



Bioműanyag textúrák

Nagyhegyesi Eszter
Konzulens: Pokol Júlia
Life in plastic
Exploratív Építészeti Tanszék
TDK 2023

Tartalomjegyzék

Absztrakt	3.
Bevezető	5.
Bioműanyagok elméleti áttekintése	5.
Bioműanyagok előállítása	6.
- Kezdeti kísérletek	6.
- Alapanyagok elvi háttere	7.
- Bioműanyag megerősítése	8.
- Terítési vastagság növelése	9.
- Bioműanyag lágyítása glicerinnel	9.
- Bioműanyag szárítása különböző hőkezelési módokkal	10.
- Bioműanyag tesztelése nedvességgel szemben	10.
Eredmények értékelése	12.
Felhasználás – kitekintés	12.

Absztrakt

Bioműanyagnak, más néven biopolimernek nevezzük a részben vagy egészében megújuló növényi forrásokból előállítható műanyagokat. Növényi hulladékok, élelmiszeripari (mellék)termékek, leggyakrabban keményítő, zselatin, agaragar kivonat vagy akár útifűmaghéj szolgálnak ezek alapjaként. Bár elsőre oximoronnak tűnnek, akár a világméretű hulladékproléma megoldását is jelenthetik. Szerencsére csomagolóanyagként és egyszer használatos, eldobható műanyagok alternatívájaként már egyre szélesebb körben alkalmazzák őket. De vajon absztrakt művészeti vagy akár építőművészeti alkotások alapanyagaként is fel lehetne használni a bioműanyagokat?

Kutatásom során a bioműanyagokkal, azon belül is az egészében megújuló, növényi forrásokból származó és biológiai úton lebomló műanyagokkal foglalkozom. Különböző alapú, például keményítő, útifűmaghéj és zselatin alapú műanyagok alapreceptjével kísérletezem, majd ezek vegyítésével és további természetes anyagok bevonásával fejlesztem tovább az eredményeket. Az anyagok vízzel, különböző hőkezelési módokkal való reakciójára is kíváncsi vagyok. Az így létrejövő textúrák, felületek, színek, hatások a legérdekesebbek számomra, ezekre helyezem a legnagyobb hangsúlyt témám feldolgozása során. A kísérleteimmel azt vizsgálom, hogy ez az építészet számára új és még ismeretlen alapanyag hogyan tudna megjelenni a fenntarthatóbb építészetben.

„A természet nagyszerű mérnök és építő. Tudja, hogyan készítsen olyan tengeri kagylókat, amelyek kétszer olyan erősek, mint a legellenállóbb kerámiáink, és ötször erősebb selyemszálakat állít elő, mint az acél. „ [1]

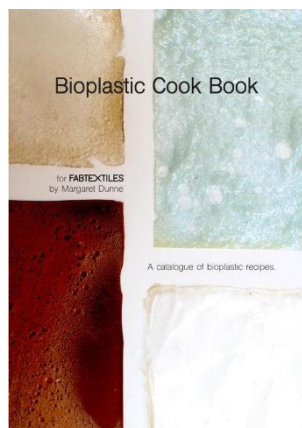
Neri Oxman – építész, designer

[1] <https://www.haaretz.com/2011-06-07/ty-article/nature-is-a-brilliant-engineer/0000017f-dc34-db22-a17f-fcb593dd0000>

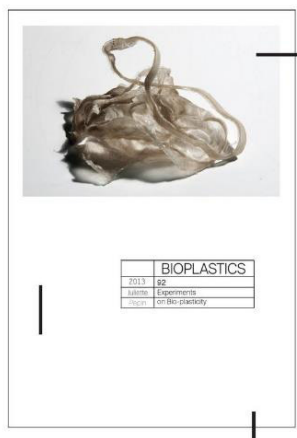
Bevezető

A bioműanyagokkal különböző, házilag elkészíthető alaprecepten és az ezekből létrehozott kísérleti használati tárgyakon keresztül ismerkedtem meg. Korábban szívesen kísérleteztem szappan, beton és gipsz öntéssel is, így érdekelt, milyen lehet bioműanyaggal dolgozni, mit lehet kihozni belőle. Fantáziám egyből beindult, olyan lehetőségeket láttam bele, ami eddig hiányzott az építészeti makettezéshez használt eszköztáramból. Maga a folyamat is vonzott, hogy intuitív kísérletezés útján a „semmiből” hozzak létre valamit, ami újszerű és hasznos is lehet. Egy új anyaggal vagy technikával való ismerkedés mindig magában hordozza a kiszámíthatatlan végkimenetelt. Szerintem egy, a véletlen által létrehozott absztrakt felület vagy térbeli tárgy mindig több izgalmat és művészi mondanivalót hordoz, mint a pontos és előretervezett munka eredménye. Éppen ezért szerettem volna a témát otthoni körülmények között feldolgozni.

Továbbá fontos volt, hogy egy olyan témával foglalkozzak, ami nagyon aktuális és a környezeti válság és világméretű műanyagprobléma kérdéskörére keresi a választ. Hiszen talán ez a terület az egyik, ahol jelenleg a legnagyobb innovációra, új anyagokra és technológiákra van szükség világ szinten. Érdekelt, hogy ez az anyag alkalmas lehet-e arra, hogy a gyakorlatban is helyettesítse hagyományos műanyagokat, ezzel hozzájárulva a fenntarthatósághoz, az ökológiai körforgáshoz.



Margaret Dunne: Bioplastic Cook Book [2]



Juliette Pepin: Research Book Bioplastic [3]

Bioműanyagok elméleti áttekintése

A dolgozatomban kimondottan az otthoni módszerekkel, természetes alapanyagokból előállítható bioműanyagokkal foglalkozom, azonban a biopolimer fogalom ennél jóval tágabb. Alapvetően két nagy csoportja van, a megújuló nyersanyagból előállított és a biológiai úton lebomló (biodegradálható) műanyag. Természetesen a kettő egyszerre is

[2] https://issuu.com/nat_arc/docs/bioplastic_cook_book_3

[3] <https://issuu.com/juliettepepin/docs/bookletbioplastic/26>

teljesülhet, azonban legalább az egyiknek igaznak kell lennie ahhoz, hogy egy műanyagot biopolimernek nevezzünk.

A hagyományos fosszilis forrásból származó esetben a már ismert polimerek adalékolásával érik el a degradációt. Azonban ebből egy újabb problémakör, a mikroműanyag szennyezés következik, hiszen nem minden műanyag tűnik el nyomtalanul, ami lebomlik. Így környezetünk, vizeink nem csak a szabad szemmel látható hulladékkal, hanem a mikroműanyagokkal is egyaránt szennyeződnek.

A természetes alapanyagú polimereknél szerkezetükből adódóan következik be a bomlás, természeti környezetben, komposztálás útján vagy pedig ipari eljárással, meghatározott körülmények között képesek lebomlani. Véleményem szerint a biológiailag lebomló, biomassza alapú műanyagok a leginkább jövőbe mutatóak és ezek képviselik a legkisebb környezeti hatást, ezért én ezekkel az anyagokkal szerettem volna dolgozatom során kísérletezni. [4] [5]

Bioműanyagok előállítása

Kezdeti kísérletek

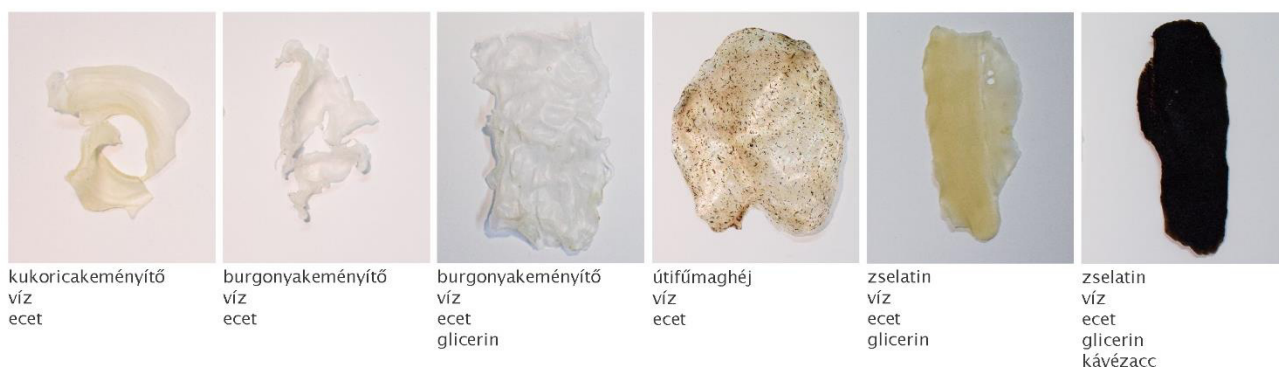
A bioműanyagokkal való kísérletezést különböző alapreceptek kipróbálásával kezdtem. Az egyik kiinduló anyag a keményítő alapú bioműanyag volt, amely kukorica- vagy burgonyakeményítóből készül, víz, glicerín, illetve ecet hozzáadásával. Első lépésként a keményítőt vízzel vegyítettem 1:10 arányban, majd ezt addig hevítettem folyamatos keverés mellett, amíg be nem sűrűsödött. Ezután hozzáadtam az ecetet, ami az anyag fertőtlenítésére, tartósítására szolgált, illetve a glicerint, amit vízkötő tulajdonsága miatt használtam. A glicerín mennyiségét annak függvényében határoztam meg, hogy mennyire rugalmas, flexibilis anyagot szerettem volna létrehozni. A kapott sűrű, kenhető anyagot tapadásmentes felületre terítettem szét, amit egy körülbelül 5 napig tartó levegőn szárítás követett.

A másik kiinduló anyag a zselatin volt. Ezt először vízben oldottam fel, majd az azonos lépések elvégzése után végül hozzáadtam az ecetet és a glicerint. Ezzel a módszerrel egy folyékonyabb anyagot kaptam, amely azonban száradás után szintén megszilárdult.

Az útifűmaghéj alapanyaggal eddig csak bioműanyagok adalékanyagaként találkoztam, azonban én a tisztán útifűmaghéj alapanyagú bioműanyag elkészítésére is kísérletet tettem. Ekkor az útifűmaghéjat rövid ideig vízben áztattam, majd az eddigiekkel megegyező lépések után feldolgoztam és egy rugalmas keveréket kaptam, ami szárítás után szintén megszilárdult.

[4] <https://xforest.hu/biomuanyag/>

[5] Bak Miklós: Természetes alapú fóliák vizsgálata – Diplomamunka – 2015



A kezdeti kísérletek után a legígéretesebb anyagnak a keményítő alapú bioműanyag tűnt, mivel ezzel változatos textúrát tudtam létrehozni vastagság, illetve glicerinneménység függvényében. Számomra ez viselkedett a leginkább „műanyag-szerűen”. Ezért úgy döntöttem, hogy dolgozatom során ezt az anyagot szeretném továbbfejleszteni, illetve vizsgálni különböző szempontok szerint.

Alapanyagok elvi háttere

A keményítő a növényi sejtek fő energiaraktározója, növényi poliszacharid, szénhidrát. A keményítőt két D-glükózból álló polimer alkotja, amelyet amilóznak és amilopektinnek nevezünk. E két alkotó aránya nagyban függ attól, hogy a keményítőt milyen növényből nyerjük ki. Nyersanyagként nagy mennyiségben áll rendelkezésre és olyan megújuló nyersanyagforrásból származik, mint a búza és a kukorica.

A zselatin egy áttetsző, színtelen, majdnem íztelen, szilárd anyag, melyet az állatok kötőszövetéből kivont kollagén (oldhatatlan rostos fehérje) irreverzibilis hidrolízisével, a kollagénben található kötések lebontásával állítanak elő. A zselatint ipari keretek közt a húsipar és a bőrgyártás melléktermékeként állítják elő, elsősorban sertésbőrből, sertés- és szarvasmarhacsontokból.

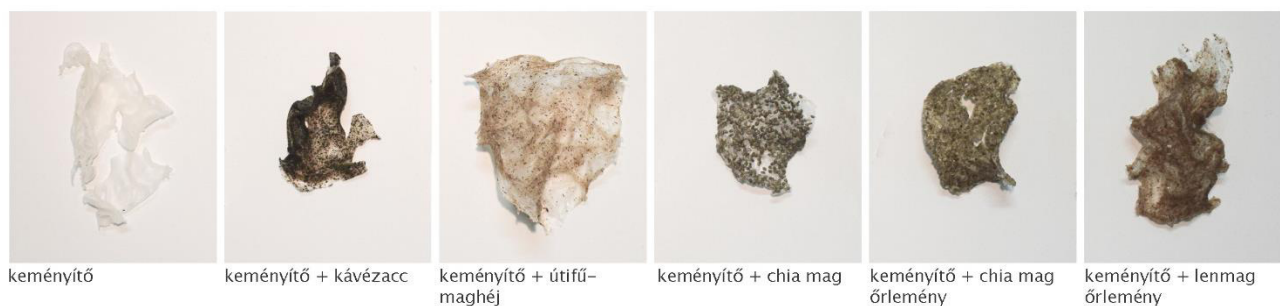
Az útifűmaghéj fehér rostos anyag, amit az útifűmag külső héjából nyernek ki, poliszacharidok keveréke, amely főként pentózokat, hexózokat és uronsavakat tartalmaz. A héj ~85%-a rost, melyből 65–70% oldható rost. Kisebb mennyiségben fehérjéket is tartalmaz. Vízzel keveredve gél alkot. [5]

Bioműanyag megerősítése

Az első kísérletek után a keményítő alapú bioműanyagoknál a száradás során bekövetkező szétrepedés jelentette a legnagyobb problémát, így az anyag megerősítésén kezdtem el dolgozni. Egy másik korábbi kísérletnél a csak tisztán útifűmaghéj alapú recept alapján egy gyengébb, azonban nem repedezett végeredményt kaptam. Így a két anyag vegyítése mellett döntöttem. Az eredmény a várttal megegyező volt, az útifűmaghéj megerősítette, összefogta az anyagot.



Ennek a pozitív eredménynek hatására további anyagok bevonásával, úgy, mint kávézacc, chia mag, lenmag, kísérleteztem a műanyag megerősítésén. Ezek is szép eredményeket hoztak, azonban a leghatékonyabbnak az útifűmaghéj bizonyult.



Terítési vastagság növelése

A kísérletek során észrevettem, hogy amikor vastagabb rétegben terítettem szét az anyagot, jóval erősebb műanyagot kaptam végeredményül, illetve kevésbé deformálódott szárítás közben. Ezért készítettem olyan próbatesteket, ahol kimondottan a vastagságon volt a hangsúly. Ezzel a módszerrel nagyon ellenálló, erős műanyagot kaptam, és a későbbiekben látni fogjuk, hogy a nedvességnek is ezek álltak a legjobban ellen. Viszont a száradási idő így nagyban megnőtt.



Bioműanyag lágyítása glicerinnel

A glicerint vízmegkötő tulajdonsága miatt a bioműanyag lágyítására használjuk. A hozzáadott glicerinnel növelésével jóval rugalmasabb, flexibilisebb végeredményt kaptam és így a száradási idő is lerövidült.



Bioműanyag szárítása különböző hőkezelési módokkal

A száradás gyorsítására különböző módszereket is kipróbáltam. A sütőben, illetve mikróban szárítás hatásosnak bizonyult, illetve szép textúrákat adott. Azonban később látni fogjuk, hogy a nedvességgel szemben ezek az anyagok viselkedtek a legrosszabbul az anyag szerkezetének felborulása miatt. A hajszárítóval történő szárítással is megpróbálkoztam, azonban ez nem bizonyult kellően hatásosnak.



levegőn szárítva

mikróban szárítva

sütőben szárítva

különböző hőkezelési módok, keményítő alamú műanyag vékonyan terítve



levegőn szárítva

mikróban szárítva

sütőben szárítva

különböző hőkezelési módok, keményítő alamú műanyag vastagon terítve

Bioműanyag tesztelése nedvességgel szemben

A kísérletezés során leginkább arra voltam kíváncsi, hogy a kapott próbatestek hogyan viselkednek nedvesség hatására, hiszen a vízhatlanság nagyon fontos műanyag tulajdonság. Ehhez a különböző anyagokat három órán keresztül folyamatosan vízben áztattam, és figyeltem a tulajdonságaik változását. A legellenállóbbnak a vastag, tisztán keményítőt tartalmazóak bizonyultak, ezek gyakorlatilag semmit sem változtak. Az ugyanebből az anyagból álló, de vékonyabb bioműanyagok részben deformálódtak, azonban ismételt száradást követően teljesen visszanyerték alakjukat. Az útifűmaghéjjal, lenmaggal, chia maggal erősített anyagok vízzel szemben nem viselkedtek jól, mert a szerkezetben lévő magok megszívták magukat vízzel. Kivétel után jóval több idő kellett nekik az ismételt kiszáradáshoz. A műanyagba kevert kávézacc nem jelentett ilyen jellegű problémát. A legrosszabbnak a mikróban, illetve sütőben szárítottak bizonyultak, a felborult szerkezet miatt ezek teljesen eláztak, gyakorlatilag tönkre mentek. Három óra után kivettem a mintákat a vízből, hogy lássam, mennyire nyerik vissza eredeti alakjukat. Ezzel a kísérlettel azt szerettem volna mérni, hogy hogyan viselkednek átmeneti nedvesség hatására, nem pedig azt, hogy mennyi idő alatt bomlanak szét, oldódnak fel.



kukoricakeményítő

burgonyakeményítő

keményítő + kávézacc

keményítő +
útifűmaghéj

burgonyakeményítő
1:5 arányban

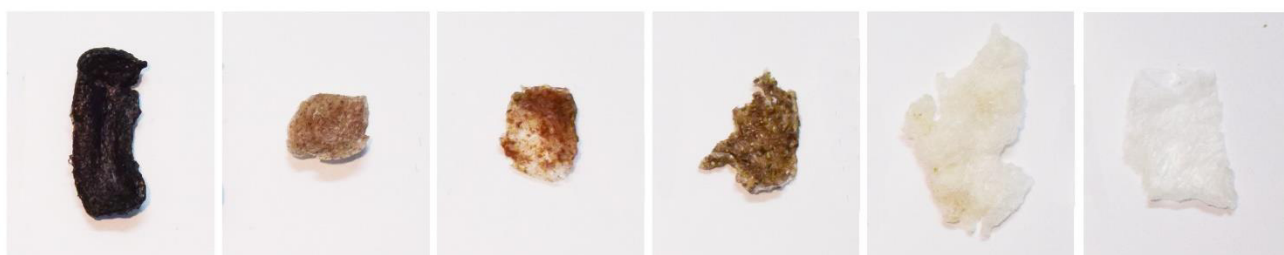
burgonyakeményítő
1:10 arányban



3 óra áztatás után



ismételt száradást követően



keményítő + kávézacc

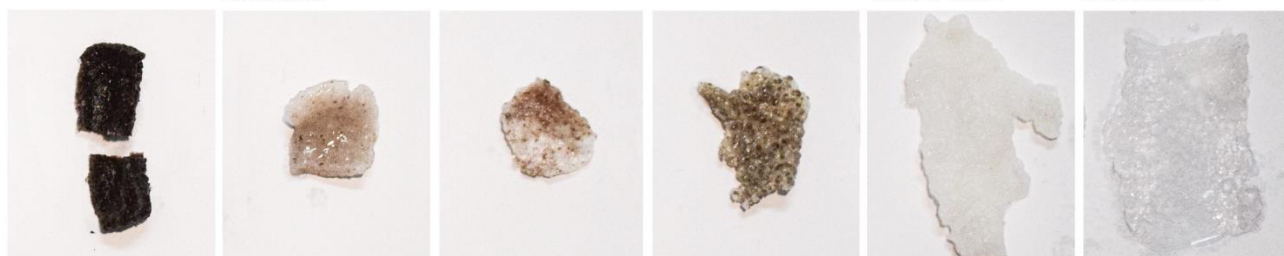
keményítő +
útifűmaghéj

keményítő + lenmag

keményítő + chia mag

keményítő mikrózva
vastagon terítve

keményítő mikrózva
vékonyan terítve



3 óra áztatás után



ismételt száradást követően

Eredmények értékelése

Ebben a dolgozatban kimondottan a keményítő alapú bioműanyagokra szerettem volna koncentrálni. Az elvégzett kísérletek után úgy éreztem, a különböző textúrákra irányuló lehetőségeket kimerítettem. A vízzel való tesztelés után kíváncsi lettem, hogy a hasonló módon, de laboratóriumi körülmények között előállított bioműanyag vajon hogyan viselkedik, mennyivel tud ellenállóbb lenni. Dr. Tábi Tamást, a BME Polimertechnikai Tanszékének docensét kérdeztem eredményeimről. Az otthoni kísérleteim során gyakorlatilag termoplasztikus keményítőt (TPS) hoztam létre, amelynek laboratóriumi előállítása nagyrészt megegyezik az otthonival. A keményítőhöz lágyítók hozzáadására van szükség, ami lehet a desztillált víz vagy glicerin. Ezután a víztartalom csökkentése következik (ami nálam a forralás volt), illetve mechanikai nyírás követ. Így egy úgynevezett destruktúrált állapotot tudunk létrehozni, amelynél a keményítő kristályossága megszűnik és egy amorf, zselés, tészta szerű anyagot kapunk. Ebből ezek után granulátum készül, ami alkalmas lehet későbbi formázásra, fröccsöntésre. A laboratóriumban gyártott bioműanyag bár tartósabb, víznek ez sem képes hosszú távon ellenállni.

A TPS önmagában való használata pont a tartós nedvesség hatására bekövetkező formavesztés és lebomlás miatt kevésbé gyakori, napjainkban inkább adalékanyagként, bomlássegítőként alkalmazzák más biopolimereknél. Környezetben való lebomlása semmilyen értelemben nem káros. [6]

Felhasználás, kitekintés

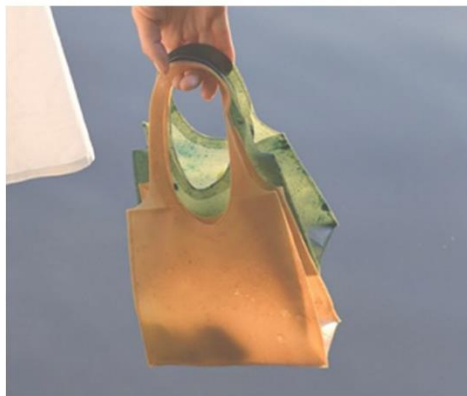
Annak ellenére, hogy a keményítő alapú bioműanyagnak, azaz a termoplasztikus keményítőnek előnyei és hátrányai is egyaránt vannak, számos használati módot el tudok a végeredmények alapján képzelni.

Az eredeti gondolatból kiindulva, absztrakt művészeti alkotások, szobrok, reliefek, vagy akár beltéri installációk anyagának véleményem szerint kérdés nélkül alkalmasak. Így a műalkotás alapanyaga már önmagában hordozna egy fajta jelentéstöbbletet, a környezetbarát gondolkodásra, fenntarthatóságra világítana rá. A művészeti technika kezdetlegessége miatt nagy szerepet játszana az alkotásban az intuitív keresgélés, a kiszámíthatatlanság, a véletlen műve.

Hasonlóan építészeti makettek alapanyagaként is el tudom a bioműanyagokat képzelni, különösen, ha egy, inkább az érzéseket, víziókat, építészeti gesztusokat bemutató modellről van szó. Ezzel az anyaggal lehetőség lenne burák, hárták, amorf felületek megjelenítésére. Az anyag kiszámíthatatlansága itt is pozitív tényezőt jelentene a végeredmény egyedisége szempontjából.

[6] <http://biokompozitok.blogspot.com/2014/04/termoplasztikus-kemenyito-tps.html>

Konkrét épületelemek bioműanyagból való tervezésénél még inkább figyelembe kell venni az anyag tulajdonságait, vagyis a nedvességre való érzékenységét. Belsőépítészeti dísz tárgyak, lámpaburák, beltéri falburkolatok, térelhatárolások képzelhetőek el belőle. Az ebből az alapanyagból készült használati tárgyak alkalmazkodhatnak a fogyasztói igényekhez, azaz a napról napra változó trendek azonnali lekövetéséhez. Hiszen az alapanyag gyorsan lebontható, gyakorlatilag komposztálható, egy ilyen tárgy lecserélése nem okoz kárt környezetében és nem fokozza a már így is világméretű hulladékproblémát. Természetesen minden eddig felsorolt esetben szükség van további kísérletekre az alakíthatóság, felhasználás optimalizálásához. Illetve fontos az is, hogy ne érje az alkotást, műtárgyat, használati tárgyat nagyobb nedvességhatás az állagmegóvás érdekében. Szerencsére művészeknél, designerekénél, formatervezőknél már láthatunk hasonló anyagkísérletekre példát és egyre többen nyúlnak a bioműanyaghoz, mint alapanyaghoz. Jó példa erre Carolyn Raff Algae experiment II projektje, aki agar agar porból készített bioműanyagot, vagy pedig Nir Meirin tengeri moszatokból készült lámpái. Bioműanyag alapanyagú használati tárgyakkal, mint például táskákkal, tányérokkal, evőeszközökkel is egyre gyakrabban találkozhatunk.



Sonnet155 Temporary handbag [7]



Nir Meiri Marine Light [8]



Eric Klarenbeek, Maartje Dros 3D nyomtatott bioműanyag algából [9]



Carolyn Raff Algae Experiment II [10]

[7] https://www.dezeen.com/2021/04/27/sonnet155-lobke-beckfeld-johanna-hehemeyer-curten/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_1

[8] <https://www.nirmeiri.com/marine-light-seaweed-lamps>

[9] https://www.dezeen.com/2017/12/04/dutch-designers-eric-klarenbeek-maartje-dros-convert-algae-biopolymer-3d-printing-good-design-bad-world/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_1

[10] <https://carolynraff.de/algae-experiment-ii>

A kutatómunkám eredményei alapján kísérletet tettem absztrakt alkotások létrehozására bioműanyag és drót kombinálásával. A technika fejlesztésére a későbbiekben kerül majd sor, azonban a kapott modellek véleményem szerint jól bemutatják az anyagban rejlő lehetőségeket, akár absztrakt alkotások, akár design belsőépítészeti elemek, például lámpabúrák létrehozása a cél.



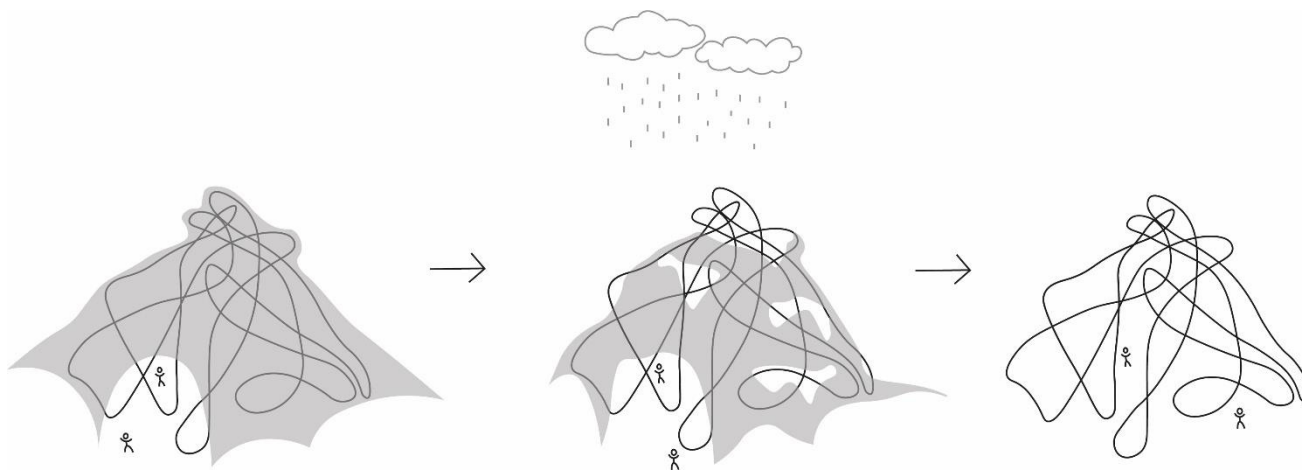
keményítő + útifűmaghéj alapú bioműanyag, drót



keményítő + kávézacc alapú bioműanyag, drót

Azonban mi van akkor, ha a keményítő alapú bioműanyag látszólagos hátrányára, vagyis arra, hogy nedvesség hatására relatív gyorsan lebomlik, előnyként tekintünk? Ha olyan installációkat, pavilonokat tervezünk, amikbe egyértelműen bele van kódolva, tervezve a rövid élettartam. Olyan építményekre gondolok, amik azzal akarnak közvetíteni valamit a közönség számára, hogy nagyobb csapadékmennyiség hatására alakot változtatnak, bomlásnak indulnak, vagy éppen megsemmisülnek. Ezek esetében éppen az állandó változáson vagy éppen a megsemmisülésen lenne a hangsúly.

A kortárs építészetben láthatunk hasonló koncepcióra, mondanivalóra kísérleteket. Az egyik jó példa erre Olafur Eliasson Ice watch című installációja, melyben hatalmas jégtömbökkel, pontosabban fogalmazva jégtömbök olvadásával próbálja felhívni a figyelmet a klímaváltozásra. Távolabbi kitekintések már Pascal Leboucq Erik Klarenbeek Krown Design stúdiójával közösen létrehozott, micéliummal növesztett The Growing Pavilion és Neri Oxman tervezte selyemhernyók által szőtt Silk Pavilion. Ezek bár anyagukban, mondanivalójukban teljesen eltérnek, jó példák arra, hogy egy pavilon, installáció esetében mennyit számít egy élő, izgalmas, újszerű anyag és hogy ezek a mozgalmas, időben folyamatosan változó koncepciók működnek a gyakorlatban is. [11] [12] [13]



Koncepció ábra, esőre érzékeny pavilon

[11] <https://icewatch.london/>

[12] <https://www.dezeen.com/2019/10/29/growing-pavilion-mycelium-dutch-design-week/>

[13] <https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>



keményítő alapú bioműanyag, drót
esőre érzékeny pavilon „látványterv”

Úgy érzem, kevés olyan építőanyag van, ami magában hordozná az átmenetiséget, a pillanatot megismételhetetlenségét, hiszen egy épületet alapvetően hosszú távra tervezünk. Az installációs művészetben, egyes pavilonok esetében mégis szerintem igény van arra, hogy az adott pillanat átmenetiségére és egyediségére világítsunk rá. Miért ne tehetnék ezt olyan radikális módon, mint hogy az általunk tervezett produktum a közönség „szeme láttára” veszti alakját vagy bomlik le? Így az alapanyag kültéri használatára, noha korlátozottan, de lehetőség nyílna.

Ezek, a részben csak elméleti síkon megfogalmazott gondolatok természetesen további kutatásokat, vizsgálatokat igényelnek, ahhoz, hogy megismerjük az anyagot és a valós viselkedését, amire csak a későbbiekben kerül sor. Szerintem egy új anyagról való gondolkodás mindenképp előremutató folyamat, új megoldásokat és módszereket szülhet, amire a mai gyorsan változó és környezeti válság által sújtott világunkban nagy szükség van.



keményítő



útifűmaghéj



keményítő+glicerín



zselatin+kávézacc



zselatin



keményítő+kávézacc



keményítő+útifűmaghéj



keményítő+chia mag



keményítő+chia mag őrlemény



keményítő+lenmag



keményítő+útifűmaghéj+glicerín



keményítő+kávézacc+glicerín



útifűmaghéj+glicerín



keményítő+kávézacc vastagon terítve



keményítő+útifűmaghéj vastagon terítve



keményítő 1:5 arányban vastagon terítve



keményítő 1:10 arányban vastagon terítve



keményítő+lenmag őrlemény vastagon terítve



keményítő+chia mag vastagon terítve



keményítő+chia mag őrlemény vastagon terítve



keményítő levegőn szárítva



keményítő mikroban szárítva, vastag



keményítő sütőben szárítva, vastag



keményítő mikroban szárítva, vékony



keményítő sütőben szárítva, vékony



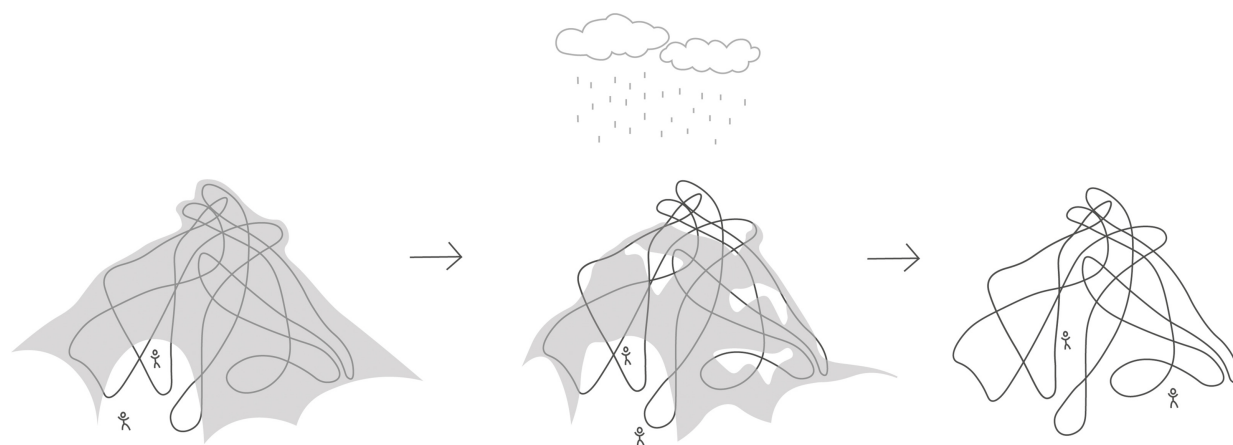
keményítő+útifűmaghéj alapú bioműanyag, drót



keményítő+kávézacc alapú bioműanyag, drót



keményítő alapú bioműanyag, drót



konceptiós ábra