

Mikroorganismer.

Luftburna mögelsvampar och mykotoxiner i svenska problemhus – anpassning till byggprocessen

Projekt nr 19970192 (FORMAS)

SBUF Rapport nr: 11019

Solna 2004-11-22



Carl Johan Land

Inst.för trävetenskap
Sveriges Lantbruksuniversitet
Box 7008
750 07 Uppsala

Aime Must

AIMEX AB
Erik Sandbergsgatan 24
169 34 Solna

Innehållsförteckning

	Sidan
Förord	3
Sammanfattning	4
Inledning	5
Material och metoder	6
Resultat	9
Diskussion	17
Slutsatser	24
Litteraturreferenser	25

Förord

I denna rapport redovisas resultaten från ett projekt med titeln ”Luftburna mikroorganismer i svenska problemhus – anpassning till byggprocessen”. Projektet är finansierat av BFR (numera FORMAS) och SBUF och ingår i insatsområdet ”Det sunda huset II”.

Projektledare har varit docent Carl Johan Land vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för trävetenskap, Uppsala

Projektets Byggprocessdel har utförts av Aime Must, AIMEX AB

Projektledare på SKANSKA NYA HEM har varit Bengt Wånggren (miljöchef på Skanska Nya Hem t.o.m.2003) och Kyösti Tuutti SKANSKA International (fr.o.m 2003-09-18)
Båda har hjälpt oss med värdefulla diskussioner och råd.

Sammanfattning

Byggnadsmaterial, speciellt gipsskivor som utsätts för fukt, angrips av mikroorganismer (mögel). En mögelart, *Stachybotrys chartarum*, har visat sig vara speciellt gynnad av gipsskivans sammansättning, cellulosa (i pappkartongen), stärkelseklister och tillsatsämnen i gipsen. Mögelsvampen är mörkpigmenterad (svart) och kan producera giftiga ämnen (mykotoxiner).

Laboratieförsök gjordes med nya gipsskivor (från fabrik) och med gipsskivor hämtade från två olika byggarbetsplatser där man hanterade gipsskivorna olika. Gipsskivorna följdes upp under byggtiden, genom att kontrollera fuktigheten i inplastade "gipspaket" och i paket där transportplasten tagits bort och gipsskivorna skyddats med presenningar. Det bör påpekas att de tester som genomförts i detta projekt har utförts uteslutande på gipsskivor med pappbeklädd yta.

Prov uttogs till mikroskopering med jämna mellanrum från gipsskivorna tills etablerad mögelpåväxt var ett faktum. Mögelpåväxten var inte alltid synlig för blotta ögat.

En PCR-metod för kvalitativ detektering av *S. chartarum* har utvecklats. Universella primers (i detta fall primers som specifikt känner igen svamp-DNA) har tagits fram baserat på konserverade regioner i den stora subenheten av ribosomalt DNA. Dessutom har specifika primers utvecklats (SC1-SC6) baserade på Tri-5 genen, vars genprodukt katalyserar ett steg i biosyntesen av trichothecener (mykotoxiner).

Resultaten visar att gipsskivor som utsätts för hög relativ fuktighet i fuktkammare under en kort period (1 mån) får en etablerad mögelpåväxt.

På byggarbetsplatser möglar gipsskivor i vissa fall redan i de inplastade paketen som levereras till byggarbetsplatserna.

På ytterväggsgips kan dessutom etablerad mögelpåväxt finnas redan innan isolering och fasadputs läggs på.

På gipsskivor som monterats i våtrumsvägg kan påväxten ske successivt och kan efter en tid vara allvarligt angripna utan att det syns.

Slutsatsen i denna rapport är att gipsskivor med pappbeklädd yta är extremt känsliga för fukt och kan därför inte rekommenderas för användning i konstruktioner som kan få hög fuktbelastning dvs. i utfackningsväggar (yttrevägg) och våtrumsvägg. För successivt uppfuktade gipsskivor behövs en mycket liten förhöjning av RF för att mögelsvamparna skall börja växa. Fritt vatten behövs ej. Ett kritiskt värde på relativ fuktighet för initiering av mögelangrepp på arbetsplatslagrade gipsskivor bedöms vara 85 %. Förekomst av mögel på gipsskivor kan medföra hälsorisker till följd av mögeltoxiner. Detta medför att även torra gipsskivor som tidigare t.ex. under produktionsskedet angripits av mögel ökar riskerna för hälsoproblem hos brukaren.

Vidare kan man anta att gipsindustrins recirkulering av spill och använda gipsskivor kan medföra att toxiner på sikt ackumuleras.

Inledning

Byggnadsmaterial som utsätts för fukt över en viss kritisk nivå för ett specifikt material angrips efter en viss tid av mikroorganismer. Exponeringstiden påverkar det kritiska värdet genom att längre exponeringstid sänker tröskelvärdet. Vissa material är särskilt fuktkänsliga och angrips av olika mikroorganismer, främst svampar och bakterier. Vilka organismer som angriper olika byggnadsmaterial är inte helt undersökt ännu. Bland alla 100 000 – tals mikroorganismer är det dock ett mindre antal som normalt återfinns på byggnadsmaterial. En del cellulosahaltiga material t.ex. ytbeklädnad på gipsskivor är på grund av sin sammansättning gynnsamt för cellulolytiska mögelsvampar som kan bilda toxiska föreningar då de utsätts för fukt.

Byggnadsmaterial som utsätts för fukt under byggprocessen eller under brukartiden kan även påverka inomhusluften genom emission som kan vara i gasfas (VOC Volatile Organic Compound) eller som organiskt damm/ partiklar.

Sambanden mellan fuktiga byggnader och ökad risk för hälsopåverkan i luftvägarna anses idag vara vetenskapligt fastställt. (Bornehag 2004)

I en tidigare rapport, Land 2000 undersöktes påväxt och toxinproduktion från *Stachybotrys chartarum* på fuktskadade gipsskivor.

Mögelsvampar och luftburna sporer. Spormängden i omgivningsluften varierar under årstiderna och når de högsta halterna under sensommaren och tidig höst. Spormängder upp till 8-10 000 cfu/m³ (svampelement/m³) är inte ovanligt. Sporererna följer med luftströmmar och hamnar i inomhusluften, ventilationskanaler, krypgrunder o.s.v. Inomhus sjunker sporererna till golvet och bildar damm eller ansamlas på horisontella ytor. När sporererna är i torr miljö kan de vara i vilostadiet i många år, men i närvaro av fukt kan sporererna aktiveras och gro. Sporererna har ingen egenlukt och filtreras normalt till största delen bort från inandningsluften genom människans mekaniska försvarssystem (flimmerhår), men vid höga halter kan problem uppstå i bl.a. luftvägarna.

Det finns idag ett antal metoder för att isolera och identifiera mikroorganismer i luft. Den vanligaste utgörs av någon typ av insamling och sedan efterföljande analys, vanligen odling för släkt- och artbestämning. Generellt kan sägas att dessa metoder ofta är relativt tids- och arbetsintensiva. Odlingsresultaten är beroende av att mikroorganismerna är viabla och kan växa på medierna (dvs. grobarhet måste finnas). Dessutom är icke grobara organismer (döda) potentiellt lika toxiska som grobara.

PCR (Polymerase Chain Reaction) polymeras kedjereaktion, är en etablerad metod för att mångfaldiga specifika bitar av genetiskt material (DNA) så att analyserbara mängder erhålls. För att möjliggöra detta används korta bitar av DNA så kallade primers.

Stachybotrys chartarum, tidigare *Stachybotrys atra*, (svenskt namn pappersmögel) är en långsamt växande mikrosvamp med ett svart till svart-grönt utseende. Konidiesporerna är ellipsoida med en storlek 5-7x 8-12 µm. Svampen förekommer över hela världen på framförallt cellulosainnehållande substrat (cellulolytisk) med lågt kväveinnehåll och växer normalt endast på fuktiga substrat. En komplikation är att endast ett litet antal av sporererna är viabla vid laboratoriekultiveringar, vilket ofta leder till en underskattning av verklig förekomst vid användning av gängse metoder för analys av ex. luftprover.

S. chartarum producerar flera toxiska sekundära metaboliter (mykotoxiner) såsom trichothecenerna verrucarins, roridin E och de macrocykliska trichothecenerna satratoxin

F, G och H. Toxiciteten utgörs av hämning av RNA-DNA och proteinsyntes. Från veterinärmedicin finns ett stort antal resultat av exponering för trichothecener. I humansammanhang föreligger ett fåtal rapporter, speciellt från USA. Där har rapporterats s.k. pulmonary hemociderosis och hemorrhage (dvs. blödning i lungorna). Ett flertal fall finns rapporterade rörande barn i Cleveland, USA. Elidmir 1999.

Syftet med denna studie var att studera förutsättningarna för utveckling av mögel främst *Stachybotrys chartarum* på gipsskivor som hanteras på vanliga byggarbetsplatser, samt att studera den fuktbelastning som gipsskivor utsätts för vid transport, lagring och montage.

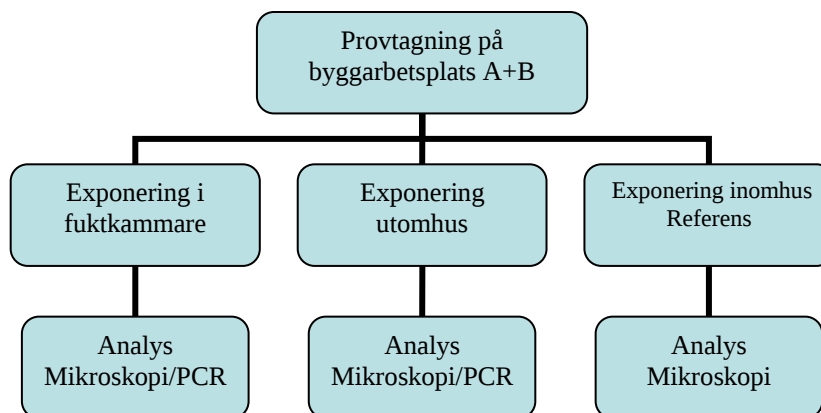
MATERIAL OCH METODER

Provningsmetodik

Generellt förfarande

Prover uttogs från byggarbetsplats A och B samt direkt från gipsskivefabrik. Proverna konditionerades dels på respektive arbetsplats för att studera hur de verkliga förhållandena påverkar skivornas resistens mot mögelangrepp dels i laboratorium vid konstant relativ fuktighet och temperatur. Samtliga prov undersöktes okulärt samt med mikroskop (direktmikroskopi) och genomgick olika analyser se fig 1

Figur 1 Schematisk skiss av provningsförfarande



Gipsskivor

Gipsskivan innehåller förutom gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), lera (kaolin), Vermiculit, kartong (returpapper) och tillsatsämnen. Skivan består till största delen av gips ca 82 %, lera 15 %, kartong 3 % samt tillsatsämnen ca 1 %. Gipsen kommer från dagbrott, industrigips samt retur-gipsskivor. Lera och Vermiculit bryts i gruvor. Kartongen tillverkas enbart av returpapper. Tillsatserna är tensider, dispergeringsmedel (bl.a. lignosulfonat), glasfibrer, majsstärkelse, polyvinylacetlim, kaliumsulfat och trinatriumcitrat. Alla undersökta gipsskivor kommer från BPB Gyproc.

Bitar av gipsskivor togs från inplastade skivpaket på två byggarbetsplatser i Stockholmsområdet. På byggarbetsplats A var det regnigt och snösmältning då gipsskivorna anlände och de lagrades på bjälklagen under stomresningen. Tidvis regnade det på paketen och väderskyddet var inte optimalt (bild 4). På byggarbetsplats B var det en "bra" byggperiod med lite regn. Gipsskivorna lagrades vid ankomsten i tält och lyftes in på bjälklagen varefter plasten togs bort och "paketen" skyddades med presenningar. Från gipspaketerna togs prover med jämna mellanrum under byggprocessen tills gipsskivorna var monterade. Prover togs både på invändig och utvändig gips. Samtliga prov direktmikroskoperades och PCR analys genomfördes med jämna mellanrum. Fuktigheten registrerades med loggers och Alfasensor fuktindikator. Instrumenten hade kalibrerats enligt tillverkarens anvisningar. Som referensprov användes bitar av gipsskivor direkt från fabrik dvs. de hade inte transporterats eller lagrats utanför fabriken utan endast påverkats av normalt inomhusklimat.

Från gipsskivorna uttogs provbitar ca 100x100 mm och hängdes in i en fuktkammare med en rel. fuktighet på ca 90 % $\pm$ 5 % och temperatur 20 $\pm$ 2° C. Fuktigheten kontrollerades med Alfasensor fuktindikator och med periodvis loggning med dataloggers. Fuktigheten varierade mellan 85 % och 95%.

Provbitarna vägdes och mikroskoperades 1 gång/månad.

Gipspaketerna på byggarbetsplatserna undersöktes med avseende på fukt och mögel under två månader (se tabell 2) För fuktmätning och indikering användes olika instrument för att jämföra värdena för fältinstrumenten. Fuktigheten registrerades med dataloggers, Alfasensor fuktindikator och Protimeter Mini fuktindikator. När plasten öppnades och gipsskivorna skulle monteras togs logger och Alfasensor fuktindikator bort och skivorna undersöktes på plats för att upptäcka ev. mögelfläckar (se bild 1 och 2)



Bild 1 Mögelfläckar på pappen (kartongen) *Bild 2* Rinningsmärken på skivorna

Direktmikroskopering

Vid analysen av mögelangrepp bedömdes påväxten/förekomsten mögelsvampar med stereomikroskop över hela provytan. Svamputbredningen på ytan bedömdes, samt i vilket stadium i tillväxten som svamparna befann sig i, sporer, hyfer, fruktkroppar mm. Därefter preparerades proven på objektglas med tejpavtryck och mjölksyra. Proven mikroskoperades i ljusmikroskop i 250-500 gångers förstoring.

Direktmikroskopering anses vara en snabb metod som inte skadar ytan för vidare exponering, provning eller annan analys.

Mikroskoperingen bedömdes enligt en skala från ingen förekomst av påväxt till riklig påväxt enligt tabell nedan. Angreppsgrad benämns antingen påväxt eller förekomst. Påväxten anger pågående eller aktiva hyfer, mycel och fruktkroppar i hela vitala strukturer.

Förekomst anger att sporer finns och hyferna är fragmenterade och delvis intorkade samt att fruktkroppar saknas delvis eller ser ut att vara äldre och intorkade.

Bedömning av angreppsgrad

Tabell 1

Angreppsgrad påväxt / förekomst	Ytutbredning	Beskrivning
Ingen	0	Det finns ingen påväxt / förekomst av svamp på materialet
Sparsam	<25%	Liten, eller mycket spridd, påväxt / förekomst < 25% av provytan
Måttlig	>25 %- <75%	Fläckvis påväxt eller spritt angrepp på mer än 25 % men mindre än 75 % av provytan
Riklig	>75 %	Riklig / kraftig påväxt / förekomst med mycel eller utvecklade konidioforer och rikligt med sporer på mer än 75 % av provytan

PCR

DNA från *Stachybotrys chartarum* och *Saccharomyces cerevisiae* frampreparerades med standardmetod. Metoden användes också för att extrahera DNA från *Saccharomyces cerevisiae* kulturer och även direkt från gipsskivepapp. Från gipsskivan skars bitar (10x10 mm) ut, som sedan sönderdelades till mindre bitar och användes i extraktionsprocessen.

Universella primers UNIF och UNIR beställdes från Amersham Pharmacia Biotech, Sverige, Land 1999. Specifika primers, SCiF-SC2R; SC3F-SC4R och SC5F-SC6R, som representerar kodade och icke-kodade regioner i Tri5-genen, erhöles från GIBCO Life Technologies, Täby, Sverige.

Taq DNA polymeras erhöles från MBI Fermentas, Vilnius, Litauen. Ett dNTP set erhöles från Advanced Biotechnologies, Epsom, England och en Progene Thermal Cycler från Techne, Cambridge, England användes för PCR-körningarna. PCR utfördes med 0,2 mM dNTPs, varierande mängder templat DNA, 0,9µM av varje primer och 2,5 enheter av Taq polymeras i buffert tillhandahållen med enzym i en total volym av 50 µl. PCR kördes i 20-30 cykler enligt standardprotokoll och annealing temperaturer varierades från 50-700°C

Beskrivning av Alfasektor fuktindikator

Alfasektor är en innovation från Chalmers som utvecklats av Alf Anderssen och den har testats på flera av SKANSKAS arbetsplatser av Aime Must. Alfasektorn består av en pappers- eller tygremsa som impregnerats med olika salter som vid en bestämd fuktighet löser ut en blå färgampull. Färgen följer med det vattenlösliga saltet och färgar tygremsan blå. När färgen väl är upplöst av det fuktiga saltet så har den färgat tygbiten och det går att läsa av hur långt färgen har vandrat. Om fuktigheten har varit över gränsen mer än 5 dygn har hela remsan färgats blå. Sensorn visar att den relativa fuktigheten har överskridits en bestämd nivå. Om fuktigheten är mindre än gränsen stannar "fuktvandringen" upp och kan fortsätta vid nästa tillfälle då fuktigheten blir högre. På så sätt är det en enkel metod att kontrollera om t.ex. ett byggnadsmaterial varit utsatt för en fuktighet > RH_{krit} under observationstiden. Sensorn fästs enkelt som en klisterlapp och kan lätt bytas ut mot en ny då den blivit blå. På klisterlappen finns plats för att anteckna startdatum och omslag/slutdatum. Fuktindikatorerna visar RF>58%, RF>75% och RF>85%.

En nackdel är att sensorn är känslig för regn/kondensvatten. Färgen löses ut helt och det blir



svårt att läsa av indikatorpappret. Med en Alfasensor på särskilt känsliga material, som t.ex. gipsskivor är det Bild 3 Alfasensor däremot lätt att kontrollera att de inte utsätts för skadlig fukt under byggprocessen.

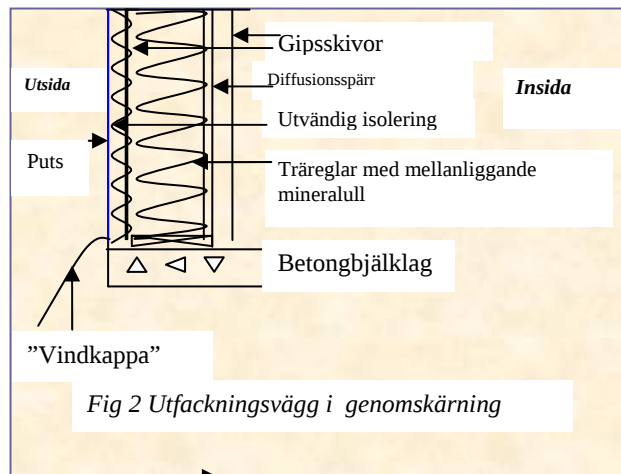
Utfackningsväggar beskrivning

Att bygga med prefabricerade lätta utfackningspartier, (se definition och skiss) har på senare tid blivit det dominerande byggnadssättet av flera orsaker:

- Det är ekonomiskt att använda prefabricerade utfackningspartier
- Byggnaden blir lättare vilket medför att grunden kan förenklas till lägre kostnad
- Det sparar mycket tid och det är lätt att montera färdiga element (bygget tar ca 1 år)
- Arbetsmiljön på arbetsplatsen förbättras genom minskat antal moment.

Lätta utfackningspartier består av icke bärande yttervägg, vägg som ofta har stomme av träreglar med mellanliggande värmeisolering samt skivbeklädnad på in och utsidorna. Utfackningsväggar är en vanlig typ av yttervägg i husbyggnader som har en bärande stomme av armerad betong eller stålpelare.

Lätta utfackningsväggar levereras oftast som färdiga element till byggarbetsplatsen där de förvaras tills montering sker. Utfackningsväggarna levereras i regel med fönster och dörrar inmonterade och med en gipsbaserad vindskena på utsidan. Nertill hänger en "vindkappa" som ska täcka skarvar till underliggande bjälklag från inträngande vatten under byggtiden. Insidan är klädd med en diffusionsspärr bestående av en polyetenfolie. Se skiss figur 2



Resultat

Arbetsplatslagrade gipsskivor

På byggarbetsplats A, karakteriserad som fuktig byggperiod, lagrades gipspaketen på bjälklagen vartefter stommen restes. Regn och snösmältning förekom och det rann periodvis ner på gipspaketen som endast skyddades av transportplasten. Gipsen lagrades i rådande väder i en månad innan de första skivorna monterades. Därefter vidtog andra arbeten såsom ledningsdragning och uppvärmning av byggnaden varvid kvarvarande skivor monterades efter ca 2 till 3 månader.



Bild 4 Byggarbetsplats A



Bild 5 Gipskivor innan montering



Bild 6 Kondens (fritt vatten) innanför plasten

Tabell 2

Byggarbetsplats A Gipsskivor levererade 2001-03-16 i inplastade högar					
Provplats	Datum	Fuktkvotsindikering	Alfasensor RF	RF med Novacina	
Trapphus 1	16/3	14-15	75 %, 85%	87%	*Kraftigt synliga missfärgningar och mögel. Kondens/fritt vatten innanför plasten. Gipsen känns "lös"
Trapphus 1	22/3	14-18	75 % 85 %	89%	Tydligt omslag på sensorn Blå färg synlig till skalstreck 0
Provplats 2	22 /3	14-17	85 %		Omslag. Mycket fuktskadad gips
Provplats 4	3/4	>25	85 % fullt utslag	85%	Ny sensor. En gipshög har krokant *
Provplats 2	3/4	14-17	Tappat färgen	77 %	Färgen är borta. Det syns ett omslag
Provplats 1	10 /4	11-15	Ny sensor. 75% och 85%	60%	Inget färgomslag *

* Många gipskivor i högarna är kantskadade och angripna av mögel.

Fuktkvotsindikering gjordes med elektrisk fuktkvotsmätare Protimeter Mini

RF-mätning utfördes med Novacina Mic 3000.

Arbetsplatslagrade gipskivor

På byggarbetsplats B var det en torr byggperiod. Det regnade mindre och gipskivorna togs om hand och lagrades i tält och lyftes in på bjälklagen efterhand. Transportplasten togs bort och gipspaketen skyddades med kraftiga presenningar.(se bild 6-9) Från gipspaketen togs prover med jämna mellanrum under byggprocessen tills gipskivorna var monterade.

Prover togs både på invändig och utvändig gips.



Bild 7 Gipspaket



Bild 8 Tält

Gipsskivorna lyftes av från lastbil och lades in i lagringstält på byggarbetsplatsen innan de lyftes in på bjälklagen

Vartefter stommen restes lyftes gipspaketen in på bjälklagen. Detta var ett kritiskt moment då skivorna kunde exponeras för regnväder och hög relativ fuktighet i flera månader



Bild 9

När skivorna lagrades på bjälklaget togs transportplasten bort och ersattes med grova presenningar. Gipsskivorna exponerades på detta sätt för mindre fukt.



Bild 10



Den utvändiga gipsskivan var utsatt för regnväder några månader innan isolering och fasadputs monterades.

Bild 11

Under byggtiden kunde man konstatera fuktrelaterade skador i form blånad på virket och mögelangrepp på gipsskiva.



Bild 12



Bild 13

Tabell 3

Byggarbetsplats B Period Maj 2003- sept 2003					
Provplats	Datum	FK/Protimeter	Alfasensor	Okulärt	Mikrobiellt
Trapphus 2	2003-08-21	14-15%	RF 75%	inget omslag	Ingen påväxt
Trapphus 2	2003-09-23	12%		inv.gips	Sparsamt med sporer och hyffragment
Trapphus 2	2003-08-21	12-14%			Ingen påväxt
Trapphus 4,	2003-05-23	12%	Nytt 75%		Ingen påväxt
Trapphus 4,	2003-06-04	10-11%		utv.gips	ingen påväxt
Trapphus 4,	2003-06-06	12-14%	Avläsning+nytt	inget omslag, regnrinningar	
Trapphus 4,	2003-06-11	12%		Inv.gips	ingen påväxt
Trapphus 4, plan 5	2003-06-23	14-15%		Inv.gips	Ingen påväxt
Trapphus 4, plan 5				utv.gips	Synlig mögel påväxt Clad, Alt + pollen
Trapphus 4, plan 7	2003-08-21	14-16%		Utv.gips	Synlig mögelpåväxt
Trapphus 4, plan 2	2003-08-21	14%		Inv.gips	Ingen påväxt
Trapphus 4, plan 2	2003-08-21	14-15%		inv.gips	Ingen påväxt
Fasad syd				utv.gips	Ingen påväxt
Trapphus 4,	2003-09-25	12-14%		inv.gips	Ingen påväxt
Provplats	Period 2003		Alfasensor	Okulärt	Mikrobiellt
Trapphus 2	aug-sept		RF 75 %	ingel omslag	Ingen påväxt
Trapphus 4	maj-sept		RF75%+85%	omslag/rinningar	Påväxt utv.gips Clad,Alt

Tabell 4 Bedömning av mikrobiell påväxt

Prov	Mikrobiell aktivitet
Trapphus 2, invändig gips efter 5 månader	Sparsam förekomst av sporer och hyffragment
Trapphus 4, Invändig och utvändig gips efter 2 månader	Ingen påväxt av mögelsvamp
Trapphus 4, plan 5 Utvändig gips efter 3 månader	Synlig påväxt av Cladosporium och Alternaria samt pollen
Trapphus 4, plan 7 Utvändig gips efter 3 månader	Måttlig påväxt av Cladosporium och Alternaria

Laboratorietestade gipsskivor

Från gipsskivorna i paketen uttogs provbitar ca 100x100mm och hängdes in i en fuktkammare (bild 14) med en rel. fuktighet på ca 90 % $\pm$ 5 % och temperatur 20 $\pm$ 2°C. I fuktkammaren fick provbitarna hänga i 6 månader och avläsning av mögelpåväxt gjordes 1 gång/månad. Provbitarna vägdes för att bestämma upptag av fukt i gipsskivan.



Fuktkammaren är utvecklad för provning av träprover enl. ASTM-metod. I vårt försök utsätts gipsskivorna enbart för relativ fuktighet > 85 % med sterilt vatten.

Fuktigheten kontrollerades med Alfasensor fuktindikator och periodvis loggning med dataloggers.

Bild 14

Arbetsplatslagrade gipsskivor som exponerades i fuktkammare

Tabell 5

Fuktkammare RF> 85% 2002						
Prov nr	start/ 0-värde	1 månad		3 månader	5 månader	viktökn.g
1	136,6		140	140,5	139,3	2,7
2	135,9		139,3	139,5	138,6	2,7
3	164		169,1	168,4	167,1	3,1
4	157,6		162,4	161,9	161,6	4
						viktökn.%
						1,9
						1,9
						1,8
						2,5

Mikrobiell påväxt efter 1 månad

Tabell 6

Prov nr	Mikrobiell aktivitet
1	Riklig fläckvis påväxt av <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Stachybotrys</i> , <i>Alternaria</i>
2	Sparsam påväxt av <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Alternaria</i>
3	Riklig fläckvis påväxt av <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Stachybotrys</i> ,
4	Riklig fläckvis påväxt av <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Stachybotrys</i> , <i>Acremonium</i> , <i>Alternaria</i>

I fuktkammaren (RF >85%) utvecklades mögelsvamparna redan efter 1 vecka (synliga svamphyfer och mycel). Efter 3-4 veckor fanns fullt utvecklade svampar. Mögelsvamparna kunde identifieras med direktmikroskopi.

Arbetsplatslagrade gipsskivor testades i kontrollerad och verklig utomhusmiljö utanför byggarbetsplatsen under samma tid som byggnaden uppfördes.

Två skivor fick hänga utomhus utan skydd för regn (nr 6 och 6f) Två skivor hängde på fasaden delvis skyddad av utskjutande tak (nr 7 och 7f) och två skivor hängde utomhus på balkong skyddad för direkt regn (nr 5 och 5f)

Utomhusexponering

Tabell 7

Utomhus april-sept 2002			regnskurar	regnskurar	regnskurar	viktökn.g	viktökn.%
Prov nr	start/0-värde		1 månad	3 månader	5 månader		
5	107,2		108,1	108,8	112,1	4,9	4,5
6	108,1		108,7	110,6	114,7	6,6	6,1
7	108,8		109,6	109,8	113,9	5,1	4,6
5f	107,1		108,0	108,8	112,1	5,0	4,5
6f	108,2		108,8	110,6	114,7	6,6	6,1
7f	108,7		109,5	109,7	113,9	5,1	4,6

Viktökningen för gipsskivorna utomhus var ca 2-3 gånger större än viktökningen i fuktkammaren.

Mikrobiell påväxt utomhusexponering i 5 månader

Tabell 8

Prov nr	Mikrobiell aktivitet
5	Sparsam till måttlig förekomst av mögelsporer och alger
6	Sparsam förekomst av mögelsporer och hyfer
7	Sparsam förekomst av mögelsporer och hyfer
5f	Måttlig förekomst av mögelsporer och hyfer
6f	Måttlig förekomst av mögelsporer och hyfer
7f	Måttlig förekomst av mögelsporer och hyfer

Utomhus utsattes gipsskivorna för det väder som rådde under provtiden. En del regnskurar förekom men mestadels var det torrt och soligt väder.

I solljus och med RF/temperaturvariationer tar det något längre tid för mögelsvamparna att utvecklas. Efter en månad fanns dock synliga mögelsporer, hyfer samt alger, vilket indikerar att laborietesterna uppvisar en tidigare etablering av mögelpåväxten. Se även RF- och temperaturdiagram utomhus under försöksperioden.

Som referens användes bitar av gipsskivor direkt från fabrik dvs. de har inte transporterats till byggarbetsplats eller lagrats utanför fabriken och har endast påverkats av normalt inomhusklimat, RH 40-60% temp 21-23°C

Inomhusexponering av gipsskivor direkt från fabrik

Tabell 9

Prov nr	start/0-värde	1 månad	3 månader	5 månader	Viktminskning g	viktminskning.%
8	107,2	-	107,2	107,1	-0,1	-0,1
9	128,4	-	128,4	128,2	-0,2	-0,15
10	126,7	-	126,7	126,4	-0,3	-0,2

Mikrobiell påväxt efter 5 månader inomhusklimat

Tabell 10

Prov nr	Mikrobiell aktivitet
1	Sparsam förekomst av mögelsporer
2	Sparsam förekomst av mögelsporer
3	Sparsam förekomst av mögelsporer

I torr inomhusmiljö utvecklades inga mögelsvampar. Sparsam förekomst av sporer anses vara normalt för byggnadsmaterial

Översta raden på bild 15 visar arbetsplatslagrade gipsskivor
Mellersta raden utomhusexponerade och den undre raden visar inomhusexponerade provbitar

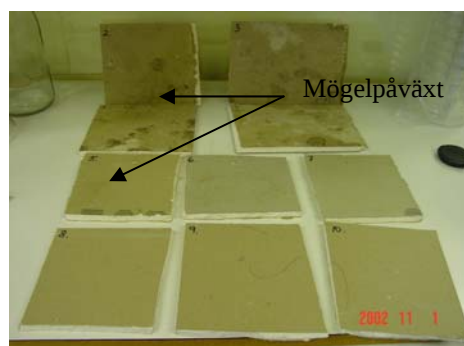


Bild 15

PCR

Som framgått av tidigare rapport (Land 2000) har DNA kunnat framställas genom en enkel procedur från olika isolat. Från satratoxin-producerande isolat och även direkt från en infekterad gipsskiva har DNA framställts. PCR med UNIF och UNIR primers, använda som positiv kontroll, genererade en specifik produkt (0.65 kb) från alla de undersökta stammarna. PCR med specifika primers SC1-SC6 gav de förväntade produkterna (0.55 kb, 0.57 kb och 1.2 kb) med DNA från toxin-producerande isolatet samt med isolatet från gipsskiva.

En kontroll med enskilda primers i dubbel konfiguration (d v s 2 x SC1F etc.) gav ingen produkt. Detta indikerar att de ovan erhållna fragmenten inte är artefakter erhållna genom icke-specifik bindning. Dessutom erhöles ingen produkt när jäst DNA användes som templat.

Agarosgel med exempel på resultat av PCR - reaktioner

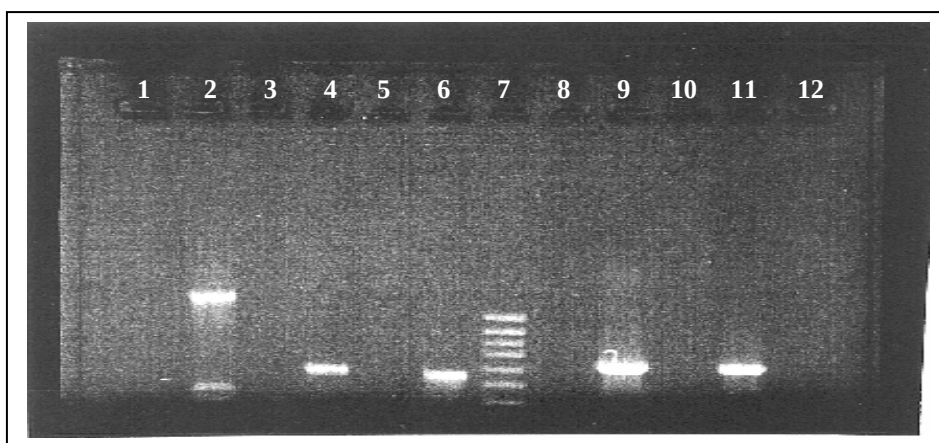


Bild 16.

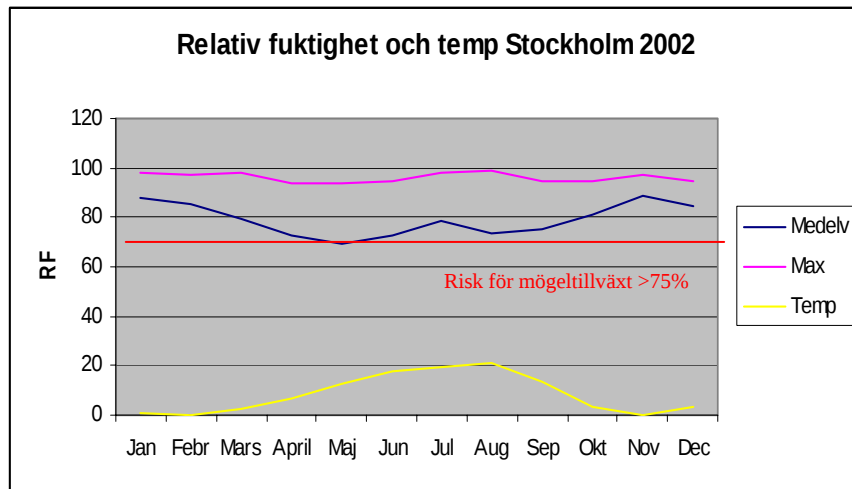
Brunn 4 och 6 visar PCR - produkt med specifika primers (SC3-SC6), brunn 7 visar storleksmarkörer och brunn 9 och 11 visar PCR - produkt med universella primers (UNIF, UNIR)

Relativ fuktighet och temperatur utomhus.

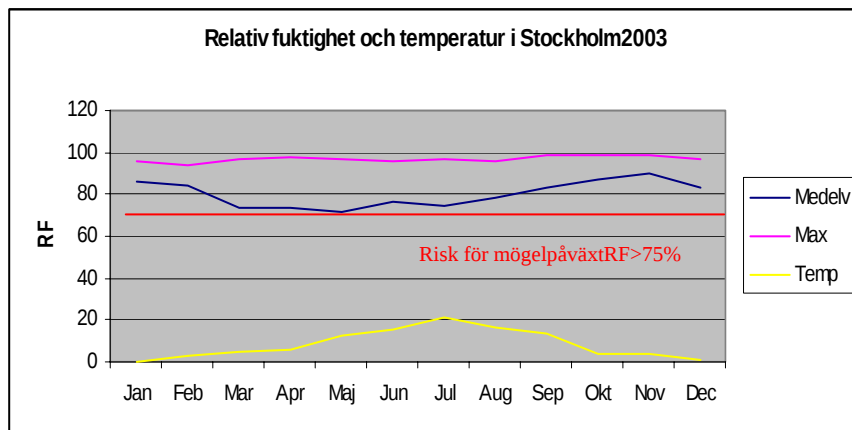
Relativ fuktighet och temperatur i Stockholmsluft visas i diagrammen nedan.

Källa: SLB analys, är en enhet inom Miljöövervakningen på Miljöförvaltningen i Stockholm.

De studerade byggnaderna uppfördes under år 2002 och 2003.



Större delen av år 2002 var medelvärde av den relativa fuktigheten > 75% (blå markering) då risk för generell mögelpåväxt råder.



Även större delen av år 2003 var medelvärde av den relativa fuktigheten > 75% då risk för generell mögeltillväxt råder.

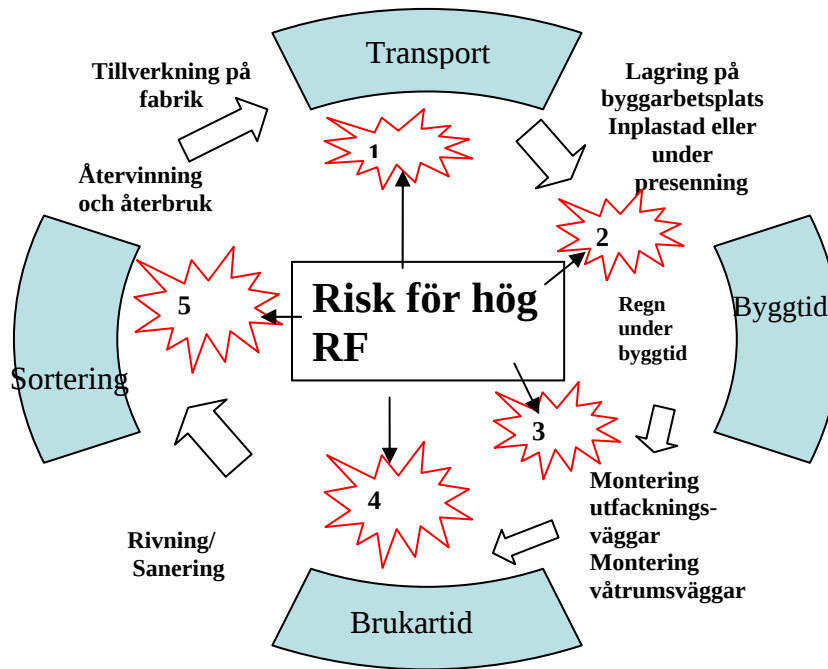
Detta faktum indikerar att risken för mögelpåväxt i utfackningsväggarna är särskilt stor under vinterhalvåret (sept-mars) då medel RF > 80-85%

Diskussion

Gipshantering

I figur 3 åskådliggörs hanteringskedjan för gipsskivor från fabrik, montering i konstruktion på byggarbetsplats och till dess att byggnaden rivs. För gipsskivor finns riskmoment dvs. fuktpåverkan från 1-5 i figuren.

Figur 3



- (1) När gipsskivan tillverkats och torkats i fabriken plastas "leveranspaketen" in med tätslutande plast. Under transporten kan paketen utsättas för regn och/eller finns det risk för kondensbildning i paketen så att de i vissa fall fungerar som "mögelkammare". På byggarbetsplats A fick man kassera flera paket (20-25 st. skivor/pkt) eftersom de var skadade av fukt och kraftigt angripna av mögel. (bl.a. *Stachybotrys chartarum*)



- (2) Under byggtiden kan det regna eller läcka vatten på gipsskivorna då de lagras på byggarbetsplatsen eller på bjälklagen. Även hög relativ fuktighet i omgivande luft (kondens) påverkar gipsskivorna negativt.

Bild 17 Hög RF och kondens i gipspaket

(3) I den färdiga byggnaden kan gipsskivor utsättas för fukt genom läckage eller genom att det används i utrymmen där det oftast råder hög luftfuktighet (RF>75%) t.ex. i våtrum och utfackningsväggar som kanske inte fungerar som avsett. Bild 18 är taget från ett 3 år gammalt duschrum i en skola. På gipsen växer rikligt med *Stachybotrys chartarum*



Bild 18

(4) Fuktskadade gipsskivor kan vara kraftigt mögelangripna och kan innehålla toxiska metaboliter. Gipsskivor som skall återanvändas hanteras dessutom i flera steg efter rivningen och de kan bli fuktskadade och mögelangripna utan att det är synligt för blotta ögat.



Bild 19

(5) Återanvändning av gipsskivor kan medföra att mögelgifter följer med i processen och eftersom toxiner är motståndskraftiga mot värme så kan det inte uteslutas att toxinerna följer med nya gipsskivor ut i byggprocessen. En stor risk finns att toxinmängden ökar med varje återvinningscykel.

Kunskapen om fukt i byggnader och problem som det medför sträcker sig ända till bibelskrifter (tredje Moseboken kap.14 v 35-48) och i Byggnadsstadgan från 1950, § 59 mom.6, där det i anvisningarna framgår att ”För undvikande av olägenheter av genom byggnadsarbete införd fuktighet, såsom mögel, svamp och dålig lukt, bör iakttas att oljemålning, tapetsering, påläggning av mattor eller därmed jämförlig åtgärd icke företages i nybyggt hus förrän detta i erforderlig mån uttorkats. För erhållande av en i möjligaste mån snabb och effektiv uttorkning av nybyggnad bör bl.a. följande iakttas. Material som är avsett att inbyggas lagras på ett sådant sätt att det icke utsätts för regn eller fukt.

I Fukthandboken (Nevander&Elmarsson 1994) står att ”Fukt kan tillföras materialen i samband med tillverkning, lagring, transport och byggproduktion” och det är anmärkningsvärt att det inte tas mer hänsyn till det på byggarbetsplatserna.

I Miljöbalken (SFS 1998:808) framhävs ”Försiktighetsprincipen” till skydd för människa och miljö. Varje byggherre och förvaltare är ansvarig för eventuella olägenheter för människors hälsa i byggnader.

När det gäller fuktkänsliga material såsom gipsskivor så är den gängse uppfattningen på byggarbetsplatserna att gipsen är behandlad och tål fukt. Denna rapport visar med tydlighet att alla gipsskivor är extremt känsliga för ”normal” relativ fuktighet och den utvändiga behandlade gipsskivan utgör inget undantag.

Det finns en tydlig skillnad i möglingsbenägenhet på gipsskivor som hämtats direkt från fabrik där de inte utsatts för fukt över normal rumsluft (RF< 20- 50%) och skivor som levererats till byggarbetsplats. Gipsskivor från byggarbetsplatser är mer möglingsbenägna

än referensproverna. Orsaken kan vara logistiken och hanteringen av gipsskivorna till byggarbetsplatserna samt även lagring och hantering på arbetsplatsen.

Fabrikanten rekommenderar att skivorna ska skyddas från fukt men i leveransen till bygget förekommer i vissa fall synlig kondensfukt och fritt vatten i gipspaketen då de levereras.



Bild 20

Olika material kan ha olika motståndskraft mot angrepp av mikroorganismer. Gipsskivor och trä är mycket känsliga material. Dessa material får inte utsättas för högre fukt än RF 85 % eller Fk >18 %. Under byggprocessen med utfackningsväggar av gips måste höga krav ställas på fuktskydd, dvs. väderskydd i form av tält eller noggrann inplastning



Bild 21

På bild 22 syns fuktränder med aktiv mögelpåväxt på insidan av den utvändiga gipsen när isoleringen demonterats.



Bild 22

I laboratorieförsök, där *S. chartarum* ympades på steriliserade gipsskivor, och utsattes för kontrollerade fuktnivåer, konstaterades att vätande var nödvändigt för att synlig tillväxt skulle kunna observeras under en 7-månaders period. Hög RF utan vätande initierade inte tillväxt, Menetrez et al, 2004.

Dessa resultat överensstämmer inte med våra iakttagelser. I våra försök med arbetsplatslagrade skivor erhöles god tillväxt på gipsskivor vid RF>85%. Någon vätning behövdes således ej för att starta tillväxten. Tidigare har det påvisats att mögelpåverkan etableras efter nerfuktning/vattenskada (Fog-Nielsen 2002) men denna undersökning visar att det räcker med kontinuerlig hög RF på arbetsplatslagrade gipsskivor. Å andra sidan kan dessa skivor ha utsatts för extremt hög fuktbelastning på byggarbetsplatsen innan laborieprovning.

Toxiner

Att mykotoxiner och speciellt satratoxiner från *S. chartarum* återfinns i sporer finns belagt av Gregory et al, 2004. I denna studie konstaterades att satratoxin primärt återfinns i sporena och därefter i svampens övriga delar (med förhållandevis liten förekomst i hyfer). Detta befäster ytterligare vikten av att inandning av sporer kan leda till exponering för toxiner och ev. hälsoproblem. Förutom rent allergiska reaktioner har *S. chartarum* diskuterats i många andra sammanhang rörande olika former av respiratorisk påverkan, Hossain et al, 2004.

Mykotoxiner har påvisats i sporer även från andra arter än *S. chartarum*. Ex. är *Alternaria alternata* (alternariol), *Aspergillus fumigatus* (fumitremorgen, verruculogen) och *A. flavus* (aflatoxin) Sorenson, 2001; Land et al, 1994. Det har visats att mykotoxiner kan frigöras från yttre delen av sporer med en vattenlösning (Karunasena 2004). Stachybotrys kolonier utsöndrar vanligen polysackarider ("slem") vid tillväxt. När tillväxten avtar och upphör torkar dessa polysackarider ut och sporer kan då frigöras t.ex. genom luftströmning eller vibrationer. Dessutom kan mykotoxiner adsorberas till andra partiklar (än sporer) vid uttorkning och även på så sätt bli luftburna. Detta kan vara viktiga mekanismer för frigörande av sporer och mykotoxiner till luft. Vanligen är ju sporhalten av *S. chartarum* låg i luft, men vid renovering och sanering kan mycket höga spormängder frigöras och spridas

PCR och mykotoxiner

Resultaten visar att det är möjligt att diskriminera mellan de toxin-producerande isolaten och de icke-toxinproducerande isolaten av *S. chartarum* genom att använda specifika primers SC1-SC6. Ytterligare försök behövs dock göras för att med säkerhet bekräfta detta. Ett positivt resultat (d.v.s. som ger en definierad PCR-produkt) betyder att det aktuella isolatet har den genetiska kapaciteten (dvs. att den behövliga genen finns) att syntetisera trichothecener, men det utgör inget bevis för produktion av toxiner. Det är tänkbart att icke-toxinproducerande isolat kan ha förlorat en eller flera av generna nödvändiga för toxinproduktionen.

I en utredning från Centers for Disease Control, USA anser man att kopplingen mellan exponering för *S. chartarum* toxiner och sjukdomssymptom ej är styrkt (CDC 2000) Nyare taxonomiska studier har påvisat två fylogenetiska linjer inom *S. chartarum* (Koster, 2003). Dessa sammanfaller troligen med de två kemotyper, som beskrivits av Andersen, 2003. Kemotyp S producerar makrocykliska trichothecener, satratoxiner och roridiner medan kemotyp A producerar atranoner och dolabellaner. Dessa kemotyper skiljer sig inte morfologiskt och följaktligen måste alla *S. chartarum* isolat betraktas som potentiella satratoxin producenter.

Tidigare arbeten där man har kunnat påvisa satratoxiner isolerade från gipsskivor inkluderar Andersson (1997), vattenskadad gipsskiva från ett daghem; Nielsen (1998 a) vattenskadad gipsskiva från skola och bostadshus i Köpenhamn. Nielsen (1998b) påvisade trichothecener av verrucaroltyp (troligen satratoxin G och H) i fyra av fem isolat av *S. chartarum* växande på gamla och nya gipsskivor. Vidare har Tuomi et al (2000) påvisat satratoxin G och H i 5 prov bestående av cellulosa eller gipsskivor. Gravesen et al (1999) i Danmark fann att 4 av 5 undersökta isolat av *S. chartarum* producerade satratoxin G och H när de undersökte både nya och gamla gipsskivor, vilka var mycket fuktiga. Nielsen et al (2000) undersökte tillväxt av ett antal mögelsvampar på byggmaterial vid olika luftfuktighet.

I Finland har Tuomi et al (2000) funnit trichothecener i 15 prov (av totalt 79 undersökta) i möjligt material inomhus varav 5 innehöll satratoxin G och H.

Yang et al (2000) konstaterar i djurförsök att satratoxiner är de mest cytotoxiska av trichothecenerna och att satratoxiner påverkar immunsystemet så att detta nedsättes (genom s.k. apoptosis d.v.s programmerad celldöd).

Förekomst av *S. chartarum* i patienters hemmiljöer korrelerar med rapporterade problem. (Mahmoudi 2000).

Några studier har genomförts av mögelpåväxt på gipsskivor. Nielsen et al, 1999 ympade ett flertal svampar (dock ej *S. chartarum*) på gipsskivor. Ett flertal toxiska metaboliter kunde isoleras. I en annan studie av Nielsen et al, 1998a isolerades makrocycliska trichothecener (troligen satratoxin G och H) från gipsskivor i en skola, kraftigt påväxta med *S. chartarum*. I laboratorieförsök, där gipsskivor inokulerades med *S. chartarum* påvisades också trichothecenmykotoxiner (verrucarol), Nielsen et al, 1998b. Således är det klart konstaterat att mykotoxiner produceras på gipsskivor infesterade med *S. chartarum*. Detta gäller både i laboratorieförsök och under verkliga förhållanden i huskonstruktioner. Den kritiska faktorn som behövs är fukt. Utan fukt ingen tillväxt och ingen mykotoxinproduktion.

En viktig komplikation är att det saknas en eller flera biologiska markörer för *S. chartarum* mykotoxiner vid exempelvis humanexponering. Detta medför att det inte finns något mätbart samband mellan exponering och sjukdom. Metabolismen av satratoxiner är inte tillräckligt känd för att man i nuläget ska kunna identifiera nedbrytningsprodukter i ex. kroppsvätskor. Förhoppningsvis kommer framtida forskningsinsatser att klarlägga dessa samband.

Allmänt om övriga svampar som förekommer på gipsskivor i denna undersökning.

Cladosporium är den allra vanligaste luftburna mögelsvampen i den tempererade zonen. Maximalt antal brukar uppmätas i juli-augusti. Astma och allergier är de hälsoproblem som brukar vara kopplade till denna svamp. *Cladosporium* kan uppta de mest varierande nischer, såsom kylförvarade livsmedel, textilier, papper, betong, trä, målade ytor. Den påträffas ofta i våtrum/badrum eller i kylrum och i fönsterkarmar, där det bildas kondens. *Chaetomium* är en sporsäcksvamp (ascomycet) som rätt ofta påträffas i fuktskadade hus. Den finns ofta tillsammans med *Stachybotrys* på blöt gipsapp. Den är cellulosa-nedbrytande och förekommer naturligt i jord (t.ex kompost), där den bryter ner växtmaterial.

Alternaria (svartmögel) förekommer i likhet med *Cladosporium* ofta i uteluften, som mest på sensommaren. De stora sporererna fångas lätt upp i näsa, mun och övre luftvägar och ger allergi(hösnuva och astma). I vattenskadade byggnader har *Alternaria* påträffats på bl.a gipsskivor, golvmattor, textilier och fönsterkarmar.

Aspergillus (borstmögel) är ett stort släkte omfattande ca 180 arter. *Aspergillus* är dock en vanligt förekommande saprofyt (lever på dött, organiskt material) som finns överallt omkring oss i jord och luft. Onormalt höga halter *Aspergillus*sporer i inomhusluft jämfört med utomhusluften kan vara tecken på fuktskada i byggnaden. En vanlig förekommande art i samband med fuktskadat material inomhus är *Aspergillus versicolor*. Den producerar ofta luktande metaboliter som ger "jordkällarlukt" och kan också bilda mykotoxin (sterigmatocystin).

Penicillium (penselmögel) är liksom *Aspergillus* ett stort släkte (över 150 arter) vars representanter är vanliga överallt i vår omgivning, i luft, vatten, husdamm osv. *Penicillium* är också en av de vanligaste mögelsvamparna som man hittar på fuktskadat material inomhus. Till skillnad från *Aspergillus* vill de flesta *Penicillium*-arter ha det fuktigare och svalare i sin omgivning.

Acremonium förekommer i jord och vatten och inte sällan associerad till växter och deras nedbrytning. Inomhus har den påträffats på diverse fuktiga material t.ex gipsskivor, mattor och fuktiga källarväggar (Gravesen 1994).

Sanering av mögelangripna gipsskivor

Gipsskivor som utsatts för fukt och angripits av mögel måste förr eller senare tas bort ur byggnaden. På byggarbetsplatsen river byggnadsarbetare "svarta" gipsskivor utan att vara medvetna om riskerna med att inandas toxiska mögelsporer och organisk damm.

I våtrumsväggar av gips och kakel är det inte ovanligt med mögelpåväxt redan efter 3-5 år efter inflyttning eller ombyggnad. Omfattande skador har även konstaterats i ytterväggskonstruktionen (utfackningsväggar) med gipsskivor.

Vid saneringen frigörs stora mängder sporer och damm och saneringen måste utföras med stor hänsyn till den egna exponeringen och spridning av toxiska fragment (damm).

Arbetsmiljöverkets föreskrift AFS 1997:12; Biologiska ämnen, AFS 1998:6; Trämögel kan tillämpas för att förebygga ohälsa i arbetsmiljön samt visa hänsyn till omgivande miljö.

En rekommendation kan vara att

- Avgränsa saneringsområdet med t.ex. plast
- Skapa ett undertryck i saneringszonen
- Använda engångsoverall och andningsskydd klass P3
- Använda luftrenare med partikelfilter < 1µm
- Packa mögliga gipsskivor i tättslutande plastsäckar och destruera avfallet
- Städa av och dammsuga ytorna med industridammsugare med partikelfilter <1µm

Utfackningsväggar

Fukten är en kritisk faktor i byggprocessen. Enligt BBR (Boverkets byggregler) ställs krav på fuktdimensionering av byggnadskonstruktioner.

Fuktdimensionering betyder att *"alla åtgärder i bygg-och förvaltningsprocessen som bidrar till att säkerställa att en byggnad inte får skador eller olägenheter som direkt eller indirekt orsakas av fukt"* (Sandin K, 1998)

Byggbranschens krav angående fukt i betong är att mätningar skall utföras av auktoriserade fuktkontrollanter. Byggherren utser en kvalitetskontrollant. Miljöprogram upprättas osv. Trots dessa försiktighetsåtgärder händer det att utfackningsväggarna får rivas och byggas om för att de är angripna av mögel- och blånadssvampar. Ibland redan innan brukarna har flyttat in och i vissa fall upptäcks skadorna först i efterhand. Det kan knappast vara ekonomiskt försvarbart att riva ner och bygga om väggarna två gånger innan garantitiden går ut. Flera exempel finns såsom skandalen i Hammarby Sjöstad, Bo 01 i Malmö, Annebergs sjukhem m.fl. som uppmärksammas i massmedia och det är sannolikt inte de sista skadorna i denna byggnadsdel. Detaljutformningen av dessa utfackningsväggar har så många "riskmoment" att det kräver omfattande åtgärder för att säkerställa funktionen under brukartiden. Vägghkonstruktionens robusthet kan ifrågasättas med avseende på miljömålen "ett hållbart byggande". Experimentellt nåddes fibermättnad för trävirke bara 2-3 dagar efter regn och vid demontering av konstruktionen hade det börjat mögla på gipsen efter kort tid (Grönås 2002)

I skadeutredningar är det frekvent förekommande att mögelskador finns på materialen i utfackningsväggar. Dessutom har man ofta konstaterat att stora vattensamlingar på bjälklagen ger höga fuktbelastningar på utfackningsväggarnas nedre sektioner.

TRÄ

Det trä som idag används till reglar i utfackningsväggar kan vara angripet av mikroorganismer. Det beror på att man allt för ofta väljer trä av sämre kvalitet och enligt hus AMA är det tillåtet att använda träreglar med "blånad". Vad beställaren inte vet är att "blånad" är mögelangripet virke och sådant borde inte byggas in i fuktkänsliga konstruktioner. Det är ingen botanisk skillnad på mögelsvamp eller blånadssvamp. Den riktiga benämningen borde vara "mörkpigmenterat mögel" (*Dematiaceous hyphomycetes*). Ett annat problem med dagens virke är att det lättare angrips av ytliga mikrosvampar än tidigare. Detta beror på att torkning av virke idag utförs vid högre temperatur än tidigare. Det i sin tur medför att vedens vattenlösliga näringsämnen anrikas på ytan och vid tillförsel av ny fukt utgör en alldeles utmärkt start för mögelsvampar. (Källa: SLU, Skogsfakta 2003)

Sådant virke är extra känsligt för uppfuktning (kritisk $F_k < 15-16\%$). Under byggtiden kan fuktkvoten i utfackningsväggarnas träreglar stundtals vara $> 18-20\%$.

På sådant virke sker mögeltillväxten mycket fort. Efter ca 5-7 dagar finns synliga mögelhyfer utvecklade och en liten "blånad" kan utvecklas från ett litet obetydligt angrepp till kraftiga svarta partier. Vid längre tids uppfuktning kan även aktinomyceter tillväxa på t.ex syllen och orsaka "mögellukt". Med noggrann egenkontroll och med stickprovsvis direktmikroskopering kan det lätt avslöjas om träet har mikrobiell påväxt



Bild 23. Angripen trärege i nyproduktion

GIPSSKIVA

Gipsskivan är sannolikt det mest frekvent använda byggnadsmaterialet näst efter betongen i våra moderna byggnader. Tyvärr hanteras gipsskivan mycket hänsynslöst ur fuktsynpunkt. Vad som med stor tydlighet är inpräntat i alla på bygget är att gipset "torkar" och "tål" fukt. Gips blir fort våt och torkar långsamt. Dubbla skivor torkar ännu långsammare.

När gipspaketet anländer till byggarbetsplatsen omsorgsfullt inlindat i plast så tror man att det är skyddat. Man lägger inte märke till den kondens som bildas i paketet.

Ironiskt sett har man skapat ett alldeles utmärkt substrat för en av byggbranschens värsta mögelsvampar *Stachybotrys chartarum*. Inget annat byggnadsmaterial blir så lätt angripet av detta "svarta" mögel, vars svenska namn är "pappersmögel" som just gipsskivan. Svampen angriper kartongen/pappen på gipset och en gynnsam faktor är stärkelseklistret som kartongen limmas med.

Utfackningsväggarna kan stå med oskyddad gipsskiva i 5-7 månader innan utvändigt isolering och puts läggs på. Under den tiden hinner mögelsvamparna angripa material och om ingen kontroll sker byggs detta in och kommer inte att vara inspekterbart. Inspektionen kan då endast utföras från insidan med stor olägenhet för brukarna.

ISOLERING

Färdiga utfackningselement med isolering och diffusionsspärr är extremt känsliga för regnväder. När regnvatten tränger in i isoleringen så kan det inte torka ut naturligt eftersom diffusionsspärren hindrar uttorkningen inåt och gipsskivan utåt. Fukten innesluts i utfackningepartiet. I tidigare observationer har man konstaterat att det inte är möjligt att

avfukta väggar eftersom svamptillväxten är snabbare och genererar skador innan avfuktningen är klar. Rekommendationen är att ta bort all isolering och byta ut angripna delar. I blöt isolering kan det dessutom växa rikligt med bakterier (aktinomyceter, m.fl) som gynnas av de processoljor som finns i isolering och som fungerar som näringsämnen.

PUTS

Fasader består ofta idag av tunn kalkcementputs på mineralull. I ett flertal nybyggda objekt har kraftig mögelpåväxt upptäckts en kort tid efter uppförandet och efter ett par år måste fasaderna åtgärdas. Påväxt av mikroorganismer på fasader har i och för sig alltid förekommit men det är frekvent förekommande i nybyggda fasader med utvändigt isolering. Orsaken till detta är ännu inte utrett men hypoteserna kan vara.

- Ytskikten är mer ”miljövänliga” utan biocider
- Dagens välisolerade väggar är fuktigare
- Den arkitektoniska fasadutformningen gynnar påväxt
- Det finns mer föroreningar i luften
- Klimatet har blivit varmare och fuktigare

I en pilotsudie av Kenneth Sandin, LTH 2002, undersöktes mögelpåväxten på mineraliska fasader och slutsatsen i den undersökningen var att

” puts på isolering är mer känslig för mikrobiell påväxt än fasader med massiva murverk”

Slutsatser

Paketering av gipsskivor i tät plast medför risk för kondens och hög relativ fuktighet som kan initiera mögelangrepp innan skivorna monterats. Det krävs en bättre hantering av skivorna från fabrik och bättre anvisningar om hur de skall lagras på arbetsplatserna. Med beaktande av resultaten att gipsskivor har ett tröskelvärde på ca 85 % relativ fuktighet, för att initiera mögelangrepp avråds byggsektorn för användning av dessa skivor i fuktiga utrymmen såsom våtrum, i utfackningsväggar, som vindskivor eller annan utomhusexponering.

Studien visar dessutom att fritt vatten inte behövs för start av tillväxten av mögelsvampar (bl.a *Stachybotrys chartarum*) på gipsskivor. För successivt uppfuktade gipsskivor behövs en mycket liten förhöjning av RF för att mögelsvamparna skall börja växa.

Omgivningsfuktigheten (t.ex. RF i Stockholmsluft) är över kritisk RF för generell mögeltillväxt största delen av året vilket ofta orsakar mögelpåväxt på utfackningsväggarnas gipsskivor.

Litteraturreferenser

Andersen,B., Nielsen, K.F., Thrane,U., Szaro, T., Taylor, J.W. and Jarvis, B.B. Molecular and phenotypic descriptions of *Stachybotrys chlorohalonata* sp. nov. and two chemotypes of *Stachybotrys chartarum* found in water-damaged buildings. *Mycologia* 95:1227-1238, 2003.

Andersson, M.A.; Nikulin, M.; Kõljalg, U. et al. Bacteria, molds and toxins in water-damaged building materials. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:387-393 1997

Arbetsmiljöverket, Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1997:12 Biologiska ämnen

Arbetsmiljöverket, Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1998:6 Biologiska ämnen

Boverket, Boverkets Byggregler, BBR 1999. (BFS 1993:57)

C. G. Bornehag, Sundell, J., Bonini, S., Custovic,A., Malmberg, P. et al. Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects. *Indoor Air* 14:243-254, 2004.

Bridge,P.D. et al Applications of PCR in Mycology CAB International, United Kingdom, 1998.

From the Centers For Disease Control and Prevention; Update: Pulmonary Hemorrhage/Hemosiderosis Among Infants—Cleveland, Ohio, 1993-1996. *JAMA* 283: 1951 – 1953, 2000.

Elidemir, O.; Colasurdo, G. N.; Rossman, S.N. and Fan, L.L. Isolation of *Stachybotrys* from the lung of a child with pulmonary hemosiderosis. *Pediatrics* 104:964-966 1999.

Fog-Nielsen K., Mould growth on building materials. Thesis, DTH, 2002.

Gravesen, S., Frisvad, J.C. and Samson, R.A. Microfungi, Munksgaard, 1994.

Gravesen, S.; Nielsen,P.A., Iversen,R. and Nielsen, K.F. Microfungal contamination of damp buildings-examples of risk constructions and risk materials. *Environ. Health Perspec.* 107 Suppl. 3:505-508 1999.

Gregory, L.; Pestka,J.J.; Dearborn, D.D. och Rand, T.D. Localization of Satratoxin-G in *Stachybotrys chartarum* spores and spore-impacted mouse lung using immunocytochemistry. *Toxicologic Pathway* 32:26-34, 2004.

Grönås O; Fuktsäkra ytterväggskonstruktioner med lätta byggsystem. Examensarbete 315. KTH 2002

Hossain, M.A.; Ahmed,M. och Ghannoum, M.A. Attributes of *Stachybotrys chartarum* and its association with human disease. *J. Allergy Clin. Immunol.* 113:200-208, 2004

- Karunasema, E.K., Cooley, J.D., Douglas, D.R. and Straus, D.S. Protein inhibition by *Stachybotrys chartarum* conidia with and without the mycotoxin containing polysaccharide matrix. *Mycopathologia* 158:87-97, 2004
- Koster, B., Scott, J., Wong, B., Malloch, D. and Straus, N. A geographically diverse set of isolates indicates two phylogenetic lineages within *Stachybotrys chartarum*. *Can. J. Bot.* 81:633-643, 2003
- Kungliga Majestät; Byggnadsstadgan 1950
- Land, C.J. Giftig mögelsvamp identifieras med ny molekylärbilogisk metod (PCR). *Byggforskning* 1:26, 2000.
- Land, C.J.; Must, A. Detection and identification of *Stachybotrys chartarum* from damp gypsum boards by the polymerase chain reaction (PCR). *Proceedings Indoor Air '99*, Edinburgh, Scotland, 4:939-941, 1999.
- Land, C.J. och Must, A. Mikroorganismer. Luftburna mögelsvampar och mykotoxiner i svenska problemhus, del I. Slutrapport till Byggforskningsrådet, 2000.
- Land C.J., Must A., Högberg, N. Identification of fungi, especially *Stachybotrys chartarum* from gypsum boards, by means of PCR and sequencing of ribosomal DNA *Indoor and Built Environment* 12: 227-229 2003.
- Land, C.J., Rask-Andersen, A., Lundström, H. e al. Tremorgenic mycotoxins and gliotoxin in conidia of *Aspergillus fumigatus*. In R.A. Samson, B. Flannigan et al (eds) "Health Implications of Fungi in Indoor Environments" Elsevier, Amsterdam, pp. 307-315, 1994.
- Mahmoudi, S. and Gershwin, M.E. Sick building syndrome. III *Stachybotrys chartarum*. *J. Asthma* 37:191-198 2000.
- Menetrez, M.Y., Foarde K., K. and Webber T.D, et al. Growth response of *Stachybotrys chartarum* to moisture variation on common building materials. *Indoor and Built Environment* 13: 83-187 2004.
- Miljöbalken (SFS 1998:808)
- Must, A., Möller, T. and Land, C.J. *Stachybotrys atra* in sick buildings. *Proceedings Indoor Air '96*, Nagoya, Japan, 1:1121-1123, 1996.
- Must A; Utfackningsväggar – en riskkonstruktion? *Bygg & Teknik* 2/2004.
- Nevander & Elmarsson; *Fukthandbok*. AB Svensk byggtjänst 1994
- Nielsen, K.F.; Thrane, U.; Larsen, T.O. et al. Production of mycotoxins on artificially inoculated building materials. *Int. Biodet. Biodegr.* 42:9-16 1998a.
- Nielsen, K.F.; Hansen, M.O; Larsen, T.O. and Thrane, U. Production of trichothecene mycotoxins on water damaged gypsum boards in Danish buildings. *Int. Biodet. Biodegr.* 42:1-7 1998b.

Nielsen, K.F.; Nielsen, P.A. and Holm, G. Growth of moulds on building materials under different humidities. *Proceedings of Healthy Buildings* 3:283-288 2000.

Nielsen K.,F, Gravesen S, Nielsen P.,A. et al. Production of mycotoxins on artificially and naturally infested building materials. *Mycopathologia* 145: 43-56 1999

Sandin K; Fuktdimensionering ger fuktsäkrare byggnader. Byggeforskningsrådet och Boverket 1998.

Sandin K; Mögelpåväxt på mineraliska fasader. LTH Byggnadsmaterial 2002/3107.

Sorenson, W.G. Occupational respiratory disease: Organic dust toxic syndrome. In B. Flannigan, R.A. Samson, J.D. Miler (eds) "Microorganisms in Home and Indoor Environments" Taylor and Francis, New York, pp. 143-153, 2001.

Terziev N, Bardage S, Land CJ; Anrikning av näringsämnen vid virkestorkning ökar risken för mögelskador. Fakta Skog nr.5 2003, Inst. för trävetenskap, SLU

Tuomi, T.; Reijula, K.; Johansson,T. et al. Mycotoxins in crude building materials from water-damaged buildings. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:1899-1904 2000.

Yang, G.H.; Jarvis, B.B.; Chung, Y.-J. and Pestka, J.J. Apoptosis induction by the satratoxins and other trichothecene mycotoxins: relationship to ERK, p38 MAPK, and SAPK/JNK activation. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 164:149-160 2000.