA (**S**oft **I**ndependent **M**odeling of **C**lass **A**nalogies) kan man få en bild av detta plan genom att göra en *score scatter plot*. Det går till exempel att identifiera grupperingar av observationer samt uteliggare, det vill säga observationer som är starkt avvikande.

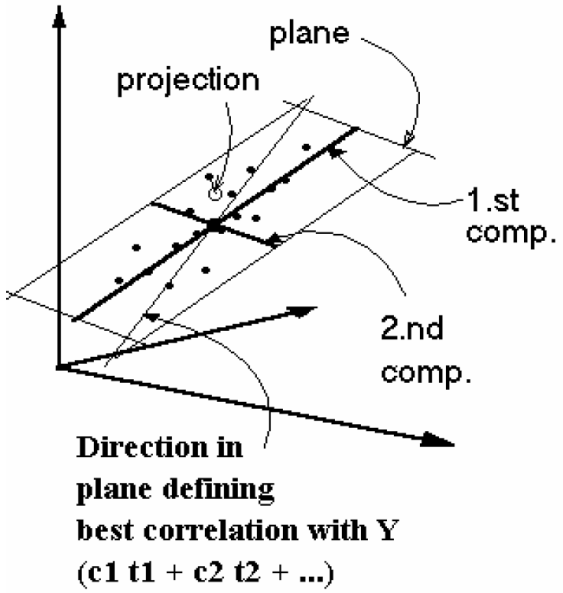


Figur 17. Score scatter plot (observationer projicerade på PC1-PC2-planet).

Därefter görs med fördel en *loading plot* som gör det möjligt att analysera de olika variablerna. Variabler som ligger nära varandra är starkt korrelerade medan variabler som är ortogonala i förhållande till varandra är okorrelerade. Variabler som är lokaliserade nära origo har liten betydelse för modellen, variabler belägna långt från origo är viktiga för modellen. *Score scatter plot* och *loading plot* hänger ihop på så sätt att det finns samband mellan observationer och variabler som ligger i samma område på respektive plot.

Det finns ett antal andra PCA-plottar som kan vara nyttiga att titta på. Det kan exempelvis vara meningsfullt att göra en grundlig analys av eventuella uteliggare (*Dmodx-plot*) samt undersöka R^2 (förklaringsgraden) och Q^2 (prediktionsförmågan). R^2 och Q^2 utvärderas i en *validate plot*. Om R^2 inte har ett högt värde är det omöjligt att få ett högt Q^2. Generellt sett anses ett $Q^2 > 0{,}5$ vara bra och ett Q^2 >0,9 utmärkt. Skillnaden mellan R^2 och Q^2 får inte vara alltför stort, helst inte större än 0,2-0,3 (Eriksson et al 2001).

Efter PCA-analysen följer en analys med PLS (**P**artial **L**east **S**quare regression) för att skapa prediktionsmodeller. PLS bygger liksom PCA på principalkomponenter (se figur 18). Skillnaden mellan PCA och PLS är att vid en PLS-analys har man faktorer (X) som predikterar en eller flera responser (Y).

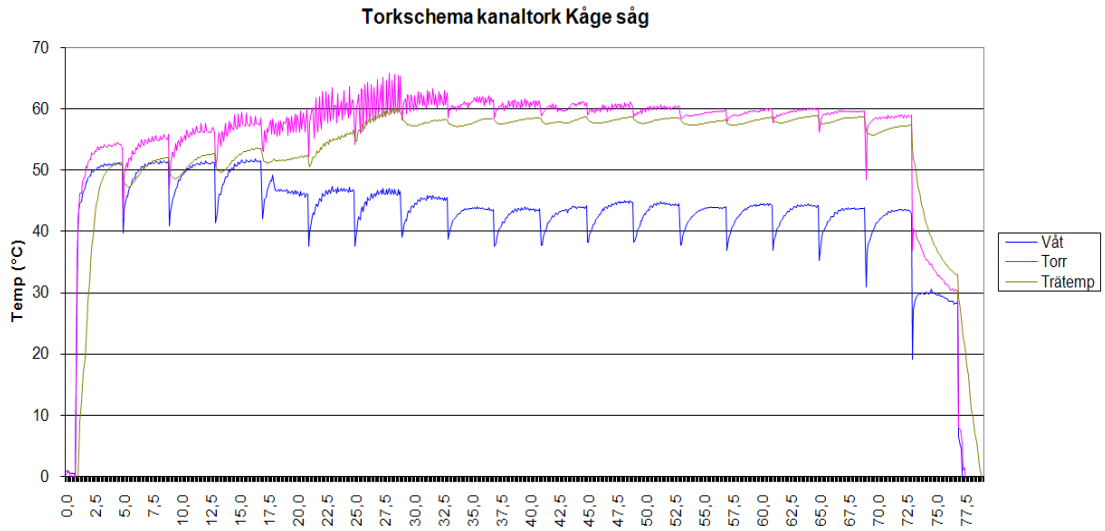


Figur 18. PC1-PC2-plan i PLS-analys.

3 Material och metod

Virket som användes i genomförda experiment bestod av 22x100 mm brädor av gran. Det hämtades på Kåge såg den 17 juni 2009. Brädorna valdes ut ur ett paket med dubbellagt virke med 5 lager på höjden och 10 på bredden. Virke med förekomst av vankant prioriterades för att säkerställa en riklig andel splintved. Det hade vid tillfället legat ute under tak i en och en halv vecka* efter att ha torkats under 65 timmar i en vandringstork med 64°C i torrtemperatur och 52°C i våttemperatur. Virkets målfuktkvot var 16 %. Se torkschema figur 19.

*Medeltemperatur 12,0°C, medelluftfuktighet 68,6 %, 26,5 mm regn (källa bilaga a).



Figur 19. Torkschema kanaltork Kåge såg.

3.1 Försöksdesign

Till värmepressningen valdes tre temperaturer samt tre tider ut.

Tabell 7. Försöksdesign.

Grupp nr.	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Temp. (°C)	140	140	140	170	170	170	200	200	200
Tid (min)	1+1*	3+1	10+1	1+1	3+1	10+1	1+1	3+1	10+1

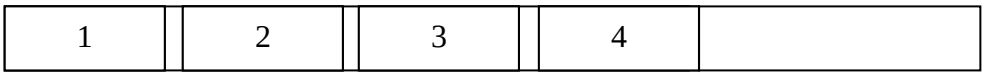
*Provkörning med logger visade att det tar ca en minut att värma upp virkesytan till önskvärd temperatur (se bilaga b). Av den anledningen lades en minut till på samtliga presstider.

3.2 Provberedning

18 brädor med mycket splintved valdes ut och märktes med bokstäver från A till R. Utöver bokstav markerades även varje provbit med en siffra 1-4 för att möjliggöra en senare identifikation av position topp-rot (A1…R4). Position 1 härstammar närmast toppen och stigande nummer närmare rotänden. Provbitarna kapades 30 cm långa och mellan dem gjordes 4 cm avkap för torrviktsprover, se figur 20. Totalt nyttjades 1,32 m av varje bräda ($0{,}3 \times 4 + 0{,}04 \times 3$).

Alla nio grupperna bestod av 8 provbitar vardera. Två av dessa användes till ett utomhusprojekt, en som referens och de sista fem representerade respektive provgrupp. Det totala antalet provbitar uppgick till (9×8) = 72 st.

Ordningen för vilka provbitar som skulle representera vilka grupper slumpades fram i Excel. Resultatet från slumpningen finns i bilaga c. För enklare hantering av provmaterial döptes bitarna i samband med slumpningen om till namn som avslöjar grupptillhörighet.



Figur 20. Provbitarna märktes med nummer 1-4 för att möjliggöra identifiering av position topp-rot.

3.3 Torrviktsmetod ISO 3130

Avkapen till torrviktsproverna vägdes först i fuktigt tillstånd och lades sedan in i en ugn för att torkas i +103°C i 24 timmar. Efter torkningen vägdes de ännu en gång inför beräkning av startfuktkvoterna (MC_{start}) på brädorna (enligt ISO 3130). Följande formel användes till beräkningarna:

$$MC_{start}(\%) = \frac{m_{rå} - m_{torr}}{m_{torr}} \times 100$$

Fuktkvoterna beräknades som ett medelvärde av de tre ”fuktkvotsavkapen” som gjordes på varje bräda.

Tabell 8. Medelvärden och standard-avvikelser för provbitarnas startfuktkvoter .

	MC_{start} [%]	
Grupp nr.	**Medel**	**Stdav**
1	12,16	0,21
2	12,07	0,27
3	12,00	0,45
4	11,99	0,39
5	12,01	0,31
6	11,93	0,38
7	12,23	0,28
8	12,21	0,37
9	12,27	0,39
ref	12,31	0,53
Totalt	**12,12**	**0,38**

Se bilaga d för samtliga startfuktkvoter.

3.4 Värmepressning

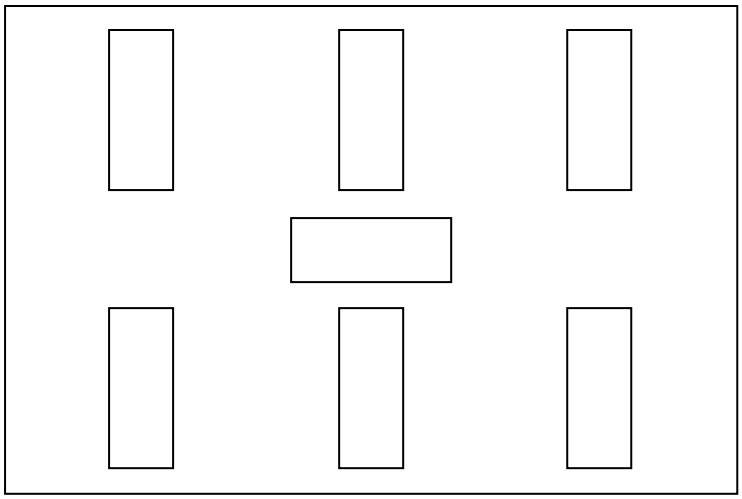
Fanérpress

Till värmepressningen användes en fanérpress av märket Kirchfeld, typ RP 120. Maskinen har en pressyta av 2550x1350 mm och är utrustad med ELKOM värmeplattsystem. Dess sex cylindrar har samtliga en diameter på 90 mm.

Figur 21. Fanérpress Kirchfeld RP 120.

Pressningen

Vid pressningen följdes temperaturer och tider enligt försöksdesignen i tabell 3 (kapitel 3.1). Provbitarna placerades ut slumpmässigt enligt mönstret nedan (provbitarnas respektive positioner i pressen finns redovisade i bilaga i). Loggerförsök visade att temperaturen inte varierar nämnvärt mellan de olika positionerna.



Figur 22. Provbitarnas positioner i värmepressen.

Provbitarna vägdes omedelbart före och efter värmepressning för att utifrån känd fuktkvot före press räkna ut hur mycket fuktkvoterna minskas vid pressningen. Beräkningarna utfördes enligt följande formler:

$$MC_{\min skning} = \frac{m_{före} - m_{efter}}{m_{torr}}$$

$$m_{torr} = \frac{m_{före}}{MC_{före} + 1}$$

Se bilaga e för samtliga fuktkvotsminskningar.

3.5 Inskanning av provytor

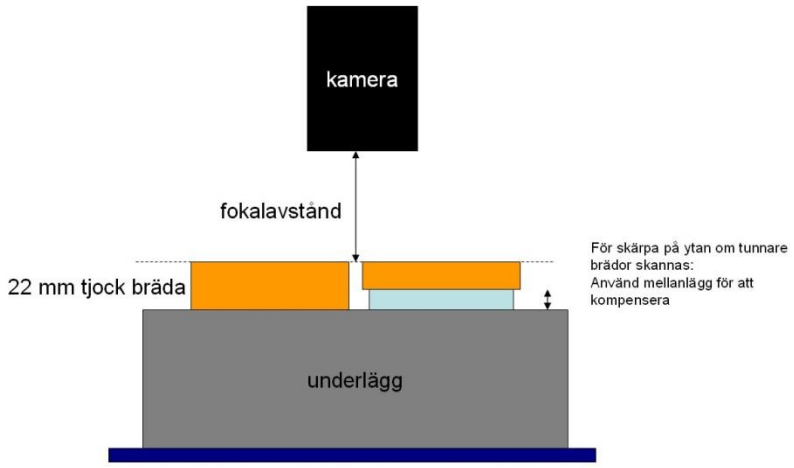
Efter värmepressningen skannades samtliga provbitar på båda flatsidorna med en färglinjekamera inne på SP Träteks lab. Syftet med skanningen var att bilderna skulle användas som referensunderlag vid senare mögelanalys med bildbehandlingsprogram.

Färglinjekamera

Färglinjekameran som användes vid skanningen var av typen Dalsa TR-36-02K25. Bländartalet valdes till 5,6 och fokalvståndet till 0,5 m. Kamerans synkfrekvens var inställd på 1500 linjer/s och transportören som bitarna matades fram på hade en hastighet på 0,14 m/s (11,85 Hz på frekvensomvandlaren).

Skanningen

Vid skanningen belystes provbitarna med ljus inkommande i vinkel snett uppifrån.
För att få så bra skärpa som möjligt i bilderna placerades provbitarna på ett plant underlägg. Underlägget utrustades med en svartvit- samt en RGB-färgstrip som referens för färg- och ljussättning. Provbitarna och underlägget arrangerades enligt figur 23.



Figur 23. Provbitar, underlägg samt kamera.

Figur 24. Provbit på väg in till skanning med färglinjekamera (Dalsa TR-36-02K25).

3.6 Mögelförsök

De inskannade provbitarna placerades i en klimatkammare på SP Träteks lab. Klimatet i kammaren valdes till 22°C och en RF på 95 %. Kombinationen 22°C och 95 % RF valdes utifrån SP metod 2899 (testmetod för att fastställa byggnadsmaterials mögelbenägenhet). Innan kammaren startades fylldes en öppen balja (2,1 x 3,5 m) med vatten över vilken provbitarna placerades för att säkerställa ett klimat med önskad luftfuktighet. Bitarna ställdes på högkant på ett galler med skruvar satta med 4 cm mellanrum som stöd. Vattenhöjden i baljan var ca 5 cm och avståndet från vattenytan till provbitarna var ungefär 20 cm. Under försökets gång var det mörkt i kammaren. Klimatet reglerades med en luftvattendysa.

Figur 25. Provbitar placerade i klimatkammare vid 22°C och 95 % RF.

Fuktkvoter i klimatkammare

Provbitarnas medelfuktkvoter ($MC_{kammare}$) samt ytfuktkvoter (yt- $MC_{kammare}$) inne i klimatkammaren noterades under pågående mögelförsök. Medelfuktkvoterna beräknades utifrån kända torrvikter och ytfuktkvoterna mättes med en elektrisk fuktkvotsmätare.

Tabell 9. Jämviktsfuktkvoter och ytfuktkvoter i klimatkammaren.

	$MC_{kammare}$ [%]		Yt- $MC_{kammare}$ [%]	
Grupp nr.	**Medel**	**Stdav**	**Medel**	**Stdav**
1	23,90	0,41	23,94	1,27
2	23,42	0,61	24,17	1,46
3	22,30	0,60	23,37	0,68
4	24,34	0,96	24,53	1,25
5	23,08	0,44	23,67	1,75
6	22,24	0,31	23,91	1,72
7	22,80	0,96	24,43	2,04
8	21,88	1,06	22,88	1,89
9	20,88	0,72	22,28	0,82
ref	24,63	0,84	24,14	1,46

Se bilaga g respektive h för samtliga fuktkvoter.

Agarplattor

Ett par agarplattor placerades i klimatkammaren mot slutet av mögelförsöket. Resultatet analyserades på SP Borås. Tre svampsorter kunde artbestämmas: *Penicillum sp* (rikligast förekomst), *Cladosporium sp* samt *jäst*. Av övriga förekommande arter var sannolikt även många av dem *Penicillum sp*.

3.7 Ytterligare inskanningar

Efter 17 respektive 31 dagar samt vid mögelförsökets avbrytande efter 56 dagar i klimatkammaren skannades provbitarna in med samma ljusförhållanden som vid skanningen innan försökets uppstart.

3.8 Mögelbedömning

Utvärderingen av mögelpåväxten gjordes genom visuell bedömning (varken lupp eller mikroskop användes). Bägge flatsidorna på samtliga provbitar undersöktes av en person och bedömdes utifrån en fyrgradig skala (0-3). Exempel på de olika mögelgraderna finns i bilaga l.

Tabell 10. Skala för mögelgradering.

Mögelgrad	**Beskrivning**	**Klassindelning**
0	Inga synliga angrepp	**0-1** Obetydlig tillväxt
1	Just så pass synbar tillväxt	
2	Enstaka spridda fläckar	**2-3** Estetiskt störande tillväxt
3	Väsentligt antal spridda fläckar/ grupper av fläckar	

3.9 MouldAnalyser

MouldAnalyser är en programvara som utvecklats av Jonas Danvind. Den är framtagen med syftet att möjliggöra en mer kvantitativ mögelgradering än traditionell visuell bedömning med nominell mögelskala. Genom att använda manuella tröskelvärden i RGB-bilder kan programmet räkna antalet pixlar på en utvald bildyta och klassificera dessa som mögel. Resultatet presenteras som procentandel av totala antalet pixlar på den valda ytan. Se utförlig beskrivning bilaga m.

I examensarbetet ingick det att göra en utvärdering av ovan beskrivna programvara.

4 Resultat

4.1 Del A Mögelförsök

Fuktkvotsminskningar vid pressning

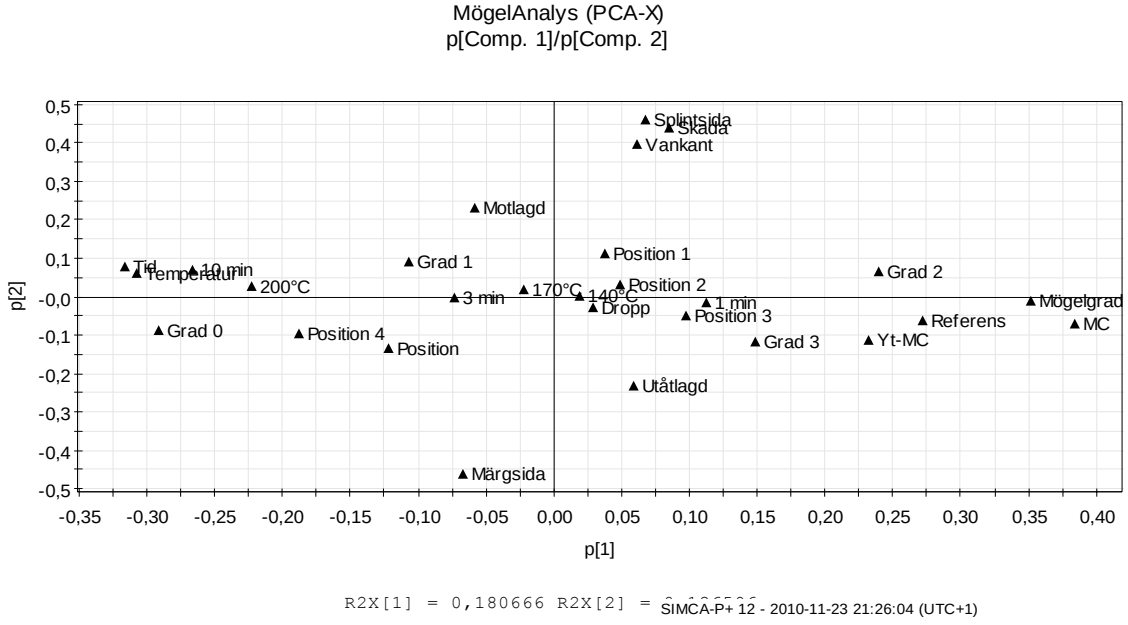
Tabell 11. Medelvärden och standardavvikelser för fuktkvots-minskningar vid pressning.

			$MC_{minskning}$ [%]	
Grupp nr.	**Temp.**	**Tid**	**Medel**	**Stdav**
1	140°C	1 min	1,26	0,13
2	140°C	3 min	1,99	0,27
3	140°C	10 min	4,24	0,85
4	170°C	1 min	2,00	0,26
5	170°C	3 min	3,21	0,30
6	170°C	10 min	6,57	0,84
7	200°C	1 min	2,74	0,24
8	200°C	3 min	4,01	0,50
9	200°C	10 min	8,64	0,93

Tabellen ovan visar att fuktkvoterna blir lägre när presstemperaturen ökar och presstiden blir längre.

Multivariat analys

Följande avsnitt innehåller ett urval av plottar från genomförd multivariat analys.
Figuren nedan visar en översikt av samtliga ingående variabler (PCA-X loading plot).



Figur 26 . Översikt av variabler i PCA-X loading plot.

Teorin säger att variabler belägna långt ifrån origo är viktiga för modellen samt att närliggande variabler är starkt korrelerade . I figuren ovan hittas variablerna *Splintsida*, *Skada* och *Vankant* tillsammans uppe i övre kanten. Till vänster finns variabler såsom *Tid, Temperatur, 10 min, 200 °C* och *Grad 0.* Även de ligger långt ifrån origo och i en klunga nära varandra.

Till höger återfinns t.ex. variablerna *Mögelgrad*, *MC*, *Referens*, *Yt-MC*, *Grad 2* och *Grad 3*. Dessa variabler är enligt teorin också viktiga för modellen och korrelerade med varandra. Ju längre in mot mitten variablerna ligger, desto mindre betydelse har de. Alla dessa observationer visar dock endast på tendenser och skall tas med en nypa salt eftersom R^2- och Q^2-värdena är låga.

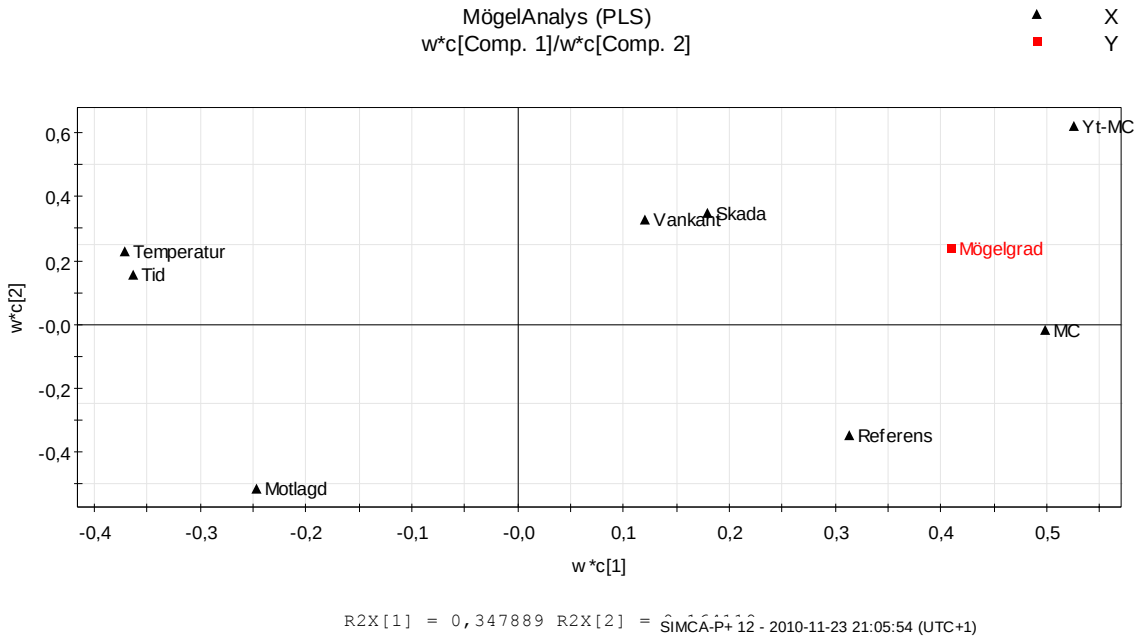
PLS-modell

Den slutgiltiga PLS-modellen fick följande R^2- och Q^2-värden:

Var ID	R2	Q2
Mögelgrad	0,501	0,416

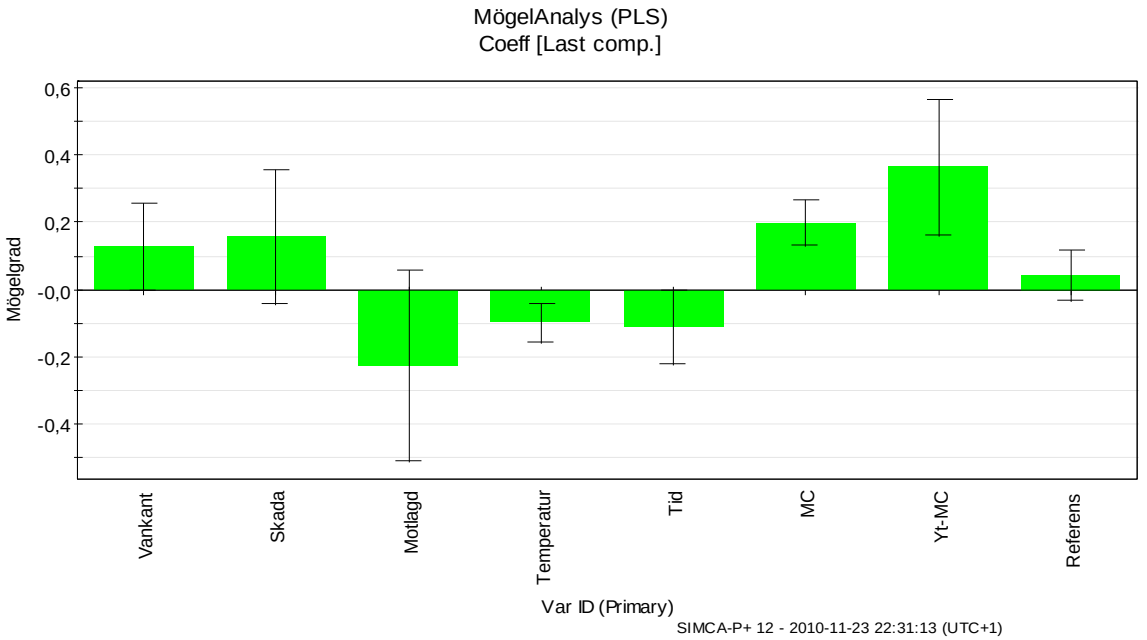
Tabell 12. X-variabler som bäst predikterar responsen Y (mögelgrad).

Yt-MC
MC
Temperatur
Tid
Referens
Motlagd
Skada
Vankant



Figur 27. PLS loading plot. Responsen Y markerad med röd text.

Figur 27 kan med utgångspunkt från teorin tolkas som att variablerna *Yt-MC* och *MC* är de variabler som mest påverkar mögelgraden (de ligger nära *Mögelgrad* i ploten samt långt från origo). Sedan kan man även utläsa att *Temperatur* och *Tid* också är betydelsefulla i och med dess avstånd från origo. Detta bekräftas i tabell 12 som redogör för vilka x-variabler som bäst predikterar responsen Y (mögelgrad).



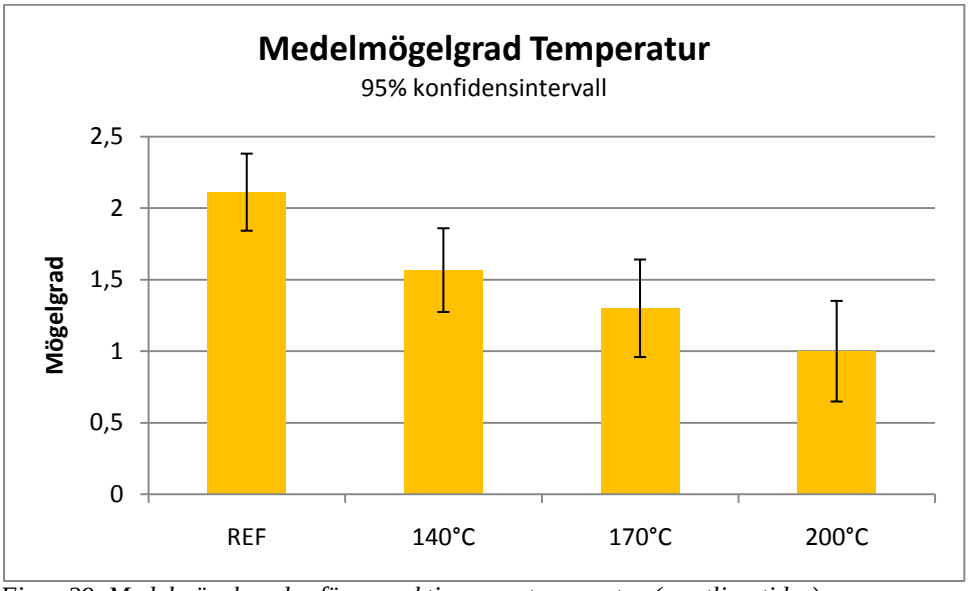
Figur 28. PLS coefficient plot. Variabler med staplar uppåt inverkar positivt på mögelgraden och variabler med staplar nedåt inverkar negativt.

Ploten ovan förklarar förhållandet mellan respektive x-variabel och responsen Y (mögelgrad). Variablerna med staplar uppåt inverkar positivt på mögelgraden och de med nedåtgående staplar inverkar negativt på mögelgraden.

Faktorn temperatur

I följande avsnitt görs en utvärdering av presstemperaturernas inverkan på mögelbenägenheten. Samtliga signifikanta skillnader är på signifikansnivå 0,05.

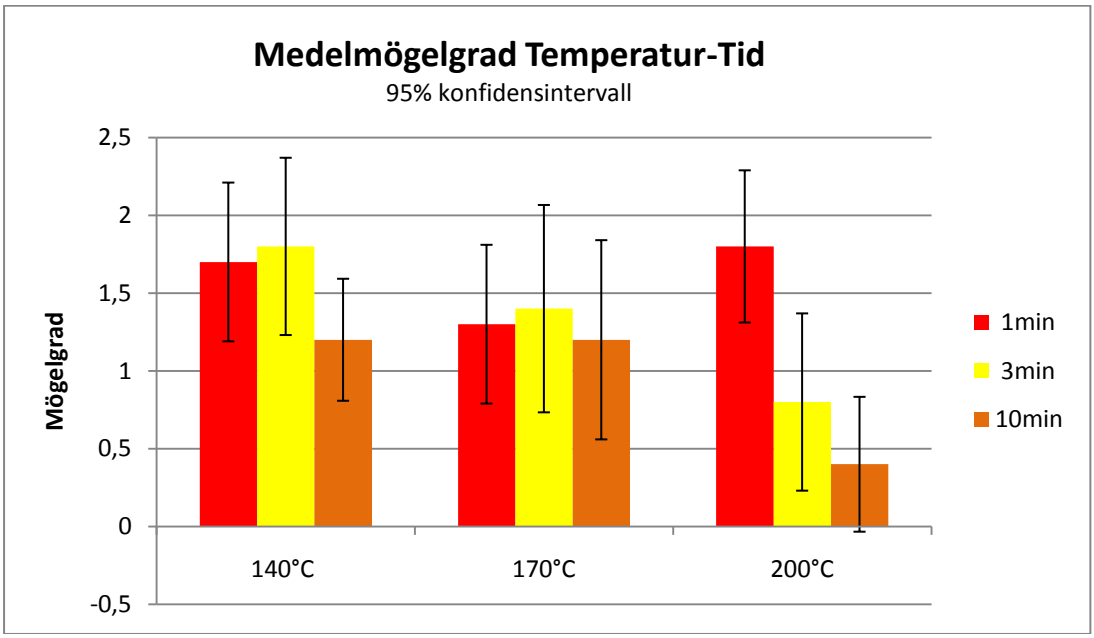
I. Gör kontaktvärmning vid olika temperaturer på träytor av gran någon skillnad för mögelbenägenheten?



Figur 29. Medelmögelgrader för respektive presstemperatur (samtliga tider).

Resultaten visar att samtliga behandlade grupper har signifikant lägre medelmögelgrad än referensgruppen.

II. Vilka skillnader gör presstiderna inom temperaturgrupperna för mögelbenägenheten?



Figur 30. Medelmögelgrader för respektive presstemperatur (tidsuppdelat).

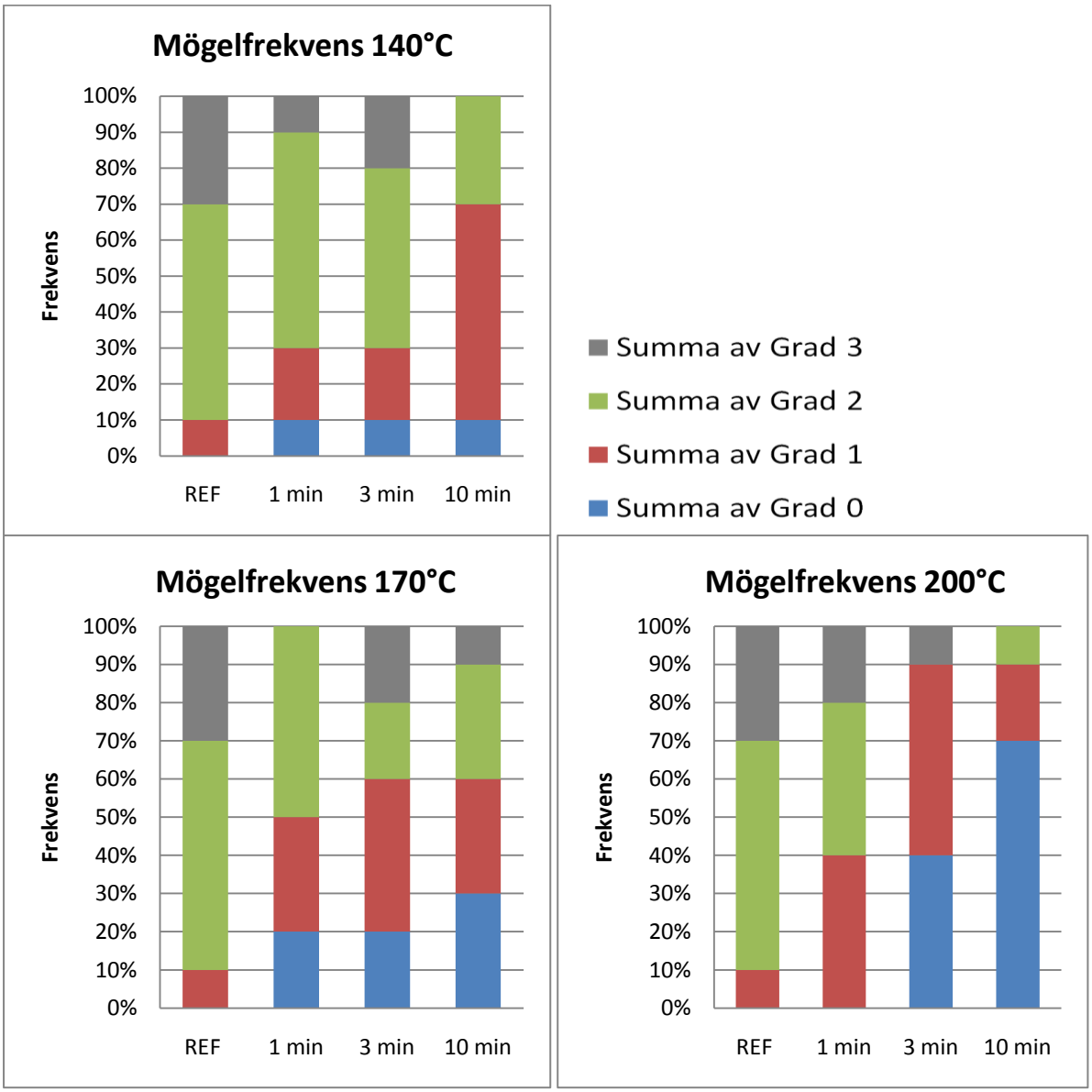
Resultaten visar att:

- Inom **140°C-gruppen** finns inga signifikanta skillnader i mögelbenägenhet mellan de olika presstiderna. Däremot möglar de som pressats i 10 minuter signifikant mindre än referensgruppen.

- Inom **170°C-gruppen** finns inga signifikanta skillnader i mögelbenägenhet mellan de olika presstiderna. Samtliga tider ger dock signifikant lägre mögelbenägenhet än referensgruppen.

- Det finns signifikanta skillnader i mögelbenägenhet inom **200°C-gruppen**. Provbitar som pressats i 3 respektive 10 minuter möglar signifikant mindre än de som pressats i 1 minut. Även i förhållande till referensgruppen möglar de med 3 samt 10 minuters presstider signifikant mindre.

III. Hur ser fördelningen mellan mögelgraderna ut för de olika presstemperaturerna?



Figur 31. Mögelgradernas frekvensfördelning för de tre olika presstemperaturerna.

Grad 0-1 klassas som ”Obetydlig tillväxt” och grad 2-3 som ”Estetiskt störande tillväxt”.

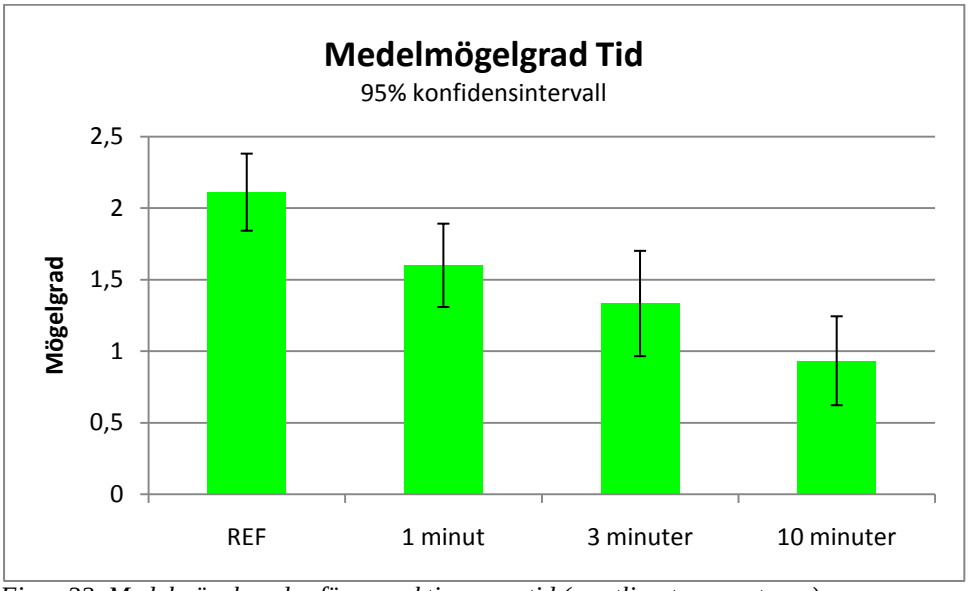
Frekvensfördelningarna visar att:

- I **140°C-gruppen** klassas 30 % av provbitarna ha obetydlig tillväxt vid 1 min presstid. Vid 10 min presstid har andelen ökat till 70 %. (Jfr referenser 10 %).
- I **170°C-gruppen** klassas 50 % av provbitarna ha obetydlig tillväxt vid 1 min presstid. Vid 10 min presstid är andelen 60 %. (Jfr referenser 10 %).
- I **200°C-gruppen** klassas 40 % av provbitarna ha obetydlig tillväxt vid 1 min presstid. Vid 10 min presstid har andelen ökat till 90 %. (Jfr referenser 10 %).

Faktorn tid

I följande avsnitt görs en utvärdering av presstidernas inverkan på mögelbenägenheten. Samtliga signifikanta skillnader är på signifikansnivå 0,05.

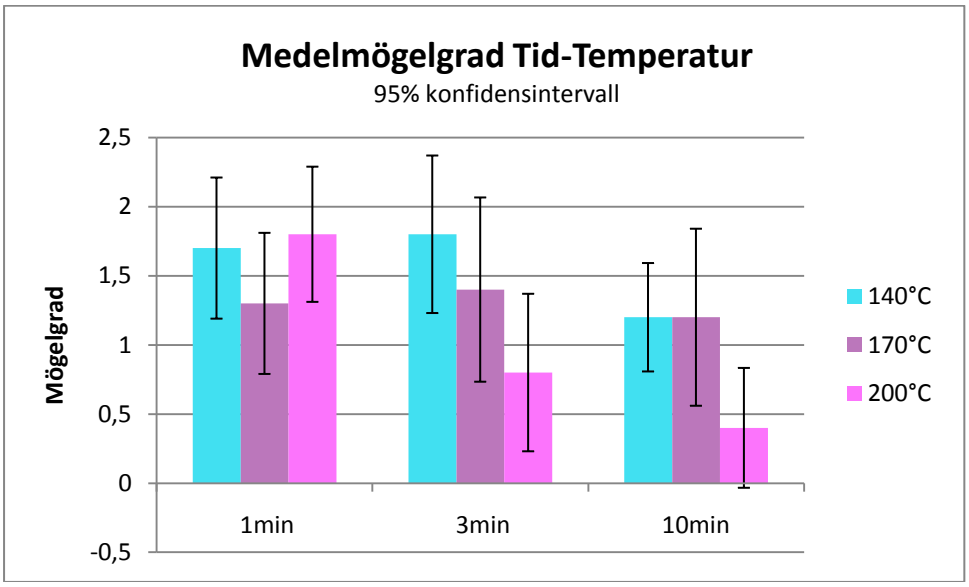
A. Gör kontaktvärmning på träytor av gran under olika tider någon skillnad för mögelbenägenheten?



Figur 32. Medelmögelgrader för respektive presstid (samtliga temperaturer).

Resultaten visar att grupperna med presstider på 3 respektive 10 minuter har signifikant lägre medelmögelgrad än referensgruppen.

B. Vilka skillnader gör presstemperaturerna inom tidsgrupperna för mögelbenägenheten?



Figur 33. Medelmögelgrader för respektive presstid (temperaturuppdelat).

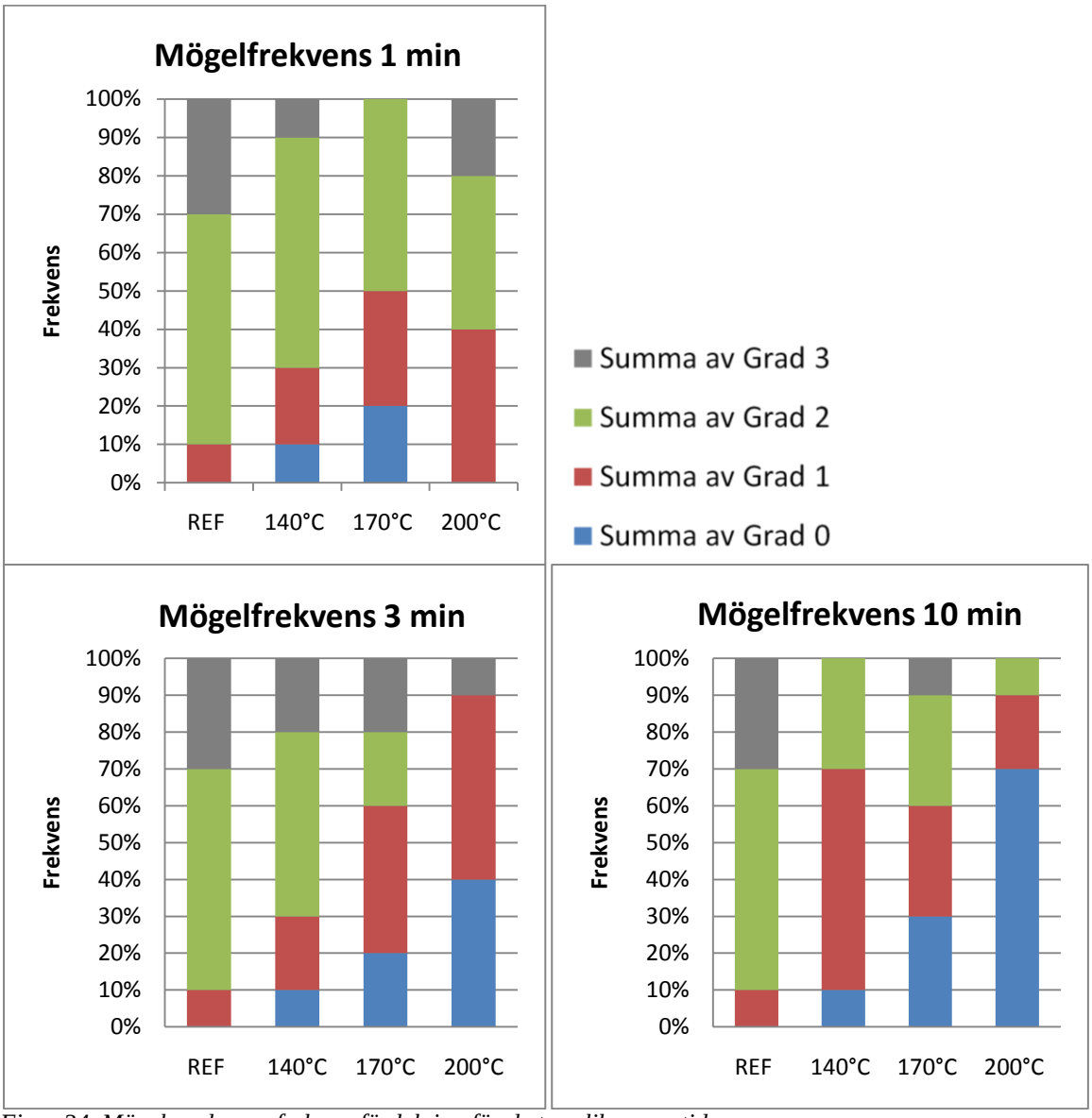
Resultaten visar att:

- Inom **1 min-gruppen** finns inga signifikanta skillnader i mögelbenägenhet mellan de olika presstemperaturerna. Däremot möglar de som pressats vid 170°C signifikant mindre än referensgruppen.

- Det finns signifikanta skillnader i mögelbenägenhet inom **3 min-gruppen**. Provbitar som pressats vid 200°C möglar signifikant mindre än de som pressats vid 140°C. I förhållande till referensgruppen möglar de som pressats vid 170°C samt 200°C signifikant mindre.

- Det finns signifikanta skillnader i mögelbenägenhet inom **10 min-gruppen**. Provbitar som pressats vid 200°C möglar signifikant mindre än de som pressats vid 140°C respektive 170°C. Samtliga temperaturer ger signifikant lägre mögelbenägenhet än referensgruppen.

C. Hur ser fördelningen mellan mögelgraderna ut för de olika presstiderna?



Figur 34. Mögelgradernas frekvensfördelning för de tre olika presstiderna.

Grad 0-1 klassas som ”Obetydlig tillväxt” och grad 2-3 som ”Estetiskt störande tillväxt”.

Frekvensfördelningarna visar att:

- I **1 min-gruppen** klassas 30 % av provbitarna ha obetydlig tillväxt vid 140°C presstemperatur. Vid 200°C är andelen 40 %. (Jfr referenser 10 %).
- I **3 min-gruppen** klassas 30 % av provbitarna ha obetydlig tillväxt vid 140°C presstemperatur. Vid 200°C har andelen ökat till 90 %. (Jfr referenser 10 %).
- I **10 min-gruppen** klassas 70 % av provbitarna ha obetydlig tillväxt vid 140°C presstemperatur. Vid 200°C har andelen ökat till 90 %. (Jfr referenser 10 %).

4.2 Del B MouldAnalyser

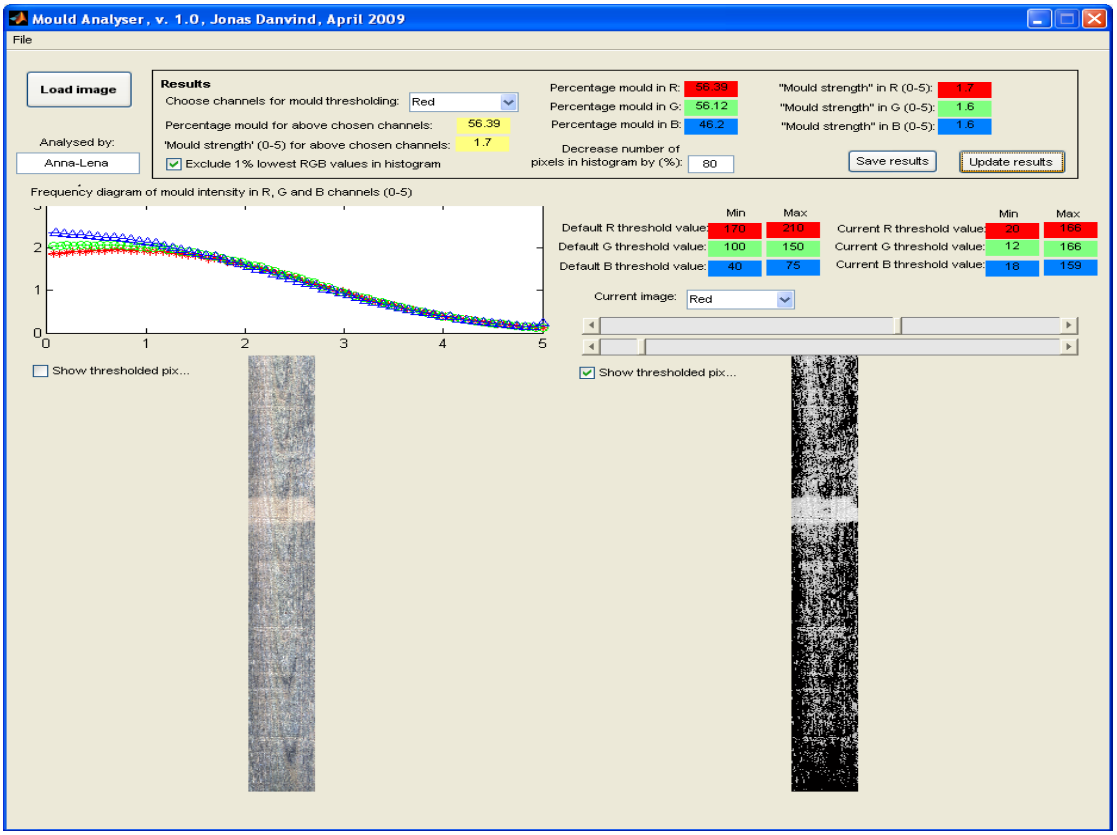
Utvärdering

Det finns vissa kriterier som undersökningsmaterialet bör uppfylla för att programvaran ska komma till sin rätt. Materialet bör till exempel vara så homogent som möjligt. Ådringar och andra ytojämnheter markeras och klassas i vissa fall som mögel. Kvistar samt vankant är andra problemområden. I och med att de oftast har en mörkare nyans än resten av träytan uppstår så pass stora kontraster att de klassas som mögel. Om mögeltillväxten är riklig blir samtliga ovan nämnda problem mindre än vid liten mögeltillväxt. En riklig mögeltillväxt döljer ofta skavanker och jämnar ut kontraster mellan t.ex. kvistar och övrig träyta. Sammanfattningsvis kan det konstateras att programmet inte lämpar sig så väl för inhomogent material med liten mögeltillväxt.

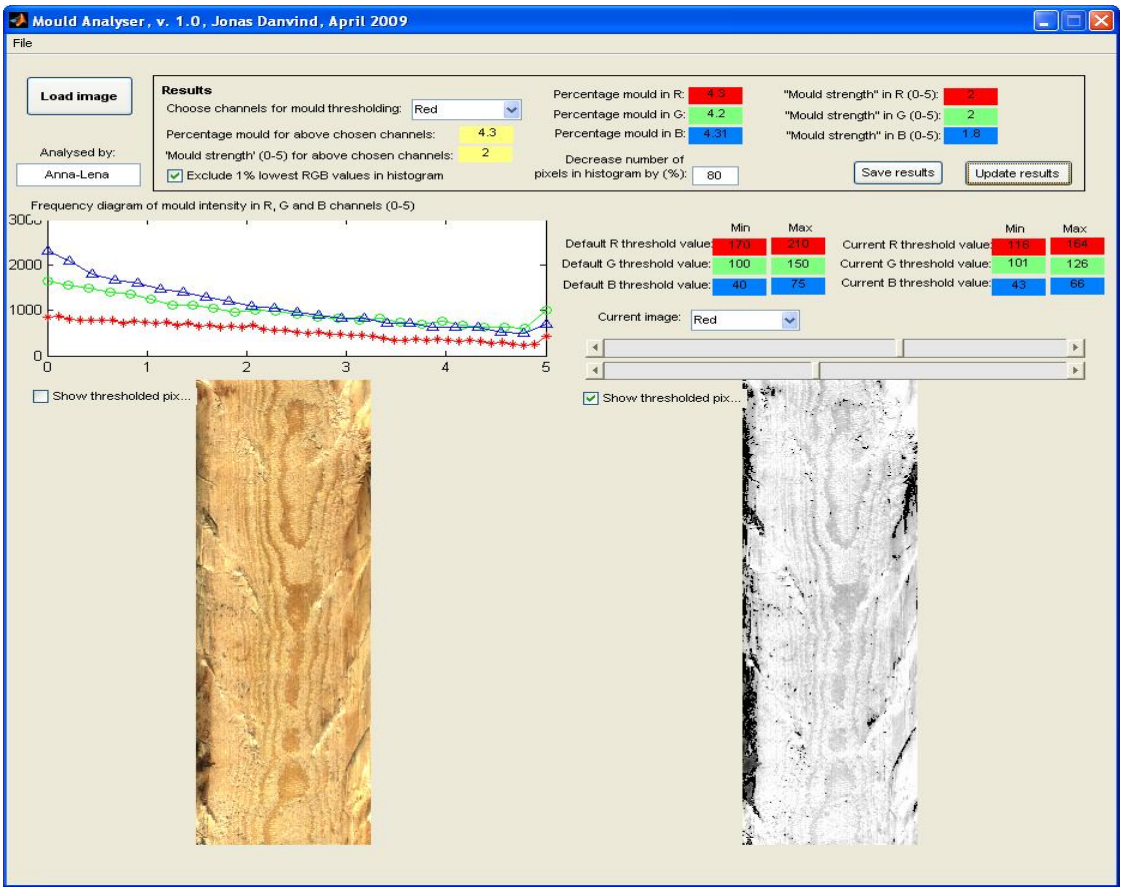
Är materialet däremot hyfsat homogent och har riklig tillväxt av mögel alternativt kontrastrikt mögel har programvaran stor potential att bli ett värdefullt redskap. Även om resultatet, liksom vid traditionell visuell bedömning, har en viss osäkerhet i och med den manuella trösklingen ger den under rätt förhållanden möjlighet att på ett bra och enkelt sätt kvantifiera mögelpåväxt. Om man planerar att använda MouldAnalyser som utvärderingverktyg vid mögelförsök bör man tänka på att välja material med så lite ”skavanker” som möjligt. Ett annat alternativ skulle kunna vara att bara analysera vissa specifika områden av provmaterialet och bortse från områden som ger mycket brus. Vid vissa typer av mögeltest används just sådana små provbitar med s.k. clear wood. Utvärdering av sådana försök är ett exempel på när programvaran skulle lämpa sig väl.

Tabell 13. Fördelar samt nackdelar med programvaran MouldAnalyser.

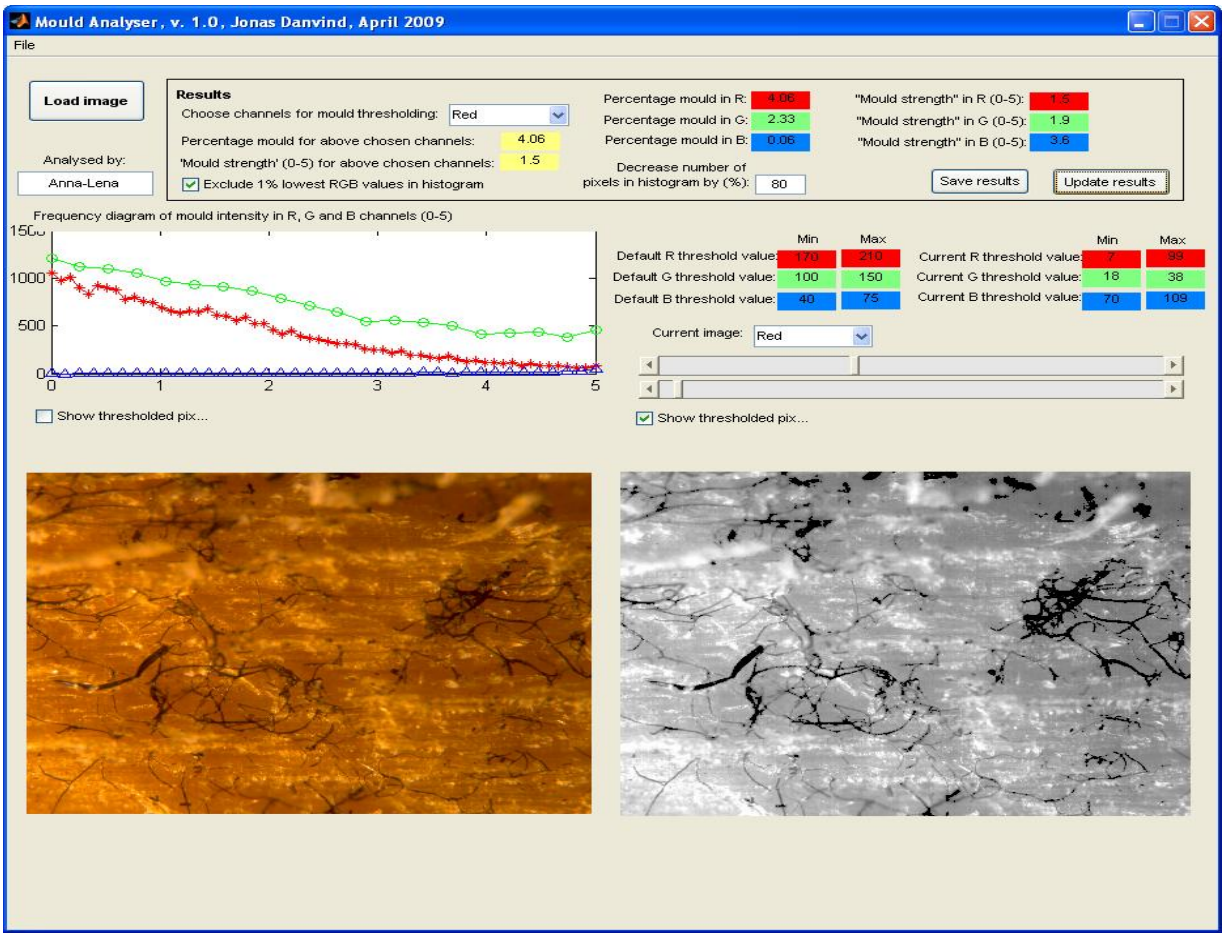
+	-
Fungerar bra vid riklig mögeltillväxt	Vid liten mögeltillväxt blir det så mycket brus att resultatet kan ifrågasättas
Fungerar bra vid kontrastrik påväxt	Vankant och kvistar klassas som mögel
Fungerar bra med homogent material	Markerar ibland ådringar och andra ytojämnheter som mögel



Figur 35. MouldAnalyser-programmet lämpar sig väl vid utvärdering av träytor med riklig mögeltillväxt.



Figur 36. Programvaran MouldAnalyser fungerar mindre bra vid liten tillväxt av mögel samt inhomogent material.

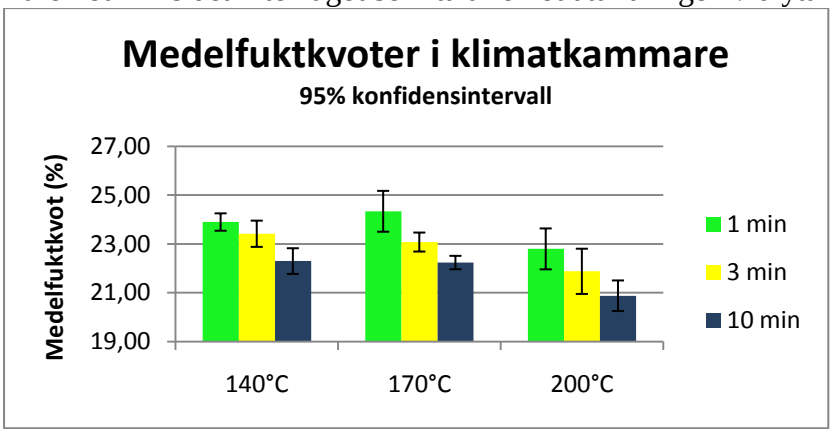


Figur 37. Vid utvärdering av utvalda ytor som exempelvis mikroskopibilden ovan har programmet stor potential att bli ett utmärkt redskap.

5 Diskussion

Fuktkvotsskillnader efter värmepressning

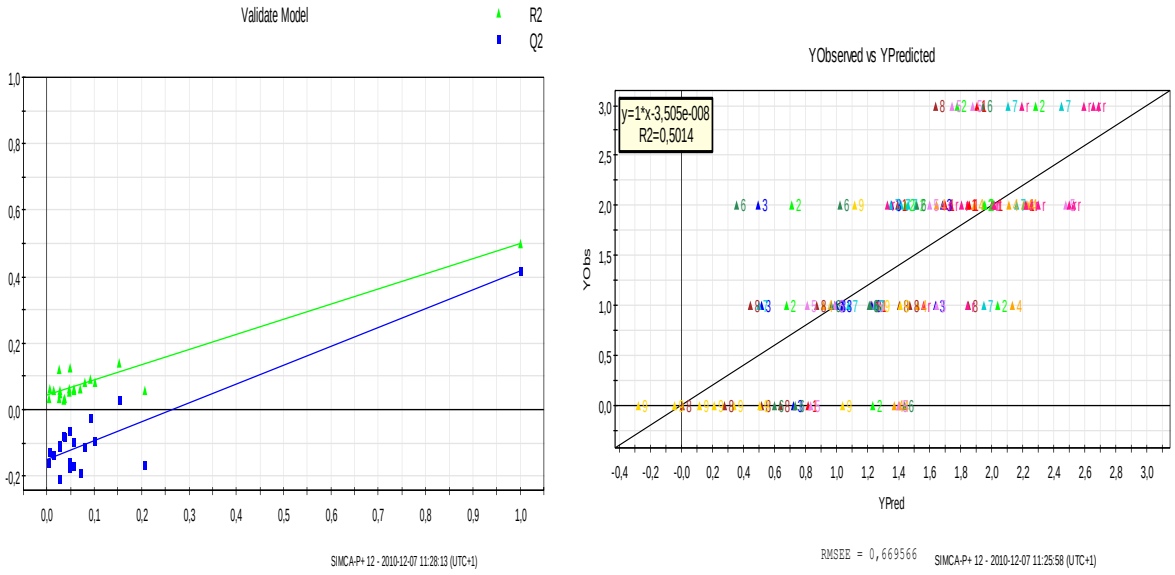
Ur tabell 11 i resultatdelen kan man utläsa att fuktkvoterna blir lägre när presstemperaturen ökar och presstiden blir längre. Figuren nedan visar att dessa förhållanden består efter uppfuktning i klimatkammaren. Detta indikerar att en värmebehandlingseffekt uppstått. Däremot finns det inte något som talar emot att näringen vid ytan också påverkats negativt.



Figur 38. Medelfuktkvoter efter uppfuktning i klimatkammare.

Multivariat dataanalys

I inledningen av analysen ingick 28 variabler varav 22 stycken var dummyvariabler. I den slutgiltiga PLS-modellen var antalet variabler reducerade till 8 stycken x-variabler samt en y-variabel (mögelgrad). Modellens förklaringsgrad (R^2) är 0,5 och prediktionsförmågan (Q^2) är 0,4. Att modellen har bra värden bekräftas av att skillnaden mellan R^2 och Q^2 är mindre än 0,2-0,3 (Eriksson et al 2001). Så länge R^2 skär y-axeln under 0,2-0,3 och Q^2 under 0,05 är modellen godkänd (Eriksson et al 2001). I Validate-ploten till vänster nedan kan man se att bägge skärningarna håller sig inom gränsvärdena för en giltig modell. Ploten till höger (YObserved vs YPredicted) visar att fördelningen av observationerna har starka linjära tendenser vilket också det tyder på en bra modell.



Figur 39. Till vänster: Validate plot. Till höger: YObserved vs YPredicted plot.

Inverkan av temperatur respektive tid

Samtliga tre presstemperaturer samt presstiderna på tre respektive tio minuter gav signifikant lägre medelmögelgrad än referensgruppen. Av totalt nio grupper (3 temperaturer × 3 tider) var det sex stycken som möglade signifikant mindre än referenserna. Resultatet är förvånansvärt bra med tanke på hur korta behandlingstiderna var. Den metod som i nuläget används vid behandling med värme för att (bland annat) öka beständigheten hos trä är värmebehandling. Vid Thermowood-processen pågår själva värmebehandlingsfasen under 2-3 timmar och total tid i anläggningen, inklusive uppvärmning och avsvalning, uppgår till ca 40 timmar. Utifrån värmepressningsresultaten går det att dra slutsatsen att kontaktvärmning av träytor vid 200°C under 3-10 minuter ökar mögelbeständigheten markant. 90 % av ytorna klassas efter en sådan behandling ha obetydlig tillväxt (jfr referenser 10 %).

MouldAnalyser

Programvaran som sådan har överlag fungerat bra. Programmet har visserligen hängt sig ett par gånger men inte mer än att det är acceptabelt för ett program i utvecklingsstadiet. En annan sak som bör nämnas är att det vid vissa tillfällen blivit ERROR vid en andra eller tredje inzoomning, men det har dock inte heller inträffat tillräckligt ofta för att avskräcka vidare användning.

Efter utvärdering av programvaran konstaterades det att den inte var något alternativ för mögelgraderingsprocessen i just detta arbete. Anledningen till det var att mögeltillväxten skett i så liten skala plus att materialet hade egenskaper som gav upphov till mycket brus.

Det är eventuellt möjligt att få bukt med brusproblemen vid ytojämnheter och ådringar i träet genom att ändra ljussättningen vid skanningen. Bilderna som analyserats vid dessa försök har haft ljuset inkommande snett uppifrån vid skanningen. Om ljuset istället skulle komma rakt uppifrån kanske en del skuggor som resulterar i felaktiga mögelmarkeringar skulle kunna undvikas.

Programvarans användarvänlighet vid utvärdering av ”fullskaleprovbitar” skulle ökas markant om ljussättningen (som nämndes ovan) förbättrades och om materialet som väljs ut är hyfsat homogent. Då är det kanske möjligt att använda defaultvärden vid trösklingen och på så sätt spara en massa tid och samtidigt få en så likvärdig bedömning som möjligt.

Felkällor

Vid värmepressningsmomentet kan ett par källor till fel ha uppstått. En osäkerhet består i presstiderna, speciellt tiden 1+1 minut. Eftersom det tar ett tag att placera ut samtliga provbitar (7 st) på pressytan blir den procentuella tidsskillnaden mellan provbiten som lades ut först respektive sist ganska stor. Den andra osäkerheten är själva pressningen. Den utfördes manuellt utan möjlighet till någon exakt avläsning av aktuellt tryck. Det är möjligt att presstrycket varierade en aning mellan de olika försöksgrupperna.

I klimatkammaren kan det ha varit något olika förutsättningar beroende på i vilken del av kammaren provbitarna placerades. Det förekom t.ex. dropp från dysan på några av bitarna. Just detta visade sig dock inte ha någon betydelse för det slutgiltiga resultatet eftersom ”Dropp” fanns med som variabel i den multivariata dataanalysen men föll tidigt bort.

Det finns alltid vissa svårigheter med kvalitativa bedömningar. Det är den mänskliga faktorn och vårt sätt att uppfatta saker olika som främst kan ställa till det. I detta fall, när utvärderingen genomfördes av en och samma person, är dock sannolikheten stor att samtliga provbitar bedömdes likvärdigt. Svårigheten bestod i att skapa en fungerande mögelskala i och med att tillväxten skett i så liten omfattning. När mögelskalan väl var färdigdefinierad gick bedömningen smidigt och bra. Det rådde inga större tveksamheter om vilka ytor som skulle ha vilken klassning.

Övrigt

I takt med ökande presstemperaturer och presstider får träytorna också en ökande brunskiftande nyans. Om denna metod skulle tillämpas ute i industrin kan man fråga sig om kunderna skulle ha något emot dessa färgskiftningar. En annan fråga är naturligtvis också hur värmningen skulle utföras rent praktiskt.

Fortsatt arbete

Om tiden tillåtit hade det varit intressant att undersöka fler trädslag, gärna något mer mögelbenäget än gran. Detta för att om möjligt få tydligare signaler i form av rikligare mögelpåväxt och större skillnader mellan de olika mögelgraderna. En annan sak som skulle vara intressant att undersöka närmare är om värmningen ”förstör” näringen eller om det är så att träet helt enkelt blir mindre hygroskopiskt pga nedbrytning av hemicellulosa.

Referenser

Edlund, M-L, Jermer, J. 2004. Durability of heat-treated wood. Final Workshop COST Action E22 'Environmental Optimisation of Wood Protection', Lisboa, March 22-23.

Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wold, S. 2001. Multi- and Megavariate Data Analysis. Principles and Applications. Umetrics AB. ISBN 91-973730-1-X

Fakta Skog. Nr 5, 2003. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU.

Fisher, C., Höll, W. 1992. Seasonal changes and radial distribution of carbohydrates and fat reserves in pine wood. Trees 6: 147-155.

Frühwald, E. 2007. Effect of high-temperature drying on spruce and larch. Shape stability, mechanical properties and mould growth. Doktorsavhandling. Lund Report TVBK-1034.

Höll, W. 1985. Seasonal Fluctuation of Reserve Materials in the Trunkwood of Spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] Journal of Plant Physiology 117: 355-362.

Martens, H., Naes, T. 1989. Multivariate calibration. John Wiley & Sons.

Nilsson, I., Samuelson, I. 2006. Missfärgade mikroorganismer på råspont. SP Rapport 2006:43.

Nilsson, L-O. 2009. WoodBuild lägesrapport 2009. Rapport TVBM-3151.

Saarman, E. 1992. Träkunskap. Sveriges Skogsindustriförbund. ISBN 91-7322-726-9

Samuelson, I. 1985. Mögel i hus. Orsaker och åtgärder, 1985:16. Statens Provningsanstalt, Borås.

Saranpää, P., Höll, W. 1989. Soluble carbohydrates of *Pinus Sylvestris* L. sapwood and heartwood. Trees 3: 138-143.

Sehlstedt-Persson, M., Wamming, T., Karlsson, O. 2010. Processanpassning för funktionsbeständiga träprodukter II. Vilken roll spelar torkningen för mögelpåväxt på brädor i utomhusprodukter ovan mark? TCN-rapport.

Terziev, N. 1996. Low-Molecular Weight Sugars and Nitrogenous Compounds in Scots Pine. Contents in the stem, redistribution during drying of lumber and practical consequences. Doktorsavhandling. SLU, Uppsala.

Trämögel (1984). Handledning inom skogs- och träindustri. Projektgruppen mot trämögelsjuka. Sveriges Skogsindustriförbund.

Viitanen, H., Ritschkoff, A. 1991. Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature. Rapport nr. 221. SLU, Uppsala.

Virkeslära. Träförstörande organismer i olika miljöer. SLU-kompendium.

Wold, S. 1987. Principal Component Analysis. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 2: 37-52.

Elektroniska referenser

[1]
http://129.215.156.68/Images/asexual.htm

[2]
http://skywind.wkhc.ac.kr/%B9%CC%BB%FD%B9%B0/microw.htm

[3]
http://193.183.24.7/episerver4/dokument/sks/stormfakta/lagringsseminarie/Stig%20Bardage.pdf

www.anticimex.com (2010-10-10)

www.boverket.se (2010-10-14)

www.ne.se (2010-10-29)

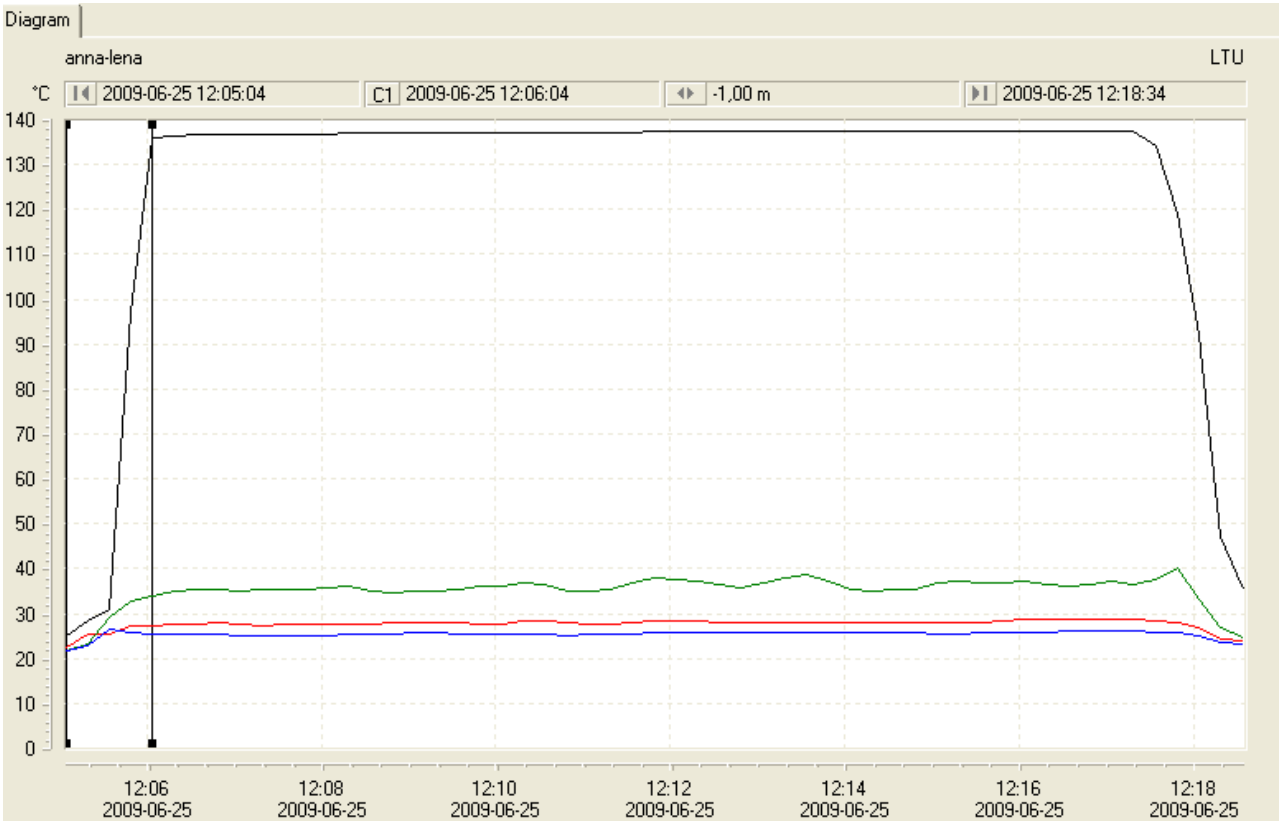
www.sp.se (2010-10-10)

Bilagor

Bilaga a - Monthly climatological summary for 6/2009

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	WIND AVG	SPEED HI	TIME	DOM DIR	MEAN BAROM	MEAN HUM
1	14.3	18.1	15:07	8.3	23:59	51	0	0.0	4	13	10:41	E	1022	38
2	10.2	14.8	16:09	3.1	3:39	55	0	0.0	2	9	10:35	E	1013	43
3	8.4	12.7	15:30	5.5	3:27	57	0	12.4	3	10	16:06	E	1004	73
4	9.5	12.5	13:11	6.7	3:44	55	0	0.0	4	13	14:37	S	1004	55
5	6.4	8.0	0:59	2.2	23:59	59	0	0.0	3	11	3:22	SSE	1006	57
6	5.3	9.7	15:20	-0.4	2:16	60	0	0.0	1	10	10:30	SSW	1009	62
7	6.5	10.4	12:36	-0.9	3:16	58	0	0.0	2	8	11:39	WNW	1013	61
8	8.5	14.4	13:10	-0.2	3:09	56	0	0.0	2	9	15:12	N	1014	55
9	13.1	18.3	14:24	5.7	3:46	52	0	0.0	2	11	14:40	N	1015	40
10	11.7	17.3	9:44	3.8	3:38	53	0	1.3	1	9	10:05	W	1015	55
11	11.4	14.8	14:52	8.5	3:28	54	0	0.3	1	5	13:02	WNW	1010	86
12	14.6	18.4	14:58	10.1	3:32	50	0	0.0	2	8	14:29	SSW	1012	72
13	13.5	15.9	18:11	11.7	23:27	52	0	0.0	2	9	18:22	SSE	1013	78
14	12.6	14.2	19:44	11.4	1:48	52	0	18.0	2	9	19:29	SSE	1006	96
15	12.7	14.5	12:23	10.9	4:34	52	0	4.1	1	6	8:59	E	999	90
16	11.2	13.6	15:19	8.3	5:38	54	0	2.8	3	12	9:58	E	1004	67
17	10.8	14.7	16:21	6.0	3:06	54	0	0.0	2	9	10:56	E	1014	47
18	11.1	16.4	12:43	3.7	2:53	54	0	0.0	2	9	13:52	W	1011	52
19	10.1	13.7	10:02	4.6	2:47	55	0	0.0	2	8	12:44	WSW	1006	62
20	13.0	17.3	16:41	8.0	3:28	52	0	0.0	2	7	14:29	WNW	1007	59
21	13.1	16.4	18:23	8.4	3:12	52	0	0.0	2	11	9:24	WNW	1015	55
22	16.2	22.8	13:19	8.0	3:31	49	0	0.0	3	11	16:57	N	1022	53
23	18.2	22.1	13:26	13.9	3:03	47	0	2.5	1	8	13:50	WNW	1024	55
24	18.4	24.1	12:20	11.8	3:18	47	0	0.0	2	8	13:13	E	1027	53
25	20.6	28.3	14:15	10.1	2:55	44	0	0.0	2	10	16:43	NW	1028	49
26	23.5	30.8	13:09	12.6	2:55	42	0	0.0	1	10	17:38	N	1027	40
27	23.2	31.4	15:37	14.2	3:21	42	0	0.0	1	11	17:06	ENE	1021	47
28	21.3	25.6	12:14	16.3	2:57	44	0	0.0	2	8	9:23	WSW	1020	46
29	17.1	20.3	15:40	13.2	2:47	48	0	0.0	2	11	13:53	W	1026	63
30	22.1	29.8	17:21	11.7	3:25	43	0	0.0	2	11	12:38	N	1021	47

Bilaga b – Loggerförsök uppvärmning av virkesytan



Figur 40. Vertikala markeringar till vänster i figuren markerar uppvärmningstiden till 140°C (= ca 1 minut).

Ytterligare försök visade att uppvärmningstiden till 170°C samt 200°C också de tar ca en minut (på grund av den starkt lutande kurvan).

Bilaga c – Gruppindelning provbitar

Tabell 14. Gruppindelning provbitar.

Grupp nr.	**1**		**2**		**3**	
	1-1	J3	2-1	P1	3-1	K4
	1-2	E4	2-2	R4	3-2	Q2
	1-3	M3	2-3	E3	3-3	R3
	1-4	C1	2-4	Q4	3-4	N2
	1-5	E1	2-5	J2	3-5	L1
	ref1	N3	ref2	K2	ref3	H3
	u1-1	B2	u2-1	D4	u3-1	D3
	u1-2	B4	u2-2	H1	u3-2	J1
Grupp nr.	**4**		**5**		**6**	
	4-1	O2	5-1	A1	6-1	O4
	4-2	I3	5-2	G1	6-2	P4
	4-3	K3	5-3	M1	6-3	R1
	4-4	Q3	5-4	H2	6-4	G3
	4-5	G2	5-5	I2	6-5	L3
	ref4	I1	ref5	C2	ref6	I4
	u4-1	A4	u5-1	R2	u6-1	D2
	u4-2	B3	u5-2	O3	u6-2	K1
Grupp nr.	**7**		**8**		**9**	
	7-1	P3	8-1	M2	9-1	Q1
	7-2	E2	8-2	H4	9-2	O1
	7-3	P2	8-3	G4	9-3	F2
	7-4	A3	8-4	L4	9-4	C4
	7-5	D1	8-5	N4	9-5	F4
	ref7	F3	ref8	L2	ref9	N1
	u7-1	C3	u8-1	M4	u9-1	B1
	u7-2	J4	u8-2	F1	u9-2	A2

Bilaga d – Startfuktkvoter

Tabell 15. Startfuktkvoter.

Provbit	MC_{start} [%]	Provbit	MC_{start} [%]	Provbit	MC_{start} [%]
1-1	12,1	4-1	11,9	7-1	12,4
1-2	12,0	4-2	12,6	7-2	12,0
1-3	12,2	4-3	11,3	7-3	12,4
1-4	12,6	4-4	12,1	7-4	11,8
1-5	12,0	4-5	12,1	7-5	12,3
ref1	12,7	ref4	12,6	ref7	12,7
u1-1	12,1	u4-1	11,8	u7-1	12,6
u1-2	12,1	u4-2	12,1	u7-2	12,1
2-1	12,4	5-1	11,8	8-1	12,2
2-2	11,7	5-2	12,1	8-2	11,8
2-3	12,0	5-3	12,2	8-3	12,1
2-4	12,1	5-4	11,8	8-4	11,8
2-5	12,1	5-5	12,6	8-5	12,7
ref2	11,3	ref5	12,6	ref8	11,8
u2-1	12,4	u5-1	11,7	u8-1	12,2
u2-2	11,8	u5-2	11,9	u8-2	12,7
3-1	11,3	6-1	11,9	9-1	12,1
3-2	12,1	6-2	12,4	9-2	11,9
3-3	11,7	6-3	11,7	9-3	12,7
3-4	12,7	6-4	12,1	9-4	12,6
3-5	11,8	6-5	11,8	9-5	12,7
ref3	11,8	ref6	12,6	ref9	12,7
u3-1	12,3	u6-1	12,3	u9-1	12,1
u3-2	12,1	u6-2	11,3	u9-2	11,8

Bilaga e – Fuktkvotsminskningar vid pressning

Tabell 16. Fuktkvotsminskningar vid pressning.

Provbit	$MC_{minskning}$ [%]	Provbit	$MC_{minskning}$ [%]	Provbit	$MC_{minskning}$ [%]
1-1	1,3	4-1	1,7	7-1	3,1
1-2	1,4	4-2	2,1	7-2	2,8
1-3	1,2	4-3	1,9	7-3	2,8
1-4	1,1	4-4	1,7	7-4	2,9
1-5	1,4	4-5	2,0	7-5	2,4
ref1	0,0	ref4	0,0	ref7	0,0
u1-1	1,3	u4-1	2,2	u7-1	2,7
u1-2	1,1	u4-2	2,4	u7-2	2,5
2-1	1,7	5-1	3,0	8-1	4,0
2-2	2,3	5-2	2,9	8-2	4,2
2-3	1,7	5-3	3,1	8-3	4,9
2-4	2,2	5-4	3,3	8-4	3,8
2-5	2,2	5-5	3,0	8-5	3,3
ref2	0,0	ref5	0,0	ref8	0,0
u2-1	1,7	u5-1	3,7	u8-1	4,2
u2-2	2,1	u5-2	3,5	u8-2	3,7
3-1	4,9	6-1	6,9	9-1	9,1
3-2	3,8	6-2	6,6	9-2	9,2
3-3	5,3	6-3	7,8	9-3	8,1
3-4	3,0	6-4	6,9	9-4	9,3
3-5	4,1	6-5	6,5	9-5	8,0
ref3	0,0	ref6	0,0	ref9	0,0
u3-1	3,6	u6-1	5,0	u9-1	7,1
u3-2	5,0	u6-2	6,3	u9-2	9,7

Bilaga f – Fuktkvoter efter pressning

Tabell 17. Fuktkvoter efter pressning.

Provbit	$MC_{efter\ press}$ [%]	Provbit	$MC_{efter\ press}$ [%]	Provbit	$MC_{efter\ press}$ [%]
1-1	10,8	4-1	10,2	7-1	9,2
1-2	10,5	4-2	10,4	7-2	9,2
1-3	10,9	4-3	9,5	7-3	9,6
1-4	11,6	4-4	10,4	7-4	8,9
1-5	10,6	4-5	10,1	7-5	9,8
ref1	12,7	ref4	12,6	ref7	12,7
u1-1	10,8	u4-1	9,6	u7-1	9,9
u1-2	11,0	u4-2	9,7	u7-2	9,6
2-1	10,7	5-1	8,8	8-1	8,2
2-2	9,4	5-2	9,2	8-2	7,6
2-3	10,2	5-3	9,0	8-3	7,2
2-4	9,9	5-4	8,5	8-4	8,0
2-5	10,0	5-5	9,6	8-5	9,4
ref2	11,3	ref5	12,6	ref8	11,8
u2-1	10,6	u5-1	8,0	u8-1	7,9
u2-2	9,7	u5-2	8,4	u8-2	9,0
3-1	6,5	6-1	4,9	9-1	3,0
3-2	8,3	6-2	5,8	9-2	2,6
3-3	6,4	6-3	3,9	9-3	4,6
3-4	9,8	6-4	5,2	9-4	3,4
3-5	7,8	6-5	5,3	9-5	4,7
ref3	11,8	ref6	12,6	ref9	12,7
u3-1	8,7	u6-1	7,2	u9-1	5,0
u3-2	7,2	u6-2	5,0	u9-2	2,2

Bilaga g – MC i klimatkammare

Tabell 18. MC i klimatkammare.

Provbit	$MC_{kammare}$ [%]	Provbit	$MC_{kammare}$ [%]	Provbit	$MC_{kammare}$ [%]
1-1	23,6	4-1	24,3	7-1	23,1
1-2	24,5	4-2	24,5	7-2	22,4
1-3	23,8	4-3	22,8	7-3	24,3
1-4	23,5	4-4	24,7	7-4	22,4
1-5	24,1	4-5	25,4	7-5	21,8
ref1	25,5	ref4	24,9	ref7	24,3
2-1	24,1	5-1	23,4	8-1	22,4
2-2	23,2	5-2	23,1	8-2	22,0
2-3	23,8	5-3	23,6	8-3	23,3
2-4	23,5	5-4	22,5	8-4	20,7
2-5	22,5	5-5	22,8	8-5	21,0
ref2	23,0	ref5	24,8	ref8	24,0
3-1	21,4	6-1	22,5	9-1	20,6
3-2	22,1	6-2	22,4	9-2	21,6
3-3	23,0	6-3	22,3	9-3	21,4
3-4	22,6	6-4	22,3	9-4	21,0
3-5	22,4	6-5	21,7	9-5	19,8
ref3	25,0	ref6	24,9	ref9	25,5

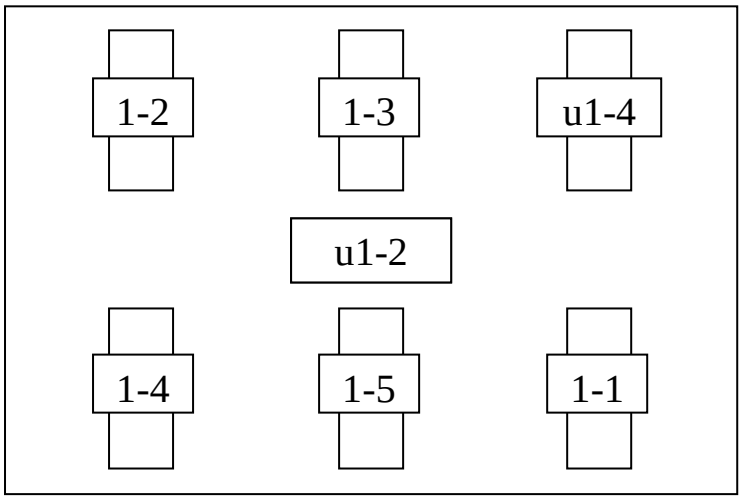
Bilaga h – Yt-MC i klimatkammare

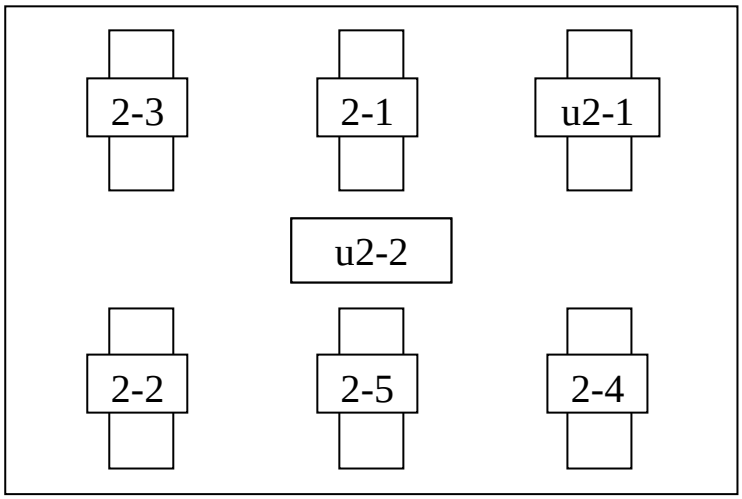
Tabell 19. Yt-MC i klimatkammare.

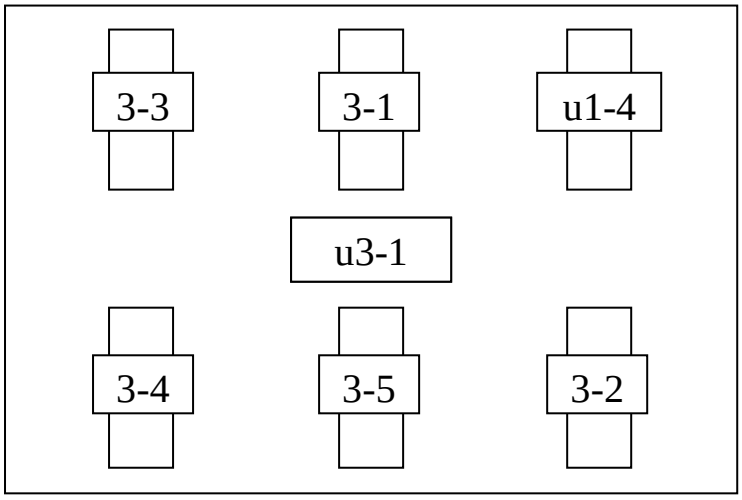
Provbit	Yt-$MC_{kammare}$ [%]	Provbit	Yt-$MC_{kammare}$ [%]	Provbit	Yt-$MC_{kammare}$ [%]
1-1 S[1]	22,9	4-1 S	25,0	7-1 S	25,5
1-1 M[2]	22,2	4-1 M	24,5	7-1 M	26,9
1-2 S	25,7	4-2 S	23,0	7-2 S	23,2
1-2 M	26,1	4-2 M	24,8	7-2 M	24,2
1-3 S	23,6	4-3 S	22,0	7-3 S	25,7
1-3M	24,1	4-3 M	24,2	7-3 M	27,7
1-4 S	22,7	4-4 S	25,8	7-4 S	23,2
1-4 M	24,1	4-4 M	24,4	7-4 M	24,4
1-5 S	23,3	4-5 S	25,8	7-5 S	21,2
1-5 M	24,7	4-5 M	25,8	7-5 M	22,3
ref1 S	22,3	ref4 S	23,9	ref7 S	23,3
ref1 M	22,3	ref4 M	22,5	ref7 M	23,7
2-1 S	24,7	5-1 S	24,4	8-1 S	23,8
2-1 M	26,9	5-1 M	25,7	8-1 M	21,9
2-2 S	23,8	5-2 S	21,7	8-2 S	25,5
2-2 M	22,2	5-2 M	21,1	8-2 M	25,7
2-3 S	24,1	5-3 S	25,7	8-3 S	23,3
2-3 M	25,6	5-3 M	25,2	8-3 M	23,8
2-4 S	24,8	5-4 S	23,4	8-4 S	22,5
2-4 M	24,4	5-4 M	25,0	8-4 M	21,4
2-5 S	22,7	5-5 S	22,5	8-5 S	20,8
2-5 M	22,5	5-5 M	22,0	8-5 M	20,1
ref2 S	22,1	ref5 S	25,1	ref8 S	25,7
ref2 M	24,6	ref5 M	24,2	ref8 M	25,0
3-1 S	23,3	6-1 S	25,1	9-1 S	23,8
3-1 M	23,6	6-1 M	23,2	9,1 M	22,4
3-2 S	24,7	6-2 S	25,2	9-2 S	22,7
3-2 M	23,8	6-2 M	27,5	9-2 M	22,2
3-3 S	23,1	6-3 S	23,0	9-3 S	22,7
3-3 M	22,2	6-3 M	22,2	9-3 M	22,9
3-4 S	23,2	6-4 S	22,4	9-4 S	22,2
3-4 M	23,0	6-4 M	22,0	9-4 M	21,4
3-5 S	23,9	6-5 S	23,9	9-5 S	21,4
3-5 M	22,9	6-5 M	24,6	9-5 M	21,1
ref3 S	26,6	ref6 S	24,1	ref9 S	23,6
ref3 M	26,5	ref6 M	25,7	ref9 M	23,1

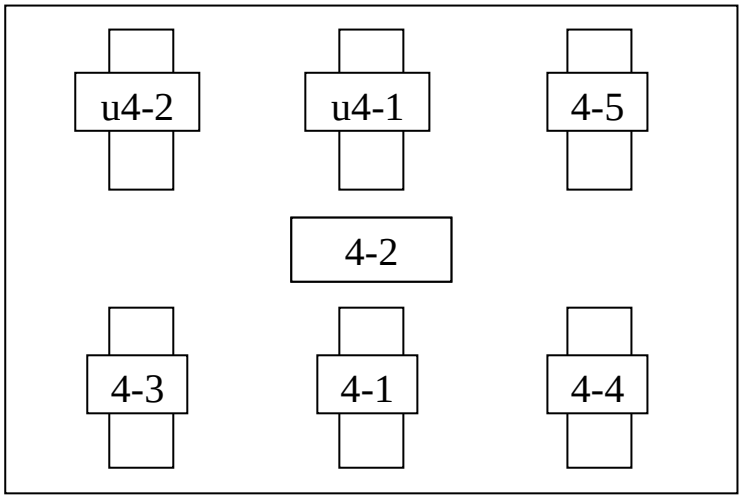
[1] S = splintsida
[2] M = märgsida

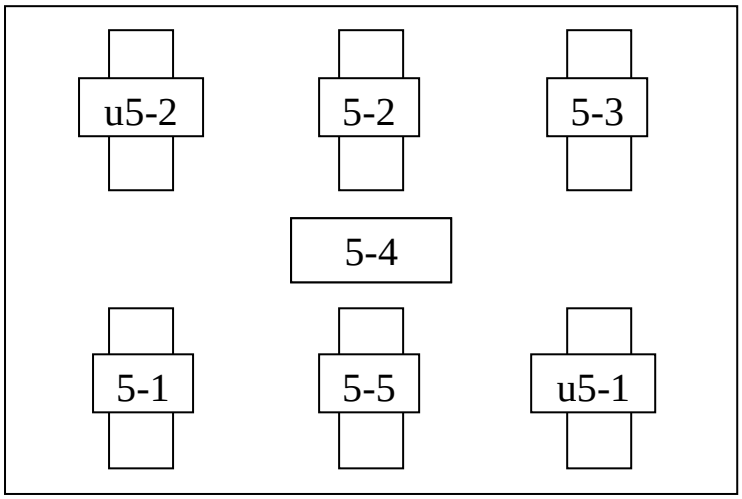
Bilaga i – Positioner i värmepressen

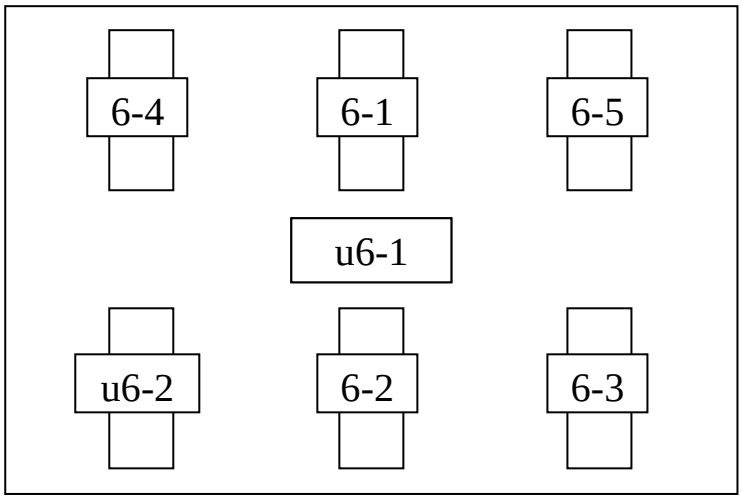


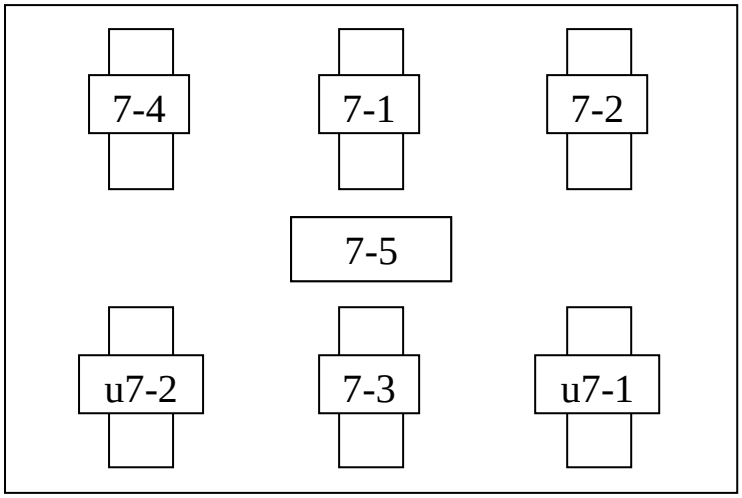


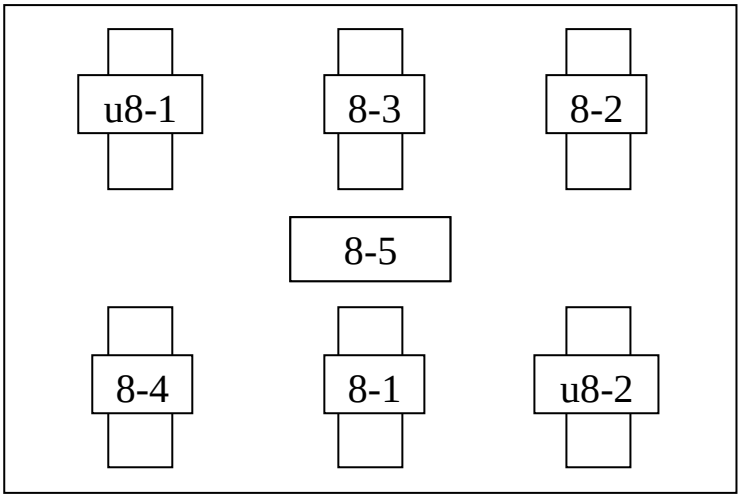


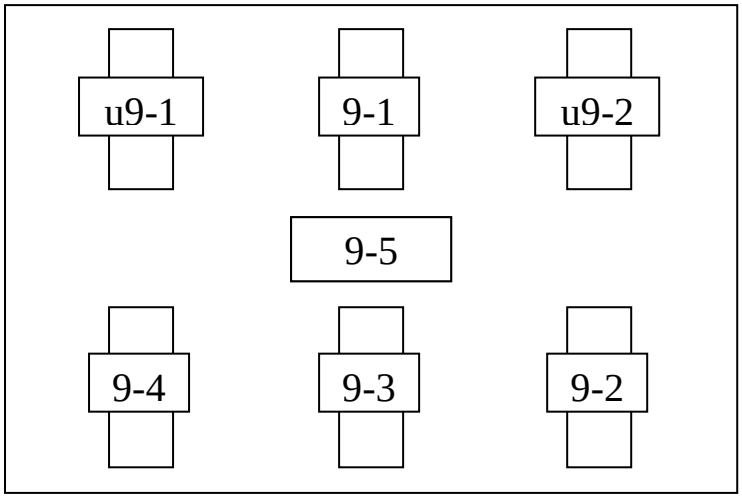







7-4
7-1
7-2
7-5
u7-2
7-3
u7-1


u8-1
8-3
8-2
8-5
8-4
8-1
u8-2


u9-1
9-1
u9-2
9-5
9-4
9-3
9-2

Bilaga j – Provbitarnas mögelgrader

Tabell 20. Provbitarnas mögelgrader.

Provbit	Mögelgrad	Provbit	Mögelgrad	Provbit	Mögelgrad
1-1 S[1]	2	4-1 S	2	7-1 S	1
1-1 M[2]	0	4-1 M	0	7-1 M	3
1-2 S	2	4-2 S	2	7-2 S	1
1-2 M	2	4-2 M	2	7-2 M	2
1-3 S	2	4-3 S	1	7-3 S	2
1-3M	1	4-3 M	1	7-3 M	3
1-4 S	3	4-4 S	1	7-4 S	2
1-4 M	1	4-4 M	0	7-4 M	2
1-5 S	2	4-5 S	2	7-5 S	1
1-5 M	2	4-5 M	2	7-5 M	1
ref1 S	2	ref4 S	2	ref7 S	3
ref1 M	1	ref4 M	2	ref7 M	1
2-1 S	2	5-1 S	3	8-1 S	1
2-1 M	3	5-1 M	3	8-1 M	1
2-2 S	3	5-2 S	1	8-2 S	1
2-2 M	2	5-2 M	0	8-2 M	3
2-3 S	2	5-3 S	2	8-3 S	1
2-3 M	2	5-3 M	1	8-3 M	1
2-4 S	1	5-4 S	0	8-4 S	0
2-4 M	0	5-4 M	2	8-4 M	0
2-5 S	2	5-5 S	1	8-5 S	0
2-5 M	1	5-5 M	1	8-5 M	0
ref2 S	2	ref5 S	3	ref8 S	2
ref2 M	2	ref5 M	2	ref8 M	2
3-1 S	1	6-1 S	0	9-1 S	1
3-1 M	1	6-1 M	0	9,1 M	0
3-2 S	1	6-2 S	2	9-2 S	0
3-2 M	0	6-2 M	3	9-2 M	0
3-3 S	2	6-3 S	2	9-3 S	1
3-3 M	2	6-3 M	2	9-3 M	0
3-4 S	1	6-4 S	1	9-4 S	2
3-4 M	1	6-4 M	0	9-4 M	0
3-5 S	2	6-5 S	1	9-5 S	0
3-5 M	1	6-5 M	1	9-5 M	0
ref3 S	3	ref6 S	2	ref9 S	2
ref3 M	3	ref6 M	2	ref9 M	2

[1] S = splintsida
[2] M = märgsida

Bilaga k – Variabler i multivariat statistik

Vankant	dummy
Skada	dummy
Märgsida	dummy
Splintsida	dummy
Motlagd	dummy
Ej motlagd	dummy
Dropp	dummy
Referens	dummy
140°C	dummy
170°C	dummy
200°C	dummy
1 min	dummy
3 min	dummy
10 min	dummy
Position 1	dummy
Position 2	dummy
Position 3	dummy
Position 4	dummy
Mögelgrad 0	dummy
Mögelgrad 1	dummy
Mögelgrad 2	dummy
Mögelgrad 3	dummy

Mögelgrad
MC
Yt-MC
Temperatur
Tid
Position

Bilaga I – Typexempel på de olika mögelgraderna (0-3)

Figur 41. Mögelgrad 0.

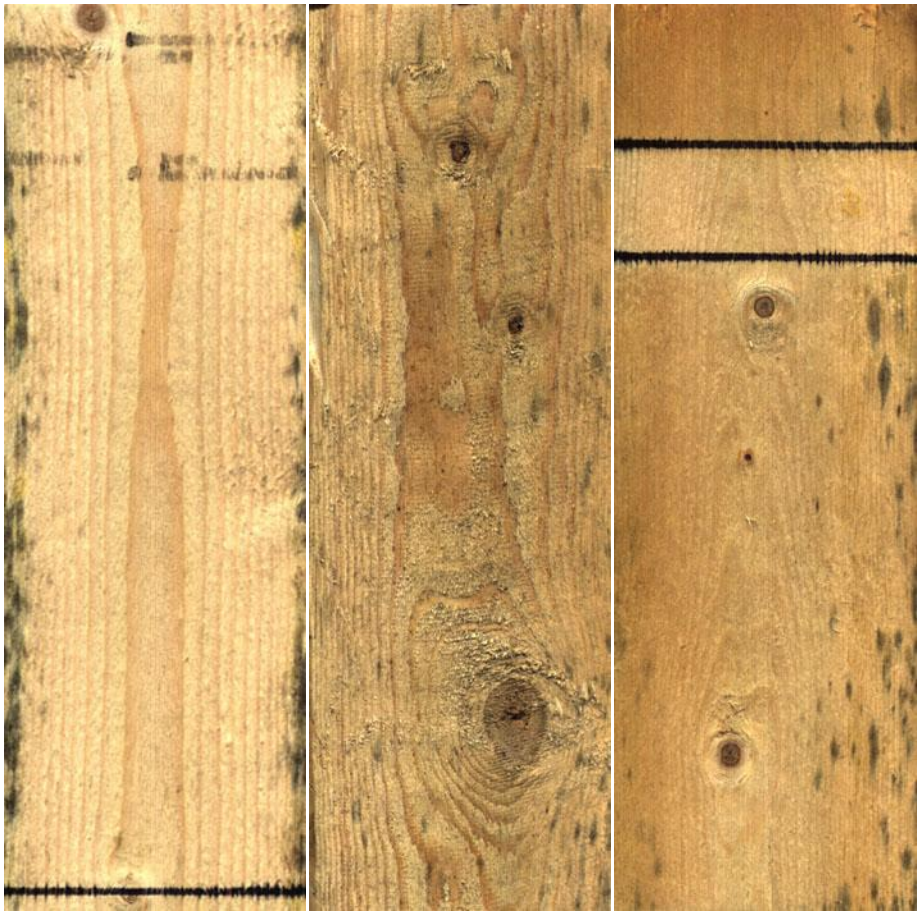
Svarta markeringar visar områden med avvikelser från dubbelläggning.

Figur 42. Mögelgrad 1.

Svarta markeringar visar strömärke respektive område med avvikelse från dubbelläggning.

Figur 43. Mögelgrad 2.

Svart markering visar strömärke.



Figur 44. Mögelgrad 3.

Svarta markeringar visar strömärken.

Bilaga m – Beskrivning av MouldAnalyser

101002. Till Anna-Lena Johansson, blivande träcivilingenjör; Beskrivning av MouldAnalyser

MouldAnalyser

Historisk har man bedömt mögelpåväxt på trä med relativt kvalitativa metoder. Det här verktyget ger möjlighet till en mer kvantitativ bedömning, baserat på en enklare bildanalys. Genom att använda manuella tröskelvärden (både en övre och en nedre gräns kan sättas) kan programmet räkna antalet pixlar på en utvald bildyta som då klassificeras som mögel. Eftersom mögel kan vara svårt att se på ytan, så finns möjligheten att välja tröskelvärdet i den röda, gröna och blå bilden var för sig (en färgbild kan delas in i röd, grön och blå kanal). När användaren ska sätta tröskelvärden i respektive bild så visas de ”trösklade pixlarna” simultant i så väl bilden från den valda färgkanalen som i den fulla färgbilden (om användaren väljer att göra så). När man utfört ”trösklingen” i alla tre bilderna så jämför programmet vilka punkter som är trösklade som mögel. Användaren kan välja om färgkanalerna var för sig eller en kombination dem ska användas vid mögelutvärderingen. Om en pixelposition är bedömd som mögelpunkt i alla bilderna som valts för mögelbedömningen så kommer den att bli en slutlig bedömd ”mögelpixel”. Är det dock en mögelpixel i bara en eller två av tre valda färgkanaler, så kommer den inte bli bedömd som mögel. Är man osäker vid bedömningen av en bild är det därför bättre att klassa för många pixlar som mögel, än för få. Därmed får den färgkanalen som ger en säkrare bedömning större betydelsen vid sammanvägningen. Eller så väljer man att räkna resultatet på den eller de kanaler där möglet är tydligast. Totala andelen av ytan som bedöms som mögel presenteras därefter som procentandel av totala antalet pixlar på den valda ytan.

Utöver andelen av ytan som bedöms som mögel, så försöker programmet också ge en skattning på en skala 0-5 om ”hur allvarligt möglet är”. Detta görs genom att ta det gråskaleområde vari möglet finns i en färgkanal, låt säga området 101-200 i den röda kanalen, och normalisera det och multiplicera med fem så att området spänner från 0-5, samt att ”invertera det”. Att invertera det innebär att fler mörka pixlar ger ett värde närmare 5. Ett exempel: ett medelvärde på 120 (d v s i den mörkare ändan av 101-200) ger först ett värde på 1 i 0-5 skalan, där skalan sedan ”vänds/inverteras” så att det visade värdet blir 4 istället. Därefter görs ett frekvenshistogram för det området där man ser hur många mögelbedömda pixlar som ligger för varje gråskaleenhet. Från fördelningen beräknas ett medelvärde som räknas om till 0-5 skalan presenteras som ”mögelgrad/Mould strength”. När den manuella trösklingen görs i en kanal kan det komma med ett fåtal ”randpixlar” som gör att frekvensfördelningen kan få långa och smala ändar (framför allt för mörkare pixlar), vilket får en ”hävstångseffekt” vid beräkningen av medelvärdet, som därför kan bli missvisande. För att undvika detta kan användaren välja bort de 1% av totala antalet ”trösklade pixlar” som ligger i den lägre (mörkare pixlar) änden på frekvensfördelningen. Därmed antas det att man erhåller ett stabilare medelvärde för ”hur allvarligt möglet är”. Programmet kombinerar också utvalda kanalkombinationer (om användaren väljer det) till ett frekvenshistogram och räknar ut en ”mögelgrad” för denna kombination.

Alla kanalernas tröskelvärden, mögelprocent och bedömd mögelgrad visas alltid, i tillägg till det resultat från en viss kanal eller kombination av kanaler som användaren valt.

Eftersom programmet baseras sig på en individuell subjektiv bildanalys, så beror mögelbedömningen också på vem som mäter och hur det mäts. Därför är det att rekommendera att två eller flera personer använder programmet och bedömer samma bilder. Då kan man kontrollera om bedömningar har stora variationer och om någon provbit t ex ska uteslutas ur studien.

Om man mäter upprepade gånger på samma träbit under mögeltillväxt och har tillgång till mycket jämna förhållanden vid fototagningen, så är det att rekommendera att samma tröskelvärden för en yta användes vid varje bildanalys av den ytan. Därmed blir värdet för ”mögelgraden” mer jämförbart mellan mättillfällena.

För att få en jämn och jämförande bedömning är det viktigt att försöka hålla så jämn och bra belysning som möjligt vid fototagningen.

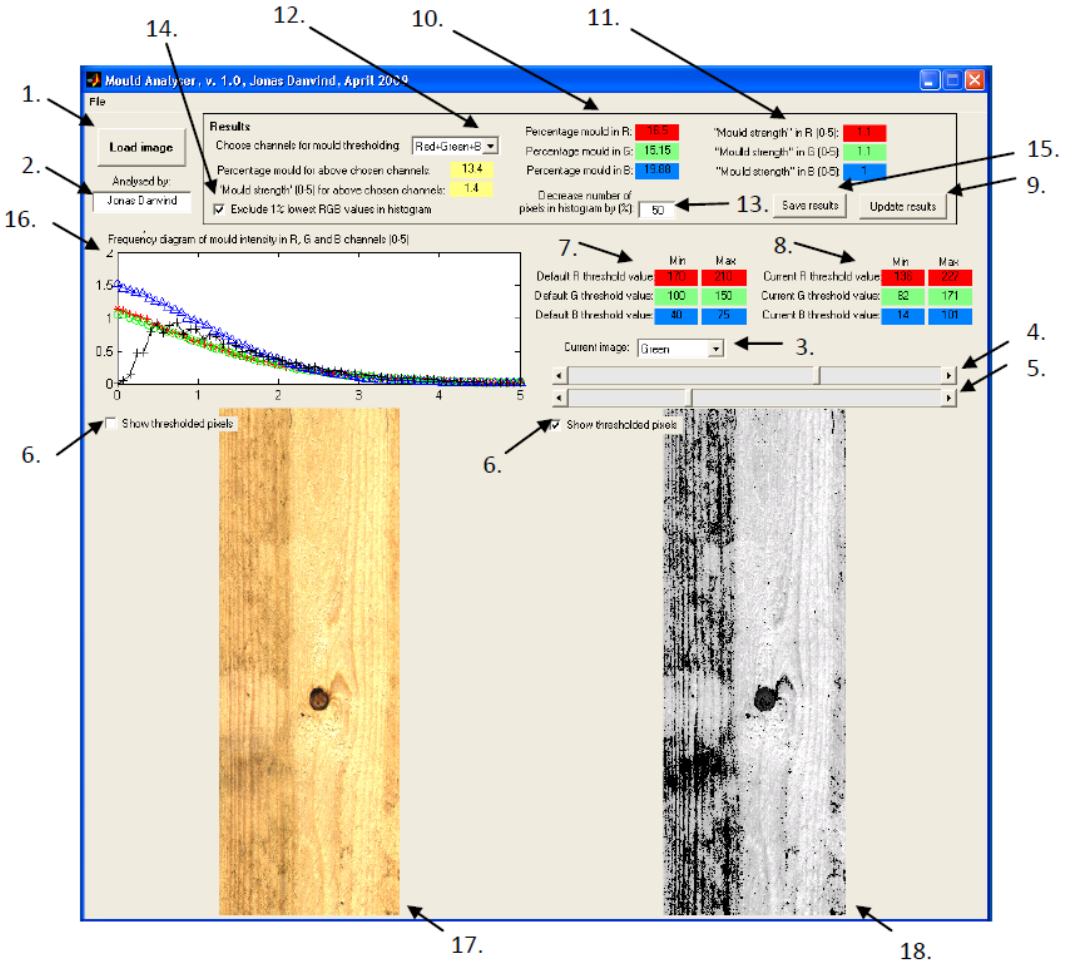
Programmet är användbart för alla andra tänkbara applikationer där man vill försöka ”tröskla” fram information ur en bild på ett mer kvantitativt sätt.

Mvh

Jonas Danvind

Hackås, 2 oktober 2010

Funktioner i MouldAnalyser



1. Ladda in din bild. Välj om du vill zooma in en del av bilden. Vid zoomning –håll musknappen nedtryckt och markera. (Beräkningarna går snabbare ju mindre yta som väljs.)
2. Skriv in ditt namn och tryck på ”Enter”.
3. Välj den kanal som du vill ”tröskla” i. Nu visas den kanalen som gråskalebild i 18. Efter ”tröskling”, välj ny kanal och repetera ”trösklingen”.
4. Övre manuellt tröskelvärde(ljusa pixlar), dra med musen. Max-värdet i siffror för den valda bilden ändras i grupp 8.
5. Nedre manuellt tröskelvärde(mörka pixlar), dra med musen. Max-värdet i siffror för den valda bilden ändras i grupp 8.
6. Vänster ”TickBox”: Välj om du vill visa ”trösklade” pixlar i färgbilden (17). Höger ”TickBox”: Välj om du vill visa ”trösklade” pixlar i den högra bilden (18). Båda: Du får en fråga om du vill använda förinställda tröskelvärden (”Default”) från grupp 7 eller om de manuella värdena från grupp 8 för den valda kanalen i 3 ska användas.
7. Grupp med förinställda tröskelvärden (”Default”). I de flesta fall är det att rekommendera att använda manuella tröskelvärden.
8. Grupp med manuella tröskelvärden. Värden uppdateras genom trösklingen med 3, 4 och 5.

9. Uppdatera alla värden i den övre rutan ”Results”. Detta görs inte automatiskt. När uppdatering utförs genereras tröskelbilder och histogram i egna fönster. Dessa kan sparas som bilder genom att gå in i de nya fönstrens meny och spara som ett format som önskas.
10. Mögelprocent (andel mögelpixlar) i respektive kanal.
11. Bedömd mögelgrad i respektive kanal, skala 0-5. Ju högre värde desto ”mörkare” är medelvärdet för ”mögelpixlarna” inom det satta tröskelområdet (7 eller 8).
12. Här väljer du vilken eller vilken kombination av färgkanaler som du vill ha resultatet för. Efter val, uppdatera resultaten med 9 och se resultatet för mögelprocent och mögelgrad i de gula rutorna nedanför.
13. Välj hur detaljerat histogrammet som kommer skapas för att sparas ned efter att tryckt på ”Save results” (15). Det histogram som då genereras, skapas snabbare om man använder en mindre del av pixlarna, t ex 10%. Detta är användbart särskilt om man har stora bilder och det minskar inte den ”bildliga” informationen som histogrammet ger.
14. Välj om du vill exkludera 1% av de lägsta värdena i frekvenshistogrammet för att erhålla ett jämnare resultat vid beräkningen av mögelgrad. Kom dock ihåg att göra detta för alla bilder eller ingen bild i samma studie, eftersom analysen annars påverkas.
15. Spara resultatet i ”.txt” och ”.mat” format. Välj om du vill använda förinställda tröskelvärden (”Default”) från grupp 7 eller om de manuella värdena från grupp 8 för den valda kanalen i 3 ska användas. All information i ”Results” rutan kommer att sparas. Välj filnamn och plats att spara. Resultatfilen går sedan att öppna i t ex Excel (kommatecken är dock i punktformat och måste ersättas med punkter i svensk version av Excel).
16. Frekvensdiagram som visar röd (röd linje), grön (grön linje) och blå (blå linje) kanals, samt en kombination av alla kanalers (svart linje), frekvensfördelning i det 0-5 skalade tröskelområdet. (Detta ger underlag för ”mögelgrad”. Ju mer förskjutet medelvärdet är åt höger, desto högre mögelgrad.)