Mug er smuk

- men ikke på dine vægge

Foto: Birgitte Andersen

Sommerens skybrud og oversvømmelser har gjort svampeproblemer i bygninger ekstra aktuelle.

Af Birgitte Andersen

■ Mad kan mugne, men det kan bygninger vel ikke? Jo, det kan de faktisk.

Mug er en fællesbetegnelse for forskellige skimmelsvampearter, der ses som gule, grønne eller sorte plamager på både madvarer og bygningsmaterialer. Der skal blot vand eller høj fugtighed til for at få skimmelsvampene til at vokse, for skimmelsvampenes sporer (der kan sammenlignes med planternes frø) er der allerede – de blæser nemlig rundt i luften ligesom pollen og støv. Også den mad, skimmelsvampene skal leve af, er der. Alle slags materialer, der indeholder kulhydrater, kan nedbrydes af skimmelsvampe, så snart de bliver fugtige eller våde. Det gælder rugbrød, der indeholder stivelse, og tapet, der indeholder cellulose. Allerede



Foto: Birgitte Andersen

Skimmelsvampevækst når det er værst. Skybruddet i juli 2011 resulterede i en kælder fuld af vand og kloakslam hos en kollega. Spånpladerne sugede vandet op og de skimmelsvampe, der allerede var på spånpladerne, begyndte at vokse.

i bondestenalderen vidste man, at korn mugner, hvis man ikke holdt det tørt. Det samme gælder for en bygning!

Vand og fugt i bygninger

Der er mange årsager til, at bygninger bliver fugtige og mugner. De kan være dårligt bygget eller vedligeholdte, så regn kan sive ind. Eller der kan ske ulykker, såsom sprængte vandrør eller oversvømmelse, der får vand til at løbe ind. Men det har også betydning, hvordan man opfører sig i bygningen. Hvis hele familien tager lange varme brusebade eller tørrer al deres vasketøj indendørs, kan luftfugtigheden stige så meget, at det giver en muggen bolig.

Luft indeholder vanddamp i varierende mængde afhængig af temperaturen. Jo varmere luften er, jo mere vanddamp kan den indeholde. Sætter man et glas isvand på bordet en fugtig-varm sommerdag, kan man se luftens fugt kondensere på glassets sider og løbe ud på bordet. Luft, der er 20 °C, kan maksimalt indeholde 17,2 g vand/m^3, og så siger man, at luftens relative fugtighed er 100 %.

Luft, der er -5 °C, indeholder kun 3,2 g vand/m^3 ved 100 % relativ fugtighed (se diagram). Det vil sige, at når luft afkøles, stiger den relative fugtighed, og når denne bliver 100 %, dannes der kondens eller dug. Skimmelsvampe behøver ikke 100 % relativ fugtighed for at kunne vokse. Når en væg med savsmuldstapet har absorberet fugt svarende til 75 % relativ fugtighed, er den fugtig nok til at de første skimmelsvampe kan begynde at vokse frem. Jo mere fugt, jo hurtigere vokser skimmelsvampen.

Global opvarmning og klimaændringer kan også komme til at spille en rolle for, hvor stort et problem svampevækst i bygninger vil blive. Ikke nok med at vi i Danmark måske får højere luftfugtighed og kraftigere regn, vi skal også spare på energien. Nogle skruer måske ned for varmen, andre stopper en klud i ventilationskanalen. Det bliver en udfordring at undgå skimmelsvampevækst indendørs, fordi vi ikke kun skal tage hensyn til, hvordan vi bygger og hvilke materialer vi vælger, men også hvordan vi opfører os i vores bygninger.

Svampe er små kemifabrikker

Der er mange gode grunde til at undgå skimmelsvampevækst i bygninger. Skimmelsvampene kan misfarve og nedbryde de materialer, de vokser på. Når de nedbryder materialerne, kan der frigives flygtige stoffer fra materialerne som f.eks. formaldehyd eller toluen, men skimmelsvampene selv kan også danne og frigive flygtige stoffer som f.eks. geosmin eller 2-methyl-isoborneol, der giver den karakteristiske lugt af "fugtig kælder" eller "gammelt sommerhus". Forskellige skimmelsvampearter producerer forskellige flygtige stoffer, og man mistænker disse flygtige stoffer for at kunne give hovedpine, hud-udslæt og irriterede slimhinder.

Når skimmelsvampene har vokset sig kraftige, begynder de at danne sporer, som spredes til omgivelserne. Det samme gør ældre dele af selve svampen. Sporerne og hyferne indeholder forskellige glycopeptider, der kan give allergi, og β-glucaner, der kan påvirke immunforsvaret. Alle skimmelsvampearter indeholder disse stoffer og kan derfor give allergi, hvis man udsættes for dem i længere tid.

Derudover kan skimmelsvampe danne mange forskellige faste stoffer, som de enten sender ud omkring hyferne eller overtrækker (coater) deres sporer med. Disse stoffer har en biologisk funktion for svampen i det miljø, de produceres i (f.eks. beskyttelse af sporerne mod insekter), og kan være mere eller mindre giftige overfor mennesker og andre dyr. De mest giftige svampestoffer kalder vi mykotoksiner og mange af dem har vist sig at være kræftfremkaldende, når vi indtager dem gennem føden. Forskellige skimmelsvampearter producerer forskellige mykotoksiner, der kan have forskellige helbredseffekter på mennesker.



Foto: Birgitte Andersen

Efter det store skybrud i august 2010 blev forfatterens egen kælder fyldt med vand. Vandet blev skovlet ud i løbet af den næste dag, men alligevel havde fotoalbummene på hylderne absorberet den fugtighed, der var i luften, og 6 måneder senere var alle papsider angrebet af skimmelsvampen Chaetomium globosum.

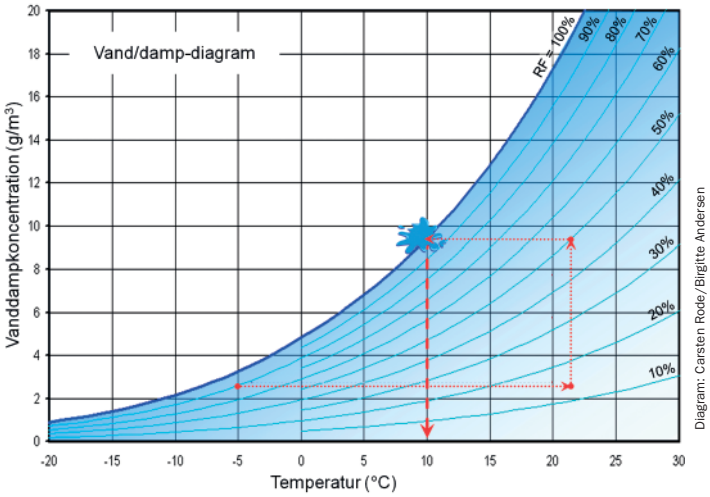


Diagram: Carsten Rode/Birgitte Andersen

Diagram, der viser koncentrationen af vanddamp ved forskellige temperaturer. På en vinterdag, hvor udetemperaturen er -5 °C og den relative luftfugtighed (RF) er 80 %, vil luften indeholde 2,6 g vand/m^3. Lufter man godt ud, vil RF indendørs falde til ca. 15 %, når udeluften er blevet 21,5 °C. Efter et langt brusebad stiger RF i huset til 50 % (= 9,5 g/m^3). Huset har en ydervæg uden isolering, der ikke er mere end 10 °C, hvilket resulterer i at der dannes kondens på væggen.

Skimmelsvampenes taksonomi og nomenklatur

Traditionelt blev svampe (storsvampe, skimmelsvampe og gær) klassificeret i planteriget (Plantae) – de bevægede sig jo ikke – men først i 1800-tallet erkendte man, at de ikke var planter. Svampene fik deres eget rige i 1950'erne, og kaldes i fagterminologien Mycota (græsk) eller Fungi (latin). Svampe er eukaryoter lige som planter og dyr, og DNA-analyser har vist, at svampe faktisk er tættere beslægtet med dyr end med planter. Langt de fleste skimmelsvampe har, i modsætning til storsvampene, ikke danske navne. Man bruger derfor skimmelsvampens latinske dobbeltnavn, hvor den første del er slægtsnavnet (f.eks. *Penicillium*) og sidste del er artsnavnet (f.eks. *chrysogenum*). De latinske navne skrives altid i *kursiv* og forkortes ofte (f.eks. *P. chrysogenum*), når det nævnes efterfølgende.

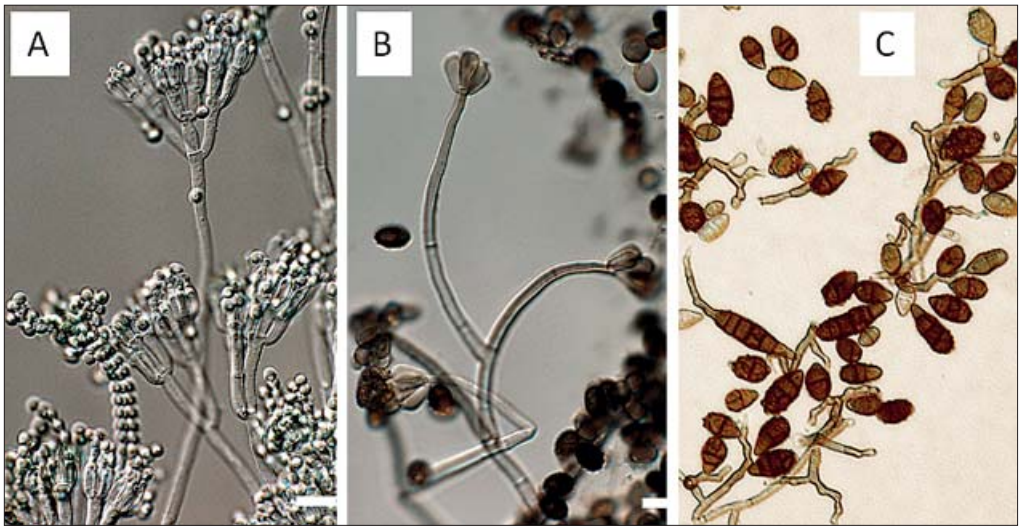


Foto: Fra bogen Food & Indoor Fungi

Figur 4. Penicillium chrysogenum *har runde, farveløse sporer, der dannes i lange kæder (4A),* Stachybotrys chartarum *(4B) danner encellede, sorte ovale sporer i slimdråber og* Ulocladium alternariae *(4C) har flercellede brune sporer, der sidder enkeltvis. Skimmelsvampene er vist i det samme størrelsesforhold.*

Skimmelsvampenes opbygning

Storsvampe og skimmelsvampe består af rørformede celler (hyfer), der tilsammen danner et netværk (mycelium), der er selve svampen. Hyferne er 2-20 µm (0,002-0,02 mm) i diameter og kan blive flere meter lange. Gær er encellede svampe, der formerer sig ved knopskydning. Storsvampene formerer sig ved at danne sporer i frugtlegemer (f.eks. champignon eller kantareller), mens skimmelsvampene danner deres sporer direkte på det flade mycelium og får derfor et lidt loddent eller håret udseende. Skimmelsvampenes sporer ser forskellige ud alt efter hvilken slægt, der er tale om. Alle *Penicillium* arter har runde, encellede sporer (4 µm), mens alle *Ulocladium* arter har aflange, flercellede sporer (15×30 µm).

Skimmelsvampenes kemi

Alle skimmelsvampe producerer β-glucaner og glycopeptider, som indgår i opbygningen af hyfevæggene. Disse cellevægskomponenter er store sammensatte molekyler. β-glucaner er komplekse kulhydrater, der består af glukoseenheder bundet sammen i lange kæder. Skimmelsvampenes glycopeptider er små proteiner med kulhydratenheder (ofte mannose) bundet på. Når selve skimmelsvampen vokser og begynder at danne sporer, starter produktionen af små, specialiserede stoffer. Disse stoffer kaldes sekundære metabolitter og kombinationen eller profilen af sekundære metabolitter er unik for hver skimmelsvampeart. De flygtige metabolitter (MVOCs eller microbial volatile organic compounds) er små kulstofforbindelser, som kan lugtes på lang afstand. De giftige metabolitter (mykotoksiner) er kulstofforbindelser, som giver kroniske helbredsskader, når de spises, indåndes eller optages gennem huden. Der findes mere end 30.000 forskellige sekundære metabolitter, men kun et fåtal er så giftige, at der er lavet grænseværdier for dem.

Når skimmelsvampene tørrer ud og dør, sidder mykotoksinerne stadig på sporer og hyfestumper sammen med glycopeptider og β-glucaner og er lige så potente som da svampen levede. En død skimmelsvamp kan derfor være lige så farlig som en levende. Og er der skimmelsvampevækst i en bygning, vil det ofte være en cocktail af forskellige stoffer og skimmelsvampestumper i luften, der kan give en masse forskellige symptomer.

Bygninger har deres egne svampe

Der findes mindst 50.000 forskellige skimmelsvampearter og hver enkel skimmelsvampeart har sin egen habitat, hvor den har tilpasset sig gennem 300 millioner år. Man kan finde skimmelsvampe alle steder på jorden og i atmosfæren, men det er ikke de samme arter man finder alle vegne. Ligesom anemoner er knyttet til bøgeskove i Europa og isbjørne er knyttet til egnene omkring Nordpolen, er bestemte skimmelsvampe også knyttet til bestemte fødevarer. Skimmelsvampen *Penicillium digitatum* er knyttet til citrusfrugter, og angriber kun appelsiner og klementiner, der har ligget for længe i frugtskålen. Dens nære slægtning *P. expansum* angriber æbler og pærer, men aldrig citrusfrugter, og deres fjerne fætter *Eurotium repens* ødelægger brød og korn, men aldrig frugt. Man siger, at de enkelte skimmelsvampearter er associerede til bestemte produkter.

Det viser sig også at gælde for skimmelsvampe i bygninger. Ved DTU Systembiologi har vi sammen med Teknologisk Institut analyseret mere end 5.000 skimmelsvampeprøver, der var taget på forskellige fugt- og vandskadede bygningsmaterialer. Vores analyser viste, at det faktisk var meget få skimmelsvampe, der kunne vokse på vandskadede vægge, gulve og inventar, i forhold til hvor mange skimmelsvampearter, der findes. Vi fandt i alt lidt over 50 forskellige skimmelsvampearter, hvilket svarer til 0,1 % af alverdens kendte skimmelsvampearter, og ud af de 50 var det kun 10-15 arter, der var almindelige i mugne bygninger.

Penicillinproducenten

Vores resultater viser, at den allermest almindelige skimmelsvampeart i fugtige bygninger er *Penicillium chrysogenum* (figur 4A), som ses i omkring halvdelen af alle prøver. *Penicillium chrysogenum*, der i gamle dage blev kaldt *P. notatum*, blev "verdensberømt", da Alexander Fleming i 1928 fik ødelagt et af sine bakterieforsøg, fordi en af hans Petriskåle var blevet forurenet med en skimmelsvamp. Skimmelsvampen slog de omkringliggende bakterier ihjel, og da Fleming var meget interesseret i alle former for antibiotika, isolerede han svampen.

Dengang var der ikke den store interesse for det antibakterielle stof, som Fleming kaldte penicillin, og først i 1945 begyndte man at producere penicillin til sygdomsbehandling. Da *P. chrysogenum* ikke er så almindelig i naturen – den findes mest i jord og vand med højt saltindhold og somme tider på saltede fødevarer – kan vi konkludere, at St. Marys Hospital, hvor Fleming arbejdede, var en bygning med fugtproblemer. Derfor var det ikke så mærkeligt, at det netop var *P. chrysogenum*, der landede på Flemings Petriskål, men det var heldigt, da *P. chrysogenum* er en af de få arter, der kan producere penicillin. Kun 5 ud af 500 kendte *Penicillium*-arter er nemlig penicillinproducenter.

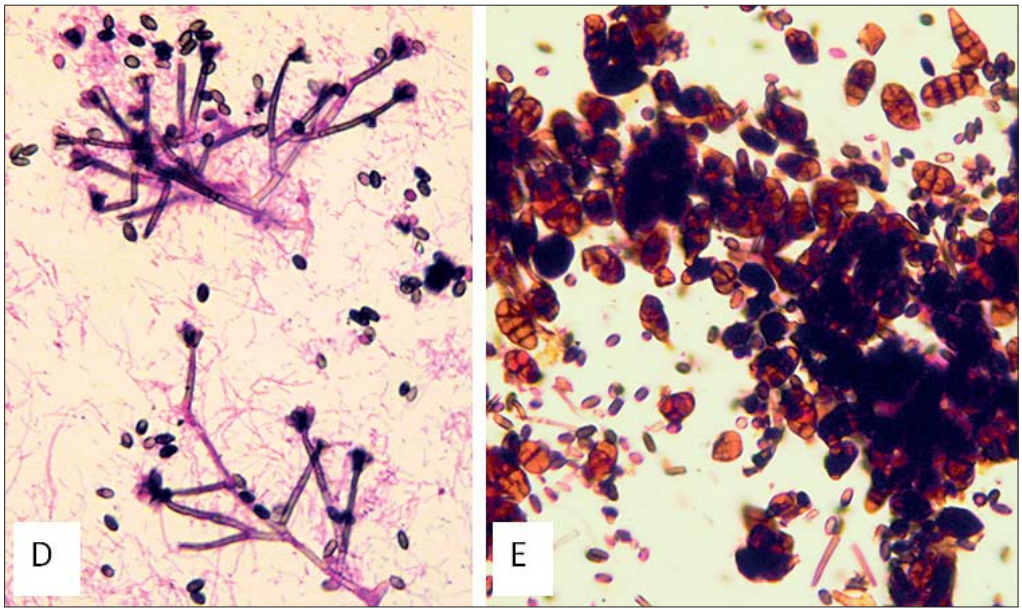


Foto: Birgitte Andersen

Figur 5. Man kan bestemme hvilke skimmelsvampearter, der vokser på et muggent materiale ved at tage et tape-aftryk og farve det med et rødt farvestof. Stachybotrys chartarum *er letgenkendelig på sine ovale sporer. I 5D vokser den på en gipsplade og man kan se papirfibrene også farves røde. I 5E vokser den på tapet sammen med* Ulocladium alternariae, *der producerer mange orange flercellede sporer.*

Dræbersvampen

En anden berygtet skimmelsvampeart i vandskadede bygninger er *Stachybotrys chartarum* (figur 4B), som blev døbt "dræber-svampen" i den amerikanske presse, da et antal spædbørn med lungeblødninger blev indlagt på hospitaler i Cleveland (Ohio, USA) i 1993-94. De amerikanske myndigheder startede den helt store epidemiologiske undersøgelse for at finde årsagen. Fælles for alle spædbørn var, at de boede i de fattige bydele i vandskadede boliger, hvor man fandt *S. chartarum* i meget store mængder. Man har siden fundet ud af, at svampens sporer er coatet med et mykotoksin, som frigives, når sporerne kommer i berøring med slimhinderne i svælg og lunger. Årsagen til, at det kun er spædbørn, der rammes, kan være, at deres lunger ikke er færdigudviklede og derfor er mere modtagelige for det mykotoksin, der ødelægger de røde blodlegemer. Heldigvis er *S. chartarum* ikke en almindelig skimmelsvamp i vandskadede bygninger. Vores resultater viser, at den kun findes i ca. 4 % af alle prøver, og at den er associeret til meget våde gipsplader (figur 5D).

De omstillingsparate

Alternaria, *Cladosporium* og *Ulocladium* er tre skimmelsvampeslægter, som er meget almindelige i udeluft, og man kan derfor også finde deres sporer i indeluften. Men det er kun nogle få arter, der kan vokse i vores bygninger. De fleste andre arter er patogene på vores landbrugsplanter, hvor de ødelægger f.eks. tomatplanter eller æbletræer. Vores resultater viser, at *U. alternariae* (figur 4C) er meget almindelig på fugtigt tapet (figur 5E) og forsøg i laboratoriet har vist, at den kan overleve flere ugers udtørring (40 % relativ fugtighed) og begynder at vokse igen, så snart fugtigheden stiger. *Cladosporium sphaerospermum* kan klare svingende fugtighed og vores analyser viser, at den er associeret til badeværelser (fuger og kalkede vægge over fliserne), hvor fugtigheden ofte svinger mellem 50 og 100 % relativ fugtighed over et døgn. *Alternaria tenuissima* og *C. herbarum* er et makkerpar, vi ofte ser på træværk (vinduesrammer eller massive bordplader), hvor både temperatur og fugtighed svinger meget. Fælles for disse fire arter er, at de er utrolig gode til at producere enzymer, der nedbryder træ, papir og maling, så måske kan de eller deres enzymer bruges i fremtidens bio-nedbrydning af affald i produktionen af bio-ethanol.

Kommende forskningsprojekter vil vise, hvilke egenskaber – gode eller giftige – de andre indeklima-skimmelsvampe gemmer på. ■

Undgå skimmelsvampe:

Luft ud 2 gange om dagen: om morgenen før du går hjemmefra og om aftenen før du går i seng.

Luk døren til badeværelset, når du tager bad, så dampen ikke kommer rundt i hele huset.

Tør badeværelset af efter brug og åbn vinduerne.

Lav altid mad med emhætten tændt.

Hav altid mindst 20 °C i alle rum – også dem du ikke bruger.

Lad være med at blokere luftkanaler eller ventilationssystemer.

Om forfatteren



Birgitte Andersen er lektor
DTU Systembiologi
ba@bio.dtu.dk

Skimmelsvampe på DTU

Forskningen i skimmelsvampevækst i fugtskadede bygninger foregår i samarbejde mellem DTU Systembiologi og DTU Byg og er sponseret af VILLUM Fonden. Derudover underviser vi bachelorer og masterstuderende på ordinære DTU kurser og laver individuelle afgangsprojekter om skimmelsvampe, indeklima og fugt.

Videre læsning

Andersen B, Frisvad JC, Søndergaard I, Rasmussen IS & Larsen LS. (2011). Associations between fungal species and water damaged building materials. Applied and Environmental Microbiology 77(12): 4180-4188.

Samson RA, Houbraken J, Thrane U, Frisvad JC & Andersen B. (2010). Food and indoor fungi. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, the Netherlands. ISBN 978-90-70351-82-3. http://www.cbs.knaw.nl/publications/CBSPublicationDetails.aspx?Rec=502