



Diplomová práce

Experimentální design z mycelia

Experimental design of mycelium

Autor: **BcA. Barbara Rakovská**

Studijní program: Design (N212)

Studijní obor: Design

Vedoucí: Akad. Arch. Jan Fišer

Praha, červen 2023

České vysoké učení technické v Praze, 2023

Klíčová slova: mycelium, akustická absorpce, mykokompozit, kompozit mycelia, akustický panel, biologicky rozložitelný, cirkulární, ekologický, kompozit, odpadní materiál, recyklovaný, recyklovatelný

Key words: mycelium, acoustic absorption, mycocomposite, mycelium composite, acoustic panel, biodegradable, circular, ecological, composite, waste material, recycled, recyclable

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury
2/ ZADÁNÍ diplomové práce

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: BARBARA RAKOVSKÁ

datum narození: 16.4.1997

akademický rok / semestr: 2022/23 ; LETNÍ

obor: DESIGN

ústav: PRŮMYSLOVÉHO DESIGNU 15150

vedoucí diplomové práce: Akad. arch. Jan Jirů

téma diplomové práce: Experimentální design z mycelia
viz přihláška na DP

zadání diplomové práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

→ Vytvořit materiál mycelia pro funkční užití předmět v interiéru.
Akustický panel

2/

Pro AU/ součástí zadání bude jasně a konkrétně specifikovaný stavební program

Pro D/ součástí zadání budou jasně a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

- | | | |
|-------------|-----------------------------------|--------------------|
| o ANALÝZA | o Výstup analýzy a formulace cíle | o TECHNICKÝ VÝKRES |
| o REŠERŠE | o PROCES NAVRHOVÁNÍ | |
| o TESTOVÁNÍ | o VÝSLEDNÝ NÁVRH | o ZÁVĚR A REFLEXE |

3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování

- | | |
|----------------|---------------------|
| - PROTOTYP 1:1 | - TISŤENA formát A4 |
| - PLAKÁT A1 | |

4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

- o PORTFOLIO

Datum a podpis studenta

24. února 23 *Barbara Rakovská*

Datum a podpis vedoucího DP

Jan Jirů

Datum a podpis děkana FA ČVUT

Ilkova

registrováno studijním oddělením dne

2/3/23 *Kryš*

| | |
|---|--|
| ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA ARCHITEKTURY | |
| AUTOR, DIPLOMANT: BcA. Barbara Rakovská AR 2022/2023, LS | |
| NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE: (ČJ) Experimentální design z mycelia (AJ) Experimental design of mycelium | |
| JAZYK PRÁCE: český | |
| Vedoucí práce: | prof. Akad. arch. Jan Fišer Ústav: 15150 Ústav designu |
| Oponent práce: | MFA David Šohaj Minařík |
| Klíčová slova (česká): | mycelium, akustická absorpce, mykokompozit, kompozit mycelia, akustický panel, biologicky rozložitelný, cirkulární, ekologický, kompozit, mycelium, odpadní materiál, recyklovaný, recyklovatelný |
| Anotace (česká): | Cílem diplomové práce je prozkoumat materiály na bázi mycelia a následně najít vhodné využití kompozitu mycelia v interiérovém designu. Výsledným návrhem jsou závěsné akustické panely a akustický obraz do kancelářských prostor. Kompozit mycelia je novým typem materiálu s dobrými termoizolačními, akustickými absorpčními a ohnivzdornými vlastnostmi. Navržený produkt se snaží těchto vlastností maximálně využít a přináší ekologicky šetrnější alternativu akustických panelů. Účast v soutěži můj návrh pomohla více specifikovat a zároveň mi umožnila využít zásadní výhodu mykokompozitů, kterou je schopnost upcyclace odpadního materiálu z lokálního zdroje. |
| Anotace (anglická): | The aim of the thesis is to explore mycelium-based materials and subsequently to find a suitable use of mycelium composite in interior design. The resulting designs are overhead ceiling panels and acoustic paintings for office spaces. Mycelium composite is a new type of material with good thermal insulation, acoustic absorption and fire-resistant properties. The proposed product seeks to make the most of these features and provides an eco-friendly alternative to acoustic panels. Participation in a competition helped me to further specify my design, while allowing me to make use of a crucial advantage of mycocomposites, which is the ability to upcycle waste material from a local source. |

Poděkování

Chtěla bych poděkovat všem, kteří mi byli oporou, především mé rodině a přátelům. Mé poděkování patří vedoucím práce, panu prof. Akad. arch. Janu Fišerovi a paní M. A. Henrietě Nezpěvákové, Ph.D. Dále bych chtěla poděkovat firmě Mykilio s.r.o., Mgr. Matějovi Róthovi a Jakubovi Seifertovi za odborné konzultace, poskytnutí materiálu a pomoci s výrobou. Molabu, ústavu modelového projektování Fakulty architektury ČVUT, jmenovitě Ing. arch. Jiřímu Vele za pomoc a konzultace. Děkuji všem, kteří se zapojili do uživatelského výzkumu.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 24.5.2023


podpis autora-diplomanta

Anotace

Cílem diplomové práce je prozkoumat materiály na bázi mycelia a následně najít vhodné využití kompozitu mycelia v interiérovém designu. Výsledným návrhem jsou závěsné akustické panely a akustický obraz do kancelářských prostor. Kompozit mycelia je novým typem materiálu s dobrými termoizolačními, akustickými absorpčními a ohnivzdornými vlastnostmi. Navržený produkt se snaží těchto vlastností maximálně využít a přináší ekologicky šetrnější alternativu akustických panelů. Účast v soutěži můj návrh pomohla více specifikovat a zároveň mi umožnila využít zásadní výhodu mykokompozitů, kterou je schopnost upcyclace odpadního materiálu z lokálního zdroje.

Annotation

The aim of the thesis is to explore mycelium-based materials and subsequently to find a suitable use of mycelium composite in interior design. The resulting designs are overhead ceiling panels and acoustic paintings for office spaces. Mycelium composite is a new type of material with good thermal insulation, acoustic absorption and fire-resistant properties. The proposed product seeks to make the most of these features and provides an eco-friendly alternative to acoustic panels. Participation in a competition helped me to further specify my design, while allowing me to make use of a crucial advantage of mycocomposites, which is the ability to upcycle waste material from a local source.

OBSAH

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD A MOTIVACE | 10 |
| 1.1 Metodika práce..... | 12 |
| 1.2 Cíl projektu..... | 13 |
| 1.3 Hrubý harmonogram projektu..... | 13 |
| 2. ANALYTICKÁ ČÁST | 14 |
| 2.1 Mycelium, neviditelný materiál..... | 14 |
| 2.1.1 Schéma životního cyklu mycelia..... | 15 |
| 2.1.2 Úloha mycelia v ekosystému..... | 15 |
| 2.2 Bio-materiály přímo z přírody..... | 17 |
| 2.3 Čistě myceliové materiály..... | 18 |
| 2.4 Kompozity mycelia (mykokompozity)..... | 21 |
| 2.4.1 Hlavní faktory ovlivňující materiálové vlastnosti mykokompozitů..... | 24 |
| 2.4.2 Technologie zpracování a tvarování kompozitu mycelia..... | 28 |
| 2.4.3 Další faktory, které ovlivňují vlastnosti mykokompozitů..... | 32 |
| 2.4.4 Vlastnosti pěnových kompozitních materiálů na bázi mycelia..... | 33 |
| 2.4.5 Akustika mykokompozitních materiálů..... | 34 |
| 2.5 Současné využití mycelia v praxi..... | 43 |
| 2.5.1 Využití mykokompozitů v interiérovém designu..... | 45 |
| 2.5.2 Akustické panely z mykokompozitů..... | 48 |
| 2.6 Experimenty, práce s myceliem..... | 51 |
| 2.6.1 Základní postup práce s myceliem..... | 52 |
| 2.6.2 První zkušenost z myceliem – papír..... | 56 |
| 2.6.3 Pěstování mycelia v přírodních a syntetických barvivech..... | 57 |
| 2.6.4 Pěstování mycelia v odpadních materiálech..... | 59 |
| 2.6.5 Mycelium a flexibilita..... | 60 |
| 2.7 Materiálový uživatelský výzkum..... | 61 |
| 2.8 Srovnání vzhledu mykokompozitu s jinými biokompozity..... | 65 |
| 3. VÝSTUP ANALÝZY A FORMULACE VIZE | 68 |
| 3.1 Cirkulární ekonomika..... | 69 |
| 3.2 Využití mykokompozitu v kancelářích..... | 70 |
| 3.2.1 Zdravé pracovní prostředí..... | 70 |
| 4. PROCES NAVRHOVÁNÍ | 71 |
| 4.1 Shrnutí zásadních poznatků o mykokompozitech..... | 71 |
| 4.2 Návrh akustických panelů z mykokompozitu..... | 72 |
| 4.2.1 Biophilic design..... | 73 |
| 4.2.2 Forma akustických panelů..... | 75 |
| 4.2.3 Složení mykokompozitu..... | 75 |
| 4.2.4 Zpracování mykokompozitu..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| 5.PROTOTYPOVÁNÍ A TESTOVÁNÍ | 78 |
| 5.1 Akustický obraz WAVY..... | 78 |
| 5.1.1 Hledání tvaru..... | 79 |
| 5.1.2 Testování organických tvarů a prorošlého povrchu..... | 80 |
| 5.1.3 Výroba forem a obrazů..... | 81 |
| 5.1.4 Konstrukce, zavěšení..... | 83 |
| 5.2 Závěsné stropní akustické panely PEBBLY..... | 84 |
| 5.2.1 Hledání tvaru..... | 84 |
| 5.2.2 Výroba forem a panelů..... | 85 |
| 5.2.3 Konstrukce, zavěšení..... | 88 |
| | |
| 6.VÝSLEDNÉ NÁVRHY | 89 |
| 6.1 Akustické panely z mykokompozitu..... | 89 |
| 6.2 Vizualizace..... | 90 |
| | |
| 7.TECHNICKÁ DOKUMENTACE | 93 |
| 7.1 Akustický obraz WAVY..... | 93 |
| 7.2 Závěsné stropní akustické panely PEBBLY..... | 94 |
| | |
| 8.ZÁVĚR REFLEXE | 95 |
| | |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 97 |
| SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ | 101 |
| Seznam příloh | 105 |

1. ÚVOD A MOTIVACE

Dobrý design a jeho vztah k životnímu prostředí a ekologii jsou dnes významná témata. Vysoké tržby z prodeje již nejsou jediným kritériem úspěchu výrobku. Jsme v situaci, kdy si uvědomujeme, že hodnotu výrobku již netvoří jenom kvalita jeho zpracování, aktuálnost trendu a dobré jméno značky. O hodnotě výrobku rozhoduje nejen ekonomický, ale čím dále tím více i ekologický aspekt.

Uvědomujeme si, že v profesi designéra nabývá na důležitosti jeho vliv na životní prostředí. Při navrhování designér nese odpovědnost za celý životní cyklus výrobků od výroby až po likvidaci. Již nestačí myslet na funkčnost, ale čím dále více se ukazuje, že se profese designéra postupně prolíná s profesí materiálového inženýra a experimentátora. Designér by měl být dostatečně vzdělán, aby dokázal uvědoměle dodržovat ekologické postupy a využíval takové materiály, které budou mít minimální negativní ekologické dopady.

Udržitelnost a ohleduplnosti vůči životnímu prostředí se v současnosti již nepovažují za doplněk designu, nýbrž za požadované charakteristiky produktů. Zájem o studium ekologických dopadů je zároveň důležitým krokem pro budoucí rozvoj designového odvětví, v němž stoupá důležitost symbiózy konstrukčního řešení a studia nebo vývoje nových materiálů.

Jedno z možných řešení, které nám mohou v designovém odvětví pomoci, je obor biotechnologie, který v důsledku současné ekologické krize začíná nabývat na své důležitosti. Jedná se o technologie, jejichž principy jsou založené na využívání poznatků z biologie. Je to tedy jistým způsobem návrat k přírodě a porozumění biologickým principům. Biotechnologie související s designem jsou v kontextu mnoha projektů především v experimentální fázi. Není to tak dávno, kdy se postupně začaly zavádět pojmy jako biodesign a biomaking.

Výrobky a materiály vytvářené biologickými organismy se zdají být novou perspektivní vizí. S ubývajícím průmyslovými zdroji jsme nuceni změnit náš vztah k přírodě. Jednou z cest je náhled, že jsme její součástí a ona byla naprogramována tak, aby tvořila rovnováhu na planetě. Přihlédneme-li k této myšlence, můžeme při navrhování nových produktů zvažovat využití materiálů a struktur, které vychází přímo z přírody. Jeden z nových postupů může být, že si při konstrukci produktu tzv. vypůjčíme přírodní procesy. Pro designéry se jeví jako zásadní porozumět chování a vlastnostem, které úzce souvisí se strukturou a růstem daného materiálu.

Biotechnologie a biodesign by mohli změnit tvrzení „form follows function“ na „form follows the energy“. Heslo jsem si vypůjčila ze stejnojmenné knihy Briana Codyho, která se soustředí na redukci energetických toků v architektuře, ale tato myšlenka je dobře aplikovatelná i v kontextu designu.

V kontextu udržitelného designu nemohu opomenout nadčasové myšlenky Victora Papanka "any form of design that minimizes environmentally destructive impacts by integrating itself with living processes." [27]

Čím déle se věnuji designu, tím častěji si pokládám otázky – Jakou roli má designér v dnešní době? Proč vytvářet nový design pro již existující věci? Jsou všechny produkty opravdu potřeba a nemáme všeho dost? V nadcházejících letech budeme muset přehodnotit některé principy konzumní společnosti. Se změnou klimatu se souběžně změní i náš životní styl. Nadměrné využívání surovin nemůže pokračovat do nekonečna a celosvětová spotřeba se musí snížit. Naše potřeba materiálů však nezmizí. Potřebujeme mnoho nových nápadů a mezioborových spoluprací, jež budou vést k náhradě a obnově našich stávajících materiálových systémů, které povedou k udržitelnějším spotřebním návykům. V mnoha případech se za nejlepší alternativu k v současnosti převládajícím materiálům na bázi fosilních paliv považují materiály na biologické bázi. Abychom jako designéři změnu přístupů usnadnili, měli bychom se zajímat o původ materiálů, ze kterých jsou výrobky vyrobeny.

Sama cítím, že tato nová éra již začala a povědomí o ekologických otázkách se zvyšuje, recyklace se stává součástí naší každodenní rutiny a materiály nyní hrají roli i v několika cílech udržitelného rozvoje. Po celém světě se zkoumají znovu využitelné zdroje surovin a nevyužité vedlejší produkty výroby nebo odpady. Stále více designérů a dalších kreativců se spolu s vědci a inženýry zapojují do výzkumných a vývojových procesů inovativních materiálů. Jako designér cítím odpovědnost a chtěla bych se stát součástí tohoto hnutí. Prostřednictvím této diplomové práce bych se chtěla podělit o své zkušenosti a zaměřit se na průzkum vybraného biomateriálu.

Před samotným výběrem materiálu pro mě bylo důležité provést důkladnou rešerši. Potřebovala jsem takový materiál, se kterým budu moci pracovat v podmínkách, které mám k dispozici. Velice mě lákají různé varianty bioplastů na bázi celulózy a přírodní gumy. Výzkumné skupiny jsem našla především v zahraničí a u takových materiálů bych potřebovala vědeckou spolupráci a dobře vybavenou laboratoř.

Již delší dobu jsem na trhu sledovala vzrůstající zájem o přírodní a udržitelnější alternativu zvířecí kůže. Samotnou mě tato problematika oslovila a rozhodla jsem se jí více prozkoumat. Syntetické alternativy bývají na bázi polyurethanu (PU) a polyvinyl chloridu (PVC), problém takových kůží bývá neprodyšnost, menší trvanlivost a umělý vzhled. Zároveň se vymykají současným principům, kdy se snažíme omezit plasty. Progresivní udržitelnou alternativou kůže se zdá být materiál z mycelia (česky podhoubí). Využití této rozmanité skupiny živých organismů mi přišlo fascinující. Začala jsem se tedy o houby v materiálovém kontextu více zajímat. Naštěstí nejsem na území ČR jediná, tento materiál se zdá být dobře dostupný a přálo mi štěstí. Letos byla v rámci studentské soutěže Reborn Design, vyhlášena speciální výzva – Experimentální design z mycelia, do které jsem se přihlásila a získala tak konzultační a materiálovou podporu od partnerů. Záměrem soutěže je nalézt uplatnění designu kompozitu mycelia v interiérovém použití.

Tato práce se věnuje materiálům na bázi mycelia, především biokompozitu mycelia (mykokompozitu). Je rozdělena do dvou hlavních částí. Jelikož je mým tématem experimentální design, prostřednictvím základních principů metody „Material Driven Design (MDD)“, pozorováním vlastních experimentů a studia dostupných výzkumů tento materiál důkladně prozkoumávám. Následně, v druhé části, si pokládám otázku: Jaké je nejvhodnější použití biokompozitu mycelia v interiérovém designu? Zde se věnuji konkrétnímu návrhu produktu a jeho komerčnímu použití.

1.1 Metodika práce

MATERIAL DRIVEN DESIGN (MDD) pomáhá designérům nalézt smysluplné použití materiálů. Při navrhování touto metodou je výchozím bodem materiál. Designéři analyzují materiál nejen pro to, co je a jaký je, ale také pro to, co dělá, co nám vyjadřuje, co v nás uživatelích vyvolává a co nás vybízí dělat. Tato metoda pomáhá designérům strukturovat, komunikovat a reflektovat jejich činnost při navrhování. Usnadňuje definování materiálových zážitků a získávání designérské kompetence při zkoumání a chápání vlastností materiálu.[20] Biokompozit mycelia lze definovat jako materiál, který je na trhu nový, neustále je v procesu poznávání a do průmyslové výroby ho postupně zavádí jen malé množství světových firem. Právě proto je pro designéry zásadní jeho podrobný průzkum.

BIODESIGN – Biotechnologie nám pomáhají při navrhování nových udržitelných biologických výrobků a materiálů. Biodesign je nově vznikající obor, který k výrobě produktů využívá biologických materiálů a systémů. Umělci, designéři, inženýři a hobbymakeři využívají sílu biologických živých materiálů k řešení kritických ekologických problémů, tvorbě udržitelných produktů, navrhování konstrukčních řešení, ve výtvarném odvětví se tyto principy nazývají bioart (též biotechnologické umění). Biodesignéři si pokládají otázku: Co kdybychom mohli vypěstovat udržitelnou budoucnost?[6]

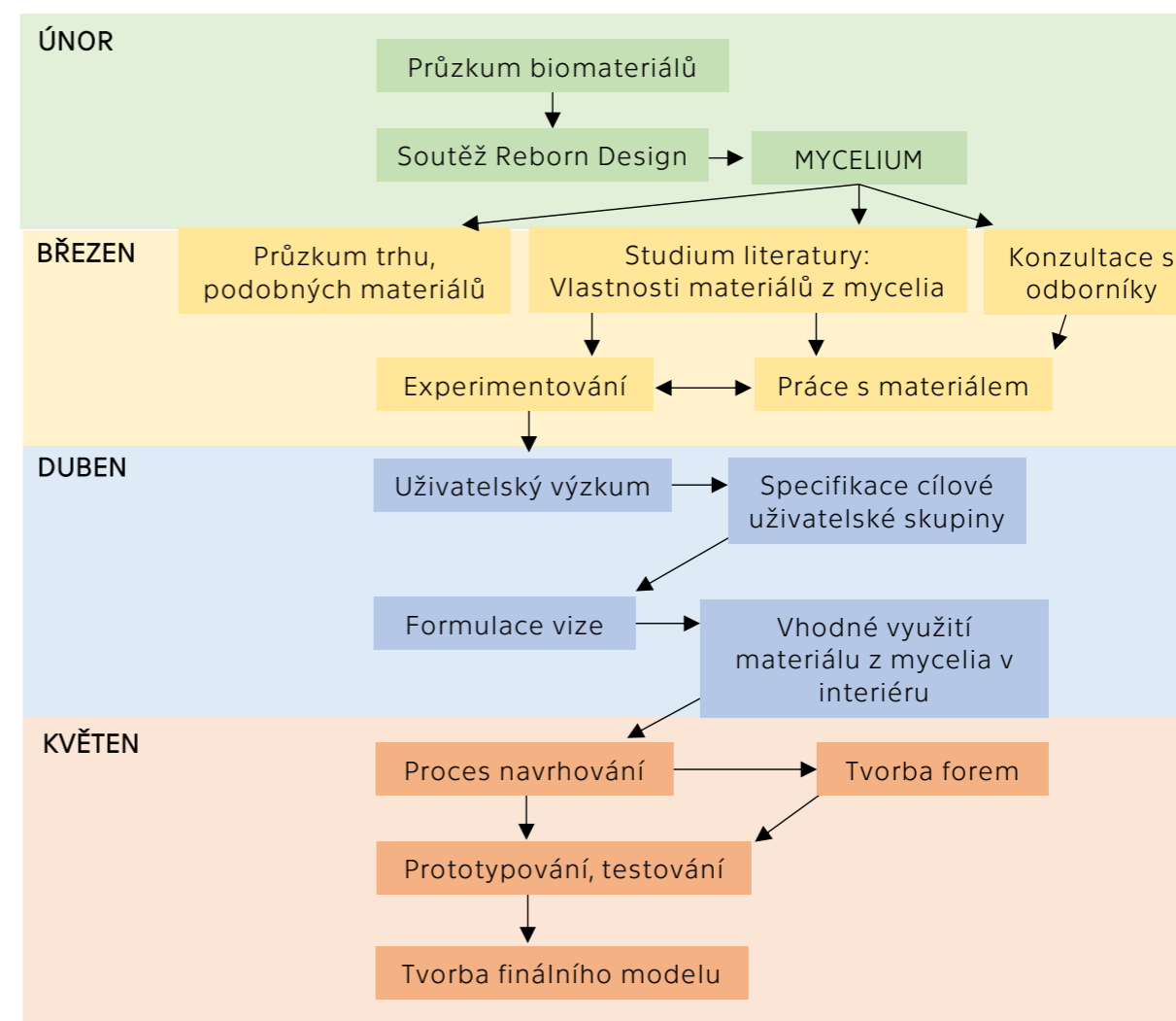
BIOMAKING – Nový koncept pro tzv. makerspace, ve kterém mohou designéři společně experimentovat a jejich výzkumy jsou založeny na spolupráci s neškodnými mikroby, jako jsou houby, bakterie, kvasinky a řasy, které vedou k návrhu smysluplného výrobku pro udržitelnou budoucnost. Biomaking je koncept, který podporuje multidisciplinární spolupráci v oboru designu, kdy designér jakožto umělec a konstruktér úzce spolupracuje s vědeckými biotechnologickými pracovišti.[6]

1.2 Cíl projektu

Cílem diplomové práce je prozkoumat biokompozit mycelia. Seznámit se s ním pomocí materiálových experimentů. Na základě pozorování a s využitím některých principů metody Material Driven Design (MDD) najít vhodné použití v interiérovém designu.

Záměrem projektu je také motivovat designéry k zamyšlení nad použitím udržitelnějších netradičních biomateriálu a přimět je nebát se vlastního experimentu.

1.3 Hrubý harmonogram projektu



2.ANALYTICKÁ ČÁST

2.1 Mycelium, neviditelný materiál

Houby nepatří mezi rostliny, ani mezi živočichy. Tvoří samostatnou skupinu živých organismů. Nemají kořeny, listy ani květy a neobsahují zeleň listovou. Pojdme tedy tento záhadný organismus blíže prozkoumat. Říše hub mě od malička fascinovala, vždycky jsem v lese pozorovala jejich obdivuhodnou tvarovou a barevnou rozmanitost. Každý z nás byl alespoň jednou v životě na houbách a pro mnohé jsou oblíbenou pochoutkou. U mnohých jedlích druhů jsou nám známé jejich blahodárné účinky na naše zdraví. Houby, plodnice, které sbíráme nebo obdivujeme v lese jsou jen malou nenápadnou částí tohoto úžasného organismu.

Tělo houby se skládá z klobouku, třeně a podhoubí. Právě podhoubí (mycelium) tvoří tu největší část (může mít rozměry až desítek kilometrů), která dokáže doslova zázraky a je ukrytá pod půdou nebo v jiných substrátech. Jedná se o vegetativní část těla houby a můžeme si ji představit jako velkou síť z jemných vláken.[12]

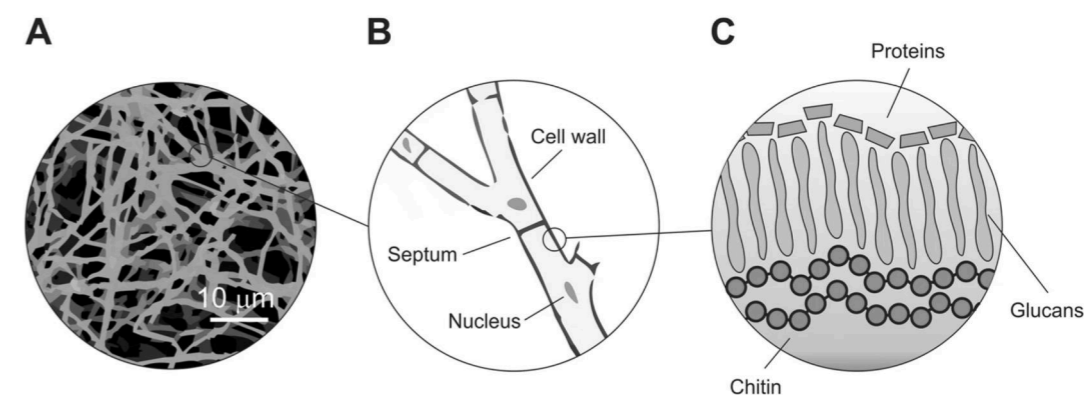
V přírodě se vyskytuje mnoho různých druhů hub. Každý druh má vlastní velmi specifické charakteristiky. Některé houby vytvářejí symbiotický vztah s kořeny stromů a jinými rostlinami, tento vztah bývá oboustranně prospěšný. Při bližším pohledu zjistíme, že tato síť umožňuje houbě komunikovat a sdílet zdroje, a díky svým vlastnostem je také využitelná jako biomateriál. Může nám poskytnout pevné struktury, přírodní barviva a pomoci nám využít zbytkové odpadní materiály. Této ojedinělé vlastnosti, přetvářet odpadový materiál, se budu podrobněji věnovat v budoucích kapitolách.

Vegetativní část houby se skládá z rozvětvených, vláknitých hyf, které tvoří její základní stavební prvek. Právě soubor hyf se nazývá mycelium. Prostřednictvím mycelia houba přijímá živiny ze svého prostředí. Děje se tak ve dvou fázích. Nejprve hyfy vylučují enzymy, které rozkládají biologické polymery (lignin, celulózu a suberin) na menší jednotky (monomery). Ty jsou poté vstřebávány do mycelia a slouží jako zdroj potravy. Tímto procesem rozkládání organické hmoty zároveň houba dodává živiny zpět do půdy pro další organismy. Právě tento fermentační proces využíváme při výrobě materiálů z mycelia. Mycelium se při růstu živí celulózou. Tím, že roste, vytváří prostorovou strukturu, která spojuje vlákna v jeden velký celek. V případě mykokompozitů se tak mycelium stává pojivem mezi celulózovými vlákny.[34]

V buněčných stěnách hub je obsažen chitin, polymer s dlouhým řetězcem N-acetylglukosaminu – derivátu glukózy. Jedná se o stejný materiál, který je v exoskeletech hmyzu a korýšů. Chitin je zdrojem materiálových vlastností kompozitu. Čím více chitinu mycelium obsahuje, tím je materiál pružnější, pevnější, odolnější vůči vodě. Vyšší obsah chitinu v mykokompozitech je žádoucí a napomáhá také ochraně vůči kontaminaci.[32]

2.1.1 Schéma životního cyklu mycelia

Houby se rozmnožují pomocí uvolňování sporu na růstové médium (substrát). Pokud mají dobré podmínky, spory vyklíčí. Ze spor vyrůstají jemná houbová vlákna tzv. hyfy. Kompatibilní hyfy se spojují a vytvářejí mycelium. Rostoucí mycelium rozkládá organické látky a přijímá živiny z okolí. V této fázi růstu se mycelium vyvíjí exponenciální rychlostí. Mycelium kondenzuje do hyfových uzlů, z nichž se pak vyvíjejí "primordia" neboli mladé houby.[34]



Obr. 01: (A) rozvětvená síť mikrovláken (hyf). (B) Schematické znázornění hyfy, (C) Schematické znázornění buněčné stěny, která se skládá z vrstvy chitinu na buněčné membráně, vrstvy glukánů

2.1.2 Úloha mycelia v ekosystému

Houby jsou v přírodních systémech důležité díky své schopnosti recyklovat živiny, které dávají k dispozici ostatním organismům. Houby uzavírají energetický cyklus v ekosystémech, a tím, že enzymaticky rozkládají molekuly komplexních polymerů, umožňují přístup k živinám, které by jinak nebyly pro ostatní organismy dostupné. Rostliny během růstu, absorbují CO₂, a vytvářejí biomasu bohatou na uhlík. Houby poté tuto biomasu rozkládají a uvolňují CO₂ zpět do půdy, udržují ho tak mimo atmosféru. Tento proces se nazývá sekvestrace, příjem a ukládání uhlíku, který by jinak zadržoval teplo v atmosféře. Stromy, rostliny a především houby, hrají důležitou roli při regulaci množství uhlíku v atmosféře, jsou přirozeným regulátorem změn klimatu.[34]

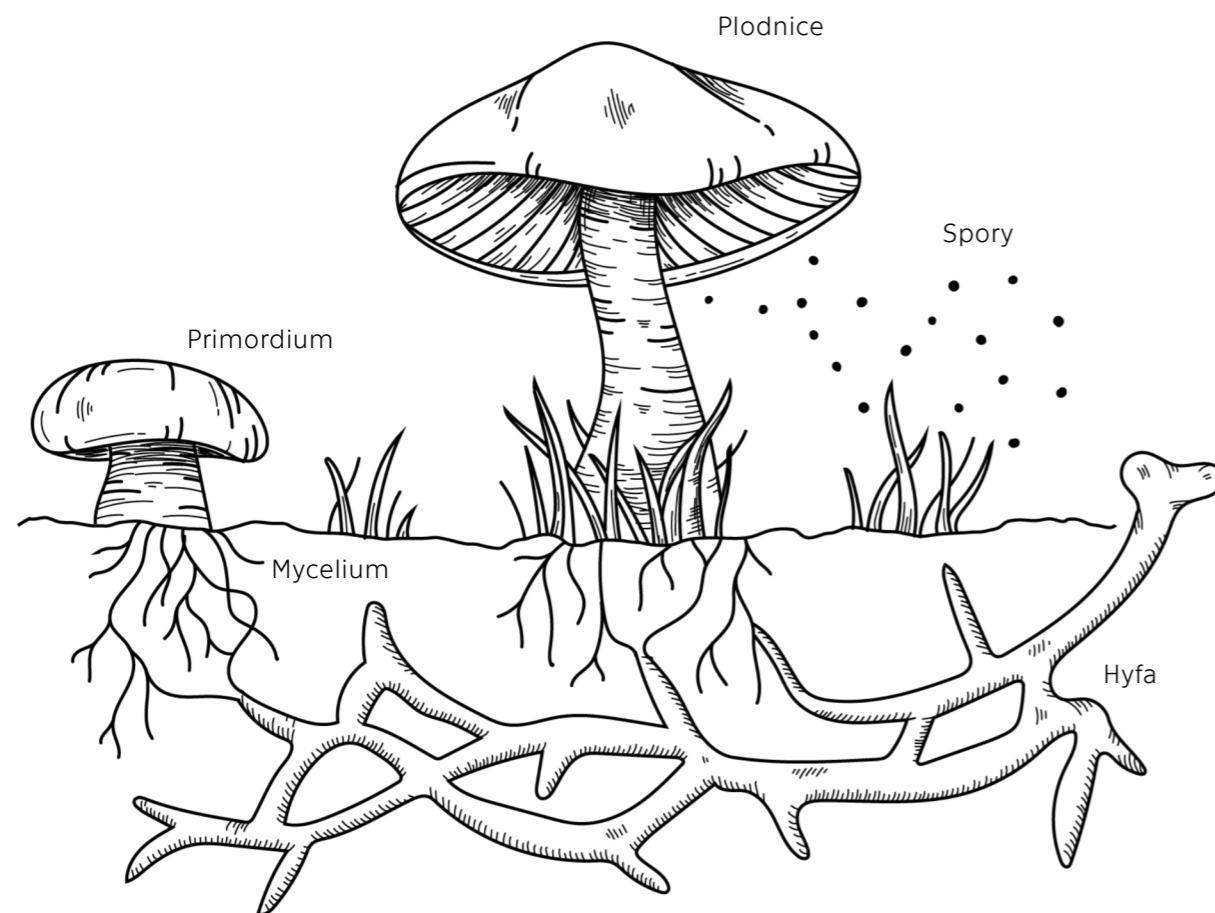
- Rozklad rostlinného materiálu + odpadu
- Čištění půdy a vody od škodlivin
- Zpětně dodává živiny okolním rostlinám
- Čistí vzduch při růstu hub
- Sekvestrace uhlíku

2.2 Bio-materiály přímo z přírody

Příroda je velkým zdrojem inspirace, je plná pokladů pro materiálové experimenty. Této skupině materiálů můžeme přiřadit společné charakteristické znaky. Většina přírodních nebo biologických materiálů a jejich složek obsahuje velké množství vody. K vyjádření této vlastnosti používáme pojem „obsah sušiny“. Označuje hmotnost materiálu (v procentech jeho původní hmotnosti) poté, co z něj byla sušením odstraněna voda. Se změnou hmotnosti je třeba počítat i u materiálů na bázi mycelia.[18] Můžeme to přirovnat k sušení jedlých hub. Vždycky mě překvapí, když se přinesu z houbařského výletu plný košík a po vysušení mi zůstane množství, které se vejde do malého papírového sáčku.

Z pohledu bio-materiálů lze materiály na bázi mycelia zařadit mezi tzv. rostoucí materiály (v angličtině je již běžně používaný výraz „growing materials“). Myšlenka pěstování materiálů se v posledních letech stala velmi populární. V tomto kontextu bych zmínila ještě materiály na bázi bakteriální celulózy. Celulózu produkují nejen rostliny, ale také některé mikroby. Bakteriální celulózu lze například získat při fermentaci čaje Kombucha, při níž bakterie spolu s kvasinkami vytvářejí v horní části média celulóзовou vrstvu. Prorostlá kultura přebírá svůj tvar od nádoby a tuto vlastnost je možné využít při tvorbě komponent využitelných v designu výsledného produktu. Po zaschnutí husté kultivace vynikají odolné bakteriální celulóзовé pláty, dotek připomínající kůži.

V tomto kontextu bych ráda zmínila zajímavý projekt, který vznikl ve spolupráci Technical Research Centre of Finland (VTT) a Aalto University, ve kterém byla zkoumána symbióza bakteriální celulózy a různých druhů hub. Vznikl biokompozit měl vlastnosti připomínající kůži. Je to skvělý příklad experimentu, který je ukázkou vzájemného propojení dvou struktur. Vrstva bakteriální celulózy zajišťuje flexibilitu a vlákna mycelia patřičnou pevnost[18]



Obr. 02: Schéma životního cyklu mycelia



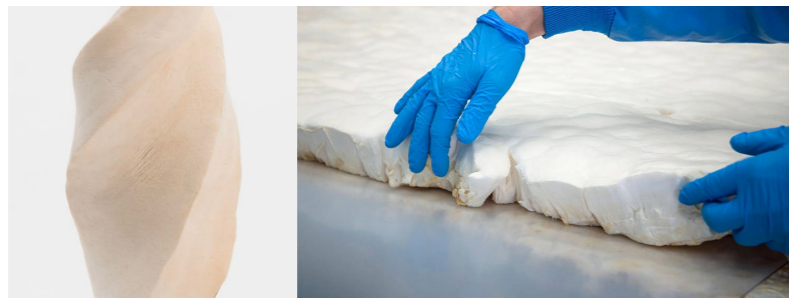
Obr. 03: Experiments with fungal materials: Manuel Arias Barrantes CHEMARTS Summer School 2017

2.3 Čistě myceliové materiály

Materiály na bázi mycelia lze rozdělit do dvou hlavních skupin – KOMPOZITY MYCELIA (composite mycelium materials - CMM) a ČISTĚ MYCELIOVÉ MATERIÁLY (pure mycelium materials - PMM). Pro zjednodušení budu v následujícím textu používat zkratky PMM a CMM. [37]

Jak jsem již v úvodu zmiňovala, vlastnosti materiálů na bázi mycelia jsou výrazně závislé na způsobu zpracování, podmínkách růstu a jejich vlastnosti ovlivňuje zvolený druh houby. Hlavní rozdíl mezi PMM od CMM je ten, že se skládají pouze z myceliové biomasy, neobsahují žádné zbytky částic vstupní suroviny (naočkovaného substrátu). Svými vlastnostmi se PMM jeví jako vhodná náhrada petrochemicky vyráběných polymerních materiálů nebo živočišné kůže. Základní vlastnosti PMM jsou plně určeny biologickými vlastnostmi organismu a růstovými podmínkami. Čistě myceliové biomasy lze dosáhnout pěstováním organismu ve speciálních podmínkách, které zapříčiní dokonalou separaci substrátu. Jedna z technologických inovací, která tento růst umožňuje se nazývá solid state fermentation (SSF, fermentace v pevném stavu). Organismus je stimulován speciálními podmínkami v růstových komorách. Je vystaven vyšším teplotám (cca 30°C), zhruba pětiprocentní koncentraci CO₂ a relativně vysoké vlhkosti. Růst výrazně ovlivňuje proudění vzduchu, které ukládá rozpuštěné látky na vrcholu mycelia. Hlavním faktorem, který způsobuje, že mycelium nepronárá substrátem je koncentrace CO₂ obsažená v proudícím vzduchu. Druhým způsobem stimulace organismu je submerged fermentation (kvašení v kapalině, mezi pěstiteli běžně známý pojem tekuté mycelium užívané pro očkování substrátů). Jedná se o kvašení organismu v bioreaktoru v tekutém substrátu, například v medu nebo sladovém extraktu. [37]

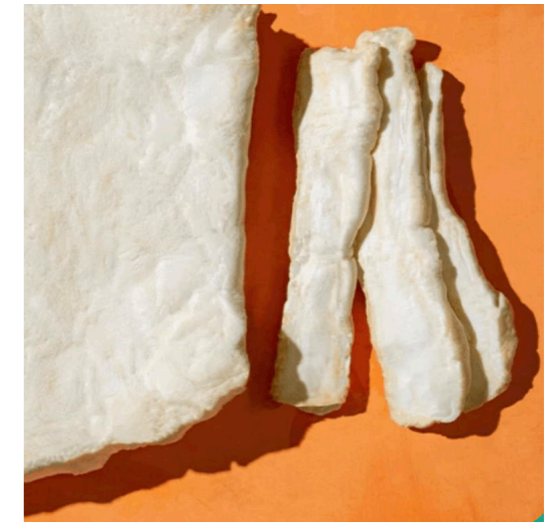
Tento speciální způsob pěstování umožňuje získat udržitelný materiál s vlastnostmi, které lze přirovnat pěně, papíru, kůži a také polymerům. Vývoj fermentačních procesů rozšiřuje škálu úprav PMM, které poskytují nové vlastnosti struktury, které mohou nahradit méně udržitelné, dnes běžně používané materiály. Velkému rozvoji těchto technologií se podařilo například firmám Ecovative, MycoWorks a SQIM. Dokázali vyvinout vysoce výkonné pěny používané v oděvních odvětvích nebo ve výrobcích pro péči o pleť (Ecovative - AirMycelium™), alternativy zvířecí kůže podobné tkaninám (Mylo™, Reishi™, Mylea™, Forager™, EPHEA™) a jedlé alternativy masa (Atlast™). [37]



Obr. 04: AirMycelium™ je pěnový materiál firmy Ecovative s pružnými vlastnostmi, ze kterého se dalším zpracováním vyrábí kůže – Forager™, alternativa masa Atlast™.



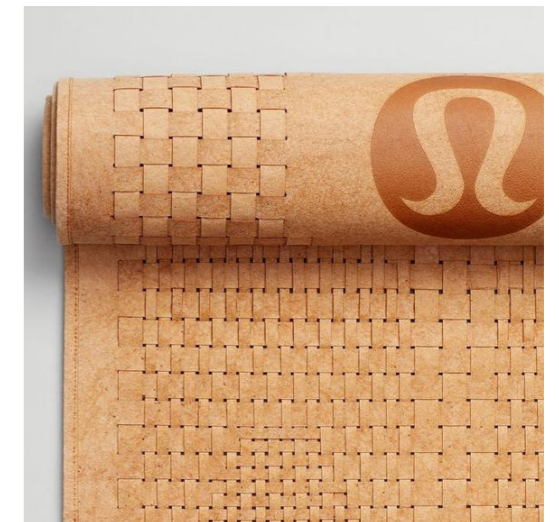
Obr. 05: Mylo - sustainable leather alternative



Obr. 06: Atlast™ je alternativou masa na bázi hub



Obr. 07: EPHEA™ nová třída flexibilních myceliových materiálů



Obr. 08: MEDITATION & YOGA COLLECTION

Flexibilní materiály z mycelia se jeví jako velice progresivní, zejména v oděvním průmyslu. V posledních letech přitahuje pozornost zejména „houbová“ alternativa zvířecí a syntetické kůže. Zpracování zvířecí kůže a výroba syntetických náhražek mají velký negativní dopad na životní prostředí zejména kvůli procesům náročným na zdroje a nebezpečným chemikáliím používaným při výrobě. V souvislosti se zvířaty také čím dál více řešíme etické otázky. Kůže na bázi mycelia nemá prakticky žádnou uhlíkovou stopu a po skončení životnosti jí lze snadno zlikvidovat, substráty, na kterých se materiály pěstují lze získat na principu upcyklace nízkonákladových vedlejších produktů zemědělství a lesnictví. To je jen další velký benefit. Kůže z hub má také velice příjemné vlastnosti. Jedná se o pevný, flexibilní a zároveň prodyšný přírodní materiál.

Kůže z mycelia zatím není běžně dostupná v podobě metráže, firmy ji poskytují zejména v podobě exkluzivních spoluprací se světovými značkami. Společnost MycoWorks, která vyrábí kůži z mycelia prodávanou pod názvem Reishi, zadala rozsáhlé testování pevnosti, trvanlivosti a stálosti barev materiálu. Výsledky ukázaly, že jejich kůže z mycelia má podobné vlastnosti jako kůže živočišná. Firma MycoWorks tento produkt sama prezentuje jako „Reishi Fine Mycelium“ - prémiová přírodní variantu kůže. Podařilo se jim vyvinout unikátní proces „Fine Mycelium“, kterým dokážou vzájemně propojit buněčné struktury tak, že dodávají kůži Reishi její přirozenou pevnost a odolnost. Používají stejnojmenný druh houby Reishi (též Ganoderma lucidum nebo lesklokorka lesklá). Jedná se o zpracovanou jemnou podobu mycelia, průlomovou v materiálové vědě a biotechnologii. Poskytuje ojedinělou platformou pro nové možnosti designu. Zajímavé by mohlo být použití takového materiálu v interiéru.

Jako druhý příklad velice zdařilého technologického zpracování alternativy udržitelné kůže z mycelia bych uvedla Mylo. Zde lze zdůraznit především spolupráci se světovými luxusními značkami jako Stella McCartney a Lululemon. Je to jeden z důkazů, že je o materiál zájem a jeho podoba je na velice vysoké úrovni. Kůže z mycelium je přírodní, biologicky odbouratelný materiál. Pro určení biologické rozložitelnosti nebo recyklovatelnosti konečného výrobku je také třeba vzít v úvahu použité chemické procesy výroby a koncové úpravy. Z tohoto pohledu je třeba se věnovat zejména zvoleným barvivům a nátěrům. To je další oblast, o které stále chybí informace a dle mého názoru bude zásadní pro vývoj tohoto udržitelného materiálu.

Globální značka Lululemon (Obr. 08) uvedla první sportovní oblečení (doplňky na jógu) na světě vytvořené z materiálu Mylo: z veganské kůže na bázi hub, kterou vytvořil startup Bolt Threads zabývající se biomateriály. Přírodní podložka na jógu symbolizuje spojení se zemí, přírodou. Francouzský luxusní dům Hermes uzavřel partnerství se společností MycoWorks a společně vytvořili kabelku – Victoria shopper bag z alternativní kůže vypěstované z mycelia. Kabelka v jantarové barvě se strukturovaným povrchem připomínající nitě Houby stojí asi 7 000 dolarů. Hermès (Obr. 09) provedl povrchovou úpravu ve vlastní koželužně ve Francii, podobně jako pravá kůže, aby napodobily její vzhled a omak. Během tříleté spolupráce mezi společnostmi vznikl materiál, nazvaný Sylvania. Cílem obou společností byl vynález myceliové kůže pro použití v komerčně dostupném luxusním výrobku. Společnost MycoWorks tvrdí, že na rozdíl od jiných houbových kůží její verze ne nemusí být lisována, aby se dosáhlo trvanlivého a rovnoměrného povrchu.



Obr. 09: HERMES VICTORIA BAG

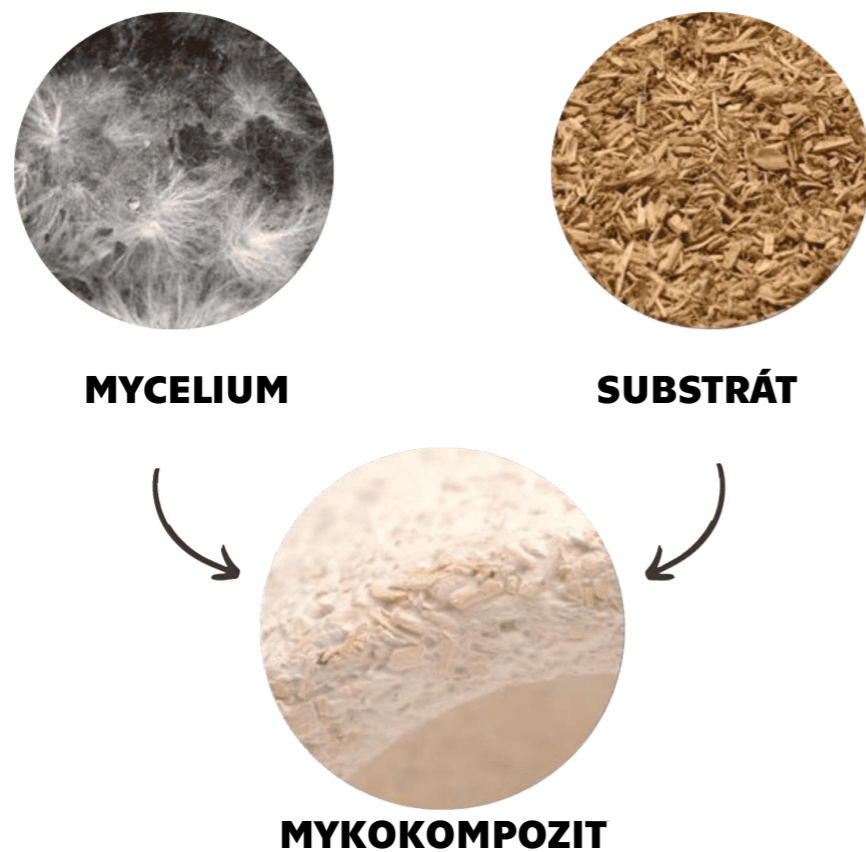
2.4 Kompozity mycelia (mykokompozity)

Nyní se dostáváme k hlavnímu tématu diplomové práce, kterým jsou mykokompozity. Začneme definicí kompozitu: Kompozitní materiál je složen minimálně ze dvou strukturních fází s makroskopicky rozeznatelným rozhraním, které společně vytvářejí finální vlastnosti materiálu, jiné, než jsou vlastnosti dílčích fází. V praxi jsou kompozity tvořeny matricí (pojivem) a výztuží, přidávané pro zvýšení pevnosti a tuhosti matrice.[25]

Z hlediska kompozitu je mycelium pojivem, ve kterém strukturálně převládá chitin, dále jsou zde β -glukany a glykoproteiny, které jsou nositelem charakteristických materiálových vlastností. Základem pro vývoj mykokompozitů je to, že pomocí technologií dokážeme vytvořit podmínky pro pěstování hub ve vnitřních prostorech. Houby tak mohou být pěstovány kdykoliv během roku, organismus nevyžaduje téměř žádné světlo a zároveň lze jeho růst stimulovat (především díky změnám teploty prostředí a složení ovzduší). Pěstování mycelia v interiéru umožňuje vyšší produkci za zlomek času a nákladů. Nemálo firem, které se zaměřily na mykokompozitní materiály se inspirovalo technologiemi běžně využívanými ve velkopěstírnách jedlých hub, jejichž počátky nalézáme již na konci 19. století v Pensylvánii.

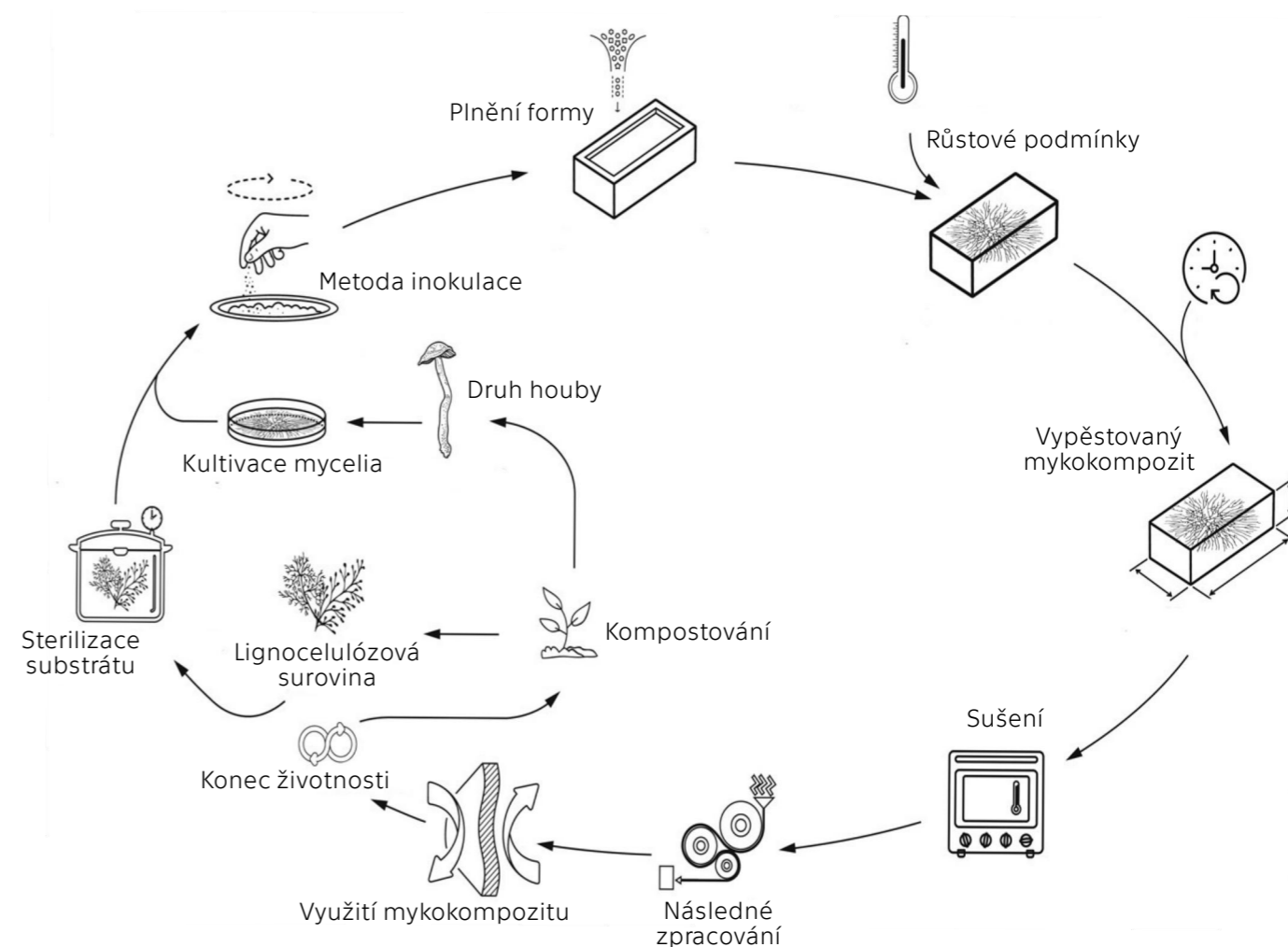
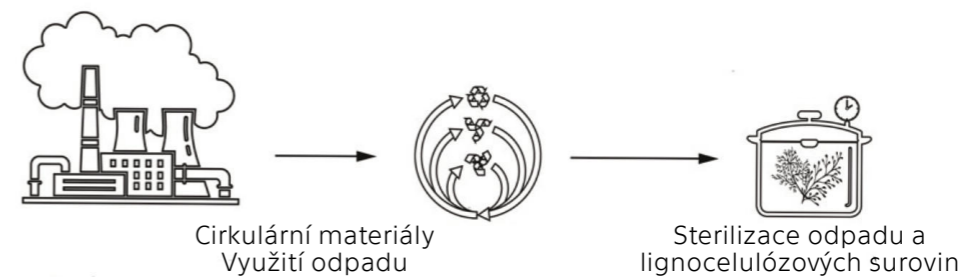
Jeden z prvních, kdo si všiml možností, které mycelium nabízí v komerční sféře, byl Eben Bayer. V roce 2007 založil na Green Islandu ve státě New York společnost Ecovative Design. Společnost Ecovative se z počátku zaměřila na 100% kompostovatelné alternativy plastů v podobě obalových materiálů. Obalové materiály z mycelia lze vyrábět v neomezeném měřítku a k jejich produkci je využíván zemědělský odpad, jako je například konopí a piliny. Nabízí bezpečnou, udržitelnou a zcela kompostovatelnou alternativu k plastům a pěnovým hmotám, jeví se jako jedno z řešení problému plastových obalů a výrobků na jedno použití. Růst takového výrobku trvá průměrně 7 dní a v běžném kompostu se zcela rozloží za 45 dní. Později se jejich výzkum zaměřil na alternativy zvířecí kůže, náhradu polystyrenových izolací, masa a dalších materiálů. Za dalším rozvojem mykokompozitů v komerční sféře stojí také kalifornská společnost MycoWorks, založena v roce 2013 v čele s Philipem Rossem.[22] Vzájemný zájem o kompozit v posledních letech probíhá i v České Republice. Tento materiál je u nás zatím v počátcích. Za zmínku stojí český startup Myco, který vyrábí ekologické obalové a izolační materiály z podhoubí. V oblasti interiérového designu a stavebnictví začíná podnikat firma Mykilio.

Jaký je základní princip mykokompozitu? Podstatnou vstupní surovinu je vhodný substrát (lze ho definovat jako kompozitní výztuž), který je naočkován vhodným druhem houby. Mycelium se chová jako lepidlo, stmeluje substrát a mění ho v pevný blok. V závislosti na druhu mycelia a použitém substrátu lze produkt tvarovat a na jeho materiálové vlastnosti mají vliv obě složky. Finální fázi procesu je zabití organismu vystavením vyšším teplotám a sušením, případně další povrchové úpravy.



Obr. 10: Princip mykokompozitu

Výrobní proces mykokompozitů je poměrně komplexní a vyžaduje profesionální přístrojovou vybavenost (zejména v průmyslové sféře), která dokáže zajistit vhodné růstové podmínky. Důležitým požadavkem je také sterilní prostředí a vstupní suroviny. Houby jsou kultivovány v Petriho miskách na agarových plátcích, které slouží jako živné médium. Následně bývá z agarového plátku odebrána malá část mycelia, kterou jsou naočkována sterilizovaná obilná zrna. Ta se nechávají jeden až tři týdny řádně kolonizovat. Obilná zrna poskytují myceliu rychlý a bohatý zdroj živin. Po tomto kroku následuje volba vhodného substrátu. Substrát je následně nasypán do speciálních pytlíků s filtry či prodyšnými páskami a je smíchán se správným poměrem vody. Následně je pytlík za vysokých teplot důkladně pasterizován. Tento krok zamezí výskytu veškerých nečistot a nežádoucích mikroorganismů, čímž se zamezí kontaminaci mykokompozitu. Po pasterizaci se ve sterilním prostředí substrát naočkuje smícháním s prorostlými obilnými zrny. Rychlost prorůstání substrátu myceliem je závislá na obsahu obilných zrn. Následně je sáček utěsněn a opatřen filtrem, který je potřebný pro růst organismu, ale zároveň obsah chrání před nežádoucí kontaminací a zajišťuje správný poměr kyslíku a oxidu uhličitého. Závěrečným krokem je umístění substrátu do inkubátoru nebo jinak uzpůsobeného prostředí, ve kterém je kontrolovatelná optimální teplota, vlhkost ventilace a nejlépe tma. Substrát se následně nechává prorůstat několik týdnů až měsíců. Takto připravený substrát je následně dále zpracován a tvarován. Před formováním se ve sterilním prostředí namele na jemnější konzistenci a následně může být formován.



Obr. 11: Schéma životního cyklu mykokompozitu

2.4.1 Hlavní faktory ovlivňující materiálové vlastnosti mykokompozitů

Nyní se podíváme na mykokompozity podrobněji. Zároveň se v následujících kapitolách více zaměřím na jeho využití v interiérovém designu. Hlavní faktory, které ovlivňují jejich materiálové vlastnosti je zvolený substrát, druh/kmen houby a finální technologie zpracování a tvarování, zejména sušení nebo lisování.

Volba substrátu

Mechanické vlastnosti kompozitů na bázi mycelia jsou výrazně závislé na interakcích houby a substrátu. Mezi parametry, které je pro optimální růst mycelia důležité zvažovat, patří teplota, obsah vlhkosti, složení substrátu a druh houby. Naším cílem je zvolit takovou interakci mezi houbou a substrátem, aby mycelium prorůstalo co nejrychleji, za minimálního obsahu vody a výsledek byl dostatečně spojený - „slepený myceliem“. Vhodné substráty jsou organického původu a obsahují celulózu a lignin. Tento substrát může být tvořen pilinami, mletým dřevem, slámou a různými jiným zemědělským odpadním materiálem. Právě princip upcyklace je dalším zásadním benefitem mykokompozitů, který pomáhá snížit uhlíkovou stopu. Odpadní materiál by byl jinak spálen nebo kompostován. Substráty s neporušenými přírodními vlákny dodávají mykokompozitům pevnost a zabraňují smykovému porušení, zlepšují Youngův modul pružnosti, vyšší obsah ligninu snižuje hořlavost. Například kompozity vypěstované na dubových pilinách vykazovaly vyšší pevnost v tahu ve srovnání s kompozity připravenými z bukových pilin.[22]

Vhodné příklady surovin substrátů: dřevěné štěpky, pazdeří, slupky, papír, piliny, sláma, karton, odpad z kávy, ovesné otruby, konopná vlákna, bavlna, kokosová vlákna, vlákna řepkové slámy, rákosová vlákna (například z údržby v přírodních rezervacích), surová celulóza (z čištění odpadních vod), lněná vlákna, dřevěné štěpky, sloní tráva (*Miscanthus*)[31]



Obr. 12: Proměnlivost mykokompozitů v závislosti na substrátu.

Houby jsou organismus s doslova neuvěřitelnými schopnostmi. Díky jejich schopnosti adaptability by mohli být velkým pomocníkem v oblasti rozkládání odpadních materiálů. Jejich vývojová schopnost je skutečně impozantní, vědci objevili již přes padesát druhů hub, které dokáží rozkládat plasty, produkty petrochemického průmyslu a toxické sloučeniny. Například v roce 2011 se studenti Yaleovy univerzity dostali na titulní stránky novin s objevem houby *Pestalotiopsis microspora* v Ekvádoru, která má schopnost trávit a rozkládat polyuretanové plasty, a to i v anaerobním prostředí bez přístupu vzduchu – což by mohlo být účinné i na dně skládek. Vhodným druhem tohoto charakteru je i *Aspergillus tubingensis*. V roce 2017 objevil vědec Sehroon Khan se svým výzkumným týmem na skládce v pákistánském Islámábádu biodegradující houbu *Aspergillus tubingensis*, která je schopna kolonizovat polyesterový polyuretan (PU) a během dvou měsíců ho rozložit na menší kousky.[15] Právě kombinace plastů s jiným substrátem je také možné využít jako vstupní surovinu při tvorbě mykokompozitu. V souvislosti s upcyklací materiálů mají houby velký potenciál ve stavebnictví. Kromě odpadu, který vzniká při zemědělské výrobě, můžeme přímo využívat stavební odpadní materiál. Touto problematikou se začal v roce 2018 zabývat Chris Maurer, hlavní architekt a zakladatel studia Redhouse ve čtvrti Ohio City v Clevelandu. Začal využívat recyklovanou suť ze zbouraných domů a budov a kombinoval ji s myceliem. Společnost odebírá organické materiály z demolic, jako jsou např. dvoulinky, dřevěné fólie, izolace a sádrokartonové desky, a drtí je na menší kousky. Tyto kousky se poté naočkují myceliem a stavební materiály se "vypěstují". K výrobě nového materiálu se používají formy z akrylátu nebo dřeva potažené plastem.[8] V České Republice se upcyklaci stavebního materiálu, aktuálně zejména sádrokartonu, věnuje spolek Mymo jehož součástí je Ústav modelového projektování na Fakultě architektury ČVUT a komerční firma Mykilio. Spolek plánuje vytvořit z mycelia běžně dostupný stavební materiál, který by byl navíc šetrný k životnímu prostředí. Spolek experimentuje s vhodným složením substrátu s obsahem sádrokartonu.[26]



Obr. 13: Proces studia Redhouse, využití stavebního odpadu k výrobě mykokompozitů

Druh/kmen houby

Významnou skupinou hub vhodných pro výrobu mykokompozitů jsou dřevní houby, které jsou jako jediné organizmy schopny rozkládat kromě celulózy také lignin. Patří sem houby stopkovýtrusé (Basidiomycota) a houby vřeckovýtrusé (Ascomycota). Dřevokazné houby můžeme dále rozlišovat na houby bílého a hnědého tlení. Houby bílého tlení rozkládají všechny sacharidické polymery (celulóza, hemicelulóza, lignin, pektin), které jsou obsaženy ve dřevě. V buněčných stěnách stopkovýtrusých hub převládá chitin (nehořlavá látka) a glukomannany. Mycelium těchto hub se dělí na primární a sekundární. Primární mycelium vyrůstá z vyklíčené spory.[21] Zásadní roli hraje sekundární mycelium v substrátové formě, které proniká do dřeva, rozkládá a následně absorbuje jednoduché cukry a další živiny. Využití dřevokazných spočívá hub v jejich potenciálu prorůst hmotu substrátu, čímž ho spojí. Zajímavé je také to, že tato skupina hub produkuje netoxické materiály rozkladem toxických sloučenin, jako jsou např. terpeny obsažené v substrátu. Každý druh houby dodává výslednému produktu specifické vlastnosti, nejen mechanické, ale také estetické. Například *Trametes multicolor* vytváří na povrchu substrátu sametově hebkou pokožku s pružnou a pěnovou strukturou. Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) při pěstování na slámě vytváří materiál s pevným a drsným povrchem. *Ganoderma lucidum* (Leskokorka lesklá) pěstovaná na materiálech z biomasy bavlníkových rostlin vykazovala dobrou pevnost v ohybu. Barva mykokompozitů je také závislá na použitém druhu houby. Zatímco hlíva vytváří jemnou bělavou povrchovou vrstvu, *Trametes versicolor* (Outkovka pestrá) produkuje tmavě hnědou barvu, výrobky z *Ganodermy* jsou mírně nažloutlé a pokud organismus přechází do stádia tvorby plodnic, postupně hnědne.[3]

Běžně používané vhodné druhy a kmeny hub:[31]

- *Trametes hirsuta* (Outkovka chlupatá), *Trametes versicolor* (Outkovka pestrá)
- *Lenzites betulina* (Lupeník březový)
- *Pleurotus ostreatus* (Hlíva ústříčná)
- *Ganoderma resinaceum* (Leskokorka pryskyřičnatá), *Ganoderma lucidum* (Leskokorka lesklá), *Ganoderma sessile*
- *Strobilurus esculentes* (Penízovka smrková) - strobilokolní houba rostoucí na šiškách smrku.

Během vlastních experimentů jsem měla k dispozici Hlívu ústříčnou a Leskokorku lesklou. Postupným poznáváním obou druhů skrze experimenty jsem zaznamenávala jejich výrazné odlišnosti v mnoha ohledech.

Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*) je dřevokazná houba známá především pro její přírodní imunomodulační účinek díky obsažené látce β -glukan. Pochází z čeledi hlívovitých a řádu lupenotvarých. Ve volné přírodě ji najdeme i v Čechách na odumřelých částech listnatých stromů, vyjíměčně se může vyskytovat na jehličnanech. Hlíva ústříčná je skvělým startovacím druhem pro začátečníky, roste rychle, a konzumuje téměř vše. Nevýhodou je ale to, že mycelium není dostatečně silné, aby se dalo použít k výrobě pevných struktur v podobě čistě myceliových materiálů. Hlívu lze považovat za dobré pojivo pro větší objekty s hrubým substrátem, jako jsou piliny a sláma. Dobře roste na všech typech textilií. Hlíva ústříčná je také známá tím, že rozkládá oleje a toxiny, což ji předurčuje k tomu, aby byla užitečná pro čištění kontaminované vody a půdy, neboli bioremediaci.[33]

Leskokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*) je polyporní houba patřící do rodu *Ganoderma*. Má červený lakovaný, ledvinovitý klobouk. V čerstvém stavu je měkká, korkovitá a plochá. Na spodní straně postrádá žábry a místo toho uvolňuje výtrusy jemnými póry. [12] Leskokorka vyniká pevnější strukturou mycelia a je vhodná pro pěstování „houbové kůže“ a pevnějších mykokompozitů. Oproti hlívě roste trochu pomaleji a je náchylnější k infekcím. [31]

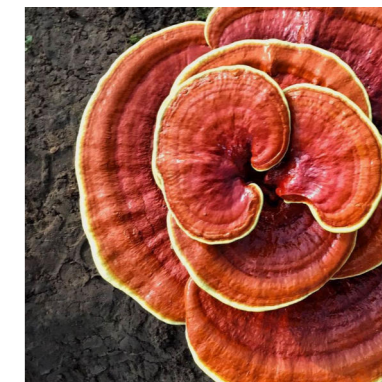
Ganoderma sessile je nejhojněji používanou houbou pro tvorbu mykokompozitů. Má velice pevné mycelium a dokáže substrát silně a rychle prorůst už dva dny po naočkování. V porovnání s ostatními druhy rodu *Ganoderma* je rychlým producentem polysacharidů a je odolná proti kontaminaci. Patří do řádu chorošovitých (polyporaceae) hub a živí se zejména mrtvými kořeny listnatých stromů.[31] [5]



Obr. 14: Hlíva ústříčná (*Pleurotus ostreatus*)



Obr. 15: *Ganoderma sessile*

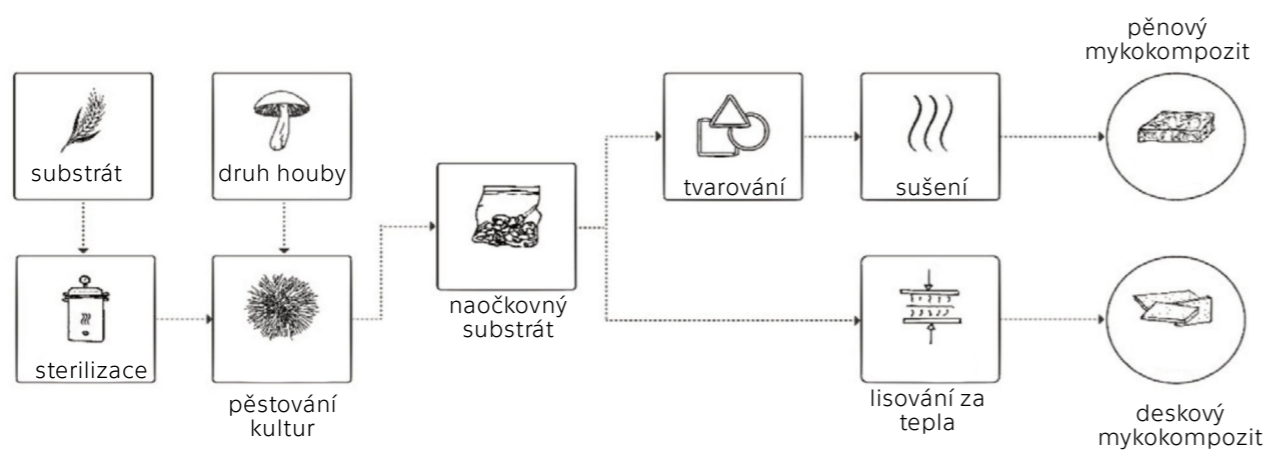


Obr. 16: Leskokorka lesklá (*Ganoderma lucidum*)

2.4.2 Technologie zpracování a tvarování kompozitu mycelia

Rozdíl mezi pěnou a deskou, tvarování pomocí lisování

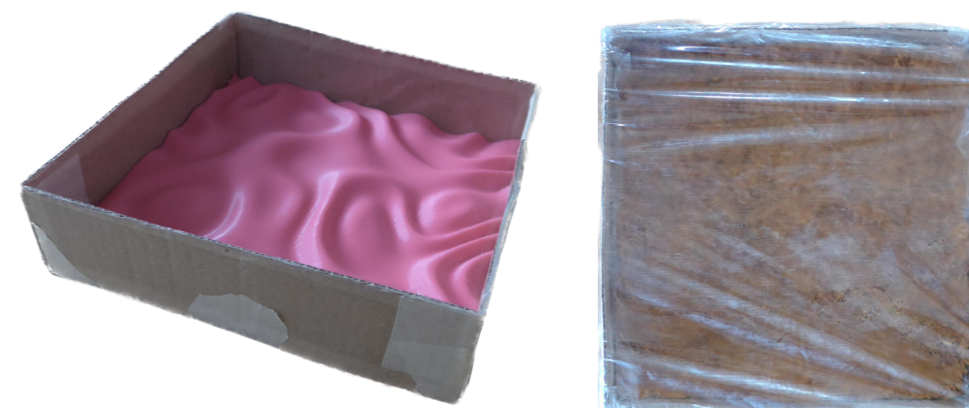
Mykokompozity lze v závislosti na finální zpracování rozdělit na materiály podobné polystyrenu (pěnové) a pevné desky. Pěnovité mykokompozity, se pěstují v pevném stavu smícháním substrátu s houbou a nechávají se růst ve formách. Získaný produkt je obvykle nadýchaný a relativně lehký. Nepoužívá se žádná vnitřní konstrukce. Když substrát dostatečně proroste, výsledný výrobek je volně sušen a zahříván (zahříváním ukončíme růst organismu). Deskové mykokompozity jsou navíc lisovány. Lisování může probíhat vyhříváním lisem nebo bez něj, s použitím (částečně) vysušeného materiálu. Výsledkem je více stlačený materiál s odlišnými vlastnostmi. Lisování obecně zvyšuje hustotu materiálu a snižuje pórovitost. Napomáhá také změně orientace vláken ve vodorovné rovině a snižuje jejich tloušťku, čímž zvyšuje kontakt mezi vlákny v místech jejich překrytí. Mechanické vlastnosti materiálu jsou také výrazně ovlivněny teplotou lisování, které se následně odvíjí od druhu houby a zvoleného substrátu. Například *Ganoderma lucidum* lisováním za tepla zvyšuje svou elasticitu a *Hlíva ústříčná* trojnásobně zvýší hustotu a výrazně zhnědne.



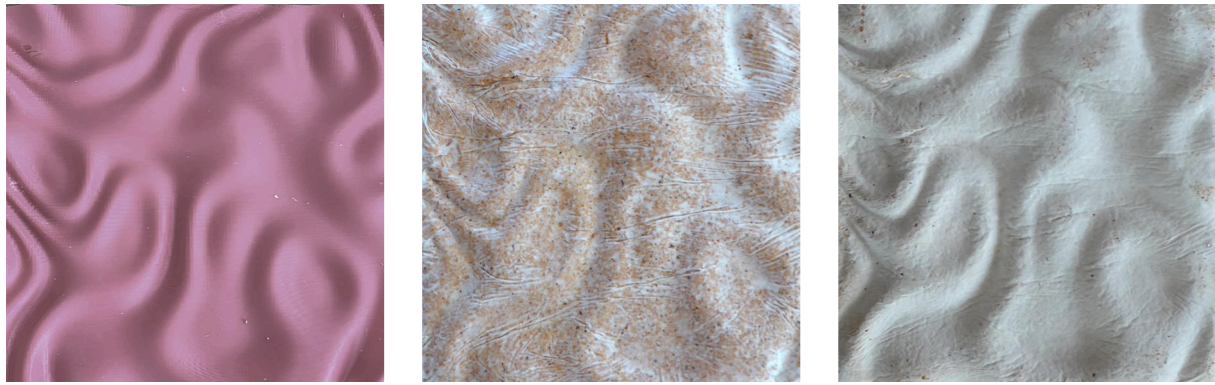
Obr. 17: Rozdíl mezi mykokompozitní pěnou a deskou

Formování mycelia

Principem formování je tvarování měkkých látek do určitého tvaru. Výběr formy závisí na vlastnostech látky. Když látka v důsledku ochlazení nebo vyschnutí ztuhne, získá tvar nádoby. Formou může být také tvar, ve kterém je látka vrstvená. [18] Jelikož se materiály na bázi mycelia během sušení smršťují, pozitivní tah usnadňuje zachování rozměrů předmětu. Formy na mycelium mohou být vyrobeny z kovu, silikonu a plastu. Formy ze dřeva nebo sádry je nutné povrchově upravit nebo použít fólii, která vytvoří bariéru mezi materiálem formy a myceliem. U některých forem záleží, jak dlouho je tam mycelium ponecháno. Je třeba myslet na to, že houba napřed rozloží snadno dostupné látky. Potravou je pro houbu substrát, který prorůstáním přetváří v pevné struktury. Po vyčerpání snadno dostupných živin by mycelium mohlo začít prorůstat i materiál formy. Různé materiály forem poskytují různé vlastnosti. Formy vyrobené ze sádry účinně odvádějí vodu, zatímco kovové a dřevěné formy jsou odolné a lze je používat pod tlakem. V kovové formě je možné mycelium lisovat za tepla. Sádrouvou formu jsem na mycelium nezkoušela, našla jsem ale umělce a designéry, kteří do takových forem běžně mycelium formují. Ke snazšímu vyjmutí modelu z mycelia obalují vnitřek formy igelitem nebo alobalem. Obalení vnitřku formy zároveň hraje důležitou roli v souvislosti s optimální vlhkostí. Sádra vlhkost odvádí, mohlo by tedy dojít k dehydrataci organismu. Hydrofobnost a pružnost formy na mykokompozity jsou žádoucí. Nejideálnější je formu vyrobit z pružného plastu. V průmyslové výrobě bývají hojně užívané vakuové výlisky z termoplastů. Na výrobu prototypů lze využít 3D tištěné plastové formy, nejlépe rozebíratelné nebo s dostatečným úkosem pro snadnější vyjmutí. Mykokompozit se někdy přichytává k rastru tištěného modelu (pokud tisknete v menší kvalitě).



Obr. 18: Inkubace ve formě z 3D tiskárny



Obr. 19: Reliéfy, ve fázi prorůstání a po finální inkubaci

Tvarování zavěšením

Pokud substrát myceliem dostatečně proroste, vytvoří hmotu, která připomíná měkký sýr. Nejlepší je ho nechat vyrůst do požadovaného ohraničeného tvaru v podobě plátu, který se poté položí na látku nebo igelit, která se s plátem po zavěšení prohne. Lze tak vytvářet tvary podobné klenbám. Pokud požadujeme přesný tvar prohnutí, lze také využít předem vytvořenou podložku daného tvaru a plát na podložku umístit ve fázi sušení.



Obr. 20: Tvarování zavěšením ve firmě Mykilio

3D tisk mycelia

Pro mě zajímavým průsečíkem mezi digitální výrobou a živými materiály je technologie 3D tisku. 3D tisk mykokompozitu poskytuje nové možnosti tvarování a práci ve větších měřítkách. Například při formování mykokompozitů do forem mycelium pokrývá menší procento celkového objemu, což omezuje potenciální pevnost kompozitu. Toto omezení lze překonat použitím digitální aditivní výroby 3D tisku, která umožňuje vytvořit komplexní strukturu a radikálně zvětšit plochu povrchu v daném objemu, která zajistí maximální rozložení hyf v kompozitu. Tento princip uspořádání nemá v přírodě obdoby. Podstatou výroby je tzv. „živý filament“ ze substrátu, který byl naočkovan houbou. Substrát byl vyvinut tak, aby splňoval dvě základní kritéria: schopnost podporovat růst a vývoj houby a byl vhodný pro výrobu, která zahrnuje jak extruzi, tak stabilitu materiálu ve fázi tisku a růstu. Hlavními složkami substrátu jsou jemné dřevní štěpky, papírovina a kaolinový jíl, které jsou smíchány s vodou. Dřevní hmota a papírovina tvoří převážnou část materiálu a poskytují houbě živiny. Během inkubace se částečně přemění na houbovou biomasu. Protože substrát nemá bezprostřední pojivo, zůstává během tisku nestabilní. Proto byl do směsi přidán jíl, který zajišťuje stabilitu během fáze výroby a inkubace. Substrát také obsahuje zahušťovadlo, které umožňuje pevným a kapalným složkám vytvořit souvislý agregát (například xantanovou gumu).[1] U nás na Fakultě architektury jsem měla možnost se 3D tiskem mycelia v krátkosti seznámit. Výzkumu tohoto inovativního procesu zpracování mycelia se zde věnuje Jiří Vele.



Obr. 21: 3D tištěná struktura

2.4.3 Další faktory, které ovlivňují vlastnosti mykokompozitů

Další parametry zpracování, jako je rychlost růstu, podmínky růstu a metody sušení materiálu, se u různých druhů hub a substrátů liší. Například doba inkubace (růstu) obecně závisí na velikosti materiálu a závisí na povaze substrátu. U různých druhů hub se pohybuje v rozmezí 5 až 42 dnů. Materiály pěstované po delší dobu jsou obecně tepelně stabilnější a méně porézní, prodloužená doba inkubace zvyšuje pevnost materiálu. Při růstu mycelia dochází k obsazování prostorů mezi vlákny a k silnému propojení vláken, čímž se zvyšuje celková hustota. Prodloužený růst může vést až k úplnému rozložení substrátu, který funguje jako výztužný materiál. Příznivé podmínky růstu pro různé druhy hub jsou odlišné a také je ovlivňuje složení substrátu. Vhodná inkubační teplota se pohybuje mezi 21 °C a 30 °C. Dalšími parametry jsou pH a vlhkost. Pro optimální růst různých hub se pH pohybuje v rozmezí 5 až 8, úroveň vlhkosti se pohybuje mezi 70 % a 100 %.[39]

Mycelium potřebuje ke svému růstu kyslík a produkuje oxid uhličitý. Světlo a nízký obsah oxidu uhličitého iniciuje tvorbu plodnice, proto je třeba udržovat vysokou hladinu oxidu uhličitého, aby se zabránilo tvorbě plodnice a tím se zajistil efektivní růst mycelia v substrátu. Existuje vzájemný vztah mezi světlem a oxidem uhličitým, který má vliv na hustotu vláken. Je vhodné mykokompozity pěstovat buď ve tmě s nízkou koncentrací oxidu uhličitého nebo na světle, ale s vysokou koncentrací oxidu uhličitého.[3] Ve finální fázi, tedy když je substrát optimálně prorostlý myceliem, máme k dispozici více metod k dosažení denaturace a dehydratace, ukončení růstu organismu. Můžeme využít několik metod, které pracují v širokém rozsahu teplot a po různou dobu. Například infračervený ohřev v peci, ohřev infračervenou lampou, mikrovlnný ohřev a pečení v peci se obvykle provádí po dobu 2 hodin při teplotě 60-125 °C. Ohřev pomocí solárních sušiček probíhá většinou 8 h při 60 °C nebo 2 h při 220 °C, klasických sušičkách ohřev probíhá při 60 °C po dobu 24 h. Obvykle nelze vysušené vzorky považovat za absolutně vysušené kvůli faktoru vlhkosti z prostředí. Obsah vlhkosti ve vysušeném vzorku se pohybuje od 0,6 % do 20,0 %. Nejlepší volbou pro úplné vysušení je pec s cirkulací vzduchu. Důkladně vysušené materiály mají ve srovnání s materiály s malým obsahem vlhkosti menší tepelnou vodivost. Tepelné sušení je zásadní pro okamžité zastavení růstu mycelia a vlákna ztratí vnitřní vazbu. V důsledku toho jsou moduly pružnosti vysušených vzorků obecně vyšší než u živých materiálů.[39]

2.4.4 Vlastnosti pěnových kompozitních materiálů na bázi mycelia

V předchozích textech jsem se zabývala různorodostí materiálových vlastností mykokompozitů a faktory, které je ovlivňují. Všechny materiály na bázi mycelia mají tyto společné kvality, které mohou být pro řadu aplikací vnímány pozitivně. [31] [32] [8]

LEHKOST: Často se hmotnost na objem srovnává s hmotností pěnového polystyrenu (EPS). Požadovanou hmotnost lze dosáhnout vhodnou volbou substrátu.

PEVNOST: Mycelium vždy zvyšuje pevnost ve srovnání se substrátem bez mycelia a má vysokou pevnost v tlaku, zejména při lisování za tepla. Odolnost vůči tlaku se dá přirovnat cihlám, materiál je tedy samonosný.

NÍZKÁ TEPELNÁ VODIVOST: Stejně jako EPS, i materiály s myceliem jsou většinou na dotek teplé, což znamená, že tepelná izolace je dobrá.

AKUSTICKÉ VLASTNOSTI: Díky své porézní struktuře mají dobré absorpční akustické vlastnosti, v závislosti na zpracování mohou mít také izolační akustické vlastnosti.

NEHOŘLAVOST: Mykokompozity zuhelnatí, ale nehoří. Mají dobrou požární odolnost díky schopnosti mycelia zpomalovat šíření plamene a postupnému uhebnatění. Tuto vlastnost zapříčiňuje převládající obsah chitinu (nehořlavá látka) v buněčných stěnách stopkovýtrusých hub.[31]

ODOLNOST VŮČI VODĚ: Při polížení mykokompozitu vodou se na povrchu vytvoří kapky. Na absorpci vody má vliv prodloužená doba růstu, která způsobuje o 25 % nižší průměrnou relativní absorpci vody než vzorky, které byly méně prorostlé. Výsledkem prodlouženého růstu je hustší hydrofobní povrchová vrstva. Vsáknutí a protečení vody mykokompozitem přichází až s delší dobou - v řádu hodin.

BIOLOGICKÁ ODBOURATELNOST: Mykokompozity jsou plně biologicky odbouratelné a kompostovatelné.

Na základě výše zmíněného přehledu vlastností jsem se rozhodla v kontextu využití materiálu v interiéru podrobněji prozkoumat jeho akustické vlastnosti.



Obr. 22: Vlastnosti

2.4.5 Akustika mykokompozitních materiálů

Důležitým kritériem pohody je akustický komfort. V klidném prostředí se nám bude dobře pracovat a odpočívat. Dle studií má hluk velký vliv na efektivitu práce, soustředění a celkové zdraví člověka.[4] Akustický komfort by měl být v prostorách samozřejmostí, ať už se jedná o kancelář, soukromý prostor nebo výrobní závod. V moderních interiérech je častým problémem, který ohrožuje akustický komfort, použití odrazivých materiálů jako jsou beton a sádra. Od těchto materiálů se zvuk zcela odráží a způsobuje tak rychlý dozvuk a hlasitou ozvěnu.

Akustický panel je panel pohlcující zvuk, používaný ke zmírnění hluku na pozadí, snížení dozvuku a ozvěny v prostoru. Již malá plocha akustických panelů má významný pozitivní vliv na akustiku prostoru. Doba dozvuku výrazně klesá s rostoucím počtem akustických panelů. Akustické panely se vyrábí z pohlcujících materiálů. V místnostech se instalují především panely z netkaných textilií. Mohou být vyrobeny ze syntetických, přírodních nebo minerálních vláken. Pokud mají akustické panely více vrstev, je potřeba zajistit, aby povrch příliš nebránil přechodu zvukové vlny do vnitřní vrstvy. Ke zlepšení zvukové pohltivosti místností se používají pěny, většinou polyuretan kombinován s textilií, grafit nebo uhlíkové nanotrubic. U porézních materiálů pohlcujících zvuk je zásadní hustota materiálu. Zvukovou pohltivost materiálu lze popsat parametry objemu na jednotku plochy, pórovitostí, velikostí pórů a tloušťkou. Porézní absorbéry jsou husté materiálové struktury, které zachycují zvuk uvnitř v porézní struktuře. Mohou se dodávat ve všech typech geometrie a barvách, z přírodních nebo syntetických materiálů, ale vždy nabízejí porézní strukturu, ideálně na vnitřní i vnější straně.

Tloušťka materiálu také významně ovlivňuje účinnost panelu. Pozitivní nárůst absorpce zvuku ovlivňuje vzdálenost panelu od stěny nebo stropu. Panel má lepší účinnost, pokud je vzdálen minimálně 5 cm od stěny než panel přímo na stěně. Vzduchová mezera zachycuje zvukové vlny a zabraňuje jejich dalšímu šíření. Panel nabývá vyšší účinnost také zvládnutým povrchem, který způsobí složitější odraz zvuku. Konkávní tvarování koncentruje energii a odrazem této zkoncentrované energie na vypuklé části je způsoben její rozptyl.[4] Shrňme-li zásadní vlivy na ztrátu zvukové energie, optimálního výsledku dosáhneme pomocí tření vzduchových částic při proudění přes pórovitý materiál a tvarováním tělesa, na které dopadá zvuková energie.

Mykokompozit v podobě pěny (nikoliv lisované desky) je nový materiál s vlastnostmi snižujícími hluk, který se díky své biodegradabilitě a ekologické výrobě jeví jako udržitelná náhrada běžně používaných materiálů s akustickými vlastnostmi. Samotné mycelium má buněčnou strukturu z polysacharidu chitinu, kterým spojuje části svých tkání. Pokud se podíváme na mikrostrukturu růstu vláken, u hyf mycelia je patrná otevřená a uzavřená struktura pórů. Při bližším pohledu vidíme, že se hyfy skládají z hyfových vláken chitinu, dalších polysacharidů a menšího množství proteinů a glykoproteinů. Tyto složky dávají myceliu podobné vlastnosti jako jiným lignocelulózovým materiálům, jako je například dřevo a korek. Tyto charakteristiky jsou důkazem, že tento materiál má velký potenciál pro rozvoj ekologického stavebnictví z důvodu jeho mechanických vlastností.[17]

Pokud jde o využití mycelia k výrobě akustických absorbérů, mycelium má potenciál pro absorpční použití díky poréznosti, ale samo o sobě nevytváří účinný absorpční produkt. K výrobě produktu potřebuje substrát, díky kterému vznikne mykokompozit. Mycelium funguje jako přírodní pojivo substrátu a tato syntéza vytváří akustické charakteristiky mykokompozitu. [17]

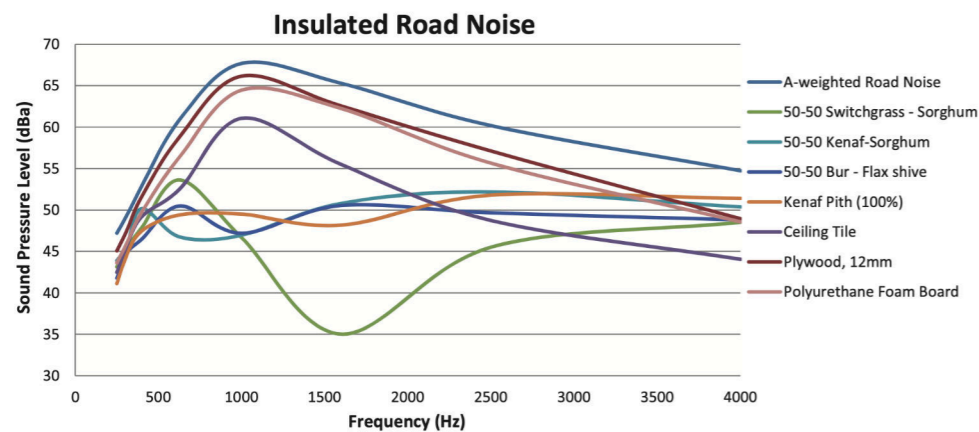
Dostupné studie akustických vlastností mykokompozitů

V současnosti se dá o akustice mykokompozitů nalézt několik studií. Výzkum této vlastnosti je teprve v prvotní fázi a není prozkoumána tak dobře, jako například tahové vlastnosti. Akustické panely z mycelia nejsou na trhu běžný produkt. Existuje pouze jedna firma, která se soustředí výhradně na výrobu akustických panelů z mycelia. Výrobní postup, díky víceletým výzkumům, dotáhli na vysokou úroveň. Jedná se o italskou firmu Mogu, která poskytuje cenná akustická data o svých produktech ve svých katalozích.

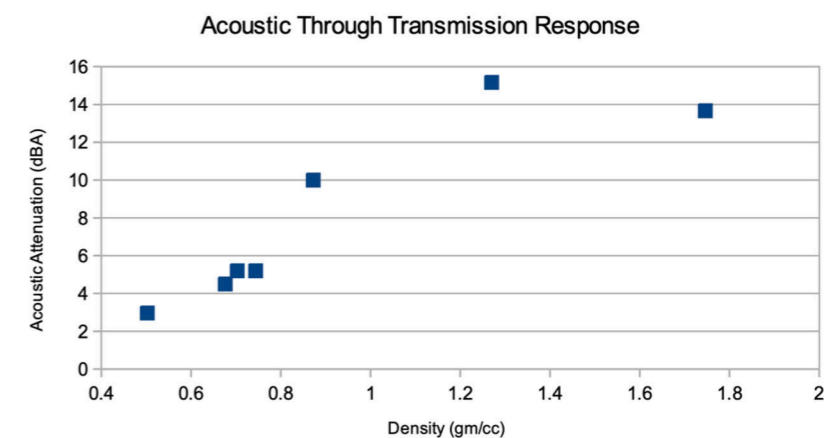
O akustických vlastnostech mycelia jsem našla dvě studie, od stejného hlavního autora M.G. Pelletiera z roku 2013 a 2017, katalog a test výrobků od společnosti Mogu a studii zabývající se absorpčními vlastnostmi mykokompozitů pěstovaných na substrátech na bázi papíru. V oblasti stavebnictví se výzkumu absorpce zvuku věnuje Centre of Expertise Biobased Economy v Holandsku.

Studie od Pelletiera se soustřeďují na složení substrátů, ani jedna z těchto studií neuvádí přesný druh houby, pouze třídu Basidiomycota (Stopkovýtrusné houby). První článek z roku 2013 se zabývá kompozity mycelia z různých směsí substrátů, které byly testovány v souvislosti se zvukovým spektrem hluku ze silnic. Článek z roku 2017 testuje vliv hustoty mykokompozitů na akustické vlastnosti a zkoumá jak absorpci, tak prostupnost. [28] [29]

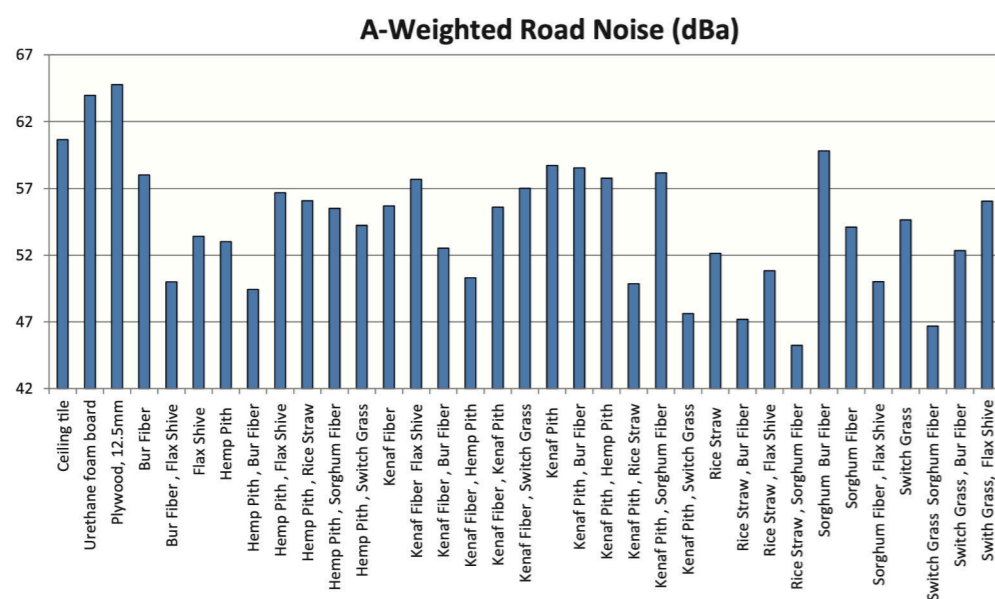
Studie z roku 2013 poskytuje informace o kompozitech z mycelia, které mohou být vhodnou volbou pro další podrobnější výzkum a aplikaci v praxi. Studie testuje vzorky z těchto substrátů: odpad ze zpracování bavlníku, stébla z prosa, rýžové slámy, stonků čiroku, lněných stébel, kenafu (rostlinné vlákno ze stonků ibišku) a konopí. Substráty dále různě kombinují v poměru půl na půl. Kompozit mycelia dále porovnávají s běžnými stropními obklady, pěnovými deskami a překližkou. Zvuk hluku ze silnice, v rozmezí 300 až 4000 Hz, byl zvolen především v souvislosti s problémem dopravního hluku ve městech. Při pohledu na výsledky lze konstatovat, že všechny kompozity z mycelia si ve srovnání s konvenčními produkty vedou dobře, jak obecně, tak při pohledu na křivky absorpčního spektra. Z této studie vyplývá, že kompozity mycelia mají využitelné akustické vlastnosti, ale jejich využití v praxi bude pravděpodobně determinováno zohledněním i jejich dalších benefitů, protože pozitivní rozdíly v akustických vlastnostech nejsou příliš významné.[28]



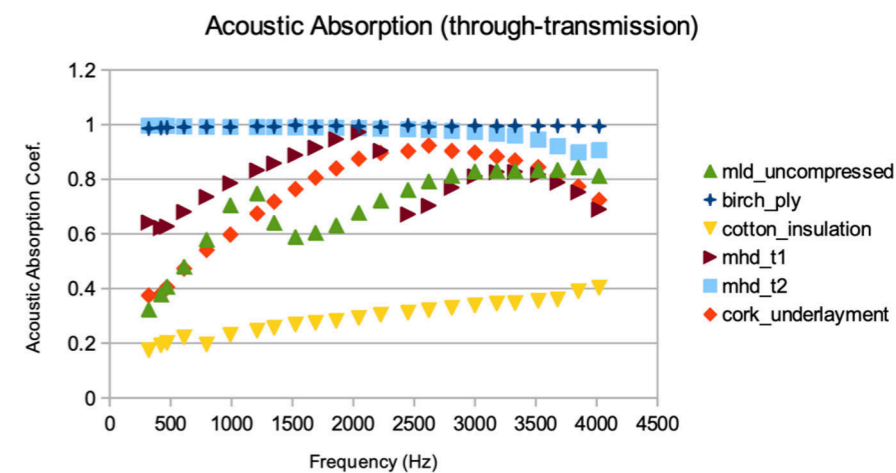
Obr. 23: Test porovnávající zvukové spektrum mezi akustickými absorpčními deskami na bázi mycelia od nejlepší po nejhorší, ve srovnání s několika tradičními absorbéry – překližka a typická 25 mm silná polyuretanová izolační deska.



Obr. 25: Akustické spektrum pro stínění průchodu. Další stlačení kompozitů mycelia nemá žádný významný účinek.



Obr. 24: Ucelený přehled odezvy na hluk ze silnice.



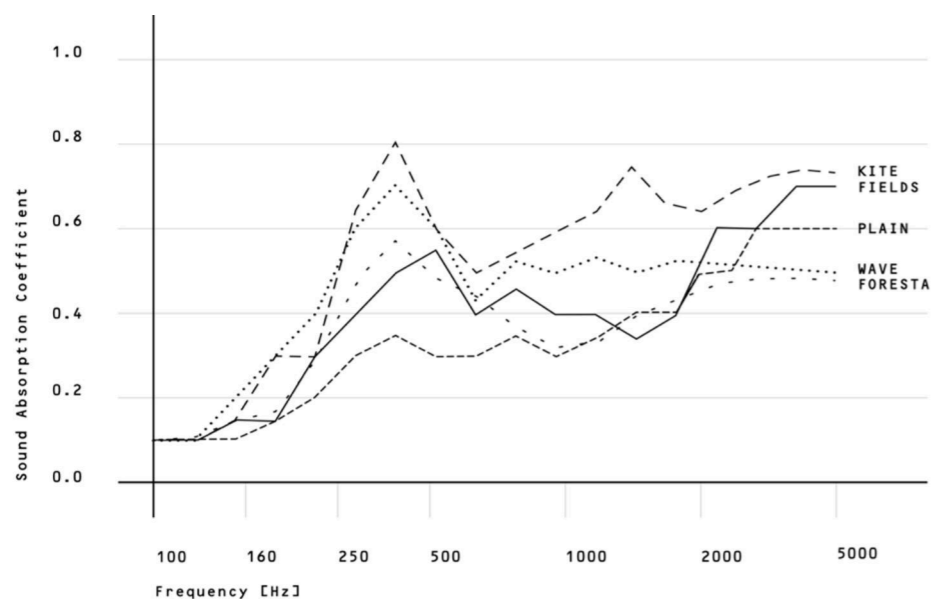
Obr. 26: S rostoucí hustotou se zlepšuje akustické stínění.

Studie z roku 2017 navazuje na výše uvedený výzkum použitím stejných mykokompozitů s různou hustotou. Předchozí studie se zabývala absorpcí a používala především vzorky s nižší hustotou. Pro tento výzkum je hustota zvýšena: 0,042 (nestlačený), 0,057, 0,086, 0,120 a 0,169 g/cc (gram na kubický centimetr). Při experimentech se také měří zvuková prostupnost.[29]

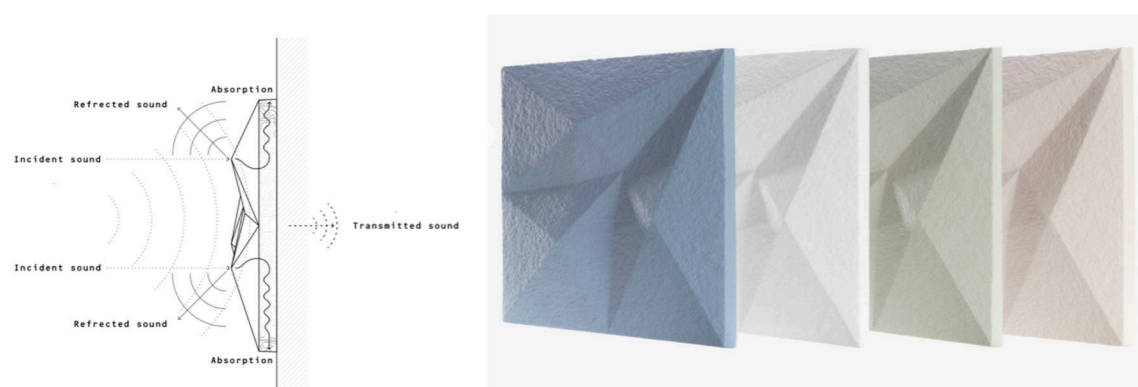
Zkoušky akustické pohltivosti ukazují, že nižší hustota způsobuje vyšší pohltivost. U stínění prostupnosti je tomu naopak. Dva testované vzorky s nejvyšší hustotou nevykazují žádné výrazné zlepšení oproti ostatním. Na obrázku 5 je zobrazeno spektrum prostupujícího zvuku pro první tři vzorky mykokompozitu spolu s překližkou, bavlněnou izolací a korkovou podložkou. Zde má kompozit mycelia s nejvyšší hustotou a téměř dokonalé stínění a dva lehčí vzorky mají křivku pod ním. Pro optimální volbu je nutné zvážit požadavky vycházející z aplikace v praxi. Výběr hustšího materiálu poskytne lepší stínění průchodu, ale nižší absorpci. (označení na obrázku - "MLD", mycelium low-density board "MHD", mycelium based high-density board). [29]

Testy akustických panelů firmy Mogu byly prováděny v dozvukové komoře na různých tvarech panelů z mycelia vypěstovaného zejména na textilním odpadu. Akustická data z katalogu Mogu nás informují, že výsledky testů provedených výrobcem, ukazují dobrou absorpci ve středních frekvencích (250-1000 Hz). Díky svým dekorativním designům a funkčnosti jsou dokonalým řešením, pro prostory, kde je potřeba absorbovat většinu rušivých signálů ze zašumělé řeči v hlučném prostředí, jako jsou například v restaurace, bary a kancelářské prostory. Akustické panely Mogu fungují na základě dvou hlavních akustických principů: absorpčním a rozptylovém. Zatímco zakřivené tvarosloví panelu zajišťuje vyšší účinnost rozptýlením zvukových vln, pórovitá struktura mycelia je transformuje na mikropohyb a teplo, které následně pohlcuje vláknitý materiál. Přesné složení substrátu Mogu neuvádí. Mogu pouze sdílí, že zpracovává průmyslový odpad jako jsou bavlněná a konopná vlákna, která nemohou najít jiné hodnotné využití v textilní výrobě. Dle informací, které jsem dohledala na internetu, substráty očkují Hlívou ústříčnou (*Pleurotus ostreatus*). Absorpce panelů může být ovlivněna dekorativním barevným ochranným bio povlakem na vodní bázi, podrobnosti ale

nejsou známe. Vynikající výsledky podává ve srovnání panel "Kite", což vede k závěru, že na tvaru záleží a potvrzuje, že tvarové úpravy mohou dále zvýšit výkonnost akustického panelu. [23]



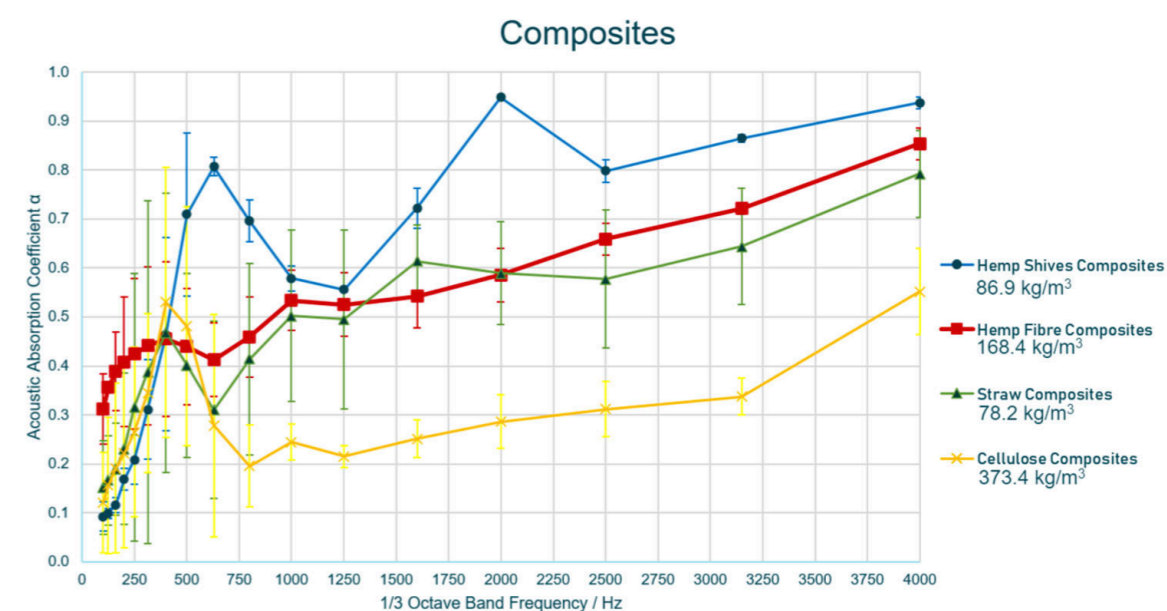
Obr. 27: Akustická pohltivost panelů MOGU



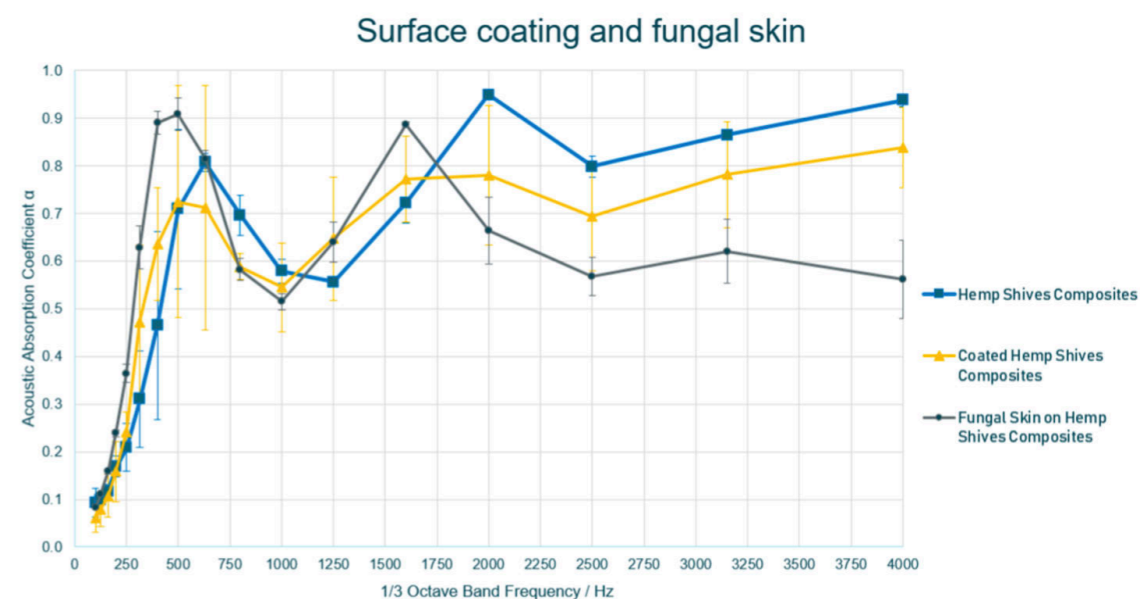
Obr. 28: Akustický panel MOGU Kite

Cílem projektu Building on Mycelium bylo zjistit akustickou pohltivost kompozitů z mycelia a určit, co ovlivňuje akustickou pohltivost těchto materiálů v porovnání s akustickými absorbéry, které se v současnosti běžně používají ve stavebnictví. Akustická pohltivost určuje, jak velká část zvukové vlny je zadržena materiálem. I když tato studie cílí na stavební materiál, mohou být její závěry aplikovatelné v interiéru. Testovací vzorky byly vyrobeny z Ganodermy Resinaceum v kombinaci se substrátem z řepkové slámy, konopného pazdeří, celulózy nebo konopných vláken. Součástí studie byl záměr porovnat vzorky s a bez tzv. houbové kůže na naočkovaných substrátech z konopných pazdeří. Jedná se o vrstvu mycelia, která vzniká vystavením mykokompozitního výrobku v procesu prodlouženého růstu na vzduch. Testovány byly také kompozity s bio povlaky. Všechny vzorky byly testovány podle protokolu ASTM E1050-98 s použitím impedanční trubice. [11]

Závěry testování: Kombinace substrátu a houby s celkově nejvyšší akustickou absorpcí byl kompozit obsahující konopná stébla. Zdá se, že typ vláken ovlivňuje akustickou pohltivost více než hustota kompozitu. Přidání vrstvy biologického povlaku (bohužel neuvádí přesný druh) snížilo akustickou absorpci u kompozitů z konopných pazdeří v celém rozsahu frekvencí. Silnější vrstva mycelia na čelní straně, označovaná jako "houbová kůže" také snižuje akustickou absorpci. V závěru je uvedeno, že se jedná o prvotní zkoušky, které budou dále ověřovány. Další studie se zaměří na srovnání zvukové absorpce mykokompozitů s běžnými materiály, ze kterých se vyrábí akustické absorbéry. Studie je zajímavá zejména z důvodu testování vlivu houbové kůže. [11]



Obr. 29: Akustická pohltivost různých substrátů.



Obr. 30: Vliv houbové kůže na akustickou pohltivost

V článku „Study on the Sound Absorption Properties of Mycelium-Based Composites Cultivated on Waste Paper-Based Substrates“ z roku 2022, je pozornost věnována odlišným vlastnostem substrátů. Testované vzorky substrátů obsahují papírový odpad. Konkrétně tříděný kancelářský papír, různé druhy kartonu a novinový papír. Všechny tyto materiály na bázi papíru jsou lignocelulózové, což znamená, že pro výživu hub poskytují lignin a celulózu. Do každého substrátu bylo navíc přidáno malé množství pšeničných otrub. Pro porovnání s komerčně dostupnými substráty na výrobu mykokompozitů byl kultivován produkt od společnosti Ecovative Design “Grow-It-Yourself Mushroom®” obsahující substrát z konopných otrub. Závěrem těchto akustických zkoušek je poznatek, že nejlepší akustické vlastnosti mají vzorky na bázi drceného jemného kartonu. Substráty z jemného novinového papíru a skartovaného papíru se nepovažují za použitelné pro účely obkladů z důvodu jejich nedostatečné strukturální soudržnosti. Výsledky jsou také přípravou pro další testování a porovnání s jinými materiály vhodnými pro akustické aplikace. V závěru je opět podobné vyhodnocení studie jako u většiny dosavadních akustických výzkumů mykokompozitů. [38]

Začlenění kompozitních materiálů na bázi mycelia do architektury je významné zejména díky jejich schopnosti snížit množství vznikajícího odpadu a spotřeby energie při výrobě ve srovnání s běžnými stavebními materiály. Mykokompozity recyklují odpadní materiály, které jsou využívány k jejich růstu. K výrobě potřebují málo energie a na konci životnosti se zcela rozloží. Tento výzkum má význam pro stanovení protokolů pro použití materiálu a jeho implementaci v rámci akustických systémů.[38]

Závěr, reflexe

Materiály z mycelia se jeví jako slibná aplikace v podobě interiérového designu s akustickými vlastnostmi. Důležitým aspektem bude zvolit ten nejlepší možný kompromis při volbě substrátů a dalších parametrech týkajících se jeho původu a zpracování. V kontextu porovnání s jinými materiály lze mycelium vyzdvihnout díky své přirozené vlastnosti spojovat a vytvářet vláknité struktury. Z tohoto důvodu se jedná o zcela udržitelný materiál, který má potenciál nahradit materiály interiérových výrobků obsahující toxická pojiva. Nedostatkem dosavadních studií akustických vlastností mykokompozitů je jejich úzké zaměření na využitelnost v oblasti inženýrství a stavebnictví. Žádná z nich se specificky nevěnuje užití mykokompozitu v interiérovém designu, konkrétně aplikace akustického panelu. Za výjimku mohou považovat rešerši katalogu společnosti Mogu, která je ale jen zprostředkovanou studií jejich výrobků. Nejedná se o odborný výzkum, kde je přesně popsána metodika a složení testovacích vzorků. O přes to je možné předpokládat, že substráty obsahující textilie nabízí pokrokové řešení pro aplikaci v mykokompozitních akustických panelech.

Na absorpční vlastnosti mykokompozitů má zjevný vliv jejich hustota, která úzce souvisí se zpracováním, konkrétně lisováním za tepla nebo za studena. Zkoušky akustické pohltivosti ukazují, že nižší hustota způsobuje vyšší pohltivost. To je charakteristika mykokompozitů, které nejsou lisovány za tepla. Absorpci vysokých nebo nízkých frekvencí ovlivňuje substrát, lze vidět rozdíl v úrovni absorpce vláknitější struktury například ze slámy nebo nevláknité struktury

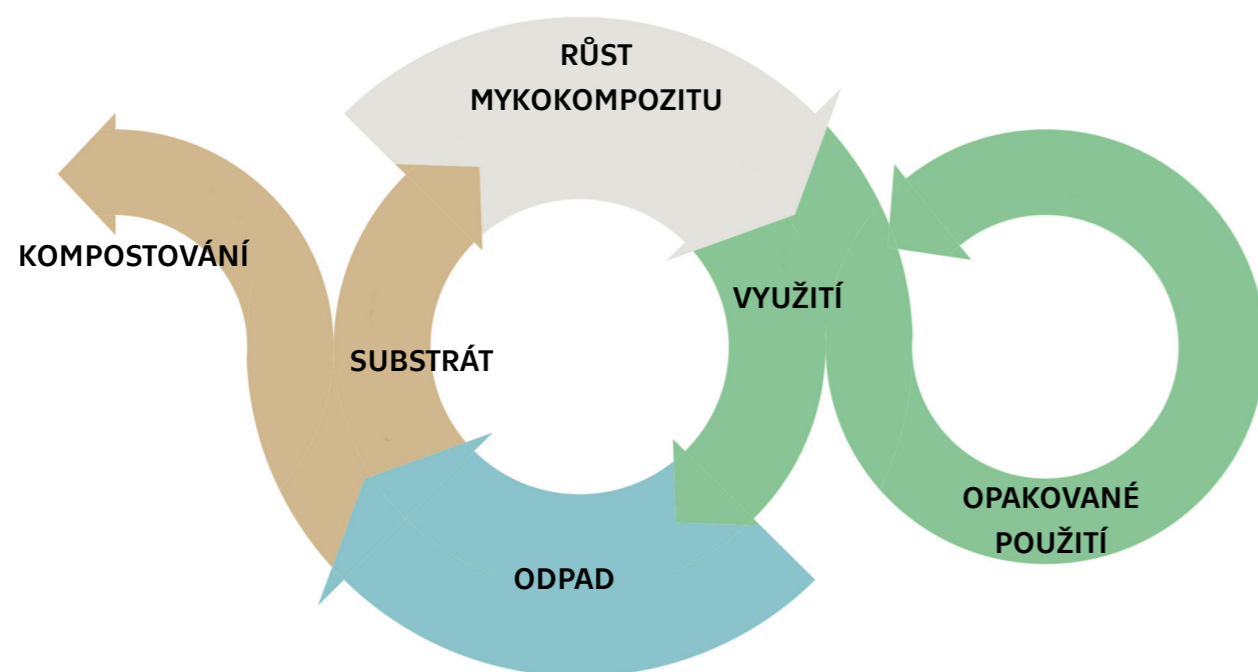
z rozemletých pilin nebo papíru. Dosavadní studie se soustřeďují zejména na volbu substrátu. Je možné, že větší pozornost na experimentování s jinými druhy hub by mohlo přinést nové závěry.

Z výzkumů vyplynulo, že mykokompozitní absorbéry zatím nemají náskok před běžnými absorbéry, pokud jde o jejich účinnost. Na druhou stranu mykokompozit dosahuje vysokou úroveň hodnocení v oblasti udržitelnosti. Lze tedy konstatovat, že absorbéry z mycelia mají oproti jiným absorpčním materiálům náskok v udržitelnosti. Pokud zhodnotíme mykokompozity obecně, bez specifikace substrátů, jejich absorpční vlastnosti jsou ve všech testech vyšší ve srovnání se dřevem anebo sádrou. Pórovitá mikrostruktura mykokompozitů, která vede k odporu proudění, nabízí ideální podmínky pro absorpci zvuku.

Srovnání složitosti výrobního procesu a přibližných nákladů běžných absorbérů a absorbérů z mycelia lze pouze odhadnout. Lze předpokládat, že je levnější dát mycelium se substrátem do formy než vyrábět absorbéry z dřevité vlny, skleněných vláken nebo sádry. I když by byly materiály recyklované a pocházely z průmyslových odpadů, stejně jako substrát mykokompozitu, jejich zpracování mnohdy vyžaduje více kroků a vyšší spotřebu energie. Nákladovým faktorem při výrobě mykokompozitů může být elektrická energie pro udržení vyvážené teploty a dalších růstových podmínek. Dalším faktorem může být výroba formy. Na druhou stranu, pokud je forma vhodně navržena, můžeme být použita opakovaně. Jistě bude nutné v pro celkové zhodnocení zvažovat také náklady na mechanické zpracování substrátu a jeho případnou přepravu a finální proces sušení výrobku. Závěr týkající se volby substrátů je takový, že jsem nenalezla dostatek výzkumů, které by jednoznačně porovnávaly vlastnosti akustických panelů z mycelia s panely z jiných materiálů. V souvislosti s akustickými vlastnostmi evidentně záleží na velikosti a druhu částic zvoleného substrátu. Vlákňitost nebo zrnitost má vliv na absorpční vlastnosti. Jako vhodné druhy substrátů se jeví textil, jemný karton a konopná stébla. Zároveň je zásadní vhodně zkombinovat substrát s druhem houby, aby se vytvořil vzájemně provázaný porézní absorpční systém. Vliv na absorpci má také povrchová úprava a takzvaná „houbová kůže“, která je zmiňována pouze v jedné studii v souvislosti s Ganoderma. Bylo by zajímavé tento vliv ověřit i s jinými druhy hub a například v podobě jiných vypěstovaných struktur (například speciálně vypěstované vzdušné vrstvy čistého AirMycelia firmy Ecovative).

Akustický absorbér na bázi mycelia nabízí potenciál pro akustická řešení v interiéru. Kombinace přírodního pojiva v podobě mycelia a organického substrátu poskytuje novou možnost materiálu pro udržitelný design. V průběhu let 2013 a 2023 bylo napsáno několik výzkumných prací, které zjevně budou mít pokračování. Je pravděpodobné, že akustické vlastnosti mykokompozitů bude možné zlepšit. Možná budou podrobněji popsány vlivy na absorpci mykokompozitů související se zpracováním a volbou živného substrátu. Dle mého názoru by měl výzkum akustických absorbérů na bázi mycelia pokračovat. Je šance, že by mykokompozity mohly ve všech parametrech předběhnout běžné absorbéry a vznikl by tak nový standard pro interiérový design a architektonická akustická řešení. U akustických panelů z mykokompozitů bych zejména vyzdvihla jejich udržitelnost. Fakt, že dokáží změnit estetiku interiéru a zároveň ztělesňují ekologický výrobní proces a životní cyklus produktu. Vhodně zvoleným

koncepčním a tvarovým řešením lze pozitivně ovlivnit výkonnost akustických panelů. Benefitem je také zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost, kterou ovlivňuje obsah chitinu. K této problematice existuje také řada výzkumů a například firma Mogu uvádí požární bezpečnost jako jednu z hlavních přirozených charakteristik mykokompozitů.



Obr. 31: Udržitelný životní cyklus

2.5 Současné využití mycelia v praxi

Materiály z mycelia jsou v interiérovém designu a stavebnictví v 21. století novinkou. Pokud se podíváme do historie, houby se především zpracovávaly jako potravina a využívaly se k výrobě léků. Léčebné účinky hub jsou lidstvu zjevně známé velice dlouho.

Pokud se zaměříme na využití materiálů z mycelia v kontextu současného materiálového výzkumu a nových aplikací v interiérovém designu, jedná se o začínající materiálový trend, s vzrůstající pozorností odborníků a společnosti. Aktuálně je většina návrhů z mycelia pouze dočasná (například se jedná o součást výstavní instalace) anebo pouze konceptuální. Existuje jen několik aplikací mycelia v komerčně dostupných výrobcích.

První materiály z mycelia, které směřovaly ke komerčnímu využití, vyvinuli Eben Bayer a Gavin McIntyre, kteří v roce 2007 založili firmu Ecovative Design sídlící v New Yorku. Firma má počátky v rámci jejich univerzitního projektu, kdy vyvinuli a následně patentovali (ještě před založením firmy) metodu pěstování izolace na bázi hub, která se původně jmenovala Greensulate. Se společností Ecovative následně patentovali metodu výroby mycelia pěstovaného na biologických odpadních vláknech. Společnost Ecovative začala s výrobou izolací, následovaly obaly a tzv. „Do-it-yourself kits“ (sady pro domácí výrobu mykokompozitů). Od této doby se dá datovat období tzv. „houbový boom“, kdy začal o tento materiál ve společnosti vzrůstat zájem. Vznikly různé projekty v oblasti umění a designu, především v architektuře, nábytku a módě. Výzkum materiálů z mycelia spočívá především ve zjišťování jeho limitů, vlastností a charakteristik. Zájem o experimenty s myceliem stále narůstá, týkají se především mechanických, akustických, tepelně izolačních a protipožárních vlastností.

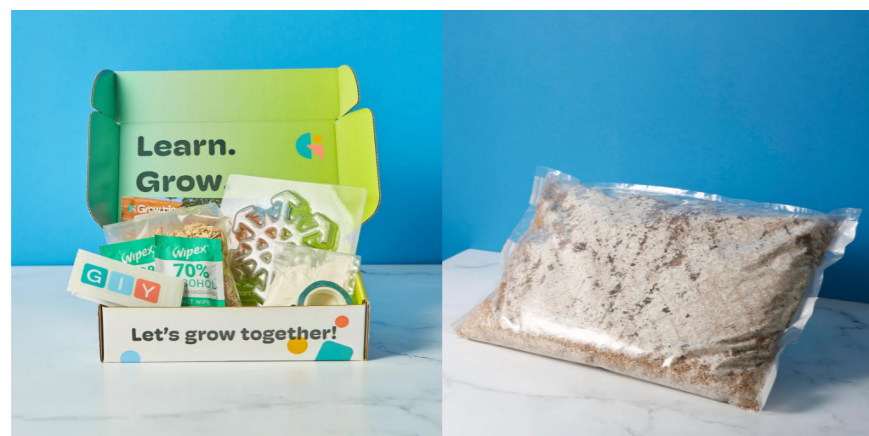
V současné době existují desítky udělených nebo čekajících patentů, většina z nich pochází od společností Ecovative a Mycoworks. Patenty obsahují zlepšení výsledných vlastností materiálu, ale také nové přístupy k dalšímu technologickému vývoji materiálu.[5] Velice progresivní jsou například pokusy v oblasti genetického inženýrství týkající se genu hydrofobinu, který má význam pro růst hub jako strukturální složky a pro interakci hub s prostředím.[2]

Na trhu stále existuje pouze malé množství komerčních, volně prodejných výrobků z mycelia, které lze rozdělit do čtyř kategorií. První kategorií je využití čistého mycelia bez substrátu, tomuto zpracování jsem se věnovala v předchozích kapitolách. Další kategorie se týkají užití mycelia v podobě mykokompozitů. Patří sem mykokompozity tvarované formováním (zejména izolace a obalový materiál) a také sem lze zařadit mykokompozit v podobě materiálu pro 3D tisk. Ten je v současné době ve fázi experimentů. Do samostatné kategorie jsem zařadila komerční použití mykokompozitů v interiérovém designu v podobě akustických panelů. Většina realizovaných projektů s myceliem jsou zatím konceptní návrhy nebo spíše práce uměleckého charakteru. Komerční, aplikace jsou méně časté a obvykle se jedná o výrobky a návrhy v menším měřítku. Dobrým příkladem volně prodejného produktu je sada Grow-It-Yourself a obalový materiál, obojí od společnosti Ecovative. Sada Grow-It-Yourself se dá koupit za \$19.99 na stránkách GROW.BIO, jedná se o dehydratovaný sáček materiálu Grow-It-Yourself Mushroom®. Filosofie produktu cílí na všechny, kteří si chtějí práci s myceliem

vyzkoušet: „Je dokonalým způsobem, jak uvést své výtvořky šetrné k Zemi do života! Ať už máte v hlavě nápad na výrobek, nebo jen chcete s materiálem doma experimentovat, materiál GIY Mushroom® je určen právě pro vás!“[16] Produkt vnímám jako zajímavý fenomén na poli uživatelského výzkumu a propagace materiálů z mycelia. Všimla jsem si, že zmíněný sáček je běžně používán na akademických půdách univerzit a v rámci výzkumů mykokompozitů.



Obr. 32: Výroba obalů - Ecovative Design



Obr. 33: GIY Mushroom®

2.5.1 Využití mykokompozitů v interiérovém designu

Jak jsem již zmiňovala, v tomto odvětví zatím vznikají zejména výrobky spekulativního a konceptuálního charakteru. Designéři a umělci prozkoumávají možnosti aplikace a dokazují jeho potenciál. Některé projekty jsou v souladu se vzrůstajícím zájmem ekocentrismu a materiálový aktivismus (směr vyznávající přímé využívání přírody k prospěšným účelům) na poli Designu. Častým charakterem a záměrem je propagace myšlenky návratu k přírodě a kooperace s živými organismy, které nám mohou pomoci zachránit svět před environmentální krizí. Častou aplikací mykokompozitu v interiéru jsou stínidla na lampy a nábytek.

V roce 2013 využil mycelium k výrobě organického svítidla MYX dánský designer Edvard Jonas. Hlavní myšlenkou projektu je využití odpadního materiálu (substrátu na pěstování hlívy ústříčné). Nevyužitý substrát, který je formován do tvaru stínidla, po dvou týdnech sesbírá hlívové plodnice určené ke konzumaci, vytvarovaný substrát vysuší a má hotový produkt. V roce 2016 Jonas experimentuje s textilními barvami.

Designéři Sebastian Cox a Ninela Ivanova dávají do popředí organický růst a symbiózu dřeva a mycelia. Tyto dva materiály mají v lese přirozený vztah a nabízí se ho využít v interiérovém designu. Taktéž pracují se stínidly a jednoduchým nábytkem malého měřítka.

V souvislosti s materiálovým aktivismem stojí za zmínku konceptuální projekt multidisciplinárního designového amsterdamského studia Officina Corpuscoli: The Ephemeral Icon. Projekt Ephemeral Icon se zabývá závažnými dopady dlouhodobého nezodpovědného používání toxických materiálů jako jsou plasty, které se přirozeně nerozkládají. Tyto výrobky s krátkou životností ohrožují naše klima a ekosystémy. Experiment ukazuje způsob, jak lze tyto problémy napravit pomocí mycelia. Hlavním předmětem tohoto experimentu je známá plastová židle Monobloc. Jakmile je plastová židle plně kolonizována myceliem, mohou ji uživatelé bezpečně zlikvidovat umístěním na zahradě nebo jí zakopat do země, čímž se stane přirozeným půdním hnojivem a bezpečnou živinou podporující růst nového života. Samotné slovíčko „icon“ v názvu jen vyzdvihuje důležitost sdíleného ekologického manifestu.

Do experimentální výroby nábytku se pustila také partnerská firma společnosti Ecovative Grown.Bio. Od této firmy si můžete koupit organická stínidla MushLume ve dvou variantách velikostí. Prodávají také Original Hemp Chair. Jedná se o limitovanou edici o třech kusech a v popisku je uvedeno: „Než se rozhodnete pro koupi: „Není nová a na bocích utrpěla poškození. Je určena pouze pro vnitřní použití. Během focení ji začal okusovat i kůň. Ale stále na ní můžete sedět a díky krásnému čalounění bude zcela jistě opět vypadat úchvatně.“ Zkrátka je to spíš vtip než užitečný produkt.

Jedna z novějších aplikací mykokompozitu v interiéru z roku 2022 je realizace Tallinnské materiálové společnosti Myceen, která vytváří "měkká a sametová" stínidla z houbového mycelia. Podle popisu designérky Karro "Lampa je na dotek měkká a je lehčí, než by se mohlo zdát, váží kolem tří kilogramů. Povrch by se mohl měnit od tmavší nahnědlé až po měkkou a sametově bílou kůži."

Do experimentování s 3D tiskem mykokompozitního materiálu se pustilo londýnské Blast Studio, které pomocí této technologie vytváří stínidla na lampy a jednoduchý nábytek. Vyzdvihují filosofii využití odpadních materiálů. Příkladem českého experimentálního designu z mycelia je realizace studia LLEV: MYCELIUM. Jedná se o stůl a svícen, při jehož výrobě byl použit zemědělský odpad a přírodní pigmenty. S touto realizací se studio dostalo do finále Czech Grand Design v kategorii Designér roku 2020.



Obr. 34: Jonas Edvard, MYX LAMP
Copenhagen 2013



Obr. 35: Prodejná lampa MushLume Hemi
Pendant Light, Grown.Bio



Obr. 36: Myceen, stínidla B Wise



Obr. 37: Blast Studio, Floating trees



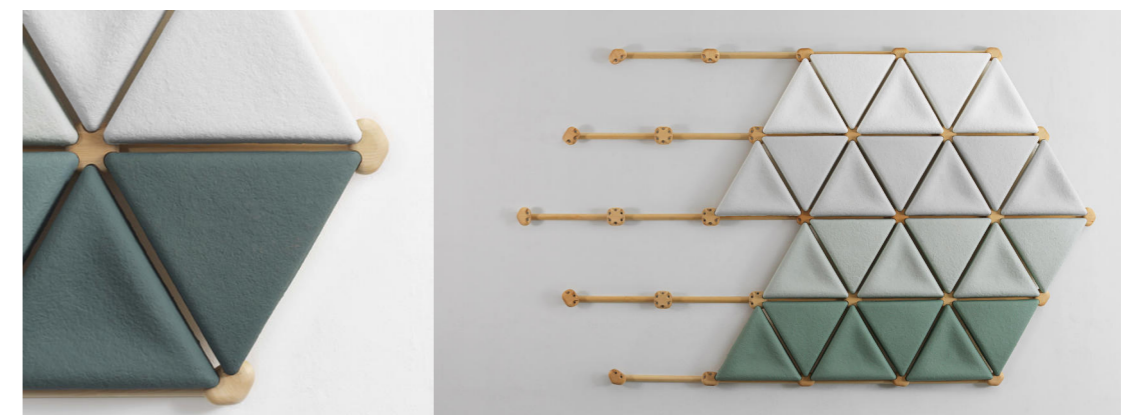
Obr. 38: Officina Corpuscoli, THE EPHEMERAL ICON, Amsterdam, 2010



Obr. 39: LLEV, MYCELIUM
Stůl, mycelium + zemědělský odpad
+ pigment



Obr. 40: Original Hemp Chair



Obr. 41: Akustické panely MOGU

2.5.2 Akustické panely z mykokompozitů

Využití akustických panelů není obecně žádnou novinkou, v současnosti je populární na ně více upozorňovat v souvislosti s akustickou pohodou a jejím významem pro zdravé pracovní prostředí a zdraví celkově. Na trhu je široká nabídka různých typů akustických panelů. Kromě absorpce panely disponují i dalšími akustickými funkcemi, jako jsou stínění a odraz. Existují hybridní výrobky, protože místnosti často potřebují více než jednu akustickou funkci. Akustické panely lze tedy vhodně zvolit a nakombinovat přesně dle požadavků prostředí a kontextu využití.

Akustické panely z mykokompozitů jsou z materiálového hlediska novinkou. Výrobě komerčních akustických panelů z myceliových materiálů se zatím věnuje pouze jedna společnost na světě. Samozřejmě existují koncepty a návrhy, vytvořené umělci, designéry a nadšenci do mykokompozitů. Žádný z nich se komerčně nevyrábí ani nedistribuuje. Některé byly navrženy pro různé veletrhy, jako součást výstavních instalací nebo se jedná o studentské projekty. Pár z nich je možné získat v podobě limitovaných edic nebo výroby na zakázku.

Hlavní funkcí panelů z mycelia je absorpce. Difuze je většinou prezentována jako možná doplňková funkce. Panely, které zajišťují především difuzi zvukových vln se často používají v hudebních studiích a konferenčních sálech. Materiály, z něhož jsou panely vyrobeny musí být tvrdé. Panely z tvrdších materiálů se také používají pro zrcadlový odraz, například v koncertních sálech a posluchárnách. Zde je třeba zvuk promítat napříč prostorem a obvykle pod určitým úhlem. V těchto typech místností je typicky zapotřebí i difuzní odraz.[4] Mykokompozit zde není nejlepší volbou, ani při stlačení a lisování za tepla. Užití mykokompozitu bylo, vzhledem k jeho porézní struktuře, vhodné pouze v případě, že je v jednom panelu potřeba vyváženě zajistit absorpci a difuzi. Vhodnou aplikací pro využití mycelia je stínění pro průchozí přenos zvukových vln. V těchto případech lze použít mycelium s vysokou hustotou.[29] Panely s touto funkcí se běžně umísťují dovnitř stěn, například v bytech. Pokud je tato funkce plněna panely uvnitř místnosti, často se kombinují s absorpčními materiály. Příkladem mohou být kancelářské příčky v otevřeném prostoru.[4] Některých vlastností mykokompozitního akustického panelu by bylo zjevně možné dosáhnout kombinací s jiným materiálem. Například dřevěnými deskami, kde by mycelium tvořilo jádro nebo by mohlo být na povrchu jako absorpční vrstva.

Mykokompozity poskytují designérům rozmanité možnosti. Lze dosáhnout mnoha různých tvarů, velikostí a textur, a to pouze za použití jediného materiálu. V porovnání s běžnými materiály a metodami jejich výroby, je výrobní proces využívající mykokompozitů charakteristický značnou jednoduchostí. Nejčastěji bývají pro výrobu panelů využívány formy, díky kterým získáme požadovaný tvar. Tento proces má několik omezení, při příliš složitém tvarování povrchu může nastat problém při vyjímání mykokompozitního panelu z forem a jeho poškození. Vzhledem k vlivům na absorpci hraje také důležitou roli tloušťka panelu. Ta by je omezena poměrem délky růstu a hustoty materiálů a faktem, že mykokompozity rostou na povrchu rychleji než ve vnitřních vrstvách.

Příklady akustických panelů

Většina akustických panelů z mykokompozitů využívá princip obkladů a modulárního systému. V roce 2016 spolupracovala společnost Ecovative s několika designéry. Sinewave od Kena Lushe je panel prodáváný po čtyřech kusech. Na úrovni hlavy odráží Sinewave zvuk směrem nahoru a dolů, zatímco na úrovni podlahy a stropu odráží zvuk zleva doprava. Sinewave toho dosahuje výrazně zvláštěm povrchem. Druhým panelem, který je možné objednat formou „pre-order“ na zakázku, je Morel Dilemma Acoustic Panel. Jeho trojrozměrný design je inspirován smrčem (druh houby). Panely se na stěnu připevňují pomocí z-klipů a šroubů.

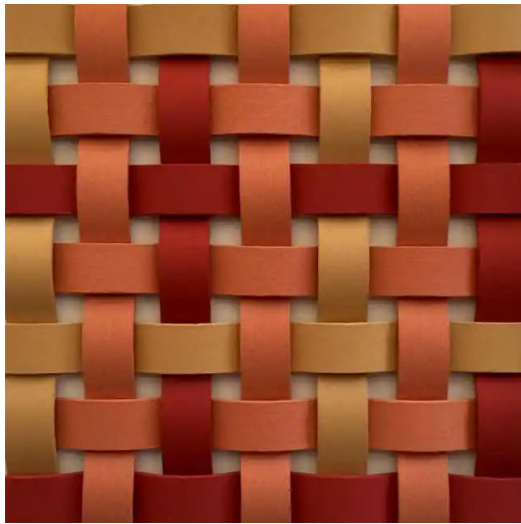
Designérka Mae-ling Lokko navrhla panely z mykokompozitu vypěstované společností Magical Mushroom Company® k vytvoření dvou instalací pro svou výstavu Grounds for Return v Z33 House v Belgii. Využitím technologie Ecovative zkombinovala recyklované konopí s myceliem a vypěstovali 300 ekologických panelů.

Akustické panely z mycelia a stonků rajčat, zahradního odpadního materiálu, vytváří holandský startup Fairm. Panely jsou z ideálního materiálu, který dobře pohlcuje hluk z telefonních hovorů v kanceláři. Navrhli dvě kruhové telefonní budky, do kterých panely umístili.

Panely Weave od Harryho Allena jsou jiné tím, že vypadají jako běžný produkt a mycelium nepřiznávají, je zakryté. Také se jedná se o spolupráci se společností Ecovative. Harry nevyužívá mykokompozit, ale jejich pěnu z čistého mycelia Myco Foam v kombinaci s biologicky rozložitelným lepidlem na bázi sóji a kompostovatelnou tkaninou Array od společnosti Designtex. Inspirací mu byl jeden z nejlépe akusticky funkčních materiálů: tkaná látka. Uspořádání panelů napodobuje ikonickou strukturu nejzákladnější neboli "hladké" vazby. Každá jednotka je jednoduchá vlna, která po sestavení vytváří velkou tkanou strukturu, která v kombinaci s porézní pěnou a měkké tkaniny zachycuje zvuk ve svých dutinách.

Komerčně dostupné jsou akustické panely od italské firmy Mogu. Jejich sortiment je poměrně obsáhlý a nabízí širokou škálu variant a barevností. Jsou charakteristické svým pěnovým, měkce působícím sametovým povrchem. Výrobní proces je založen na recyklaci textilních zbytků (značka mogu jsem se podrobněji věnovala v předchozí kapitole). Výrobky Mogu Acoustic dosahují stupně hořlavosti B-s1-d0 (Nehořlavý materiál, v případě požáru nepřispívají k jeho šíření a také nevytváří nebezpečný kouř ani hořlavé úkapy[30]), což z nich činí bezpečný výrobek pro všechny typy soukromých i veřejných prostor. Kolekce Mogu Acoustic zahrnuje několik modelů, z nichž každý kombinuje funkčnost s organickou krásou přírody a umožňují nejrůznější uspořádání a varianty upevnění. Jsou 100% biologicky odbouratelné, dávají novou hodnotu tunám zbytků z textilního průmyslu.

Zajímavé aplikace vznikají také jako součást studentského designu. Jako příklad bych uvedla projekt modulárních akustických panelů MYAMO od Kathariny Querbach.



Obr. 42: Harry Allen in the Weave panels.



Obr. 43: Sinewave panel



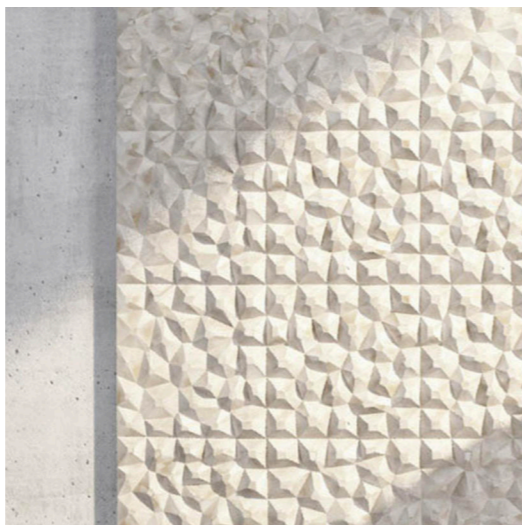
Obr. 44: Morel Dilemma Acoustic Panel



Obr. 45: Mae-ling, Lokko



Obr. 46: Akustické panely z mycelia a stonků rajčat, Fairm



Obr. 47: Akustické panely MYAMO od Kathariny Querbach

2.6 Experimenty, práce s myceliem

S rostoucími organickými materiály jsem se ve své praxi ještě nesetkala. Mycelium je jeden z alternativních materiálů, který svým charakterem podnítl vznik nové designérské praxe. Designér se pohybuje na pomezí designu, materiálové vědy, biologie, umění a řemesla. Mění roli designéra z pasivního příjemce na aktivního tvůrce materiálů. Tento přístup, nazývaný Growing Design, se týká pěstování materiálů z živých organismů za účelem dosažení jedinečných funkcí, vlastností a výrazových prostředků, díky kterým je možné nalézt nová udržitelná řešení pro design. Growing Design využívá z pokroku v biotechnologiích, které byly původně vyvinuty pro výrobu biologických tkání, jako jsou kůže a orgány pro lékařské účely. Fascinující možnost spolupřát s přírodou, poskytuje nové rozmanité formy vyjádření a přináší možnost přehodnotit paradigmatu výroby směrem k udržitelnějším řešením, kde se prolínají a vzájemně inspirují biologie, umění, architektura a design. Designéři spolupracují s biologickými organismy, usměrňují jejich růst a vytvářejí podmínky, v nichž materiál/výrobek vzniká. Ve většině případů se designéři zaměřují na vývoj nových materiálů, přičemž zkoumají škálu vlastností tím, že řídí růst organismu změnou podmínek.[20]

V této souvislosti považuji vlastní zkušenost s myceliovým materiálem za zásadní proces designérské tvorby. Experimentování s materiálem má za cíl shromáždit poznatky o tom, jak se materiál chová, o jeho technických a mechanických vlastnostech, jak lze materiál tvarovat a používat ho v kontextu užitého předmětu. Experimentování pro mě bylo velkou výzvou, jelikož jsem své materiálové testy dělala v domácích podmínkách. Byla jsem nucena k vynalézavosti, díky které jsem dokázala nahradit některé laboratorní pomůcky.

Podporou a inspirací mi byla webová fóra, komunity materiálových nadšenců na sociálních sítích a open-source databáze s návody na pěstování hub nebo biomateriálů.

VYUŽÍVANÉ ZDROJE INFORMACÍ:

- Shemakes.eu - Umožňuje budoucím inovátorkám v oblasti udržitelného textilního a módního průmyslu získávat inspiraci, dovednosti a kontakty.
- BioFabforum.org – návody, rady, cenné diskuse a dobrý výchozí bod pro začátečníky i odborníky, kteří se chtějí naučit nové poznatky z oblasti biofabrikace.
- Grow.bio – Community Forum – fórum k produktu GIY od Ecovative
- Konzultace s odborníky ze spolku MYMO a společnosti Mykilio.

2.6.1 Základní postup práce s myceliem

Sterilní prostředí je základ

Během procesu práce s myceliem se chceme vyhnout kontaminaci nežádoucími bakteriemi, plísní a podobně. Proto je důležité dodržet několik zásad, které vám umožní zajistit sterilní prostředí. Pokud pracujete doma, na experimentování si vyhradte prostor.

- Používejte laboratorní plášť nebo čisté oblečení, případně roušku
- Nedotýkejte se obličeje a stáhněte si vlasy dozadu.
- Umyjte si ruce. Před a po procesu je dezinfikujte dezinfekčním prostředkem na ruce na bázi alkoholu nebo jinou dezinfekcí.
- Před prací důkladně sterilizujte svůj pracovní prostor, všechny nástroje a nádoby, čistěte je alkoholem, v průběhu procesu i po něm.

Doporučené základní vybavení, nástroje

- 95% etanol nebo dezinfekce
- Ubrousky / kapesníky
- Jednorázové rukavice
- Laboratorní plášť / čisté oblečení
- Tlakový hrnec / hrnec a sporák
- Sáčky / potravinářská folie
- Skleněné nebo plastové Petriho misky
- Skalpel, lžíce, nožík, nůžky
- Hořák / zapalovač
- Rukavice
- Skleněné nádoby (na zavařeniny),
- Lékařské náplasti /kousek molitanu
- Mixér / mlýnek

Pěstování mycelia

Pokud chcete začít od úplného začátku, musíte si nejprve zakoupit spory nebo čerstvé plodnice hub. Vzhledem k tomu, že hlíva ústřední má velmi rychleji se množícím podhoubím a je snadno dostupná a odolná vůči kontaminaci, doporučuji začít experimentovat s hlívou.

Výtrusy, "semena", hub, jsou obvykle rozptýleny v žábřách houby. Na internetu si můžete zakoupit injekční stříkačku se sporami druhu, který chcete použít nebo tekuté mycelium v injekční stříkačce, které pak můžete vstříknout přímo do sklenice s připravenými obilnými zrny (spawn) nebo na agarové plátky v Petriho misce. Výtrusy čerstvé houby můžete také získat přímo z klobouku ještě před jeho úplným otevřením (uvolněním sporů), které následně přenesete na živné médium (nejlépe agarový plátek)

Mycelium spawn je výživný naočkovaný substrát, který byl plně kolonizován. Obvykle se používají obilná zrna. Naočkovaná zrna lze lehce oddělit od sebe a jsou ideální při očkování substrátů.



Obr. 48: Mycelium spawn



Obr. 49: Ganoderma na agarovém plátku

Inkubace

Inkubace je období, kdy se mycelium umístí do kontrolovaných podmínek, v nichž mycelium roste, aby se optimalizoval jeho růst. Tyto podmínky se liší v závislosti na růstové fázi nebo druhu houby. Inkubujte v dezinfikovaném tmavém prostoru s teplotou cca 24-27 °C a zajistěte dostatečné proudění vzduchu. Doporučuje se alespoň 70% vlhkost vzduchu.

Příprava substrátu

Příprava substrátu se provádí za účelem zvětšení objemu. Je méně výživný než obilná zrna. Vhodné substráty jsou popsány v kapitole „Volba substrátu“. Použijte organický substrát obsahující celulózu a lignin (například piliny). Pro začátek se doporučuji použít dřevěné pelety (například z borovice). Zásadním krokem je pasterizace substrátu, aby nedošlo k jeho kontaminaci. Existuje řada technik pasterizace substrátu. Tento proces probíhá obvykle při teplotách mezi 70 °C a 80 °C po dobu jedné hodiny a lze jej provádět pomocí vody ve vařícím hrnci, v troubě nebo pomocí páry. Substrát by neměl být příliš mokrá, pouze vlhký. Po vychladnutí ve sterilních podmínkách přidejte naočkovaná prorostlá zrna do sterilního sáčku s filtrem nebo sklenice s filtrem ve víčku a důkladně promíchejte se substrátem.

Práce s prorostlým substrátem

Jakmile jsou pytle se substrátem plně kolonizovány, lze materiál přenést do formy, znovu inkubovat a poté dehydratovat. Před vložením do formy je třeba substrát rozmixovat nebo namlít. Princip dostatečné kolonizace substrátu před vložením do formy snižuje riziko kontaminace. Mycelium je zdravé, vyživené a silné. I když jsou sáčky se substrátem plně kolonizovány, stále existuje riziko kontaminace. Pracujte tedy ve sterilních podmínkách s použitím rukavic a alkoholu k dezinfekci prostoru, veškerých nástrojů.

Příprava formy – inkubace

Jakmile jsou pytle se sypaným substrátem plně osídleny, přidáním mouky a vody učiníte substrát plastičtější, množství závisí na velikosti pytle se substrátem.

Mouka je startovací potravou pro mycelium, protože je snadno stravitelná a podporuje rychlý růst celého substrátu. Forma může být z jakéhokoliv vodě odolného materiálu, nejlépe funguje pružný plast. Zajistěte, aby mycelium mohlo dýchat. U větších forem je vhodné navrhnout otvory rozmístěné po celé formě, což umožní proudění vzduchu a zaručí rovnoměrný růst v celé formě. Pokud používáte formu s otevřeným víkem, po naplnění přikryjte formu tenkou plastovou fólií a udělejte malé otvory, které umožní myceliu dýchat.

Vyjmutí z formy – inkubace

Když začne substrát bělat a na povrchu se vytvoří vrstva mycelia, můžete svůj výrobek opatrně vyjmout. Substrát je docela dobře spojený po cca 3-4 dnech. Po vyjmutí ho můžete umístit do tzv. inkubační komory, kterou si snadno vytvoříte. Hlavním cílem této inkubační komory je vytvořit prostředí s vlhkostí co nejbližší 100 %. Umístěním do inkubační komory začne mycelium růst směrem ven a hledat nový zdroj potravy. Tím se na povrchu výrobku vytvoří měkká sametová bílá vrstva, tzv. houbová kůže. Inkubační komoru si můžete vyrobit z vhodné nádoby. Skvěle funguje nádoba na pečení nebo mísa přikrytá potravinářskou fólií. Do inkubátoru vložte sklenici s vodou pro dodatečnou vlhkost.

Dehydratace, zastavení růstu

Jakmile je výrobek prorostlý a zbělal, je třeba ho dehydratovat a deaktivovat růst mycelia. Ideální je sušení v troubě při 70 °C po dobu 5-10 hodin, ale záleží na velikosti a tloušťce výrobku. Jak poznáte, zda je váš výrobek dostatečně vysušený? Nejlepším testem je změřit hmotnost před a po sušení. Naočkovaný substrát většinou obsahuje přibližně 60 % vlhkosti, takže výrobek by měl ztratit 50-60 % své původní hmotnosti (pokud dodržíte správné dávkování vody). Výrobků o tloušťce > 2,5 cm – sušte 3-4 hodiny v sušičce při teplotě +/- 40 °C s mírně pootevřenými dvířky, aby mohla unikat vlhkost a poté pečte v troubě při teplotě 80°C po dobu 2 hodin. Výrobky o tloušťce < 2,5 cm pečte v troubě při 80°C, 2-3 hodiny. Výrobky lze také sušit na přímém slunci.



Obr. 49: Příprava substrátu

Stručný přehled postupu s přibližnou dobou růstu

- Kultivace na agarových plátcích – Inkubační doba - 2 týdny
- Přenesení do nádob s obilnými zrní (spawn) – rozmnožování, Inkubační doba - 3 týdny
- Pasterizace substrátu 1-2 hodiny
- Přenesení naočkovaných zrn do substrátu v sáčcích s filtrem – Inkubační doba - 2 týdny
- Příprava formy, sterilizace
- Uložení do formy – Inkubační doba - 1 týden
- Dehydratace, sušení (dle velikosti výrobku) v troubě cca 80°C, 2 hodiny



Obr. 50: Prorůstání výrobku ve formě, prorostlá vrstva

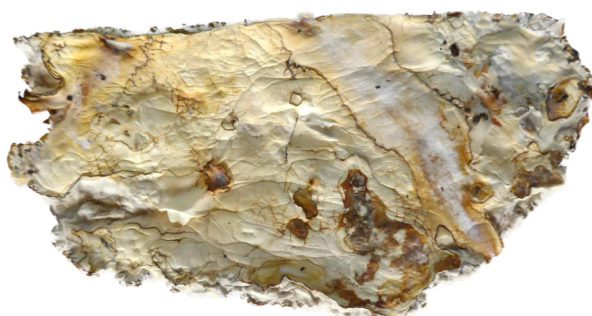


Obr. 51: Výrobek před a po inkubaci při vyjmutí z formy



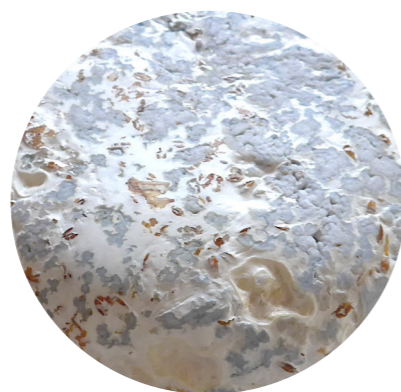
Obr. 52: Pěstování mycelia u kotle při teplotě 25-28°C

2.6.2 První zkušenost z myceliem - papír



Obr. 53: Postupná degradace mykokompozitu z kancelářského papíru

- Vysoké procento vody způsobilo rychlou a výraznou degradaci.
- Modrá inkoustová barva neměla vliv na barvu mycelia



Obr. 54: Postupné obrůstání, ztráta modré inkoustové barvy

2.6.3 Pěstování mycelia v přírodních a syntetických barvivech

PŘÍRODNÍ PIGMENTY

- PROCES
- Očkování pigmentů kolonizovanými obilnými zrny hlívou ústříčnou
- Kurkuma, modrá spirulina, mladý ječmen, sušené borůvky, prášek z řepy, mletá paprika



Obr. 55: Naočkované přírodní pigmenty

Po pěti dnech růstu byla všechna barviva pokryta bílou vrstvou mycelia. Většina pigmentů byla kompletně degradována mimo barevných hlinek, které zůstaly v průřezu barevné. Netradiční růst jsem pozorovala na borůvkách, které neprorostly, mycelium na nich vytvořilo obláčkový útvar.

SYNTECKÉ BARVY

- PROCES
- Očkování pigmentů kolonizovanými obilnými zrny hlívu ústříčnou
- Akrylové barvy, barevné pastely, vodové barvy



Obr. 56-57: Barevné pastely, Akrylové barvy



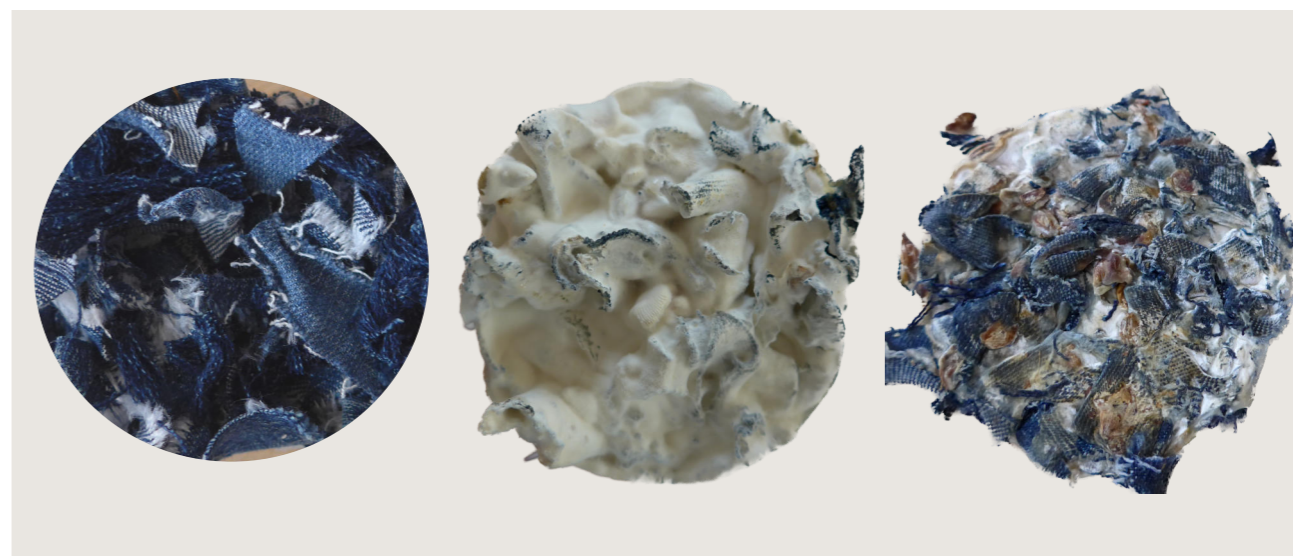
Obr. 58: Postupná, pomalejší kolonizace syntetických barev

ZÁVĚR

Organické i syntetické pigmenty byly po týdnu kolonizovány, zejména na povrchu. Mycelium barvy rozkládá, neprobarvuje se. Hlívu nelze použitými pigmenty probarvit, rozmixované borůvky neprorostly, vrstvu mycelia je možné lehce oddělit a hlíva rychle rostla.

2.6.4 Pěstování mycelia v odpadních materiálech

- PROCES
- Očkování staré džínoviny, odpadních vláken ze sušičky prádla kolonizovanými obilnými zrny hlívu ústříčnou.



Obr. 59-61: Džínovina



Obr. 62-63: Odpadní vlákna ze sušičky prádla

ZÁVĚR

V obou médiích jsem pozorovala poměrně rychlý růst, džínovina byla propojena v homogenní strukturu. Vzorek džínoviny jsem následně přežehlila, získala jsem flexibilní kompozit.

2.6.5 Mycelium a flexibilita

- PROCES
- Pěstování hlívy ústříčné v podobě flexibilních struktur. Navázala jsem na pokus s borůvkami a zaměnila je za jablečnou vlákninu. Pěstování v tekutém médiu – voda s třtinovým cukrem.



Obr. 64-65: Hlíva ústříčná na jablečné vláknině



Obr. 66-67: Pěstování hlívy v tekutém médiu

ZÁVĚR

Z jablečné vlákniny bylo možné vrstvu mycelia jednoduše oddělit, vrstva se vytvořila během čtyř dnů. Ve vodě s cukrem jsem pozorovala pomalejší růst. Hlíva nejspíše nebude nejvhodnější druh na pěstování tenkých houbových kůží. Při manipulaci se trhala, mycelium je jemné až průhledné.

Vypěstované vzorky jsem následně vyžehlila přes žehličku a nechala sušit. Došlo k ztrátě pružnosti, kterou lze upravit - tepelně vylisované vzorky mycelia přes noc namočit do 30% glycerolové lázně. A následně opět sušit.

2.7 Materiálový uživatelský výzkum

Zavádění nových materiálů na spotřební trh představuje často velkou výzvou. Jak přesvědčit společnost, že může novému materiálu plně důvěřovat? Jaká je nejvhodnější funkce tohoto materiálu? Tyto bariéry můžeme odstranit pomocí odborných publikací, které mají za cíl oslabit nedůvěru zákazníků prostřednictvím poskytování technických údajů a prokázaných mechanických vlastností. Výsledky výzkumů jsou cílené především na firmy nebo designéry. Koncový uživatel odborné články nečte a je třeba ho informovat o materiálu jiným způsobem.

Materiály na bázi mycelia mohou být v nesouladu se stávající poptávkou, která lpí na typičnosti a průmyslové standardizaci. Přirozený vzhled a organičnost mykokompozitů nemusí být vždy žádoucí a může představovat problém. Podmínkou pro další rozvoj a zavádění mykokompozitů mezi běžně dostupné materiály bude dobře zvládnutá velkokapacitní biofabrikace.

Zájem o materiálový uživatelský výzkum mykokompozitů ve mně vzbudila vlastní skepse vycházející z jejich vzhledu a taktilní percepce. Mají mnoho ekologických výhod, ale představují novou výzvu v oblasti estetiky a přijetí výrobku budoucími uživateli. Produkty se doslova pěstují, jsou porézní, mají nepravidelný povrch a nepravidelné (někdy nepředvídatelné) zbarvení. Odrazující může být samotný přírodní vznik růstem a existence mykofobie.

Cílem uživatelské studie je prozkoumat, jak respondenti materiál vnímají z hlediska estetiky, významů a emocí a také co je materiál podněcuje dělat (affordances). Jednou z hlavních otázek je: je vhodné přiznat přirozený vzhled mykokompozitního materiálů a vyzdvihnout jeho původ?

Metoda

Testování předcházela výroba vzorků z mykokompozitu, se kterými respondenti interagovali. Průzkumu se zúčastnilo 15 respondentů, z toho 6 mužů a 9 žen ve věku 20-32 let. Podmínkou účasti byla nevědomost o materiálech z mycelia. Jedná se o různorodou skupinu lidí s odlišnými profesemi a zájmy. Využívala jsem formu polostrukturovaných rozhovorů, pomocí kterých jsem analyzovala zpětnou vazbu účastníků z interakce s vypěstovanými vzorky mykokompozitů a pokládala jim otázky. Každý byl dotazován jednotlivě.

První základní analýza spočívala v předložení vzorku, se kterým mohli dotazovaní manipulovat. Zaměřila jsem se na jejich percepce základními smysly: zrak, čich a dotek, (chuť?). Reakce všech zúčastněných byly velmi podobné. Ani jeden/a netušil/a, že má vzorek něco společného s houbami. Z hlediska barvy byl vzorek převážně považován za neutrální, všichni měli tendenci k materiálu čichat, ale vůni nedokázali definovat. Pouze jeden/a z dotazovaných nedokázal/a vyjádřit, zda při doteku cítí teplý nebo studený vjem, jinak byl mykokompozit definován jako teplý materiál. K dispozici jsem měla více druhů, každý s jiným charakterem povrchu. Nejvíce pozitivní taktilní reakci měli na vzorek s prodlouženou dobou růstu, díky které se na povrchu vytvořila vrstva houbové kůže. Respondenti/ky ji ve většině definovali jako heboučkový povrch, skoro jako samet. Postupné hnědnutí jim na druhou stranu moc hezké nepřipadalo. Když jsem jim původ prozradila, následovalo překvapení, a to ve dvou odlišných reakcích pozitivní a nedůvěřivé. Jedna z reakcí byla, že materiál je super a po bližším seznámení vzbudili zájem, že

by si taky něco chtěli nechat vyrůst. Tuto reakci měla část skupiny, kterou bych popsala jako milovníky přírody se zájmem o ekologii a udržitelnost. Opačnou reakcí byla zejména nedůvěra charakterizována otázkami: „A to je pořád živý? Nezačne to tady zarůstat? A pak z toho vyraší ty plodnice?“.

Po výše zmíněném scénáři jsem s každým účastníkem vedla diskuzi a následně z ní vyzdvihla důležité poznatky, které mi pomohou při návrhu vhodného produktu z mykokompozitu do interiéru.

Příklady pokládaných otázek, které byly dále rozváděny:

1. Přijali byste tento materiál ve své vlastní domácnosti?
2. Co byste si z něj dokázaly představit za předmět?
3. Působí na vás ekologicky/přírodně?
4. Zají má vás, co stojí za procesem jeho vzniku?
5. Byli byste ochotni za něj zaplatit více, protože je ekologický?
6. Myslíte, že má materiál přidanou hodnotu?

Jsem si vědoma toho, že můj uživatelský výzkum proběhl ve velmi omezeném měřítku a mé závěry nejsou stoprocentně objektivní. Přesto tuto zkušenost pokládám za velice přínosnou a v kombinaci s celkovou rešerší trhu mi pomohla najít další směřování projektu. Následující závěr a reflexe vnímám jako diskuzi k dalšímu zamyšlení. Překvapilo mě, že většina dotazovaných projevila vůči mykokompozitům spíše pozitivní vztah. Optimisticky vnímali také to, že s dalším rozvojem technologií bude možné dosáhnout ještě lepších výsledků, v materiálu také vidí udržitelnou budoucnost. Mykokompozity byly charakterizovány jako jedinečné, ekologické a zajímavé. Právě příběh materiálu a jeho původ by mohl mít v některých kontextech velmi pozitivní vliv. Nejvíce frekventovanou odpovědí na otázku vysněného produktu byla židle. To by mohlo podpořit myšlenku, že se nebojí o přímý kontakt s materiálem. Nikdo z respondentů/ek netrpí mykofobií, přesto jsem postřehla největší nejistoty ohledně stálosti materiálu. Právě vnímané riziko vnímám jako jednu z hlavních překážek aplikace v interiéru. Mezi otázkami účastníků se objevila témata týkající se výkonu, spolehlivosti, trvanlivosti, použitelnosti, povrchových úprav a dopadu na životní prostředí ataké otázky ohledně financí.

Zásadní reakce týkající se možného rizika:

- Způsobila by vlhkost růst hub z povrchu?
- Nemůže to rychle zplsnivět?
- Lze materiál nějak obarvit?
- Je to také jedlé, když je to z hub?
- A nemůže to pak začít všude růst?
- A teda nepůjdou z toho nějaké ty spory?
- Jak dlouho vydrží?
- Je tento materiál voděodolný?

Dle mého názoru existuje potenciál růstu zájmu o daný materiál. Aktuálně si pokládám otázku, jak nejlépe vyřešit stálost a povrchovou úpravu u aplikace mykokompozitu v interiéru, ale zároveň cítím důvěru v jeho přirozený vzhled. Důležitým poznatkem je také to, že materiál zatím není vnímán jako příliš použitelný v domácnostech, respondenti se k jeho využití doma stavěli skepticky (i přes pozitivní reakce v souvislosti s ekologií a vzhledem). Zdá se tedy vhodné mykokompozity z počátku aplikovat do veřejných prostor, aby si na ně lidé zvykli a nevnímali ho jako kuriozitu/sběratelský kousek.

Na závěr bych zmínila, že velice přínosný byl také průzkum sociálních sítí. Zejména analýza profilů firem, designérů a umělců, kteří se jakýmkoliv způsobem materiálům z mycelia věnují. Zajímavý trend pozoruji v souvislosti s produktem Grow It Yourself Kit od společnosti Ecovative, který doslova otevírá možnost všem nadšencům s tímto materiálem experimentovat a vytvářet mu nový kontext a předpovídat další možnosti jeho využití. Ecovative na svém profilu @ecovative pyšně sdílí výtvořky svých zákazníků. Naleznete zde realizaci těla elektrické kytary, hračky pro děti, masky, urny, dekorace, vázy, cyklistickou helmu a další nepředvídatelné experimenty. Z komentářů pod sdílenými inovacemi z oblasti mycelia je cítit nadšení a zvědavost komunity. Nalezneme i řadu dalších amatérských profilů hlásajících „houby jsou budoucnost“.



Obr. 68-71: Různé druhy povrchů mykokompozitu

2.8 Srovnání vzhledu mykokompozitu s jinými biokompozity

Uživatelská studie mi umožnila prozkoumat konkrétní zpětnou vazbu a pomohla mi poodhalit potencionální cílovou skupinu uživatelů. Srovnávání s podobnými alternativními materiály umožňuje získat poznatky o dalších potenciálních oblastech využití a dají se předvídat reakce uživatelů, kteří s ním přijdou do kontaktu. Průzkum podobných biokompozitů nás také může navést k vhodnému estetickému zpracování.

Solidwool - udržitelný kompozitní materiál vyrobený z britské vlny. Pojivem vlněných vláken je biopryskyřice.

Dekorační úprava – hladký povrch, oblé tvarování, přírodní barevnost.

Aplikace v interiérovém designu – sedací nábytek a stoly.

Mogu Floor FLEX - alternativa standardních podlahových krytin v rolích. Její revoluční složení je založeno na odpadních zdrojích (od mušlí po kávovou sedlinu), neobsahuje rozpouštědla a je recyklovatelná.

- Dekorační úprava - dvousložková barva na vodní bázi bez těžkých kovů s nízkým obsahem těkavých organických látek, navržená s velmi nízkým leskem, který zajišťuje matnou estetiku.
- Aplikace v interiérovém designu – Podlaha.

Biocomposites by Stora Enso

Alternativa k plastům – kombinace biopolymerů a severského dřeva s certifikací FSC® z lesů obhospodařovaných udržitelným způsobem.

- Dekorační úprava – hladký povrch, přírodní barevnost.
- Aplikace v interiérovém designu – obklady, nábytek.

BAUX - ekologický, recyklovatelný materiál z dřevité vlny, cementu a vody.

- Dekorační úprava – přírodní a výrazné barvy mnoha odstínů (lze vybírat jakýkoliv odstín RAL), geometrické tvary se strukturovaným povrchem.
- Aplikace v interiérovém designu – akustické panely a obklady.



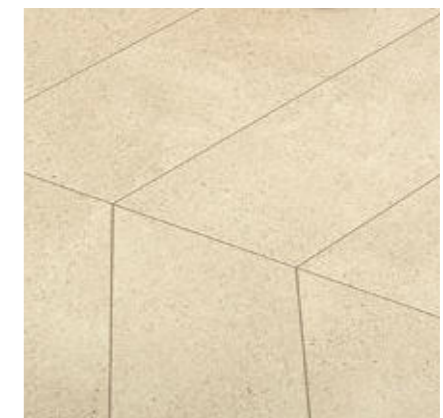
Obr. 72: Testování struktur



Obr. 73: Testování - druhy povrchu



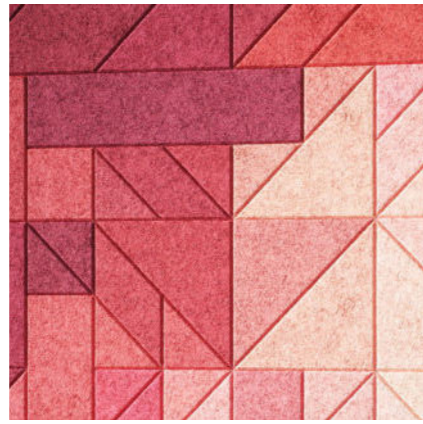
Obr. 74: Solidwool



Obr. 75: Mogu Floor FLEX



Obr. 76: Biocomposites by Stora Enso



Obr. 77: BAUX

U výše zmíněných kompozitů z přírodních složek mě především zajímalo, jak si výrobce poradil s jeho vzhledem. Zda svou nabídku založil na přiznání přírodní struktury, barvy a původu materiálu. Kompozit mycelia je sice nový materiál, ale na trhu již nalezneme firmy, kterým se ho úspěšně daří rozvíjet do podoby, která je zajímavá nejen pro cílovou skupinu zákazníků, která by si produkt koupila jen kvůli jeho udržitelnosti. Problematiku přiznání přírodního vzhledu jsem během navrhování výrazně řešila. Nechat kompozit mycelia bez povrchové úpravy? Výše zmíněné biokompozity mají svou texturu přiznanou, ale zároveň mají opracovaný povrch, jsou vyhlazené, obroušené a například BAUX nebo Mogu Floor zároveň nabízí širokou škálu barevných variant.

Využití kompozitu mycelia v interiéru je zatím dostupné jen v omezené míře. Abych se nad jeho estetikou mohla zamyslet, budu porovnávat jak komerční, tak konceptuální aplikace mykokompozitů v interiéru. K účelům porovnání jsem vybrala dvě charakteristická zpracování.

Vzhled mykokompozitů zjevně výrazně ovlivňuje dobře zvládnutá technologie a podmínky výroby. Jedním z příkladů profesionálního, luxusně vzhlízejícího provedení je značka Mogu od společnosti SQIM, která z mycelia vyrábí akustické panely a obklady. I když je vidět, že mají velice dobře zvládnutou technologii, přirozený charakter struktury je skrytý pod ekologickým nátěrem na vodní bázi s výraznou pigmentací. Téměř nepoznáte, že se jedná o kompozit mycelia. Pouze menší část ze sortimentu panelů má zcela přiznanou barevnost a tvar nechává přírodní texturu vyniknout.

V kontrastu s Mogu bych zmínila designéra Sebastiana Coxe a jeho stínidla, která svou neobvyklou podivně rustikální estetikou dávají důraz na to, že nebyla vyrobena, ale vypěstována. Jediný zásah, kterým Sebastian dosáhl požadovaného tvaru stínidla je ten, že nechal substrát prorůst v navržené formě. Povrchovou úpravu nechal takovou, jaká narostla, proto je také každá lampa zcela jiná a nevypadá jako ze sériové výroby. Záměrem Coxe bylo vytvořit z mycelia každodenní objekty, zároveň zde vyzdvihuje symbiózu dvou materiálů – kombinaci mycelia s odřezky vrbového dřeva z Coxova vlastního lesa. Z vrbového dřeva byly vyrobeny také formy, které houba postupně prorostla.

Jedná se o dva zcela odlišné přístupy, ale v každém z nich vidím pozitiva i negativa. Záleží, v jakém kontextu je produkt uveden na trh a na jakou uživatelskou skupinu cílíme.

Důležitým poznatkem je, že mykokompozit má díky organickému vzniku velice svébytný charakter a nenalezla jsem k němu obdobný materiál. Porovnání s jinými materiály je tedy obtížné. Přínosem může být informace, že i původ a příběh materiálu může být pro zákazníka atraktivní. Jedinečnosti každý kus produktu nabývá díky nedokonalému povrchu, který je v kontrastu se standardizovanými výrobky. Organická nedokonalost je tak přidanou hodnotou. Pokud se v krátkosti zamyslím nad samotným původem zmíněných alternativních biokompozitů, jejich zpracování se ve většině jeví jako energeticky náročné, důvodem je využití technologie lisování za tepla. Mogu Floor a Solidwool obsahují pryskyřici na vodní bázi, ale její přesný původ není definován. Diskutabilní může být také efektivnost kombinace polymerů a dřeva. Proces formování mykokompozitu může být z hlediska zpracování a vstupních surovin vnímán jako ekologicky bezproblémový. Vždyť hlavní podmínkou výběru surovin je, aby poskytovaly dobrou výživou pro zvolený druh houby. U mykokompozitů tak lze jako výrazný benefit vyzdvihnout pozitivní princip cirkulární ekonomiky v podobě využití odpadních materiálů.



Obr. 78: Mogu, akustické panely



Obr. 79: Sebastian Cox, MYCELIUM+TIMBER

3.VÝSTUP ANALÝZY A FORMULACE VIZE

Cílem projektu je na základě důkladné analýzy materiálu, kompozitu mycelia (mykokompozitu), nalézt jeho vhodné užití v interiérovém designu. V rámci analytické části jsem využívala principy metody Material Driven Design, která mi umožnila materiál pochopit. Nasměrovala mě k procesu praktického navrhování produktu, ve kterém je základním prvkem materiál. Najít smysluplné využití mykokompozitního materiálu nebylo jednoduché. Vyžadovalo kritické pochopení toho, co materiál nabízí s ohledem na formu, funkci, celkový vjemový zážitek a vzhled. Metoda Material Driven Design mi při zkoumání technických a zážitkových vlastností materiálu poskytla strukturu, která mě vedla k uvědomění a formulaci vlastní vize. Pomohla mi vlastnosti materiálu tvůrčím způsobem propojit. Přemýšlení o úzkém propojení materiálu a formy výrobku považuji za základní princip designu, zejména pokud chceme změnit současné systémy výroby a spotřeby a provést ekologické změny. V roli designéra je mým posláním přijmout to, co materiál nabízí a pochopit i jeho nedostatky. V případě mykokompozitu jde zejména o jistou nepředvídatelnost, která se odvíjí od organické podstaty mykokompozitů. Zároveň je mým cílem maximálně využít benefity, které souvisí s celkovým kontextem výroby a využitím výsledného produktu. Výsledný návrh zároveň ovlivňuje analýza již existujících interiérových využití a okolnosti, které vyplynuly z účasti v soutěži Reborn Design 2023.

V rámci této soutěže jsem dostala možnost navázat spolupráci se soutěžními partnery: se spolkem MYMO a stavební a developerskou společností Skanska. V kontextu soutěže, jejímž hlavním záměrem je dávat recyklovaným materiálům vyšší přidanou hodnotu a měnit je na užitečné designové produkty, se nabízela možnost propojit dvě soutěžní kategorie. Recyklovaný sádrokarton z projektu Skanska Mercury využít jako složku substrátu mykokompozitu. Tímto se mi podařilo maximálně využít principy lokální upcylace a vyzdvihnout zásadní pozitivní vlastnost mykokompozitů. Využití odpadních biologických vláken jako výchozího materiálu je důležitou příležitostí pro produkt z mykokompozitu. Právě využití místního zdroje substrátu, který by byl jinak zlikvidován, má za následek velmi nízkou energetickou a emisní stopu na počátku životního cyklu produktu. Zároveň může princip upcylace snížit výrobní cenu.

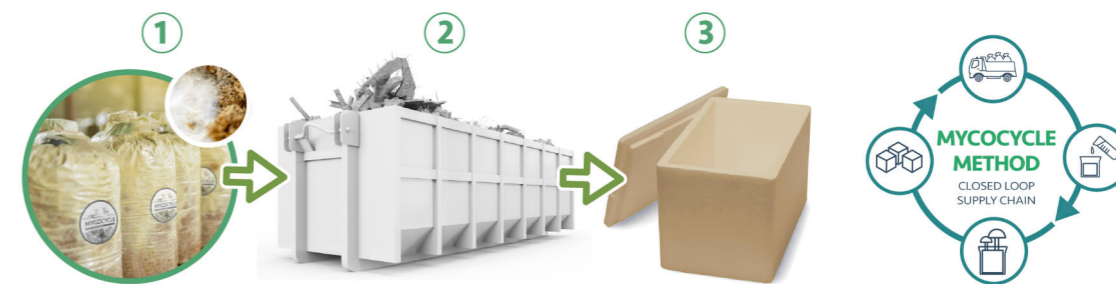


Obr. 80-81: Recyklovaný sádrokarton z projektu Skanska Mercury

3.1 Cirkulární ekonomika

Vzhledem ke spolupráci se Skanska se můj výsledný návrh začal formovat více specifickým směrem a moji prvotní myšlenku, kterou byl zájem o akustické vlastnosti mykokompozitů, usměrnil. Projekt Skanska Mercury je prvním administrativním projektem v ČR připravovaný na principu cirkulární ekonomiky. Záměrem Skanska je na stavbu Mercury využít materiály z budovy, která na jejím místě stojí nyní. Projekt má v budoucnu nabídnout přibližně 20 000 čtverečních metrů kancelářských a retailových ploch a zároveň výrazně snížit vliv této budovy na životní prostředí. Jejich záměrem je nejen opětovně zpracovat beton, ale také sádrokarton z původní stavby. Přibližně 7,5 % vyrobeného sádrokartonu končí na skládce ještě než se objeví na stavbě. Další se znehodnotí během výstavby. Téměř třetina z 1600 milionu tun použitého sádrokartonu v Evropě končí na skládce. Cílem Skanska je, aby na skládce skončilo pouze 5 procent veškerého stavebního odpadu.[40]

Využití sádrokartonu jako vhodné složky substrátu mykokompozitů je slibným a ověřeným principem. V souvislosti se substráty jsem již zmiňovala například cirkulární projekt Biocycler od Clevelandského Redhouse Studio. Další podobný projekt, jehož principem je znovuvyužití stavebního materiálu v mykokompozitu, je od společnosti Mycocycle. Patentovaný proces společnosti Mycocycle využívající mycelium podporuje uzavřený dodavatelský řetězec a přeměňuje uhlíkový odpad na využitelný vedlejší produkt. Toto nákladově efektivní řešení dodavatelského řetězce mění stavební a demoliční odpad, který by byl jinak spálen nebo uložen na skládkách, na univerzální materiál (mykokompozit). Tento materiál je dostatečně odolný, aby nahradil výrobky na bázi ropy, jako jsou plasty, a zároveň je dobře tvarovatelný a odolný proti ohni a vodě.[7] Mycocycle spolupracuje od roku 2022 se společností META, která začala aktivně řešit problémy s nevyužitým sádrokartonem v souvislosti s realizací datových center. Na projektu v datovém centru v Gallatinu v TN aplikují myšlenku: vycvičit houby, aby se živily odpadem a přeměnily zbytky sádrokartonu na plně cirkulární produkt, který snižuje množství odpadu a vrací sádrokarton do budov jejich datových center jako nově vyrobené stavební výrobky. Cirkulace materiálů a nulový odpad je v souladu s jejich cílem dosáhnout v roce 2030 v celém hodnotovém řetězci společnosti META nulové emise.[7] Stejný princip je aplikovatelný na projekt Skanska Mercury. Recyklaci sádrokartonu se v Čechách aktivně věnuje spolek MYMO, který nám v rámci soutěže poskytl naočkovaný substrát se složkou sádrokartonu.



Obr. 82: Patentovaný proces společnosti Mycocycle

3.2 Využití mykokompozitu v kancelářích

Myšlenku využití sádrokarton jsem konzultovala se spolkem MYMO, který již na technologii pracoval, a se společností Skanska. Na základě provedených testů s očkovaním substrátu se složkou sádrokartonu se potvrdilo, že se jedná o reálnou vizi. Na základě konzultací a prezentací Skanska jsem se rozhodla mykokompozit využít v interiérech budoucích kancelářských prostor Skanska. Znamená to tedy, že mým výstupem bude produkt umístěný zejména do veřejných prostor. S tímto cílem jsem důkladně zvažovala účel produktu. Soustředila jsem se na trvanlivost a materiálovou stálost, jsou to důležité parametry výstupu projektu. Z poznatků, které jsem načerpala v analytické části, se jako nevýhoda mykokompozitů jeví jejich křehkost a jemnost jejich povrchu. Proto se nehodí např. jako materiál na zátěžový kancelářský nábytek. Po dalším prozkoumání vlastností mykokompozitů jsem se soustředila na akustické interiérové prvky, ve kterých je nejvíce možné využít jejich materiálový potenciál.

3.2.1 Zdravé pracovní prostředí

Akustický design se soustřeďuje na funkci prostoru. Správně navržená akustika zlepšuje jeho vlastnosti a zvyšuje hodnotu prostoru pro jeho uživatele a činnosti, pro které je designován. Primární funkcí kanceláře nebo pracoviště je tvořit místo, kde se mohou setkávat a spolupracovat zaměstnanci. Prostor má být navržen tak, aby se mohli soustředit a pracovat. V případě otevřených kanceláří je potřeba, aby více typů akustických prvků mohlo koexistovat ve stejném prostoru. Zdrojem hluku a rozptýlení na pracovišti může být vše, od upovídání spolupracovníků až po hlučnou kancelářskou technologii. Hluk z dopravy nebo objektů v okolí může představovat problém. Bylo prokázáno, že hluk na pracovišti vede ke snížení produktivity, pohody a spokojenosti zaměstnanců. V průzkumu, kterého se zúčastnilo více než 350 000 zaměstnanců na 2 700 pracovištích v 69 různých zemích, bylo zjištěno, že 75 % zaměstnanců považuje úroveň hluku za důležitou vlastnost efektivního pracoviště. Pouze 30 % z nich uvedlo, že je s úrovní hluku na pracovišti spokojeno. V jiné studii 75 % zaměstnanců uvedlo, že po snížení rušivých vlivů se jejich produktivita práce zvýšila, 57 % pocítilo zvýšenou motivaci a 49 % uvedlo, že se v práci cítí spokojeněji.[4] Hlavními předpoklady zdravého pracovního prostředí jsou:

- Snížení rušivých vlivů hluku a podpora srozumitelnosti řeči v různých oblastech pracoviště.[4]
- Snížení ozvěny na pracovištích a ve společenských prostorách.[4]

Těchto efektů je možné docílit přidáním měkkých a zvuk pohlcujících materiálů, jako jsou koberce, látkové závěsy, korkové desky a stropní a nástěnné akustické panely.[4]

4.PROCES NAVRHOVÁNÍ

4.1 Shrnutí zásadních poznatků o mykokompozitech

Požární odolnost: Různé studie prokázaly, že mykokompozity mají dobrou požární odolnost a nepotřebují žádné protipožární úpravy.[31]

Akustické vlastnosti: Mykokompozity mají díky své struktuře absorpční akustické vlastnosti. Porézní materiál mycelia přeměňuje zvukové vlny na mikropohyb a teplo, které jsou následně absorbovány vláknitým materiálem.

Nízké náklady a úsporný energetický proces: Vzhledem k tomu, že pracujeme s organismem, který roste sám v podmínkách, které mu poskytneme, je výroba mykokompozitu způsobem, jak využít přírodní energii a pracovat s omezenými zdroji. Jako přírodní materiál rostoucí bez umělé energie může být udržitelný během celého životního cyklu.

Představují novou estetiku: Sociální a ekologický design otevírá dveře inovacím. U mykokompozitů vidíme možnost rozvoje nové estetiky, která by mohla zvýšit povědomí o přírodě a škále jejich možností. Jedná se o nový způsob využití přírodních zdrojů.

Cirkulární ekonomika: Při výrobě mykokompozitů dáváme nevyužitému odpadu novou funkci, chováme se tedy zodpovědně k životnímu prostředí.

Díky mykokompozitům můžeme navrhnout **funkční, krásné a smysluplné produkty** s udržitelným životním cyklem. Napomáhají přiblížit přírodu lidem a naplnit vize interiérového designu, které zahrnují radikální charakter přírody. Umožňují, aby lidé navázali upřímnější vztah s okolním přírodním prostředím.

Volba substrátu: Zásadní vliv na vlastnosti mykokompozitů má volba substrátu, jehož složení lze modifikovat dle požadavků výsledného produktu a požadavků druhu houby.

Cílová uživatelská skupina: Vzhledem k novosti materiálu je vhodné navrhnout produkt do veřejných prostor. Společnost si tak na materiál přirozeně zvykne a přijme novou estetiku. Dle uživatelského výzkumu kompozit mycelia zatím není natolik přesvědčivý, aby produkty směřovaly pouze na soukromé účely.

Interakce s materiálem: Uživatelský výzkum prokázal, že se ve společnosti z hlediska taktility vyskytují dvě protichůdné reakce. Lidé mají tendenci raději se mykokompozitu nedotýkat, anebo jejich povrch hodnotili velice kladně. I z toho důvodu bude vhodné produkt směřovat k účelu a formě, ve které by interakce byla dobrovolná.

Průzkum trhu: Dle průzkumu výrobků na trhu se zdá být nejvíce slibným využití mykokompozitu jako materiálu pro stínidla a akustické panely.

Porovnání s biokompozity: Na trhu jsem nenalezla materiál s podobným charakterem, srovnání je obtížné, mykokompozit má ojedinělý organický původ.

Limity materiálu: Při navrhování produktu z mycelia do veřejných prostor bude zásadní brát v potaz jeho křehkost a zvážit jeho povrchové úpravy.

4.2 Návrh akustických panelů z mykokompozitu

Propojení všech dosavadních poznatků mě přivedlo k návrhu akustických panelů z mykokompozitního materiálu do kancelářských prostor. Problematika, na kterou se mohu zaměřit, je volba substrátu a fakt, že ve srovnání s běžnými syntetickými akustickými výrobky se očekává, že akustické panely z mykokompozitu budou křehčí, protože je materiál méně pružný a pravděpodobně budou rychleji degradovat kvůli přírodním složkám kompozitu – lignocelulóзовým vláknům a mycelia. Je tedy potřeba věnovat větší pozornost požadované délce používání výrobku. Jistou dočasností lze vyvážit tím, že se během návrhu zaměřím na návrh dostatečně rozebíratelného akustického panelu, jehož hlavní část z mykokompozitu bude možné kompostovat. Například komponenty, které umožní zavěšení panelů, by se měly dát oddělit. Drsný povrch mykokompozitů by mohl zachycovat více prachu a hůře se čistit. Je tedy vhodné zvolit materiál se spíše hladším a dobře prorostlým povrchem, který bude mít mimo jiné lepší vodoodpudivé vlastnosti. Čištění, údržba nebo opravy prodlužují životnost výrobku, ale je důležité zajistit, aby jejich nutnost byla omezena na minimum. Výhodou při opravách může být to, že lze materiál opravit opětovným srůstáním. Například při prasknutí lze aplikovat substrát s živým myceliem a úlomky nechat srůst.[31] Výhodou akustických panelů je možnost vlastní konfigurace substrátu a druhu houby. Vzhledem k tématu a časové kapacitě, kterou jsem mohla věnovat této diplomové práci, mohu dát budoucím výrobcům pouze doporučení. Pro komerční využití materiálu vidím také nutnost zaměřit se na důkladné testování a akustické měření různých směsí substrátu.

4.2.1 Biophilic design

Hnutí Biophilic design je koncept používaný ve stavebnictví a interiérovém designu, který podporuje propojení obyvatel s přírodním prostředím prostřednictvím využití přírodních interiérových prvků a porozumění specifických podmínek daného prostoru a místa. Biophilic design přesahuje rámec estetiky a přináší skutečné výhody podložené vědeckými poznatky.[9] Principy tohoto hnutí jsou mi blízké a zároveň jsou aktuálním trendem, který napomáhá vytvářet zdravé pracovní prostředí v kancelářích. Při návrhu akustických panelů jsem se principy tohoto hnutí inspirovala.

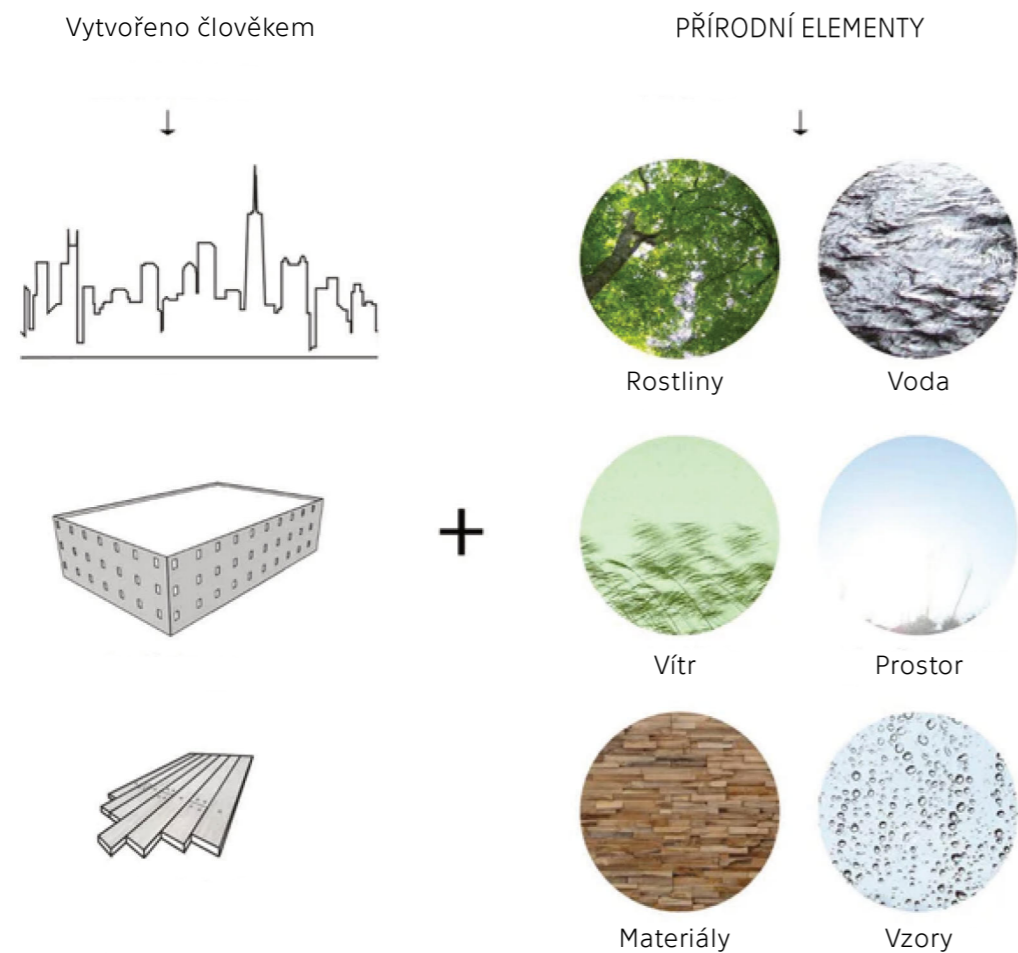
Charakteristickým heslem hnutí Biophilic design je: „V naší DNA je zakódováno, že k tomu, abychom prospívali, potřebujeme pobyt v přírodě. Bring the outside in!“[9] Začlenění odkazů na přírodu (přírodní analogy), jako jsou přírodní materiály, vzory, textury nebo barvy, které napodobují přírodu, nám mohou zlepšit náladu a mít pozitivní fyziologický účinek – např. snížit krevní tlak a zvýšit pocit pohodlí.[36]

Základní principy interiérového Biophilic designu, které mají pozitivní vliv na snižování stresu, kognitivní výkonnost, podporu kladných emocí, zlepšení nálady a zdraví lidského organismu jsou:[9]

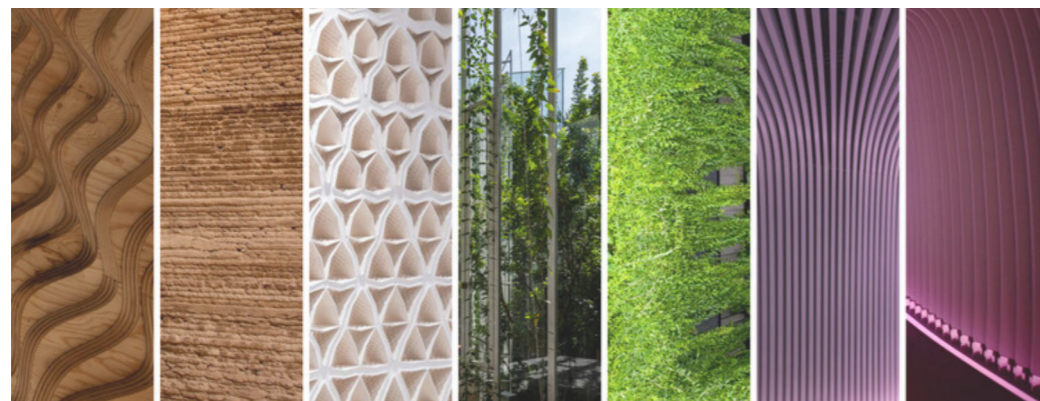
- Přímá příroda v prostoru – Integrace rostlin a vody.
- Přírodní analogy – Volba materiálů a vzorů, které evokují přírodu.
- Přírodní uspořádání prostoru – Navrhování prostorových konfigurací poskytujících hloubku, otevřenost a útočiště.
- MATERIÁLY – Používání přírodních, minimálně zpracovaných, netoxických, ekologicky obnovitelných materiálů, které pochází z lokálních zdrojů v místě stavby.
- KOMFORT – Vytvoření tichých zón, snížení akustického rušení.
- BIOMORFNÍ FORMY A VZORY – Lidé vizuálně preferují organické nebo biomorfní formy – obrysy, vzory, textury, které nalezneme v přírodě.
- SLOŽITOST A ŘÁD – Příroda má své vlastní vzory a prostorovou hierarchii, známé jako fraktální geometrie. Biophilic design se pokouší tyto bohaté smyslové informace replikovat v rámci vzorů využitých např. v designu tapet, kobereců, anebo ve využití exponovaných mechanických systémů a konstrukčních exoskeletů.

Výběr barev v interiéru dle teorie ekologické valence. Tato teorie vysvětluje naše barevné preference a reakce na ně v kontextu přírody.[13]

- Modrá: jasná obloha nebo čistá voda – uklidňující a relaxační.
- Zelená: zdravá vegetace – uklidňující a regenerační
- Žlutá: teplo a sluneční svit – veselá a přívětivá
- Červená: zdravé zralé ovoce – energizující a vzrušující



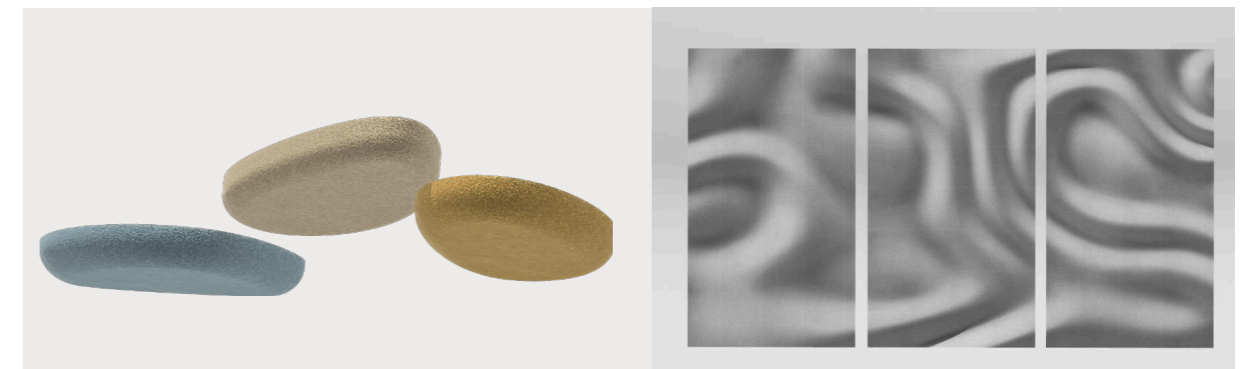
Přírodní vzory



Obr. 83: Principy Biophilic design

4.2.2 Forma akustických panelů

Výsledným návrhem interiérových akustických panelů z mykokompozitu jsou: třídílný akustický obraz a tři tvarové varianty závěsných stropních akustických panelů. Návrh dvou druhů akustických panelů umožní výběr dle specifických požadavků prostoru, případně využití kombinace obou typů. Akustiku otevřených kanceláří lze zlepšit především absorpčními akustickými prvky. Difuzní prvky mají menší význam, ale mohou hrát větší roli v konferenčních místnostech. Nástěnné panely a stropní závěsné panely jsou nejběžnějšími typologiemi výrobků pro absorpci zvuku v interiéru. Většinu výrobků na trhu představují levné a jednoduché pohledové panely. Nástěnné panely bývají tvarově výraznější a často využívají princip modulárnosti.



Obr. 84-85: Závěsné akustické panely, akustický obraz

4.2.3 Složení mykokompozitu

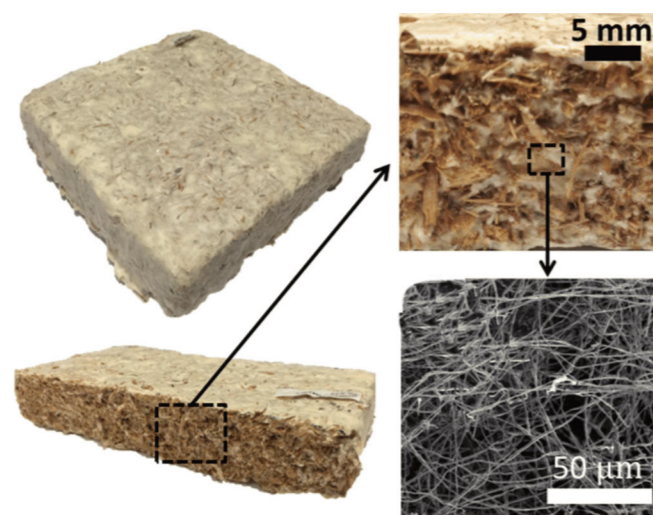
Složení mykokompozitu je třeba řádně otestovat. Pokud budou panely pro budovu Mercury vyráběny s maximálním využitím lokálních zdrojů, pak bude pro optimální akustickou funkčnost zásadní nalézt správný poměr obsahu sádkartonu a jiných lignocelulózových složek. Nutné je také zvážit nejvhodnější druh houby, která zabezpečí kvalitní homogenní strukturu mykokompozitu. Na základě existujících studií a konzultací jsem jako designér schopna formulovat základní doporučení a fakta vyplývající z nalezených výzkumů. Měření lze následně provést v interferometru v laboratoři ČVUT. Mykokompozity se stále vyvíjejí. Jejich akustické vlastnosti mohou být vylepšeny, obecně lze říci, že je obtížné mykokompozitní akustické panely srovnávat s konvenčními výrobky.

- Mykokompozity mohou být dobrým akustickým absorberem, ale při jejich výrobě je třeba věnovat pozornost všem okolním vlivům růstového prostředí a jejich složení. Vše se vzájemně ovlivňuje.
- Mimořádně vysokou zvukovou absorpci měly mykokompozity z konopných pazdeří při frekvenci kolem 630Hz, zvláště při frekvenci 2000Hz (měřeno metodou impedanční trubice akustické pohltivosti).[11]

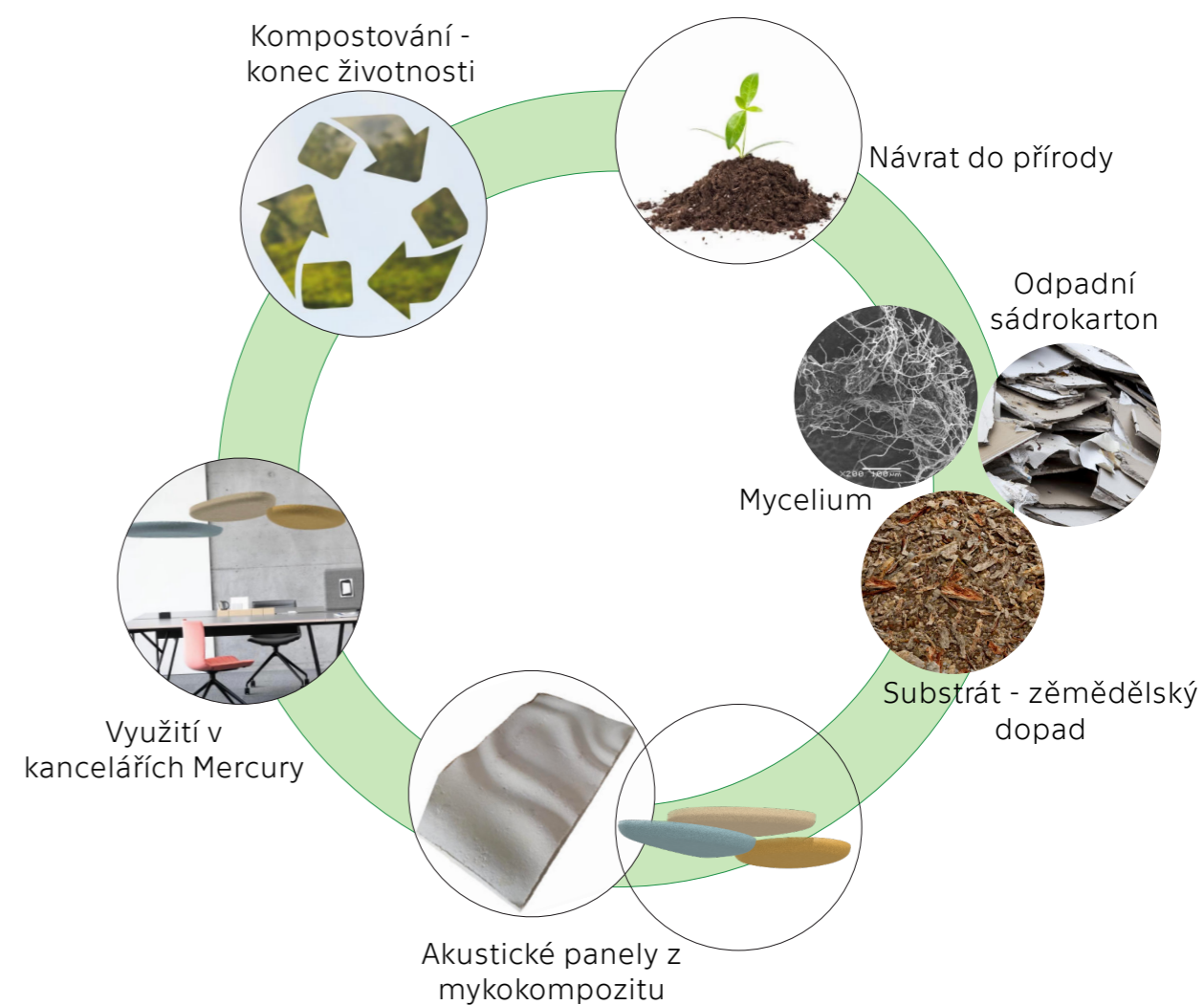
- Vliv houbové kůže na mykocompozity z konopných pazdeří: vrstva významně zlepšuje absorpční hodnoty při nízkých frekvencích a mírně snižují absorpční hodnoty při vyšších frekvencích.[11]
- Hustota mykokompozitu a její vliv na absorpční vlastnosti se nedá jednoznačně definovat. V tomto ohledu má větší vliv složení substrátu než druh houby. Zvýšení hustoty by pravděpodobně mohlo zlepšit absorpci, ale jen ve specifickém rozmezí. Úvaha na základě dostupných studií.
- Je důležité najít dobrou rovnováhu mezi akustickými, mechanickými a dalšími vlastnostmi.
- Dle testů firmy Mogu mohou být vhodnou složkou substrátu vlákna z textilního odpadu.
- Je vhodné využít ověřené, dobře rostoucí druhy hub: Ganoderma a Hlíva ústříčná
- Dle již existujících aplikací a testů spolku MYMO je sádrokarton vhodnou složkou substrátu, lze použít až 70% sádrokartonu.

4.2.4 Zpracování mykokompozitu

Interiérové akustické panely z mycelia jsou standardně vyráběny technologií formování do požadovaného tvaru a následného sušení – tak vytvoříme tzv. pěnový mykokompozit. Hlavní využití panelů z pěnového mykokompozitu spočívá ve snížení doby dozvuku a zlepšení srozumitelnosti. Zvukové vlny, které by se od prázdné plochy odrazily, jsou zachyceny (absorbovány) a tím se eliminují nepříjemné zvuky v místnosti. Absorpce zvukových vln je zajištěna porézní pěnovitou strukturou.[4] Mykokompozit s vyšší hustotou je vhodné použít jako zvukové difuzory nebo jako kombinaci absorpce a difúze. Ty mohou snížit ozvěnu a také zlepšit srozumitelnost, například v konferenční místnosti.



Obr. 86: Mykokompozit v různých měřítkách, porézní pěnovitá struktura



Obr. 87: Výrobní proces, životní cyklus akustických panelů

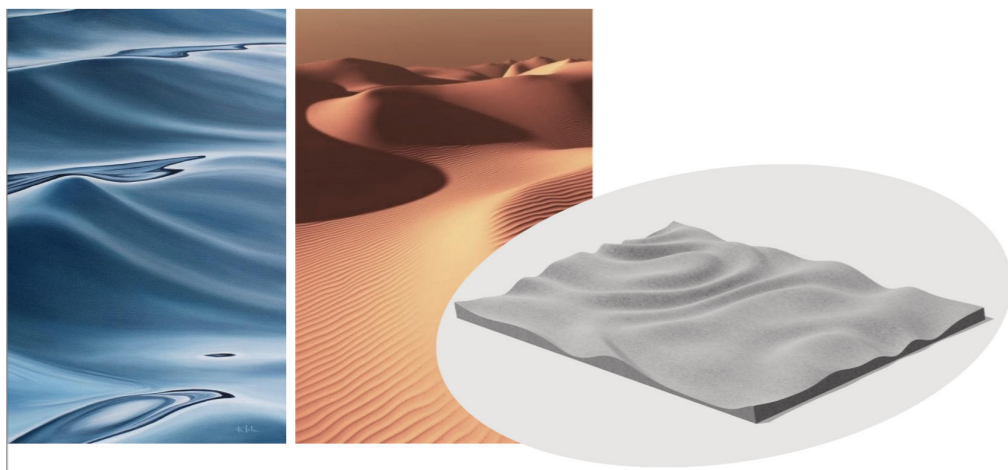
5.PROTOTYPOVÁNÍ A TESTOVÁNÍ

5.1 Akustický obraz WAVY

Akustický obraz se skládá ze tří organicky tvarovaných panelů. Mají přírodní povrch příznávající mycelium v podobě sametové houbové kůže. Plně viditelná struktura mycelia předvádí nový stavební materiál a začleňuje do prostoru novou estetiku. Absorpční funkce porézního materiálu je podpořena zvlněným tvaroslovím vycházejícím z přírodních jevů, zčešené vodní hladiny a písčiny dun. Díky zvlněnému tvarosloví je odraz zvuku složitější a tím panel nabývá vyšší účinnosti. Zvlněná plocha optimalizuje zachycení vyšších frekvencí zvuku. Tvar reliéfu zároveň vychází z principů Biophilic design.

Složitost a řád, dva pojmy, které se na první pohled mohou zdát protichůdné, ale ve své podstatě jsou zcela harmonické. Akustické obrazy vytváří svým zvlněným tvarem přitažlivost organizovaného chaosu v přírodě. Jejich biomorfni forma napodobuje volně fluidní příliv a odliv vody nebo dynamicky tvarované písčiny dun tvořící mírně a protisměrně ukloněné vrstvy. Produkt pomáhá dotvářet nejen zdravé pracovní prostředí kanceláří, hodí se také do soukromých a jiných veřejných prostor jako jsou restaurace, salóanky a lounge.

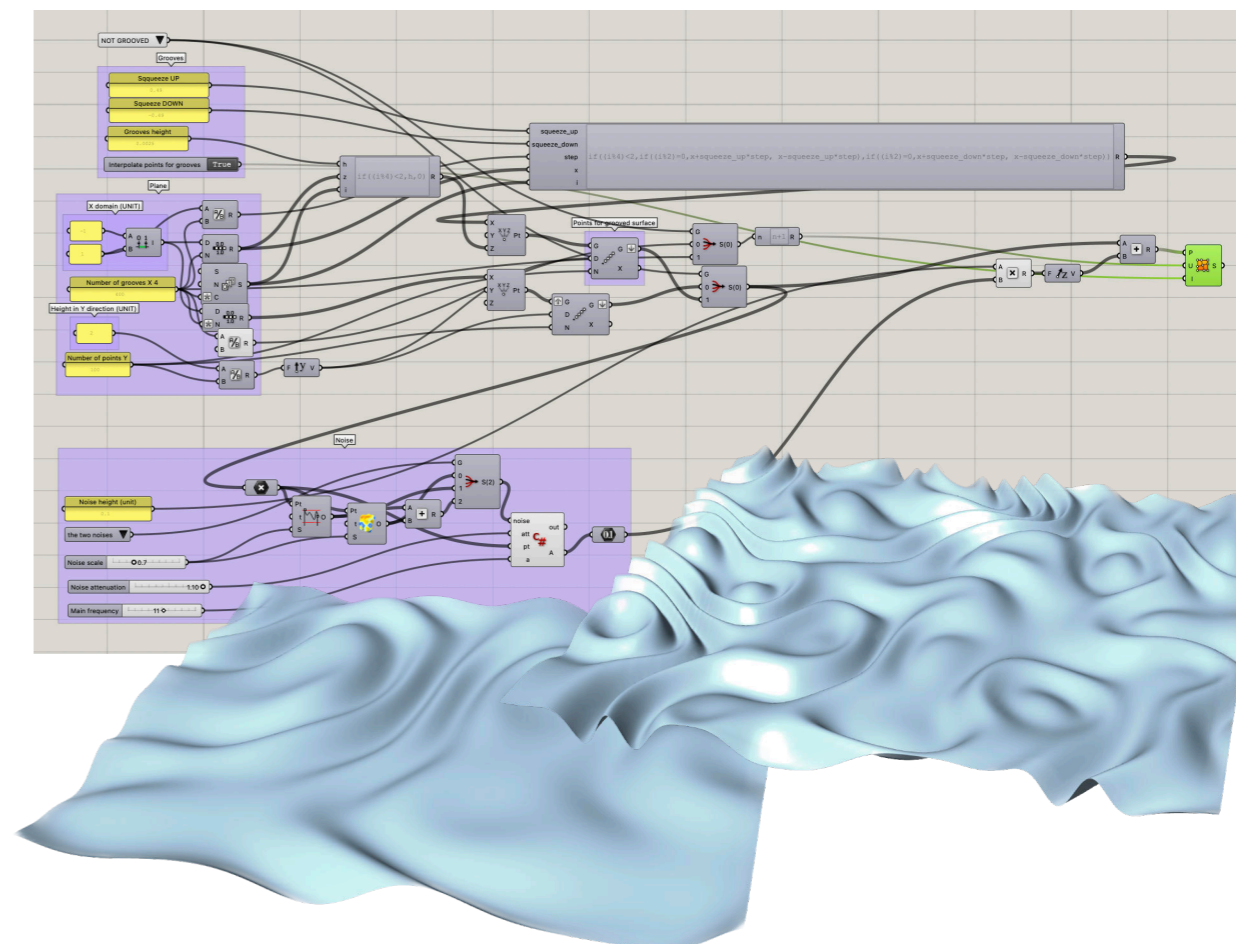
Akustický obraz z mykokompozitu, přírodního inovativního materiálu, inspirovaný přírodou, poskytuje svou akustickou funkcí a ojedinělou estetiku snadnější soustředění a navozuje pohodu v prostoru. Pomáhá obnovit duševní energii, potlačuje vyčerpání a zvyšuje kreativitu všem v jeho blízkosti. Tři akustické obrazy jsou skvělou udržitelnou alternativou k akustickým obkladům. Díky ojedinělé estetice ani nepoznáte, že se jedná o akustický absorbér. Skvěle se hodí do velkých prostor s prázdnými stěnami, nejlépe když jsou pověšeny kompletně všechny tři panely s malými mezerami mezi sebou. Nejenže se tak podpoří jejich akustická funkčnost, ale zároveň budou vytvářet kompletní spojitý a přesto rozdělený celek, vytvářející volně navazující dynamickou vlnu. Alternativně je lze umístit i samostatně nebo po dvou. Pokud je záměrem umístění více stejných prvků v prostoru, díky jejich organické formě je lze otáčet a vytvořit tak dynamičtější organizovaný chaos.



Obr. 88: Tvarová inspirace

5.1.1 Hledání tvaru

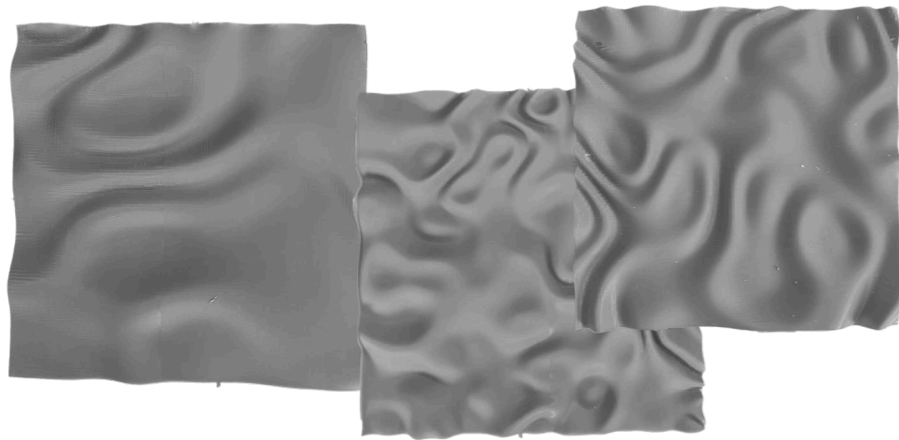
K modelaci zvlněného reliéfu akustického obrazu jsem využívala program Grasshopper a Rhino 3D. Inspirovaly mě přírodní jevy vytvářející vlnu – zvlněná vodní hladina, písčiny dun, vjemově příjemné kontemplativní tvary vycházející z principů Biophilic design. Pomocí algoritmu Perlin noise, který se v počítačové grafice používá k napodobování přírodních jevů a generování komplexních náhodných textur, jsem v prostředí programu Grasshopper vytvářela různé varianty zvlněných povrchů. Vzniklé reliéfní plochy jsem následně upravila do požadovaného měřítka a zvolila nejvhodnější variantu. Ve výsledném návrhu jsem zvolila variantu algoritmu – fraktální šum, který umožňuje větší složitost prostorových tvarů a vytváří vizuálně přitažlivější výsledky. Fraktální šum se konstruuje součtem několika úrovní šumové funkce (oktávy).



Obr. 89: Modelace v programu Grasshopper

5.1.2 Testování organických tvarů a prorostlého povrchu

Před výrobou finálních forem ve velikosti skutečného měřítka jsem na 3D tiskárně vytiskla malé dlaždičky formátu 200x200 mm. Záměrem bylo otestovat, jak esteticky působí organické tvarování reliéfu z mykokompozitu. Také jsem se zaměřila na to, jak docílit co nejlepšího vzhledu sametové houbové kůže, kterou vytváří lesklokorka.



Obr. 90-91: Testování forem z 3D tisku



Obr. 92-93: Změna barevnosti vlivem stárnutí mycelia lesklokorky

5.1.3 Výroba forem a obrazů

Vzhledem k většímu měřítku 450x800 mm jsem zvolila technologii CNC obrábění. Reliéfy jsou z materiálu Medium-Density Fibreboard (MDF), z důvodů větší hloubky reliéfu bylo nutné slepit dvě standardní desky na sebe. Formám jsem následně provedla povrchovou úpravu, která zabezpečila voděodolnost a snadnou odnímatelnost výsledného mykokompozitního akustického obrazu. Formy z MDF lze upravit na vakuování, které by mohlo být využito při výrobě forem na komerční prodej.

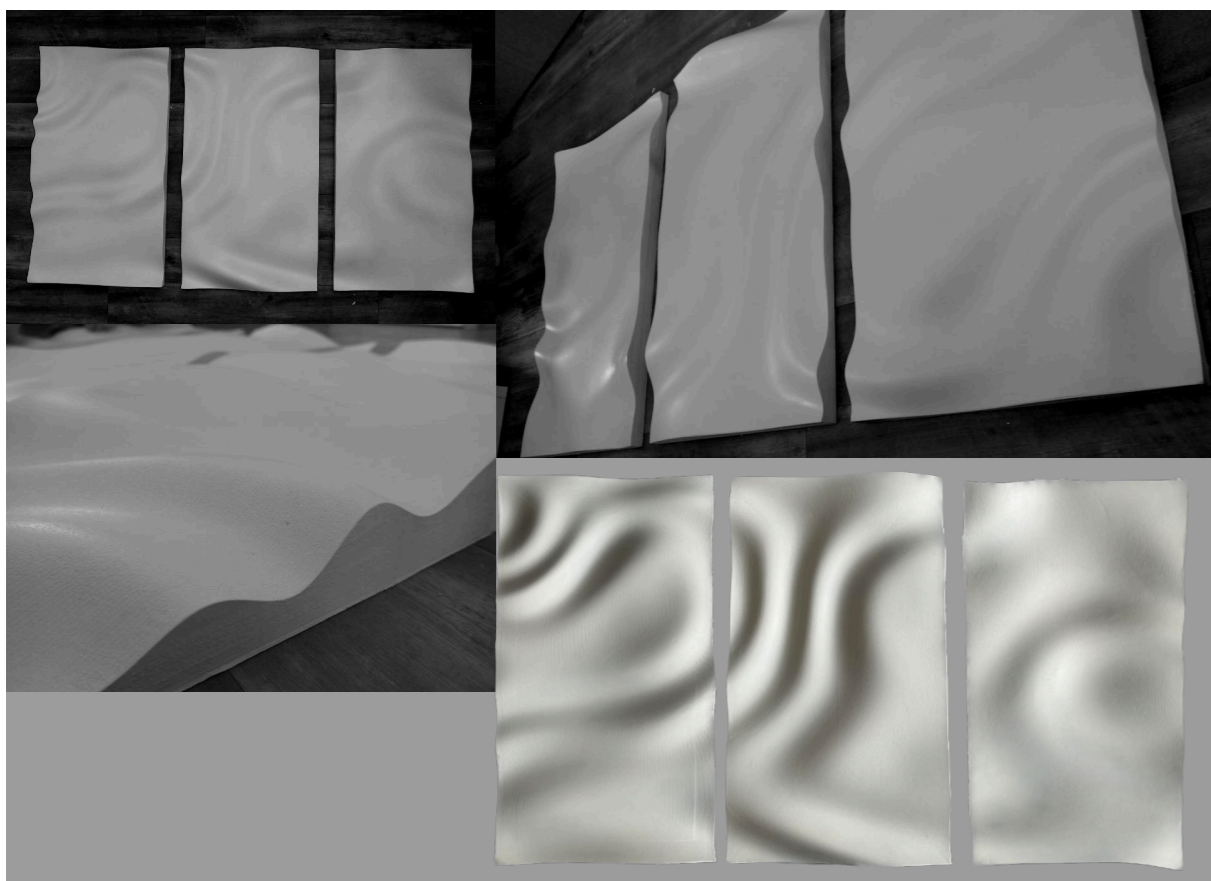
Nátěry forem:

- Bakakryl základ – základní barva na dřevo MAT, bílá barva
- Lak ve spreji Dupli-color - Color Spray, wheather resistant
- Silikonový sprej

Vzhledem k měřítku mi s růstem panelů pomáhali odborníci ve firmě Mykilio, kteří disponují profesionální technologií.



Obr. 94: Výroba forem technologií CNC z MDF



Obr. 95: Formy s nátěrem



Obr. 96: Výroba akustického obrazu v Mykilio

5.1.4 Konstrukce, zavěšení

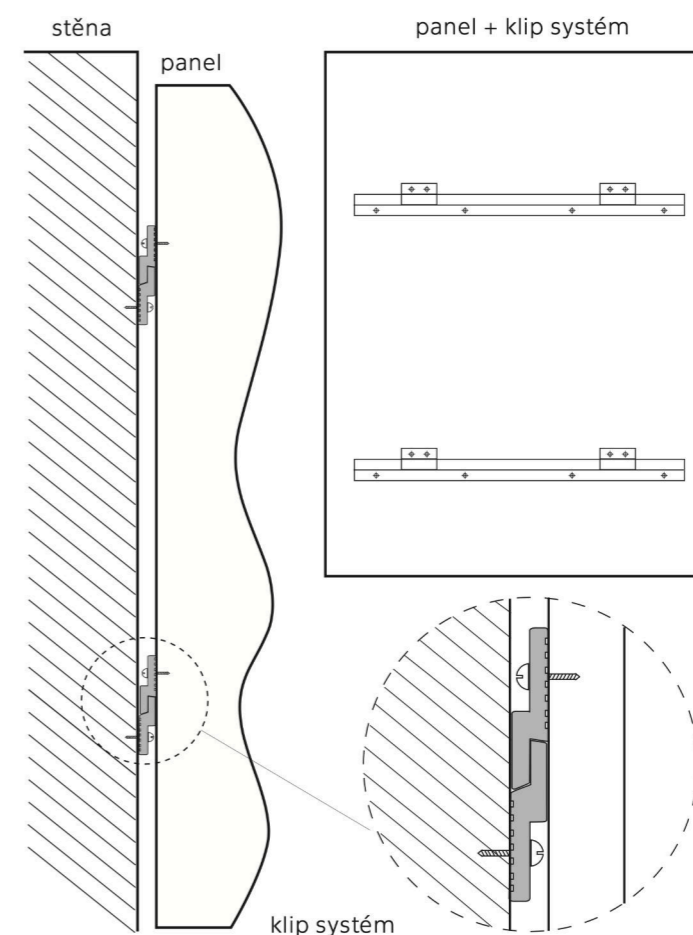
Vyrobený prototyp z mykokompozitu jsem nechala bez dodatečné konstrukce (výztuže nebo desky). Jednou z alternativ, která by mohla mít vliv na jeho akustickou funkčnost, by bylo přidání zadní desky, například ze dřeva. Ta by poskytla lepší dodatečnou tuhost, například pokud by byl dále akustický obraz během distribuce převážen a zjednodušil by manipulaci během instalace. Také by zajišťovala odolné spojení se stěnou a umožnila by jednodušší montáž s odsazením od stěny. Odsazení od stěny ve standardní vzdálenosti 20-50 mm může zlepšit akustické vlastnosti.

- **Instalace pomocí šroubů** – fixační systém se Z-klipy

Pro jednoduché mechanické upevnění lze zvolit snadné a komerčně dostupné řešení – Z-klipy (Z-clips). Tento systém se skládá ze dvou částí: lišty, která se připevňuje přímo na stěnu a komponentů, které jsou již aplikovány na panelech. Každý akustický panel o velikosti 800x450 má pomocí šroubů připevněny z-klipy v různých polohách.

- **Instalace pomocí lepidla** - například Pattex „No More Nails“ / Silacoll 100 pro ohnivzdorné aplikace.

V případě lepení je nutné zvážit povrch, na který budou akustické obrazy umístěny.



Obr. 97: Schéma klip systému

5.2 Závěsné stropní akustické panely PEBBLY

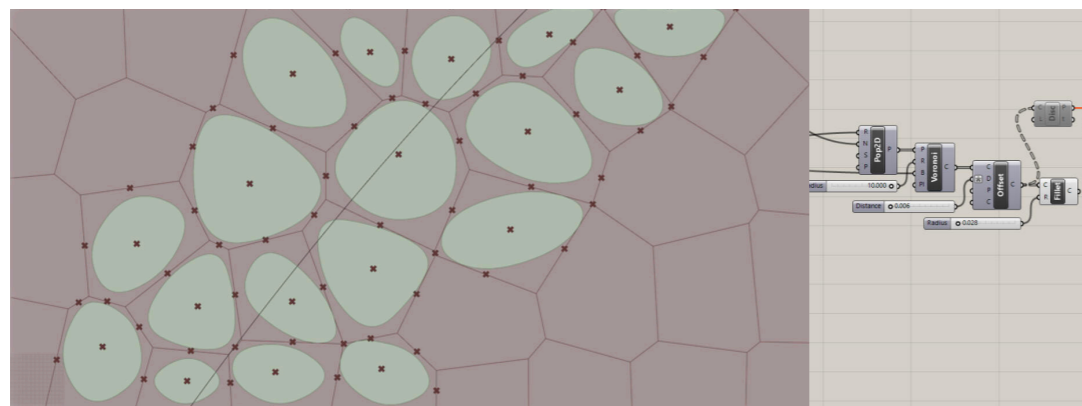
Stropní mykokompozitní absorbéry PEBBLY se skládají ze tří rozdílných tvarů, samostatných oblých závěsných prvků, které lze na základě požadavků různě kombinovat. V prostoru je jich možné nainstalovat libovolné množství. Oblé tvary inspirované přírodní geometrií se ve vzduchu vznášejí jako měkké obláčky. Tvarosloví vychází z omlutých oblázků ze břehu jezera. Akustické panely Pebbly jsou zbarvené ekologickými barvami s přírodními pigmenty, přičemž struktura mycelia zůstává přiznaná. Lze vybírat z jemných pastelových odstínů.



Obr. 98: Tvarová inspirace

5.2.1 Hledání tvaru

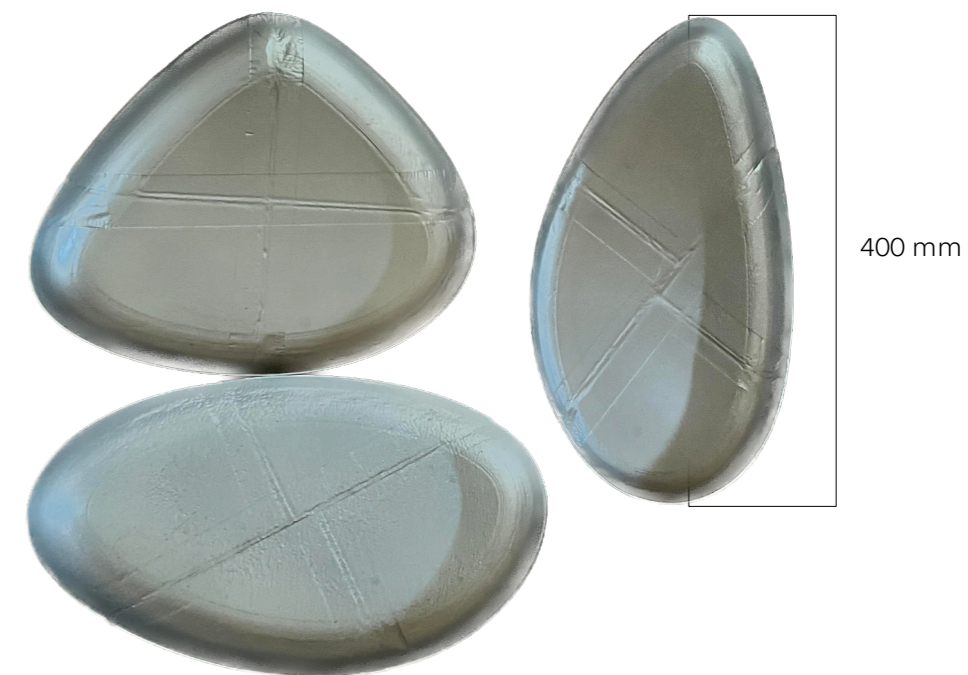
Oblé tvary připomínající omluté oblázky vycházejí z parametrické 2D struktury Voronoi diagramu. Voronoiovy diagramy jsou spontánním vzorem vyskytujícím se v přírodě, zejména u struktur s rovnoměrnou rychlostí růstu z jednotlivých bodů. Strukturu 2D voronoi jsem skriptovala v programu Grasshopper, ze které jsem následně vybrala tři esteticky vhodné tvary.



Obr. 99: Modelace v programu Grasshopper

5.2.2 Výroba forem a panelů

Závěsné panely Pebbly jsem pěstovala v domácích podmínkách. Z tohoto důvodu jsem výsledný prototyp vytvořila ve zmenšeném měřítku. Každá z forem vyrobených 3D tiskem je rozdělena na čtyři části, které jsem následně lepila k sobě a nerovný povrch jsem zalila silikonem.



Obr. 100: Formy z 3D tisku

TESTOVÁNÍ PROROSTLÉHO POVRCHU

Ze znalostí načerpaných během experimentů jsem zvolila dobře prorostlý povrch, který je odolnější.



Obr. 101: Testování prorostlého povrchu, délka inkubace – cílem je zajistit dostatečnou odolnost

TESTOVÁNÍ SÁDROKARTONU

Substrát z organických zbytků ze zemědělského odpadu s příměsí sádrokartonu 70%



Obr. 102: Testování sádrokartonu



Obr. 103: Prorostlý panel připravený k inkubaci

Obr. 104: Poměr smrštění



Obr. 105: Výsledné modely

EKOLOGICKÉ BARVY

Na základě průzkumu a testování jsem zvolila ekologické barvy na bázi mléčného kaseinu. Jedná se o ručně vyráběné barvy v Čechách od společnosti Mlékovky. Složení mléčných barev je z čistě přírodních surovin bez použití chemie. Skládají se z mléčné bílkoviny kaseinu, vápna, jílu, křídly a přírodních pigmentů. Splňují tedy podstatu biodegradabilního produktu.



Obr. 106: Nabarvené panely

5.2.3 Konstrukce, zavěšení

Díky třem závěsným bodům panely umožňují tvořit širokou škálu kompozic s designy na míru prostoru. Lze je otočit a naklonit tak, aby vytvářely rovinné, konkávní nebo konvexní konfigurace, v závislosti na estetických a akustických potřebách. Konfigurace lze díky nastavitelnému systému lanka snadno upravit. Průměr lanka z nerezové oceli je 1,5 mm. Délku lanka lze nastavit pomocí regulátoru na konci. Stropní absorbéry jsou navrženy tak, aby mohly být zavěšeny ve vrstvách nad sebou. Tohoto efektu lze dosáhnout nastavitelnou délkou lanek a uspořádáním, které zamezí vzájemnému křížení závěsného systému. Do panelů jsou zašroubována očka, do kterých se lanka připevňují. Lze využít i jiné komerčně dostupné závěsné systémy.



Obr. 107: Systém pro zavěšení panelů na strop

6.VÝSLEDNÉ NÁVRHY

6.1 Akustické panely z mykokompozitu

Mykokompozitní materiál umožňuje využít inteligenci přírody a nalézt nový přístup k designu každodenních výrobků. Pomáhá nám nalézt jemnější rovnováhu mezi tím, co vytvořil člověk a základními rytmy přírodního ekosystému. Ojedinělý výrobní proces, pěstování mycelia na organických vláknech, přináší do interiéru ojedinělou přírodní estetiku. Akustické panely z mykokompozitu dnes představují nejudržitelnější řešení pro akustický komfort.

ESTETIKA – Propojení s přírodou. Na panelech na první pohled možná ani nepoznáte, že se jedná o funkční akustický prvek. Tvoří nadčasový a příjemný prvek z ojedinělého materiálu.

FUNKČNOST – Panely fungují zejména na absorpčním principu. Zajišťují akustický komfort interiérů. Ideální akustické řešení do veřejných i soukromých prostor.

UDRŽITELNÝ ŽIVOTNÍ CYKLUS – Materiál neobsahuje zbytečné přísady ani syntetické látky, což umožňuje jeho biologický rozklad na konci životního cyklu.

PŘÍRODNÍ PŮVOD – Mycelium tvoří přírodní pojivo pro provázání jakéhokoli druhu biomasy a odpadních materiálů.

UPCYKLACE – Využitím odpadních materiálů z lokálních zdrojů produkce, které by byly jinak znehodnoceny, vytváříme hodnotný produkt a pomáháme tak snížit uhlíkovou stopu.

POŽÁRNÍ ODLONOST – Materiál je odolný vůči vysokým teplotám.

ABSOLUTNÍ ZDRAVOTNÍ NEZÁVADNOSTI – Doplněna principy Biophilic design, díky kterým panely dotváří pohodové prostředí v interiéru.

6.2 Vizualizace

AKUSTICKÝ OBRAZ WAVY – organický obraz přinášející ticho.



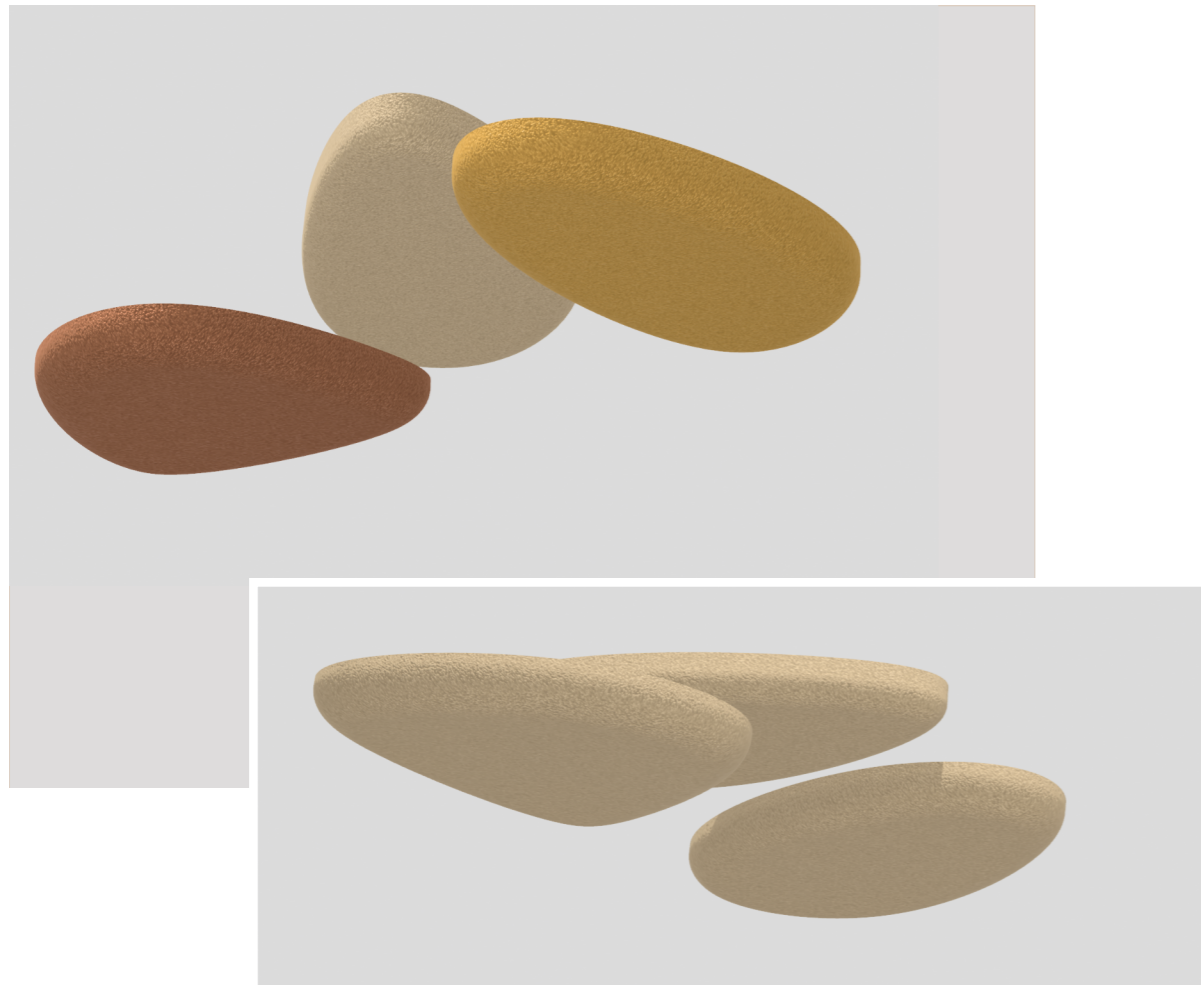
Obr. 108: AKUSTICKÝ OBRAZ WAVY

ZÁVĚSNÉ STROPNÍ AKUSTICKÉ PANELE PEBBLY – elegantní, jednoduché modulární a funkční akustické panely.



Obr. 109: ZÁVĚSNÉ STROPNÍ AKUSTICKÉ PANELE PEBBLY

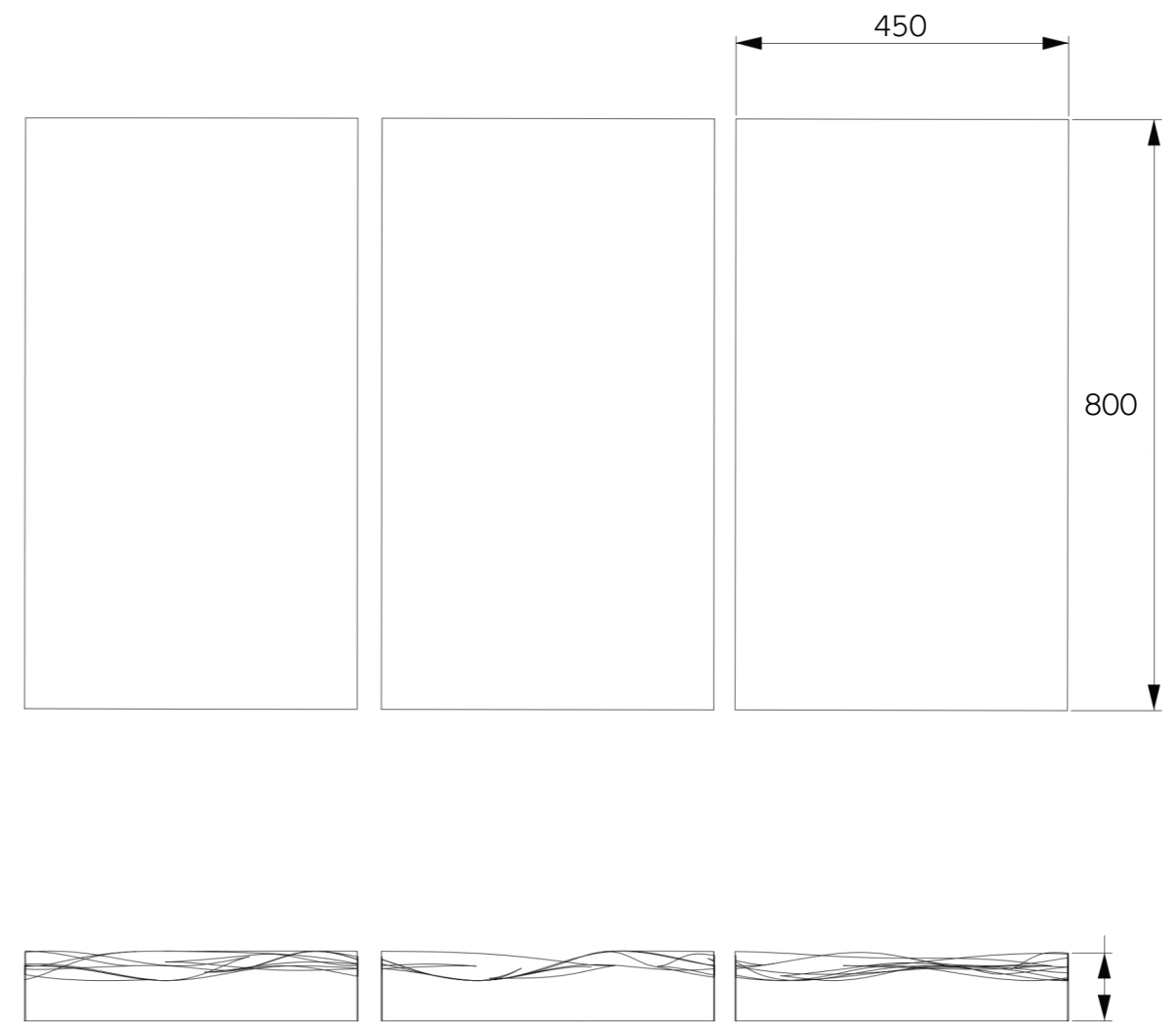
Barevné varianty



Obr. 110: Barevné varianty

7. TECHNICKÁ DOKUMENTACE

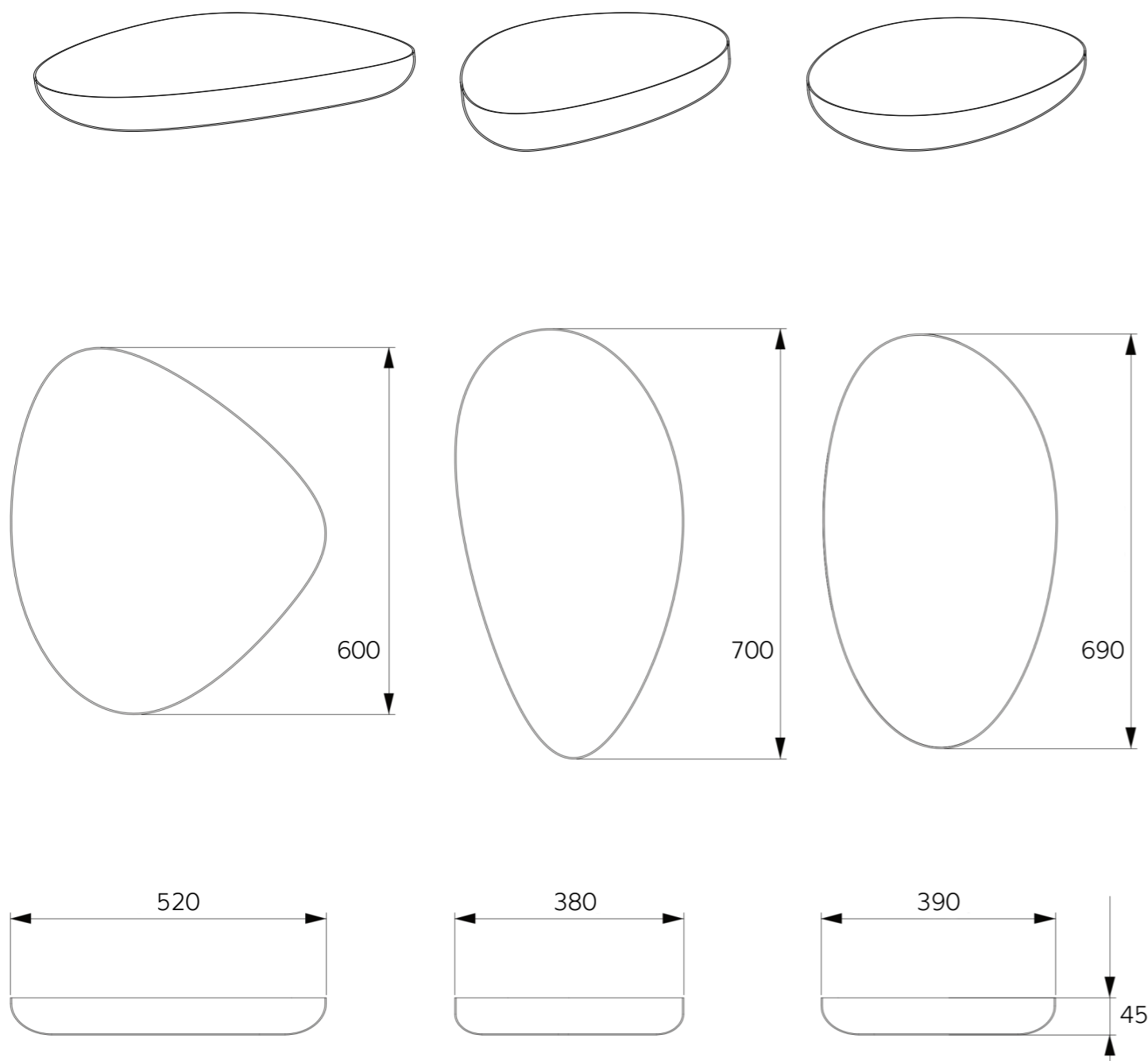
7.1 Akustický obraz WAVY



Tloušťka v nejvyšším bodě 75 mm

Rozměry v milimetrech, měřítko 1:10

7.2 Závěsné stropní akustické panely PEBBLY



Rozměry v milimetrech, měřítko 1:10

8.ZÁVĚR REFLEXE

„K původnímu estetickému nebo výtvarnému vidění a cítění se přidává například schopnost vidět, zobrazovat a popisovat složité systémy. Tím můžeme být -jako designéři -užiteční všem ostatním lidem a profesím“

Prof. Tore Gulden

Jednou z hlavních výzev 21. století je změna stávajícího ekonomického systému orientovaného na spotřebu. Měli bychom směřovat k soběstačné společnosti s šetrným přístupem k životnímu prostředí. Tato výzva výrazně souvisí s designérskou profesí. Designéři vybírají materiály a technologie, které použijí. Jejich cílem by mělo být minimalizovat spotřebu energie, emise uhlíku, produkci odpadu a zároveň snižovat výrobní náklady.

Jako designér cítím zodpovědnost a je mou povinností brát ohled na životní prostředí, domov pro další generace. S tímto tématem úzce souvisí materiálové a technologické inovace, kterých lze dosáhnout vzájemnou spoluprací multidisciplinárních oborů jako je bioinženýrství, programování, umění, architektura a další.

V rámci své diplomové práce jsem se věnovala materiálům na bázi mycelia. Jedná se o ojedinělý rostoucí materiál se schopností přeměňovat odpadní produkty na nové sloučeniny, které se vyznačují různými vlastnostmi v závislosti na druhu, živném médiu a na parametrech růstu. Díky tomu je možné vyvinout nové myceliové materiály se zvláštními vlastnostmi ve vztahu k pevnosti, pružnosti, tloušťce, homogenitě, vodoodpudivosti atd. Materiály z mycelia jsou pro design atraktivní a perspektivní, ale zejména je vnímám jako konverzační prostředek, který vede k zamyšlení nad dosavadními principy výroby a vztahy s přírodními ekosystémy. Vizionářskou schopnost přetvářet odpad v užitečné produkty jsem ukázala v hmatatelném narativu. Organická kultivace materiálů je jedno z možných řešení udržitelného rozvoje. Práce s myceliem mě navedla k uvědomění důležitosti jemné rovnováhy mezi rolí člověka, designéra a rolí přírodních nelidských činitelů v rámci dynamického přírodního ekosystému, ve kterém žijeme.

Hlavním cílem práce bylo najít vhodné užití kompozitu mycelia v interiérovém designu. Byla to výzva, s principem vytvářet design na základě studia nového materiálu jsem se ještě nesetkala. Nebylo jednoduché vymyslet strukturu metod, dle kterých bych se mohla řídit. Usměřnit proces mi výrazně pomohla až metoda Material Driven Design, překvapuje mě, že není základní součástí výuky oboru design.

Prvním krokem bylo studium literatury o materiálových vlastnostech mykokompozitu. Podařilo se mi nastudovat jeho přednosti a nedostatky, ze kterých jako vhodnou a logickou aplikaci v interiéru vyšly výrobky s akustickou absorpcí. Akustickým vlastnostem mykokompozitů jsem poté věnovala větší pozornost. Další vlastnosti, které mi vhodnost aplikace tohoto typu potvrdily jsou požární odolnost, zdravotní nezávadnost a ekologický životní a výrobní cyklus. Na studium literatury jsem navázala průzkumem současného využití a komerčně

dostupných interiérových výrobků. Samostatně jsem se zabývala akustickými panely z mykokompozitu.

Důležitou fází navrhování s myceliem bylo seznámení s výrobním procesem v podobě vlastních experimentů. Bylo pro mě zásadní seznámení s biologickým procesem růstu. Zajímalo mě, zda je možné materiály z mycelia pěstovat doma. Postupně jsem objevovala možnosti a limity, díky kterým se mi nakonec podařilo vyhodnotit a zajistit podmínky k pěstování menších prototypů v omezených podmínkách, obrazně řečeno v „kuchyni“. Zároveň jsem objevila novou vášeň a motivaci mycelium prozkoumat, zejména ve vztahu růstu v různých médiích. Pochopila jsem, jak je důležité dobré plánování a trpělivost. Musela jsem se naučit spolupracovat s organismem, houbou, která se někdy chová nevyzpytatelně. Díky vypěstovaným vzorkům jsem následně provedla uživatelský výzkum, který mi také pomohl směřovat správným směrem, zejména estetickým.

Účast v soutěži Reborn Design můj návrh pomohla více specifikovat a zároveň mi umožnila využít zásadní výhodu mykokompozitů, kterou je schopnost upcyclace odpadního materiálu z lokálního zdroje. Výsledným návrhem jsou akustické prvky do kancelářských prostor – stropní akustické panely a třídílný akustický obraz. V rámci projektu Skanska Mercury bude k jejich výrobě použit odpadní sádrokarton z předešlé budovy.

Houbové mycelium představuje budoucnost ekologických materiálů s ohromným potenciálem a myslím, že jsme teprve na začátku jeho vývoje.

„I think it is not so far fetched that one day a mushroom could grow into a chair.“

Maurizio Montalti

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] ANDREEN David, GOIDEA Ana FLOUDAS, Dimitrios. Pulp Faction: 3d printed material assemblies through microbial biotransformation [online]. ResearchGate Conference Paper, April 2020 [cit. 18.4.2023]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/340487960>

[2] APPELS F. V. W., DIJKSTERHUIS J., LUKASIEWICZ C. E. et al. Hydrophobin gene deletion and environmental growth conditions impact mechanical properties of mycelium by affecting the density of the material [online]. Sci Rep 8, March 2018 [cit. 15.4.2023]. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23171-2>

[3] APPELS F.V.W., CAMERE Serena, MONTALTI Maurizio, et al. Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites [online]. ScienceDirect, January 2019 [cit. 18.4.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127518308347>

[4] BOSNYAK Dan, MAHMOUD Dr, WAGENHAM Tine. BAUX The Book of acoustics Making people happy at work. Vulkan, 2021. ISBN-10 :918923126

[5] CERIMI K., AKKAYA K. C., POHL C., SCHMIDT B. et al. Fungi as source for new bio-based materials: a patent review. Fungal Biology and Biotechnology, 6, September 2019 [cit. 15.4.2023]. Dostupné z: <https://fungalbiolbiotech.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40694-019-0080-y>

[6] COLLINS Alisha. BIOMAKING A visual guide to explore making with Biology. Saint John: Brilliant Labs 2022. ISBN: 978-1-990839-01-6

[7] CRAFT Josh. Building with Mushrooms to Reduce Drywall Waste — or Cooking Up a New Future for Data Center Construction [online]. Meta Sustainability, April 2023 [cit. 17.5.2023]. Dostupné z: <https://sustainability.fb.com/blog/2023/04/10/building-with-mushrooms-to-reduce-drywall-waste-or-cooking-up-a-new-future-for-data-center-construction/>

[8] CRISAN-HEAVILIN, Hilary. Cleveland architect creates building materials from mycelium and debris [online]. Construction & Demolition Recycling, March 2018 [cit. 20.4.2023]. Dostupné z: <https://cdrecycler.com/news/cleveland-architect-creates-building-materials-from-mycelium-and-debris/>

[9] DEGRACE Chip. Why biophilic design matters [online]. Advertorial Interface 2018 [cit. 7.5.2023]. Dostupné z: interface.com/DrawnLines

[10] DIAS Jessica. Kick Start Your Myco-Culture ! [online]. Fabtextiles [cit. 8.4.2023]. Dostupné z: <https://www.kickstarter.com/projects/mycotech>

[11] EXPOSITO Francisco O., BREDA Avans H. Building on Mycelium: Acoustic Absorption of Mycelium Composites. Centre of Expertise Bio-Based Economy, February 2021 [cit. 15.4.2023]. Dostupné z: <https://www.coebbe.nl/app/uploads/2022/07/Acoustic-absorption-of-mycelium-composites.pdf>

[12] GRUNERTOVY, Helmut a Renata. Houby – Steinbach. Praha: Knižní klub 2011. ISBN 978-80-242-3220-1

[13] HEATH Oliver. Ecological Valence Theory and the Use of Color in Design [online]. Interface, December 2015 [cit. 7.5.2023]. Dostupné z: <http://humanspaces.com/2015/12/23/ecological-valence-theory/>

[14] HEATH Oliver, JACKSON Victoria, GOODE Eden. Creating Positive Spaces - WELL Building Standard™ [online]. Interface, January 2018 [cit. 7.5.2023]. Dostupné z: (www.interface.com/well-guide).

[15] HILDEBRANDT Eleanor. 50 New Plastic-Eating Mushrooms Have Been Discovered in Past Two Years [online]. LEAPS.ORG, July 2019 [cit. 20.4.2023]. Dostupné z: <https://leaps.org/plastic-eating-mushrooms-let-you-have-your-trash-and-eat-it-too/particle-6>

[16] Instruction and education: Downloadable grow it yourself files [online]. Grown.bio By Ecovative 2023 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://grow.bio/pages/grow-it-yourself-education-and-instruction-docs>

[17] JONES Mitchell, MAUTNER Andreas, LUENCO Stefano et al. Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review [online]. Materials & Design, February 2020 [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108397>. 2020.

[18] KÄÄRIÄINEN Pirjo, TERVINEN Liisa, VUORINEN Tapani, Riutta Nina & Aalto University, The CHEMARTS Cookbook. Espoo: Aalto ARTS Books 2020. ISBN 978-952-60-8802-0

[19] KARANA Elvin, CAMERE Serena. Growing materials for product design [online]. Conference Paper June 2017 [cit. 15.4.2023]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/319355171>

[20] KARANA Elvin. ROGNOLIET Valentina, BARATI Bahar et al., Material Driven Design (MDD): A Method to Design for Material Experiences, In: International Journal of Design [online]. May 2015, [cit. 20.3.2023]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/277311821>

[21] KOLAŘÍK, Jaroslav. Péče o dřeviny rostoucí mimo les. 3., dopl. vyd. Vlašim: Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, 2010. ISBN 978- 80-86327-85-3

[22] MANAN Sehrish, ULLAH Muhammad Wajid, UL-ISLAM Mazhar. Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials [online]. Journal of Bioresources and Bioproducts 6, 1–10, 2021, [cit. 1.4.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2369969821000025?via%3Dihub>

[23] MOGU. Acoustic Catalogue [online]. 2022 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://mogu.bio/acoustic-collection/download-mogu-acoustic/>

[24] Mycelium Foam [online]. Sustainable Systems, 2019 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: https://static1.squarespace.com/static/5c78b617bfba3e5587fd7037/t/61749b77d797d6326f002769/1635031930481/Copy+of+SS_Mycelium+%28Fall2019%29.pdf

[25] NĚMEC, Jan Ed. Kompozitní materiály. Praha: Československá společnost pro mechaniku při ČSAV 1981.

[26] NOVÁ, Eliška. Češi učí houby, aby se krmily sádrokartonem. Pak z nich chtějí stavět příčky i celé domy [online]. CZECHCRUNCH, duben 2023 [cit. 28.4.2023]. Dostupné z: <https://cc.cz/cesi-uci-houby-aby-se-krmily-sadrokartonem-pak-z-nich-chteji-stavet-pricky-i-cele-domy/>

[27] PAPANEK Victor. Design for the real world Human Ecology and Social Change. Chicago: Academy Chicago Publishers 2005. ISBN 978-0897331531

[28] PELLETIER M. G., HOLT G. A., WANJURA J. D., BAYER E. et al. An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates [online]. Industrial Crops and Products, November 2013 [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.008>

[29] PELLETIER M. G., HOLT G. A., WANJURA J. D. et al. An evaluation study of pressure-compressed acoustic absorbers grown on agricultural by-products [online]. Industrial Crops and Products, January 2017 [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.042>

[30] Požární odolnost. Euro Air. Dostupné z: https://www.euroair.eu/media/2886/po___rn___odolnost_1942013.pdf

[31] ROVERS Ilse, LA BIANCA Ilaria, PEULING Shannon, et al. Whitepaper Building on Mycelium [online]. Centre of Expertise Biobased Economy, December 2022 [cit. 10. 2. 2023]. Dostupné z: https://issuu.com/avanscoebbe/docs/mycelium_whitepaper_2022

[32] RINAUDO Marguerite. Chitin and chitosan: Properties and applications [online]. ScienceDirect, June 2006, [cit. 23.4.2023]. Dostupné z: <https://dr.gudinho.files.wordpress.com/2017/04/rinaudo-2006-chitin-and-chitosan-properties-and-applications.pdf>

[33] SABANTINA, Lilia. Mushroom mycelium composites from oyster mushroom and textile surface s[online]. ResearchGate, Berlin University of Applied Sciences, February 2022 [cit. 10. 2. 2023]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/359920886_Mushroom_mycelium_composites_from_oyster_mushroom_and_textile_surfaces

[34] STAMETS Paul. Mycelium running: how mushrooms can help save the world. New York: Ten Speed Press, 2005. ISBN 978-1-58008-579-3

[35] ŠTÍTNICKÝ Boris. Pěstování houbového mycelia a primordia [online]. Adaptogeny.cz listopad 2019 [cit. 3.4.2023]. Dostupné z: <https://adaptogeny.cz/c-532.aspx>

[36] TSUNETSUGU Y., MIYAZAKI Y., SATO H. Physiological effects in Humans Induced by the visual Stimulation of Room Interiors with Different Wood Quantities [online]. Journal of Wood Science 53 (1), February 2007 [cit. 9.5.2023]. Dostupné z: <https://jwoodscience.springeropen.com/articles/10.1007/s10086-006-0812-5>

[37] VANDELOOK Simon, ELSACKER Elise, VAN WYLICK Aurélie et al. Current state and future prospects of pure mycelium materials [online]. Fungal Biology and Biotechnology, 2021 [cit. 28.2.2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40694-021-00128-1>

[38] WALTER Natalie, GÜRSOY Benay. A Study on the Sound Absorption Properties of Mycelium-Based Composites Cultivated on Waste Paper-Based Substrates [online]. Biomimetics, July 2022 [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/biomimetics7030100>

[39] YANG Joey, ZHANG Feng., STILL, Benjamin et al. Physical and mechanical properties of fungal mycelium-based biofoam [online]. Journal of Materials in Civil Engineering, March 2017 [cit. 18.4.2023]. Dostupné z: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0001866>

[40] Mercury je prvním administrativním projektem v ČR připravovaným na principu cirkulární ekonomiky [online]. Leden 2023 [cit. 29.4.2023]. Dostupné z: <https://www.skanska.cz/co-delame/development/komercni-development/pripravovane-projekty/mercury/mercury-story-cz/>

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 01: (A)rozvětvená síť mikrovláken (hyf). (B) Schematické..., Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/A-Optical-Morphology-of-Mycelium-Fiber-B-Schematic-Representation-of-Hyphae-C_fig2_363156747

Obr. 02: Schéma životního cyklu mycelia, Zdroj: <https://www.ecovative.com/pages/mycelium-101>

Obr. 03: Experiments with fungal materials: Manuel Arias Barrantes CHEMARTS Summer School 2017, Zdroj: KÄÄRIÄINEN Pirjo, TERVINEN Liisa, VUORINEN Tapani, Riutta Nina & Aalto University, The CHEMARTS Cookbook. Espoo: Aalto ARTS Books 2020. ISBN 978-952-60-8802-0

Obr. 04: AirMycelium™ je pěnový materiál firmy Ecovative, Zdroj: <https://www.ecovative.com/pages/airmycelium>

Obr. 05: Mylo - sustainable leather alternative, Zdroj: <https://mylo-unleather.com>

Obr. 06: Atlast™ je alternativou masa na bázi hub, Zdroj: <https://www.ecovative.com/pages/food>

Obr. 07: EPHEA™ nová třída flexibilních myceliových materiálů, Zdroj: <https://www.ephea.bio>

Obr. 08: MEDITATION & YOGA COLLECTION, Zdroj: <https://mylo-unleather.com/material/>

Obr. 09: HERMES VICTORIA BAG, Zdroj: <https://www.mycoworks.com/mushroom-leather-realistic-enough-for-4200-hermes-handbags-has-raised-over-187-million-from-investors-like-natalie-portman-john-legend-gm>

Obr. 10: Princip mykokompozitu, Zdroj: <https://www.grown.bio/?v=928568b84963>

Obr. 11: Schéma životního cyklu mykokompozitu, Zdroj: https://experiment-uploads.s3.amazonaws.com/Tic1kmK8QjGuFeqmMGFW_FinalProcess2.jpg

Obr. 12: Proměnlivost mykokompozitů v závislosti na substrátu, archiv autorky

Obr. 13: Proces studia Redhouse, využití stavebního odpadu k výrobě mykokompozitů, Zdroj: <https://www.redhousestudio.net>

Obr. 14: Hlívá ustříčná (Pleurotus ostreatus), Zdroj: <https://www.dreamstime.com>

Obr. 15: Ganoderma sessile, Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Ganoderma_sessile

Obr. 16: Lesklokorka lesklá (Ganoderma lucidum), Zdroj: <https://www.dreamstime.com/photos-images/ganoderma.html>

Obr. 17: Rozdíl mezi pěnou a deskou, Zdroj: https://issuu.com/avanscoebbe/docs/mycelium_whitepaper_2022

Obr. 18: Inkubace ve formě z 3D tiskárny, archiv autorky

Obr. 19: Reliéfy, ve fázi prorůstání a po finální inkubaci, archiv autorky

Obr. 20: Tvarování zavěšením ve firmě Mykilio, Zdroj: <https://www.reborndesign.cz/mycelium>

Obr. 21: 3D tištěná struktura, Zdroj: <https://www.researchgate.net/publication/340487960>

Obr. 22: Vlastnosti, Zdroj: <https://mushroompackaging.com>
Obr. 23: Test porovnávací zvukové spektrum mezi akustickými absorpčními deskami, Zdroj: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.008>
Obr. 24: Ucelený přehled odezvy na hluk ze silnice., Zdroj: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.008>
Obr. 25: Akustické spektrum pro stínění průchodu., Zdroj: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.042>
Obr. 26: S rostoucí hustotou se zlepšuje akustické stínění., Zdroj: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.042>
Obr. 27: Akustické panely MOGU, Zdroj: <https://mogu.bio/acoustic-catalogue-2022/>
Obr. 28: Akustický panel MOGU Kite, Zdroj: <https://mogu.bio/acoustic-catalogue-2022/>
Obr. 29: Akustická pohltivost různých substrátů, Zdroj: <https://www.coebbe.nl/app/uploads/2022/07/Acoustic-absorption-of-mycelium-composites.pdf>
Obr. 30: Vliv houbové kůže na akustickou pohltivost., Zdroj: <https://www.coebbe.nl/app/uploads/2022/07/Acoustic-absorption-of-mycelium-composites.pdf>
Obr. 31: Udržitelný životní cyklus, archiv autorky
Obr. 32: Výroba obalů - Ecovative Design., Zdroj: <https://waya.media/wp-content/uploads/sites/3/2020/08/ecovative--1100x700.png>
Obr. 33: GIY Mushroom®, Zdroj: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/1507/3978/products/Kitfilled1.jpg?v=1667576860&width=1500>
Obr. 34: Jonas Edvard, MYX LAMP Copenhagen 2013, Zdroj: <https://www.jonasedvard.com/myx>
Obr. 35: Prodejná lampa MushLume Hemi Pendant Light, Grown.Bio, Zdroj: <https://www.matterofstuff.com/products/mushlume-hemi-pendant-light-mycelium-grown-bio>
Obr. 36: Myceen, stínidla B Wise, Zdroj: <https://www.dezeen.com/2022/11/01/myceen-mycelium-pendant-lights-b-wise-dutch-design-week/>
Obr. 37: Blast Studio, Floating trees, Zdroj: <https://www.blast-studio.com>
Obr. 38: Officina Corpuscoli ,THE EPHEMERAL ICON, Amsterdam, 2010, Zdroj: <https://www.corpuscoli.com/projects/the-ephemeral-icon/>
Obr. 39: LLEV, MYCEELIUM, Stolek, mycelium + zemědělský odpad + pigment, Zdroj: <https://llev.cz/cz/myceelium.html>
Obr. 40: Original Hemp Chair, Zdroj: <https://www.grown.bio/product/original-hemp-chair/?v=928568b84963>
Obr. 41: Akustické panely MOGU, Zdroj: <https://mogu.bio/acoustic-catalogue-2022/>
Obr. 42: Harry Allen in the Weave panels, Zdroj: <https://harryallendesign.com/portfolio/portfolio-ecovative/>
Obr. 43: Sinewave panel, Zdroj: <https://www.grown.bio/product/sinewave-panel-set-of-4/?v=928568b84963>
Obr. 44: Morel Dilemma Acoustic Panel, Zdroj: <https://www.grown.bio/product/sinewave-panel-set-of-4/?v=928568b84963>

Obr. 45: Mae-ling, Lokko, Zdroj: <https://magicalmushroom.com/mushroom-packaging/case-studies/Interior-Design/mae-ling-lokko>
Obr. 46: Akustické panely z mycelia a stonků rajčat, Fairm, Zdroj: <https://www.bioboost-platform.com/initiatives/acoustic-panels-from-mycelium-and-tomato-stems/>
Obr. 47: akustické panely MYAMO od Kathariny Querbach, Zdroj: <https://www.gp-award.com/en/produkte/Myamo>
Obr. 49: Ganoderma na agarové plátce, Zdroj: <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1340354020300437-gr1.jpg>
Obr. 48: Mycelium spawn, archiv autorky
Obr. 49: Příprava substrátu, archiv autorky
Obr. 50: Prorůstání výrobku ve formě, prorostlá vrstva, archiv autorky
Obr. 51: Výrobek před a po inkubaci při vyjmutí z formy, archiv autorky
Obr. 52: Pěstování mycelia u kotle při teplotě 25-28°C, archiv autorky
Obr. 53: Postupná degradace mykokompozitu, z kancelářského papíru, archiv autorky
Obr. 54: Postupné obrůstání, ztráta modré inkoustové barvy, , archiv autorky
Obr. 55: Naočkované přírodní pigmenty, archiv autorky
Obr. 56-57: Barevné pastely, Akrylové barvy, archiv autorky
Obr. 58: Postupná, pomalejší kolonizace syntetických barev, archiv autorky
Obr. 59-61: Džínovina, archiv autorky
Obr. 62-63: Odpadní vlákna ze sušičky, archiv autorky
Obr. 64-65: Hlíva ústříčná na jablečné, archiv autorky
Obr. 66-67: Pěstování hlívy v tekutém médiu, archiv autorky
Obr. 68-71: Různé druhy povrchu, archiv autorky
Obr. 72: Testování struktury, archiv autorky
Obr. 73: Testování - druhy povrchu, archiv autorky
Obr. 74: Solidwool, Zdroj: <https://www.solidwool.com>
Obr. 75: Mogu Floor FLEX, Zdroj: <https://mogu.bio/flooring/floor-flex/>
Obr. 76: Biocomposites by Stora Enso, Zdroj: <https://www.storaenso.com/en>
Obr. 77: BAUX, Zdroj: <https://www.baux.com>
Obr. 78: Mogu, akustické panely, Zdroj: <https://mogu.bio/acoustic-catalogue-2022/>
Obr. 79: Sebastian Cox, MYCELIUM+TIMBER, Zdroj: <https://www.sebastiancox.co.uk/news/mycelium-timber-exploring-biofactory-in-a-new-collection-of-grown-furniture>
Obr. 80-81: Recyklovaný sádrokarton z projektu Skanska Mercury, Zdroj: <https://www.skanska.cz/co-delame/development/komerční-development/pripravovane-projekty/mercury/>, <https://www.skanska.cz/492e67/contentassets/9faf61e798b14bd88c31e6a6ad8ba6a9/recyklace.jpg?width=1250>
Obr. 82: Patentovaný proces společnosti Mycocycle, Zdroj: <https://mycocycle.com>
Obr. 83: Principy Biophilic design, Zdroj: <https://www.edntech.com/blogs/news/biophilic-design-what-it-is-and-why-it-matters>, <https://www.archdaily.com/tag/biophilic-design>
Obr. 84-85: Závěsné akustické panely, akustický obraz, archiv autorky

Obr. 86: Mykokompozit v různých měřítkách, porézní pěnovitá struktura, Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Mycelium-composite-at-various-scales-a-macroscale-sample-661-b-cross-section-of_fig1_327065922

Obr. 87: Výrobní proces, životní cyklus akustických panelů, Zdroj: koláž <https://www.hippowaste.co.uk/media/2478/plasteboard-removal.jpg>
<https://www.freepik.com>

Obr. 88: Tvarová inspirace, Zdroj (koláž): <https://www.freepik.com>, archiv autorky

Obr. 89: Modelace v programu Grasshopper, archiv autorky

Obr. 90-91: Testování forem z 3D tisku, archiv autorky

Obr. 92-93: Změna barevnosti vlivem stárnutí mycelia lesklokorky, archiv autorky

Obr. 94: Výroba forem technologií CNC z MDF, archiv autorky

Obr. 95: Formy s nátěrem, archiv autorky

Obr. 96: Výroba akustického obrazu v Mykilio, archiv autorky

Obr. 97: Schéma klip systému, archiv autorky

Obr. 98: Tvarová inspirace, Zdroj (koláž): <https://stock.adobe.com/cz/>, archiv autorky

Obr. 99: Modelace v programu Grasshopper, archiv autorky

Obr. 100: Formy z 3D tisku, archiv autorky

Obr. 101: Testování prorostlého povrchu, délka inkubace, archiv autorky

Obr. 102: Testování sádkartonu, archiv autorky

Obr. 103: Prorostlý panel připravený k inkubaci, archiv autorky

Obr. 104: Poměr smrštění, archiv autorky

Obr. 105: Výsledné modely, archiv autorky

Obr. 106: Nabarvené panely, archiv autorky

Obr. 107: Systém pro zavěšení panelů na strop, archiv autorky

Obr. 108: AKUSTICKÝ OBRAZ WAVY, archiv autorky, interiér: <https://www.akaba.net/es/>

Obr. 109: ZÁVĚSNÉ STROPNÍ AKUSTICKÉ PANELY PEBBLY, archiv autorky, , interiér: <https://www.akaba.net/es/>

Obr. 110: Barevné varianty, archiv autorky

Seznam příloh

[Příloha 01] Plachty

[Příloha 02] Vizualizace finálního produktu

[Příloha 03] Vizualizace finálního produktu

[Příloha 04] Fotografie materiálu

[Příloha 05] Fotografie materiálu