

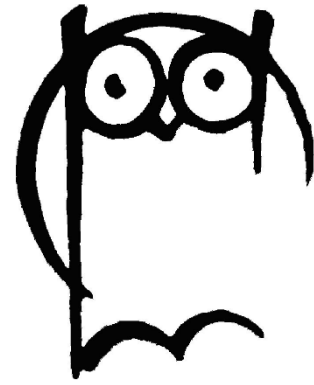
Debreceni Egyetem Műszaki kar
Építészmérnöki Tanszék, 2026.

Szalmabála építészet TDK és szakdolgozat

Szerző: Havasi Panna Flóra
Konzulens: Tarcsi László
Tanszékvezető: Vági János DLA



Debreceni Egyetem
Műszaki Kar
Építészmérnöki Tanszék



Szalmabála építészet

Szerző: Havasi Panna Flóra **MSc hallgató**

Témavezető(k): Tarsai László
Tanszékvezető: Vági János DLA

Debrecen

2025.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezető.....	3
1.1	Absztrakt:	3
1.2	Témafelvetés	4
1.3	Problémfelvetés.....	5
1.4	Kutatás módszertan.....	5
2.	Fenntartható építészet/ fenntartható anyagok megismerése	6
2.1.	Fenntarthatóság.....	6
2.2.	Fenntartható építészet	6
3.	Szalma, mint növényi származék	7
4.	Szalmabála, mint építőanyag	8
4.1	Szalmabála építészet történeti áttekintése	8
4.2	Építési szalma	9
4.3	Technológiák	13
4.4	Szalmából gyártott építőanyag típusok	20
4.5	Hőszigetelés/ utólagos hőszigetelés	22
5.	Szabályozások.....	23
5.1	A Fenntartható építészetet formáló nemzetközi és hazai szabályozások	23
5.2	A szalmabála építészetre vonatkozó szabályozások napjainkban.....	23
6.	Léptékek és funkciók.....	25
6.1	Installáció.....	25
6.2	Családház	26
6.3	Középület	30
7.	A használt építőanyag találkozása a koncepcióval.....	33
7.1	Játék a falvastagsággal.....	33
7.2	Mint látszó felület vagy burkolati elem	34
7.3	Fenntarthatóság hírnöke	36
8.	Interjú:.....	38
8.1	Bevezetés	38
8.2	Révész Márton	38
9.	Zárás	40
9.1	Konklúzió.....	40
9.2	Kutatás folytatásának lehetősége.....	40
10.	Forrásjegyzék:.....	41
11.	Kép- és táblázatjegyzék:.....	44

1. Bevezető

1.1 Absztrakt:

A tanulmány bemutatja a fenntartható építőanyagok sajátosságait, hosszútávú előnyeit és hátrányait, azok környezeti, gazdasági és társadalmi hatását. A fenntarthatóság az építészet egyre fontosabb szempontjává válik. Elengedhetetlen, hogy jobban megismerjük azokat az anyagokat és technológiákat, amelyek a jövőben markánsan befolyásolják a tervezést.

A témát szűkítve a szalmabálákra kerül a hangsúly, mivel ez az anyag nemcsak környezetbarát, hanem megújuló erőforrás is. Az utóbbi években egyre szélesebb körű figyelmet kap az alternatív építési módszerek között. A folyamat lassú. Áttekintem a szalmabála szerkezeti tulajdonságait, gyakorlati alkalmazását különféle épülettípusokban, és azokat a társadalmi, gazdasági és környezeti tényezőket, amelyek elősegíthetik vagy akadályozhatják elterjedését. Környezetemben is látok ennek használatára jó mintát. Megfelelő tervezéssel és kivitelezéssel a szalma hatékonyan beilleszthető a modern építészetbe is. Az anyag első, építkezés céljából történő felhasználásáról szóló példák, és a kialakulásának/ elterjedésének történelme, segítenek megérteni a jelenlegi építkezési módok mögött húzódó rendszert. A régi módszerek modernizálása és adaptálása jó alapot nyújt. Ma már a szalmabála egyre népszerűbb a fenntarthatóságra törekvő közösségek és tervezők körében. Többféle funkciót láthat el egy térben, épületben. A szalmából támogatott szerkezettel (pl.: faváz), vagy kis léptékben anélkül, falak húzhatók. A meglévő épülethez történő hozzáépítés, de a különböző eljárásokkal készült építőanyagok, az utólagos hőszigetelés is terjedni látszik. Legkisebb léptékben az installációkban jelenik meg téralkotó szerepben, tulajdonságai itt jól kiteljesülhetnek. A családi ház méretű építkezések gyarapodnak. A nagyobb méretre váltást népszerűbbé teszi az egyre elterjedtebb moduláris, előregyártott elemes felhasználásuk is. Ezzel könnyebbé és gyorsabbá tud válni a folyamat. Középületekben történő használata a szükséges méretek és a különböző, funkcióból adódó igények miatt még gyerekcipőben jár, de pont ez az említett modularitás lehet a terjeszkedésének kulcsa. Mára több példa is van iskolákra, közösségi házakra vagy látogatóközpontokra ezzel a technikával. A szalmabála nagyon jó hangszigetelés, ami ideálissá teszi közösségi terekhez, iskolákhoz, irodákhoz is. A jelenleg legnagyobb alapterületű, szalmabálából épült West Logistic Center hollandiai épületének munkálatai még folyamatban vannak, 40.900 nm szalmabála falpanel kerül beépítésre, ami ígéretes.

Magyar és külföldi középületek, családi házak és pavilonok, installációs példák felhasználásával szeretném kibontani, hogy milyen, amikor a szalma nem pusztán egy alternatív építőanyagként

jelenik meg, hanem a teljes tervezési koncepció szerves részévé válik, akkor a tervezés folyamata egészen más alapokra helyeződik. Ilyenkor nem csupán arról van szó, hogy egy építész „szalmával is dolgozik”. Az anyag fizikai, esztétikai és filozófiai sajátosságai irányítják az egész gondolkodást, befolyásolja a beépítést, a formaalakításon át egészen a részletképzésig hatással van. A szalmabála például méretéből és hőtechnikai viselkedéséből adódóan, másféle falvastagságokat, nyílásarányokat, mély ablakfülkéket kíván. Ha ezt már a legelején figyelembe veszik, akkor ezek karakteres térformáló elemként jelennek meg. Ha szalmát vizuálisan is beemelik a koncepcióba (például látható falpanelek vagy akár burkolati elemek formájában), az különösen fontos lehet olyan közösségi terek vagy középületek esetében, ahol az épületnek szerepe van a fenntarthatóság kommunikálásában is. Amikor a szalma ilyen szinten integrálódik a tervezésbe, az nemcsak technológiai kérdést, hanem szemléletváltást is jelent.

1.2 Témafelvetés

A 21. század egyik legnagyobb kihívása a környezeti erőforrások fogyatkozásával való szembenézés, a fenntartható helyettesítő opciók keresése. *„A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációinak azon képességét, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.”* [2.]. A klímaváltozás, a természeti erőforrások kimerülése és a társadalmak növekvő energiaigénye mind arra készítetik az emberiséget, hogy újragondolja fogyasztási és termelési szokásait. Ez alól az építészet sem lehet kivétel.

A fenntartható építőanyagok használata ma már nem pusztán egy opció vagy a jövőbe mutató, sci-fi-be illő téma, hanem elengedhetetlen kérdéskör. Az építkezésről való gondolkodás kapcsán a klímavédelemről és fenntarthatóságról szükségszerű gondolkodni. Az építőipar a világ egyik legnagyobb környezeti terhelést okozó ágazata, amely az energiateljesítmény és a szén-dioxid-kibocsátás jelentős hányadáért felelős [3.]. A klímaváltozásra az épületeknek is megfelelő választ kell adniuk. A jövő építészetében ezért kiemelt figyelmet kell fordítanunk azokra a természetes, megújuló erőforrásokból származó anyagokra és technológiákra, amelyek csökkenthetik a környezeti lábnyomot az építkezések, majd üzemeltetések során is. Ezen anyagok a körébe tartozik a szalma is, amely nemcsak könnyen elérhető, már kitermelt, de fel nemhasznált anyag, hanem energiatakarékos és sokoldalúan alkalmazható.

1.3 Problémafelvetés

A szalmabála-építkezés történeti gyökerei több, mint egy évszázadra nyúlnak vissza, ennek ellenére sokáig nem volt jelentős szerepe. Elterjedését a technológiai korlátok, a szabályozási akadályok és a társadalmi előítéletek egyaránt lassították. Gyakran tekintettek (/és tekintenek) rá ideiglenes, kevésbé tartós, esetenként tűzveszélyes megoldásként. Dolgozatom célja a sztereotípiák eloszlatása. Ma, amikor a fenntarthatóság kérdése központi szerepet játszik, újra érdemes átgondolni a kérdést: hogyan válhat a szalmabála a modern építészet széles körben alkalmazott, környezetbarát megoldást biztosító építőanyagává? Elfogadtatható-e széleskörben?

Különösen érdekes téma lehet, „léptékfüggetlenné” tenni a szalmabálás építkezést. Szerepét ne csak családiházakban lássuk, akár kisebb installációk és pavilonok anyaga is lehet, de nagyobb középületekben, például oktatási és irodai terekben is megjelenik. Ez felveti annak lehetőségét, hogy az anyag a kísérleti jellegén kívül, a moduláris, ipari léptékű alkalmazások felé is nyisson. Ezek a módszerek a könnyebb szabványosítás által új kapukat nyitnak.

1.4 Kutatás módszertan

Szeretném áttekinteni a fenntartható építőanyagok általános sajátosságait, majd ezen belül a szalmabála szerkezeti, hőtechnikai és esztétikai jellemzőit. Feldolgozom a történeti hátteret, bemutatom a múlt és a jelen technológiai megoldásait, a történelem segít megérteni a jövőt. Ismertetem a jogszabályi környezetet. Az elemzés során nemzetközi és hazai szakirodalmat, többféle léptékű építészeti példákat is felhasználok. Interjút készítek Révész Márton természetvédelmi mérnök, szalmaház építővel a témában, aki maga is szalma- vályog házban él évek óta.

2. Fenntartható építészet/ fenntartható anyagok megismerése

2.1. Fenntarthatóság

"Miután reggel gondosan rendbe szedte magát az ember, gondosan rendbe kell szednie a bolygóját is" [1.]

A fenntarthatóság fogalma napjainkban egyre hangsúlyosabban jelenik meg az élet minden területén, a tudományban és a mindennapokban is. Lényege, hogy úgy tudjunk működni, hogy nem rövid távú haszon legyen a cél, hanem hosszabb távú egyensúlyra törekedjünk. Ez azt jelenti, hogy a természeti erőforrásokat nem szabad kimeríteni, a környezetet nem szabad helyreállíthatatlanul károsítani, miközben figyelembe kell venni az emberek társadalmi jólétét és gazdasági lehetőségeit is. A fenntarthatóság alapja tehát a környezet, a társadalom és a gazdaság. Ezek együttese az, amivel biztosíthatjuk az élhető jövőt hosszútávon. Ez egy törékeny egyensúly, ha nem koncentrálnánk minden oldalra egyformán, könnyen előfordulna, hogy kimerítjük a természeti erőforrásokat, vagy növeljük a társadalmi egyenlőtlenségeket. A környezet megőrzése nélkül a gazdaság hosszú távon nem tartható fenn, a társadalmi stabilitás hiánya pedig gátolja a fejlődést, és visszahat az emberek életminőségére. Gyakorlati szinten mindez a mindennapi döntéseinkben is megjelenik. Érinti az energiafelhasználást, a mezőgazdaságot, a közlekedést, a fogyasztási szokásokat és az életmódot is. Hétköznapi példa erre az energiahatékonyság növelése, a megújuló források előnyben részesítése, a hulladék mennyiségének csökkentése, vagy a közlekedési és háztartásban bevett szokások átalakítása. A kicsi is számít, akár egy nem folyamatosan folyó víznél történő mosogatás vagy fogmosás. Sok kicsi sokra megy. Minden döntésnél mérlegelni kell, hogy annak milyen következményei lesznek a jövő generációkra nézve. A fenntarthatóság tehát nem egyszeri intézkedés, hanem egy folyamatos közös felelősségvállalás, lényege, hogy az ember és a természet harmonikus együttélése fennmaradhasson. [4.]

2.2. Fenntartható építészet

A fenntarthatóság elve számos területen megjelenhet. Ezek közül kiemelt szerepe van az épített környezetnek. Az építés, városfejlesztés, urbanizáció az energiafelhasználás egyik legnagyobb hányadát adja, a nyersanyagok merülésének egyik jelentős oka. Az, hogy milyen anyagokból, milyen technológiával és milyen szemléletben építünk, hogy megfelelő-e a fény mennyiség, a szellőztetés kialakítása, szerepet játszik fizikai és mentális egészségünk megőrzésében,

életminőségünkben. Nemcsak az adott generációra van hatással, hanem évtizedekre előre alakítja a környezetet. Ezért vált kulcsfontosságúvá az építészetben a fenntarthatóság kérdése, ami nem csak energiatakarékosság, hanem átfogó gondolkodás és egymásról való gondoskodás.

A korábban inkább szegénységből vagy anyagihiányból adódó építkezési anyagok és módszerek reneszánszukat élik, ugyanis modern köntösben tálalva felfedezhető ezen anyagok számos pozitív tulajdonsága.

Nem is gondolnánk hazánkban, Magyarországon mennyire népszerűek például a vályog- és földfalas épületek. 2016-ban a lakosság 13%-a ilyen épületekben élt a KSH adatok szerint [6.]. Azonban sajnos ezek gyakran nem a megfelelő módon, csak hagyományban öröklődő szabályrendszer alapján épültek, nincsenek rendszeresen karbantartva, így megítélésük negatív, pedig egyáltalán nem az anyag a probléma forrása. Kellemes klímája, ami nyáron kellemes hűvöset nyújt, télen pedig jól megtartja a meleget, az ilyen házak sajátja. Ez építőanyag hasonló cipőben jár a szalmával, gyakran ötvözik is őket. [4.]

3. Szalma, mint növényi származék

A szalma a gabonafélék és más szálás növények (pl.: borsószalma) betakarításakor, a cséplés után visszamaradó üreges, kiszáradt szára, értékes melléktermék, megújuló alapanyag. A sárga, sprőd szálakat cellulóz, lignin és kovaföld alkotja, felülete víztaszító. Szilikáttartalma miatt lassan bomlik le.

Gyakran használják állatok takarmányozására, tápértékük eltérhet attól függően, mikori a termés. A kevésbé jó minőségű szalma alkalmas talaj lazítására, tökéletes almot kínál az istálló állattartáshoz. Az ürülékkel vegyített elegye trágyaként is hasznosítható. Tüzelőanyagként és rostlemezek alapanyagaként is felhasználható. A szalma előkerül a kézművesiparban akár apró díszek (pl.: karácsonyfadíszek) vagy egyéb tárgyak (pl.: szalmakalap) formájában.

Az építkezéseken is megjelenhet, erre legmegfelelőbbek a búza-, tönköly- és rozsszalma, az árpa és rozs szalmája kevésbé stabil. Európában rég megjelenik akár tetőfedés (zsúpszalma), hőszigetelésként vagy falazatként.

[10.] [11.] [13.]

4. Szalmabála, mint építőanyag

4.1 Szalmabála építészet történeti áttekintése

A szalmabála építészet történelme régre nyúlik vissza. Magát a technika alapjait még az ipari forradalomban a bálázógép adta meg 1880-ban. Az 1800-as évek végére meg is születtek az első ilyen jellegű technikával készült építmények. Az első ismert, még ma is álló szalmabála épület az USA területén, Nebraskában épült (1901.). A rabszolgapfelszabadítást követő időszakban egyszerre volt jelen a mezőgazdasági ismeretekkel rendelkező réteg és a lakásigény. Egyre több farm alakult, ahol az óriási gabonatermő területek voltak jelen. A növények feldolgozása fokozatosan egyre a gépesítés irányába haladt, és az állattartás mértéke nem volt megfelelően arányos ezzel a tempóval. Sok szalma maradt fenn. Hiánycikk volt a fa Sand Hills területén, ehelyett kerestek valami megoldást így épültek itt ideiglenes megoldásként a problémára szalmabálából családiház, majd házak, valamint közintézmények, pl.: iskola. A szalmabálák téglára emlékeztető formája jó alapot nyújtott az építkezéseken történő használatához. Kezdetben csak belső sártapaszolással látták el az építményeket, majd mikor érezték, hogy az így kialakított hajlékok tartóssága jobb, mint kezdetben vélték megkapták a külső tapasztolást is. Az első ilyen épületek sok esetben hasonlítottak a vályogépítészet darabjaira. Valószínű ez a hasonlóság abban is állt, hogy az egyik legnagyobb veszély mindkettőre tekintve a víz, valamint mindkettő kézi technikával készül. Közös tulajdonságaik miatt mai napig gyakori a két anyag ötvözése, a későbbiekben én is hozok rá példát.

A kezdetben elterjedt, önhordó falazó módszeres szalmabála építési technikát azóta is Nebraska- stílusú épületeknek nevezzük. Ezekben a bálákat jellemzően a téglakötéshez hasonló módon alkalmazták, vályoghabarcsba, vagy anélkül. Ez a technika csak kisebb alapterületű épületeknél működik igazán.

Ahol a fa jellegzetesebb anyag, ott már a favázat kitöltő anyagként jelenik meg a szalma, a rönkházak költséghatékonyabb változataként. Ez a fajta faváz merevítés biztosítja, hogy nagyobb alapterületű épületek is épülhessenek. Ez napjainkban is jelenleg a legnépszerűbb megoldás.

Bár vannak tűzveszélyesebb területek, vagy tűzveszélyesebb szalmafélek (pl.: magasabb olajtartalmú növény) ezek ellen is megvolt/ megvan a megfelelő védekezési mód. Préritüzes területeken, háromszor, így összesen 8cm vastagon, vakolták a felületeket, így azok védelmét biztosította a vályogszerű sárvakolat. Így lehet az, hogy pont a szélsőséges időjárási skálát felmutató Észak- Amerika az őshazája ennek az építési módnak sivatagi területektől és hideg égövi jellemzőktől függetlenül.

[5.] [12.]

4.2 Építési szalma

A szalma, mint építőanyag, általános tulajdonságai

Mechanikai			
Sűrűség - ρ	Nyomószilárdság - σ_c	Young modulusa - E	Süllyedés - mm/m
80 / 100 / 210 [kg/m ³]	0,03 / - / 0,08 [MPa]	0,4 / 0,5 / 0,55 [GPa]	30 / - / 40 [mm/m]

Higrotermikus			
Hővezető képesség - λ	Hőkapacitás - c	Vízgőz diffúziós ellenállás - μ	Effuzivitás - E
0,038 / 0,052 / 0,08 [W/(m*K)]	1400 / 1500 / 2000 [J/(kg*K)]	1 / 1,15 / 2,5	- / - / 0,7 [Hőmérséklet*négyzet(h)/(m*K)]

Akusztikus
Hanggátlási index - R_w
- / 53 / - [dB]

Tűz	
Tűzreakció	Tűzállósági osztály
- / B2 / - [DIN EN 13501-2]	- / F90 / - [DIN EN 13501-1]

1.táblázat [24.]

A szalma a gabonatermesztés mellékterméke, így könnyen elérhető és megújuló erőforrás. Előállítására kevés energiát igényel más anyagokkal ellentétben, mint pl. a beton vagy téglák, így ökológiai lábnyoma alacsony. A megújulása abban rejlik, hogy élettartama végén természetesen lebomlik. Felmerülhet a kérdés, hogy jó-e, ha lebomlik? Természetesen megvan a módja annak, hogy míg igényünk van az épület használatára addig ez a tulajdonsága ne okozzon gondot. Ezt arra vonatkozik, ha egyszer elbontják, akkor a szalma természetes módon, környezetkárosítás nélkül le tud bomlani. Az építésre szánt szalmabáláknak vannak bizonyos fizikai tulajdonságok, amelyek alkalmassá teszik őket arra, hogy az építkezéseken főszerepbe kerüljenek. A szalma előnye, hogy nagy tömegben, olcsón megtalálható anyag, amely építésre alkalmas, viszonylag gyors építési idővel jár, emellett jó minőségű falszerkezet jön létre. Mikor arról beszélünk előny, hogy olcsó építőanyag, szem előtt kell tartani, hogy a falak ára az építkezés csupán 10-12%-a [31. 22.o.], tehát nem minden a szalmán múlik. Emellett fontos megemlíteni, hogy az így létrejövő külső- belső terek kedvező pszichés hatással bírnak, ezt a későbbiekben részletesebben kifejtem.

Fontos, hogy száraz, sűrűre préselt szalmát alkalmazzunk, ez a sűrűség körülbelül 150 kg/m³. [31.] Ez több szempontból is lényeges. Szilárdságot ad a falnak és nagyobb teherbírást, ugyanakkor a tartóssága is ebben rejlik. A szalmaház nem bomlik le addig, amíg szárazon marad és megfelelően van védve. A jól tömörített szalma belsejében kevés a levegő, emiatt a levegő/

oxigénigényes folyamatok nehezen mennek végbe benne úgy, mint a korhadás vagy akár a tűz sem terjed könnyen.

A sűrűség rágcálóvédelem szempontjából is fontos. A laza, üreges helyeket részesítik előnyben, ott tudnak megtelepedni. Egy jól kivitelezett, szalmaház semennyivel sem érzékenyebb a rágcálókra, mint egy bármilyen épület. A megfelelő sűrűségű, kellően tömör szalmabálában nincs hely számukra. A következő védelmi vonal a vakolat, ami zárja a felületeket. A szalmán min. 3 réteg vakolat van, ez akár néhol 5-6 cm is lehet. A rágcálók csak a sérült, repedezett vakolaton tudnak bejutni a falba, így a karbantartás, a repedések minél gyorsabb korrigálása elengedhetetlen. A falak megemelt alja gyakran finom fémhálót (rágcálórácsot) kap.

A rovarvédelem ugyanilyen fontos. Az ezen állat csoport elleni védelem technikája hasonló elvet követ, ha jól zárt a fal nincs lehetősége az élőlények megtelepedésének. Ezt erősíti a mészvakolat természetes fertőtlenítő hatásával rovarriasztóként hat.

A tömörítés plusz előnye a már fent említett éghetőség csökkenése. A kellően tömör szalmabála nem tartalmaz sok levegőt az égéshez, így nem lángra kap, inkább megpörkölődik. Emellett a szintén említett jól zárt vakolat nagy segítség, ugyanis a mész vagy vályog nem éghető anyagok, amik tökéletes burok esetében védik a falat. A szalmabála falak akár 1-2 órán át is ellenállhatnak a tűznek, ami jobb, mint néhány fa vagy gipszkarton fal esete. Felmerülhet az elektromos tűz gondolata is a falakban, hiszen az ellen nem védene a külső burok. A vezetékeket minden esetben csöveken keresztül vezetik, ezzel elérve, hogy a vezetékek ne is érintkezessenek közvetlenül éghető anyaggal. Viszont az tény, hogy az építkezés során a tűzveszély magas a szabadlevegő lévő, laza szalma miatt.

Látványos példát szolgáltatnak a kanadai tűzbiztonsági tesztek. Vakolt bálafalakat vizsgáltak kezdetben lassú melegítéssel, 4 órán át fokozatosan emelt hőfokkal elérték 1010 °C-t. Ezen a hőfokon csak 2 óra után jelentek meg az első repedések. A kísérleteket folytatva vakolt és vakolatlan falrészeket figyeltek meg párhuzamosan. A vakolt falat 837 °C-nak tették ki fél órán át, a fal túloldalának hője csak 1 °C fokkal emelkedett. Még 34 percbe telt mire a fal a feléig átégett (a teljes falvastagság 46 cm volt), a bálák találkozásánál voltak a fal gyengepontjai. [31.]

A régi szalmaházaknál megesezt, hogy a kémények miatt a tetőszerkezet kezdett égni. A vakolat ilyenkor a tető irányából sérült, de az égés hamar megáll, néha még a régi falak alkalmasak az újjáépítés alapanyagául is. [31. 52. o.]



1-2. ábra- Egy Kaliforniai tűzvész előtt és után, a fa díszítések és a tető leégett, de a megfelelő tapasztást kapott szalmafalak állnak. [43.]

Mint minden építőanyag, megvannak a maga hátrányai is. Nincs minden esetre meg a megfelelő szabályrendszer, nem könnyen iparosítható. Ezeken a moduláris rendszerek bevezetése sokat segíthet. Az élőlátás igénye magas. Sűrű beépítésű, magas páratartalmú vidékeken nem javasolt beépítési mód, a tűz, víz és kártevők ellen nehezebb védeni.

A fent említett „száraz” jelző nagyon lényeges. Ennek az anyagnak a legnagyobb ellensége a víz így a víz- és pára elleni védelemtől megfelelően gondoskodni kell. A falakat két oldalról természetes, páraáteresztő vakolat (vályog, mész, agyag) zárja, a helyes kivitelezés nagyon fontos. Ez a felületkezelés megakadályozza a víz bejutását, de engedi a falat lélegezni, elősegíti a pára kijutását, ezzel akadályozza, hogy aszalma dohosodjon penészedjen.

A talajnedvességről és esővízről is gondoskodni kell. A talaj irányából a megfelelő alapozásnak van a legnagyobb szerepe. Az általános eljárás, hogy a ház alapját megemelik, kő, beton vagy téglalapzatot kap. A csapadék formájában érkező nedvesség ellen különleges a faltól távolabbi vonalvezetésű ereszek a legpraktikusabbak. [24.] [25.] [31.]

Építésre szánt bálák

A szalmabálás építési mód, egyre növekvő figyelmet kap, ahogyan az öko- tudatosság más témák irányából lassacskán az építészet irányába fordul. Ez a technika ugyanis viszonylag olcsó, energiatakarékos és ökológiailag tudatos.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy jelentősége van annak, hogy melyik növény szalmáját használjuk fel a bálák elkészítésére. Úgy tartották a rizstermő területeken például, a természetjárás ellenére a rizsszalmát nem támadták meg. A kender és len szalmája jól ellenáll a nedvességnek, viszont magasabb az olajtartalmuk, ezért könnyebben is égnek. Így is elmondható, hogy az egyik

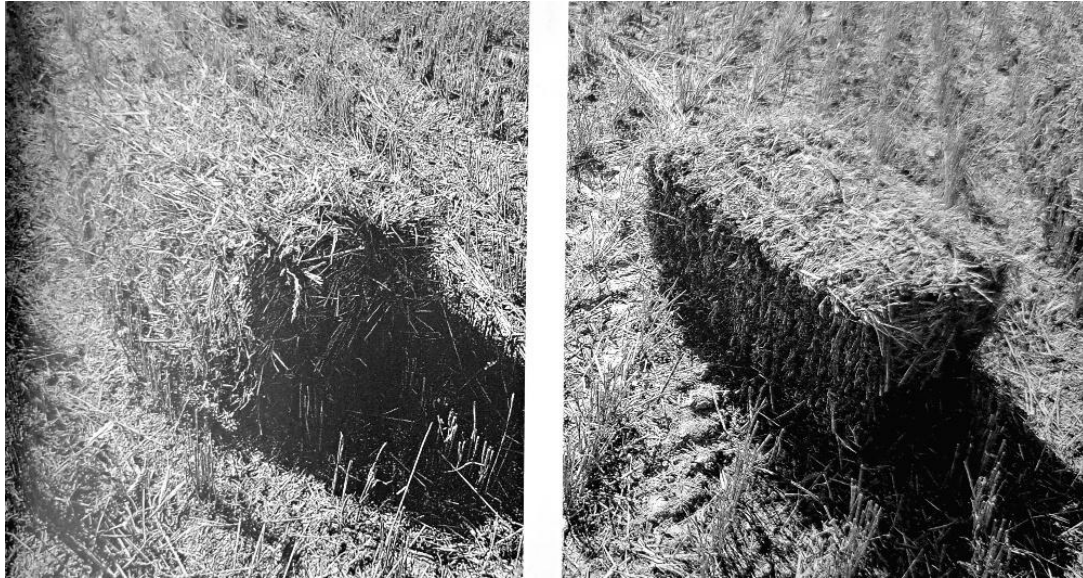
legrégebbi, ma is lakott szalmaépület rozszalma- és kenderszalmából készült, viszont ahogyan fentebb is említettem, a búza-, tönköly- és rozsszalma a legalkalmasabb építkezésre.

Az, hogy milyen a szalma meghatározó a későbbi bála tulajdonságait tekintve is, legjobb, ha a szárazak hosszúak és nem töredeztettek. Kétféle kombájnt különböztetünk meg, amelyeket használhatnak az aratás folyamán, az axiálist és a tangenciálist, esetleg ezek kombinációját. Ezek működésére nem térek ki részletesebben, de az axiális gépek jelentősen károsítják a szalmaszálakat, így építési célra készülő bálákhoz csak a tangenciális gépek alkalmasak. Építési célra a kishasáb- és nagyhasábbálázó gépek használata javasolt. A kishasábok kétszeresen átkötött bálák, melyek mérete 120 kg/m^3 ; $36\text{cm} \times 49\text{cm} \times 15\text{cm}$ 130-ig változhat. A nagyméretű hasábok elterjedtebbek, méretük erősen gyártófüggő. Akár 220 kg/m^3 tömörségűek is lehetnek, oldalhosszaik $80\text{-}120\text{cm} \times 70\text{-}130\text{cm} \times 80\text{-}300\text{cm}$. Az USA-ban jellemzően a háromszor átkötött $41\text{cm} \times 56\text{cm} \times 46\text{-}132 \text{ cm}$ szabvány az elterjedt. [13.]



3.ábra, nagyhasábbálázó prés [13.]

A bálák méretén kívül is vannak szempontok. Amellett, hogy erős kötéssel kell rendelkezzenek, amely lehetőleg nem természetes rostokból áll (ugyanis a terhelése vizsgálatokon az ilyen anyagok megbuktak), fontos, hogy egészséges, sárga, nem dohos szagú, de jól kiszáradt (ezt nedvességmérő érzékelővel mérik, a bálák belsejében, a relatív páratartalom nem lehet több 75 %-nál) szalmát alkalmazzunk. A bálák éle nem kerekded, hanem szögletes, a tömörség minimum 90 kg/m^3 kell legyen, míg ez a szám teherhordó falazat esetében minimum 110 kg/m^3 . [13.]



4. ábra, Laza, kerekedő sarkú bála és tömör bála [13.]

Volt törekvés arra is, hogy legelők és a kaszálók füve kerüljön a bálákba, azonban itt nagyon kell ügyelni már arra is, hogy elkerüljük az allergén növényeket.

Rendszerint, aki ilyen módon építené házát ügyel arra is, hogy a felhasznált alapanyagok vegyszermentesek legyenek. Azonban a kutatások eredménye alapján, mikorra egy ilyen növény szára egy építkezésre jut, már nem tartalmazza a vegyszereket. [12.] [13.]

4.3 Technológiák

Önhordó- Nebraska

A Nebraska típusú építkezést már a történelmi áttekintés (4.1) során említettem, hogy nevét az első szalmabála építmények földrajzi elhelyezkedéséről kapta. Az 1890-es években alakult ki az Egyesült Államokban, Nebraska állam préri vidékein. Ez a legkorábbi technika. Ebben az esetben maga a szalma az elsődleges teherhordó szerkezet, vagyis nincs ettől elkülönülő tartószerkezet, a falak statikailag is a szalmabálákból épülnek fel. A bálák egymásra helyezésével, kötözéssel és tapasztással készülnek, majd vakolat kerül a falak külső és belső oldalára is. Az alapanyag igénye miatt olcsó, de rendkívül nagy pontosságot igényel a kivitelezés során. Statikai hátránya miatt leginkább kisméretű, zártabb kontúrú alaprajzokhoz, kizárólag földszintes épületekhez alkalmazható technika. Ma már ezt ritkán alkalmazzuk ilyen formában. [31.]

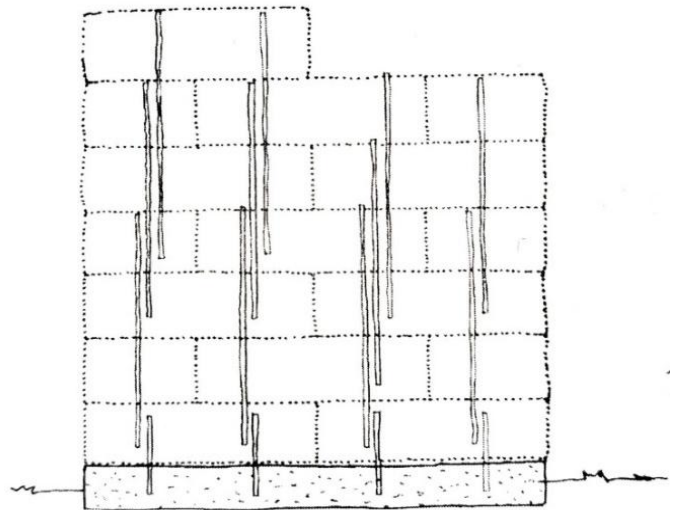
Napjainkban az eredetihez képest modernebb átiratban alkalmazzuk, hangsúly van arra fektetve, hogy vízzáró alapra fekdjének fel a futókötésben elhelyezett bálák. A szalma alatt és felett teherelosztó elemekkel, hevederekkel előnyomást végeznek, mielőtt a súlyosabb szerkezetek terhe rájuk kerül (pl.: tető). [25.]



5. ábra, 6. ábra- Önhordó szalmafalak előnyomása [25.]

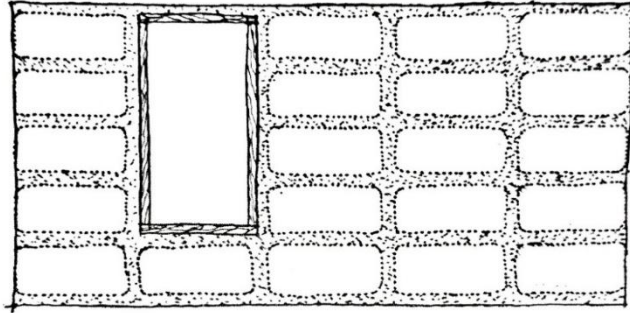
A falak építésénél nem figyelmen kívül hagyható, hogy később nagy terhet kapnak, földem, tető vagy akár az önterhelés formájában. A [31. 25.o.] forrás ökölszabályként úgy fogalmaz, a teherhordó bálafalas épület falmagassága ne legyen több 270 cm-nél.

A teherhordó szalmafalas rendszereknek is több típusát megkülönböztethetjük. Van szárazon rakott és nedves technológia is. A szárazon rakott falaknál fontos a megfelelő lefűzés és lehorgonyzás valamint a megfelelő merevséget biztosító alaprajz.



7. ábra- Falszakasz lefűzése- száraz technológia [31.]

A nedves technológia sárhabarcsba rakott kötést takar. A téglához hasonlóan itt sem mindegy az elemek elhelyezkedése, fontos, hogy ne nyíljanak szét. Ezt a technikát csak tartós joidőben érdemes használni, a száradás ideje rövidíthető, ha a sárba töreket is keverünk. [31.]



8. ábra- Sártapasztásba rakott bálafal [31.]

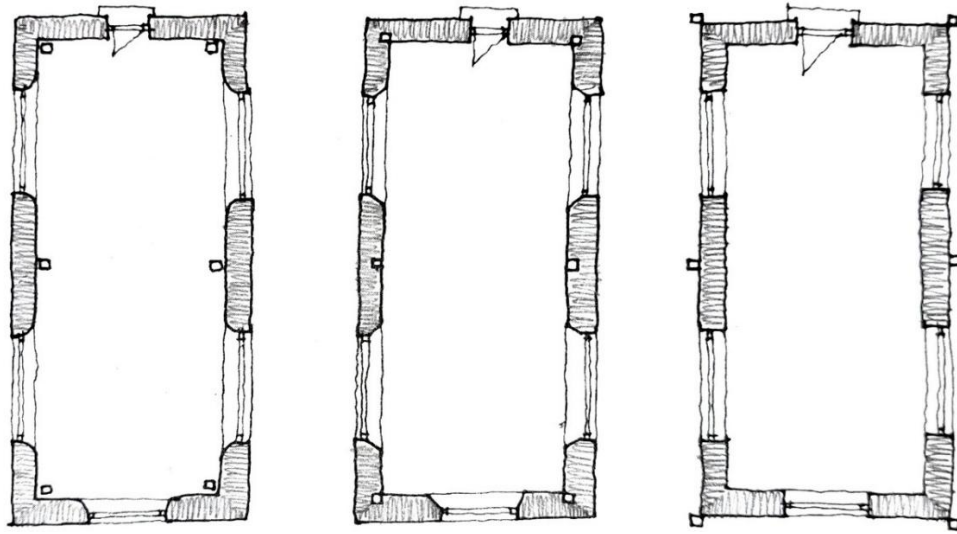
Favázás rendszer

Napjaink legelterjedtebb szalmabála alapanyagú építkezési módja. Stabilitását fa vázrendszer biztosítja, ez a fő teherhordó szerkezet. A szalma itt kitöltő, hőszigetelő és hangszigetelő anyag a vázak közt. Ez a technika biztonságosabb és kiszámíthatóbb statikai viselkedést nyújt, tartósabb, így nagyobb és akár többszintes épületek megalkotására is alkalmas. Kivitelezése jelentősen gyorsabb, bizonyos elemek akár előre gyárthatóak. A fa bevonása az építkezésbe a szalma mellé továbbra is megőrzi az anyagok alacsony környezeti terhelését, kellemes belső klímát teremt. Ezekből is adódik, hogy mivel ez a technológia ma már szabványosan is tervezhető engedélyeztetése könnyebb. Egyre több példát találni rá korszerű épületekben.

A favázás rendszerek esetén már nincs konkrét megkötés a falak magasságára, de emelkedő magasságnál fontos a faszerkezetek egymáshoz szakszerűen történő rögzítése, ugyanis stabilitását a faváz állékonysága adja.

Itt a szalmafalakra nehezedő terheket, pl.: a földem súlyát nem a szalma, hanem a faváz hordja. A faváz geometriája így meghatározza a falak geometriáját. A falak kialakításánál a faváz szerelése az első, a vázrendszer távolságait erősen befolyásolja a szalmabálák mérete. Szorosan nem függ a folyamat az időjárástól, nagy előny, hogy mielőtt az esőre, nedvességre érzékeny szalmával kezdenek dolgozni a favázra már felkerülhet a tetőszerkezet. Azonban, ha még nincs fent a tető, a falak felső síkját akkor is védeni kell. Ezt ponyvával teszik. Méretezésénél figyelembe kell venni, hogy megfelelő legyen a teherbírás és merevítés, valamint a bálák mérete is befolyásoló tényező. A bálák átszabhatóak, a bálakötés miatt néha szükséges is, de általában praktikus a bálázógép által alapból legyártott bálák méretét alapul venni, mert a gép által gyártott bálák stabilabbak. Ha ezek a méretek megvannak érdemes a vázoszlopokat kiosztani, a nyílászárók helye is ettől válik adottá. A faváz kerülhet a falszerkezeten kívülre az épület külső és belső oldalán, vagy a falszerkezeten belülre. Amennyiben a faváz a külső oldalon van a tervezés szabadabb, ha

a belsón, akkor a faváz sincs kitéve az időjárás viszontagságainak. Ugyanez a szalma belsejében lévő vázas kialakításra is igaz.



9. ábra- Szalmafal vázának lehetséges kialakítási opciói [31.]

Itthon a faváz általában fűrészelt fa, máshol bevett szokás pl. a bambusz használata is.

Ezek után a földem és fedés következik és csak ezután a váz szalmával való kitöltése.

A „Nebraska- típus” -hoz képest abban is áll a vázszerkezetes előnye (amellett, hogy az alaprajzok flexibilisebbek, mai igényeknek könnyebben megfelelnek), hogy az engedélyeztetés is egyszerűbb, a gyártás és építés könnyebben ellenőrizhető, könnyebb rá szakembert találni, bár ma még Magyarországon ez így sem mindig könnyű Révész Mártonnal folytatott interjúm alapján.

A pillérvázás szerkezetek jellemzően 10x 10, 10x15 vagy 15x15 cm méretben készülnek. A pillérvázás szerkezetekhez használt famennyiség csökkenthető, ha azt létravázás fal és koszorú rendszerre cseréljük. Ennek hátránya, hogy könnyedebb a kialakítása egyszerű alaprajzok esetén, csak úgy, mint a teherhordó szalmafalnál, azonban, nagyobb fesztávok, belmagasságok és nyílások érhetőek el. [31.] [12.]

Előregyártott elemes

A szalma építészet jövője/ előrelépése valószínűleg ebben rejlik. Nem minden lépték kívánja meg ugyan ezt a technikát, de nagyobb, többszintes épületek esetén ez a legpraktikusabb. Jelentősen gyorsul az építkezés folyamata, csökken az élő munkaerő igénye. A minőség könnyebben ellenőrizhető, szabványosítható, a gyári körülmények (pl.: szakszerű préselés)

garantálják, hogy a szalma tulajdonságai megfeleljenek az építkezés követelményeinek, egységes falakat hozzon létre. Viszont az ellenőrzött minőség magasabb árakat vonz maga után.

A modulok fakeretből és szalmakitöltésből állnak. A szalmát gyárilag méretre szabott panelekbe, keretekbe prés gép segítségével tömörítik bele.

Az EcoCocon rendszer egy moduláris, szalmaalapú építési rendszer, a moduláris szalma építészet egyik nagy képviselője. 98%-ban természetes, megújuló anyagokból készülnek, átlagosan 89%-ban szalmából és 10%-ban fából állnak. Vigyáznak arra, hogy a kivágott fák arány a lehető legkevesebb legyen, hiszen a míg a szalma évente megújuló forrás, addig a fák sok- sok év alatt nőnek. A felhasznált szalma pedig búzatermesztés mellékterméke. 2020-ban megkapta a Fenntartható Elem Termék Díj a Building Green DK-tól. Több, mint 53 000 m² EcoCocon falat gyártottak eddig.

Az EcoCcocon falak külső rétege megakadályozza a hővesztéséget és biztosítja a páratartalom átadását, míg paneleket teherhordó dupla gerendás vázkeretezi bennük többirányú préstechnológiával készült szalmaszigeteléssel. Ezek egyedi méretben készülhetnek. A belső rétege páratartalom-szabályozó beltéri agyagvakolattal fedett. A fal szigetelési együtthatója $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$, léghangszigetelése 54 dB, tűzállóság 120 percre terjed ki, a préselt szalma sűrűsége pedig 115 kg/m^3 .

Ebből a rendszerből épül jelenleg a világ legnagyobb szalma középülete. [32.]



10.ábra- EcoCocon rendszer szerelése [32.]

Atelier SCHMIDT GmbH

A kortárs szalmaépítészet egyik áttörője Svájcban. Fő cél az önellátó épületek elérése és a teherhordó szalmabála építés lakóegységektől ipari méretig. Rengeteg szalmabeavatkozást tudhatnak már maguk mögött, melyek egyre több esetben teherhordóak. [28.] [29.] [30.]



11. ábra- irodaépület – konzolos boltozatos szerkezetű szalmabála-ház [29.]

Atelier Schmidt- Előregyártott fa és szalmabála lakópark – Bombasei – 2020

Az előregyártott fa és szalma anyagokból felépülő lakópark moduláris elemeken alapszik, még ha nem is a fent említett standard szalmát keretbe foglaló modulokat használja. 6,8 előre gyártott, 6,28 méter hosszú és emelet magas darabot használtak fel. Ekkora méretnél már a szállításhoz is külön engedélyekre volt szükség. A belső falak lucfenyő/fenyő keresztlaminált fából készültek, a teraszok teherhordó szerkezete is fenyő. Ezen válaszfalak és a mennyezet hangszigetelése megfelel a SIA 181 szabványnak. Mivel a kijáratok anyaga nem lehet éghető, így a lépcsőházak, liftek anyaga beton. Az R60 tűzállósági osztályt a külső oldalon 4 cm mészvakolattal, belülről pedig 5 cm vastag agyagvakolattal érték el. A homlokzati felületeket vakolata jó nedvesség elleni védelem. A többi hozzáadott szerkezet esetében igyekeznek az építkezés során a telken nem megmenthető, kivágott fák faanyagát használni.

A 45 fokos tetőkre felszerelt napelemek segítik a lakosság villamos energia fogyasztásának optimalizálását.

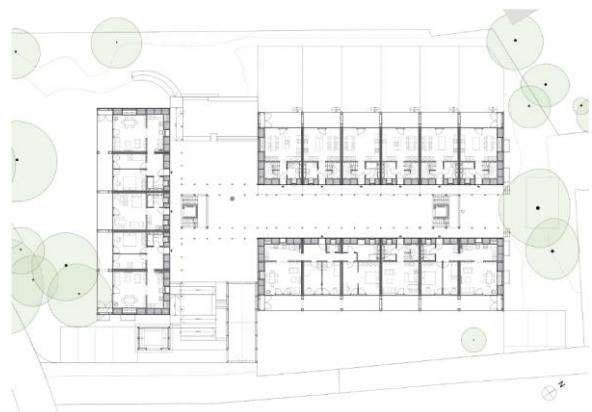
Az U alakban elrendezett 28 ház közötti T alakú belső udvar fekszik. A kínálat szobák terén vegyes, garzonlakástól akár apartmanokig vagy 5.5 szobás lakásokig terjed, ezek közt van bérelhető és állandó lakosú is.



12. ábra [26.]

Ebből is látszik, hogy míg a kezdeti szalmás építkezési módok gátat szabtak a fesztávoknak, magasságoknak stb., addig a moduláris rendszerek már képesek felvenni a lépést az általunk megszokottabb építőanyagokkal és szerkezetekkel. Az elrendezésnél bizonyos mértékben viszont a könnyű karbantarthatóságot figyelembe vették. Emellett ez a lakópark megőrzi valamit a szalmaházak jellegéből. A 75cm széles falak nem rejtőzködnek. Az ilyen vastagságú falakba szerelt nyílászárók mély ablakkávákat alakítanak ki, amik vagy plusz tárolófelületet hoznak létre vagy ücsörgésre alkalmas felület születik az ablakban.

Cél a kultúra, a társadalom és környezeti fenntarthatóság előmozdítása. A modulokból való építkezés jó pénzügyi befektetésnek bizonyult, 18 hónapra csökkentette az építkezés időtartamát.



13. ábra, 14. ábra, 15. ábra, 16. ábra [26.]

4.4 Szalmából gyártott építőanyag típusok

Vannak kísérletek arra, hogyan lehetne a szalmát a megszokottól eltérő módon építőanyagként felhasználni. Ezek a projektek gyakran arra irányulnak az anyag térfogatának csökkentésére, vagy nem csak a falazat szerepének ellátására.

StrohGold kutatási projekt- weimari Bauhaus Egyetem- szalmatégla

A vékonyabb keresztmetszetű, moduláris, szalmablokkos építkezést vizsgálják. Németországban rengeteg fennmaradó szalma állna rendelkezésre, azonban a monolitikus tömbméretek eltántorítják az embereket a szalmaház építéstől. Így az egyetem megoldást keres arra miként lehetne a legtöbb lakóteret visszanyerni a szalma használata mellett.



17. ábra- anyagkísérlet- milyen anyaggal ötvözve lehet a szalma a legpraktikusabb? [23.]



Szalmatömbökből készült falrendszer tervezése - Jonas Heitgerken, Alexander Brunner, Felix Iburg (2024), Kép: Frédéric-Philipp Habermann

A képen látható anyagkísérlet egyetemi közegben zajlott. Második lépésként a téglák geometriájának keresése ugyancsak egyetemi keretek között, mesterszeináriumokon zajlott. A cél a kb. 50 cm-es falvastagság elérése, emellett az anyag pozitív tulajdonságainak megtartása. Ezekkel a szalmablokkokkal ez lehetséges, akár 3 szint magassággal is. A projekt még lezáratlan, kérdés, hogy a téglák működhetnek-e akár kötőanyag nélkül is.

18. ábra [23.]

Panelgyártás rizsszalmából

Kaliforniában, 2020-ban a Calplant létrehozott egy üzemet, amely a rizsszalma maradékokból formaldehid-mentes MDF lapokat gyárt. Bár a cég csődbe ment, most a Calfibre próbálja újraéleszteni azt. Ezzel a technikával a farostlemezek helyettesíthetőek egy olyan anyaggal, amelyért nem kell fákat kivágnunk, maradék szalmából készül, amely takarmányozásban sem igazán használatos alacsony tápértéke miatt, alomnak kemény. Hiányzik erre a fennmaradó hulladérra egy költséghatékony és klímabarát megoldás. Enélkül a betakarítás után a földeken rohadna. [38.]



19. ábra- Rizsszalma MDF lap [44.]

4.5 Hőszigetelés/ utólagos hőszigetelés

A szalmabála nemcsak új épületek szerkezeti elemeként, de meglévő épületek utólagos hőszigeteléseként is jól alkalmazható alapanyag. A kiváló hőszigetelő képessége megfelelővé teszi ilyen szerep betöltésére, azonban fontos, hogy csak kívülről helyezhető fel, belülről nem alkalmazható páratechnikai okokból. Ilyenkor arra kell ügyelni, hogy úgy kerüljenek a bálák a fal elé, hogy a bálák mindkét oldala megkapja a megfelelő vakolatréteget. Ez a tűzvédelem miatt szükséges lépés. A fal felőli részt agyaghabarccsal kell borítani, fontos, hogy szorosan kerüljenek a fal elé. Ha a fogadóépület romos, gondoskodni kell a helyrehozataláról/ újra vakolásáról. Gazdasági épületeknél régen alkalmazott megoldás.

Nemcsak a falak szigetelhetőek szalmával, de a födémek, padlószerkezetek is. Szalmaházakban a fafödémek alkalmazása a leggyakoribb. Üresfödémek és beépítettek esetén is alkalmazható szalma bennük szigetelés gyanánt. Enyhe lejtésű lapostetők is készíthetők. Akár zöldtető is lehetséges, amennyiben a növényzet olyan, hogy megengedi időnként a bálák cseréjét (kb. 4-5 év).

A padlók esetében a talajnedvesség és víz ellen kell gondoskodni szalma védelméről. Így a földszinti födém alá min 20 cm nagy szemű kavicsagyazat kerül, erre kb. 5-6 cm döngölt agyagot teszünk. Tereptől függően van, ahol elég ennyi nedvesség elleni védelem azonban, ha nagyobb az esély a talajvízre több réteg agyagra van szükség közöttük bitumenes lemezzel.

5. Szabályozások

5.1 A Fenntartható építészetet formáló nemzetközi és hazai szabályozások

Bár számos előnye van a fenntartható anyagokból történő építkezésnek ahhoz, hogy ezek a rendszerek megfelelően, saját technológiájukból a maximumot kihozva, tudjanak funkcionálni szükség van a megfelelő szabályok felállítására. Sokszor az építészek, építetők vagy akár a megrendelők is szívesen kihagynának néhány lépést a gyorsabb megvalósulás érdekében, azonban csak a szabályok betartásával lehet az épületeket standardizálni, a minőségüket állandósítani, ezáltal növelni a bizalmat irányukba az emberek körében.

Az európai Unióban számos szabály van érvényben, amely az erőforrás- és vízhasználatot csökkenteni kívánja.

A 2002 óta érvényben lévő 2002/91/EK irányelv a magyar szabályrendszerre is nagy hatással volt az energetika terén, majd 2010-ben forrotta ki magát igazán (2010/31/EU). Ezek hatására az épületek költséghatékonysági vizsgálata megkezdődött. Kimutatták, hogy kifizetődőbb a követelményhatár alatt maradni, ugyanis az építési-, üzemeltetési- és karbantartási költségek is így jelentősen alacsonyabbak. Elkezdődtek a közel 0 fogyasztásra történő törekvések, az energiatülszórás csökkentése, mellyel kapcsolatban a Debreceni Egyetem Műszaki kara végzett jelentősebb szakmai kutatást. Az EU-s tagországok maguk gondolhatták át saját szintjükön, hogyan tudnak ennek a mércének megfelelni, ugyanis 2020 után csak ilyen épületek épülhetnek. [4. 30-33] Az Európai Unió célja, hogy Európa 2050-re karbonsemlegessé váljon. Erről már 2012-ben publikálták az „Energy Roadmap 2050”-et, ebben cél az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását a jelenlegi érték 5- 20%-ára csökkenteni. Ennek érdekében a meglévő épületek karbonlábnyomainak csökkentés is folyamatban van felújítások által. Ugyanakkor ezek elenyészőek a problémához képest, évente Európa épületállományának kb. 1%-a kerül felújításra. Ebben segít jelenleg a StepUp projekt, amely új megoldásokat és felújítási technológiákat dolgoz ki, valamint a Horzon2020 finanszírozási program. [7.] [8.]

5.2 A szalmabála építészetre vonatkozó szabályozások napjainkban

A szalmabála építkezés, csak úgy, mint minden természetes, nehezebben szabványosítható anyagú technika, meg kell vívja saját harcát az építőiparban elfogadásának érdekében.

A szalmabála-építés német szövetsége (Fachverband des Strohballenbaus- FASBA) 2006-ban szerzett „általános építésfelügyeleti engedélyt”. Bár ez egy korlátozott felhasználás mégis nagy lépésnek számít, különös tekintettel a német szabályozások szigorúságára, amitől ebben az esetben a magyar sem marad le sokkal. Magyarországon már 2012-ben egy építési rendszerre létezett Építésiügyi Műszaki Engedély, de ez csak az engedélykérőt jogosítja fel alkalmazására, nem általános engedély. [13. 6.]

Magyarországon jelenleg nincs hatályban konkrétan a szalmabála építészetre vonatkozó jogszabály, az elvárás az, hogy megfeleljen az általános, érvényben lévő szabályozásoknak. Így bár nem konkrétan ennek az építőanyagának a sajátossága, de vonatkoztathatóak rá az általános építésügyi, tűzvédelmi, energetikai és szabványosító előírások. [22.]

6. Léptékek és funkciók

6.1 Installáció

A szalmainstallációk a szalmabála építés kis léptékű megnyilvánulásai. Lakófunkciót még nem látnak el, de rövidebb tartózkodásra, bizonyos cselekvések elvégzésére alkalmasak. Elsősorban kísérleti, bemutató vagy művészeti célok vezérlik létrejöttüket. Rendszerint ideiglenes terekről/szoborszerű munkákról van szó, találkozhatunk velük egyetemi projektek keretein belül vagy akár fesztiválokon.

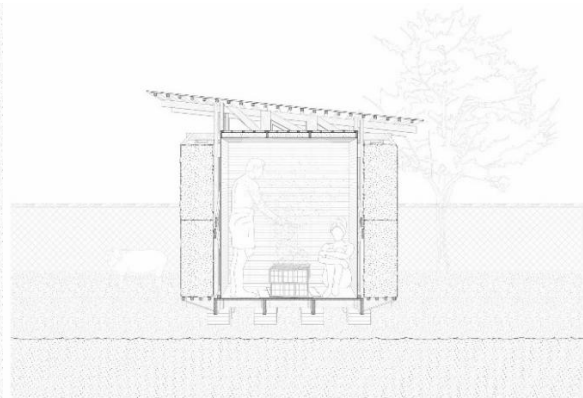
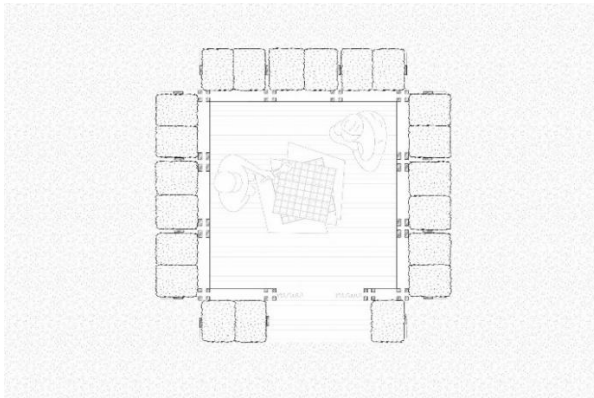
Ez a lépték alkalmas arra, hogy egyszerű és látványos formában kommunikáljon a fenntarthatóságról, funkciójának „nem létfontosságú” léte alkalmat ad akár arra, hogy a fenntarthatóság jegyében akár magát a tönkremenetel menetét is megmutassa.

Jakob Sellaoui „Építészet a kényelem után” című projektje – Bécsi Műszaki Egyetem, Építéselméleti Tervezés Tanszék

Az installáció a szalma jó hőszigetelő képességét használja fel egy szauna formájában.

„A kényelem láthatatlan – amíg el nem veszítjük” [21.] A kísérlet lényege, hogy megtapasztaljuk, milyen a hűtő- fűtő berendezések és gépek hőszabályozása nélkül eltöltött idő. A hallgatók egy kényelmetlenül meleg teret hoznak létre. A szerkezet váza fa, amit szalma tölt ki, ellátva ezzel a hőszigetelés szerepét. A központi elem egy saját kezűleg épített szaunakályha volt, tűzben melegített kövek biztosították a hőt.

Érdekes az, hogy az építészet és minden más tudományág arra van berendezkedve, hogy az ember kényelmét szolgálja, ennek ellenére ez az installáció szándékosan használja az anyag legkedvezőbb tulajdonságait az emberi komfort elhagyására. Bár látványában is megjelenik az anyag, de az installáció itt nem a látványra, hanem a szalma egy fontos tulajdonságára, hőszigetelő képességére épít. [21.]



20. ábra, 21. ábra, 22. ábra, 23. ábra [21.]

A széna szaunáknak és fürdőeknek nagy hagyománya van az osztrák vidéken. Melegítés hatására a szénából illóolajok szabadulnak fel, amik segítik a stresszoldást és mély ellazulást. Akár ez, a kultúrába beépült elem is inspirálhatta a készítőket. [36.]

6.2 Családi ház

Jelenleg a legtöbb szalmabála épület ebbe a kategóriába tartozik. Ezekben az épületekben található a megfizethetőség, a kivitelezhetőség és a fenntarthatóság valamint a hagyomány. Korábban az volt a jellemző, hogy leginkább régies építkezési mód hírnökeként voltak jelen vidéken ezek a házak, ahol a szalma, mint könnyen elérhető természetes erőforrás adott volt. Ma már városias közegben is megállják a helyüket.

Sok építető aktívan részt vesz az építés különböző fázisaiban, így nem csak anyag a szalma, hanem közösségépítő tényező is. Ez az a lépték, ami könnyen tapasztalhatóvá teszi ennek a falazási technológiának az előnyeit, érvényesül a kiváló hőszigetelő képesség vagy a kellemes belső klíma. A családi házakban a kísérleti jelleggel túllépünk, megnyilvánul, hogy a szalmaházak



26. ábra-, „Ablakocska” a Magtár utca 27.-nél (saját fénykép)

A szalmabála házak különös kis érdekessége ez az ablakocska. Több helyen fellelhető kis finom mozzanat ez. Révész Márton úgy fogalmazott betekintést nyújtanak az épület felépítésébe, egyfajta „bizonyíték”, hogy valóban szalmából vannak. Ottjártamkor jókedvűen mesélt a hitetlenkedésekről és az olyan mondatokról, hogy „ha-ha biztosan csak azon a részen van szalmából a fal”. Nyilván nem, és ez nem is hivatott valóban ennek a ténynek a bizonyítására inkább egyfajta érdekességként szolgál, ez az ablak nem ki, hanem betekintést enged.

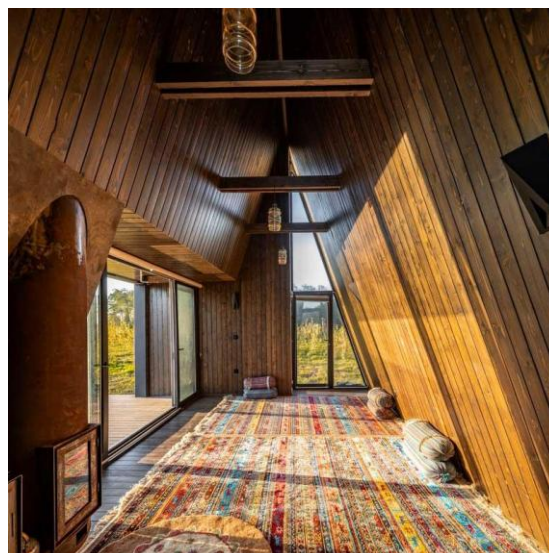
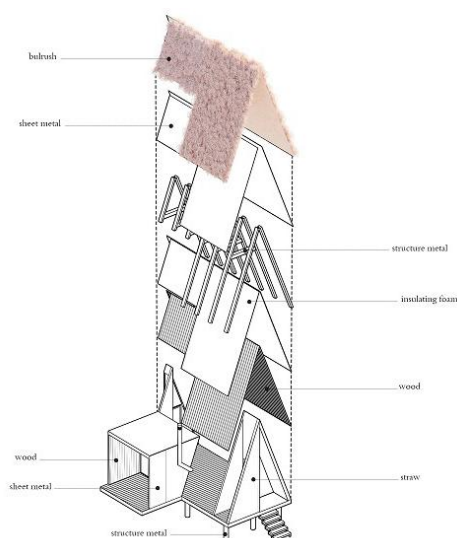


27. ábra, 28. ábra- Más épületeknél is fellelhető. Ezesetben cserépkályha ajtaját használják a fent említett célra [12.]

Fonott Ház- Irán, Nur- Shaygan Gosta- 2020



29. ábra [33.]



30. ábra [34.], 31. ábra [33.]

A cél egy olyan fenntartható kunyhó kialakítása volt, amely kizárólag helyi alapanyagokból épül fel. Így az 50 m²-es, fából és szalmából készült kunyhó tükrözi a helyi építészetet, azaz kompakt méret, alacsony cölöpökre építés és meredek lejtős, fonott fűzfából készült tető jellemzi. A háromszög alakú faház, oldalába egy fekete doboz ékelődik. Egyetlen helyiségből (és mosdóblokkból) áll. A tető öt réteges, a faház végső fedése nád, agyag és szalma, így harmóniában áll a vidéki házakkal. [33.] [34.]

Az előző példával egymás mellé téve, látszik milyen sokszínű lehet ez az építőanyag. Ha kell, tud úgy viselkedni, mint más anyagok, de speciális igények kielégítésére is képes.

Szalma ház, Olaszország, Vicenza, Jimmi Pianezzola

Az épület a környezeti szituáció, az éghajlat, benapozás és a környező épületek beépítésének elemzésére erősen fókuszál. Egy menedék létrehozása volt a cél, ez a falak tetején elforgatott tetővel szerették volna elérni, ami kialakított egy teraszt és egy verandát is. Kompakt földszint teszi stabillá. Az alapozása vasbeton, lenről újrahasznosított szigetelés védi a szalmafalakat a nedvességtől. A külső falak mind favázás szalmafalak, 30 mm-es mészvakolattal. [41.]



A túlnyúló tető jellegzetes, jól védi a szalmafalakat a nedvességtől. Itt az árnyékolás is fontos szempont volt. A bejáratnál jól megmutatkoznak a vastag fal jelei is.



32. ábra, 33. ábra [41.]

Ez a ház úgy hozza a szalmaházak tipikus jegyeit, túlnyúló tető, vastag falak, mészvakolat, fa szerkezetek. Közben mégsem jutna eszünkbe, hogy abból van. Mindent tud, amit egy másik építőanyag, közben pedig megvannak a szalma jegyei, de minden rájátszás nélkül. Jó példa arra, hogy működhet a technika a jövőben, különböző tervezési koncepciókkal gátak nélkül.

6.3 Középület

Bestseller Logistic Centert / Hollandia, Lelystad / Henning Larsen Architects / folyamatban:

Az épület jelenleg a legnagyobb szalmabála épület lesz a világon a maga 155 000 m²-ével, ha elkészül, ennek időpontja 2026-ra van ütemezve. A logisztikai center Európa legnagyobb keresztlaminált fából készült logisztikai központja, a megrendelő a divatóriás Bestseller. Kezdeményezésük a Fashion Forward, célja a káros anyagok gyártásának betiltása, most pedig ez az épület az új projektjük.

Tervezési koncepciója tiszteletben tartja a tájat, mérete ellenére igyekszik belesimulni, anyagában pedig nagyrészt fát és szalmát használ. Cél egy olyan épület megteremtése, ahol a természet és az épített tér együtt tud dolgozni, vizuális előnyei mellett szén- dioxid hatékony, minimalizálja a keletkező hulladékot és támogatja a biológiai ökoszisztéma sokféleségét.



34. ábra, az épület besimul környezetébe [16.]

A projekt során ugyanakkora figyelmet kap a tájépítészet és a környezet, mint maga az épület. A terület több, mint 40 %-át (összesen 287 000 m²) tájépítészeti célokra fordítják. Ennek része, hogy mesterséges vizes élőhelyeket is létesítettek az épület körül. Ennek a kialakított vizes és száraz területnek a célja minél többféle őshonos növény és állat bevonása, akár oktatási célokra is alkalmassá téve az épületet ezeknek a felsorakoztatásával.



35. ábra, a teljes épület és környezete- látványterv [15.]

A tető a legtöbb helyen zöldtető, biztosítva a dolgozók számára az itteni természetközeli pihenést, a minél nagyobb szén- dioxid elnyelést, a maradék felületen 30.000 nm napelem kerül létesítésre. A tetőre hulló csapadék hatékonyan felhasználásra kerül az épületen belül, emellett saját hatékony öntözőrendszer is kialakításra került. 40 900 m², a már korábban említett EcoCocon-tól származó, szalmafal panel felhasználásával vált teljessé az épület. A komplexum a tervezet alapján megfelel a fenntartható épületekre vonatkozó legmagasabb BREEAM besorolásnak (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).



36. ábra, *Ecococon rendszer* [18.]

Az egyik nagy kihívást az jelenti, hogyan kerüljenek a megfelelő helyre az irodai és logisztikai épületek, szállítókocsi-tárolót és raklapszállító, valamint egy étterem is tetőtéri kerttel és terasszal úgy, hogy a munkavállalók (közel 600 ott dolgozó ember) számára az a legkellemesebb élményt nyújtsa a szükséges funkciók kialakítása mellett. A kellemes belső tereket a fa dominálja, fény árasztja el a helyiségeket. [15.] [16.] [17.] [18.]

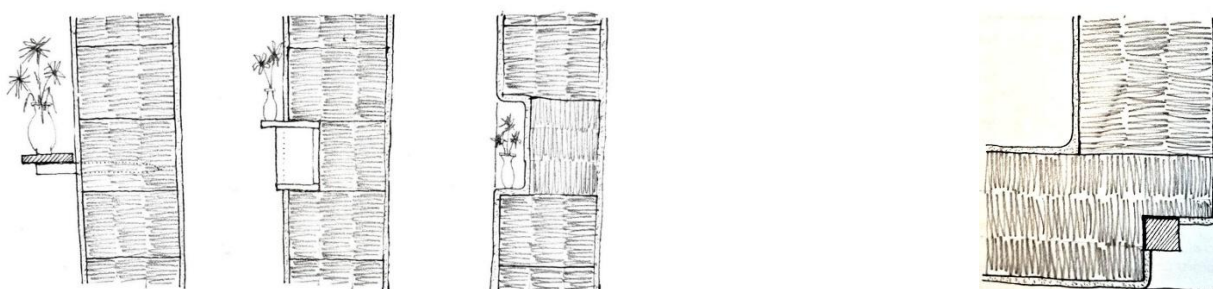


37. ábra, 38. ábra kép, *belső terek kialakítása.* [16.]

7. A használt építőanyag találkozása a koncepcióval

7.1 Játék a falvastagsággal

Bár láthattuk, hogy a szalma mi mindenre képes, de most még napjainkban elmondható, hogy a fal vastagsága általában az első szembeötlő jegyei között van egy ilyen épületnek. Ez tud kellemetlenség lenni, hiszen általában a vastag falak azt jelentik, hogy a hasznos alapterület csökken, a helyiségek kisebbek. Ugyanakkor a megfelelő szakértéssel ez az épület javát is szolgálhatja, különleges hangulatot kölcsönöz, praktikus fülkék alakulnak.



39. ábra- falfülke kialakítás [31.]

40. ábra- lehetséges opció sarokalakításra [12.]

Sokszor a fal nagyon markánsan alakítja a belső teret is. A sarkok kialakítása, hogy a faváz a falon belül vagy kívül van, azon belül is melyik oldalán a falnak, mind befolyásolja nem csak az esztétikát, de a téralakítást, a bútorok helyzetét. A polcok, fülkék beillesztése pontosan előre megtervezett, hiszen simán a szalmába nem fúrhatunk bele, a fali tárgyakat a faváz rendszeréhez kell igazítani.

Jellegzetes a nyílászárók vastag kávája, ezek teszik sokszor monolitikussá az épület megjelenését. Építési technikától függően lehetnek ma már kisebbek és nagyobbak ezek az ablakok, de a korábbi szalmaépületeknél a kicsi keresztmetszet volt a jellemző, amitől a falak még vastagabbnak tündek.

Számomra szembeötlő példa a bangladeshi villamosipari szakképző iskola. Ez földdel kevert szalmából készült, tehát itt még csak nem is a bálák mérete határozta meg a falvastagságot, valahogy a technika mégis megkívánta azt és hasonló hatást értek el, mint egy nebraskai típusú bálépület csak nagyobb léptékben. [40.]



41. ábra, 42. ábra- Banglades – Rudrapur [40.]

7.2 Mint látszó felület vagy burkolati elem

Példán keresztül a legegyszerűbb bemutatni milyen markáns eleme lehet egy épületnek, ha látszó felületen jelennek meg a szalmaszálak. Ilyen esetben az épület már kap egy alaptextúrát. Kiemel. Ez ritkább, ugyanis így a felület ki van téve olyan környezeti körülmények, melyekre a szalma kezelés nélkül nem reagál jól. Épp ezért gyakran ez ideiglenes épületeknél figyelhető meg, ugyanakkor a tetőfedések elemeként is megjelenhet.

NO99 Straw Theatre / Észtország, Tallinn/ Salto AB/ 2011:

Ez a szalmaszínház 2011-ben épült Tallinn belvárosában, egy barokk erődítmény tetején. Ideiglenes épület. A középület és installáció határán egyensúlyozik, általam funkciója végett került ebbe a kategóriába.

Egy színházi nyári évad kapott itt helyett 2011 májusa és októbere között, így kb. fél évig üzemelt. Célzottan erre az alkalomra készült.



43. ábra, Szalmabála színház- helyszínrajz [14.]

A helyszín korábban közparkként működött, a szovjet időkben a szovjet haditengerészet töltötte itt idejét, a park akkor egy fa színházzal bővült. Az a nyári színház anno leégett, a sereg kivonulása után pedig elhanyagolt terület keletkezett a helyén. Ez az ideiglenes színház volt a hasznosításról szóló viták eredménye, az épület megpróbálta a területet újból belakni, a benne rejlő lehetőségeket kiaknázni és mindezt úgy, hogy közben tiszteletben tartja a történelmi rétegeket és a felhasznált anyagot.

Az épület tömege ugyanott található, mint a korábbi haditengerészeti nyári színházé. Elődjének lefedett lépcsősora alkotja a bejáratot, ezzel is megteremtve az egységet a régi és az új között.



44. ábra, a csatlakozó „farok” lépcsőzése, a bejárat [14.]

45. ábra, az erős fekete szín hatásos kiegészítője a nyers anyaghasználat [14.]

Az épület drámai vonzerejét számos dolog fokozza. A határozott főtömeg kontrasztban áll a lejtőn fellépcsőző faroktaggal. Elhelyezkedése, merész anyag és színválasztása erőteljesen jelenik

meg. Talán ez a leglátványosabb. Szeretném felhívni ezzel a választással arra a figyelmet mekkora hányadban tudja ez befolyásolni az épület lényét. Anyaga festett szalma. A technika rendkívüli, néhány helyen rácsokkal erősített szalmabálafalak alkotják. Ez korábban nem jellemzően alkalmazott technika. Ezen anyag ennyire nyers megjelenése, tapinthatósága szokatlan, ugyanis tulajdonságaiból adódóan kültéren védeni kell a nedvességtől és kártevőktől azonban ideiglenes mivolta teret engedett az építész szabadságnak. Fokozatos amortizációja a fentartható anyagok lebomlásának, a természettel újra eggyé válásának jelképe. [14.]

7.3 Fenntarthatóság hírnöke

[19.] *Athena and Bill Steen: The beauty of the straw bale home* című könyv egyik nyitó mondata hogy” Mi tesz egy házat gyönyörűvé?”, de kezdhethetnénk azzal is Mi tesz egy házat otthonná? Hiszen talán pont attól gyönyörű.

A házat meg kell szeretgetni. Ennél a technikánál nagyon fontos a gondosság, a kártevő-, tűz- és nedvességvédelem miatt az alaposág, így ebben nem szenved hiányt. A természettel egységet alkotó anyagok, amik sokszor a látszó felületeken is jelen vannak megteremtik a kellemes, otthonos atmoszférát, ugyanakkor a szép anyagok használata nem jelent szép házat.

Ha belegondolunk az egyik legnagyobb látszó felület a vakolat, kívül a természeti hatások, belülről az elhasználódás ellen. A szalmaházak esetében ez rendszerint valami természetes keverék, szintetikus anyagok nélkül, nagyrészt az alapjuk mész, föld, melyek nem ártalmasak a bevont szerkezetre. Azonban igaz, hogy a mész drágább, mint a cement és sokszor több figyelmet is igényel az alkalmazása. Mivel a vakolatok általában vastagok, kiegyenlítik az egyenetlen szalmabálikat és növelik a hőtároló képességet.



46. ábra [20.]

A német építésbiológia (Bau- Biologie- Dr- Anton Schneider- 1970-es évek) azzal kapcsolatban fogalmazza meg az építési alapelveket, hogy hogyan lehet egy épület egészséges. Gondolhatunk itt olyan elvekre, mint a beltéri páratartalom mennyisége vagy a falak és mennyezet diffúziós képessége. A harmadik bőrünként tekint a házra a saját bőrünk, majd a viselt ruhánk után. [19.] [20.]

8. Interjú:

8.1 Bevezetés

Végezetül interjú Révész Márton természetvédelmi mérnök és szalmaház építővel. Szakmája magába foglalja a rendszer oktatását, rendszeresen indítanak kurzusokat is. Nem csak hivatásaként foglalkozik a szalmabála építéssel, hanem nap, mint nap testközelből tapasztalhatja az élményt, 2011 óta, ugyanis családjával olyan házban élnek amely jelentős részben szalmából épült. Igazolva a technika validitását miszerint, ha valaki ismeri annak minden előnyét és hátrányát, úgyis jó döntés, pár mondatban szeretnék én magam is betekintést kapni és a dolgozat által betekintést is engedni a témába.

8.2 Révész Márton

1. Mikor és hogyan kezdted el a szalmával, mint építőanyaggal foglalkozni?

„A 2000-es évek elején találkoztam a témával. Egy környezetvédelemmel foglalkozó civil szervezetben dolgoztam, ahol a lakossági szemléletformálás volt a fő tevékenység. Az egyik kollégám amerikai tanulmányútról egy szalmabálaépítészet könyvvel tért haza. Innen jött az ötlet a környezetbarát építőanyagokat népszerűsítő program megszületéséhez.”

2. Mit gondolsz a szalma alkalmas lehet, mint alkalmazott építőanyag, megállja a helyét ugyanúgy, mint társai?

„Teljes mértékben. Ha ugyanannyi marketinget kapna, mint a többi szigetelőanyag, és sikerülne a tévhiteket (tűzbiztonság, rágcsálók) eloszlatni, akkor teljes értékű építőanyag válhatna belőle. Sőt az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásokat sokszorosán túlteljesíti.”

3. Hogyan látod, a szalmabála építés mennyiben járul hozzá a karbonlábnyom csökkentéséhez a hagyományos építőanyagokhoz képest?

„Nagyban hozzájárul, hiszen egy évről-évre megújuló mezőgazdasági mellékterméket hasznosítunk, felhasználásával CO₂-ot kötünk le, ráadásul kiváló hőszigetelő képességű szigetelőanyag állítható elő a szalmából. Egy szalmaház egész életútra vetített környezetterhelése (előállítás-építés-üzemeltetés-bontás, lebomlás) a legkisebb a ma használatos építési technológiák közül.”

4. Mi a tapasztalatod, napjainkban mennyire népszerű az emberek körében, mennyire tapasztalsz előítéletet vagy bizalmatlanságot a szalmabála építéssel szemben a megrendelők részéről?

„A technológiát nem ismerők alapvetően bizalmatlanok az anyaggal szemben. Ez megfelelő marketinggel (közösségi média kampány, képzések, nyílt napok, expók stb.) orvosolható. Ha valaki építési szándékkal keres meg, akkor már utána olvasott a témának, ismeri az előnyeit-hátrányait a technológiának.”

5. Mi a legjellemzőbb probléma a meglévő házak esetében, amivel találkozol?

„A legjellemzőbb probléma a szakemberhiány. Ez esetünkben különösen a szalmaspecifikus munkákat érinti: faváz kitöltése, hagyományos vályog vagy mészhabarcs vakolás. Ez megfelelő képzésekkel, workshopokkal orvosolható.

A meglévő házak esetében a szakszerűtlen kivitelezés okozhat problémákat: tüzesetek, beázások, rágcsálók beköltözése.”

6. Szerinted a moduláris előregyártás valóban lehet a kulcsa annak, hogy középületekben is szélesebb körben alkalmazzák a szalmát?

„Igen, mivel ellenőrzött körülmények között készülnek el a fal elemek. A legnagyobb előnye, hogy a szalmát megfelelő sűrűségűre tudjuk préselni (120 kg/m³), ami ideális érték a tűzbiztonság és a hőszigetelés szempontjából. Ezt a sűrűséget a hagyományos gerendaváz szalmabála kitöltésű épületeknél nem tudjuk elérni.”

7. A saját házatok is részben szalmából épült 14 évvel ezelőtt. Az egyik legnagyobb visszaigazolása a technológiának, mikor valaki ismeri minden előnyét és hátrányát mégis ezt választja. Elégedett vagy a döntéssel?

„Összességében elégedett vagyok, bár ezer dolgot másképp csinálnék. Jól sikerült a hőszigetelés és a hőtárolás kombinációja (szalma-vályog hibrid). Ez télen alacsony fűtési igényt jelent, nyáron pedig gépészet nélkül is hűvös klímát. Hátrány a nagy karbantartás igény, főleg a kültéri vályog vakolat és meszelés gyakori felújítása jelentett nagy terhet. Ezt azóta szilikát nemesvakolatra cseréltem, amely nagyobb egyszeri költséget jelent, mint a meszelés, de sokkal ellenállóbb a környezeti hatásokkal szemben, így kevésbé karbantartásigényes. „

9. Zárás

9.1 Konklúzió

„A szalma képes támaszt nyújtani, szigetelni, szerkezetet teremteni, és mindenekelőtt hangulatot teremteni. Az anyagminták olyan esztétikáról árulkodtak, amely sem nem nosztalgikus, sem nem nyers, hanem inkább a mesterségbeli tudásról, a ritmusról és az érzékiségről szól. „[37.]

Összességében elmondható, hogy a szalma házak számos pozitív hatással bírnak a környezetre. Bár karbantartásukra néha az átlagosnál nagyobb figyelmet kell fordítani, de az épület meghálálja azt.

A fentiekben leírtak alapján látható, hogy a minőség és az adottságok erősen függenek az építési technikától. Azonban mostanra elmondható, hogy a számtalan technológia típus megjelenésével a szalmával minden lehetséges, ami más építőanyagokkal is. Elmosódnak az éles határok, amik elválasztják őt a leggyakrabban használt anyagoktól. Ez gyakran eredményezin azt, hogy igazából az épületen könnyen már fel se fedezhető annak a nyoma, hogy milyen anyagból készült. Ez az engedélyeztetések, szabványosítások szempontjából egy nagyon pozitív dolog, azonban nem szabad elfelejteni, hogy ennek az anyagnak megvannak a kihasználható sajátosságai, a maga bája, ugyan ezek mára már csak lehetőségek és opció, az építészen és megrendelőn múlik élnék e vele.

9.2 Kutatás folytatásának lehetősége

A felvetett téma megérdemel egy hosszabb, mélyebb kutatómunkát is. A tanulmány eredményei rámutatnak arra, hogy a szalma kellően jól alkalmazható anyag léptéktől függetlenül. A dolgozat során bemutatott hazai és nemzetközi példák is bizonyítják, hogy a szalma építőanyagként alkalmas közösségi, oktatási vagy kulturális funkciójú épületek megvalósítására is.

Szeretném folytatni a kutatást, melynek kiteljesedése a mesterszakos diplomamunkám lenne. Így a téma kissé gyakorlatiasabb oldala felé is fordulva átültetném egy tervbe az anyag szerkezeti és formai lehetőségeit emellett a tervezési koncepció részévé tenném. Az épületem, vagy esetlegesen hozzáépítem moduláris, előre gyártható szalmapanelekből épülne, amelyek lehetővé teszik a gyors kivitelezést, könnyebbé válik a további bővíthetőséget és a rugalmas a térhasználat. Így a tervezett épület egyben a kutatás gyakorlati kísérlete.

10. Forrásjegyzék:

- [1.] Antoine de Saint-Exupéry: A kis herceg, 12.o.
(<https://mek.oszk.hu/00300/00384/00384.pdf>; hozzáférés dátuma: 2025. 09. 04.)
- [2.] *Our Common Future*, also known as the Brundtland Report
- [3.] <https://www.co2news.sk/hu/2024/11/11/az-epitoipar-jovoje-a-klimavaltozas-kontextusaban/>
- [4.] Magyarország- Szlovákia Határon Átnyúló Együtműködési Program 2007-2013: Fenntartható építészet útmutató
- [5.] (online) https://energiaeskovnyezet.hu/doksik/szalmabala_haz.pdf (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 04.)
- [6.] Központi Statisztikai Hivatal, Mikrocenzus 2016 -7. Lakáskörülmények p. 23.
(hozzáférés dátuma: 2025. 08. 31.)
- [7.] <https://www.stepup-project.eu/> (hozzáférés dátuma: 2025. 08. 31.)
- [8.] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-2020_en (hozzáférés dátuma: 2025. 08. 31.)
- [9.] Medgyasszay Péter: Szabadon álló családi házak utólagos hőszigetelése szalmabála elemekkel (Magasépítés Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem)(
<https://belsoudvar.hu/wp-content/uploads/2019/11/medgyasszay-01-szalma-hoszigeteles-leadott.pdf>; hozzáférés dátuma: 2025. 09. 04.)
- [10.] <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-magyar-nyelv-ertelmezo-szotara-1BE8B/sz-4A3C0/szalma-4A958/> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 04.)
- [11.] <https://www.agroinform.hu/aprohirdetes/termeny/takarmany/szalma-12974/c3>
(hozzáférés dátuma: 2025. 09. 04.)
- [12.] Novák Ágnes: Szalmabála építészet
- [13.] Gernot Minke- Benjamin Krick: Szalmabála- építés; CSER kiadó, 2012.
- [14.] <https://www.archdaily.com/150293/no99-straw-theatre-salto-ab?auth=hadid> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 06.)
- [15.] <https://henninglarsen.com/projects/bestseller-logistics-center-west> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 06.)
- [16.] <https://www.ubm-development.com/magazin/en/logistics-center-west-logistics-centre-opts-for-wood> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 06.)
- [17.] <https://ecococon.eu/blog/2025/biggest-straw-project-ever-built?fbclid=IwY2xjawMpHkJleHRuA2FlbQIxMABicmlkETBvbjMxVVBaZVd4bWU2emFTA>

R5MF_N8yuOGSqcei50EBYymOoG_1bH3DY1-

VCj5snNd0aDN78yKW8rLzA4YZw_aem_Q2yi0u2_EtbnYVIY2dNpVA (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 06.)

- [18.] <https://ecococon.eu/assets/downloads/ecococon-story.pdf> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 06.)
- [19.] Athena and Bill Steen: The beauty of the straw bale home
- [20.] Adam Weismann & Katy Bryce: Using natural finishes (Green Books Ltd 2008.)
- [21.] <https://www.baunetz-campus.de/news/aus-der-komfortzone-schwitzen-das-designbuild-projekt-architecture-after-comfort-9868192> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 13.)
- [22.] TÉKA- Településrendezési és Építési Követelmények Alapszabályzata
- [23.] <https://www.baunetz-campus.de/news/ein-leichtbausystem-aus-strohziegeln-das-forschungsprojekt-strohgold-8578751> (hozzáférés dátuma: 2025. 09. 16.)
- [24.] https://www.atlas-regenmat.ch/#/_/building-material:2 (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [25.] https://www.atlas-regenmat.ch/#/_/technical-construction:1 (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [26.] https://www.atlas-regenmat.ch/#/_/professional:4 (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [27.] https://www.atlas-regenmat.ch/#/_/building:26 (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [28.] https://www.atlas-regenmat.ch/#/_/professional:1 (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [29.] <https://www.atelierschmidt.ch/gartist-bubikon> (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [30.] <https://strawbuilding.eu/ausstellungsgebaude-gartist-gmbh/> (hozzáférés dátuma: 2025. 10. 06.)
- [31.] Medgyasszay Péter, Novák Ágnes: Föld- és szalmaépítészet (Függelékben: A vályogépítés szabályai); TERC 2006.
- [32.] <https://ecococon.eu/the-panel-system> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 01.)
- [33.] <https://www.ubm-development.com/magazin/wicker-house/> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 01.)
- [34.] <https://www.archdaily.com/974399/wicker-house-shaygan-gostar-architectural-group> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 01.)
- [35.] https://www.google.com/search?sca_esv=6b0b75a31f80727a&hl=hu&udm=2&sxsrf=A E3TifOGBipyCo4Zb5dyIsP_Q- (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 01.)
- [36.] <https://bergwiesenheu.com/heubad-alpine-hay-therapy/> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 01.)

- [37.] <https://www.baunetz-campus.de/news/golden-corn-modellanalysen-zum-bauen-mit-stroh-10095850>
- [38.] <https://www.calfibre.com> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 07.)
- [39.] <https://www.euwid-wood-products.com/news/wood-based-panels/calfibre-to-recommission-abandoned-calplant-plant-180624/#:~:text=CalFibre%2C%20founded%20by%20project%20developer%20Jerry%20Uhländ%2C,recommission%20these%20facilities%20in%20the%20near%20future> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 07.)
- [40.] <https://divisare.com/projects/127081-anna-heringer-b-k-s-inan-desi> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 08.)
- [41.] <https://divisare.com/projects/347200-jimmi-pianezzola-alberto-sinigaglia-scl-straw-bale-house> (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 08.)
- [42.] Chris Magwood: Prefab straw bale construction; New society publishers 2016.
- [43.] <https://www.facebook.com/Szalmabalaepiteszet>(hozzáférés dátuma: 2025. 11. 08.)
- [44.] https://www.architectmagazine.com/technology/products/calplant-launches-green-mdf-made-from-local-agro-waste_o (hozzáférés dátuma: 2025. 11. 08.)

11. Kép- és táblázatjegyzék:

1. *ábra* 12. o., [43.]
2. *ábra* 12. o., [43.]
3. *ábra* 13.o., [13.] 22. o.
4. *ábra* 14.o., [13.] 23. o.
5. *ábra* 15.o., [25.]
6. *ábra* 15.o., [25.]
7. *ábra* 15.o., [31.] 77. o. 4.34. *ábra*
8. *ábra* 16.o., [31.] 78. o. 4.39. *ábra*
9. *ábra* 17.o., [31.] 79. o. 4.41. *ábra*
10. *ábra* 18.o., [32.]
11. *ábra* 19.o., [29.]
12. *ábra* 19.o., [26.]
13. *ábra* 20.o., [26.]
14. *ábra* 20.o., [26.]
15. *ábra* 20.o., [26.]
16. *ábra* 20.o., [26.]
17. *ábra* 21.o., [23.]
18. *ábra* 22.o., [23.]
19. *ábra* 22.o., [44.]
20. *ábra* 27.o., [21.]
21. *ábra* 27.o., [21.]
22. *ábra* 27.o., [21.]
23. *ábra* 27.o., [21.]
24. *ábra* 28.o., [9.]
25. *ábra* 28.o., [9.]
26. *ábra* 29.o., Saját fotó
27. *ábra* 29.o., [12.]
28. *ábra* 29.o., [12.]
29. *ábra* 29.o., [33.]
30. *ábra* 30.o., [34.]
31. *ábra* 30.o., [33.]
32. *ábra* 31.o., [41.]

- 33. *ábra* 31.o., [41.]
- 34. *ábra* 32.o., [16.]
- 35. *ábra* 32.o., [15.]
- 36. *ábra* 32.o., [18.]
- 37. *ábra* 33.o., [16.]
- 38. *ábra* 33.o., [16.]
- 39. *ábra* 34.o., [31.] 77.o. 4.36. *ábra*
- 40. *ábra* 34.o., [12.] 75.o.
- 41. *ábra* 35.o. [40.]
- 42. *ábra* 35.o. [40.]
- 43. *ábra* 36.o., [14.]
- 44. *ábra* 36.o., [14.]
- 45. *ábra* 36.o., [14.]
- 46. *ábra* 38.o., [20.]

1. táblázat: 10. o., forr.: saját kép [24.] alapján