

## Fukt, trä och mögelväxt – en översikt över litteratur inom området

Pernilla Johansson

RISE Rapport 2021:124

# Fukt, trä och mögelväxt – en översikt över litteratur inom området

Pernilla Johansson

# Abstract

## **Moisture, wood and mould growth- a literature survey**

Preventing mould growth on building materials during construction requires understanding the conditions under which mould can grow. This study conducted an inventory of literature published in the field of moisture, wooden material, and mould growth, selected, documented and categorised relevant literature, and summarised the state of current research. The study is part of a bigger project working to produce a handbook for the moisture-proof production of wooden buildings.

The criterium for selecting literature was whether it could provide information on the conditions under which mould growth can occur on wood and wood-based materials during the production stage. This information mainly covers limit values for humidity and temperature, how long these limit values can be exceeded without mould growth, and whether there are differences between different wood materials and between different wood-based products. Both laboratory tests and field studies are included in the material.

Most published laboratory studies have been performed under high relative humidity (RH), very favourable to mould growth. Often in these conditions, mould growth begins within one week on all wooden material. Mould growth at lower, less favourable humidity conditions is less studied. However, there are indications that the lowest RH at which mould can grow varies between different qualities of wood.

The laboratory studies use different methodologies, and it is not easy to compare results and make general conclusions to achieve the purpose of this study. For example, only discolouring growth is studied, resulting in misleading interpretations, as there may be extensive growth on a material without being visible to the naked eye.

Outdoor field studies were evaluated first after several months. The results are difficult to apply to the construction of buildings, as these are not exposed for such long periods without weather protection. Additionally, the field studies only considered the development of discolouring growth.

The report also summarises several studies performed at RISE using the same methodology. Some are yet unpublished. More information about the relationship between moisture, temperature, wood material, etc. can be obtained by additional analysis of the results from these studies.

Key words: mould, wood, moisture, laboratory test, field test

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2021:124

ISBN: 978-91-89561-15-1

Borås 2021

# Innehåll

<b>Abstract</b> .....	<b>2</b>
<b>Innehåll</b> .....	<b>1</b>
<b>Förord</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Syfte och avgränsning</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Sökning och urval av litteratur</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Undersökningar av mögelväxt på material</b> .....	<b>6</b>
4.1 Bedömning och klassificering av påväxt.....	6
4.2 Laboratorieprovningar .....	8
4.2.1 Provning vid hög relativ fuktighet.....	9
4.2.2 Kritiskt fukttillstånd .....	9
4.2.3 Tid till påväxt.....	10
4.2.4 Temperatur.....	10
4.2.5 Trämaterialet.....	10
4.2.6 Inverkan av fritt vatten.....	10
4.2.7 Inverkan av varierande förhållanden .....	11
4.3 Fältstudier utomhus .....	11
4.4 Fältstudier i verkliga byggnader eller under byggskedet.....	11
4.5 Behandlingar för att minska risken för påväxt.....	11
4.6 Jämförelse mellan laboriestudier verkliga förhållanden .....	12
4.7 Modeller för att bedöma risk för påväxt .....	13
<b>5 Provningar genomförda på RISE</b> .....	<b>14</b>
5.1 Konstanta klimat .....	14
5.2 Cykliska klimat.....	14
5.3 Fuktkvoter.....	15
5.4 Effekt av fritt vatten .....	15
5.5 Egenskaper hos trät .....	16
<b>6 Några sammanfattande observationer och kommentarer</b> .....	<b>17</b>
<b>7 Referenser</b> .....	<b>18</b>

## Bilaga 1. Kategorisering av referenser

# Förord

Denna rapport är en del av projektet ”Handbok i fuktsäkra träbyggnader: uppfyllande av Boverkets krav på hälsa och säkerhet”, steg 1: Tolkning av krav och litteraturgenomgång av befintlig kunskap. Projektet har som mål att ta fram en handbok för att ge beställare, konsulter och entreprenörer en gemensam bas att utgå ifrån i produktionsskedet för att uppföra byggnader utan fuktrelaterade skador. Den ska också underlätta planeringen av framtida byggprojekt.

Projektet är finansierat av TräCentrum Norr. Till projektet har funnits en styrgrupp bestående av Anders Rosenkilde (TMF), Helena Lidelöw (Lindbäcks bygg), Anders Carlsson (Derome A-hus), S. Olof Mundt-Petersen (Polygon|AK), Peter Jacobsson (Martinssons). Anders Rosenkilde har varit projektledare.

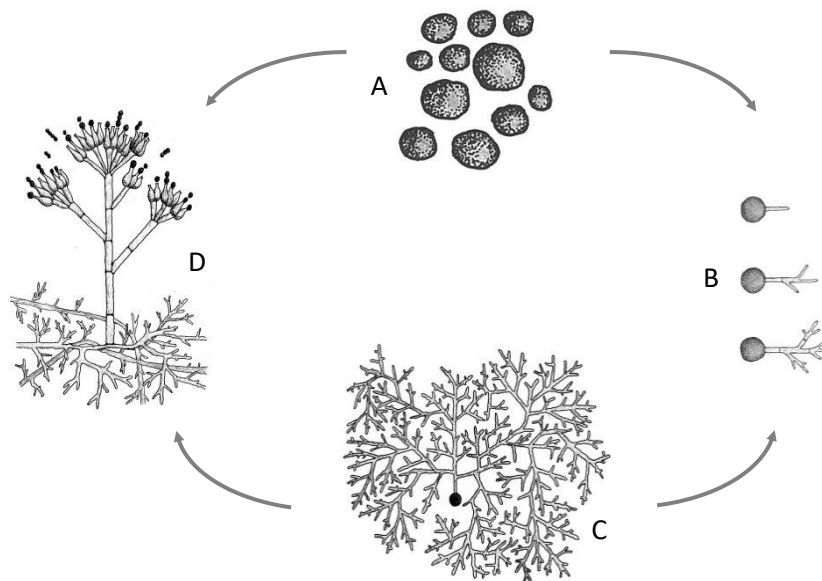
Författaren

Juni 2021

# 1 Inledning

När det finns fukt i byggnader finns det risk för mögeltillväxt. Denna tillväxt kan påverka inomhusmiljön i en byggnad genom att till exempel orsaka dålig lukt. Det finns också risk för negativa hälsoeffekter hos människor som bor eller tillbringar mycket tid i byggnaden där mögel finns [1]. Kostnaderna i samband med mögel- och fuktskador på grund av kostnader för renovering och underhåll är betydande [2]. Att minska fuktskadade byggnader är därför viktigt både ur ett ekonomiskt och ett folkhälsoperspektiv och är också i linje med det svenska miljö kvalitetsmålet ”En god bebyggd miljö” [3]. I de svenska byggreglerna från 2011 (BFS 2011: 6, BBR) står det att ”Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa.”

De viktigaste miljöfaktorer som påverkar mögeltillväxt i byggnadsstrukturer är fuktighet och temperatur, där tillgången på fukt är den begränsande faktorn. Hur känsliga olika material är för mögel varierar. Mögeltillväxt är därför resultatet av en komplex interaktion mellan miljöfaktorer, materialegenskaper och biologiska processer. Dessa interaktioner måste övervägas under design, konstruktion och underhåll av en byggnad för att förhindra tillväxt. Mögelsvampar finns i alla miljöer, och det finns ingen naturlig plats där luft och material är fria från sporer. När förhållandena är gynnsamma kommer dessa sporer att gro och en groddslang utvecklas. Om de gynnsamma förhållandena inte avbryts kommer en hyf att bildas. Detta är en rörformad cellstruktur som växer till i toppen. Genom att kontinuerligt förgrena sig bildar hyferna till slut ett mycel. Från detta bildas strukturer (konidioforer) där sporer produceras. En schematisk illustration av livscykeln för en typisk mögelsvamp visas i Figur 1. Det kan finnas stora mängder sporer på en yta utan att det finns en påväxt. Enbart förekomst av sporer utgör inte en skada.



Figur 1 Schematisk bild av en mögelsvampens livscykel. När förhållandena är gynnsamma gror sporer på ytan (A) till en groddslang och en hyf (B). Denna grenar sig och bildar ett mycel (C). Från vissa hyfer bildas strukturer (konidioforer) där sporer produceras och släpps till luften (D).

## 2 Syfte och avgränsning

Syftet med studien var att göra en inventering av litteratur som finns publicerad inom området fukt-mögel-trämateriäl, att välja ut relevant litteratur, att dokumentera och kategorisera denna samt att göra en översiktlig sammanfattning över var forskningen befinner sig idag och var information kan hittas. Sammanfattningen kan användas för en mer detaljerad kunskapsmanställning, som i sin tur ska utgöra en del av bakgrundsmaterialet som ska ligga till grund för en framtida handbok om hur fuktsäkra byggnader i trä ska uppföras så att fukt och mögelskador inte uppstår under produktion.

Eftersom materialet är stort har det inte funnits möjlighet inom projektet att läsa all litteratur. Urval och kategorisering av litteratur är därför främst baserad på den sammanfattande informationen för varje studie, tex abstracts, samt författarens kunskap inom området efter många års forskning. Många av artiklarna och rapporterna i det slutliga valda materialet har lästs i sin helhet i den mån projektets budget tillåtit. Fulltext versioner har sparats till fortsättningsprojektet.

Följande områden har inte tagits med i frågeställningen:

- Hälsoeffekter av mögelväxt.
- Utvärdering av olika byggnadsutförningar/byggnadsdelar.
- Risk för påväxt i olika byggnadsdelar eller situationer enbart baserat på beräkningar från hygrottermiska beräkningsprogram eller mögelmodeller.
- Toxicitetstest av kemiska produkter mot olika organismer.

Avgränsningar för sökning och urval av relevanta artiklar redovisas i kapitel 3.

Ingen värdering av metodval, resultat eller publikationer har gjorts i denna del av projektet. Detta kommer göras vid ett eventuellt nästa steg då underlag till handbok tas fram. Rapporten ger alltså inte en fullständig sammanfattning av innehållet i den litteratur som identifierats som relevant.

På RISE har vi under många år forskat kring sambanden kring fukt, byggnadsmateriäl och mikrobiologisk påväxt. Alla resultat har ännu inte presenterats, varken i rapportform, vetenskaplig publikation eller konferensbidrag. I kapitel 5 ges en överblick av några utvalda, relevanta, studier, såväl publicerade studier som sådana som inte ännu publicerats.

### 3 Sökning och urval av litteratur

En sökning av relevant litteratur gjordes för att ingå i sammanställningen. Urvalet av litteratur baserades på sådan som skulle kunna användas för att ge information om under vilka förutsättningar mögelväxt kan uppkomma trä och träbaserat material under produktionskedet av en byggnad. Främst omfattar detta information om gränsvärden för fukt och temperatur, hur länge dessa gränsvärden kan överskridas innan mögelväxt uppkommer samt om det finns skillnader mellan olika trämaterial och mellan olika träbaserade produkter. Alla valda referenser finns listade i Bilaga 1, där de också är uppdelade i olika kategorier. Sökningen omfattar litteratur publicerad fram till maj 2021.

Sökningen omfattade i första hand vetenskaplig litteratur och gjordes i databasen Scopus från Elsevier. Detta är en omfattande multidisciplinär referens-, abstrakt- och citeringsdatabas, samt ett citeringsindex, för vetenskaplig litteratur. Databasen innehåller referenser från omkring 24 600 aktiva titlar (varav ca 23 500 är fackgranskade tidskrifter) från över 5000 internationella utgivare. Scopus täcker forskning från de naturvetenskapliga, tekniska, medicinska och samhällsvetenskapliga fälten, samt även mer nyligen också från humaniora och konstvetenskaperna. Tillagda referenser går för närvarande tillbaka till 1970.

En första sökning med sökorden "mould" AND "wood" gav ca 1600 träffar på Scopus. Efter att ha analyserat sökorden med hjälp av programmet R och genom att använda filtreringsfunktionen som finns i Scopus resulterade sökningen sedan i ca 600 träffar relevanta för avgränsningen för detta arbete (se kapitel 2). Referenserna lades in i referenshanteringsprogrammet EndNote. Samtliga abstracts lästes igenom. Baserat på dessa bedömdes 210 vara relevanta för sammanställningen.

Studier som genomförts på forskningsinstitut och universitet och som inte är vetenskapligt publicerade söktes i DiVA portal som är "en gemensam söktjänst och ett öppet arkiv för forskningspublikationer och studentuppsatser producerade vid 50 lärosäten och forskningsinstitutioner".

International Research Group on Wood Protection (IRG-WP) är en internationell förening med forskare och ingenjörer inom det vetenskapliga området nedbrytning av trä och träbaserade material. Mer än 5000 tekniska rapporter och konferensmaterial har publicerats inom IRG-WP sedan 1969 och finns i en databas. En sökning genomfördes också i denna.

Förutom publikationer som identifierats och valts ut från dessa sökningar har även några publikationer som refererats till i de valda artiklarna och rapporterna lagts till i sammanställningen.

Konferensbidrag finns med i sammanställningen i den mån att de finns publicerade i de databaser som använts. Med stor sannolikhet finns det fler konferensbidrag än vad som framkommit i sökningarna för denna rapport, eftersom många inte är indexerade, särskilt inte förrän under senare år. Konferensbidrag dessutom ofta svårare att nå i fulltext. I vissa fall redovisas samma studier som konferensbidrag som också är publicerade som vetenskapliga artiklar eller i rapporter. Alla versioner finns i dessa fall med i materialet.



## 4 Undersökningar av mögelväxt på material

Studierna i den valda litteraturen har genomförts i laboratorier, i byggnader eller utomhus. I detta kapitel redovisas en översiktlig genomgång över vilken information som finns tillgänglig i litteraturen som valts ut och hur provningar genomförts generellt. Dessutom beskrivs och diskuteras utmaningar kring tolkning av data och jämförelser mellan studier.

### 4.1 Bedömning och klassificering av påväxt

Hur påväxt av mögel på olika prover analyseras och hur omfattningen av påväxt bedöms varierar mellan olika studier.

Vissa mögelsvampar producerar mörka pigment i sina hyfer och sporer. När de växer på material kan de därför orsaka missfärgning av ytorna. Miljöförhållanden, näringsämnen i substratet och fasen i svampens livscykel (Figur 1) påverkar produktionen av pigment [4-6]. Samma art kan därför i vissa fall orsaka missfärgning medan den inte gör det i andra fall. Vissa arter producerar aldrig dessa pigment. Det kan därför finnas kraftig påväxt på material som tydligt kan ses i mikroskop vid relativt låg förstoring (10–40 x förstoring) men inte med blotta ögat. Detta illustreras i Figur 2 och diskuteras också i text [7]. Det finns risk för att mögel kan påverka inomhusmiljön och människors hälsa oavsett om påväxten är synlig för blotta ögat eller inte.



Figur 2 Prover från ett laboratorieförsök [8]. På alla prover finns omfattande påväxt, utbredningen på proverna är desamma. Ändå är missfärgningen olika.

I många av studierna i den valda litteraturen bedöms om, och i vilken omfattning, det finns missfärgande påväxt på materialen. När resultat från publicerade studier ska användas för att bedöma risknivåer för mögelväxt är det därför viktigt att vara medveten om vad som studerats och hur. Det finns en risk att slutsatser från studier där enbart missfärgande påväxt studerats kan bli missvisande. Även om resultaten visar att det inte finns någon missfärgande påväxt på materialet kan det alltså ändå finnas omfattande

påväxt. En felaktig slutsats kan då dras att materialet är motståndskraftigt mot mögelpåväxt.

Pigmenten bildas ibland först under mögelsvampens senare delar av livscykel, dvs tillväxt kan pågå innan påväxten blir synligt som en missfärgning [9]. Om resultaten från studier ska användas för att uppskatta hur lång tid ett material kan utsättas för fukt, eller hur fort ett nedfuktat material måste torkas ut, utan att det finns risk för mögelpåväxt är det också risk att tolkningarna blir felaktiga om enbart den missfärgande påväxten studeras. Hur den missfärgande påväxten upplevs, och klassas, är inte alltid kopplat till omfattningen av påväxt. Underlaget kan påverka hur missfärgande påväxten upplevs [10].

I de flesta fall klassas utbredningen av påväxt över ytan på provet till någon form av bedömningsskala. Klasserna kan till exempel baseras på procentuell utbredning av påväxt på proverna, se två olika exempel i Tabell 1 och Tabell 2. En bedömning som baseras på utvecklingen av mögelpåväxten (Figur 1) visas i Tabell 3.

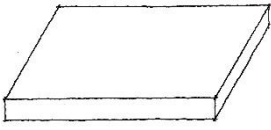
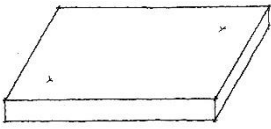
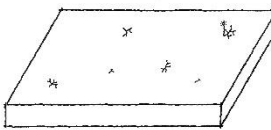
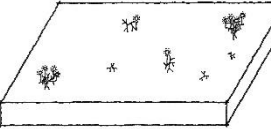
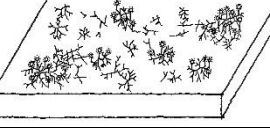
Tabell 1 Bedömningsskala för påväxt enligt BS 3900:PartG6:1989 Rating scale for assessment of fungal growth. Används tex i [11]

Rating	Appearance
0	No growth
1	Trace of growth of up to 1 % coverage of the test inoculated area
2	Growth more than 1 % and up to 10 % coverage of test inoculation area
3	Growth more than 10 % and up to 30 % coverage of test inoculation area
4	Growth more than 30 % and up to 70 % coverage of test inoculation area
5	Growth more than 70 % of test inoculation area

Tabell 2 Mögelindex i [7]

Index	Description of Growth Rate
0	No growth
1	Small amounts on surface (microscope), initial stages of local growth
2	Several local mould growth colonies on surface (microscope)
3	Visual findings of mould on surface, < 10% coverage, or < 50% coverage of mould (microscope)
4	Visual findings of mould on surface, 10%–50% coverage, or > 50% coverage of mould (microscope)
5	Plenty of growth on surface, > 50% coverage (visual)
6	Heavy and tight growth, coverage about 100%

Tabell 3 Bedömningskala för påväxt använd i bland annat [12, 13] [14] och som också definieras i SIS-TS 41:2014 [15]

Rating		Description of extent of growth
0		No mould growth.
1		Initial growth, one or a few hyphae and no conidiophores.
2		Sparse but clearly established growth; often conidiophores are beginning to develop.
3		Patchy, heavy growth with many well-developed conidiophores.
4		Heavy growth over more or less the entire surface.

När olika studier ska utvärderas bör man beakta de olika bedömningsgrunderna eftersom de inte är direkt jämförbara. Att beskriva den procentuella utbredningen på en yta ger till exempel ingen information om utvecklingen av biomassa. Svag påväxt över hela provet ger en hög procentuell utbredning och klassificering med hög omfattning. Samtidigt är då påväxten kan vara i ett tidigt utvecklingsskede med liten biomassa varför klassificeringen med hög omfattning blir missvisande. En kraftig, men fläckvis, väletablerad påväxt kan tex ge en relativt liten procentuell utbredning över ytan. [12].

All bedömning som utförs av människor är mer eller mindre subjektiv. I några av studierna, tex i [10, 12, 14], har flera personer bedömt samma prov oberoende av varandra för att minska eller bedöma subjektiviteten med bedömningskalan.

## 4.2 Laboratorieprovningar

Vid provningarna i de publicerade studierna används antingen standardiserade testmetoder, eller sådana som anpassats eller utvecklats för den aktuella studien. Prover förvaras i klimatkammare under en viss tid. Analyser av eventuell mögelpåväxt görs antingen kontinuerligt under denna så kallade inkubering eller när provningen avslutas. Proverna påförs ofta sporer, oftast som en sporelösning, innan de placeras i fukt-kammare, tex i [12, 16], eller så tillåts de sporer som redan finns på proverna gro och växa till tex i [17]. Sporer kan också tillföras kontinuerligt under provtiden genom att en jordbädd med mögelsvampar finns på botten av klimatkamrarna och sporer från dessa sprids genom luften till prover som hänger över denna, tex [18]. Ett ytterligare sätt är att ytor av fast näringsmedium påförs sporer och att sedan proverna placeras på denna yta, tex [11].

Möglet kommer att växa på näringsytan och är materialet resistent mot mögel kommer det inte att sprida sig till provet.

Förutom skillnader i hur proverna exponeras mot sporer finns skillnader i vilka fuktnivåer som används i klimatkamrarna, hur ofta analyser görs under tiden proverna är i klimatkammare samt hur påväxten analyseras och hur tolkningen av denna görs (se också 4.1). Detta kan medföra svårigheter att jämföra resultat från olika studier. Resultaten kan bli olika vid användning av olika metoder, det har tex visats av [11, 19].

## 4.2.1 Provning vid hög relativ fuktighet

De flesta studier är utförda vid konstanta förhållanden och vid höga fuktnivåer ( $\geq 90 - 95\%$  RF) vid rumstemperatur. Detta är optimala förhållanden för många mögelsvampar. Växer det inget mögel på materialet som provas så kan det anses ha god mögelresistens. Det kan vara ett bra sätt för att jämföra olika material, eller behandlingar och för att få en uppfattning om hur lämpligt ett material kan vara för att användas i en fuktutsatt konstruktion eller om det är mycket fuktigt under produktion av en byggnad. I de studier som ingår i detta arbete finns omfattande mögel på de flesta träbaserade materialen eller rent trä under dessa förhållanden. I flera fall har kraftig omfattning av mögel uppkommit inom en vecka.

## 4.2.2 Kritiskt fukttillstånd

I ett fåtal studier har trä och träbaserat material provats vid flera olika fuktnivåer. Om materialet provats vid flera fuktnivåer kan det kritiska fukttillståndet uppskattas, det vill säga den lägsta fuktnivå vid vilken mögel kan växa på ett material. Baserat på en litteraturundersökning kring dåvarande kunskap om mögel vid olika fuktnivåer publicerades 2005 ett förslag till kritiskt fukttillstånd för olika grupper av material [20]. Trä och träbaserade material bedömdes då ha ett kritiskt fukttillstånd på 75–80 % vid rumstemperatur. Det var svårt att jämföra resultaten eftersom de studier som låg till grund för grupperingen genomfördes på olika sätt och några av studierna var i sig utformade på ett sätt så att det var svårt att bedöma vilket som var det lägsta kritiska fukttillståndet för ett material. I senare studier har flera produkter från olika materialgrupper, inklusive rent trä [12, 21, 22], impregnerat och ytbehandlat trä [22, 23] och träbaserade material [12, 13], provats enligt en enhetlig standardiserad testmetod [8] där materialen provas vid flera fuktnivåer med 5 % intervall mellan 75 och 95% RF. Resultaten varierar mellan material och produkter och det är i flera fall högre än de tidigare föreslagna.

Andra studier som studerat mögelpåväxt på trä eller träbaserade material vid flera fuktnivåer i laboratorier, men inte enligt den standardiserade testmetoden och vid färre fuktnivåer, är tex [14, 16, 24]. Den lägsta fuktnivån för påväxt varierar mellan material och studie. Ett fåtal studier har genomförts under 75 % RF, tex [16, 21], som generellt anses vara den lägsta nivån för mögelpåväxt. Ingen studie har visat påväxt på material under 75 % relativ fuktighet vid rumstemperatur.

### 4.2.3 Tid till påväxt

Det tar alltid en viss tid innan mögel uppkommer på ett material, även om förhållandena är gynnsamma för påväxt. Om gynnsamma förhållanden upphör kan tillväxten avbrytas. En kort tids exponering för fukt behöver inte leda till mögelväxt, men ju längre tiden går desto större är sannolikheten att påväxt sker. Ju fuktigare det är, desto snabbare förväntas etableringen av påväxt uppkomma. I många av de provningar som diskuteras ovan har prover av materialen studerats flera gånger under tiden som proverna exponerats i klimatskåpen. På så sätt kan tillväxt under tid studeras. Den kortaste tiden för första analysen är oftast runt en vecka, i några fall tre dagar. Det är därför svårt att dra slutsatser om hur kortare perioder av fuktiga förhållanden påverkar risken för uppkomst av mögel.

### 4.2.4 Temperatur

Tillgången till fukt är avgörande för att mögel ska växa. Även temperaturen är viktig. De flesta studierna är genomförda vid rumstemperatur (20–25°C). Ett fåtal publikationer omfattar studier där även mögelväxt vid andra temperaturer studerats, tex [12, 16, 21, 25]. Vid lägre temperatur krävs mer fukt för tillväxt (det kritiska fuktillståndet är högre) och tillväxtprocessen går långsammare, dvs det tar längre tid innan mögel etablerar sig.

### 4.2.5 Trämaterialet

Olika egenskaper hos träaterialet kan påverka hur känsligt det är mot mögel. Parametrar som studerats är till exempel träslag, torkmetoder, ytstruktur (om det är sågat eller hyvlat), densitet, var i stocken som materialet härrör från (brädor kommer från stockens centrum och plankor från de yttre delarna av stocken) eller när på året trädet fälldes. Många av studierna som genomförts har studerat endast en eller ett par av dessa parametrar. I en metaanalys [26] av resultat från sex olika laboriestudier konstaterades att en enda parameter inte kan användas för att bedöma hur känsligt materialet är mot mögelväxt utan flera olika parametrar samverkar. Det är därför svårt att bedöma risken för mögel på trä generellt. Dessutom finns det ofta variationer inom en ”trä kvalitet”, vilket visas av att spridningen är stor inom samma kvalitet i flera studier, dvs mögelpåväxten på olika prover av samma material under samma provförutsättningar kan variera.

### 4.2.6 Inverkan av fritt vatten

I avsnitten ovan diskuteras mögelväxt i förhållande till den relativa luftfuktigheten. Under produktionstiden finns en risk att materialet blir utsatt för fritt vatten, genom att det regnar eller snöar på materialen eller att kondens uppstår i slutna paket med material. Få laboriestudier [10, 12, 27, 28] finns publicerade om hur inverkan av fritt vatten kan påverka risken för att mögel börjar växa på trä och det finns begräsningar i utformningen av studierna som resultaten svåra att använda för att dra slutsatser om verkliga förhållanden.

## 4.2.7 Inverkan av varierande förhållanden

I de flesta laboratorieförsök har tillväxten av mögel studerats under konstanta förhållanden. I verkligheten varierar temperatur och relativ fuktighet. Det innebär att över tid kan förhållanden som är gynnsamma för mögelpåväxt periodiskt avlösas av ogynnsamma förhållanden. Denna variation påverkar mögelsvamparna på olika sätt.

Inverkan av fluktuerande relativ fuktighet eller temperatur på påväxt av mögel på byggnadsmaterial har studerats i [21, 29-31]. Antingen har temperatur eller relativ fuktighet hållits konstant, medan den andra parametern varierat över tid. Van Laarhoven et al [32] har undersökt hur en mögelsvamp (tillväxten av enskilda hyfer) reagerar då fuktiga förhållanden ändras till torrare och sedan till fuktiga igen.

## 4.3 Fältstudier utomhus

Flera studier har genomförts där trä eller träbaserade material, med eller utan behandling, har exponerats utomhus för väder och vind på försöksfält. Påväxten har sedan utvärderas efter en viss tid, oftast först efter flera månader. Syftet med studierna har varit att studera hur materialen tål utomhusförhållanden. Eftersom mögelpåväxt på utomhuskonstruktioner främst är ett estetiskt problem är det den synliga, missfärgande påväxten som studerats. Detta kan visserligen utgöra ett omfattande problem för husägare [33], men ingår inte i frågeställningen och avgränsningen för denna översikt.

## 4.4 Fältstudier i verkliga byggnader eller under byggskedet

Undersökningar av mögelväxt i verkliga byggnader redovisas i några publikationer. Utveckling av mögelväxt på material under tid och i förhållande till relativ fuktighet och temperatur har tex studerats i [21, 34-37]. Andra studier har undersökt förekomst av mögel i olika byggnadsdelar, kopplat till fuktnivåer men inte utveckling över tid, tex [38] [39, 40]. Studier finns också kring förekomst av mögel under produktionstiden, tex [40, 41].

## 4.5 Behandlingar för att minska risken för påväxt

Trä och träbaserat material kan behandlas med syfte att minska risken för påväxt. Antingen används ett medel som har en direkt inverkan på mikroorganismen eller så förändras träs egenskaper för att förhindra att påväxt kan etablera sig på materialet, tex genom att påverka fuktupptagning eller modifiera den kemiska strukturen hos träet. Många behandlingar har utvecklats för att hindra rötangrepp. I några studier är syftet att undersöka om dessa också kan ha effekt mot mögelsvampar. Effekten av nya, mer miljövänliga medel, provas också i flera studier och effekten jämförs ibland mot den av mer etablerade produkter.

Liksom i övriga studier är det ofta missfärgande påväxt som studeras. Om behandlingarna har en effekt på sådan påväxt kan man inte utesluta att det har det även

för annan påväxt. Olika medel kan dock ha olika effekt på olika svampar [42]. En del behandlingar ger effekt så att inte mögel växer på provmaterialet, andra kan fördröja förloppet. I många studier har inte medlen någon effekt mot mögelväxt vid höga fuktnivåer. Behandlingar kan sannolikt också påverka det kritiska fuktillståndet hos ett material [23].

Vid analys av effekten av ett medel eller behandling är det viktigt att samma trämaterial används för både referenser och behandlade prover. Eftersom det kan variera hur känsligt trä är för påväxt (se även 4.2.5) finns det annars risk att eventuell effekt av medlet egentligen är ett resultat av variation hos trämaterialiet. Detta behöver beaktas när studierna används för att dra slutsatser om olika behandlingars effekt mot mögelväxt.

## 4.6 Jämförelse mellan laboratoriestudier verkliga förhållanden

Laboratorieförsök varierar från verkliga förhållanden på flera sätt. Temperatur och relativ fuktighet, liksom kondensation eller annan nedblötning med fritt vatten, varierar på ett sätt som kan vara svårt att helt efterlikna i laboratoriemiljö. Andra parametrar påverkar också, några sammanfattas i Tabell 4, som är hämtad från [43].

Tabell 4 Jämförelse mellan laborietester för att studera mögelväxt på material och de verkliga förhållandena i en byggnad. Från [43].

	Laboratory tests	Conditions in a building
Fungal species	A few species (1–6) introduced onto the surface, although other microorganisms may be present if test specimens are not sterilized before testing	Potentially a large number of species
Spore exposure	More or less controlled; high concentration of spores	Unknown, continuous supply, varying between places and time of year
RH and temperature	Constant or varied according to a predefined scheme	Varying over time, sometimes occasionally condensation
Duration of exposure	Limited to some weeks	Many years

Jämförelser mellan laboratorieprovningar av kritiskt fuktillstånd och förekomst av påväxt för påväxt i byggnader gjordes i [21, 34, 44]. Resultat från mögelresistensprovningar jämfördes mot påväxt på prover som exponerats utomhus i [25, 45].

## 4.7 Modeller för att bedöma risk för påväxt

Flera modeller för att prediktera risken för mögeltillväxt i byggnader har tagits fram de senaste 10–20 åren. Dessa modeller används i praktiken till exempel i en projektering av en byggnad eller för att utvärdera och jämföra risken för mögeltillväxt i olika design- och konstruktionslösningar. Vissa modeller är en del av hygrotermiska simuleringsverktyg eller ingår i fristående program. Andra modeller har endast beskrivits och publicerats i tidskrifter eller konferenspapper. En allmän översikt och beskrivning av flera modeller för mögeltillväxt ges i [44, 46, 47].

Några studier har jämfört utfallet av modellerna med verkliga förhållanden eller med resultat från laboratorieförsök [44, 47-52]. Hur väl de överensstämmer varierar. Några av studierna diskuteras i [44]. Vid tolkning av resultaten av dessa studier måste hänsyn tas till osäkerheter av ingående data, hur påväxt bedömts (är det synligt eller inte och i vilken omfattning finns det) och hur jämförelserna mellan predikterad och verklig påväxt gjorts. Utvärderingarna omfattar resultat efter flera månader, en relativt lång tidsperiod ur ett produktionsperspektiv, och visar inte hur de kan användas vid kortare variationer i tid, tex några dagar eller veckor.

Modellerna tar hänsyn till den relativa fuktigheten och temperaturen, men inte kondensation eller nedblötning. Lie et al [50] jämförde resultatet från mögelmodeller med resultat från laboratorieprovningar där det regelbundet kondenserade ytorna.



## 5 Provningar genomförda på RISE

Som diskuterats ovan är olika studier designade på olika sätt vilket kan medföra svårigheter att jämföra resultat eller göra en samlad bedömning för när det finns risk för påväxt på trä eller träbaserat material. På RISE har flera laboratoriestudier av mögelpåväxt på rent trä och på olika träbaserade material (och ibland även andra byggnadsmaterial) genomförts de senaste drygt 20 åren med samma typ av design: Samma sporsuspension, kontroll av klimat och sätt att analysera prover har använts. Därför går resultaten att jämföra mot varandra. Några av resultaten är inte publicerade, men data finns tillgängligt för ytterligare analys. Nedan görs en sammanställning över de genomförda studierna.

### 5.1 Konstanta klimat

De studier där materialprover provats vid konstanta klimat redovisas i Tabell 5.

Tabell 5 Provningar genomförda vid RISE (tidigare SP) vid konstanta förhållanden.

Temperatur	Relativ fuktighet					
	95 %	90 %	85 %	80 %	75 %	70 %
22°C	[12, 27, 53]	[12, 21, 27, 30, 53]	[12, 21, 53]	[12, 21, 53]	[12]	[21]
15°C	a	a	a	a		
10°C	[12, 27]	[12, 30]	[12]	[12]	[12]	
5°C	[21]	[21]	[21, 27]			

<sup>a</sup> Genomförd i samma projekt som [12] men inte publicerad

Det kritiska fukttillståndet vid 22 °C har studerats i [12, 13, 21, 23], vid 10°C i [43] och vid 5 °C i [21].

### 5.2 Cykliska klimat

- Cykler med 90% RF i 12h och 60% RF i 12 h, konstant 22 °C [21, 30]. Brädor eller plank med sågad eller hyvlad yta.
- Cykler med 90% RF i 1 vecka och 60% RF i 1 vecka, konstant 22 °C [21, 30] Brädor eller plank med sågad eller hyvlad yta.
- Cykler med 22°C i en vecka och 5°C i en vecka, konstant RF 90% [30]. Brädor eller plank med sågad eller hyvlad yta.
- Cykler med 95% i 3,5 dagar och 60 % i 3,5 dagar, konstant 22 °C (opublicerade data). Material med olika kritiskt fukttillstånd, inklusive rent trä och olika träbaserade material.
- Cykler med 90% i 3,5 dagar och 60 % i 3,5 dagar, konstant 22 °C (opublicerade data). Material med olika kritiskt fukttillstånd, inklusive rent trä och olika träbaserade material.

## 5.3 Fuktkvoter

I några studier har fuktkvoten före provningen, under provningens gång och efter provningens slut mätts.

- Vid provuttag av träprover på småhusfabriker [27]
- Kontinuerligt under studien, ej publicerade data men genomfördes i [54] och [30]
- I slutet av provningen då jämvikt uppkommit [27]
- Innan och efter virkestorkning [9]

## 5.4 Effekt av fritt vatten

- Prover av olika byggnadsmaterial (inklusive rent trä och flera träbaserade skivor) doppades 20 min i vatten innan de placerades i klimatskåp vid olika fukt- och temperaturnivåer [12]. Analyser av påväxt gjordes varje vecka under 12 veckors tid i. Resultaten är bara delvis publicerade
- Prover av trä duschades i 30 minuter innan de placerades i klimatskåp i 90 % RF och 22 °C [27] under drygt en månad. För att fördröja uttorkning på en del av ytan placerades proverna enligt Figur 3.
- Prover av trä duschades i 30 minuter och placerades i små fuktkammare vid [27] 95% RF och 10°C, 95 % RF och 22°C eller 85% RF och 5°C.



Figur 3 Provkroppars placering i [27]. Pilen pekar på den yta som analyserats för att studera effekten av fördröjd uttorkning.

## 5.5 Egenskaper hos trät

I studierna har olika kvaliteter hos det provade materialet varierat. Det kan vara

- Träslag [9, 22, 30]
- Torkmetod [9]
- Ytstruktur (hyvlat, sågat, grovsågat, finsågat) [27, 30, 54]
- Plats i ursprunglig stock (mot ytan eller mot centrum, dvs bräddor/råspont eller plankor) [27, 30]
- Lagringsplats (på småhusfabriker) [27]

I en metastudie [55] användes resultaten från fem provningar från provningar vid 90 % och 22 °C för att studera vilka parametrar hos trä materialet som påverkar mögelpåväxten, se också 4.2.5.

## 6 Några sammanfattande observationer och kommentarer

- De flesta laboratoriestudier av tillväxt av mögel på material har gjorts under höga fuktnivåer, förhållanden som då visats vara gynnsamma för mögel på trä och träbaserade material. Ofta uppkommer mögel inom en vecka.
- De begränsat antal studier som genomförts vid lägre fuktnivåer tyder på att det kritiska fukttillståndet varierar mellan olika kvaliteter av trä och att det kritiska fukttillståndet för vissa kvaliteter är högre än de 75 % som ibland hänvisas till.
- När slutsatser från olika provningar ska dras måste hänsyn tas till hur studien är upplagd, hur påväxten har analyserats, om det bara är missfärgande påväxt som bedömts och vilka bedömningsgrunder som använts. Det kan vara svårt att jämföra resultat från studier som är genomförda på olika sätt.
- Att bara beakta missfärgande påväxt på materialet kan leda till missledande tolkningar eftersom det kan finnas omfattande påväxt på ett material utan att det syns med blotta ögat.
- Vid utvärdering av laboratorieprovningar bör beaktas i vilken typ av fuktkammare som använts och hur klimatet i denna registrerats ifall syftet är att undersöka hur specifika fukt och temperaturnivåer påverkar mögelväxt.
- Fältstudier utomhus fokuserar på missfärgande påväxt under en längre tid och är därför svåra att tillämpa på produktion av byggnader. Första analysen i studierna är gjord efter flera månader. Om en byggnadskonstruktion förväntas stå oskyddat mot väder under flera månader kan resultaten delvis vara användbara. De kan inte användas för att dra slutsatser kring hur länge ett material kan vara oskyddat utan att risk för påväxt uppkommer.
- Uppfuktning av materialet med fritt vatten kan öka risken för att mögel uppkommer snabbare än om det enbart utsätts för höga fuktnivåer. Det finns lite publicerad forskning kring detta.
- Mer information kring förhållandet fukt, temperatur, trämaterial etc kan ges genom att ytterligare analysera resultat från de olika studier som är utförda på samma sätt och därför är jämförbara

## 7 Referenser

1. WHO. WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould. Regional Office for Europe. 2009.
2. Boverket. Så mår våra hus. 2009.
3. Boverket. Fördjupad utvärdering av God Bebyggd Miljö 2019. 2019.
4. Gadd GM. Melanin production and differentiation in batch cultures of the polymorphic fungus *Aureobasidium pullulans*. *FEMS Microbiology Letters*. 1980;9(3):237-40.
5. Eagen R, Brisson A, Breuil C. The sap-staining fungus *Ophiostoma piceae* synthesizes different types of melanin in different growth media. *Canadian Journal of Microbiology*. 1997;43(6):592-5.
6. Fleet C, Breuil C, Uzunovic A. Nutrient Consumption and Pigmentation of Deep and Surface Colonizing Sapstaining Fungi in *Pinus contorta*. *Holzforschung*. 2001;55(4):371-8.
7. Ojanen T, Viitanen H, Peuhkuri R, Lähdesmäki K, Vinha J, Salminen K. Mold growth modeling of building structures using sensitivity classes of materials. *Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings - 11th International Conference*; 2010.
8. Johansson P, Ekstrand-Tobin A, Bok G. An innovative test method for evaluating the critical moisture level for mould growth on building materials. *Build Environ*. 2014;81:404-9.
9. Johansson P, Wamming T, Bok G, Edlund M-L. Mould growth on kiln-dried and air-dried timber. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2013;71(4):473-81.
10. Lie SK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Surface mould growth on wooden claddings—effects of transient wetting, relative humidity, temperature and material properties. *Wood Material Science and Engineering*. 2019;14(3):129-41.
11. Imken AAP, Brischke C, Kögel S, Krause KC, Mai C. Resistance of different wood-based materials against mould fungi: a comparison of methods. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2020;78(4):661-71.
12. Johansson P, Ekstrand-Tobin A, Svensson T, Bok G. Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2012;73:23-32.
13. Johansson P, Lång L, Bok G, Capener C-M. Threshold values for mould growth: Critical moisture level of 21 different building materials. *E3S Web Conf*. 2020;172:20002.
14. Palumbo M, Lacasta AM, Navarro A, Giraldo MP, Lesar B. Improvement of fire reaction and mould growth resistance of a new bio-based thermal insulation material. *Construction and Building Materials*. 2017;139:531-9.
15. SIS Swedish Standards Institute. SIS-TS 41:2014 Building materials – Laboratory method for assessment of the lowest hygrothermal conditions required for mould growth. 2014.
16. Nielsen KF, Holm G, Uttrup LP, Nielsen PA. Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2004;54(4):325-36.
17. Rácová Z, Ryparová P. The dependence of mold on the relative humidity in different types of materials. 2017. p. 98-102.
18. Ahmed SA, Sehlstedt-Persson M, Morén T. Mould susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood: Impact of drying, thermal modification, and copper-based preservative. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2013;85:284-8.

19. Jeřábková E, Tesařová D, Polášková H. Resistance of various materials and coatings used in wood constructions to growth of microorganisms. *Wood Research*. 2018;63(6):993-1002.
20. Johansson P, Samuelson I, Ekstrand-Tobin A, Mjörnell K, Sandberg PI, Sikander E. Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial-kunskapssammanfattning. 2005. SP Rapport 2005:11. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
21. Johansson P, Wadsö L, Johansson S, Svensson T, Bengtsson B. Utveckling och validering av modeller för att prediktera mögelväxt i byggnader. 2018. RISE Rapport 2018:167. RISE Research Institutes of Sweden.
22. Johansson P, Jermer J. Mould growth on wood-based materials – a comparative study. IRG41; 2010; Biarritz, France: The International Research Group on Wood Protection; 2010.
23. Bok G, Johansson P, Ekstrand-Tobin A, Bardage S. Critical moisture levels and mould resistance of five different wood treatments. IRG44; 2013; Stockholm, Sweden: The International Research Group on Wood Protection; 2013. 10.
24. Viitanen H, Ritschkoff A-C. Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature. 1991. Sveriges lantbruksuniversitet: Institutionen för virkeslära Rapport 221. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products.
25. Lie SK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Surface mould growth on wood: a comparison of laboratory screening tests and outdoor performance. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2019;77(6):1137-50.
26. Johansson P, Mjörnell K, Arfvidsson J. Examples of characteristics of wood that affect mould growth: a meta-analysis. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2017;75(4):603-13.
27. Johansson P, Bok G. Mögeltillväxt på virke från småhusfabriker. 2011. SP Rapport 2011:51.
28. Olsson L. Laboratoriestudie av syllar och reglar som utsatts för regn. 2011. SP Rapport 2011:18. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
29. Adan OCG. Fungal growth under transient relative humidities. In: *On the fungal defacement of interior finishes*. Wageningen: University of Eindhoven; 1994.
30. Johansson P, Bok G, Ekstrand-Tobin A. The effect of cyclic moisture and temperature on mould growth on wood compared to steady state conditions. *Build Environ*. 2013;65:178-84.
31. Viitanen H, Bjurman J. Mould growth on wood under fluctuating humidity conditions. *Material und Organismen*. 1995;29(1):27-46.
32. van Laarhoven KA, Huinink HP, Adan OCG. A microscopy study of hyphal growth of *Penicillium rubens* on gypsum under dynamic humidity conditions. *Microb Biotechnol*. 2016;9(3):408-18.
33. Johansson P, Bok G. Missfärgade fasader på svenska flerbostadshus. 2017. SP Rapport 2017:16.
34. Johansson P, Svensson T, Ekstrand-Tobin A. Validation of critical moisture conditions for mould growth on building materials. *Building and Environment*. 2013;62:201-9.
35. Bok G, Johansson P, Jermer J. Mould growth on wood-based materials – a simulated in-service study. IRG47; 2012; Lisbon, Portugal; 2012. 10.
36. Geving S, Holme J. The drying potential and risk for mold growth in compact wood frame roofs with built-in moisture. *Journal of Building Physics*. 2010;33(3):249-69.
37. Pasanen PO, Kolari S, Pasanen AL, Kurnitski J. Fungal growth on wood surfaces at different moisture conditions in crawl spaces. *IAQ Conference*; 2001.
38. Olsson L. Fuktmätningar i fyra trähus. 2013. SP Rapport 2013:33. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
39. Olsson L. Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd: Fallstudie, fältmätningar och intervjuer. 2019. ID: 13548. SBUF

40. Austigard MS, Mattsson J. Fungal damages in Norwegian massive timber elements—a case study. *Wood Material Science and Engineering*. 2020;15(6):326-34.
41. Olsson L, Mjörnell K, Johansson P. Kartläggning av fuktförhållanden vid prefabricerat trähusbyggande. 2010. SP Rapport 2010:02.
42. Kartal SN, Shinoda K, Imamura Y. Laboratory evaluation of boron-containing quaternary ammonia compound, didecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DBF) for inhibition of mold and stain fungi. *Holz als Roh - und Werkstoff*. 2005;63(1):73-7.
43. Johansson P. Determination of the critical moisture level for mould growth on building materials Lund : Avdelningen för byggnadsfysik, LTH, 2014; 2014.
44. Johansson P, Lång L, Capener C-M. How well do mould models predict mould growth in buildings, considering the end-user perspective? *Journal of Building Engineering*. 2021:102301.
45. Garzón-Barrero NM, Shirakawa MA, Brazolin S, de Barros Pereira RGDFN, de Lara IAR, Savastano H, Jr. Evaluation of mold growth on sugarcane bagasse particleboards in natural exposure and in accelerated test. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2016;115:266-76.
46. Gradeci K, Labonnote N, Time B, Köhler J. A proposed probabilistic-based design methodology for predicting mould occurrence in timber façades. *WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering*; 2016.
47. Vereecken E, Roels S. Review of mould prediction models and their influence on mould risk evaluation. *Build Environ*. 2012;51(0):296-310.
48. Glass SV, Gatland SD, II, Ueno K, Schumacher CJ. Analysis of improved criteria for mold growth in ASHRAE Standard 160 by comparison with field observations. *ASTM Special Technical Publication, STP 1599*; 2017.
49. Kvist Hansen T, Feldt Jensen N, Møller E, Jan De Place Hansen E, Peuhkuri R. Monitored conditions in wooden wall plates in relation to mold and wood decaying fungi. *E3S Web of Conferences*, 172; 2020.
50. Lie SK, Thiis TK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Can existing mould growth models be used to predict mould growth on wooden claddings exposed to transient wetting? *Build Environ*. 2019;152:192-203.
51. Odgaard T, Bjarløv SP, Rode C. Interior insulation – Experimental investigation of hygrothermal conditions and damage evaluation of solid masonry façades in a listed building. *Build Environ*. 2018;129:1-14.
52. Thiis TK, Burud I, Kraniotis D, Gobakken LR. The role of transient wetting on mould growth on wooden claddings. *Energy Procedia*, 78; 2015.
53. Johansson P, Svensson T. Predicting mould growth on building materials- the PJ-model. *E3S Web Conf*. 2020;172:20001.
54. Ekstrand-Tobin A, Johansson P. The effect of surface roughness on mould growth on wood. *NSB 2014 10th Nordic Symposium on Building Physics*; Lund, Full paper nr: 57; 2014. 460-5.
55. Johansson P, Mjörnell K, Arfvidsson J. Examples of characteristics of wood that affect mould growth: a meta-analysis. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2016;75(4):603-13.

# Bilaga 1. Kategorisering av referenser

I denna bilaga redovisas alla valda referenser från litteratursökningen, grupperat på olika kategorier. Notera att samma referens kan finnas i flera kategorier. Numrering efter varje kategori refererar till avsnitt i rapporten.

Kategori	Referens
Laboratorieprovningar vid kontrollerade fukt och temperaturförhållanden (4.2)	[1-109]
Flera olika nivåer av relativ fuktighet eller temperatur (4.2.2, 4.2.4)	[4, 29, 38, 41, 52, 59, 60, 69, 76, 79-81, 96, 102, 103, 108, 109]
Egenskaper hos trämaterial (träslag, ytstruktur mm) som påverkar mögelväxt (4.2.5)	[26, 40, 52, 67, 70, 82, 108, 110-119]
Provningar vid fluktuerande RF och/eller temperatur (4.2.7)	[29, 41, 68, 105, 107]
Utomhusprovningar (4.3)	[3, 19, 28, 53, 78, 110, 120-143]
Studier av mögelväxt i byggnader eller under produktion i relation till fukt och temperatur (4.4)	[81, 144-156]
Effekt av behandling av material (ofta med obehandlade prover som referens) (4.5)	[1, 3, 15, 20, 25, 26, 32, 38, 42, 43, 51-53, 64, 69, 94, 99, 138, 140, 157-234]
Jämförelser av utfallet av mögelmodeller och verklig mögelväxt (4.7)	[57, 146, 149, 155, 235-242]
Trä plast komposit*	[24, 74, 95, 97, 243-248]

\*Det är tveksamt om detta material kan räknas som ett träbaserat material. Eftersom det delvis utgörs av trä har det ändå valts ut för att ingå i sammanställningen.

1. Yu L, Tian M, Li L, Wu Z, Chen S, Chen J, et al. Study of nano colloidal silica sol based protectant on the prevention of masson pine. *Wood Research*. 2020;65(5):797-808.
2. Kim MJ, Choi YS, Oh JJ, Kim GH. Experimental investigation of the humidity effect on wood discoloration by selected mold and stain fungi for a proper conservation of wooden cultural heritages. *Journal of Wood Science*. 2020;66(1).
3. Kim I, Karlsson O, Myronycheva O, Jones D, Sandberg D. Methacrylic Resin for Protection of Wood from Discoloration by Mould Growth and Weathering. *BioResources*. 2020;15(3):7018-33.
4. Johansson P, Lång L, Bok G, Capener C-M. Threshold values for mould growth: Critical moisture level of 21 different building materials. *E3S Web of Conferences*, 172; 2020. 20002.
5. Imken AAP, Brischke C, Kögel S, Krause KC, Mai C. Resistance of different wood-based materials against mould fungi: a comparison of methods. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2020;78(4):661-71.
6. Gregory SA, McGettigan CP, McGuinness EK, Rodin DM, Yee SK, Losego MD. Single-Cycle Atomic Layer Deposition on Bulk Wood Lumber for Managing Moisture Content, Mold Growth, and Thermal Conductivity. *Langmuir*. 2020;36(7):1633-41.
7. Borysiuk P, Wilkowski J, Krajewski K, Auriga R, Skomorucha A, Auriga A. Selected properties of flat-pressed wood-polymer composites for high humidity conditions. *BioResources*. 2020;15(3):5141-55.
8. Arango R, Yang V, Lebow S, Lebow P, Wiemann M, Grejczyk M, et al. Variation in mold susceptibility among hardwood species under laboratory conditions. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2020;154.



9. Yang S, Luo S, Huang A, Luo Y, Li D, Wu Y, et al. Mold resistance of bamboo treated with copper complexes-grafted silica gel and its microdistribution in treated bamboo. *Journal of Wood Science*. 2019;65(1).
10. Yan L, Fei-yang Z, Zang K, Zhang-jing C, Ya-fang L. Investigation on the Attack of *Trichoderma viride* on Wheat Straw Composites Manufactured with Methylene Diphenyl Diisocyanate. *BioResources*. 2019;14(3):6004-14.
11. Šimůnková K, Oberhofnerová E, Reinprecht L, Pánek M, Podlena M, Štěrbová I. Durability of selected transparent and semi-transparent coatings on Siberian and European larch during artificial weathering. *Coatings*. 2019;9(1).
12. Shukla S, Kumar S, Nautiyal I, Kishan Kumar VS. Role of zno nanoparticles in enhancing the antimicrobial property of nitrocellulose lacquer wood finish. *Current Materials Science*. 2019;12(1):91-8.
13. Sehlstedt-Persson M, Vikberg T. Utveckling av industriell virkestorkning: Slutrapport. 2019. Träcentrum Norr.
14. Rose R, Leavengood S, Morrell JJ. Comparative performance of modified solid and compositewood samples in standard tests. *Forest Products Journal*. 2019;69(4):305-12.
15. Podgorski L, Reynaud C, Montibus M. Fungal growth on coated wood exposed outdoors: Influence of coating pigmentation, cardinal direction, and inclination of wood surfaces. *Coatings*. 2019;9(1).
16. Möller R, Mild G. Protection of Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) materials against fungal decay and discolouration by treatment with wood preservatives. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2019;77(1):139-45.
17. Myronycheva O, Poohphajai F, Sehlstedt-Persson M, Vikberg T, Karlsson O, Junge H, et al. Application of GRAS compounds for the control of mould growth on scots pine sapwood surfaces: Multivariate modelling of mould grade. *Forests*. 2019;10(9).
18. Lie SK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Surface mould growth on wooden claddings—effects of transient wetting, relative humidity, temperature and material properties. *Wood Material Science and Engineering*. 2019;14(3):129-41.
19. Lie SK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Surface mould growth on wood: a comparison of laboratory screening tests and outdoor performance. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2019;77(6):1137-50.
20. Li W, Chen L, Li X. Comparison of physical-mechanical and mould-proof properties of furfurylated and DMDHEU-modified wood. *BioResources*. 2019;14(4):9628-44.
21. Kamperidou V. The biological durability of thermally-and chemically-modified black pine and poplarwood against basidiomycetes and mold action. *Forests*. 2019;10(12).
22. Idler C, Pecenka R, Lenz H. Influence of the particle size of poplar wood chips on the development of mesophilic and thermotolerant mould during storage and their potential impact on dry matter losses in piles in practice. *Biomass and Bioenergy*. 2019;127.
23. Feng J, Li C, Chen J, Chen M, Shu X, Shi Q. Evaluation of the association between natural mold resistance and chemical components of nine wood species. *BioResources*. 2019;13(3):6524-41.
24. Feng J, Dong P, Li R, Li C, Xie X, Shi Q. Effects of wood fiber properties on mold resistance of wood polypropylene composites. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2019;140:152-9.
25. Chen Y, Guo X, Peng Y, Cao J. Water absorption and mold susceptibility of wood flour/polypropylene composites modified with silane-wax emulsions. *Polymer Composites*. 2019;40(1):141-8.

26. Sehlstedt-Persson M. Mögeltest av torkade furu, gran och contorta bräder : Sammanfattning av "Mould susceptibility of dried boards of Contorta pine, Scots pine and Norway spruce A comparative study" 2018. TräCentrumNorr.
27. Myronycheva O, Sehlstedt-Persson M, Karlsson O, Sandberg D. Growth of Mold and Rot Fungi on copper-impregnated Scots pine sapwood: Influence of planing depth and inoculation pattern. *BioResources*. 2018;13(4):8787-801.
28. Kržišnik D, Lesar B, Thaler N, Humar M. Influence of Natural and Artificial Weathering on the Colour Change of Different Wood and Wood-Based Materials. *Forests*. 2018;9(8).
29. Johansson P, Wadsö L, Johansson S, Svensson T, Bengtsson B. Utveckling och validering av modeller för att prediktera mögelväxt i byggnader. 2018. RISE Rapport 2018:167. RISE Research Institutes of Sweden.
30. Jankowiak R, Bilański P, Chyrzyński Ł, Strzałka B. Identification of sapstain fungi from Scots pine pallets and assessment of their staining ability. *European Journal of Plant Pathology*. 2018;150(2):307-22.
31. Bahmani M, Schmidt O. Plant essential oils for environment-friendly protection of wood objects against fungi. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*. 2018;20(3):325-32.
32. Andreas Pfuch D, Annett Hartmann D, Bernd Grünler D, Roth C, Gerullis S, Beier O, et al., editors. Atmospheric pressure plasma as a tool for decontamination and functionalization of wooden surfaces. 2018. *behandlingar IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364.
33. Vidholdová Z, Reinprecht L, Igaz R. The impact of laser surface modification of beech wood on its color and occurrence of Molds. *BioResources*. 2017;12(2):4177-86.
34. Vanpachtenbeke M, Van den Bulcke J, De Windt I, Langmans J, Roels S, Van Acker J. An experimental study of mould growth and wood decay in timber frame walls. IRG48; Ghent, Belgium: The International Research Group on Wood Protection; 2017.
35. Stefanowski BK, Curling SF, Ormondroyd GA. A rapid screening method to determine the susceptibility of bio-based construction and insulation products to mould growth. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2017;116:124-32.
36. Skrobot F, III, Diehl SV, Borazjani H. Mycotoxin production by *Stachybotrys chartarum* on water-damaged building materials. *BioResources*. 2017;12(3):6490-503.
37. Rácová Z, Ryparová P. The dependence of mold on the relative humidity in different types of materials. 2017. p. 98-102.
38. Palumbo M, Lacasta AM, Navarro A, Giraldo MP, Lesar B. Improvement of fire reaction and mould growth resistance of a new bio-based thermal insulation material. *Construction and Building Materials*. 2017;139:531-9.
39. Oldertrøen K, H-Kittikun A, Aam BB, Larnøy E. Resistance of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) treated with chitosan or silane against surface molds. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2017;75(1):101-12.
40. Karlsson O, Myronycheva O, Sehlstedt-Persson M, Öhman M, Sandberg D. Multivariate modeling of mould growth in relation to extractives in dried Scots pine sapwood. IRG48; Ghent, Belgium; 2017.
41. Karlsen LS, Vestøl GI, Höibö O, Gobakken LR. Effects of climatic factors and material properties on mould growth on untreated wooden claddings. IRG48; Ghent, Belgium: The International Research Group on Wood Protection; 2017.
42. An S, Hong JH, Song KY, Lee MW, Al-Deyab SS, Kim JJ, et al. Prevention of mold invasion by eco-friendly lignin/polycaprolactone nanofiber membranes for amelioration of public hygiene. *Cellulose*. 2017;24(2):951-65.
43. Ahmed SA, Morén T, Sehlstedt-Persson M, Blom Å. Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally

- modified European aspen and downy birch wood. *Journal of Wood Science*. 2017;63(1):74-82.
44. Vanpachtenbeke M, Van Den Bulcke J, De Windt I, Van Acker J, Langmans J, Vereecken E, et al., editors. An experimental set-up to study mould growth and wood decay under dynamic boundary conditions. 2016; WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering.
  45. Subramaniam M, Mohamed Sunar N, Latif A, Parjo UK, Er CM, Razak ARA, editors. The growth of aspergillus Niger on a wood based material with 4 types of wall finishing. 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability, IConCEES 2015; 2016; MATEC Web of Conferences, 47.
  46. Stefanowski BK, Curling SF, Ormondroyd GA. Evaluating mould colonisation and growth on MDF panels modified to sequester volatile organic compounds. *International Wood Products Journal*. 2016;7(4):188-94.
  47. Staněk K, Tywoniak J, Richter J, Bureš M, Kopecký P, Volf M. Studies on hygrothermal performance of wood elements in building constructions-remarks on methodology. *Wood Research*. 2016;61(4):637-50.
  48. Segovia C, Sauguet A, Besserer A, Kueny R, Pizzi A. Evaluating mold growth in tannin-resin and flax fiber biocomposites. *Industrial Crops and Products*. 2016;83:438-43.
  49. Oldertrøen K, H-Kittikun A, Phongpaichit S, Riyajan S, Teanpaisal R. Treatment of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg. with maleic anhydride to prevent moulds. *Journal of Forest Science*. 2016;62(7):314-21.
  50. Lacasse MA, Morelli M, editors. A systematic method of assessing the durability of wood-frame wall assemblies: Towards the limit-states design approach. 2016; Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings, 2016-December.
  51. Grinins J, Andersons B, Irbe I, Andersone I, Meija-Feldmane A, Janberga A, et al. Thermo-hydro treated (THT) birch veneers for producing plywood with improved properties. *Holzforschung*. 2016;70(8):739-46.
  52. Gobakken L, Alfredsen G. Susceptibility of wood substrates to *Aurebasidium pullulans* at different temperatures. IRG47: The International Research Group on Wood Protection; 2016. 16-10863.
  53. Garzón-Barrero NM, Shirakawa MA, Brazolin S, de Barros Pereira RGDFN, de Lara IAR, Savastano H, Jr. Evaluation of mold growth on sugarcane bagasse particleboards in natural exposure and in accelerated test. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2016;115:266-76.
  54. Bahmani M, Schmidt O, Fathi L, Frühwald A. Environment-friendly short-term protection of palm wood against mould and rot fungi. *Wood Material Science and Engineering*. 2016;11(4):239-47.
  55. Volf M, Diviš J, Havlík F, editors. Thermal, moisture and biological behaviour of natural insulating materials. 2015; *Energy Procedia*, 78.
  56. Vidholdová Z, Iždinský J, Reinprecht L, Krokošová J. Activity of bacteria and moulds on surfaces of commercial wooden composites. 2015. p. 190-3.
  57. Thiis TK, Burud I, Kraniotis D, Gobakken LR, editors. The role of transient wetting on mould growth on wooden claddings. 2015; *Energy Procedia*, 78.
  58. Taghiyari HR. Nanosilane in medium-density fibreboard: Effects of vapour chamber on fluid flow. *IET Nanobiotechnology*. 2015;9(1):11-8.
  59. Souček J. Moulds occurrence in woodchips. *Research in Agricultural Engineering*. 2014;60(4):155-8.
  60. Sohlberg E, Viitanen H. Communities of mold fungi in moisture damaged building materials. IRG45; St George, Utah, USA: The International Research Group on Wood Protection; 2014.
  61. Salim S, Shahomlail S, Choi YS, Kim MJ, Kim GH. Laboratory evaluation of the anti-stain efficacy of crude wood vinegar for *Pinus densiflora*. *BioResources*. 2014;9(1):704-9.

62. Källander B, Ormarsson S, Elustondo D. Fuktförändringar, klimat och mögelpåväxt vid lagring av granvirke : Laboratiestudie och modellering av industriellt torkat virke. 2014. Stora Enso Timber.
63. Fojutowski A, Koziróg A, A K. Assessment of Scots pine sapwood susceptibility to moulds by determination of fungi growth and ergosterol content in infested wood. IRG45; St George, Utah, USA: The International Research Group on Wood Protection; 2014.
64. Bardage S, Westin M, Fogarty HA, Trey S. The effect of natural product treatment of southern yellow pine on fungi causing blue stain and mold. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2014;86:54-9.
65. Yujing L, Wadsö L. Activities of moulds on wood as a function of relative humidity during desorption and absorption processes. IRG44; Stockholm, Sweden: The International Research Group on Wood Protection; 2013.
66. Li Y, Wadsö L. Fungal activities of indoor moulds on wood as a function of relative humidity during desorption and adsorption processes. *Engineering in Life Sciences*. 2013;13(6):528-35.
67. Johansson P, Wamming T, Bok G, Edlund M-L. Mould growth on kiln-dried and air-dried timber. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2013;71(4):473-81.
68. Johansson P, Bok G, Ekstrand-Tobin A. The effect of cyclic moisture and temperature on mould growth on wood compared to steady state conditions. *Building and Environment*. 2013;65:178-84.
69. Bok G, Johansson P, Ekstrand-Tobin A, Bardage S. Critical moisture levels and mould resistance of five different wood treatments. IRG44; 2013; Stockholm, Sweden: The International Research Group on Wood Protection; 2013. 10.
70. Blom Å, Johansson J, Sivrikaya H. Some factors influencing susceptibility to discoloring fungi and water uptake of Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and Oriental spruce (*Picea orientalis*). *Wood Material Science and Engineering*. 2013;8(2):139-44.
71. Ahmed SA, Yang Q, Sehlstedt-Persson M, Morén T. Accelerated mold test on dried pine sapwood boards: Impact of contact heat treatment. *Journal of Wood Chemistry and Technology*. 2013;33(3):174-87.
72. Ahmed SA, Sehlstedt-Persson M, Morén T. Development of a new rapid method for mould testing in a climate chamber: Preliminary tests. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2013;71(4):451-61.
73. Ahmed SA, Sehlstedt-Persson M, Morén T. Mould susceptibility of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood: Impact of drying, thermal modification, and copper-based preservative. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2013;85:284-8.
74. Naumann A, Seefeldt H, Stephan I, Braun U, Noll M. Material resistance of flame retarded wood-plastic composites against fire and fungal decay. *Polymer Degradation and Stability*. 2012;97(7):1189-96.
75. Kudo Y, Yanagi U, Kagi N, Osawa H, Hasegawa A, Furuya K, editors. Study on growth characteristics of mould on the hygrothermal material's surface. 2012; 10th International Conference on Healthy Buildings 2012, 2.
76. Johansson P, Ekstrand-Tobin A, Svensson T, Bok G. Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2012;73:23-32.
77. Jelle BP, Nilsen TN, Hovde PJ, Gustavsen A. Accelerated climate aging of building materials and their characterization by Fourier transform infrared radiation analysis. *Journal of Building Physics*. 2012;36(1):99-112.
78. Olsson L. Laboratiestudie av syllar och reglar som utsatts för regn. 2011. SP Rapport 2011:18. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
79. Johansson P, Bok G. Mögeltillväxt på virke från småhusfabriker. 2011. SP Rapport 2011:51. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

80. Viitanen H, Vinha J, Salminen K, Ojanen T, Peuhkuri R, Paaajanen L, et al. Moisture and bio-deterioration risk of building materials and structures. *Journal of Building Physics*. 2010;33(3):201-24.
81. Ojanen T, Viitanen H, Peuhkuri R, Lähdesmäki K, Vinha J, Salminen K, editors. Mold growth modeling of building structures using sensitivity classes of materials. 2010; Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings - 11th International Conference.
82. Johansson P, Jermer J. Mould growth on wood-based materials – a comparative study. IRG41; 2010; Biarritz, France: The International Research Group on Wood Protection; 2010. 9.
83. Isaksson T, Thelandersson S, Ekstrand-Tobin A, Johansson P. Critical conditions for onset of mould growth under varying climate conditions. *Building and Environment*. 2010;45(7):1712-21.
84. Ma XX, Jiang ML, Lu WH, Qin DC. Study on the biological characteristics of stain fungi and mould fungi on bamboo wood. *Forest Research*. 2009;22(6):819-23.
85. Matan N, Matan N. Antifungal activities of anise oil, lime oil, and tangerine oil against molds on rubberwood (*Hevea brasiliensis*). *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2008;62(1):75-8.
86. Frühwald E, Li Y, Wadsö L. Image analysis study of mould susceptibility of spruce and larch wood dried or heat-treated at different temperatures. *Wood Material Science and Engineering*. 2008;3(1-2):55-61.
87. Viitanen H, Ojanen T, editors. Improved model to predict mold growth in building materials. 2007; Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings.
88. Morris PI, Minchin D, Zylkowski S. A mold resistance test on adhesives used in wood composite products. *Forest Products Journal*. 2007;57(12):25-9.
89. Lstiburek JW. The material view of mold. *ASHRAE Journal*. 2007;49(8):61-3.
90. Ye X, Wang S, Ruan R, Qi J, Womac AR, Doona CJ. Water mobility and mold susceptibility of engineered wood products. *Transactions of the ASABE*. 2006;49(4):1159-65.
91. Yang DQ, Wan H, Wang XM. Increasing mold resistance of strand boards with spruce heartwood. *Forest Products Journal*. 2006;56(11-12):111-5.
92. Shi JL, Yang DQ, Zhang SY, Riedl B. Mold resistance of medium density fiberboard panels made from black spruce, hybrid poplar, larch and a mixture of S-P-F chips. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 2006;64(3):167-71.
93. Ye XP, Womac A, Hayes D, Wang S, Ruan R, Chen P, et al., editors. Water mobility and mold susceptibility in engineered wood products - a magnetic resonance aspect. 2005; 2005 ASAE Annual International Meeting.
94. Herrera J. Assessment of fungal growth on sodium polyborate-treated cellulose insulation. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2005;2(12):626-32.
95. Dawson-Andoh B, Matuana LM, Harrison J. Susceptibility of high-density polyethylene/wood-flour composite to mold discoloration. *Journal of the Institute of Wood Science*. 2005;17(2):114-9.
96. Nielsen KF, Holm G, Uttrup LP, Nielsen PA. Mould growth on building materials under low water activities. Influence of humidity and temperature on fungal growth and secondary metabolism. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2004;54(4):325-36.
97. Dawson-Andoh B, Matuana LM, Harrison J. Mold susceptibility of rigid PVC/wood-flour composites. *Journal of Vinyl and Additive Technology*. 2004;10(4):179-86.
98. Laks PE, Richter DL, Larkin GM. Fungal susceptibility of interior commercial building panels. *Forest Products Journal*. 2002;52(5):41-4.
99. Fogel JL, Lloyd JD. Mold performance of some construction products with and without borates. *Forest Products Journal*. 2002;52(2):38-43.

100. Johansson P. Moldy odour and geosmin from soil-contaminated construction timber. *Healthy Buildings 2000 Espoo, Finland 2000-08-06--10; 2000; 2000.* 369-74.
101. Johansson P. Mögellukt från jordkontaminerat byggnadsvirke. 1999. SP Rapport 1999:05. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.
102. Wadsö L. Principles of a microcalorimetric technique for the study of mould activity as a function of relative humidity. *Journal of Thermal Analysis.* 1997;49(2):1053-60.
103. Viitanen H. Modelling the time factor in the development of mould fungi - the effect of critical humidity and temperature conditions on pine and spruce sapwood. *Holzforchung.* 1997;51:6-14.
104. Viitanen H. Factors affecting the development of mould and brown rot decay in wooden material and wooden structures. Effect of humidity, temperature and exposure time. Uppsala: The Swedish University of Agricultural Sciences; 1996.
105. Viitanen H, Bjurman J. Mould growth on wood under fluctuating humidity conditions. *Material und Organismen.* 1995;29(1):27-46.
106. Viitanen H. Factors affecting the development of biodeterioration in wooden constructions. *Materials and Structures.* 1994(27):p 483-93.
107. Adan OCG. Fungal growth under transient relative humidities. In: *On the fungal defacement of interior finishes.* Wageningen: University of Eindhoven; 1994.
108. Viitanen H, Ritschkoff A-C. Mould growth in pine and spruce sapwood in relation to air humidity and temperature. 1991. Sveriges lantbruksuniversitet: Institutionen för virkeslära Rapport 221. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products.
109. Coppock JBM, Cookson ED. The effect of humidity on mould growth on constructional materials. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 1951;2(12):534-7.
110. Karlsen LS, Gobakken LR, Vestøl GI, O H. Visual appearance of unpainted wooden claddings during the first year of outdoor exposure: Evaluation of surface mould growth, lightness (L\*) and wasp attack. *IRG49; Johannesburg, South Africa; 2018.*
111. Irbe I, Grinins J, Andersone I, Andersons B. Susceptibility of thermo-hydro-treated birch plywood to mould and blue stain fungi. *Wood Material Science and Engineering.* 2018;13(5):296-304.
112. Kallavus U, Järv H, Kalamees T, Kurik L, editors. Assessment of durability of environmentally friendly wood-based panels. 2017; *Energy Procedia*, 132.
113. Johansson P, Mjörnell K, Arfvidsson J. Examples of characteristics of wood that affect mould growth: a meta-analysis. *European Journal of Wood and Wood Products.* 2017;75(4):603-13.
114. Skrobot F, Aglan HA, Kitchens S, Ludwick A, Amburgey T, Borazjani H, et al. Fungal populations in air and materials in a flood simulation study. *Wood and Fiber Science.* 2014;46(4):465-79.
115. Karlsson O, Yang Q, Sehlstedt-Persson M, Morén T. Heat treatments of high temperature dried norway spruce boards: Saccharides and furfurals in sapwood surfaces. *BioResources.* 2012;7(2):2284-99.
116. Viitanen H. Critical conditions for mould and decay resistance of wood. *2010(263):114-8.*
117. Tiitta M, Tomppo L, Järnström H, Löjja M, Laakso T, Harju A, et al. Spectral and chemical analyses of mould development on Scots pine heartwood. *European Journal of Wood and Wood Products.* 2009;67(2):151-8.
118. Terziev N, Boutelje J. Effect of Felling Time and Kiln-drying on Color and Susceptibility of Wood to Mold and Fungal Stain during An Above-ground Field Test. *Wood and Fiber Science.* 1998;30(4):360-7.
119. Viitanen HA. Modelling the time factor in the development of mould fungi - The effect of critical humidity and temperature conditions on pine and spruce sapwood. *Holzforchung.* 1997;51(1):6-14.

120. Ugovšek A, Šubic B, Starman J, Rep G, Humar M, Lesar B, et al. Short-term performance of wooden windows and facade elements made of thermally modified and non-modified Norway spruce in different natural environments. *Wood Material Science and Engineering*. 2019;14(1):42-7.
121. Sjökvist T, Blom Å. The influence of coating color, heartwood and sapwood, on moisture content and growth of microorganisms on the surface during outdoor exposure of Norway spruce boards. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2019;16(3):819-26.
122. Olsson L. Fuktsäkerhet vid KL-träbyggande utan väderskydd: Fallstudie, fältmätningar och intervjuer. 2019. ID: 13548. SBUF
123. Lie SK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Visual appearance of unpainted wood: mould coverage, lightness and uniformity. *International Wood Products Journal*. 2019;10(1):9-15.
124. Darmawan W, Herliyana EN, Gayatri A, Dumasari, Hasanusi A, Gerardin P. Microbial growths and checking on acrylic painted tropical woods and their static bending after three years of natural weathering. *Journal of Materials Research and Technology*. 2019;8(4):3495-503.
125. Kubovský I, Oberhofnerová E, Kačík F, Pánek M. Surface changes of selected hardwoods due to weather conditions. *Forests*. 2018;9(9).
126. Plackett DV, Dunningham EA, Singh AP. Weathering of chemically modified wood. In: *Chemical Modification of Lignocellulosic Materials*. 2017. p. 277-94.
127. Gobakken LR, Høibø OA, Vestøl GI, Thiis TK, Burud I, editors. Weathered wood in building façades - Influencing factors and aesthetical aspects. 2016; WCTE 2016 - World Conference on Timber Engineering.
128. van Nieuwenhuijzen EJ, Sailer MF, Gobakken LR, Adan OCG, Punt PJ, Samson RA. Detection of outdoor mould staining as biofinish on oil treated wood. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2015;105:215-27.
129. Mantanis G, Lykidis C. Evaluation of weathering of furfurylated wood decks after a 3-year outdoor exposure in Greece. *Drvna Industrija*. 2015;66(2):115-22.
130. Lebow ST, Halverson SA. Performance of Northeastern United States wood species treated with copper based preservatives: 10 year above-ground decking evaluation. *International Wood Products Journal*. 2015;6(2):72-8.
131. Gobakken LR, Vestøl GI. Mould growth on spruce claddings and the effect of selected influencing factors after 4 years of outdoor testing. IRG46; Vina del Mar, Chile: The International Research Group on Wood Protection; 2015.
132. Brischke C, Thelandersson S. Modelling the outdoor performance of wood products - A review on existing approaches. *Construction and Building Materials*. 2014;66:384-97.
133. Blanchard V, Stirling R. Technical note: Plasma pretreatment enhances field performance of exterior wood coatings. *Wood and Fiber Science*. 2013;45(2):228-31.
134. Pfeffer A, Hoegger PJ, Kües U, Militz H. Fungal colonisation of outside weathered modified wood. *Wood Science and Technology*. 2012;46(1-3):63-72.
135. Gobakken LR, Vestøl GI. Effects of microclimate, wood temperature and surface colour on fungal disfigurement on wooden claddings. IRG43; Kuala Lumpur, Malaysia: The International Research Group on Wood Protection; 2012.
136. Thelandersson S, Isaksson T, Häglund M, Frühwald E, editors. Probabilistic methods for performance based service life evaluation of wooden components. 2011; *Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering - Proceedings of the 11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*.
137. Sehlstedt-Persson M, Karisson O, Wamming T, Morèn T. Mold growth on sapwood boards exposed outdoors: The impact of wood drying. *Forest Products Journal*. 2011;61(2):170-9.

138. Gobakken LR, Høibø OA. Aesthetic service life of coated and uncoated wooden cladding - influencing factors and modelling. IRG42; Queenstown, New Zealand: The International Research Group on Wood Protection; 2011.
139. Gobakken LR, Høibø OA, Solheim H. Factors influencing surface mould growth on wooden claddings exposed outdoors. *Wood Material Science and Engineering*. 2010;5(1):1-12.
140. Hansen K. Molds and moldicide formulations for exterior paints and coatings. ACS Symposium Series 2008. p. 198-213.
141. Blom Å, Bergström M. Untreated Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*) wood-panels exposed out of ground contact in Sweden for two years. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 2006;64(1):53-61.
142. Dawson BSW, Göttgens A, Hora G. Natural weathering performance of exterior wood coatings on *pinus sylvestris* and *pinus radiata* in Germany and New Zealand. *Journal of Coatings Technology and Research*. 2005;2(7):539-46.
143. Ojanen T, Kokko E, Salonvaara M, Viitanen H. Moisture performance of plywood wall structures. VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus 1997. p. X-90.
144. Johansson P, Lång L, Capener CM. How well do mould models predict mould growth in buildings, considering the end-user perspective? *Journal of Building Engineering*. 2021;40.
145. Olsson L. Moisture safety in CLT construction without weather protection - Case studies, literature review and interviews. *E3S Web of Conferences*, 172; 2020. 10001.
146. Kvist Hansen T, Feldt Jensen N, Møller E, Jan De Place Hansen E, Peuhkuri R. Monitored conditions in wooden wall plates in relation to mold and wood decaying fungi. *E3S Web of Conferences*, 172; 2020. 20004.
147. Austigard MS, Mattsson J. Fungal damages in Norwegian massive timber elements—a case study. *Wood Material Science and Engineering*. 2020;15(6):326-34.
148. Austigard MS, Mattsson J. Fungal damages in Norwegian massive timber elements – causes and measures. IRG50; Quebec City, Canada: The International Research Group on Wood Protection; 2019.
149. Johansson P, Wadsö L, Johansson S, Svensson T, Bengtsson B. Development and validation of a model to predict mould growth. 2018. RISE Research Institutes of Sweden AB.
150. Olsson L. Fuktmätningar i fyra trähus. 2013. SP Rapport 2013:33. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
151. Johansson P, Svensson T, Ekstrand-Tobin A. Validation of critical moisture conditions for mould growth on building materials. *Building and Environment*. 2013;62:201-9.
152. Bok G, Johansson P, Jermer J. Mould growth on wood-based materials – a simulated in-service study. IRG 47; Lisbon, Portugal: The International Research Group on Wood Protection; 2012.
153. Olsson L, Mjörnell K, Johansson P. Kartläggning av fuktförhållanden vid prefabricerat trähusbyggande. 2010. SP Rapport 2010:02.
154. Geving S, Holme J. The drying potential and risk for mold growth in compact wood frame roofs with built-in moisture. *Journal of Building Physics*. 2010;33(3):249-69.
155. Pasanen PO, Kolari S, Pasanen AL, Kurnitski J, editors. Fungal growth on wood surfaces at different moisture conditions in crawl spaces. 2001; IAQ Conference.
156. Pasanen AL, Kasanen JP, Rautiala S, Ikäheimo M, Rantamäki J, Kääriäinen H, et al. Fungal growth and survival in building materials under fluctuating moisture and temperature conditions. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2000;46(2):117-27.



157. Tascioglu C, Umemura K, Kusuma S, Kose C, Yalcin M, Akcay C, et al. Mold and larvae resistance of wood-based composites incorporating sodium fluoride. *BioResources*. 2020;15(1):20-7.
158. Kobetičová K, Böhm M, Černý R, editors. Mutual interactions of fungi and molds on woods treated with a caffeine solution: A preliminary study. 2020; AIP Conference Proceedings, 2275.
159. Giordano L, Gonthier P, Negro F, Zanuttini R, Cremonini C. Effectiveness of new molecules against widespread moulds for food-safe hardwood and softwood packaging. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2020.
160. Ganguly S, Tripathi S, Tiwari P, Sumi A, Kanyal R. Screening of azadirachta indica seed oil against sap-stain and mould fungi in imported tectona grandis and southern yellow pine wood through fumigation. *Journal of Tropical Forest Science*. 2020;32(2):114-24.
161. Weththimuni ML, Capsoni D, Malagodi M, Licchelli M. Improving wood resistance to decay by nanostructured ZnO-based treatments. *Journal of Nanomaterials*. 2019;2019.
162. Kwaśniewska-Sip P, Bartkowiak M, Cofta G, Nowak PB. Resistance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) after treatment with caffeine and thermal modification against *Aspergillus niger*. *BioResources*. 2019;14(1):1890-8.
163. Xie G, Zhou Y. In-situ synthesis and anti-mold property of nano-copper of the heat-treated wood. *Journal of South China Agricultural University*. 2018;39(3):96-101.
164. Shen H, Jiang J, Cao J, Zhu Y. Performance of thermally modified scots pine treated with combinations of some modifying chemicals. *Wood and Fiber Science*. 2018;50(1):33-43.
165. Reinprecht L, Nosál E, Jaš F. The impact of accelerated weathering on the mold resistance and color stability of the Norway spruce wood treated with Naturalis oils. *Acta Facultatis Xylologiae*. 2018;60(2):95-106.
166. Li H, Yang ZB, Yang F, Gu ZC, Liu R, Yu LL, et al. Influence of four coatings on the mold-resistance and combustion performance of decorative bamboo curtain. *Wood and Fiber Science*. 2018;50(4):447-57.
167. Jeřábková E, Tesařová D, Polášková H. Resistance of various materials and coatings used in wood constructions to growth of microorganisms. *Wood Research*. 2018;63(6):993-1002.
168. Henriques DF, Azevedo ACB, editors. Outdoor wood weathering and protection. 2018. *behandlingar REHABEND*.
169. Chang L, Xu G, Wang L. Preparation and Antifungal Activities of Microcapsules of Neem Extract Used in *Populus Tomentosa* Deteriorated by Three Mold Fungi. *BioResources*. 2018;13(4):8373-84.
170. Terzi E, Kartal SN, Gerardin P, Ibanez CM, Yoshimura T. Biological performance of particleboard incorporated with boron minerals. *Journal of Forestry Research*. 2017;28(1):195-203.
171. Salem MZM, Mansour MMA, Mohamed WS, Ali HM, Hatamleh AA. Evaluation of the antifungal activity of treated acacia saligna wood with Paraloid B-72/TiO<sub>2</sub> nanocomposites against the growth of *Alternaria tenuissima*, *Trichoderma harzianum*, and *Fusarium culmorum*. *BioResources*. 2017;12(4):7615-27.
172. Reinprecht L, Vacek V, Grznárik T. Enhanced fungal resistance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood by treatment with methyltrimethoxysilane and benzalkoniumchloride. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2017;75(5):817-24.
173. Nosál E, Reinprecht L. Anti-bacterial and anti-mold efficiency of ZnO nanoparticles present in melamine-laminated surfaces of particleboards. *BioResources*. 2017;12(4):7255-67.
174. Muhcu D, Terzi E, Kartal SN, Yoshimura T. Biological performance, water absorption, and swelling of wood treated with nano-particles combined with the application of Paraloid B72®. *Journal of Forestry Research*. 2017;28(2):381-94.

175. Mansour MMA, Nasser RA, Salem MZM, Ali HM, Hatamleh AA. Study of mold invasion on the surface of wood/polypropylene composites produced from aqueous pretreated wood particles, part 2: *Juniperus procera* wood-branch. *BioResources*. 2017;12(2):4187-201.
176. Chang LL, Sun ML, Xu GQ, Liu ZX, Wang LH. Control efficiency and action mechanisms of camphor leaf extractives on mold resistance of wood. *Beijing Linye Daxue Xuebao/Journal of Beijing Forestry University*. 2017;39(1):99-106.
177. Salem MZM, Zidan YE, El Hadidi NMN, Mansour MMA, Abo Elgat WAA. Evaluation of usage three natural extracts applied to three commercial wood species against five common molds. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2016;110:206-26.
178. Ráčová Z, Tichá P, Ryparová P, editors. The biocidal protection of timber by polyvinyl alcohol nanofiber textiles doped by silver ions. 2016. *behandlingar NANOCON 2016 - Conference Proceedings, 8th International Conference on Nanomaterials - Research and Application*.
179. Ráčová Z, Richter J, Staněk K, Ryparová P, editors. Sorption properties and susceptibility to mould growth of wood-based materials used in modern crawl spaces. 2016. *behandlingar CESB 2016 - Central Europe Towards Sustainable Building 2016: Innovations for Sustainable Future*.
180. Morrell JJ, Sanders D. Control of stain and mold fungi on red alder pallet stock. *Forest Products Journal*. 2016;66(7-8):467-71.
181. Kumar A, Staněk K, Ryparová P, Hajek P, Tywoniak J. Hydrophobic treatment of wood fibrous thermal insulator by octadecyltrichlorosilane and its influence on hygric properties and resistance against moulds. *Composites Part B: Engineering*. 2016;106:285-93.
182. Kumar A, Ryparová P, Škapin AS, Humar M, Pavlič M, Tywoniak J, et al. Influence of surface modification of wood with octadecyltrichlorosilane on its dimensional stability and resistance against *Coniophora puteana* and molds. *Cellulose*. 2016;23(5):3249-63.
183. Feng J, Zhang H, He H, Huang X, Shi Q. Effects of fungicides on mold resistance and mechanical properties of wood and bamboo flour/high-density polyethylene composites. *BioResources*. 2016;11(2):4069-85.
184. Yan L, Morrell JJ. Mold and decay resistance of thermally modified douglas-fir heartwood. *Forest Products Journal*. 2015;65(5-6):272-7.
185. Xing F, Chen H, Zhang S, Luo B, Fang P, Li L, et al. Effect of p-cumylphenol on the mold resistance of modified soybean flour adhesive and poplar plywood. *BioResources*. 2015;10(1):1543-52.
186. Reinprecht L, Grznárik T. Biological durability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood modified with selected organo-silanes. *Wood Research*. 2015;60(5):687-96.
187. Ráčová Z, Ryparová P, editors. Silver inhibition effect of nanoparticles on specific mold group growth. 2015. *behandlingar NANOCON 2015 - 7th International Conference on Nanomaterials - Research and Application, Conference Proceedings*.
188. Mansour MMA, Salem MZM, Khamis MH, Ali HM. Natural durability of *Citharexylum spinosum* and *Morus alba* woods against three mold fungi. *BioResources*. 2015;10(3):5317-29.
189. Mansour MMA, Salem MZM. Evaluation of wood treated with some natural extracts and Paraloid B-72 against the fungus *Trichoderma harzianum*: Wood elemental composition, in-vitro and application evidence. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2015;100:62-9.
190. Mansour MMA, Abdel-Megeed A, Nasser RA, Salem MZM. Comparative evaluation of some woody tree methanolic extracts and paraloid B-72 against phytopathogenic mold fungi *Alternaria tenuissima* and *Fusarium culmorum*. *BioResources*. 2015;10(2):2570-84.

191. Havrlik M, Ryparová P. Protection of wooden materials against biological attack by using nanotechnology. *Acta Polytechnica*. 2015;55(2):101-8.
192. Olsson SK, Johansson M, Westin M, Östmark E. Reactive UV-absorber and epoxy functionalized soybean oil for enhanced UV-protection of clear coated wood. *Polymer Degradation and Stability*. 2014;110:405-14.
193. Liu R, Peng Y, Cao J, Luo S. Water absorption, dimensional stability, and mold susceptibility of organically-modified-montmorillonite modified wood flour/polypropylene composites. *BioResources*. 2014;9(1):54-65.
194. Lee DH, Lee JS. Anti-mold effectiveness of neonicochid type wood preservative. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 2014;42(1):41-8.
195. Kitchens SC, Dahlen J, Johnson TE. Reducing susceptibility of heat-treated sweetgum and pine to mold colonization by incorporating traditional biocides. *Wood and Fiber Science*. 2014;46(4):539-46.
196. Xu X, Lee S, Wu Y, Wu Q. Borate -treated strand board from southern wood species: Resistance against decay and mold fungi. *BioResources*. 2013;8(1):104-14.
197. Uzunovic A, Dale A, Stirling R, Sidhu A. The effect of fungal preinfection on the efficacy of mold and sapstain control products. *Forest Products Journal*. 2013;63(1-2):31-8.
198. Son DW, Kang MR, Lee DH, Park SB. Decay resistance and anti-mold efficacy of wood treated with fire retardants. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 2013;41(6):559-65.
199. Reinprecht L, Pánek M, Dáková J, Murínová T, Pavel MEC, Plevová L. Performance of methyl-tripotassiumsilanol treated wood against swelling in water, decay fungi and moulds. *Wood Research*. 2013;58(4):511-20.
200. Wang Y, Chang J, Morrell JJ, Freitag CM, Karchesy JJ. An integrated approach using bacillus subtilis B26 and essential oils to limit fungal discoloration of wood. *BioResources*. 2012;7(3):3132-41.
201. Wang J, Li S, Freitag C, Morrell JJ, Karchesy JJ. Antifungal activities of four cedar foliage oils to wood stain or decay fungi. 2012. p. 375-81.
202. Maoz M, Karchesy JJ, Morrell JJ. Ability of natural extracts to limit mold growth on douglas-fir sapwood. *BioResources*. 2012;7(4):5415-21.
203. Kaps T, Reiska R, Kallavus U, Luga Ü, Kers J, editors. Development of emulsion and impregnation technology for wood bioprotection. 2012. *behandlingar Proceedings of the International Conference of DAAAM Baltic "Industrial Engineering"*.
204. Kaps T, Reiska R, Kallavus U, Koolme M, Luga Ü, Kers J. Effective protection of pinewood against fungal attack. *Agronomy Research*. 2012;10(SPEC. ISS. 1):123-9.
205. Gobakken LR, Vestøl GI. Surface mould and blue stain fungi on coated Norway spruce cladding. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2012;75:181-6.
206. Yang DQ, Wang XM, Wan H, Liu ZM. Protecting aspen oriented strand board panels from biodegradation with white cedar extracts and coatings. *Forest Products Journal*. 2011;61(2):185-8.
207. Kalawate A, Pandey CN. Efficacy of colemanite against mould fungi on rubber wood veneer. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*. 2011;8(2):161-4.
208. Hoang C, Nguyen T, Stanley D, Persily A, editors. Effects of ozone treatment on fungal growth, chemical components and surface morphological characteristics of wood flooring materials. 2011. *behandlingar Annat12th International Conference on Indoor Air Quality and Climate 2011, 2*.
209. Yilgör N, Nami Kartal S. Heat modification of wood: Chemical properties and resistance to mold and decay fungi. *Forest Products Journal*. 2010;60(4):357-61.

210. Viitanen H. The durability and decay resistance of coated plywood, thermowood® and wood plastic composites (WPC). VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus 2010. p. 87-100.
211. Lambertz G, Welling J. Changes in extractives of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) after ISPM 15 heat treatment and their effect on fungal discoloration. *Wood Material Science and Engineering*. 2010;5(2):67-72.
212. Gobakken LR, Lebow PK. Modelling mould growth on coated modified and unmodified wood substrates exposed outdoors. *Wood Science and Technology*. 2010;44(2):315-33.
213. Gobakken LR, Høibø OA, Solheim H. Mould growth on paints with different surface structures when applied on wooden claddings exposed outdoors. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2010;64(5):339-45.
214. Clausen CA, Coleman RD, Yang VW. Fatty acid-based formulations for wood protection against mold and sapstain. *Forest Products Journal*. 2010;60(3):301-4.
215. Vidrine C, Kamke F, Preston A, Morrell JJ. The effects of copper-based preservative technologies on the resistance of aspen strandboards to biological degradation. *Wood and Fiber Science*. 2009;41(3):211-9.
216. Ghosh SC, Militz H, Mai C. The efficacy of commercial silicones against blue stain and mould fungi in wood. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2009;67(2):159-67.
217. Chen F, Yang X, Wu Q. Antifungal capability of TiO<sub>2</sub> coated film on moist wood. *Building and Environment*. 2009;44(5):1088-93.
218. Welling J, Lambertz G. Environmentally friendly temporary anti-mould treatment of packaging material before drying. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*. 2008;10(1):25-33.
219. Gobakken LR, Westin M. Surface mould growth on five modified wood substrates coated with three different coating systems when exposed outdoors. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2008;62(4):397-402.
220. Yang VW, Clausen CA. Antifungal effect of essential oils on southern yellow pine. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2007;59(4):302-6.
221. Yang DQ, Wang XM, Wan H. Biological treatment of aspen strands to improve mold resistance and reduce resin consumption of strand panels. *Forest Products Journal*. 2007;57(7-8):58-62.
222. Yang DQ, Wang XM, Wan H. Biological protection of hardwood logs destined for panel manufacturing using *Gliocladium roseum* against biodegradation. *BioControl*. 2007;52(4):559-71.
223. Yang DQ, Wan H, Wang XM, Liu ZM. Use of fungal metabolites to protect wood-based panels against mould infection. *BioControl*. 2007;52(3):427-36.
224. Melencion N, Morrell JJ. Performance of antisapstain compounds on kiln-dried Douglas-fir and hem-fir lumber subjected to rewetting. *Forest Products Journal*. 2007;57(9):111-3.
225. Kocaefe D, Shi JL, Yang DQ, Zhang J. Preliminary study of thermal treatment effects on mold growth of selected Quebec wood species. *Forest Products Journal*. 2007;57(12):30-3.
226. Hwang WJ, Kartal SN, Imamura Y, Tsunoda K, Shinoda K. Comparative effectiveness of two alkylammonium compounds as wood preservatives. *Journal of Wood Science*. 2007;53(4):332-8.
227. Boonstra MJ, Van Acker J, Kegel E, Stevens M. Optimisation of a two-stage heat treatment process: Durability aspects. *Wood Science and Technology*. 2007;41(1):31-57.
228. Wright NC, Li J, Guo M. Microstructural and mold resistant properties of environment-friendly oil-modified polyurethane based wood-finish products containing polymerized whey proteins. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006;100(5):3519-30.

229. Kartal SN, Shinoda K, Imamura Y. Laboratory evaluation of boron-containing quaternary ammonia compound, didecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DBF) for inhibition of mold and stain fungi. *Holz als Roh - und Werkstoff*. 2005;63(1):73-7.
230. Payne C, Bruce A, Staines H. Yeast and bacteria as biological control agents against fungal discolouration of *Pinus sylvestris* blocks in laboratory-based tests and the role of antifungal volatiles. *Holzforschung*. 2000;54(6):563-9.
231. Yang DQ, Rossignol L. Evaluation of *Gliocladium roseum* against wood-degrading fungi in vitro and on major Canadian wood species. *Biocontrol Science and Technology*. 1999;9(3):409-20.
232. Kim GH, Kang SM, Morrell JJ. Laboratory evaluation of selected anti-stain chemicals for control of fungal staining on Ginkgo sapwood. *Forest Products Journal*. 1999;49(3):49-52.
233. Grohs BM, Wegen HW, Kunz B. Antifungal activity of red cedar extract and hiba oil on wood-inhabiting moulds. *Holz als Roh - und Werkstoff*. 1999;57(4):277-81.
234. Nussbaum R. Mögel och blånadsskydd genom förändring av träytans pH. 1991. Rapport 9102002. Träteknik.
235. Choidis P, Tsikaloudaki K, Kraniotis D, editors. Hygrothermal performance of log walls in a building of 18th century and prediction of climate change impact on biological deterioration. 2020; E3S Web of Conferences, 172.
236. Lie SK, Thiis TK, Vestøl GI, Høibø O, Gobakken LR. Can existing mould growth models be used to predict mould growth on wooden claddings exposed to transient wetting? *Building and Environment*. 2019;152:192-203.
237. Johansson P, Lång L, Capener C-M, editors. Performance of Models in Predicting Mould Growth on Building Materials. Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XIV International Conference; 2019; Clearwater Beach, Florida.
238. Odgaard T, Bjarløv SP, Rode C. Interior insulation – Experimental investigation of hygrothermal conditions and damage evaluation of solid masonry façades in a listed building. *Building and Environment*. 2018;129:1-14.
239. Biseniece E, Freimanis R, Purvins R, Gravelsins A, Pumpurs A, Blumberga A. Study of Hygrothermal Processes in External Walls with Internal Insulation. *Environmental and Climate Technologies*. 2018;22(1):22-41.
240. Glass SV, Gatland SD, II, Ueno K, Schumacher CJ, editors. Analysis of improved criteria for mold growth in ASHRAE Standard 160 by comparison with field observations. 2017; ASTM Special Technical Publication, STP 1599.
241. Chen W, Macher JM, Kumagai K, editors. Indoor dampness and mold as indicators of respiratory health risks, Part 6: Comparison of chamber simulation of the moisture content and water activity of Gypsum wallboard to controlled laboratory measurements. 2014; Indoor Air 2014 - 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate.
242. Vereecken E, Roels S. Review of mould prediction models and their influence on mould risk evaluation. *Build Environ*. 2012;51(0):296-310.
243. Gerullis S, Pfuch A, Spange S, Kettner F, Plaschkies K, Küzün B, et al. Thin antimicrobial silver, copper or zinc containing SiO<sub>x</sub> films on wood polymer composites (WPC) applied by atmospheric pressure plasma chemical vapour deposition (APCVD) and sol-gel technology. *European Journal of Wood and Wood Products*. 2018;76(1):229-41.
244. Nasser RA, Mansour MMA, Salem MZM, Ali HM, Aref IM. Mold Invasion on the surface of wood/polypropylene composites produced from aqueous pretreated wood particles, part 1: Date palm midrib. *BioResources*. 2017;12(2):4078-92.
245. Serrano E, Enquist B, Vessby J, editors. Long term in-situ measurements of displacement, temperature and relative humidity in a multi-storey residential

- CLT building. 2014; WCTE 2014 - World Conference on Timber Engineering, Proceedings.
246. Kuknyó T, Szabo T. Preparation and evaluation of novel wood-PVC systems. *Materials Science Forum* 2013. p. 225-32.
  247. Williams K, Bauman B. New technology for enhancing wood-plastic composites. *CoatingsTech*. 2007;4(8):52-7.
  248. Zhang Y, Zhang SY, Yang DQ, Wan H. Dimensional stability of wood-polymer composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006;102(6):5085-94.