

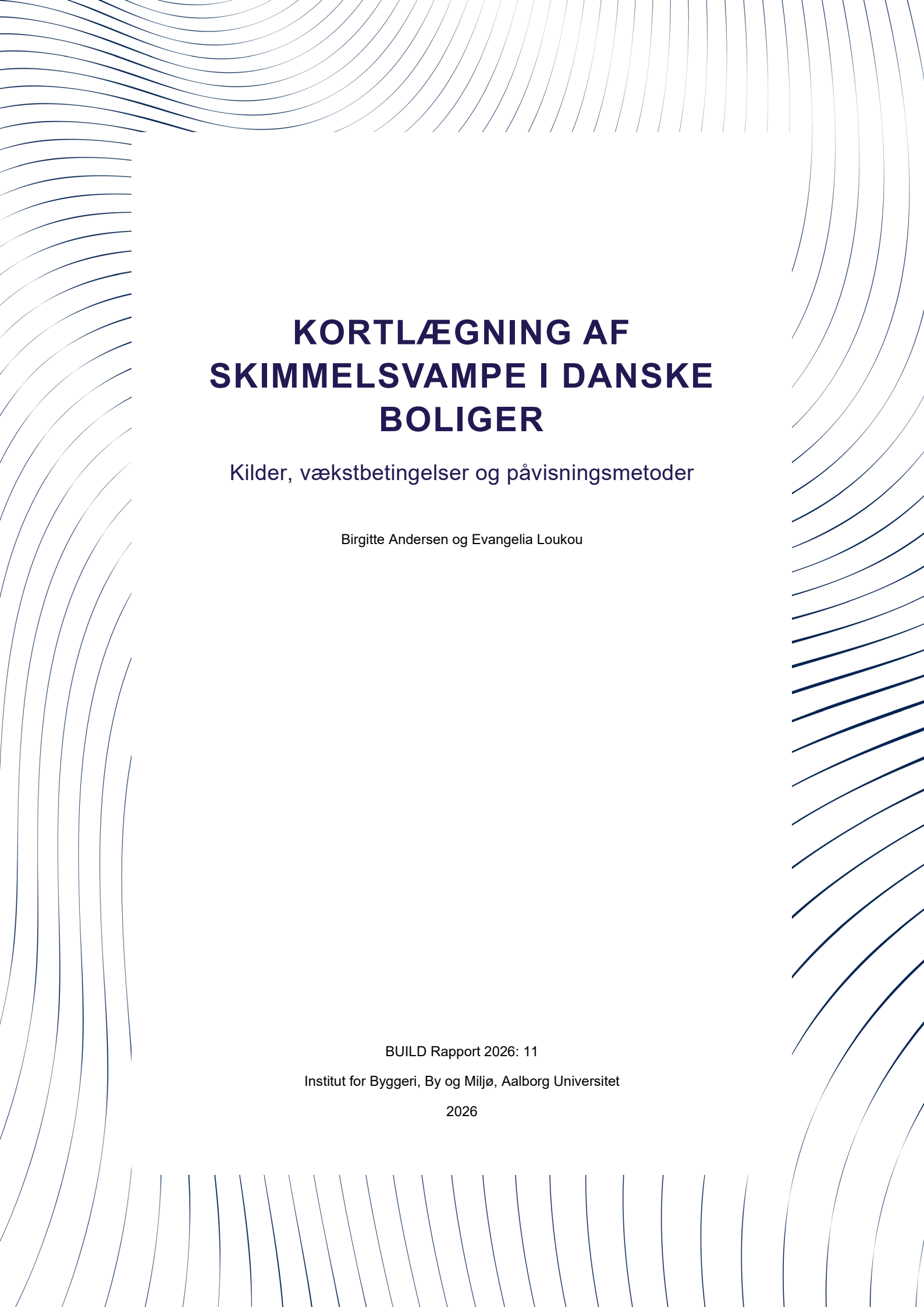


BUILD RAPPORT

2026:11

Kortlægning af skimmel- svampe i danske boliger

Kilder, vækstbetingelser og påvisningsmetoder



KORTLÆGNING AF SKIMMELSVAMPE I DANSKE BOLIGER

Kilder, vækstbetingelser og påvisningsmetoder

Birgitte Andersen og Evangelia Loukou

BUILD Rapport 2026: 11

Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet

2026

TITEL	Kortlægning af skimmelsvampe i danske boliger
UNDERTITEL	Kilder, vækstbetingelser og påvisningsmetoder
SERIETITEL	BUILD Rapport 2026: 11
FORMAT	Digitalt
UDGIVELSEÅR	2026
UDGIVET DIGITALT	April 2026
FORFATTER	Birgitte Andersen og Evangelia Loukou
SPROG	Dansk
SIDETAL	38

LITTERATURHENVISNINGER Side 38

EMNEORD Skimmelsvampe, skimmelsporer, skimmelvækst, nye byggematerialer, vandaktivitet, luftfugtighed, indikator-arter, både-og-arter, fødevare-arter, udemiljø-arter, *Aspergillus*, *Cladosporium*, luft, hyldestøv, gulvstøv, NAHA, dyrkning, V8 agar, qPCR, Amplicon Sekventering.

ISBN 978-87-94561-79-2

UDGIVER Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD)
Aalborg Universitet
A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV
E-post: build@build.aau.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	4
1 INDLEDNING	6
1.1 Formål	6
1.2 Metoder	6
2 KILDER OG VÆKSTBETINGELSER	8
2.1 Ny viden	8
2.2 Baggrund	8
2.3 Resultater	9
2.3.1 Hvordan kommer sporerne ind	9
2.3.2 Hvad kræver skimmelsvampene for at vokse indendørs	11
2.3.3 Skimmelsvampe i nye byggematerialer	13
2.3.4 En sag fra virkelighedens verden: <i>Aspergillus flavus</i> på Rigshospitalet	15
2.4 Konklusioner - kilder	16
2.5 Hvad kan man gøre for at mindske risikoen for skimmelvækst indendørs	17
3 PÅVISNINGSMETODER	20
3.1 Ny viden	20
3.2 Baggrund	20
3.2.1 Påvisningsmetoder	20
3.2.2 Opsamlingsmetoder	21
3.2.3 Analysemetoder	22
3.2.4 Forsøgsprotokol	23
3.3 Resultater	24
3.3.1 Gulvstøv som forsøgsmateriale	24
3.3.2 Undersøgelse af lejligheder	25
3.3.3 Opsamlingssteder - qPCR.	26
3.3.4 Luftprøveopsamling - dyrkning vs. qPCR	31
3.3.5 Analysemetoder – qPCR vs. Amp Seq	32
3.3.6 Temperatur og relativ fugtighed	34
3.4 Konklusioner - metoder	35
3.5 Hvad kan man gøre for at forbedre påvisningen af skimmelsvampe indendørs	36
4 REFERENCER	38

FORORD

Skjult skimmelsvampevækst er notorisk svær at finde, da man ikke ved, hvor man skal lede, eller hvilke skimmelsvampearter man skal lede efter. Typisk vil man have mistanke om skjult skimmelsvampevækst i bygningsdele som gulvkonstruktioner, forsatsvægge eller forsænkede lofter i forbindelse med vandskader eller omfattende fugtproblemer, men skimmelsvampevæksten kan også gemme sig i kuldebroer bag ved skabe og nagelfast inventar.

I denne BUILD-rapport samles resultaterne fra to forskningsprojekter: "Udbredelsen af skimmelsvampevækst i danske boliger: Spørgeskemaundersøgelse og verificeringsbesøg" og "Udvikling og validering af metoder til at finde skjult skimmelsvampevækst".

Et formål var at undersøge hvilke skimmelsvampearter, der kan vokse i og på vores byggematerialer og som derfor kan blive et problem i boliger med vandskader eller langvarig forhøjet relative fugtighed (RF) i indeluften. Et andet formål var at undersøge de påvisningsmetoder, der er kommercielt tilgængelige.

Når man ved hvilke skimmelsvampearter man skal lede efter og hvor de kommer fra, har man mulighed for at forebygge fremtidige skimmelsvampeproblemer. Og når man ved hvordan man skal påvise de enkelte skimmelsvampearter, har man en mulighed for at opdage og udbedre skader inden de vokser sig store.

Projekterne løb fra medio af 2022 til slutningen 2025. I projekterne deltog PhD studerende Evangelia Loukou og lektor Birgitte Andersen, som også har ledet projekterne siden medio 2023.

Projekterne var finansieret af Landsbyggefonden og Grundejernes Investeringsfond. Begge fonde takkes varmt for den finansielle støtte samt for værdifulde drøftelser undervejs i projektet. Desuden takkes pensioneret seniorkonsulent Ulf Thrane, TI og kommunikationsrådgiver Lenette Aalling, BUILD for kvalitetssikring af rapporten. Sidst men ikke mindst takkes de beboere som har stillet deres lejligheder til rådighed for undersøgelserne og svaret på spørgeskemaer.

BUILD - Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
Sektion for Byggeteknik, Proces og Indeklima

April 2026

Ernst Jan de Place Hansen, sektionsleder



1

INDLEDNING

1 INDLEDNING

1.1 Formål

Forskningsprojekterne havde to hovedformål. Det første formål var at vurdere om gulvstøv fra hele boligen kunne bruges til at afsløre skjult skimmelvækst. Det andet formål var at sammenligne og vurdere de kommercielle prøvetagnings- og analysemetoder, der bruges i Danmark. Når man kender metodernes styrker og svagheder og ved hvilke skimmelararter man bør undersøge for, har man mulighed for at finde og udbedre skimmelsvampeproblemer i boliger.

De sidste 4 års forskningsresultater udført på BUILD-Aalborg Universitet om skimmelsvampevækst – eller blot skimmelvækst – i boliger præsenteres i de følgende kapitler. I kapitlerne er der henvisninger til de forskellige videnskabelige artikler, der ligger til grund for resultaterne, så man kan gå i dybden med specifikke emner.

1.2 Metoder

Først blev mere end 500 videnskabelige artikler i forskellige internationale databaser gennemgået, så eksisterende viden kunne samles og laboratorieforsøg, der allerede er blevet udført, ikke blev gentaget. Dernæst blev laboratorieforsøg designet, så de dækkede nogle af de huller, der blev fundet i den videnskabelige litteratur. Til sidst er resultaterne blevet testet i praksis, hvor en række boliger er blevet undersøgt fra gulv til loft for at kortlægge hvilke skimmelararter, der faktisk findes i vores boliger og hvordan de teoretiske resultater hænger sammen med praksis.

KILDER OG VÆKSTBETINGELSER

2 KILDER OG VÆKSTBETINGELSER

2.1 Ny viden

- Nogle skimmelarter kan vokse ved 60 % RF / 0,6 i a_w -værdi
- Skimmelsporer kan skjule sig i nye træbaserede byggematerialer
- Nogle skimmelarter er knyttet til bestemte træbaserede byggematerialer

2.2 Baggrund

Svampesporer findes overalt på kloden. Sporerne er på størrelse med pollen og kan ikke ses med det blotte øje. Og ligesom pollen spredes svampesporerne med luften eller med dyr og insekter. Sporerne spirer ligesom plantefrø, når betingelserne er gunstige, og danner et mycelium, som heller ikke kan ses med det blotte øje. I naturen vokser myceliet som regel skjult i jorden eller inde i planter, og svampene ses først, når de vokser ud på overfladen og danner nye sporer.

Svampe er organismer, som har eksisteret længe. De har udviklet sig sammen med planter gennem millioner af år. Selv om der er svampesporer overalt, er det ikke alle svampearter, der findes alle steder. De har specialiseret sig, og ligesom man kun finder anemoner i bøgeskove, så er forskellige skimmelsvampearter i naturen knyttet til specifikke planter i forskellige habitater.

Svamperiget er opdelt i flere rækker. De to største rækker er hatsvampene eller paddehattene (fx fluesvampe og champignoner), som typisk ses i naturen om efteråret, og skimmelsvampene, som man oftest støder på i boligen. I dag har man beskrevet omkring 65.000 forskellige skimmelsvampearter, men kun en brøkdel af dem kan vokse i vores boliger og giver problemer indendørs.

Svamperiget

Svampe ligner planter, da de ikke kan bevæge sig og optager vand og næring gennem et rodliggende netværk, som kaldes et mycelium. De ligner dyr, da de skal bruge ilt, og behøver ikke sollys for at leve og vokse. Svampe har deres eget rige, **Fungi**, ligesom planter og dyr har deres, **Plantae** og **Animalia**.

Svamperiget – Fungi – er opdelt i 7 rækker, hvoraf skimmelsvampene (*Ascomycetes*) og hatsvampene (*Basidiomycetes*) er de største med henholdsvis 65.000 og 32.000 arter.

Alle hatsvampe, dyr og planter har både et dansk navn og et latinsk dobbeltnavn, som skrives i kursiv. Den røde fluesvamp hedder *Amanita muscaria*, den hvide anemone hedder *Anemone nemorosa* og den almindelige bøg hedder *Fagus sylvatica*. Skimmelsvampene har derimod ingen danske navne og derfor bruges de latinske dobbeltnavne også på dansk.

I indeklimasammenhæng er det vigtigt at skelne mellem tilfældige skimmels**sporer**, der blot flyver rundt i luften og skimmel**vækst** på og i materialer, som kan føre til ny sporeproduktion. Tilfældige sporer vil som regel forekomme i lavt antal, mens nye sporer fra vækst på materialer indendørs vil forekomme i højt antal.

Man opdager som regel skimmelsvampene i indeklimaet, når væksten bliver synlig som farvede plamager på vægge, lofter, indbo mm. Men skimmelsvampe kan også vokse skjult i vores konstruktioner og byggematerialer eller som usynligt mycelium på fugtige overflader og man opdager dem først, når der lugter muggent eller når man får symptomer som astma eller slimhindeirritationer, hver gang man opholder sig i den samme bygning.

Formålet med denne del af forskningsprojektet var dels at undersøge hvilke skimmelarter, der findes i boliger og dels at bestemme hvor de kommer fra.

2.3 Resultater

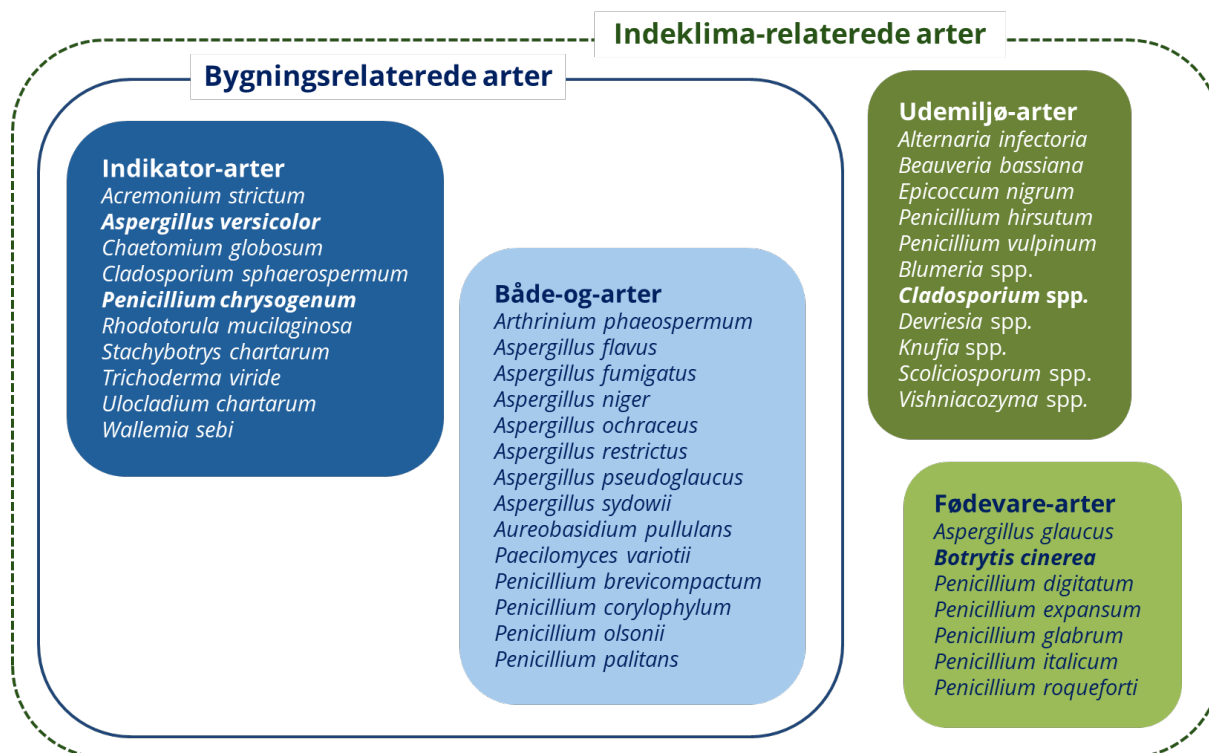
Heldigvis kan de færreste af de 65.000 kendte skimmelarter vokse i vores boliger. Litteraturen viser at man gennem tiderne har påvist omkring 150 bygningsrelaterede skimmelarter, hvoraf kun 20-25 arter er almindelige i danske boliger.

De fleste af de skimmelarter, man finder i indeklimaet, lever af den cellulose og andre kulhydrater, som findes i træbaserede byggematerialer (fx spånplader og tapet) eller af de kulhydrater, som findes i vores fødevarer. Nogle skimmelarter findes udelukkende på fødevarer (fx *Penicillium digitatum* vokser kun på citrusfrugter), men andre arter har specialiseret sig i byggematerialer (fx *Stachybotrys chartarum* ses ofte på gipsplader). En del arter kan dog vokse på både fødevarer og byggematerialer, som fx *Paecilomyces variotii*, der både ses på fugtige MDF-plader og på muggent rugbrød.

2.3.1 Hvordan kommer sporerne ind

Resultaterne fra den videnskabelige litteratur kombineret med feltforsøgene viser, at de fleste skimmelsporer, der findes i boligen, kommer ind med udeluft og med det snavs og jord vi slæber ind i boligen under vores sko og poter [1]. Andre skimmelsporer kommer ind med vores madvarer [2], som fx blåskimmelost, og hvis rugbrødet, æblerne eller jorden i potteplanterne bliver muggen, frigiver de en masse skimmelsporer.

Figur 1 viser opdelingen af de mest almindelige skimmelarter man kan finde i en dansk bolig. De kan opdeles i 3 forskellige grupper: De arter, der kommer fra **udemiljøet**; de arter, der kommer fra vores **fødevarer**; og de arter, der kommer fra selve **boligen**, hvis den er blevet vand- eller fugtskadet. De fleste af de arter, som kommer fra udemiljøet og fra fødevarer, kan ikke vokse på byggematerialer og konstruktioner i vores boliger.



Figur 1. Opdeling af de indeklima-relaterede skimmelarter efter hvor sporerne kommer fra. De dominerende skimmelarter er markeret med fed skrift i hver gruppe og "spp." betyder at der er flere arter i den samme slægt som kommer fra udemiljøet.

De skimmelarter, der kommer fra bygningen selv kaldes **bygningsrelaterede arter** og kan deles op i 2 grupper. Den ene gruppe på 10 arter kaldes **indikator-arter**, fordi deres tilstedeværelse i store mængder i boligen indikerer, at der må være eller har været en fugt- eller vandskade et eller andet sted i boligen. Man kan være rimelig sikker, da indikator-arterne ikke eller kun meget sjældent findes på mugne fødevarer eller er påvist i større antal i udemiljøet. Af indikator-arterne, der kan opformeres i boligen, er det *Penicillium chrysogenum* og *Aspergillus versicolor*, der er de mest dominerende med henholdsvis 40 % og 16 % af alle skimmelprøver fra fugt- og vandskadede boliger. En anden indikator-art er *Cladosporium sphaerospermum*. Man kan ofte finde dens sporer i lavt antal indendørs sammen med andre *Cladosporium* arter, da de alle oprindeligt kommer fra udemiljøet. Men optræder den i stort antal indendørs, er der stor sandsynlighed for, at den vokser et eller andet sted i boligen.

Den anden gruppe kaldes **både-og-arter**, da de kan vokse både i boligen og på mange af de fødevarer, der findes i danske boliger. Fra fødevarer og udemiljø er det sporer fra *Botrytis cinerea* og forskellige *Cladosporium* arter, der dominerer i indeklimaet.

Man vil altid være i stand til at finde skimmelsporer i lavt antal fra fødevarer og udemiljøet i boliger – også boliger uden fugt- og vandskader. De betyder sjældent noget for boligens beboere og kan let fjernes ved udluftning med gennemtræk og jævnlig støvsugning med HEPA-filter.

2.3.2 Hvad kræver skimmelsvampene for at vokse indendørs

Den allervigtigste faktor for vækst af skimmelsvampe i boligen er fugt eller vand. Nogle skimmelarter kræver meget fugt, mens andre kan nøjes med meget lidt. En gennemgang af den videnskabelige litteratur viser, at hver skimmelart har sine egne foretrukne fugtgrænser med maksimum, optimum og minimum a_w -værdier [3].

Vandaktivitet – a_w

Vandaktiviteten (a_w) er den mængde frit vand, der er tilgængelig for svampene i et materiale. Da frit vand kan fordampe, kan a_w bestemmes indirekte ved at måle den relative fugtighed i luften lige over materialets overflade, når der har indstillet sig en ligevægt mellem materialefugten og luftfugtighed. Når det frie vand i et materiale er højere end 0,6 i a_w kan de mest tørketolerante skimmelsvampe begynde at vokse. I fødevarer kan det frie vand bindes af salt eller sukker og dermed sænkes a_w .

Relativ fugtighed – RF

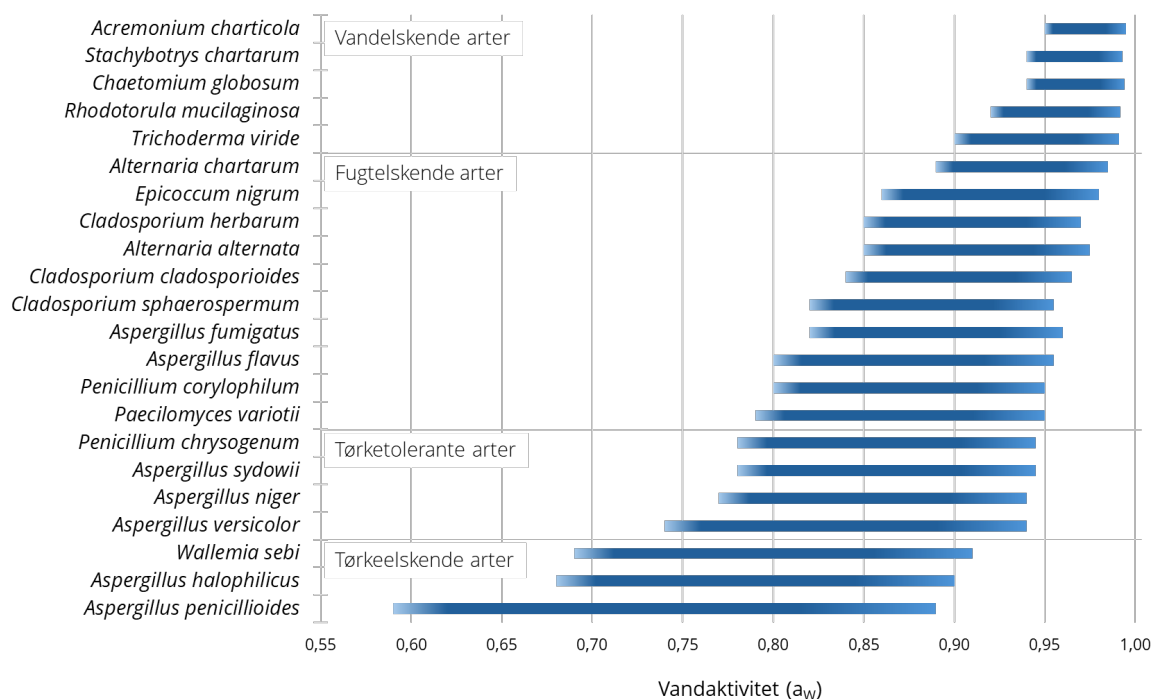
Den relative fugtighed (RF) er den mængde vanddamp, der kan være i én m^3 luft ved en bestemt temperatur. RF måles i % af den absolutte mængde, der kan være i luften. Når RF stiger til 100 % er luften mættet og man har nået dugpunktet. Dette vil sige, at vanddampen kondenserer og bliver til flydende vand. Sammenhængen mellem a_w og RF er $RF = a_w \times 100$.

Fugtindhold – MC

Fugtindholdet (MC, moisture content) er det samlede indhold af frit og bundet vand i et materiale og er også temperaturafhængigt. Det bundne vand kan ikke fordampe ved stuetemperatur, så MC bestemmes ved veje-tørre-vejemetoden ved 105 °C. Gipsplader indeholder ca. 20 vægt-% bundet vand, som ikke er tilgængeligt for skimmelsvampe.

De fleste skimmelarter vokser godt mellem 0,95 og 0,99 i a_w (95-99 % RF). Men mange skimmelarter kan vokse ved lavere a_w , og man angiver derfor altid den laveste a_w -værdi (minimumsværdien). Det er den værdi, der har betydning i vores indeklima og for forebyggelse af skimmelsvampevækst. I figur 2 ses nogle af de almindelige bygningsrelaterede skimmelarter og de fugtkrav de hver især stiller.

Nogle af de mest fugtkrævende arter er *Acremonium charticola*, *Stachybotrys chartarum* og *Chaetomium globosum* øverst i figur 2. De skal have hvad der svarer til en akut vandskade for at kunne vokse indendørs. Nederst i figur 2 ses *Wallemia sebi*, *Aspergillus halophilicus* og *Aspergillus penicillioides*, som kan vokse ved meget lave fugtforhold. Den nedre fugtgrænse for vækst for de mest tørkeelskende skimmelarter er ca. 60 % RF eller 0,6 i a_w .



Figur 2. Fugtkrav for vækst for de mest almindelige bygningsrelaterede skimmelararter

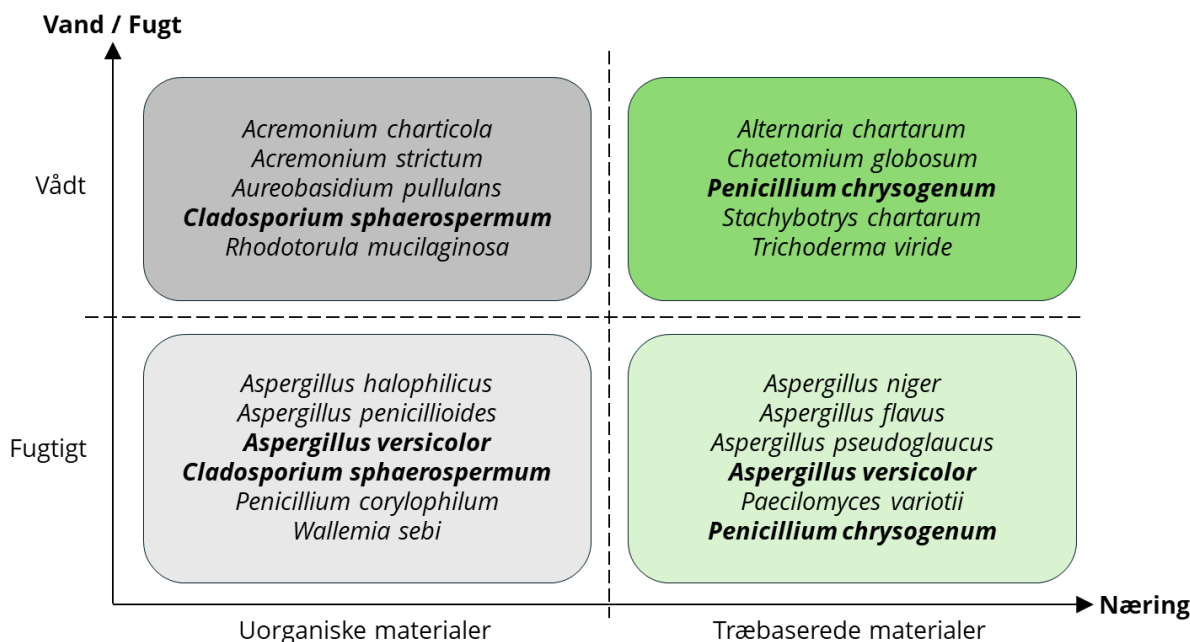
Den næstvigtigste faktor for vækst indendørs er materialets indhold af næringsstoffer i form af kulhydrater. Cellulose er opbygget af lange kæder af kulhydrater og der er 40-50 % cellulose i træ. Cellulose kan ikke spises direkte af skimmelsvampene, men nogle skimmelararter, fx *Trichoderma viride*, kan producere enzymer, der frigiver kulhydraterne. Kulhydraterne kan også frigives, når man forarbejder træ – fx til spånplader. Jo mere forarbejdet et træbaseret byggemateriale er, jo flere frie kulhydrater indeholder det.

Gipsplader og træbaserede materialer indeholder mange kulhydrater set fra skimmelsvampens synsvinkel, mens uorganisk mineraluld, beton- og murstensvægge i sig selv ikke indeholder noget næring. Gamle tilsmudsede overflader af uorganiske materialer indeholder dog nok næring til, at nogle skimmelararter kan vokse på dem.

Lidt groft sagt kan man inddele de bygningsrelaterede skimmelararter i 4 grupper som vist i figur 3. Nogle skimmelsvampe skal have det vådt og næringsrigt (øverst til højre). Det kan fx være *Stachybotrys chartarum* på våde gipsplader eller *Trichoderma viride* på våde OSB-plader (Oriented Strand Board). Mens andre skimmelararter kan klare sig med lidt fugt og lidt næring (nederst til venstre). *Aspergillus versicolor* kan fx vokse på tilsmudset, våd beton eller bag den fugtige indvendige isolering.

Nogle arter er generalister og kan vokse på træbaserede materialer uanset om de er våde eller bare fugtige, fx *Penicillium chrysogenum*. *Aspergillus versicolor* trives godt på både uorganiske og træbaserede materialer, så længe de ikke er alt for våde. *Cladosporium sphaerospermum* er et eksempel på en skimmelart, der kan tolerere de svingende fugtigheder, der er omkring fugerne i

brusekabinen eller i vinduerne. Den kan tåle at være under vand i et kort stykke tid og så tørre helt ud – og så behøver den meget lidt næring.



Figur 3. Forskellige skimmelarters krav til næring og fugt i byggematerialer. De dominerende skimmelarter er markeret med fed skrift.

Når de to faktorer, vand og næring, er tilstrækkelige for den enkelte spore, begynder den at spire. Forsøg i laboratoriet med udvalgte byggematerialer viste, at ved en simuleret akut vandskade kunne man begynde at se skimmelvækst efter 3-5 dage på træbaserede materialer, mens der gik 10-12 dage før skimmelvæksten kunne ses, hvis der var tale om langvarig høj RF [4].

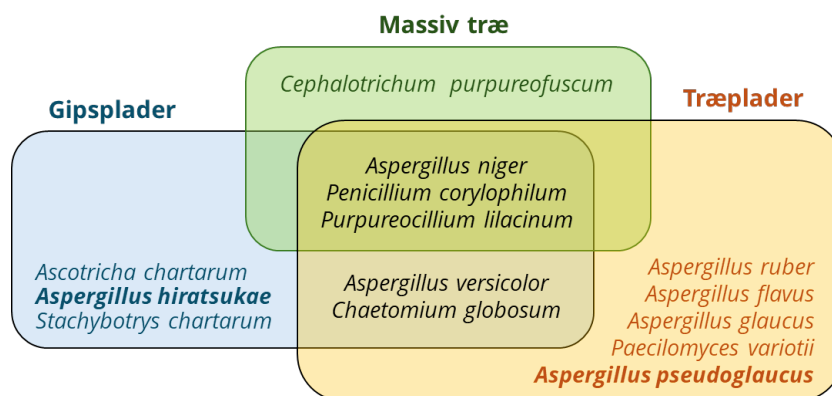
Laboratorieforsøgene viste også at massivt træ, som kun indeholder få frie kulhydrater, viste tegn på skimmelsvampevækst efter 15-20 dage ved vandskade og først efter 35-55 dage ved forhøjet RF. Krydsfiner og OSB-plader, der er rige på kulhydrater, var de materialer som var mest følsomme over for både høj RF og vand i laboratorieforsøgene, hvor betingelserne var optimale for de fleste skimmelarter. Skimmelvækst var synlig efter blot 3 dages vandskade og efter 10 dage med en RF på ca. 95 %. Til gengæld kunne man undgå skimmelvækst, hvis man udtørrede materialerne i løbet af et par dage til under 0,7 i a_w , men i laboratoriet krævede det, at RF i luften var 60 % eller lavere og en temperatur over 20 °C.

2.3.3 Skimmelsvampe i nye byggematerialer

Mange af de skimmelsporer man kan finde i indeluften, kommer ind med udeluften eller fra mugne fødevarer. Men i fugt- og vandskadede boliger kommer sporerne også fra vækst på de materialer, boligen er bygget af. Men hvor stammer så disse sporer fra?

De kan selvfølgelig være kommet udefra eller fra fødevarer og så have været heldige at lande på en overflade indendørs, der har den rette mængde næring og fugt. Men sporerne kan også være kommet ind i boligen **med** byggematerialerne og bare siddet og ventet på en fugt- eller vandskade.

Laboratorieforsøg med rengjorte og opfugtede byggematerialer viste, at der var levedygtige sporer af forskellige skimmelarter i nye materialer, der kommer direkte fra byggemarkedet eller fra fabrikken. Egentlig er det ikke overraskende, når man tænker over det. Råvarerne, fx træflis eller pap, opbevares ofte i store bunker udendørs, hvor de er udsat for vind og vejr. Da der er skimmelsporer i luften alle steder, vil råvarerne være fulde af forskellige sporer og måske endda mugne, når de køres ind i produktionshallen. Under selve fremstillingen kan sporerne blive blandet ind i træspåner eller -fibre, og yderligere sporer kan komme til under selve produktionen fra støv og maskiner. Det er kun de færreste sporer, der overlever produktionsbetingelserne og figur 4 viser de skimmelarter, der hyppigst overlever. Massivt træ har den laveste forekomst af skimmelarter, når overfladen er blevet rensat for støv og sporer, som er kommet til senere under transport og lagring.



Figur 4. Skimmelarter hvis sporer blev fundet i de forskellige typer byggematerialer. Nogle arter blev fundet i alle materialer, mens andre arter var unikke for en bestemt type materiale. De dominerende skimmelarter er markeret med fed skrift.

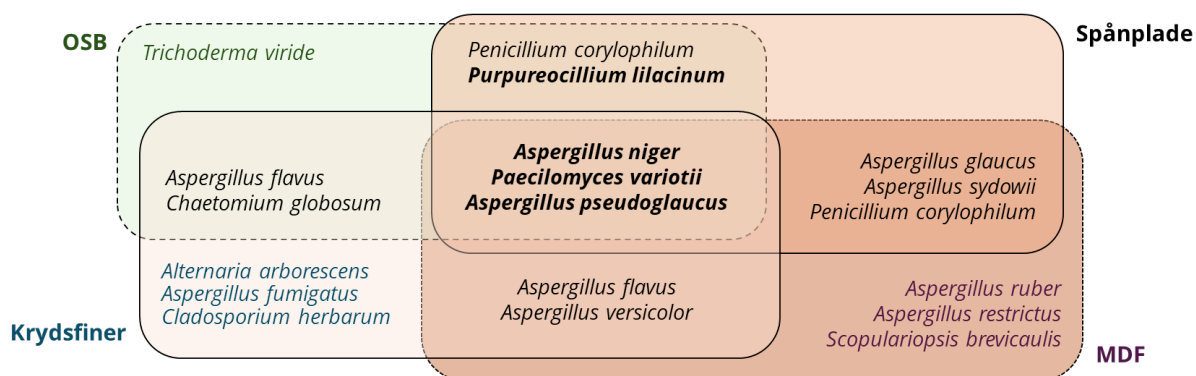
Figur 4 viser også, at der er stor forskel på hvilke skimmelarter der blev fundet i materialetyper, der er forskellige med hensyn til råvareindhold og produktionsmetode. Nogle skimmelarter blev fundet i alle typer materiale (fx *Aspergillus niger*, *Penicillium corylophilum* og *Purpureocillium lilacinum*), mens andre arter kun blev fundet i bestemte materialer (fx i gipsplader: *Ascothricha chartarum*, *Aspergillus hiratsukae* og *Stachybotrys chartarum*). Jo mere unikt et materiale var med hensyn til råvarer og produktionsmetode, jo mere specifik var den skimmelsammensætning, der blev fundet inde i materialet og som kunne vokse frem hvis materialet blev fugt- eller vandskadet.

Forskellige typer af træbaserede materialer har både skimmelarter til fælles og arter, der er unikke for den enkelte type.

Krydsfiner og OSB-plader er lavet af finer eller småplader, der er høvlet direkte af træstammer, mens småplader ofte er lavet af affaldsflis og MDF-plader

(Medium Density Fibreboard) består af findelte træfibre. Fælles for dem alle er at de tilsættes lim og derefter presses og varmebehandles: krydsfiner ved 100-150 °C og andre ved 100-200 °C.

I nogle typer lim tilsætter man fx hvedemel og soyamel for både at erstatte formaldehyd og for at drøje på limen [4]. Kvaliteten af melet er formentlig ikke den bedste, og fra fødevarevidenskaben ved man, at hvedemel indeholder sporer af *Aspergillus pseudoglaucus*, *Paecilomyces variotii* og *Aspergillus flavus* [2]. Dette kan forklare fremvæksten af en del både-og-arter i de træbaserede forøgsmaterialer.



Figur 5. Skimmelararter hvis sporer blev fundet i forskellige typer træbaserede materialer. Nogle arter blev fundet i alle materialer, mens andre arter var unikke for en bestemt type materiale. De dominerende skimmelararter er markeret med fed skrift.

Af de sporer, der fandtes i råvarerne inden processen, overlever kun sporer fra skimmelararter, som kan tåle varmebehandlingen. Derfor ser man skimmelararterne, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus pseudoglaucus*, *Paecilomyces variotii* og *Scopulariopsis brevicaulis* på de fleste træbaserede materialer i figur 5. Disse arter er kendte fra fødevareindustrien for at kunne fordærve bagte og pasteuriserede fødevarer på grund af deres varmeresistens [2].

2.3.4 En sag fra virkelighedens verden: *Aspergillus flavus* på Rigshospitalet

Rigshospitalet i København har gennem en årrække haft problemer med *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) på afdeling 5 (Børn og Unge med Kræft- og Blodsygdomme). *Aspergillus flavus* er en varmeresistent både-og-art, som også er patogen. Det vil sige at den kan give infektioner i lungerne hos patienter med nedsat immunforsvar. Der havde været flere udbrud, hvor patienter i kemoterapi måtte have forebyggende medicin for at undgå at blive inficeret. Birgitte Andersen blev en del af det ekspertteam, der i foråret 2024, havde til opgave at opspore kilden til *A. flavus* forureningen på afdeling 5.

Da man vidste hvilken skimmelart man ledte efter, kunne man designe en skræddersyet detektionsmetode til netop *A. flavus*. Dyrkning var den eneste mulighed, da *A. flavus* ikke indgår i de kommercielle DNA-kit, man ellers bruger

ved vandskader. Desuden er dyrkning relevant, da kun levedygtige *A. flavus* sporer kan forårsage infektion. Fra den videnskabelige litteratur om fødevarer, ved man at svampen kan vokse ved 25-42 °C, når a_w -værdien er mellem 0,80 og 0,98 [2]. De fleste skimmelsvampe i indeklimaet kan ikke vokse ved temperaturer over 30 °C og man valgte derfor at tage prøver på V8 agarplader og dyrke dem ved 37 °C, så kun *A. flavus* voksede frem.

Da man ikke vidste hvor kilden til *A. flavus* sporerne var og man ikke umiddelbart kunne se fugtskader eller vækst nogen steder på afdelingen, måtte man tage luft- og støvprøver for at "skyde sig ind på", hvor svampen kunne skjule sig. Sporekoncentrationen steg, jo tættere man kom på et fælles frokost- og mødelokale med et lille tekøkken. Luftprøver over det nedsænkede loft og aftryksprøver af oversiden af loftspladerne viste høje sporekoncentrationer. Sporekoncentrationen toppede, da man tog luftprøver i soklen under køkkenskabene (figur 6A), dog uden at man kunne se vækst eller vandskade. Hospitalsledelsen valgte at afspærre lokalet fra resten af afdelingen inden loft og køkken-elementer blev undersøgt yderligere. Undersøgelser af loftsplader og soklen med tapeaftryk viste, at *A. flavus* voksede i krydsfinerdelen af soklen, hvor der var et utæt afløb (figur 6B og 6C).



Figur 6. Luftprøve taget i soklen under vaskeskab (A), sokkel med fugtskjolder ved afløb efter nedtagning af skabe (B), tapeaftryk af krydsfiner ved afløb med *Aspergillus flavus* sporestande (C).

En større DNA-analyse sammenlignede hospitalsstammerne med *A. flavus* stammer fra nye byggematerialer (BUILD-stammer) og stammer fra andre kilder. Analysen viste, at *A. flavus* fra inficerede patienter på afdelingen og fra krydsfineren i soklen på tekøkkenet var identiske og at BUILD-stammer fra nye byggematerialer hørte til den samme underart, mens *A. flavus* isoleret fra andre kilder, så som andre hospitalsafdelinger, jord udenfor afdelingen og fødevarer, tilhørte en anden underart [5].

2.4 Konklusioner - kilder

Resultaterne af forskningsprojektet viser, at nogle skimmelarter allerede sidder i nye byggematerialer og vil hurtigt vokse ud, så snart fugtforholdene tillader det. Andre skimmelarter kommer ind i vores bolig med udeluften og etablerer sig med tiden, hvis fugt- og næringsforholdene tillader det.

Skimmelararter som *Cladosporium sphaerospermum* blev sjældent fundet i nye, rengjorte byggematerialer, så der er sandsynlighed for at den kommer fra ude-miljøet, hvor den er meget almindelig. Det kan også passe med, at der kan gå mange år, før man ser vækst af *Cladosporium sphaerospermum* på en væg med uorganisk glasvæv, da tilfældige sporer først skal finde vej til væggen og dernæst blive hængene indtil forholdene er gunstige. Det kan forholde sig anderledes med arter som fx *Aspergillus flavus*, *Chaetomium globosum* og *Stachybotrys chartarum*, der ser ud til at komme ind med og i vores organiske byggematerialer, da vandskade af materialerne kan resultere i vækst efter bare 3 dage.

Byggematerialer og konstruktioner med indbyggede skimmelsporer er ikke noget problem i sig selv. De indbyggede sporer, der som regel kun findes i lavt antal i materialerne, sidder fast og frigives ikke til indeklimaet og udgør dermed ikke nogen risiko i indeklimaet. Uden fugt og vand kan sporerne ikke spire og forårsage skimmelvækst. Problemerne opstår først, hvis materialerne suger fugt eller bliver våde.

2.5 Hvad kan man gøre for at mindske risikoen for skimmelvækst indendørs

Producenterne: Producenter af byggematerialer kan med fordel indføre en HACCP-procedure for produktion af deres gipsplader og træbaserede byggematerialer. HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) er en internationalt anerkendt kvalitetssikringsprocedure, der bruges i fødevarerindustrien. Den fremmer fødevarerikkerhed ved at identificere, vurdere og kontrollere biologiske, kemiske og fysiske farer og kritiske punkter i produktionskæden fra råvarer til forbruger og dermed forebygge kvalitetsforringelser, fx vækst af skimmelsvampe.

Dette vil sikre, at nye byggematerialer indeholder så få skimmelsporer som muligt og dermed udgør en mindre risiko for skimmelvækst som følge af opfugtning.

Husstanden: Det eneste effektive tiltag er at holde sin bolig tør – det vil sige, at den relative fugtighed (RF) i luften indendørs ikke bør komme over 60 % i længere tid ad gangen. Man kan følge RF med et eller flere hygrometre som placeres fx i soveværelset og i stuen. Og så bør man lufte ud med gennemtræk et par gange dagligt **og** når hygrometeret siger mere end 60 % RF.

Et andet tiltag er at holde en god bolighygiejne, hvor de skimmelsporer, der kommer udefra og fra mugne madvarer, fjernes ved jævnlig udluftning med gennemtræk, støvsugning med støvsuger med HEPA-filter og rengøring af overflader med en fugtig klud.

Dette vil sikre at indeklimaforholdene ikke giver de skimmelsporer, der er tilbage efter rengøring, mulighed for at vokse uanset om de kommer fra materialerne eller fra udeluften.

Forskere: Forskere kan undersøge et langt større antal byggematerialer af forskellige fabrikater og fra forskellige producenter for at sikre at resultaterne er valide og gerne i samarbejde med forhandlere og producenter mht. HACCP.

PÅVISNINGSMETODER

3 PÅVISNINGSMETODER

3.1 Ny viden

- Forskellige opsamlings- og analysemetoder kan ikke sammenlignes direkte
- Ikke al skimmelvækst afgiver sporer, der kan påvises i luft- eller støvprøver
- Nogle bygningsrelaterede skimmelarter påvises ikke med de kommercielle metoder
- Kuldebroer kan udgøre et vækststed for tørketolerante skimmelarter

3.2 Baggrund

Den generiske lægmandsbetegnelse "skimmelsvamp" i boliger kan dække over mange forskellige ting. Man bør altid skelne mellem specifik skimmelvækst på overflader og tilfældige skimmelsporer i luften indendørs. De tilfældige sporer findes som regel i lave koncentrationer og er sjældent et problem for mennesker, der ikke lider af skimmelallergi og astma. Vækst i boligen er derimod en anden sag og består ofte af flere skimmelarter på samme overflade.

Vækst kan være problematisk, da nogle skimmelarter, der vokser indendørs, kan danne store mængder nye sporer, som frigives til indeluften. Andre arter kan danne forskellige flygtige stoffer, som i nogle tilfælde giver en muggen lugt. Både luftbårne sporer og flygtige stoffer kan give helbredsgener og nogle mennesker er mere følsomme end andre.

Hvis der er synlig skimmelvækst, tages der som regel kun få prøver af overfladen for at verificere at der er skimmelvækst, bestemme udbredelse og udrede årsagen. I nogle tilfælde tager man prøver for at artsbestemme skimmelsvampene til senere brug ved kvalitetskontrollen af skimmelrenoveringen eller af juridiske eller helbredsmæssige årsager.

Er der derimod mistanke om skjult vækst, enten på grund af en kendt vand-skade, lugt- eller helbredsgener, tager man ofte flere prøver og af både luft og overflader. Man antager, at skimmelsporerne fra den skjulte vækst vil frigives til luften og før eller senere lande på en overflade sammen med støv og andre luftbårne partikler. For at forbedre mulighederne for at opfange sporer fra den skjulte vækst, benytter man ofte forceret ophvirvling af støv inden man tager luftprøver.

3.2.1 Påvisningsmetoder

For at kunne påvise skimmelsporer eller -vækst, skal man først opsamle og siden analysere.

Indeluftens skimmelsporer opsamles enten på et filter eller på en Petriskål med et agarmedium, mens skimmelsporer på overflader mindst 150 cm fra gulvniveau opsamles med en steril vatpind (et svab), et stykke tape eller på en

aftryksplade med et agarmedium. V8 agar er det mest anvendte agarmedium i Danmark. Agarmedierne dyrkes og de fremvoksende skimmelsvampe artsbestemmes vha. mikroskopi. Vatspinde og filtre kan enten analyseres vha. en NAHA-analyse, som giver et mål for den biomasse (sporer og vækst), der er opsamlet, eller analyseres vha. en DNA-analyse (qPCR), som giver artsnavne og mængde på de mest almindelige indikator-arter. Der findes en del forskellige analysemetoder, som bruges i andre lande eller i forskningsøjemed, men de fire nævnte metoder i tabel 1 er de mest gængse i Danmark. Metoderne med deres fordele og ulemper er beskrevet i SBI-anvisning 274.

Tabel 1. Overblik over de mest anvendte kombinationer af opsamlings- og analysemetoder. Metoder i (+) kan bruges, men er ikke almindelige.

Analysemetode	Opsamlingsmetoder			
	Synlig vækst		Mistanke om skjult vækst	
	Luft	Overflade	Luft	Overflade
Tapeaftryk	-	+	-	(+)
NAHA (enzym)	(+)	+	(+)	(+)
Dyrkning	(+)	(+)	+	+
qPCR (DNA)	(+)	(+)	+	+

3.2.2 Opsamlingsmetoder

Enhver prøve – uanset type – skal altid betragtes som en stikprøve eller en delprøve, da prøven altid er meget mindre end den luftmængde eller den overflade, man ønsker at undersøge. To luftprøver taget lige efter hinanden eller to svab taget ved siden af hinanden kan være meget forskellige på grund af tilfældigheder. To skimmelsporer kan flyve rundt i luften med forskellige hastigheder eller lande forskellige steder på en overflade og kun tilfældighederne afgør om man får opsamlet begge sporer, kun den ene eller ingen skimmelsporer overhovedet.

Jo færre sporer, der er i luften eller på overflader, jo mindre sandsynlighed er der for at man får opsamlet et repræsentativt antal af dem. Hvis et prøveresultat viser ”ingen skimmel”, kan man ikke være sikker på at så er der skimmelfrit – man kan bare have været uheldig ved at have opsamlet ”det forkerte sted”. Dette er især tilfældet, når man leder efter skjult skimmelvækst.

I forskningsverdenen bruges golvstøv til at kortlægge sammensætningen af skimmelsvampe i indeklimaet – både det problemfrie og det skimmelramte. Golvstøv kan indeholde en bredere vifte af skimmelararter end støv opsamlet på skabe og dørkarme højt over gulvniveau, da nogle sporer er for klæbrige til at blive luftbårne, mens andre er for tunge. Forskellen på et svab af en hylde og golvstøv samlet fra hele boligen er, at hyldestøv favoriserer de små tørre sporer, mens golvstøv indeholder både store og små sporer, da alt vil ende på gulvet med tiden. Til gengæld kan hyldestøv være mere koncentreret end golvstøv fra en hel bolig, da støvsugerposen kan indeholde mange andre ting, såsom mad- og planterester og døde insekter.

Det er vigtigt i en kortlægning af skimmelvækst i en bolig hvilke skimmelarter man finder og i hvilke koncentrationer. Store koncentrationer af udemiljø-arter kan indikere et lavt rengøringsniveau, mens selv lave koncentrationer af indikator-arter kan indikere fugtproblemer og skimmelvækst.

3.2.3 Analysemetoder

NAHA-enzym analyse. Kitin er et stof, der findes i svampes cellevægge og i insekters ydre skelet, og som afstiver cellevæggene og skelettet. Både svampe og insekter er nødt til at nedbryde deres egen kitin, når de skal vokse og det sker ved at producere enzymet β -N-acetylhexosaminidase (**NAHA**). Jo mere en skimmelsvamp vokser, jo mere NAHA-enzym vil den danne. Med NAHA-metoden, måler man mængden af enzymet i en prøve og bruger det som mål for hvor meget skimmelbiomasse prøven indeholder. Der er ingen slægt- eller artsbestemmelse.

Dyrkningsanalyse. Ved **dyrkning** af en prøve tæller og identificerer man de skimmelarter, der kan vokse på det agarmedium og ved den inkuberingstemperatur, man har valgt. Artsidentifikationerne foregår ved mikroskopering. Ved valg af forskellige agarmedier og forskellige inkuberingstemperaturer kan man analysere for enten alle indikator-arter, alle bygningsrelaterede arter eller skræddersy betingelserne til en bestemt skimmelart. Alle indeklimate relaterede arter kan dyrkes og identificeres, hvis de er levedygtige, men kvaliteten af artsbestemmelserne afhænger af mykologens/laborantens erfaring.

DNA-analyse. Alle organismer – planter, dyr og svampe – indeholder DNA (arvemasse). Nogle områder på DNA-strengen er specifikke for arten, andre for slægtsgrupper og andre områder igen fælles for alle svampe i hele svamperiget. En DNA-analyse giver både en identifikation og en mængde af de svampe, der er i en prøve.

Ved den kommercielle DNA-analyse, der hedder quantitative Polymerase Chain Reaction (**qPCR**), bruger man både specifikke og generelle områder på DNA-strengen for svampe og man analyserer specifikt for mængden af 20-22 udvalgte indikator-arter og bygningsrelaterede slægtsgrupper. Antallet af arter i DNA-kittet og kategoriinddelingerne (fra A til F) genereres automatisk af laboratoriets egne algoritmer og er derfor forskellig fra laboratorium til laboratorium.

I forskningsøjemed bruger man en anden DNA-metode, Amplicon Sequencing (**Amp Seq**). Ved Amp Seq metoden bruges den del af DNA-strengen, som er fælles for alle svampe og man analyserer generelt for alle svampe, der måtte være i en prøve – som regel mellem 5.000 og 10.000 arter. Artsidentifikationerne foregår automatisk, men skal kontrolleres manuelt, da databaser og algoritmer stadig indeholder mange fejl. Amp Seq bruges til kortlægning af biodiversiteten i forskellige habitater.

Forskellen på de to DNA-metoder er, at qPCR er præcis og specifikt møntet på et begrænset antal skimmelarter, mens Amp Seq er generel og rettet mod alle svampearter i en prøve, uanset om de er relevante for indeklimaet eller ej.

Der findes ingen danske standardiserede eller certificerede detektionsprotokoller for hvilke opsamlingsmetoder, der skal bruges, hvor prøverne skal tages eller hvordan de skal analyseres. Der stilles heller ikke krav om hvilke kompetencer bygningsundersøgere skal have i forhold til vurdering af analyseresultaterne af mulig skimmelvækst i bygninger. Praxis viser, at forskellige undersøgelser af den samme bygning kan munde ud i forskellige konklusioner med hensyn til om der er skimmelvækst, i hvilket omfang og hvilke indgreb, der bør foretages.

Formålet med denne del af forskningsprojektet var dels at sammenligne opsamlings- og analysemetoder og dels at undersøge om støvsugerstøv kan bruges til at finde skjult skimmelvækst uden at foretage destruktive indgreb.

3.2.4 Forsøgsprotokol

To nabokomplekser med i alt 215 lejligheder bygget i henholdsvis 1972 og 2005 i Rudersdal kommune blev udvalgt. Der blev udsendt invitationer til alle husstande om fysisk besøg med skimmelundersøgelser og 32 husstande (15 %) takkede ja til at deltage i forsøget. Der var ingen forhåndsviden eller krav om skimmelvækst i de enkelte lejligheder.

En forsøgsprotokol blev udformet, som omfattede både fugt- og temperaturmålinger og skimmelundersøgelser (tabel 2). Forældresoveværelset blev valgt til skimmelundersøgelsen, da det blev antaget at være det rum, hvor beboerne opholder sig i længst tid og dermed har den største fugtbelastning udover bad og køkken.

Tabel 2. Overblik over målinger, opsamlings- og analysemetoder udført i hver lejlighed.

	Soveværelse		I alle rum		Centralt		Ydervæg	
Sted	Luft	Hyldestøv	Gulvstøv	Vækst	RF	Temp.	RF	Temp.
Analyse- og målemetoder	qPCR Dyrkning	qPCR	qPCR Dyrkning Amp Seq	qPCR	+	+	+	+

Hver lejlighed blev først undersøgt for synlig skimmelvækst og der blev taget svaberprøver ("vækst") af alle overflader (ca. 10 cm²), hvor der kunne være synlig vækst uanset hvilket rum væksten sås i. I alle rum, inklusive køkken og bad, blev der målt temperatur og relativ fugtighed (RF) i midten ("centralt") af rummet mindst 100 cm over gulvniveau og på en ydervæg i rummet lige over fodpanelet ("ydervæg"). I soveværelset blev der først taget en svaberprøve (ca. 10 cm²) af støv fra en vandret overflade mindst 150 cm over gulvniveau som normalt ikke rengøres ofte ("hyldestøv"). Dernæst blev der taget to luftprøver efter forceret ophvirvling ("luft"). Til sidst blev hele lejligheden inklusive bad, køkken og soveværelse støvsuget med en støvsuger med HEPA-filter ("gulvstøv"). Der blev taget mindst syv prøver i hver bolig (tabel 2) og et besøg varede omkring to timer.

3.3 Resultater

Til sammenligning af opsamlingsmetoder blev der anvendt qPCR som analysemetode, mens gulvstøvet blev brugt til at sammenligne analysemetoderne.

3.3.1 Gulvstøv som forsøgsmateriale

Alle opsamlingsmetoder er engangsmetoder. Det vil sige at en prøve kun kan analyseres én gang og så er al det opsamlede materiale – støv, skimmelsporer eller skimmelvækst – brugt. For at kunne sammenligne de forskellige analysemetoder, er det nødvendigt at den opsamlede prøve har så stort et volumen at der kan tages flere delprøver. Støvsugerposestøv blev valgt og forskellige metoder blev brugt til at teste om de delprøver man udtog var repræsentative for hele posen.

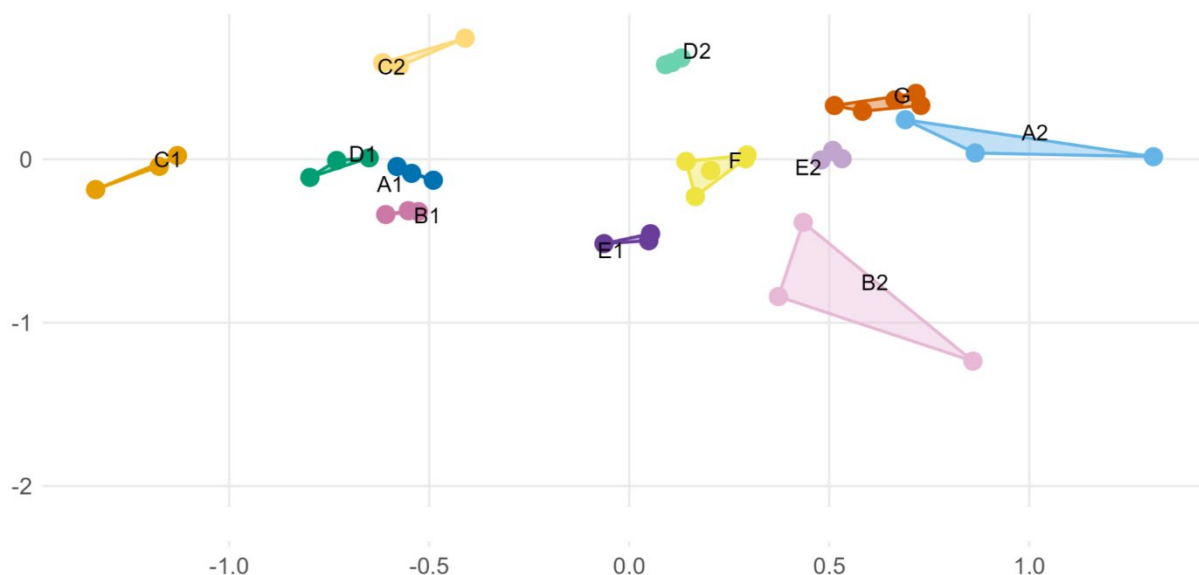
Støvsugerposer fra kollegaer på BUILD blev undersøgt for ensartethed og anvendelighed. For at være brugbar, skal gulvstøv opfylde to krav: to delprøver, der udtages fra den samme hovedprøve, skal være ens mht. biomasse og to delprøver udtaget fra forskellige hovedprøver, skal være forskellige mht. artsammensætning.

Dyrkning af gulvstøv på V8 agarmedium viste sig ikke at være en brugbar metode, da støv kan indeholde sporer af hatsvampe samt *Mucor* og *Rhizopus* arter. Disse svampe har en meget høj væksthastighed på V8 agar og var i stand til at overvokse andre arter og forhindre optælling og identifikation. NAHA-analyser blev derfor brugt til at teste gulvstøv for ensartethed og qPCR for anvendelighed.

NAHA-analyse af gulvstøvprøverne viste stor ensartethed i biomasse mellem delprøverne fra samme hovedprøve og qPCR viste god forskellighed mht. artsammensætningen (figur 7).

Anvendelsen blev undersøgt ved at udtage seks delprøver fra fem hovedprøver af gulvstøv (A til E) til qPCR-analyse. To ens sæt delprøver blev sendt til to forskellige laboratorier (1 og 2), der udfører qPCR-analyser. Der blev yderligere sendt fem delprøver fra to andre gulvstøvsprøver til laboratorium 1. Resultaterne (prøvesvarene) blev derefter analyseret på BUILD ved hjælp af et statistikprogram, der sammenholder mængderne af de 19 skimmelarter, artsgrupper og "universal fungi", der var fælles i begge prøvesvar [6] fra alle syv prøver (figur 7).

Figur 7 viser, at delprøverne fra den samme gulvstøvprøve ligger tæt sammen, hvilket betyder at de er meget ens. De syv gulvstøvprøver ligger derimod uden overlap, hvilket betyder at de indeholder forskellig mængde af de forskellige skimmelarter.

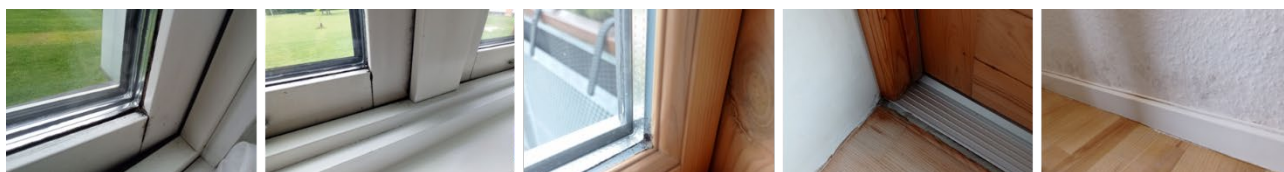


Figur 7. Fem prøver af gulvstøv (A til E) med tre delprøver analyseret på to forskellige laboratorier (1 og 2) samt to gulvstøvsprøver (F og G) med fem delprøver analyseret på laboratorium 1 (i alt 40 delprøver). Alle prøver fra laboratorium 2 er forskudt op og til højre i forhold til prøver fra laboratorium 1. Akserne på figuren er arbitrære og har ingen enheder.

Resultaterne viste desuden, der var forskel på prøvesvarene fra de to forskellige laboratorier, hvor fx delprøver fra gulvstøvsprøve C fra laboratorium 2 (C-2) ligger forskudt opad og til højre for delprøverne fra laboratorium 1 (C-1). Havde prøvesvarene været ens, havde prøverne ligge oven i hinanden. Det samme gælder for alle delprøver fra laboratorium 2. Hvilket laboratorium, der giver "sandheden" om gulvstøvens indhold af skimmelsporer vides ikke, da det ikke er muligt at få oplyst analysebetingelserne fra laboratorierne.

3.3.2 Undersøgelse af lejligheder

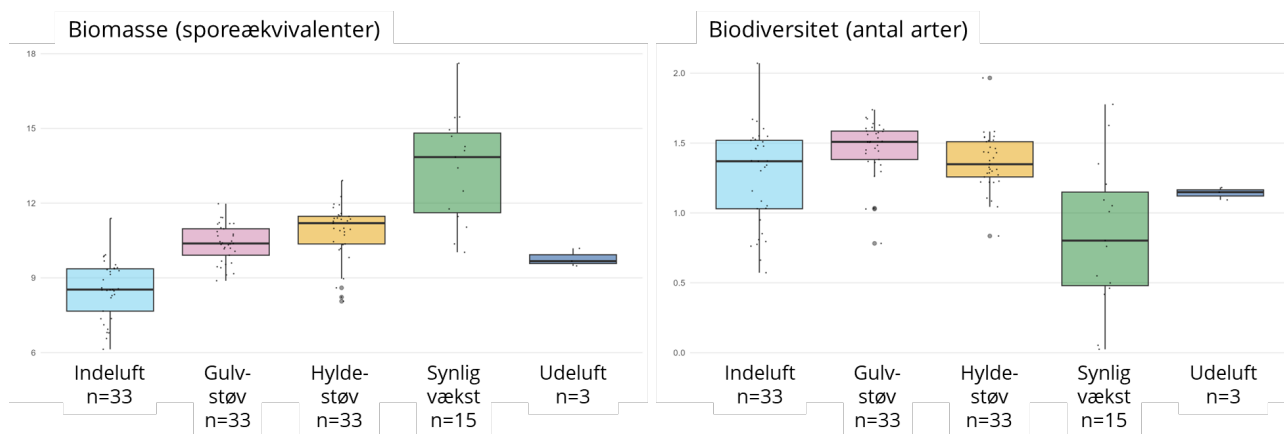
Den fysiske gennemgang viste, at ingen af de 33 undersøgte lejligheder havde synlig skimmelvækst udover bagatelgrænsen på 0,06 m². Det var især omkring vinduer og døre, hvor der sås skimmelvækst, mens beboerne selv udpegede mulig vækst, fx bag møbler (figur 8). Temperatur i midten af rummene lå henholdsvis mellem 19,1 og 24,1 °C i vinterperioden og mellem 21,2 og 27,6 °C i sommerperioden. Den tilsvarende RF lå mellem 50,1 og 36,6 % om vinteren og mellem 60,7 og 51,5 % om sommeren.



Figur 8. Skimmelvækst sås oftest på vinduesrammer og ved døre samt bag møbler i de undersøgte lejligheder.

3.3.3 Opsamlingssteder - qPCR.

Hvor prøverne tages, har betydning for resultatet og afhænger af hvor ofte en overflade rengøres. Gulvstøv er typisk 1-4 uger gammelt, hvis der støvsuges jævnligt, mens hyldestøv kan være 6 måneder gammelt, hvis der gøres hovedrent 2 gange om året. Når der tages luftprøver med forceret ophvirvling afspejles rengøringsniveauet i resultatet. Man antager at hvis der er skjult skimmelvækst et eller andet sted i boligen, vil sporer fra vækstområdet før eller senere aflejres på overfladerne.



Figur 9. Biomassen (tv) og biodiversiteten (th) i prøver taget forskellige steder i lejlighederne. Antallet af prøver (n) er givet under hver type. Prøverne er analyseret vha. qPCR-1.

Figur 9 viser henholdsvis biomassen og biodiversiteten af de skimmelarter, der er blevet opsamlet på forskellige steder i lejlighederne. Biomassen er lille i luftprøverne (blå kasser), men stor på overflader med vækst (grønne kasser). Analyserne viser, at der er statistisk forskel på biomassen i luftprøver, støvprøver og områder med vækst, men ikke mellem gulvstøv og hyldestøv. For biodiversiteten – antallet af forskellige skimmelarter – er der statistisk forskel mellem områder med synlig vækst og støvprøver, men ikke mellem luftprøver og prøver med vækst.

Dette stemmer overens med, at der færre arter, der vokser indendørs end arter, der flyver rundt i indeluften og lander på overflader. Det stemmer også med, at biomassen er meget større, der hvor der er vækst af mycelium og nydannelse af sporer end på overflader hvor der blot er støv og tilfældige sporer.

Luft-, hyldestøv og gulvstøv fra alle 33 lejligheder blev sendt til qPCR analyse hos laboratorium 1. Resultaterne i tabel 3 viser hvor forskellig udfaldet af de enkelte prøver taget i samme rum (soveværelset) kan være baseret på kategoriinddeling fra A til F, hvor A er den bedste og F, den værste kategori. I 18 lejligheder blev der ikke fundet synlig vækst af nogen art, mens 13 lejligheder havde vækst i vinduesrammerne udover fugerne og ved døre, men under

bagatelgrænsen på 0,06 m² (600 cm²). I to lejligheder (C-11 og L-25) blev der fundet skimmelvækst i henholdsvis køkken og entré, hvor beboerne mente, der måske var ældre fugtskader.

Kommercielle qPCR prøvesvar opdeles af det udførende laboratorium i forskellige kategorier, fra A til F, som er en samlet score for hele prøven. Vægtningen af de enkelte arter og opdelingen i normal (A og B), over middel (C og D) og høj (E og F) kendes ikke.

Tabel 3. Lejligheder opdelt efter synlig eller ikke synlig skimmelvækst. Luftprøve (Luft), gulvstøv (G-støv) og hyldestøv (H-støv) er taget i soveværelset. Prøver af områder med vækst er taget i soveværelset, bortset fra tre prøver mærket med *, som er taget andre steder i lejligheden. Lejligheder i fed havde også vækst andre steder. Lejlighederne er sorteret efter den kategori, hyldestøvet har fået. Prøverne er analyseret vha. qPCR-1.

Prøve	Luft	G-støv	H-støv
C02	A	B	A
C01	E	C	A
L35	B	B	B
C07	D	B	B
L36	B	E	B
C10	B	D	B
C12	A	B	C
C13	A	B	C
L22	A	B	C
C08	C	B	C
C04	D	B	C
C05	C	C	C
L30	F	C	C
C14	A	D	C
L27	B	B	C
L37	A	A	D
L26	C	C	D
L34	B	B	E

Prøve	Luft	G-støv	H-støv	Vækst
C16	A	F	A	C*
C03	B	A	A	C
L21	A	B	B	C
L29	B	C	B	D*
C09	C	E	B	D
L31	B	B	C	C
C11	A	D	C	C
L25	B	D	C	E
L32	B	B	C	F
C06	C	D	D	D
L33	A	D	E	E
C15	C	E	E	E
L24	B	C	E	F
L28	C	C	F	F
L23	D	E	F	F*

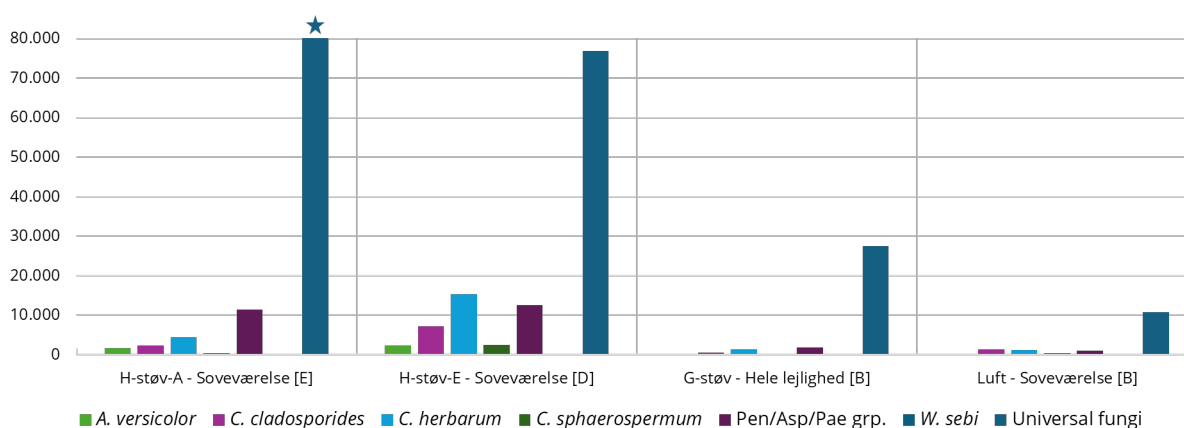
Tabellen viser, at der er stor forskel på de enkelte resultater alt efter hvilken opsamlings-metode (luft eller støv) man bruger, og hvor analysemetoden er den samme – i dette tilfælde qPCR. Opsamling af hyldestøv er den mest almindelige metode, der bruges, når professionelle firmaer skal undersøge boliger for skimmelvækst.

Resultaterne i tabel 3 viser, at luftprøver ofte kategoriseres bedre end støvprøver taget i det samme rum, hvilket var forventeligt. Det ser dog ikke ud til at der er nogen sammenhæng mellem luftprøver og vækst i det samme rum. Hyldestøv afspejler i nogen grad vækst i det samme rum, hvis prøverne er kategoriseret som E eller F – altså kraftig vækst.

De enkelte kategorier kan ikke stå alene og mængden og sammensætningen skal vurderes for hver prøve. I det følgende gives der eksempler på hvilke

skimmelarter, der blev fundet i de enkelte prøver og hvad der kan udledes af resultaterne.

I lejlighed L-34, hvor der ikke blev fundet tegn på skimmelvækst, viste to svab af hyldestøv i soveværelset "E" og "D", mens både gulvstøv og luftprøve gav "B" (figur 10). På arts- og slægtsgruppeniveau indeholdt hyldestøvet især høje sporeækvivalenter af "universal fungi", mens sporeækvivalenterne for *Aspergillus versicolor* udgjorde 1 % af "universal fungi". Andre *Aspergillus* eller *Penicillium* arter i hyldestøvet forekom kun med lave antal sporeækvivalenter og udgjorde 7 % af "universal fungi". Der blev heller ikke fundet andre indikator-arter i nævneværdig grad, hverken i luftprøven eller gulvstøvprøven.

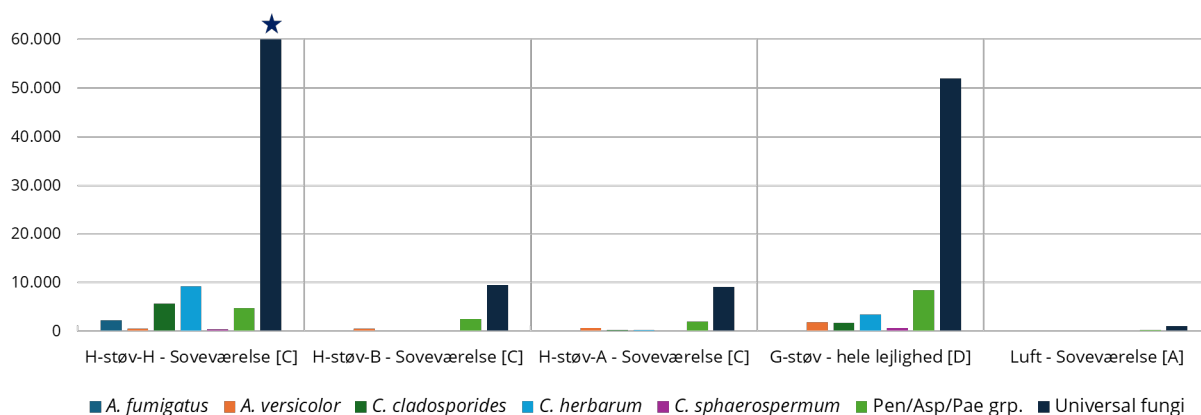


Figur 10. Fordelingen af udvalgte skimmelarter i forskellige qPCR prøver i lejlighed L-34. Svarkategorien er angivet i [] for hver prøve. Den lodrette akse er sporeækvivalenter og søjlen * markerer at sporeækvivalenterne for "universal fungi" er 152.116.

Analyse af gulvstøv (G-støv-L-34) vha. Amp Seq viste høj forekomst af *Botrytis cinerea*, *Aureobasidium pullulans*, *Epicoccum nigrum*, *Aspergillus penicillioides* og *Pseudophthomyces chartarum*.

De samlede resultater for L-34 viser, at det kan være vanskeligt at afgøre om der er skimmelproblem, hvis der ikke er synlige tegn på skimmelvækst og boligen kun vurderes på hyldestøvprøver i de høje kategorier. Hvilke skimmelarter, der er årsag til det høje sporeækvivalenttal i qPCR-analysen af H-støv-A vides ikke, men gulvstøvet indikerer at der er tale om skimmelarter hovedsagelig fra udemiljøet og at rengøringsniveauet er lavt.

I lejlighed C-14 hvor der heller ikke blev fundet tegn på skimmelvækst, viste tre svabprøver af hyldestøv i soveværelset alle "C", mens luftprøve gav "A". Selv om alle tre prøver faldt i samme kategori, blev der fundet relativt høje sporeækvivalenttal for *Aspergillus fumigatus* i den ene støvprøve, men ikke i de to andre (figur 11). I gulvstøvet i kategori "D", blev der på artsniveau fundet *Aspergillus versicolor*, Pen/Asp/Pae gruppe og "universal fungi" med høje sporeækvivalenttal.

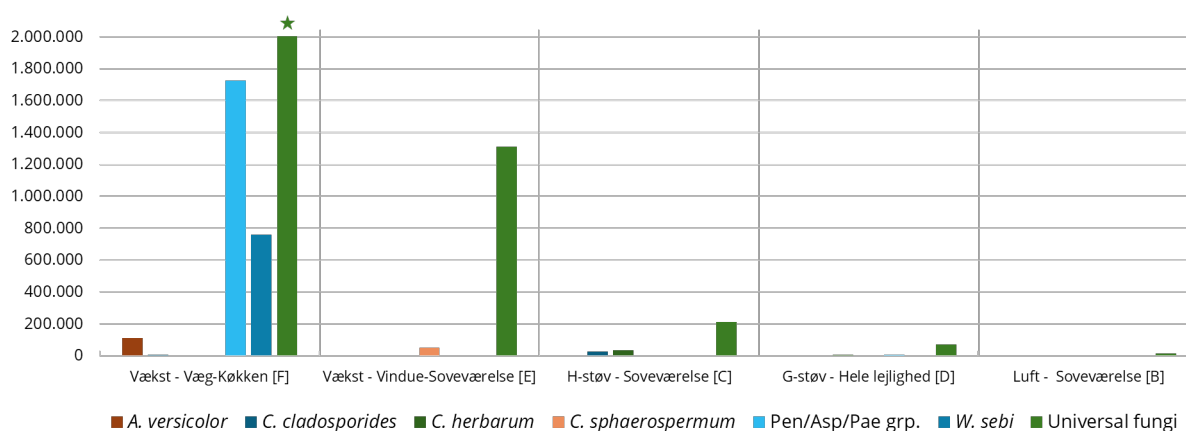


Figur 11. Fordelingen af udvalgte skimmelarter i forskellige qPCR prøver i lejlighed C-14. Svarkategorien er angivet i [] for hver prøve. Den lodrette akse er sporeækvivalenter og søjlen * markerer at sporeækvivalenterne for "universal fungi" er 85.798.

Analyse af gulvstøv (G-støv-C-14) vha. Amp Seq viste høj forekomst af *Aspergillus ruber*, *Saccharomyces* spp., *Penicillium palitans*, *Aureobasidium pullulans*, *Pseudopithomyces chartarum*, *Botrytis cinerea* og *Cladosporium sphaerospermum*-gruppen.

De samlede resultater indikerer, at der kan være et fugtproblem, selv om der ikke er synlig vækst, samtidig med et lavt rengøringsniveau. Begge analyser af gulvstøvet viser flere indikator- og bygningsrelaterede arter. Flere prøver af hyldestøv i ét rum (hyldestøv-A, -B og -H i figur 11) kan give meget forskellige prøvesvar, især hvis nogle overflader rengøres mindre hyppigt end andre, fx over på et meget højt skab, som var tilfældet for hyldestøv-H prøven.

I lejlighed L-25 blev der fundet vækst bag et køkkenskab, hvor svabet gav "F" i vækstområdet, mens gulvstøv gav "D" samt hyldestøv og luftprøven i soveværelset gav henholdsvis "C" og "B" (figur 12). På arts- og gruppeniveau indeholdt svabet høje sporeækvivalenttal af "universal fungi", mens sporeækvivalenterne for *A. versicolor* udgjorde 3,5 % af "universal fungi".



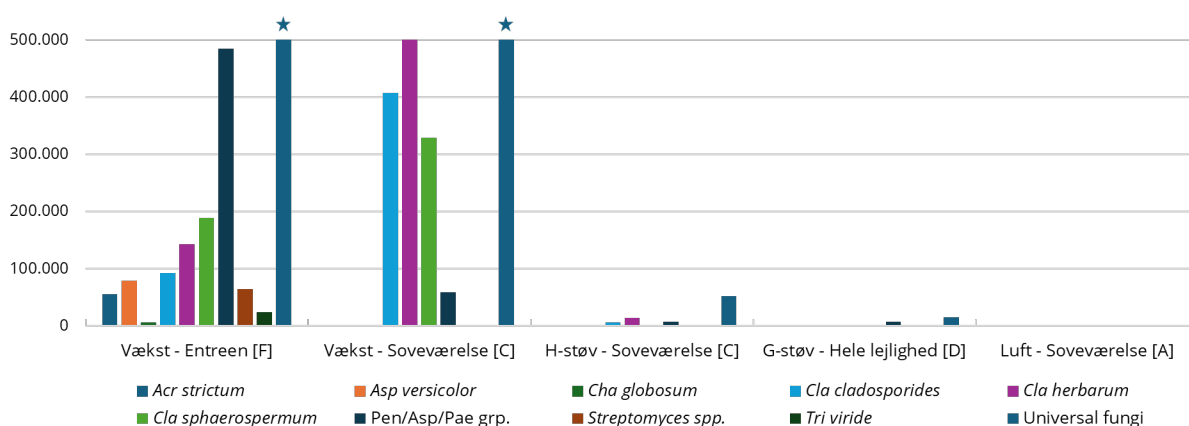
Figur 12. Fordelingen af udvalgte skimmelarter i forskellige qPCR prøver i lejlighed L-25. Svarkategorien er angivet i [] for hver prøve. Den lodrette akse er sporeækvivalenter og søjlen * markerer at sporeækvivalenterne for "universal fungi" er 3.091.860.

Andre *Aspergillus* eller *Penicillium* arter i svabet forekom med et højt antal sporeækvivalenter og udgjorde 55 % af "universal fungi", og *Wallemia sebi* udgjorde 24 % af "universal fungi" i køkkenet. **Figur 12** viser, at *Aspergillus versicolor* og *Wallemia sebi* ikke spredes til soveværelset, hvor de andre prøver blev taget. Disse to arter kan heller ikke genfindes i gulvstøvet.

Analyse af gulvstøv (G-støv-L-25) vha. Amp Seq viste høj forekomst af *Botrytis cinerea*, *Pseudopithomyces chartarum*, *Epicoccum nigrum*, *Aspergillus ruber*, *Aureobasidium pullulans*, *Aspergillus penicillioides* og *Aspergillus tardicrescens*.

De samlede resultater viser, at den skjulte vækst bag køkkenskabet nok ikke var blevet opdaget, hvis der kun var blevet taget luft- og støvprøver andre steder i boligen. Desuden udgør "universal fungi" et stor "mørketal", da "universal fungi" kan indeholde skimmelarter fra fødevarer og udemiljøet sammen med relevante bygningsrelaterede arter, der ikke indgår i qPCR analysen. Væksten i vinduesrammerne kan ikke spores i hyldestøvet i soveværelset. Heller ikke gulvstøvet ville kunne indikere skjult vækst, da hverken *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium* spp. eller *Wallemia sebi* blev fundet hverken ved Amp Seq eller qPCR.

I lejlighed C-11 blev der også fundet vækst ved hoveddøren og på vinduesrammerne i soveværelset. Svaberprøven af vækst i entreen viste "F", mens svaberprøver af vinduesrammen viste "C" ligesom hyldestøvet (figur 13). På arts- og gruppeniveau indeholdt svabet fra entreen høje sporeækvivalenttal fra en del indikator-arter samt et højt tal for "universal fungi", mens svabet fra vinduesrammen viste forskellige *Cladosporium* arter. Gulvstøv viste "D" selvom der umiddelbart var mindre biomasse sammenlignet med hyldestøv, da sporeækvivalenttallet for Pen/Asp/Pae gruppen er højt i forhold til tallet for "universal fungi".



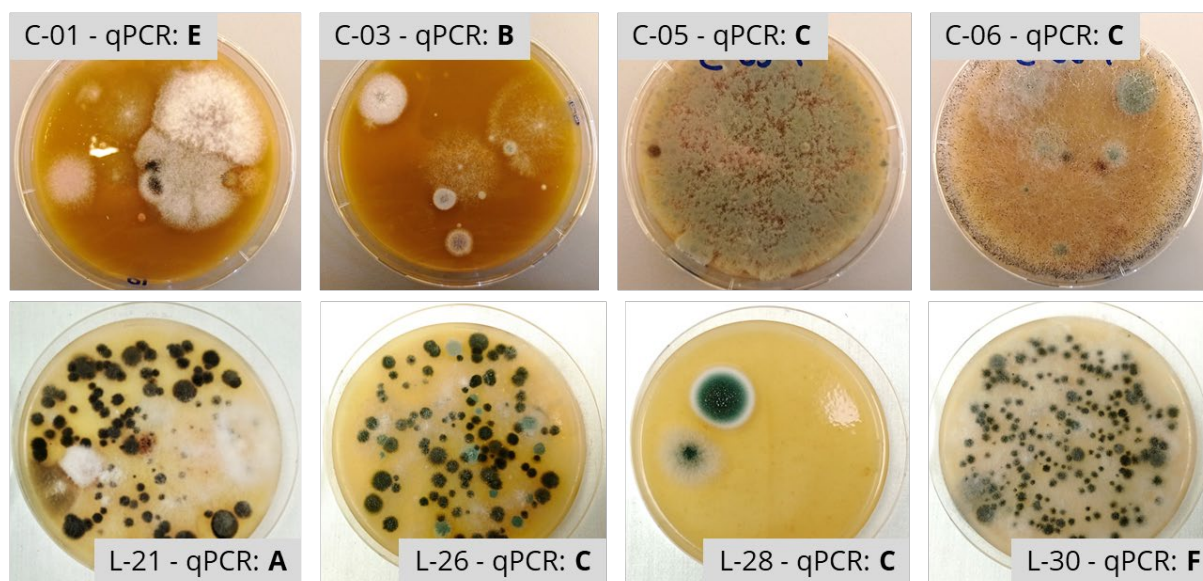
Figur 13. Fordelingen af udvalgte skimmelarter i forskellige qPCR prøver i lejlighed C-11. Svarkategorien er angivet i [] for hver prøve. Den lodrette akse er sporeækvivalenter og søjlerne markeret med * giver henholdsvis 5.167.859 og 4.778.531 sporeækvivalenterne for "universal fungi".

Analyse af gulvstøv (G-støv-C-11) vha. Amp Seq viste høj forekomst af *Saccharomyces* spp., *Aspergillus penicillioides*, *Cladosporium sphaerospermum*-gruppen, *Exophiala* spp., *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium rubens* og *Aspergillus tardicrescens*.

De samlede resultater viser, at *Cladosporium* spp. fra vækst i vinduesrammerne i soveværelset lige akkurat kan spores i hyldestøvet. Vækst af *Cladosporium sphaerospermum* kan også spores i gulvstøvet sammen med forskellige *Aspergillus* og *Penicillium* arter. Det kan dog ikke afgøres med sikkerhed hvor *Cladosporium* arterne kommer fra. Der er dog mest sandsynlighed for at de kommer fra entreen, da der blev støvsuget ekstra grundigt her.

3.3.4 Luftprøveopsamling - dyrkning vs. qPCR

Figur 14 og tabel 4 viser henholdsvis dyrknings- og qPCR resultaterne af udvalgte luftprøver taget på det samme tidspunkt i det samme rum i otte forskellige lejligheder. V8-dyrkningsprøverne (100 L) viser kun de kolonier, der er stammer fra levedygtige sporer, mens qPCR prøverne (200 L) viser både levende og døde sporer.



Figur 14. Dyrkningsresultater (V8-agar efter 7 dage ved 23 °C) for luftprøver (100 L) for udvalgte lejligheder efter forceret ophvirvling i soveværelset. C-prøverne i øverste række er taget om vinteren, mens L-prøverne i nederste række er taget om sommeren.

Sammenlignes resultaterne for dyrkning (figur 14) med qPCR (tabel 4) med det forbehold at den opsamlede volumen for qPCR er 2 gange større end for dyrkningspladerne og at der er brugt forskelligt apparatur, ses både ligheder og forskelle. Begge analyser viser forskellen mellem vinter og sommer, hvor der er mange *Cladosporium* spp. sporer i luften om sommeren, når der vel og mærke jævnlige luftes ud. C-05 og C-06 dyrkningspladerne er overvokset med henholdsvis *Penicillium digitatum* og *Rhizopus stolonifer*. I tabel 4 viser de

samme prøver et højt sporeækvivalenttal for henholdsvis Pen/Asp/Pae gruppen og *Rhizopus stolonifer*, hvilket er i overensstemmelse med dyrkningsresultaterne. L-26 har mange *Cladosporium* og *Penicillium* kolonier, mens L-28 har få kolonier af begge slægter, hvilket også afspejles i qPCR resultaterne.

Tabel 4. Prøvesvar for qPCR-luftanalyser (200 L) for udvalgte lejligheder i figur 14 og udvalgte skimmelararter- og grupper.

	<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Cladosporium herbarum</i>	<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	Pen/Asp/Pae grp.	<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Universal fungi
C-01	3.177	304	80	15.857	610	0	18.967
C-03	138	12	9	610	27	0	901
C-05	629	73	17	3.692	2	0	4.156
C-06	221	147	23	1.670	70	51	4.974
L-21	21	977	321	309	1	0	7.500
L-26	402	1.471	508	2.803	0	0	10.393
L-28	7	1.065	189	951	11	0	4.887
L-30	14.188	4.044	1.426	63.604	7	1	88.310

Resultaterne stemmer til gengæld ikke overens for C-01 og L-30, da qPCR indikerer at der er mange *Aspergillus versicolor* og Pen/Asp/Pae gruppe sporeækvivalenter i begge prøver, men ved dyrkning blev der ikke fundet levedygtige sporer af hverken *Aspergillus* eller *Penicillium* spp.

Resultaterne viser også, at mange af de sporer, der opsamles ved luftprøver, er døde sporer og kun registreres vha. qPCR. Aktiv vækst ved igangværende fugt- og vandskader afgiver altid levedygtige sporer, som vil spire frem på agarmedier. Det samme vil sporer, der kommer direkte fra udemiljøet.

De mange døde spore, som enten kan stamme fra gamle udtørrede fugtskader eller fra fødevarer eller udemiljøet, kan ophobes gennem tid i støvet indendørs. Jo længere tid, der går mellem hovedrengøring af boligen, hvor sofaen flyttes ud fra væggen og de øverste hylder tørres af, jo flere døde sporer vil der lagres. Ved forceret ophvirvling inden der tages luftprøver vil al støv – nyt som gammelt – blive luftbåren sammen med sporerne, både de levende og de døde.

3.3.5 Analysemetoder – qPCR vs. Amp Seq

Den videnskabelige litteratur viser, at slægten *Cladosporium* (C.) består af tre grupper: *C. cladosporioides* gruppen, *C. herbarum* gruppen og *C. sphaerospermum* gruppen. Hver gruppe består af 6 til 12 arter. Litteraturen viser også, at især to arter i *C. sphaerospermum* gruppen, der er de almindelige på byggematerialer: *C. sphaerospermum* og *C. halotolerans*.

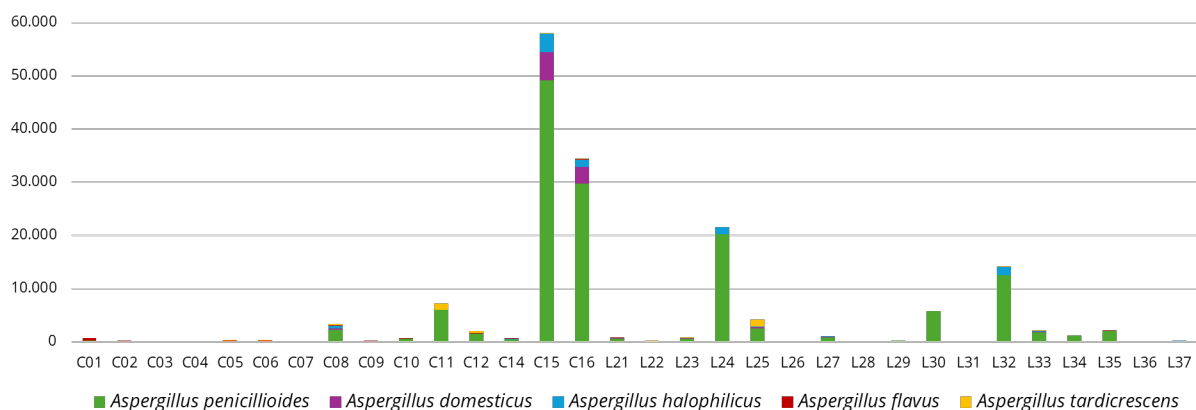
Figur 15 giver DNA-resultaterne for alle tre *Cladosporium* arter/grupper i gulvstøvprøver, taget i alle lejligheder. qPCR-analysen er specifik for de tre arter, mens Amp Seq analysen er mere generel og "fanger" både *C. sphaerospermum* og *C. halotolerans* i *C. sphaerospermum* gruppen.



Figur 15. Tre *Cladosporium* grupper analyseret med to forskellige DNA analysemetoder, qPCR (grøn - artsspecifik) og Amp Seq (lilla - gruppespecifik) udført på gulvstøv. I det nederste plot med *C. sphaerospermum* gruppen omfatter både *C. sphaerospermum* og *C. halotolerans*.

Resultaterne viser, at den specifikke qPCR metode er bedre til at finde *C. cladosporioides* og *C. herbarum*, mens den generelle Amp Seq viser, at der også vokser *C. halotolerans* i især C-04, C-09 og C-10. *Cladosporium halotolerans* kan være den dominerende *Cladosporium* art på byggematerialer i nogle sammenhæng, men opdages ikke med de kommercielle qPCR metoder.

Aspergillus versicolor er den mest almindelige *Aspergillus* art i vandskadede bygninger, men litteraturen viser også, at andre *Aspergillus* arter, som fx de tørkeelskende *A. penicilliioides*, *A. halophilicus* og *A. domesticus*, kan findes i høje antal i indeklimaet. Amp Seq analyserne af gulvstøv (figur 16) viste, at især *A. penicilliioides* kunne findes i store mængder i C-15, C-16, L-24 og L-32. En gennemgang af qPCR analyserne for gulvstøv i disse lejligheder viste, meget høje sporeækvivalenter for Pen/Asp/Pae gruppen, som er en general gruppe, der dækker alle *Penicillium*, *Aspergillus* og *Paecilomyces* arter.

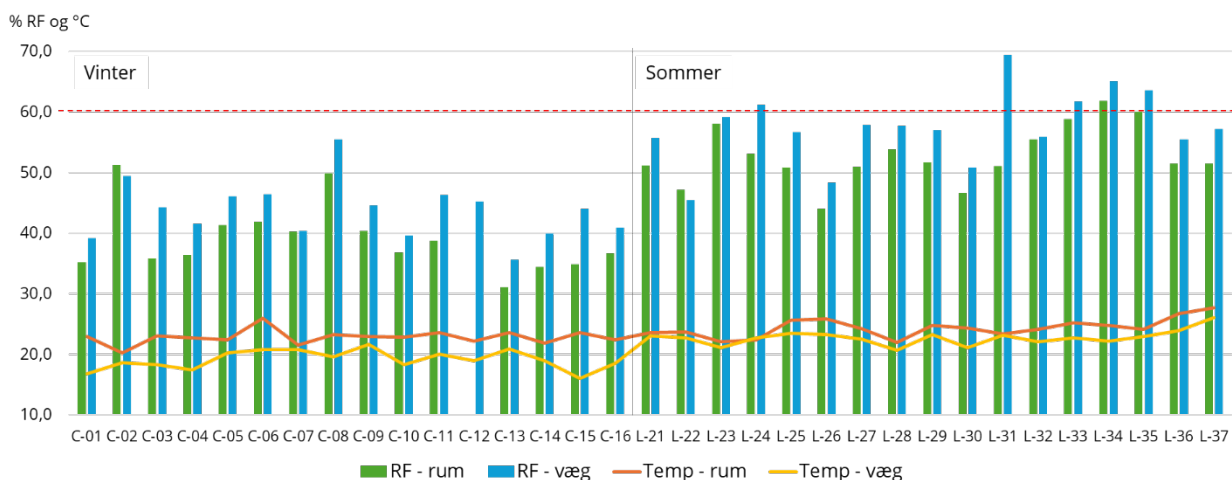


Figur 16. Amp Seq af tørketolerante og tørkeelskende *Aspergillus* arter i gulvstøv fra de 33 lejligheder

Figur 16 viser mængden af *Aspergillus penicilliioides* og andre tørkeelskende *Aspergillus* arter i gulvstøv analyseret ved Amplicon Sekventering. Disse svampe indgår ikke i qPCR analysen. Figuren viser, at nogle lejligheder har ekstremt høje forekomster af disse arter, hvilket kan betyde at der kan være skjult eller usynlig vækst – måske på kuldebroer, som ikke er blevet opdaget under besøget. I litteraturen forbindes vækst af *Aspergillus penicilliioides* ofte med mider, som lever af sporerne. En hypotese er, at nogle mennesker er mere allergiske overfor mider end skimmelsvampe.

3.3.6 Temperatur og relativ fugtighed

Temperatur- og fugtighedsmålingerne viser, at det er muligt at nogle ydervægge kommer over 60 % RF eller 0,6 i a_w -værdi – især i sommerperioden – hvor der er risiko for at de mest tørkeelskende *Aspergillus* arter kan begynde at vokse. Figur 17 viser den højeste RF på en ydervæg sammen med den korresponderende RH i midten af rummet i de 33 lejligheder. Der hvor der er størst forskel mellem RF i luften (100 cm over gulv) og RF tæt på ydervæggen (1 cm fra væg) er der mulige kuldebroer, fx i C-15 og L-31.



Figur 17. Den relative fugtighed (RF) og temperatur i midten af rummet (grønne søjler og orange kurve) og 1 cm fra en ydervæg (blå søjler og gul kurve) i det samme rum.

Resultaterne viser også, at fugtige ydervægge kan være et større problem i sommerperioden, hvor det absolutte fugtindhold i udeluften er højest end i vinterperioden. Kuldebroer, der ikke driver af vand, men kun moderat fugtig over længere tid, kan være en forklaring på, at tørketolerante *Aspergillus* arter findes så hyppigt i de undersøgte boliger.

De tørketolerante *Aspergillus* arter kan hverken detekteres ved dyrkning, da de ikke kan vokse på V8 agar eller med qPCR, da den ikke indgår i testsættet.

3.4 Konklusioner - metoder

Ingen påvisningsmetode vil kunne give det fuldstændige billede af alle indeklima-arter i en bolig. En opsamlingsprøve er en stikprøve, som kun fanger en brøkdel af de skimmelsvampe, der måtte være i en bolig. En analysemetode identificerer kun en begrænset mængde af de skimmelsvampe, der er opsamlet i prøven. Derudover er det ikke givet, at skimmelvækst i fx køkkenet eller undergulvbrædderne i entreen kan påvises med en støvprøve fra en hylde i soveværelset.

Det kan derfor kun anbefales at man tager prøver flere steder i boligen, hvis man leder efter skjult skimmelvækst, og gerne på både dørkarme og fodpaneler. Det anbefales også at bruge flere forskellige analysemetoder.

Luftprøver hvor det er opsamlet et specifikt volumen er de eneste prøver der kan sammenlignes, når der er brugt den samme analysemetode. Alle andre opsamlingsmetoder varierer på en eller flere måder. Der er mange årsager til at de enkelte prøver ikke kan sammenlignes 1:1:

- De fleste prøver tages på overflader, hvor arealet ikke måles. Man anbefaler at opsamle 10-15 cm², men det præcise areal kendes ikke.
- Når det tages prøver af områder med vækst, kan to prøver vise forskellige skimmelarter, da der kan være mange forskellige skimmelarter, der vokser i det samme område, men med forskellig udbredelse.
- Når der tages prøver af områder med hyldestøv, vil der især være sporer fra skimmelarter, der har små tørre sporer (fx *Aspergillus* og *Penicillium*), der vil blive luftbårne og lande på vandrette overflader
- Skimmelarter med store sporer (fx *Alternaria* og *Ulocladium*), klistrede sporer (fx *Stachybotrys* og *Trichoderma*) eller sporer, der sidder ekstra godt fast (*Cladosporium*) forekommer ikke så hyppigt i hyldestøv
- Luftbårne sporer, der lander på overflader, fordeler sig ujævnt hen over overfladen og to prøver taget ved siden af hinanden kan give forskellige resultater.
- Forskellige analysemetode måler forskellige aspekter af de skimmelsvampe, som er blevet opsamlet: kun levende sporer (dyrkning), levende og døde sporer af specifikke arter (qPCR) eller levende og døde sporer af generelle skimmelgrupper (Amp Seq).

Resultaterne i denne rapport har vist, at gulvstøv og Amp Seq kan afsløre skimmelararter, som er nye i indeklimasammenhæng, fx *Aspergillus penicillioides* og *Cladosporium halotolerans*. Tilstedeværelsen af disse og andre stadig ukendte skimmelararter, kan være en medvirkende årsag til nogle af de helbredsgener, beboere beskriver i skimmelsager, hvor der ikke kan konstateres skimmelbelastning ud over det sædvanlige med de kommercielle metoder.

Gulvstøv opsamlet fra hele boligen, er en mere repræsentativ prøvetype, som kan deles og analyseres med flere forskellige metoder. Gulvstøv er også nyere (1-3 uger alt efter støvsugningshyppighed), mens hyldestøv er ældre (6-12 måneder alt efter hovedrengøringshyppighed) og dermed mere koncentreret. Opsamling af gulvstøv er dog omstændeligt og tidskrævende, og kræver videreudvikling, hvis det skal bruges i praksis.

3.5 Hvad kan man gøre for at forbedre påvisningen af skimmelsvampe indendørs

De professionelle: Analysefirmaer, der producere DNA-kits, kan overveje at inkludere skimmelararter, der er nærtbeslægtede med indikator-arterne, fx *Cladosporium halotolerans*, og skimmelararter eller artsgrupper af de tørketolerante *Aspergillus* arter. Rådgivere, der undersøger bygninger for skimmelvækst, kan tage flere opsamlingsprøver i flere rum og bruge flere forskellige analysemetoder

Dette vil øge sandsynligheden for at påvise så mange bygningsrelaterede skimmelararter som muligt.

Husstanden: Beboerne kan tjekke vinduer, fuger og rammer, så nattens kondens kan fjernes om morgenen. Beboerne kan også undersøge om der er kolde områder på ydervægge og hvis der er møbler eller andet inventar tæt op ad kolde vægge, kan man overveje om der burde møbleres om.

Dette vil sikre, at der ikke er områder med fugt, hvor de tørketolerante skimmelararter kan slå sig ned. Det forbedrer ikke mulighederne for påvisning, men det forebygger skimmelvækst.

Forskerne: Amplicon Sekventering har potentiale, men analysemetoden er tidskrævende og dyr og kræver mere forskning i den rigtige ITS-primer, korrekte og opdaterede databaser og udvikling af en automatiseret skimmelidentifikationsalgoritme. Der er også behov for mere forskning i hvilke bygningsmaterialer, de tørketolerante skimmelararter kan vokse på og hvordan mider og *Aspergillus* arter interagerer.

REFERENCER

4 REFERENCER

Videnskabelige artikler og bøger på engelsk, som er et direkte resultat af forskningsprojekterne

- [1] Loukou E, King JC, Jensen NF, Rohde L, Dannemiller KC, Hegarty B & Andersen B. (2026). Assessment of sampling and detection methods for fungi in Danish buildings. Manuskript indsendt til Applied and Environmental Microbiology den 2. marts 2026.
- [2] Samson RA, Houbroken J, Sandoval-Denis M, Thrane U, Frisvad JC & Andersen B. (2026). *Food and Indoor Fungi*. 3. Edition. Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, Holland.
- [3] Loukou E, Jensen NF, Rohde L & Andersen B. (2024). Damp buildings: associated fungi and how to find them. *Journal of Fungi*, 10(2), 108.
- [4] Loukou E, Jensen NF, Rohde L & Andersen B. (2025). Pre-contamination of new, wood-based building materials: fungal diversity and susceptibility under different moisture scenarios. *Building and Environment*, 114129.
- [5] Gewecke A, Sieber RN, Hallstrøm S, Stegger M, Kolarik B, Knudsen JD, Andersen B, Hall A, Vissing NH & Arendrup MC. (2026). Environmental and phylogenetic investigations of *Aspergillus flavus* outbreak linked to contaminated building materials, Denmark, 2025. *Emerging Infectious Diseases*, 32(3), 376.
- [6] Loukou E (2026). Mapping the indoor mycobiome: Contamination sources, detection methods and material associations. PhD afhandling indsendt til bedømmelse den 2. marts 2026.



Denne BUILD-rapport beskriver resultaterne af to forskningsprojekter om forekomsten af indeklimarelaterede skimmelararter i danske boliger. Formålene var at undersøge hvilke skimmelararter, der findes i boliger, bestemme hvor de kommer fra og at sammenligne forskellige opsamlings- og analysemetoder.

Hovedkonklusioner

- Nogle skimmelararter kan vokse ved 0,6 i aW-værdi svarende til 60 % RF i materialeoverfladen
- Skimmelsporer kan skjule sig i nye træbaserede byggematerialer
- Nogle skimmelararter er knyttet til bestemte træbaserede byggematerialer
- Nogle bygningsrelaterede skimmelararter detekteres ikke med de kommercielle metoder
- Kuldebroer kan udgøre et voksested for tørketolerante skimmelararter
- Forskellige opsamlings- og analysemetoder kan ikke sammenlignes