

TUDOMÁNYOS ÉS MŰVÉSZETI  
DIÁKKÖRI KONFERENCIA

**MENEDÉKHÁZ**

Dimitrov Dóra

Wittner Réka

Építészmérnöki szak

3. évfolyam

 **MENEDÉKHAZ**

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Igény a menedékházakra.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Természeti katasztrófák.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Háborúk.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Meglévő szerkezeti példák kutatása, tanulmányozása .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Formakutatás .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Anyagkutatás.....</b>	<b>11</b>
<b>4. Saját szerkezet kiválasztása .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Szörfdeszka anyaga.....</b>	<b>14</b>
<b>5. Saját szerkezeti kialakítás .....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. Szendvicsszerkezet:.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. Felépítés: .....</b>	<b>17</b>
<b>5.3. Csomópontok.....</b>	<b>19</b>
<b>5.4. Nyílászárók kialakítása .....</b>	<b>22</b>
<b>5.5. Megjelenés .....</b>	<b>24</b>
<b>6. Anyagok és szerkezetek összehasonlítása .....</b>	<b>28</b>
<b>7. Konklúzió .....</b>	<b>31</b>
<b>8. Irodalomjegyzék .....</b>	<b>32</b>

# 1. Bevezetés

## **„Menedékház” katasztrófa esetén szükséges ideiglenes lakhely, gyors és könnyű kivitelezéssel**

A Tudományos és Művészeti Diákköri Konferenciára készült dolgozatunk célja egy olyan ideiglenes otthon kialakítása, amely gyors és könnyű összeszereléssel bárkinek biztonságot nyújt egy hirtelen tragédia után.

Az elmúlt évek során történt háborús és természeti katasztrófákra (mint például földrengések, vulkánkitörések, cunami, lavina, árvíz, szélvész, tűzkatasztrófák stb.) való tekintettel, egyre fontosabbá vált a nagyobb embercsoportok biztonságos elhelyezése, akár hosszabb időintervallumra is. Ennek oka, hogy a lakások, házak és épületek az elszenvedett károk következtében veszélyessé és lakhatatlanná válhatnak, valamint felújításuk, vagy egy új épület építése hosszú időt vesz igénybe, és addig is lakni kell valahol.

Kutatásunk alatt olyan megoldásokat keresünk, amelyek formailag és anyagfelhasználást tekintve is lehetővé teszik az ilyen jellegű menedékházak kialakítását. Célunk, hogy egy hétköznapi személy, aki nem szakember, is képes legyen az összeszerelésére. Emellett fontos szempont, hogy gépi munka nélkül is megvalósítható legyen, mert a gépek működtetéséhez szükséges energia az adott területeken nem, vagy csak korlátozottan áll rendelkezésre. Valamint lényeges, hogy egyszerre több elemet könnyen és gyorsan lehessen szállítani. A kutatásunk során megismert jelenleg is létező technikák elősegítették a megfelelő anyagok és szerkezetek kiválasztását. A tervezett menedékháznál felhasznált megoldások újszerűsége abban rejlik, hogy nem csak az építőiparból merít ötletet, hanem különböző szakterületek high-tech megoldásainak előnyeit felhasználva és egyesítve egy teljesen új rendszert hoz létre a kívánt cél elérése érdekében. Az előzetesen összegyűjtött ismeretek alapján került kiválasztásra az általában szőrfdeszkák és hajók falazatát képező műgyantával bevont polisztirolhab vagy PUR hab mintájára a poliészter gyantával bevont PIR hab maggal rendelkező szendvicsszerkezet. Ennek a szerkezetnek az építőiparban történő felhasználása újdonságnak tekinthető, viszont számos előnnyel rendelkezik. Könnyű, mégis kellően szilárd és felületi kialakítása ellenáll a nedvességnek, valamint könnyen takarítható, fertőtleníthető, illetve hő technikailag és tűzvédelmileg is a célnak megfelelő szerkezet alakítható ki belőle. Az új anyag használata miatt

a szerkezet felépítése és csomóponti kialakítása is mélyebb kutatást igényelt. Az összehajtogatható struktúra kiválasztásánál így jött képbe a csuklós létra működési elvének a felhasználása, ami amellet, hogy összehajtogatható, kinyitva és kívánt szögben rögzítve kellően stabil csomóponti kialakítást tesz lehetővé.

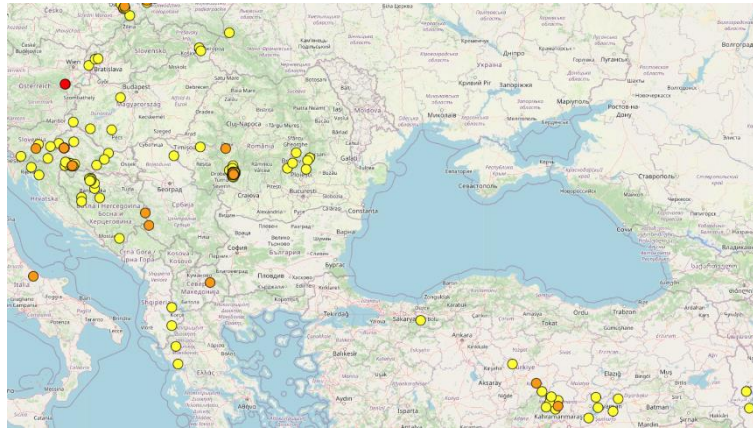
A menedékházunk ideiglenes és biztonságos otthonként funkcionál, amellyel középutat képez egy sátor és egy lakóház között. Fontos számunkra, hogy a természeti viszontagságok ellen (mint például szél, eső, hó stb.) védelmet tudjon nyújtani, viszont nem az a célja, hogy helyettesítse egy teljes családi ház funkcióját (például: nincs külön szoba mindenkinek, se különálló konyha, fürdő). A szükséges funkcionális tereket, vizesblokkokat különálló egységek fogják ellátni, amelyek integrálhatóak a menedékházak rendszerébe. A formának köszönhetően lehetővé válik egy szekcionális/ moduláris kivitelezés, amely az esetleges bővítést, vagy átalakítást segíti, emellett a könnyű elbontást is. Továbbá ennek köszönhetően nincs korlátozva a használó személyek száma, így létrejöhetnek nagyobb házegységek, menedékközpontok is.

## 2. Igény a menedékházakra

### 2.1. Természeti katasztrófák

A természeti katasztrófák olyan nagy erejű és lényeges pusztítással járó események, melyeket a Föld különböző természeti folyamatai okoznak. Ezek az események gyakran jelentős emberi és anyagi veszteségeket okoznak, negatívan befolyásolják a környezetet és az emberek életkörülményeit is, mivel nagymértékben megváltoztatják azokat hosszabb, vagy rövidebb időre. Az olyan pusztító katasztrófák, mint például a hurrikánok, - különösen a tengerparti térségekben fedezhetők fel. Ezek a hatalmas viharok, nagy széltömeget és esőt hozva súlyos károkat okoznak a part menti településeken és a környezetükben. További természeti katasztrófa a vulkánkitörés is, mely kitöréskor forró láva, hamu és gázkitörések következnek be. Ezek általában messzebb történnek a településektől, de egy nagyobb vulkánkitörés végzetes kárt tud okozni a természetben és az emberlakta területeken.

[1] A földrengés az egyik leggyakoribb természeti katasztrófa. A földrengések létrejöttét az elmozduló kőzet blokkok okozzák, így alakulnak ki törési felületek a földfelszínen. A földrengések által okozott pusztítások minden évben emberéletet követelnek világszerte. A közelmúltban az országunkhoz legközelebb Törökországban alakultak ki nagy földrengések, ebben az országban ez nem rendkívüli, de most nagyobb pusztítást okozott, mint az elmúlt időben előtte. Február óta Törökország déli részén olyan erősségű földrengések voltak, amelyek több kárt is okoztak a városokban. Számos épület omlott össze, ami tüzeseteket is okozott, emellett pedig számos emberéletet követelt. [2] Friss adatok szerint (március eleje) a földrengések áldozatainak száma meghaladta az 50 000 főt, ebből több mint 7000 ember Szíriában és több mint 45000 hunyt el Törökországban. [3] Egy forrás alapján megtudtuk, hogy ennek a katasztrófának a következtében közel 1,5 millió ember vesztette el az otthonát, körülbelül 500 ezer ház pusztult el. Hirtelen ennyi ember megmentése és elszállásolása nem egyszerű, emellett sok időt és energiát vesz igénybe az emberek keresése is a törmelékek között.



1. ábra: Legutóbbi földrengések hazánk közelében az elmúlt 30 napban (03.31.) [4]

Ez csak néhány példa a természeti katasztrófák közül, de a kiemelt pusztítások is megerősítik, hogy milyen súlyos következményekkel járnak, melyek kihatással vannak az emberi életre és a természetre. Ezért nagyon fontos a megfelelő felkészülés ezekre az eseményekre, amennyire csak lehet, hogy minél kevesebb kár következzen be. Ha mégis katasztrófa történik, akkor minél előbb menedékbe kell húzódnuk a kárt elszenvedőknek.



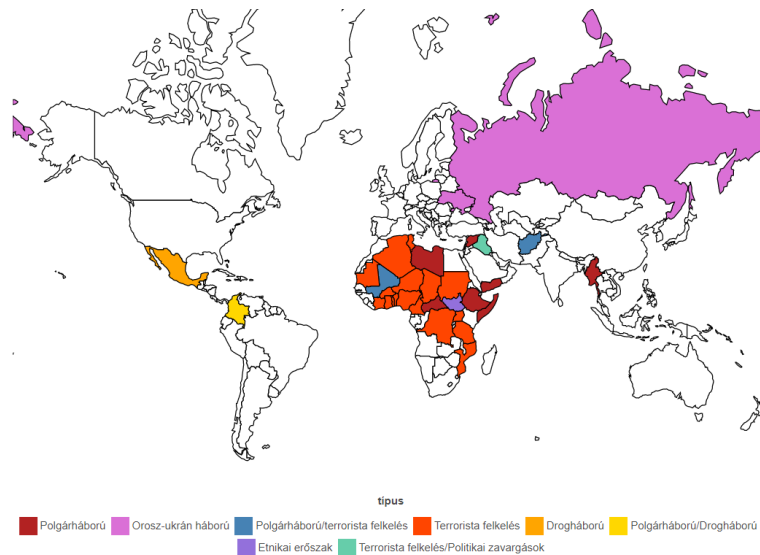
2. ábra: Kahramanmaras városban összeomlott épület [5]

## 2.2. Háborúk

A háborúk mindig is sok negatív következménnyel jártak az emberiség számára. Az egyik legnyilvánvalóbb hatásuk az, hogy emberéletek vesznek el, illetve sokak súlyosan megsérülnek. Ezek mellett az épületek összeomlása vagy megrongálódása is jelentős problémákat jelent. Az itt felhasznált fegyverek és bombák okozta károk miatt hamar lakhatatlanná válnak az épületek, és mindez kényszeríti az embereket az otthonaik elhagyására. A legtöbb menekült vagyonát és

otthonát hátrahagyva keres menedéket egy jobb és nyugodtabb környezetben. A háborúk kialakulásának több oka is van: területek megszerzése, természeti források elnyerése, gazdasági előnyök szerzése, illetve politikai nézeteltérések.

Az ilyen jellegű katasztrófák, jelenleg is a mindennapjaink részét képezik. Manapság is háborúznak egymással emberek, nemzetek és országok. Az alábbi térkép mutatja, hogy jelenleg hol zajlanak háborúk és felkelések a világban.



3. ábra: Jelenleg háborúban álló országok 2023.03.28-án [6]

Az országunkhoz legközelebbi háború, a több mint egy éve zajló orosz-ukrán konfliktus. Ez súlyos következménnyel jár Ukrajnában, ahol a háború zajlik, ezenkívül a környező országokra is hatást gyakorol.

Ukrajnában megváltozott az emberek élete. Emberek ezreinek kellett elhagyniuk az otthonaikat, ennek következményében rengetegen menekültté váltak a hazájukat elhagyva. Az ilyen esetekben is jó megoldás olyan menedékközpontok kialakítása, amelyek könnyen kivitelezhetőek, és amik segítséget nyújtanak az embereknek, hogy rövid időn belül biztonságban érezzék magukat a kialakult katasztrófa és veszteségek ellenére is. Felmerül az a kérdés, hogy mi történik az elhagyatott, már lakatlan otthonokkal?



*4. ábra: Krasylivka faluban egy lerombolt ház előtt álló asszony [7]*

A forrás szerint [4] az lenne a normális, hogy a harcok végeztével a kormány, a partnerek és a szervezetek tűznék ki, hogy az emberek visszakapják a saját tulajdonukat, otthonukat azonosítás alapján. De ez a valóságban sokkal nehezebb folyamat, a megsemmisült és pontatlan nyilvántartásokból nehezebb kiindulni, illetve a lakhatatlan házakat, lakásokat teljesen újra kell építeni, vagy nagyszabású felújításokat kell végezni.

### 3. Meglévő szerkezeti példák kutatása, tanulmányozása

Kiindulásként a gyorsházak adtak inspirációt a munkánkhoz. Ilyenek például a Pop-Up házak, amelyek manapság sokak körében egyre nagyobb érdeklődést keltenek. Ezt a fajta passzív házat a franciaországi Multipod Studio fejlesztette ki. Céljuk, hogy az emberek minél gyorsabban és pontosabban, képesek legyenek felépíteni a saját Pop-Up házukat. Az összeszereléséhez mindössze egy csavarhúzó kell, ami a könnyű kivitelezést biztosítja. A Pop-Up házak szerkezete szigetelő tömbökből és fa elemekből (deszkákból) állnak. A fejlesztők célja, hogy megfelelő hőszigetelést és megfizethető szerkezetet biztosítsanak, mellette pedig újrahasznosítható is legyen az épület. Összességében a Pop-Up ház egy olcsó kivitelezést eredményez a felhasznált anyagoknak köszönhetően. Az első prototípus meg is épült Aix-en-Provence-ben, Franciaország déli részének fenyő völgyeiben. [8]

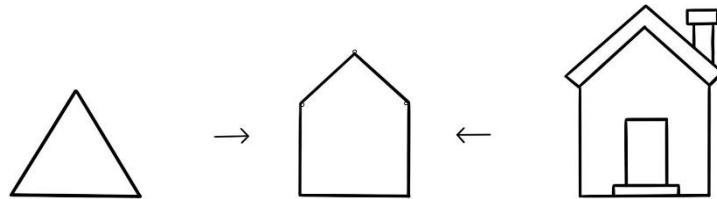
Az előnyei mellett meg kell említeni a Pop-Up házak hátrányait is. Ezek közé tartozik, hogy a Pop-Up házak szerkezetét mindenképp le kell burkolni, időigényes a felépítése, ami körülbelül négy napot vesz igénybe, emellett pedig komoly szaktudást és emberi munkaerőt igényel.



5. ábra: Pop-Up ház építése [8]

### 3.1. Formakutatás

A menedékházunk formájának meghatározásánál fontos volt az egyszerűség. A legegyszerűbb menedéklehetőség általában egy katasztrófa után a sátor, ám ez nem a legbiztonságosabb és legkényelmesebb megoldás. Egy teljes ház felállítása időigényes, szerkezete pedig jóval bonyolultabb. Így alakult ki számunkra a sátor és ház közötti átmenet, ami egy optimális megoldás lehetne.



6. ábra: folyamatábra [saját]

### 3.2. Anyagkutatás

Visszatekintve a katasztrófákra, a jelenleg is zajló orosz-ukrán háború többeket is gondolkodásra késztetett, hogy a kialakult helyzetben milyen módon tudnának segítséget nyújtani a kárt elszenvedett családoknak/személyeknek. Shigeru Ban japán építész aktív résztvevője az emberek számára épülő gyorsan elkészíthető menedékek tervezésének. Többek között a nevéhez fűződik a PPS rendszer (Paper Partition System) telepítése az ukrán menekültszállásokra, és ezzel a magántér kialakítását segítette elő. Viszont ennek a kialakításnak a hátránya, hogy egy ilyen PPS rendszert csak zárt térben lehet megvalósítani, egyszerűbben szólva ezek csupán térelválasztó falak, nem pedig önálló menedékek.



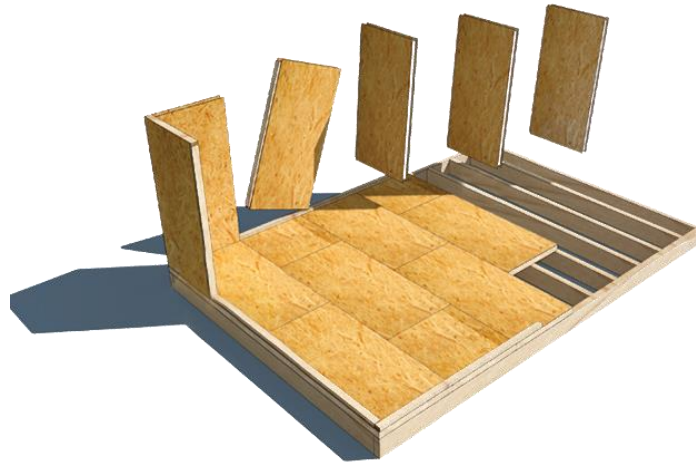
7. ábra Shigeru Ban Architects - PPS rendszer [9]

Ezt továbbgondolva, az Önkéntes Építészek Hálózata (VAN) illetve a Shigeru Ban Architects jelenleg is folyó tervezési munkálatai során a polisztirolhabot [9], mint anyagot kutatja, illetve használja a “gyorsház” típusú épületek létrehozására. Ez a fajta panel típus több előkészületi munkát igényel, célja egy komfortosabb légkör kialakítása, így megtalálható benne saját kis konyha, és bútorokkal is be van rendezve. A polisztirolhab mag körül üvegszálas és műanyag (FRP) bevonattal érik el, hogy a ház jó szigetelő és védő szerepet kapjon. A védelem oka, hogy a polisztirolhab éghető, gyúlékony anyag. Tűzvédelmi osztály szerint az *E* osztályba tarozik. Hátrányaként érdemes még megemlíteni azt is, hogy a polisztirolhab égése során káros füstöt termel, ami az emberi egészségre ártalmas. [10]



8. ábra Shigeru Ban Architects az SHS (polisztirolhab házrendszer) [11]

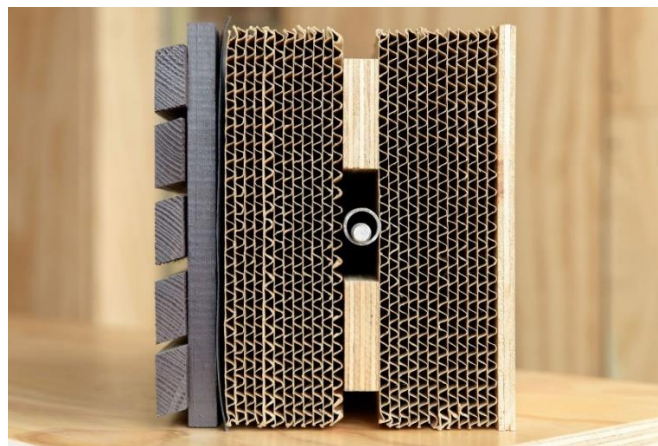
Az anyaghasználati kutatásunk során megismert SIP (Structured Insulated Panel) [12] rendszer egy újabb módja a könnyű, gyors, és költséghatékony megoldásoknak. A stabil és környezetbarát építési rendszer OSB építőlemezek közé tett EPS töltéssel van kialakítva, így az alacsony energiafelhasználással a passzív épületek tervezésénél fontos szerepet játszik napjainkban. Az önhordó SIP-panelekből készült épületek rendkívül stabilak, így nincs szükségük külön vázszerkezetre. Ez lehetővé teszi, hogy a SIP-házak nagyon gyorsan felépíthetőek legyenek. Hazánkban az Adam-house forgalmazza, és már több helyen is megjelentek az ilyen rendszerrel felépített épületek. Hátránya, hogy külső-belső burkolást, felületképzést igényel, mert ezek nélkül nem időjárásálló maga a nyers szerkezet.



9. ábra: SIP rendszer [12]

Az amszterdami Fiction Factory által fejlesztett Wickelhouse egy fenntartható moduláris házrendszer. Fő építőanyaga a karton [13], mely huszonnégyszeres rétegben teljesen körülveszi a vázát. A páraáteresztő alátét fólia és a fa borítás után egy környezetbarát, biztonságos házat hozhatunk létre, mely az időjárás viszontagságai elől is remek védelmet biztosít. A moduláris kialakítás után egy szegmens 500 kilogrammot nyom. Emiatt fő hátránya a súlya, mivel a mi elképzelésünk egy könnyebb elemekkel rendelkező szerkezet, ami emelőgépek nélkül is felállítható. Valamint azt is fontos megemlíteni, hogy a ház külső burkolatát külön ütemben kell elkészíteni, ami valamennyire lassítja az épület felállítását, ráadásul szakértelmet igényel, így bárki nem képes ezt elkészíteni.

Ez a házrendszer áll a legközelebb az általunk tervezett menedékházhoz a formát és moduláris kialakítást tekintve. Így elindította bennünk azt a gondolatfolyamatot, mely választ adhat arra, hogy hogyan is lehetne a szerkezetet még könnyebbé tenni, amely kevés ember-, és nulla gépigényt von maga után.



10. ábra: Karton házrendszer [13]

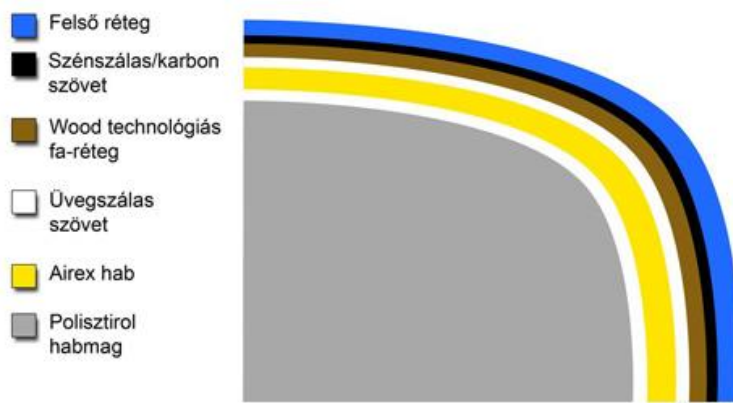
## 4. Saját szerkezet kiválasztása

Az előképek és példák megfigyelésével és kutatásával minél előbb próbáltuk a menedékházak megfelelő anyagát kiválasztani. A fent említett anyagok és szerkezetek kutatása után, azok előnyeit és hátrányait mérlegelve jutottunk arra, hogy egy masszív, vízálló, de könnyű anyag, illetve szerkezet lenne a legcélszerűbb választás. Napjainkban már egyre többféle anyagot próbálnak felhasználni különböző élethelyzetekben. A menedékházunk kiválasztott szerkezete végül a szörfdeszkáknál is használt megoldás lett, ebből adódóan egy olyan high-tech technológiás szendvicspanelre esett a választásunk, amelyből szendvicspaneleket terveztünk. Fontos kiemelni, hogy jelenlegi épületeknél még nem elterjedt az ilyen megoldást, ezért ez a fajta felhasználás innovatív megoldásnak tekinthető.

### 4.1. Szörfdeszka anyaga

[14] A szörfdeszkák készítésénél két csoportot tudunk megkülönböztetni. A kezdőknek szánt rugalmas, kevésbé törékeny, de nehezebb szörfdeszkák gyártása más eljárással történik, mint a haladó és profi szörfösöknek szánt merevebb, könnyebb, de törékenyebb deszkáké. A rugalmas, de nehezebb szörfdeszkákat termoplasztikusnak hívjuk, melyekhez hőre lágyuló műanyagokat használnak fel. A hőre lágyuló, vagyis a termoplasztikus műanyagok, olyan polimerek, amelyek bizonyos hőmérséklet felett alakíthatóvá válnak, és lehűléskor megszilárdulnak. Ezeknek az anyagoknak az az előnye, hogy rugalmasabbak és kevésbé törékenyek, így a nagy igénybevételekre is jól reagálnak, hiszen legfeljebb behorpadhatnak, de nem törnek el. A termoplasztikus műanyag granulátumot egy előre elkészített táblasablonba helyezik, és forró levegővel addig melegítik, amíg a műanyag folyékonyá nem válik. Az eljárás során ez a forró, folyékony műanyag ráolvad a sablonra. Miután a héj kihűlt, összeillesztik a két félfomat, és ezek alkotják a tábla felső és alsó részét. Ezután poliuretán habot, vagy polisztirolhabot juttatnak a formába. Ezt nevezik egyszeres mélyhúzás folyamatnak.

Mindemellett a merevebb, de könnyebb deszkák anyaga duroplasztikus, vagyis hőre keményedő műanyagok. Ezt használják a gyakorlottabb, haladó szörfdeszkákhoz, mivel az anyagnak köszönhetően precízebben lehet azt kezelni. Ezeknek a szörfdeszkáknak az elkészítése teljesen más, mint az előbb említettnek. Technológiája abban különbözik, hogy először a deszka belsejét alakítják ki polisztirolhabból, majd ezután készül el a külső szerkezete. Ez a külső réteg ad védelmet a külső hatásokkal szemben a belső magnak.



11. ábra: A duropasztikus szörfdeszka felépítése [14]

Az elkészítés első lépése, hogy a kész belső magot epoxigyantával impregnált üvegszövet réteggel fedik le, a tetejére 5-7 mm vastag úgynevezett airex szivacsot helyeznek, amelyre ismét epoxigyanta és üvegszálás szövet kerül. Az airex szivacs réteg azért van, hogy a rétegeket megfelelően, mereven összekapcsolja, és rugalmasan tartsa a szerkezetet. Ez a szendvics szerkezet egy olyan kialakítás, ami könnyű, merev és megkíméli a deszkát a külső hatásoktól. Az utolsó üvegszálás/karbon réteg felkerülése után már csak a lakkréteg hiányzik.

A szerkezet fejlődésének köszönhetően a mai deszkák súlya csökkent, így már nem 8-10 kg-os deszkákról, hanem inkább 5-6 kg-ról beszélünk, természetesen ez méretfüggő. A súlycsökkenés természetesen csak előnyt jelent, mivel így a deszkáknak könnyebb a kezelése, jobb a sebessége és könnyen szállítható kézzel.

## 5. Saját szerkezeti kialakítás

### 5.1. Szendvicsszerkezet:

Az általunk összeállított szendvicsszerkezet leginkább a duroplasztikus deszkákra hasonlít. A saját rendszerünk kétoldalt poliészter gyantával ellátott, PIR hab maggal rendelkező struktúra.

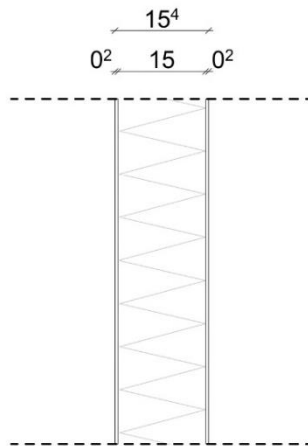
[15] A PIR egy olyan keményhab, amely zártcellás poliuretán hab, kiváló hőszigetelő és méretálló tulajdonsággal rendelkezik, tűzvédelmi szempontból a *D* osztályba tartozik. A PIR habnak számos olyan tulajdonsága van, ami az előnyünkre vált a tervezés során, biocid mentes, nedvességálló, hővezetési tényezője állandó és alacsony ( $\lambda=0,022$  W/mK), könnyű, így a beépíthetősége is egyszerűbb és gyorsabb. Az előnyeikhez tartozik továbbá az is, hogy megfelelő hőszigetelést biztosít a hideg ellen, ugyanakkor a hővezetési tényezőjének köszönhetően megfelelő védelmet nyújt a hőségtől is, ráadásul környezetbarát anyag, amely újrahasznosítható és célja a maximális energiamegtakarítás. A PIR hab fele olyan vastagságban is hasonló hőszigetelést biztosít, mint a többi hőszigetelő anyag, így vékonyabb rétegrendeket építhetünk. Tűzvédelmi szempontból a PIR azért jó megoldás, mert önkioltó tulajdonsággal bír, ezért megbízható és biztonságos. Az is egy jó szempont, hogy PIR habot több területen is lehet alkalmazni, mint például magastető, padló, lapostető és terasz szigetelésre egyaránt. Élettartamát tekintve mivel környezetbarát hőszigetelő anyag, így többször is újrahasznosítható, szinte kimondható, hogy a gyártása alatt nulla hulladék termelődik.



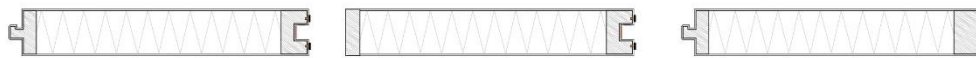
*12. ábra: PIR tábla [15]*

## 5.2. Felépítés:

A szerkezet megfelelően stabil kialakításához fenyőfa keretekkel szegélyezett szendvicspaneleket terveztünk, melyek profilozott kialakítása biztosítja a megfelelő beázás mentes csatlakozást.



13. ábra: Saját szendvicsszerkezet [saját]



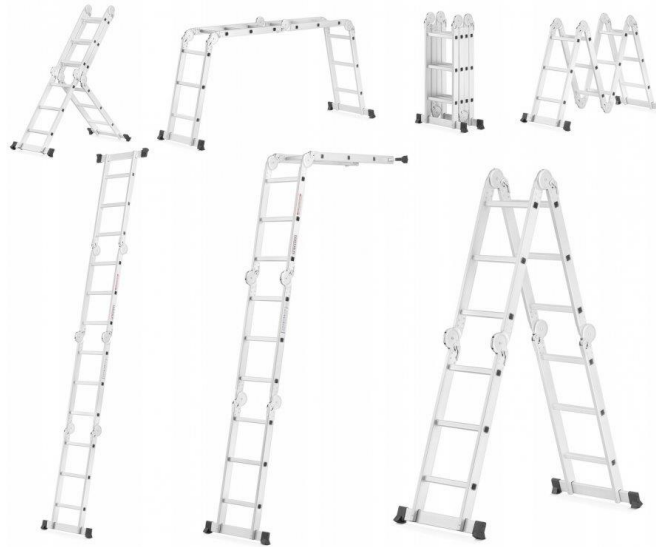
14. ábra: Elem variációk [saját]

A struktúra kialakításánál merült fel az összehajtogatás módszere, mert ez a szerkezet szállításánál is előnyt jelentene, illetve a menedékházak megépítése is könnyebb ezzel a módszerrel. Az összehajtogatható szerkezet kiválasztásánál segítséget nyújtott számunkra a csuklós létra elve.



15. ábra: Csuklós létra [16]

A csuklós létra egy nagyon praktikus eszköz manapság. Kialakításának és a csuklóknak köszönhetően többféle formában nyitható, hajlítható, ahogy a munka során szükség van rá, mindemellett könnyen kezelhető is. A csuklós létra célja a biztonság és a kényelem. Megállapítható, hogy ez egy könnyű, de erős szerkezet.



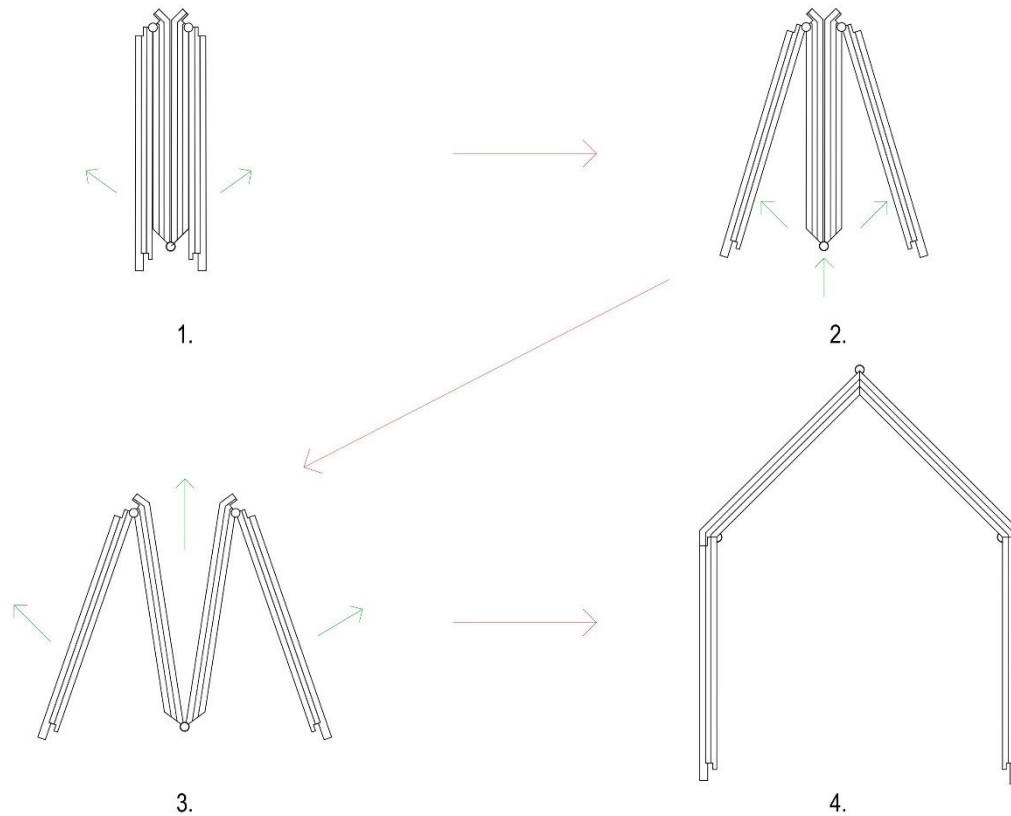
16. ábra: Csuklós létra kialakításai [16]

A szerkezetet vizsgálva rajzolódott ki számunkra is a csuklós megoldás lehetősége, mivel ez a saját könnyűszerkezet kivitelezéséhez éppen megfelelő volt, és a tetőhajlás pontjaiban is követtük a működési elvet.

A kialakításnál a hajtogatás, mint opció volt az egyik fő cél, így döntöttünk a csuklós megoldás mellett, mivel ezáltal nemcsak mobilis, hanem a szerkezet megfelelő tartása is megvalósulhat.

A kialakításnál mérlegeltük a külön elemekből álló szerkezet és az összehajtogatható szerkezet előnyeit, és hátrányait. A külön panelekből álló szerkezet előnye, hogy egy-egy elem kisebb súlyú, hátránya, hogy a felállítása lassabb és az elemek összeszerelése nagyobb figyelmet, szakértelmet kíván, valamint az elemek összekeverésének lehetősége is fennáll. Az összehajtogatható elemek negatívuma, hogy az összekapcsolt panelek nagyobb elemsúllyal rendelkeznek, ezért mozgásukhoz, felállításukhoz több emberre van szükség. Pozitívuma, hogy felállításuk gyorsabb, amit átlagemberek is képesek elvégezni különösebb szakértelem nélkül, valamint az elemek nem keverednek össze (és így nem maradnak ki fontos alkatrészek a beépítésből). A külön panelekből álló és az összehajtogatható elemekből álló rendszerek előnyeit és hátrányait mérlegelve az összehajtogatható elemekre esett a választásunk.

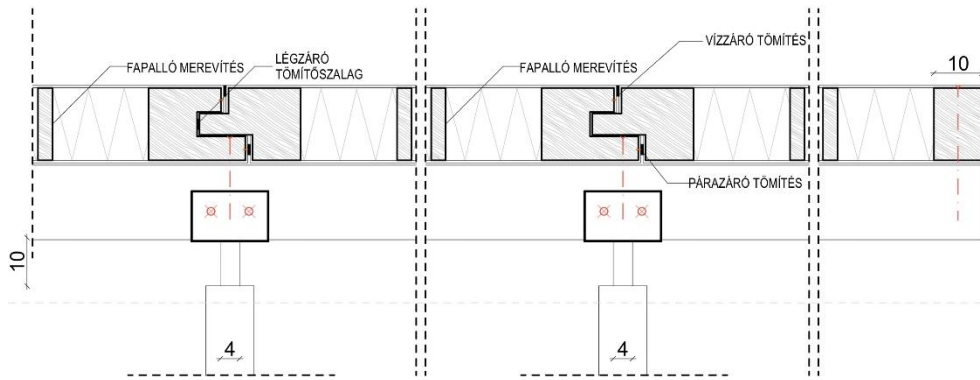
A létracsukló klikkes rendszerű, mely a gyártásnál beállított szögben reteszeli a csuklót, meggátolva annak további forgását, ezáltal megfelelő tartást biztosít a szerkezetnek. A reteszelés kioldható, így a szerkezet ismét összecusukhatóvá válik.



17. ábra: Kihajtás lépései [saját]

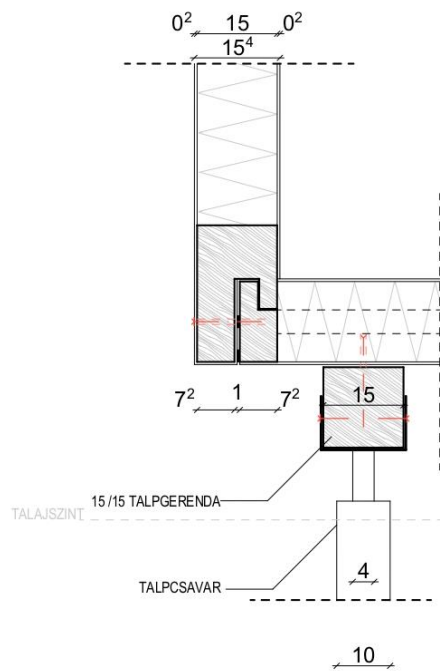
### 5.3. Csomópontok

A padló hosszmetzeti csomópontján azt a kapcsolatot rajzoltuk le, ahol a parkettához hasonló összetolós megoldással jött létre a szegmensek egymáshoz csatlakozása. Ez a kapcsolat csavarral van rögzítve a talpgerendába, ez pedig a talajcsavarhoz van rögzítve. A talajcsavarokkal a menedékház megemlése az egyik cél, ami azért szükséges, hogy a szegmensek ne érintkezzen a föld felszínével. A másik pedig, hogy a szél el ne fújja, hiszen nagyon könnyű a szerkezetünk és hozzá képest nagy a felülete. A szendvics szerkezetek összekapcsolásánál fapalló merevítéseket alkalmazunk. A csatlakozásoknál létrejövő beázástól, vizesedéstől tömítésekkel védjük a szerkezetet.



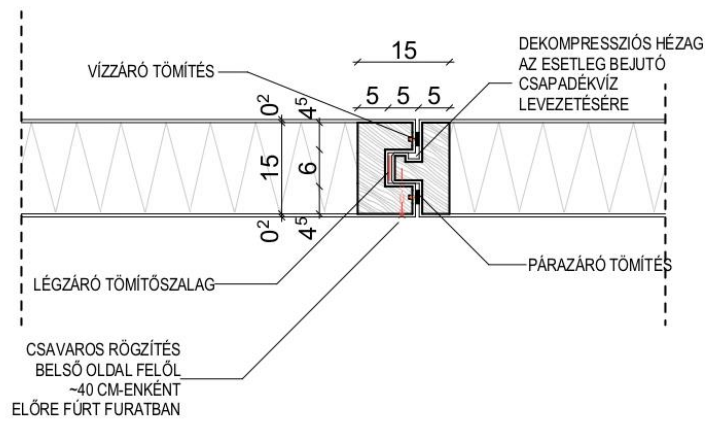
18. ábra: Padló hosszmetzeti csomópont [saját]

A padló keresztmetzeti csomópontjánál a padló-fal kapcsolat egy horony-eresztékes kapcsolattal van kialakítva. Így addig sem csúszik le a fal a padlóról, amíg nem történik meg a csavaros rögzítés. A csavar feje nem látható, mert rejtett csavarozással lett kialakítva a padlóban. A sarokponton víz- és légzáró tömítőszalag kerül elhelyezésre.



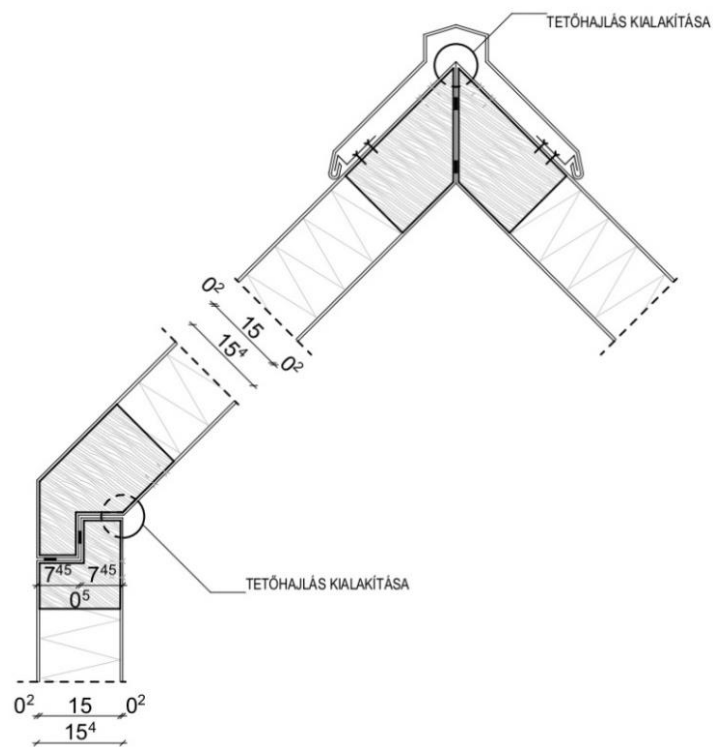
19. ábra: Padló keresztmetzeti csomópont [saját]

A fal és tető csomópontjánál az esetlegesen bejutó csapadék a dekompresziós hézagban el tud folyni. A két elem belülről összecsavarozható, emellett középen légzáró-vízzáró tömítést helyeztünk el. A mélyebb átlapolás a beázás ellen lett kialakítva.

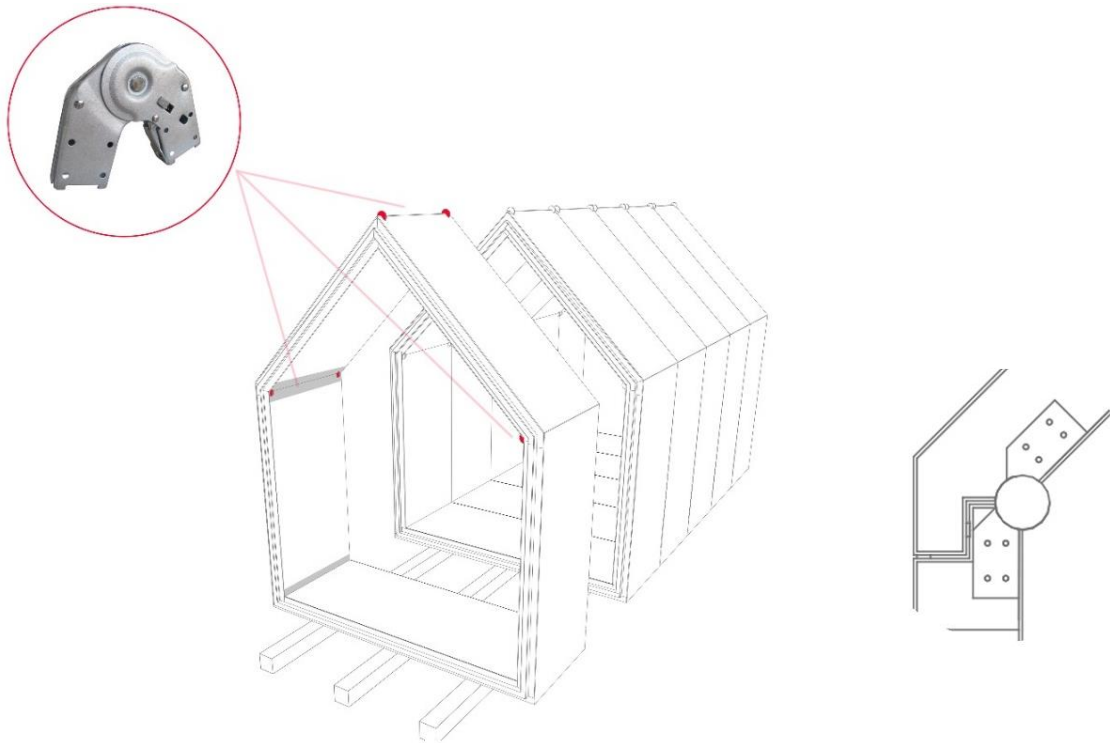


20. ábra: Fal és tető csomópont [saját]

A tetőhajlás csomópontjánál beázás ellen Z alakú kialakítás (természetes geometriai vízküszöb) és tömítés (pára- és vízzáró) lett kialakítva. A gerinc csomópont a kiálló csukló és a panelek illesztése miatt kiegészítő bepattintható fémlemez fedést kapott. A csuklós csatlakozás a csuklós létra elve alapján lett megtervezve. A kinyitást követően a csuklós kapcsolatok fix helyzetbe kerülnek, ezáltal megakadályozzák a szerkezet kimozgását.



21. ábra: Tető hajlás csomópont [saját]



22. ábra: 3D ábra [saját]

#### 5.4. Nyílászárók kialakítása

A nyílászárók tekintetében az üveget elvetettük, mivel súlyos hátrányai közé tartozik, hogy törékeny és nehéz is, sűrűsége:  $2400-2800 \text{ kg/m}^3$ .

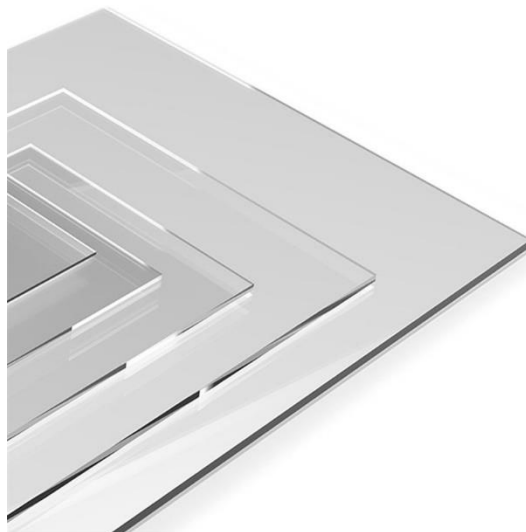
[17] Így az üveg helyett inkább az akrilüvegre, vagyis a plexire esett a választásunk. Az akrilüveg egy hőre lágyuló műanyag, kémiai neve: PMMA, vagyis Polimetil-metakrilát. Az akrilüveg olcsóbb, mint a hagyományos üveg. Ez az anyag nem törékeny, illetve 40-50%-kal könnyebb, mint a hagyományos üveg, így a szállítás és a szerelés közben sem okoz gondot. A plexi sűrűsége  $1190 \text{ kg/m}^3$ , hőszigetelő képessége kiváló, így többrétegű hőszigetelő üvegezést lehet belőle készíteni. Az akrilüveg előnyei közé tartozik még a nagy ütésállóság és rugalmasság. Emellett könnyű a mechanikai feldolgozása, mint például hajlítása, valamint az áttetszősége is nagyobb, mint a hagyományos üvegnek. Az UV jellemzőihez tartozik, hogy manapság üvegházakat is készítenek kettős héjú lemezekből, ami lehet polikarbonát vagy akril lemez. Az élettartamnál pedig fontos kiemelni, hogy az akrilüveg hosszútávra tervezhető, körülbelül 30 évet is kibír, továbbá környezetvédelmi szempontból is megfelelő, mert nem jutnak káros anyagok a levegőbe melegítése hatására.

[18] A plexi lapok hátrányához tartozik, hogy könnyen meg lehet karcolni, így fóliaborítással látják el a használatig, illetve már kifejlesztettek egy karcálló bevonatot is, amely védelmet ad.

Használata az építészetben már számos helyen megjelenik, például előtető és homlokzat készítésekor. Fajtáit tekintve a hagyományos plexi átlátszó, de manapság már különböző színekben is elérhető, valamint a vastagságát tekintve is már több változat létezik, 2 mm-től egészen a 30 mm-ig. Mindemellett méretét vizsgálva különféle méretű táblák, vagy lapok vásárolhatóak meg, sőt egyedi méretekben is kaphatóak.



*23. ábra: Plexi színes üveg [18]*



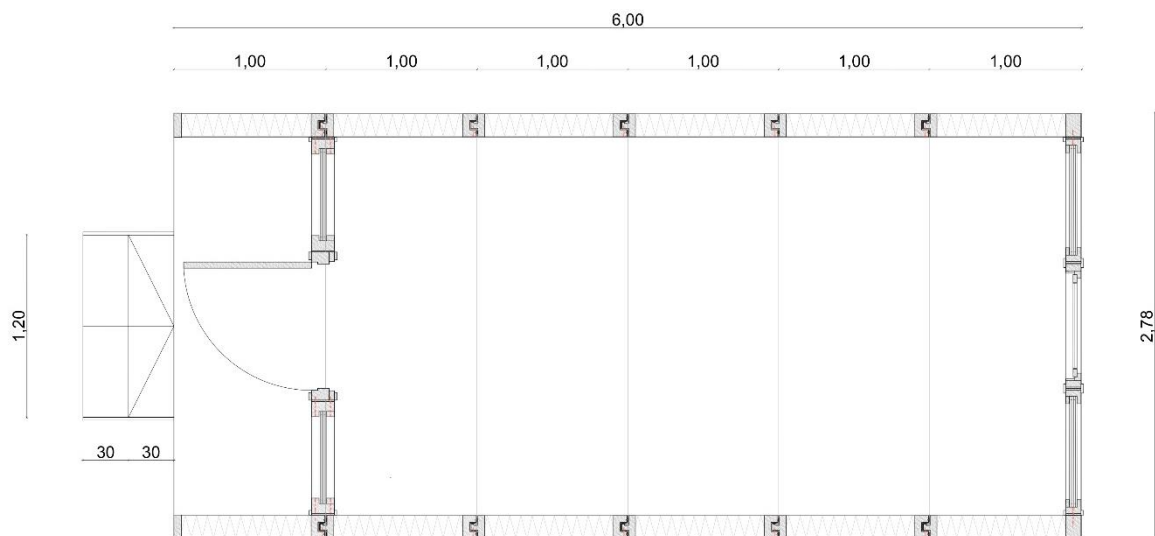
*24. ábra: Plexi üveg [19]*

## 5.5. Megjelenés



25. ábra: Menedékház logó [saját]

A szerkezetünk kialakításával célunk, hogy a szekciókat, modulárisan összeillesztve különböző méretű egységeket hozhassunk létre. Ez lehetővé teszi, hogy családok és kisebb csoportok is egyaránt elférjenek a létrejött menedékházakban. Ezen egységek összességével alakulhatnak ki központok, ahol az emberek magánszférájukat megtartva, de mégis közel lehetnek egymáshoz. A vizesblokkok külön szekciókban kerülnének kialakításra, így ezeket egymás között megosztva lehetne használni, az egyszerű vízellátás és szennyvízkezelés érdekében. Emellett a higiénia is fontos szempont. A központ célja, hogy a katasztrófa sújtotta embereket minél előbb menedékbe és biztonságba tudják helyezni, továbbá, hogy ne szakadjanak el egymástól.

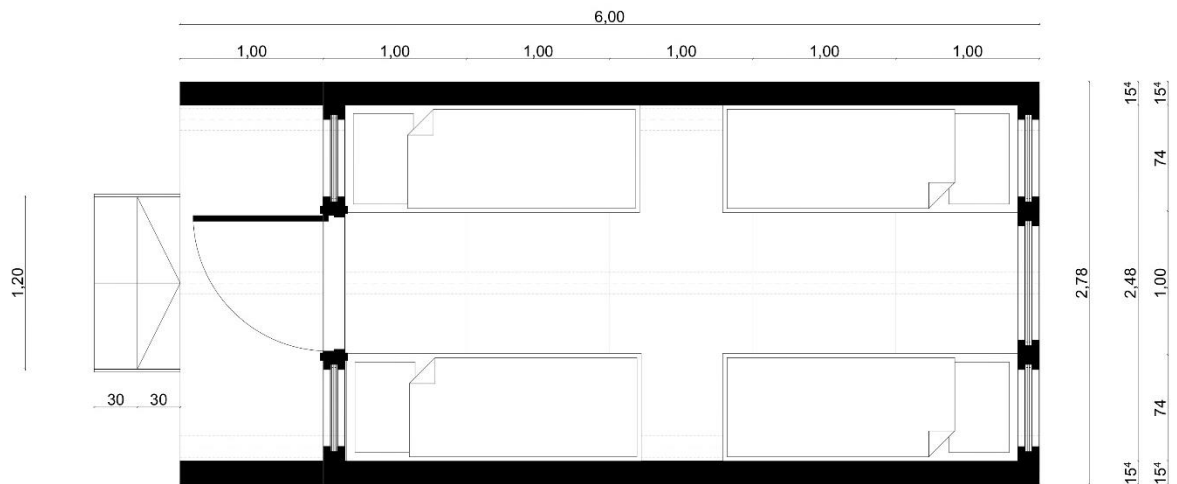


26. ábra: Alaprajz [saját]

Az alábbi rajz egy általános alaprajzot mutat egy hat méter hosszú, szekcionált menedékházról. Láthatjuk, hogy ez éppen megfelelő egy átlagos, négy fős család elhelyezésére. Egy ilyen menedékház kialakításánál fontos szempont volt a megérkezésnél egy kisebb, fedett terasz megtervezése is, amely koceptiójában és benyomásában is javít a menedékházakon.

Az általános alaprajzon kívül természetesen számos változat lehetséges. Mint ahogy már említettük, a szekciónak köszönhetően több méretű menedékházakat lehetséges kialakítani.

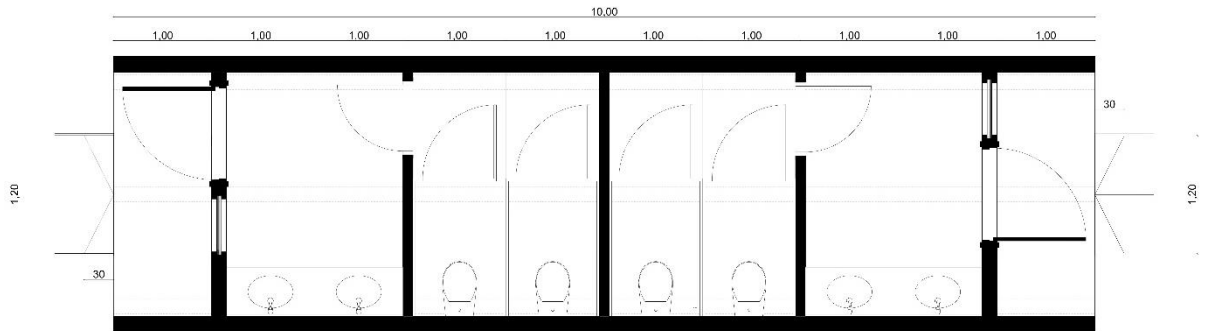
Több alaprajzi változat is megtervezhető: két ágyas, asztallal ellátott, férfi-női közösségi vizesblokkot tartalmazó, külön bejárattal rendelkező, csak székekkel és asztalokkal berendezett, közösségi étkezés céljára létrehozott, közösségi teakonyhaként funkcionáló menedéképület, amelyben napelemtől működő elektromos rezsóval lenne felszerelve.



27. ábra: Általános alaprajz [saját]

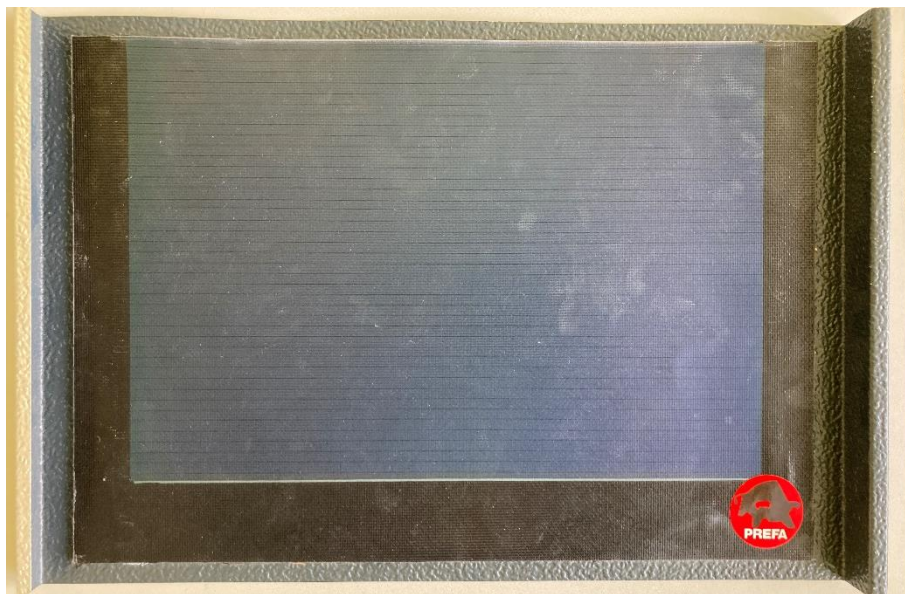


28. ábra: Két ágyas asztallal ellátott [saját]

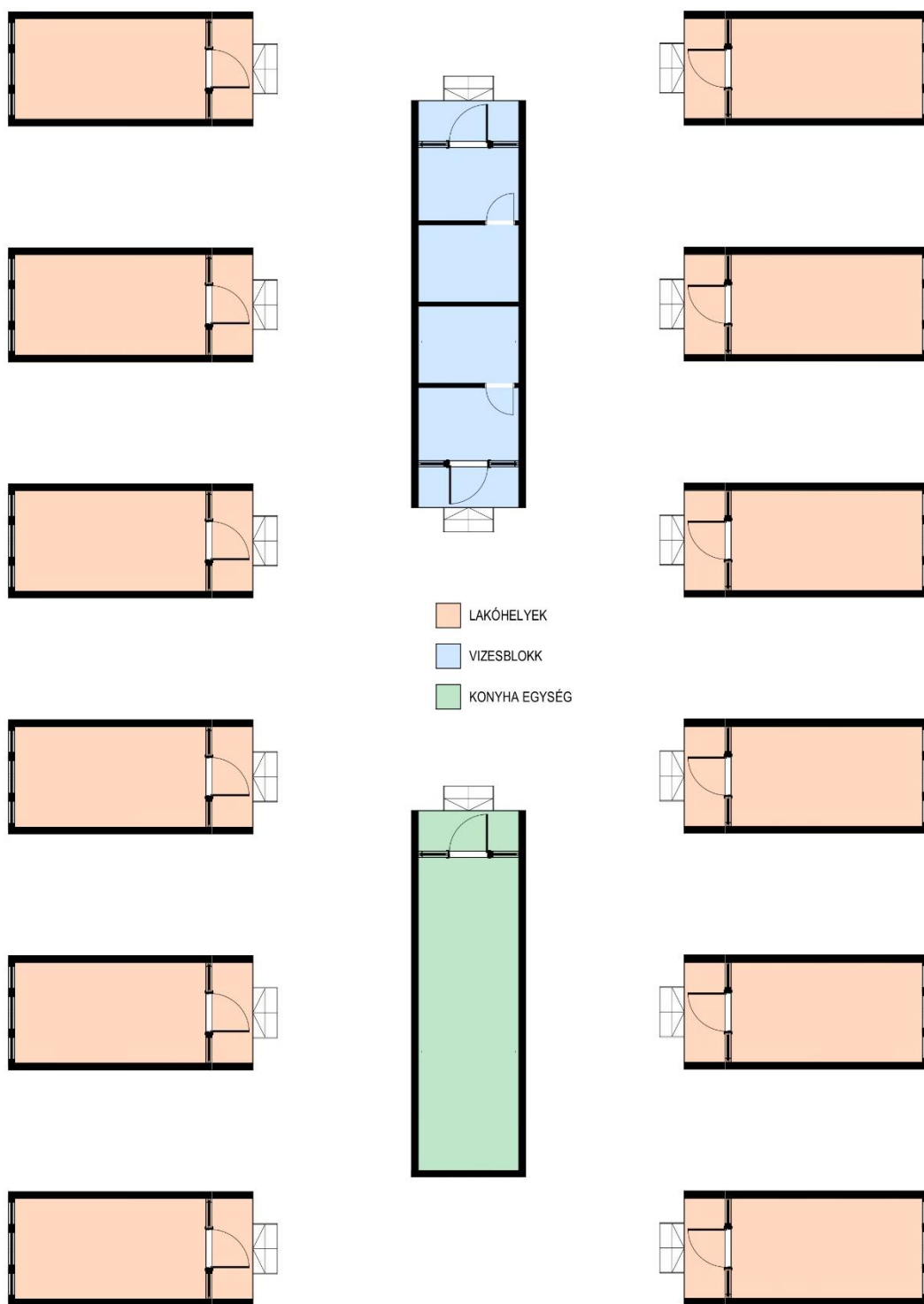


29. ábra: Vizesblokk [saját]

Megújuló energiaforrásként a menedékházak tetejére flexibilis napelem “lapokat” helyeznénk, amelyek az ott tartózkodás alatt energiát termelnek. Ezek a napelemek öntapadós módon ráragaszthatók a szendvicspanelekre, nem igényelnek külön napelem-tartószerkezeti rendszert.



30. ábra: Flexibilis napelem [saját]



31. ábra: Menedékközpont térkép [saját]

## 6. Anyagok és szerkezetek összehasonlítása

Kutatásunk során fontosnak tartottuk, hogy a különböző anyagokat, szerkezeteket összehasonlítsuk néhány szempont szerint.

Először a különböző hőszigetelő anyagokat hasonlítottuk össze, ami alapján a szendvics szerkezetünk magja kiválasztásra került. Ez a három anyag az EPS, vagyis expandált polisztirolhab, az XPS, vagyis az extrudált polisztirolhab és a PIR hab volt. Igyekeztünk a legfontosabb szempontok alapján összehasonlítani őket. A paraméterek alapján az általunk választott hőszigetelő anyagunkra jöttek ki a legjobb értékek. A PIR habnak van a legjobb hővezetési tényezője, mivel minél alacsonyabb az érték, annál jobb az anyag. A páradiffúziós ellenállásnál pedig, ha minél magasabb az érték, annál kevésbé ereszti át a párát, ebből a szempontból is a PIR hab felelt meg a legjobban. [20]

Hőszigetelő anyag:	EPS	XPS	PIR hab
Hővezetési tényező (W/mK)	0,038	0,035	0,022
Tűzvédelem	éghető, gyúlékony	éghető, gyúlékony	önkioltó
Bevonat	epoxi gyanta	epoxi gyanta	poliészter gyanta
Páradiffúziós ellenállás ( $\mu$ )	20-40	50-100	30-150

32. ábra: Hőszigetelő anyagok összehasonlítása [saját táblázat]

A következő összehasonlítás pedig a kutatott anyagok/szerkezetek és a saját szerkezetünk közötti különbségeket mutatja.

<b>Kutatott szerkezet:</b>	<b>SIP panel 170</b>	<b>Wikkelhouse</b>	<b>Saját szerkezet</b>
<b>Fő anyagok</b>	OSB tábla és EPS hőszigetelés	Hullámkarton "A" jelű bordázattal	PIR hab és poliészter gyanta
<b>1 m<sup>2</sup> panel tömege</b>	23	27,84	18,31
<b>Vastagság (cm)</b>	17	18	15,4
<b>Hőátbocsátási tényező U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	0,15	0,35	0,143
<b>Magasság (cm)</b>	2,5/2,8/3,0	3,5	3,6
<b>Szélesség (m)</b>	12,5	4,6	2,8

33. ábra: Szerkezetek összehasonlítása [saját táblázat]

Ahogy a táblázat is mutatja, mindhárom szerkezet más-más anyagokból épül fel, így az eredmények is különbözőek. A vastagságok szerencsére nagyon közel vannak egymáshoz, illetve a magasságok sem térnek el kimondottan egymástól. A sűrűségnél, amit fontos kiemelni, hogy a SIP panel és a saját szerkezetünk közel áll egymáshoz, mert hasonló a felépítés: faanyag + hőszigetelés, az eltérés a könnyebb hőszigetelő anyag miatt alakul ki. Maga a PIR szerencsére újrahasznosítható. A hő át bocsátási tényező szempontjából, amiről már szó volt a korábbiakban is-, ott fontos kiemelni, hogy a saját szerkezetünk megfelel a magyar követelményeknek is. Ezt az értéket kalkulátor segítségével számoltuk ki, de ellenőrzés érdekében kézzel is kiszámoltuk. A táblázat adatainak forrásai: [21] és [22].

Fajta: Fal rétegek < beállít 1  
 Külső közeg: Talaj v. árkád < beállít 2

Rétegek sorrendje (tetszőleges)	Lambda hővezetési tényező $\lambda$ [W/mK]	Vtg. [mm]
1. poliészter gyanta	0,18	2
2. PIR hab	0,022	150
3. poliészter gyanta	0,18	2
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		

Kalkulál (Go) <<<

U érték hőátbocs. tényező [W/m <sup>2</sup> K]	Vastagság [cm]
<b>Összesen:</b> 0,143	15,4

34. ábra: Saját szerkezet U értéke [23]

Ellenőrzés:

Poliészter gyanta:  $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$   
 $d = 0,002 \text{ m}$

PIR hab:  $\lambda = 0,022 \text{ W/mK}$   
 $d = 0,15 \text{ m}$

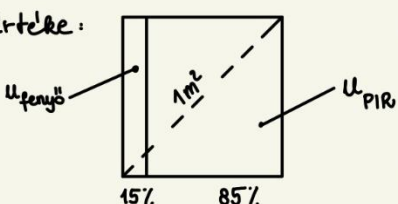
U érték képlete falnál:  $U = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{24}}$

$U_{\text{PIR}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{24}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,18} \cdot 2 + \frac{0,15}{0,022} + \frac{1}{24}} = \underline{\underline{0,1427 \text{ W/m}^2\text{K}}}$

Fenyő:  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$  ( $400 \text{ kg/m}^3$ )

$U_{\text{fenyő}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{24}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,18} \cdot 2 + \frac{0,15}{0,13} + \frac{1}{24}} = \underline{\underline{0,7447 \text{ W/m}^2\text{K}}}$

U átlagos értéke:



$U_{\text{átl.}} = 0,1427 \cdot 0,85 + 0,7447 \cdot 0,15 =$   
 $= 0,121235 + 0,111705 = \underline{\underline{0,233 \text{ W/m}^2\text{K}}}$  ✓

Megfelel az  $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  követelménynek.

35. ábra: Számolás [saját]

## 7. Konklúzió

Kutatásunk során nagy utat jártunk be az anyag- és szerkezetismeret témakörében. Ennek a TMDK dolgozatnak köszönhetően megismerhetünk az építészetben újnak és innovatívnak számító anyagokat, emellett olyan épületrendszereket, amelyek célja a gyors kivitelezés. Sajnos manapság egyre nagyobb szükség van olyan épületekre, amelyek gyors menedéket biztosítanak azoknak az embereknek, akik hirtelen elveszítik az otthonaikat. Kutatásunk elsődleges célja ennek a problémának a megoldása volt.

Tanulmányunk során több lehetőséget is megismertünk, amelyek összessége alkotta az általunk kialakított moduláris rendszert. Felfedeztük, hogyan és miként lehet az előbb említett technológiákat, illetve a már létező szerkezeteket átgondolva, valami új kivitelezést felhasználni, mint például a csuklós létra elvének alkalmazása. Ennek köszönhetően a menedékház szerkezetének nyithatósága lehetséges. Emellett a padló elemeknél a parkettáknál ismert összeillesztési mód segített a modulok csatlakozásának kialakításához, a falnál és tetőnél pedig a nyílászáróknál jellemző tömítési- és hézagképzési elveket is alapul vettük.

Kutattuk azt is, hogy mi szükséges egy ilyen szekcionális rendszerhez. Fontos szempontok voltak, hogy miként könnyíthető egy szerkezet; mekkora összméretet enged meg a szerkezet saját súlya, amely végül kialakította a moduláris méretet is; hogy csökkenthető az ember- és a gépigény; mennyire minimalizálható a szerkezet és a súly.

A menedékházunk szendvicsszerkezetének megismerésekor különböző anyagok tanulmányozása és összehasonlítása után levont következtetések nagyban hozzájárultak a végső falszerkezet kialakításában. Az előképek kutatása után döntöttünk úgy, hogy egy kísérlet keretein belül olyan anyagot választunk, ami általunk lett kifejlesztve. Ez végül egy PIR hab maggal ellátott poliészter gyantával bevont szendvics szerkezet lett. Az anyag előnyeinek köszönhetően egy könnyű, de erős és jó szigetelő képességgel rendelkező falszerkezet jött létre.

A jelen állapotban lévő dolgozatunk bár messzire jutott a kezdeti állapottól, mégis számos további lehetőséget tartogat magában, mind az anyagfelhasználást, mind a szerkezeti kialakítást tekintve.

Mindent figyelembe véve, dolgozatunkkal szeretnénk volna figyelmet fordítani egy valós problémára, amelynek tervezése és kutatása alatt mi magunk is sokat fejlődöttünk és tanultunk,

illetve más emberek számára is tanulságos lehet ennek a témának a mélyebb megismerése és tovább gondolása.

## 8. Irodalomjegyzék

[1] Mi a földrengés:

[http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com\\_content&view=category&id=13&Itemid=6](http://www.foldrenges.hu/index.php?option=com_content&view=category&id=13&Itemid=6)

[2] Török földrengés áldozatainak száma: <https://reliefweb.int/report/syrian-arab-republic/syriaturkey-earthquakes-situation-report-7-march-8-2023>

[3] Török földrengés hatásai:

<https://www.aljazeera.com/news/2023/2/23/turkey-probes-building-contractors-as-quakes-toll-rises>

[4] Legutóbbi földrengések: <http://www.seismology.hu/index.php/hu/cimlap/legutobbi-foeldrengesek>

[5] Összeomlott ház Törökországban: <https://qubit.hu/2023/02/07/mi-okozta-a-torokorszagot-es-sziriat-ert-pusztito-foldrengest>

[6] Jelenleg háborúban álló országok 2023-ban: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/countries-currently-at-war>

[7] Hátrahagyott ukrán otthonok: <https://foreignpolicy.com/2022/04/15/ukraine-russia-war-housing-refugees-property-protection-return/>

[8] Pop-Up House: <https://www.archdaily.com/486587/pop-up-house-multipod-studio>

[9] Shigeru Ban moduláris menedékhely rendszere az ukránok számára:

<https://www.dezeen.com/2022/04/08/shigeru-ban-paper-partition-system-ukraine-refugee-shelter/>

[10] Polisztírol hab: <https://epiteszforum.hu/poliuretan-kemenyhabok-tuzzel-szembeni-viselkedese1>

[11] Shigeru Ban Styrofoam házrendszere:

[http://www.shigerubanarchitects.com/SBA\\_NEWS/2022\\_SHS/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/SBA_NEWS/2022_SHS/index.html)

[12] SIP rendszer: <https://adamhouse.hu/sip-technologia/>

- [13] Wikkellhouse: [https://www.archdaily.com/889151/modular-eco-housing-pushing-boundaries-with-cardboard?utm\\_medium=email&utm\\_source=ArchDaily%20List&kth=1%2C099%2C707&fbclid=IwAR3snI\\_DuE12ldh5roZTF\\_PgXdbImnYvbm0e36kAIqVwP8QZNNCFEEcHAzY](https://www.archdaily.com/889151/modular-eco-housing-pushing-boundaries-with-cardboard?utm_medium=email&utm_source=ArchDaily%20List&kth=1%2C099%2C707&fbclid=IwAR3snI_DuE12ldh5roZTF_PgXdbImnYvbm0e36kAIqVwP8QZNNCFEEcHAzY)
- [14] A szőrfdeszka elkészítése: [https://windsurfing.hu/news/hogy\\_keszul\\_a\\_szorfdeszka/823](https://windsurfing.hu/news/hogy_keszul_a_szorfdeszka/823)
- [15] PIR hab <https://pirszigeteles.hu/mi-a-pir.html>
- [16] Csuklós létra: <https://www.magyarpolc.hu/aluminium-csuklos-letra-4x3/>
- [17] Akrilüveg vs. üveg: <https://hu.lets-rebuild.com/acrylic-glass-vs-glass-differences-487>
- [18] Plexi adatai: [https://www.daibau.hu/cikk/278/plexi - tulajdonsaga ara felhasznalasa](https://www.daibau.hu/cikk/278/plexi_-_tulajdonsaga_ara_felhasznalasa)
- [19] Plexi kép: <https://plexidepo.hu/viztisza-extrudalt-plexi/>
- [20] EPS vs. XPS vs. PIR hab: <https://insulationgo.co.uk/blog/best-insulation-board/>
- [21] SIP panel adatai a táblázathoz: <https://tigatikft.hu/rendszer-ismertetes>
- [22] Wikkellhouse adatai a táblázathoz:  
[https://www.researchgate.net/publication/355194286\\_Comparative\\_Analysis\\_of\\_Paper-based\\_Building\\_Envelopes\\_for\\_Semi-permanent\\_Architecture\\_Original\\_Proposals\\_and\\_Suggestions\\_for\\_Designers](https://www.researchgate.net/publication/355194286_Comparative_Analysis_of_Paper-based_Building_Envelopes_for_Semi-permanent_Architecture_Original_Proposals_and_Suggestions_for_Designers)
- [23] U érték kalkulátor: [http://www.extramobilhazak.hu/u-ertek\\_kalkulator.html](http://www.extramobilhazak.hu/u-ertek_kalkulator.html)