

DÖNŐR MICÉLIUM BIOKOMPOZIT MANUFAKTÚRA

Középülettervezési tanszék

Ábrahám-Fúrús András

GJQNUW



Micélium biokompozit ismertető

építész konzules / Vannay Miklós DLA

épületszerkezeti konzulens / Medvey Boldizsár

tartószerkezeti konzulens / Dr. Geszler Rudolf

épületgépész konzulens / Zoltán Attila

kivitelezés konzulens / Dr. Vidovszky István

micélium biokompozit szakkonzulens / Minkó Mihály (MOME Innovációs Központ)

Tartalomjegyzék:

A micélium biokompozitról	4
Technológiai folyamat ismertetése	6
A manufaktúra folyamatábrája	11
A manufaktúra folyamatának bemutatása	11
Felhasználás	12
Gyártók	13
Anyagjellemzők, linkek	14

"A gombák világokat teremtenek és szednek szét. Rengeteg módja van annak, hogy tetten érvük őket: amikor gombalevest főzünk, vagy egyszerűen csak megesszük; amikor gombát gyűjtünk vagy vásárolunk; amikor alkoholt erjesztünk; növényt ültetünk vagy csak földbe mélyesztjük a kezünket. És akár beengedünk egy gombát az elménkbe, vagy csak rácsodálkozunk arra, ahogyan képes más elméjébe belejutni; akár meggyógyít bennünket egy gomba, vagy végignézzük, ahogy meggyógyít valaki mást; akár gombából építjük az otthonunkat vagy gombatermesztéshez kezdünk otthon, a gombák tetten fognak érni bennünket. Ha élünk már meg is tették. "

Merlin Sheldrake: Az élet szövedéke, Budapest 2020, p. 274.

A MICÉLIUM BIODOMÓZITRÓL

Napjainkban egyre nagyobb hangsúly helyeződik a fenntartható anyagok kutatására és az azokkal való kísérletezésre. Ennek a folyamatnak egyik ága a gombákra és azok segítségével előállítható anyagokra fókuszál.

A 2010-es évektől kezdve foglalkozik a tudomány komolyabban az ún. micélium biokompozitok tanulmányozásával.

micélium

"A gombafonalak, azaz hifák elágazásával, összeolvadásával és összegabalyodásával létrejövő, kaotikus csipkemintázatokat nevezik micéliumnak."

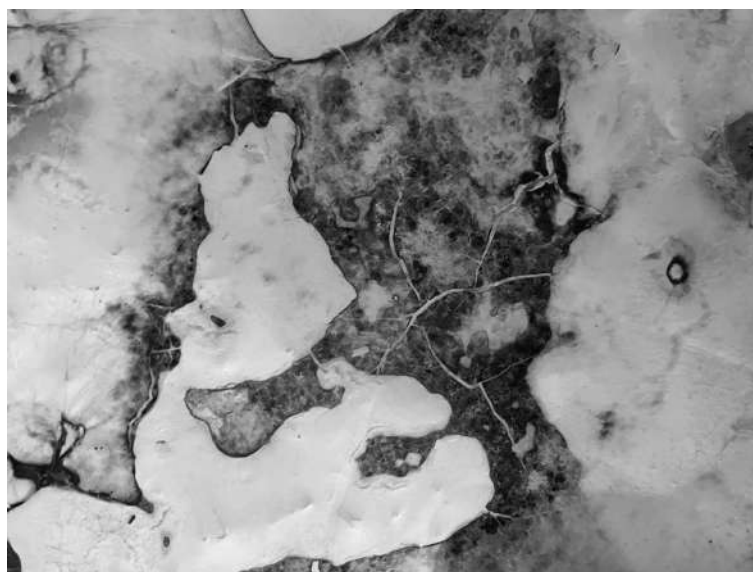
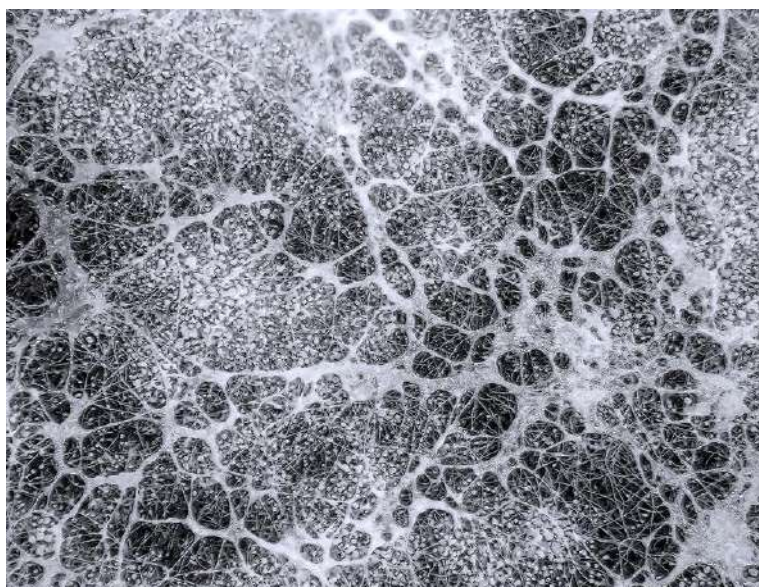
Merlin Sheldrake: Az élet szövődése, Budapest 2020, p. 13.

Röviden,

a micélium valójában a gomba vegetatív része, mely a természetben a föld alatt, fatörzsekben stb. él vagy ellenőrzött körülmények között megfelelő szubsztrátumban. Lényegében a gombafonalak - *hifák* - létrehoznak egy komplex hálózatot, mely a sűrűn átszövi a szubsztrátumot (a közeget, melyben a kolónia él). A micélium hálózat a szubsztrátumból vesz fel tápanyagokat és erőforrásokat a növekedéshez, melyet többek közt a hőmérséklet, a relatív páratartalom és a fényviszonyok is befolyásolnak. Ennek az organizmusnak fontos jellemzője, hogy sokféle szubsztrátumban képes növekedni, mint a mezőgazdasági hulladék, a kávézacc, fűrészpor stb. A micélium cellák lényegében egy cellás, a polimerekhez hasonló struktúrát hoznak létre, miközben felélik a szubsztrátumot. Ezen felül a növekedés folyamata lehetővé teszi, hogy a micéliummal kevert közeget formába helyezzük, s így a az anyag felveszi annak formáját. Ez a folyamat 6-8 napot vesz igénybe megfelelő körülmények között. Miután az a kellő mértékű átszövődés megtörtént az anyag kikerül a formából (célszerű előszövetni az anyagok tömegével, ekkor a formázási idő csökken). Ekkor az addig formához szorított felületeket oxigén éri, ennek hatására megindul a termőtest képződés. Ekkor a külső felületén bársonyos tapintású, bőrszerű anyag képződik. Ez először homogén törtfehér, majd később foltossá válik. Ezt követően ki kell szárítani (levegőn vagy magas hőmérsékleten), ekkor a micélium hálózat élettelené válik, viszont a struktúra mely az eredeti

szubsztrátummal szorosan összefonódott megmarad. Ezt a cellás, lebomló anyagot nevezzük micélium biokompozitnak.

micélium struktúra



micélium biokompozit

TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT ISMERTETÉSE

I. Szalma behordása a raktárba.

II. Aprítás (villanymotoros aprítógéppel).



III. Pasztörizálás forró vízbe, ugyanis a felhasznált szalmának csíramentesnek kell lennie. Innentől a folyamat minden szakaszában fontos a sterilitás, máskülönben felülfertőződhet, ekkor lényegében bepenészedik. A fertőtlenítést tömény izopropil alkoholos oldattal kell végezni.



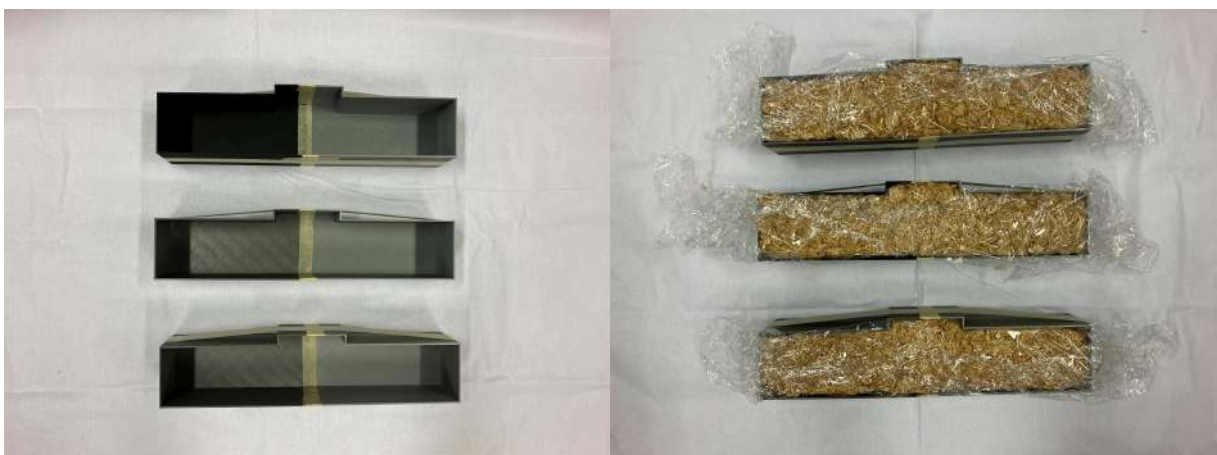
IV. Keverés, ekkor a steril szalmát összekeverik az agaron nevelt pecsétviaszgomba /*Ganoderma lucidum*/ szaporító anyagával, a gomba micéliumával. Fontos, hogy nem csak ezzel a gombával végezhető a folyamat (pl.: taplógomba, laskagomba stb.)

V. Zsákolás, amikor légmentesen zárható plastik zsákokba kerül a beoltott szubsztrátum. Itt hagyni kell a folyamatot 7-10 napig érintetlenül, hogy a gomba kellő képp át tudja szőni a szubsztrátumot.



VI. Formázás, amikor vályogvetés szerűen zsaluzatokba kell helyezni az anyagot. Fontos, hogy a formába helyezés előtt elő kell keverni pl.: liszttel, ami tovább indukálja a folyamatot energiatartalma miatt. A lejtésképzés esetében folyamatosan változó vastagságú elemeket kell tervezni. Ezt számítógépes tervezéssel, majd 3D nyomtatott zsaluelemekkel érdemes kivitelezni. A zsaluelemek felületének kellőképp simának kell lennie. Máskülönben a gomba rászövődik. A modell esetében ezt fóliával korigáltam. A formázás ideje hozzávetőlegesen 7 nap. A megfelelő páratartalom biztosítása érdekében zárt polcokon kell tárolni a teljes formázási idő alatt.

A folyamat félidejében az alapot egy 60x120-as, 1 cm vastag bükkfa rétegeltlemezre fordítottuk, így a tartást az adja majd. A gomba a fa felületre rászövődik.





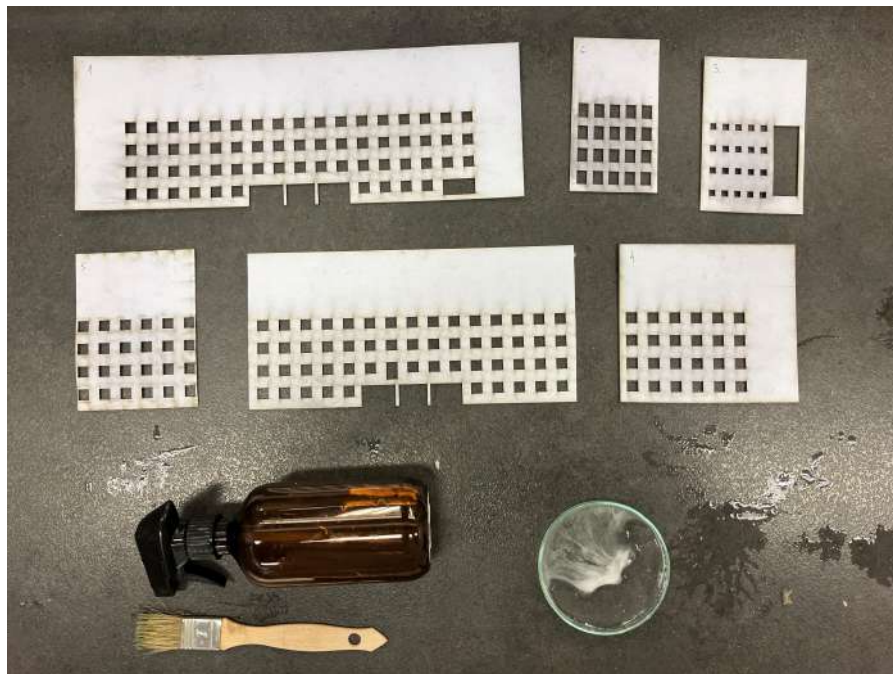
VII. Forma eltávolítás. Ekkor a formákat érdemes egyből megtisztítani, ugyanis a levegő csíramentességére fontos figyelni. A tér, ahol ez készül rendelkezzen elszívó berendezéssel, jobb esetben csíraölő lámpákkal.

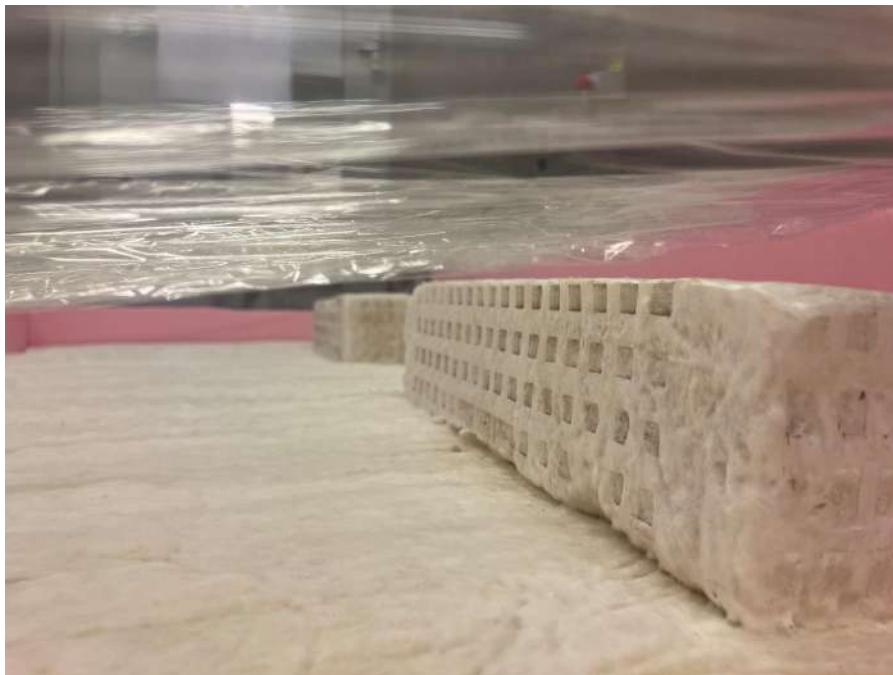


VIII. Bőrösítés, ekkor a formából eltávolított anyag teljes felületét éri az oxigén, ami lényegében beindítja a gomba termőtest képződését. Ez lényegében egy puha felületképzést hoz létre. Tapintásra a bársonyhoz lehetne hasonlítani. A folyamat nagyjából 3-6 napot vesz igénybe, itt is figyelni kell a megfelelő páratartalom biztosítására.



IX. A bőrösítés folyamata alatt lehetőség van az anyag felületén módosításokat végezni. A makett esetében a homlokzat plastikáját szerettem volna érzékelteni. Ehhez tömény fertőtlenítős oldatot, ecsetet és a homlokzat lézerrel kivágott sablonjait használtam. Itt is fontos volt (bár már a gomba teljesen átszótte a szubsztrátumot) a sterilitás, felületfertőtlenítés. A felület kiterjedése miatt a levegőbe is fújtam fertőtlenítő sprayt. A sablonokat a homlokzat elé helyeztem majd átkenntem az oldattal. Ahol a szer érte a gomba felületét, ott az elhalt. A későbbiekben a gomba "begyógyítja" a nyílások felületeit, viszont a kialakult új bőrréteg vékonyabb lesz, tehát a homlokzati sík ott mélyebben lesz. A folyamat miatt a bőrösítést folytatni kell kb. 3 napig.





X. Amikor elérte a kívánt felületi érettséget elkezdhetjük kiszárítani. Ez történhet erre alkalmas meleg levegős szárítógépben vagy levegőn. A makettet a MOME micélium biokompozit kutató laborjában szárítottam ki. A labor rendelkezik elszívó berendezéssel, ráadásul igen meleg. A szárítás ideje így a módszertől és a biokompozit vastagságától függ.

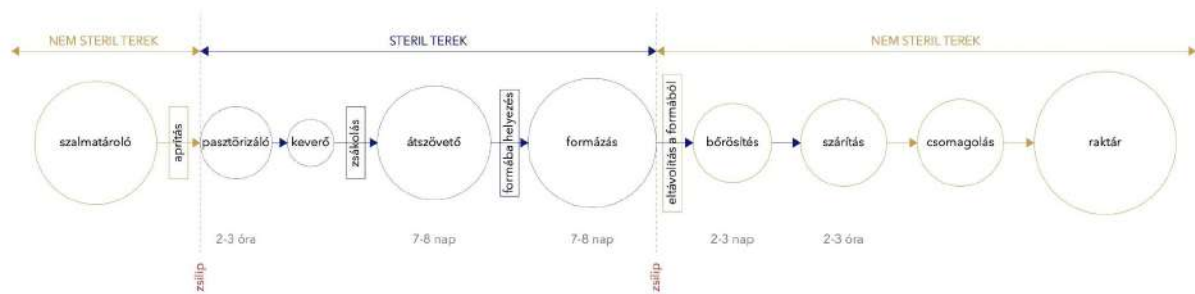




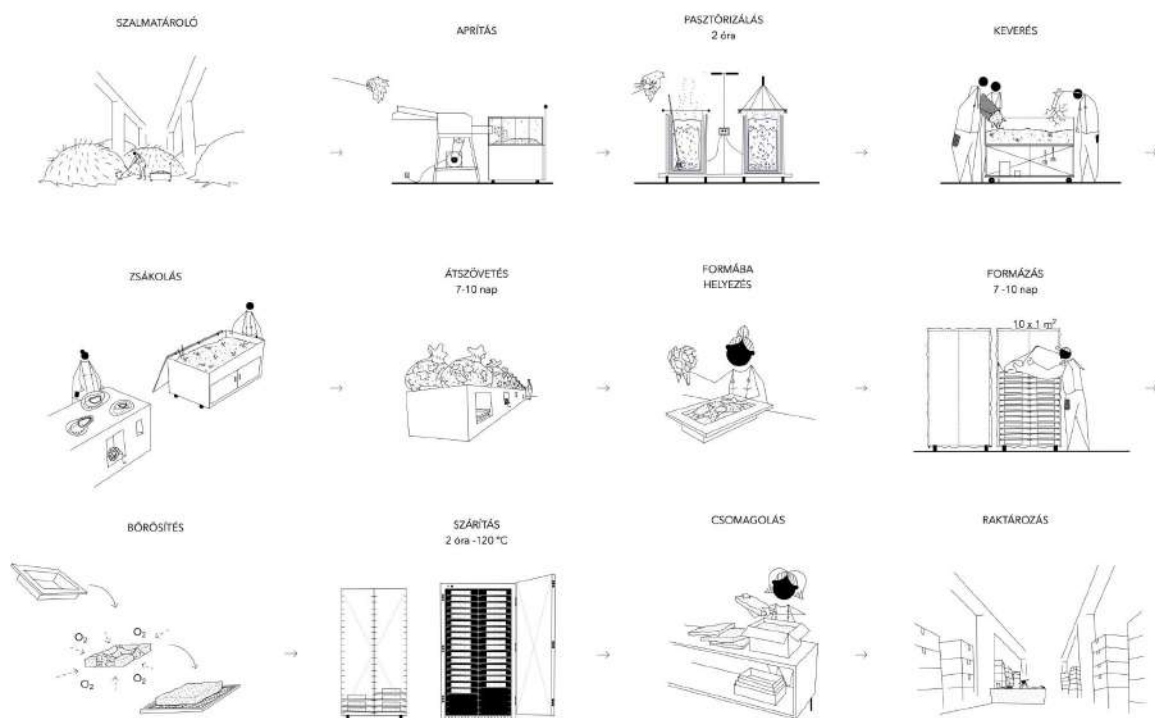




A MANUFAKTÚRA FOLYAMATÁBRÁJA (helyigény arányosan)



A MANUFAKTÚRA FOLYAMATÁNAK BEMUTATÁSA



FELHASZNÁLÁS

Az felhasználása nagyon változatos. Alább a teljesség igénye nélkül néhány felsorolásra került:

- *csomagolóanyag*
- *építőanyag, hőszigetelés*
- *műbőr*
- *akusztikai panel*
- *használati tárgyak (lámpa, szék stb.)*
- *installációk*



GYÁRTÓK

Ecovative

<http://ecovative.com>

műbőr, építőanyag, csomagolóanyag

BIOHM

<https://www.biohm.co.uk/mycelium>

lebomló építőanyag, hőszigetelés

Bolt Threads

<https://boltthreads.com/about-us/>

elsősorban műbőr

Mycotech Lab

<https://www.mycl.bio/>

micélium alapú kiegészítők, szövetek, műbőrök

MOGU

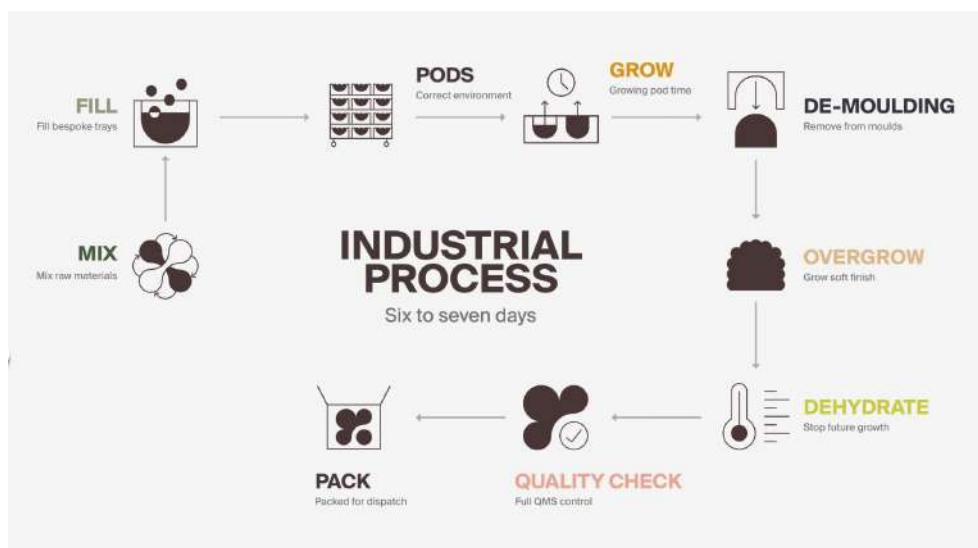
<https://mogu.bio/>

belsőépítészeti termékek (pl.: akusztikai panel)

Magical Mushroom Company

<https://magicalmushroom.com/>

csomagolóanyagok



forrás: <https://magicalmushroom.com/manufacturing/growing-process>

ANYAGJELLEMZŐK

A tervezés alatt elsősorban Critical Concrete csapata által készített összehasonlító táblázatot használtam. Ezen felül igyekeztem minél több helyről tájékozódni, hogy a lehető legpontosabb értékekkel kalkuláljak.

	Plant based					Recycled			Animal based	
	HEMP	STRAW	FLAX	MYCELIUM	CORK	WOOD FIBER	GRASS	CELLULOSE	COTTON	WOOL
Thermal Conductivity	0.038-0.066 W/mK	0.038-0.067 W/mK	0.038-0.042 W/mK	0.03-0.09 W/mK	0.037-0.50 W/mK	0.038-0.042 W/mK	0.034-0.041 W/mK	0.037-0.043 W/mK	0.035 W/mK	0.033-0.040 W/mK
Specific heat capacity	1200-1220 J/kg.K	1660-1710 J/kg.K	1200-1220 J/kg.K	1200 J/kg.K	1200-1200 J/kg.K	1660-1710 J/kg.K	1600-1600 J/kg.K	1300-1300 J/kg.K	1200-1220 J/kg.K	1200-1220 J/kg.K
CO2 footprint (primary production)	1.54-1.80 kg/kg	-1.1-0.9 kg/kg	0.42-0.46 kg/kg	Negative	0.733-0.839 kg/kg	0.8-0.661 kg/kg	Negative	Negative	7.33-8.33 kg/kg* (before recycling)	35-30 kg/kg* (before recycling)
Water usage (primary production)	3.403-3.603 L/kg	665-766 L/kg	203-3.303 L/kg	/	665-766 L/kg	665-766 L/kg	/	/	7.403-8.303 L/kg	4.703 L/kg
CO2 balance and CO2 sequestration rate	"One hectare of industrial hemp can absorb 15 tonnes of CO2 per hectare". A negative CO2 footprint can be achieved.	"A straw bale wall actually sequesters 22.8 kilograms of CO2". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Flax plants on one hectare absorb more than a 2 metric tons of carbon dioxide and convert it into oxygen".	"Sequesters at least 16 tonnes of carbon per month". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Every year the cork forests retain up to 14 million tons of CO2". A negative CO2 footprint can be achieved.	"A timber weight is generally 95% carbon which means 95kg of carbon sequestered per kg of wood. 1.83 kg of CO2 is removed from the atmosphere for every kg of wood products used". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Captures 1.5kg of CO2 per kg of product". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Helps lower carbon emissions by recycling fashion waste stream and is made from recycled plant fibers & carbon is also locked in for the life of the product". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Helps lower carbon emissions by recycling fashion waste stream and preventing garments from ending up in landfill". A negative CO2 footprint can be achieved.	"Wool sequesters carbon and other chemicals. 1 kg of clean wool equals to 3 kg of CO2 stored".
Binders	Can be interlarded with flax, kenaf or other fibers or mixed with clay or lime, creating hempcrete.	Does not contain any binders.	Can contain polyester binder (non-renewable)	Mycelium IS the binder. Contains commercial and agricultural by-products on its mix with insulating properties.	Releases natural glue (suberin) by heating and pressure. No other binders or chemicals are used in the process.	Releases natural glue (suberin) by heating and pressure. In some cases synthetic glue can be added. Usually contains polyester binder (non-renewable)	Made by means of Aitay technology (needle punching). Can contain other natural binding fibers like jute or synthetic fibers.	Does not contain any binders.	Intertwined around 15% is polyester bonding fibre.	Contains recycled polyester binder. Can contain polyester binder (non-renewable). Other binders can be used.
Treatment	Natural fire resistant but can be additionally treated with non-toxic flame retardants like silica.	Requires fire treatment. Can be chemical (boric acid) or natural (leek).	Requires fire treatment. Can contain chemical flame retardant and biocide.	Needs no treatment	Needs no treatment	Requires fire and waterproof treatment. Can contain chemical fire retardant and petrochemical weatherproof wax.	Requires fire treatment.	Requires fire and fungicide treatment. Usually non-hazardous chemicals.	Requires fire and fungicide treatment.	Requires fire treatment. Can contain chemical flame retardant and biocide. Can contain polyester binder (non-renewable). Other binders can be used.
Source	Renewable Hemp harvest streams	Renewable Grain harvest streams	Renewable Linen discarded fibers	Renewable Different waste streams	Renewable Oak bark	Renewable Wood industry streams	Renewable Waste streams	Renewable Recycled paper	Recycled pre-consumer clothing scraps	Renewable or recycled Wool discarded fibers
End of life	Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Reuse. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Reuse. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Reuse. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Reuse. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Reuse. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Reuse. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Recycle. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.	Recycle. Downcycle. Compost for energy recovery. Biodegrade. Landfill.
Price of the raw material	0.594-1.8 €/kg	0.0091-0.045 €/kg	0.04-2.48 €/kg	DIY	1.41-12.1 €/kg	0.488-0.843 €/kg	/	/	1.81-4.88 €/kg	1.89-3.71 €/kg
Form	Batts or boards	Panels and bales	Roll or batt	Panel	Boards and panels	Boards	Roll or batt	Loose or blown	Roll or batt	Roll or batt

Substrates	Fungal Species	Parameters *		
		Moisture Content (%)	Density (kg/m ³)	Shrinkage (%)
Sawdust	<i>Ganoderma fornicatum</i>	62.01 ± 0.64 b	337.21 ± 13.36 ab	8.86 ± 1.17 b
	<i>Ganoderma williamsianum</i>	61.34 ± 0.73 b	331.44 ± 9.39 a	8.40 ± 1.28 b
	<i>Lentinus sajor-caju</i>	61.23 ± 0.53 b	340.31 ± 16.41 a	8.10 ± 1.89 b
	<i>Schizophyllum commune</i>	64.23 ± 0.55 a	318.59 ± 8.14 b	10.83 ± 1.39 a
Corn husk	<i>Ganoderma fornicatum</i>	66.98 ± 0.51 b	232.11 ± 11.52 ab	12.64 ± 2.70 b
	<i>Ganoderma williamsianum</i>	65.11 ± 0.59 c	239.54 ± 8.65 a	12.32 ± 1.36 b
	<i>Lentinus sajor-caju</i>	64.94 ± 0.62 c	240.99 ± 15.61 a	11.91 ± 1.92 b
	<i>Schizophyllum commune</i>	70.22 ± 0.32 a	220.74 ± 11.22 b	15.27 ± 1.45 a
Rice straw	<i>Ganoderma fornicatum</i>	70.13 ± 0.65 bc	219.46 ± 8.29 a	14.26 ± 2.26 b
	<i>Ganoderma williamsianum</i>	69.55 ± 0.48 c	221.05 ± 15.01 a	13.95 ± 0.80 b
	<i>Lentinus sajor-caju</i>	70.48 ± 0.56 b	222.76 ± 2.81 a	13.26 ± 1.03 b
	<i>Schizophyllum commune</i>	74.51 ± 0.73 a	198.84 ± 10.17 b	16.31 ± 1.00 a

* The results are mean ± standard deviation. Different letters in the same column in each substrate type are considered significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

forrás:

<https://criticalconcrete.com/natural-insulation-what-do-you-need-to-know/>

Aiduang, W.; Kumla, J.; Srinuanpan, S.; Thamjaree, W.; Lumyong, S.; Suwannarach, N. Mechanical, Physical, and Chemical Properties of Mycelium-Based Composites Produced from Various Lignocellulosic Residues and Fungal Species. *J. Fungi* 2022, 8, 1125. <https://doi.org/10.3390/jof8111125>

szemléltető videók:

<https://www.youtube.com/watch?v=c6nurN-Hii8>

https://www.youtube.com/watch?v=1jMUwTI_fkA

további források:

<https://www.researchgate.net/search.Search.html?query=mycelium+biokomposite&type=publication>

<http://epiteszforum.hu/epiteszet-es-biodesign-v-micelium--the-growing-pavilion>

https://www.researchgate.net/publication/359198868_Mycelium-Based_Composite_The_Future_Sustainable_Biomaterial

<https://criticalconcrete.com/?s=mycelium>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmats.2021.737377/full>

<https://www.mdpi.com/2309-608X/8/11/1125>