

klímapozitív
építészet.

Klímapozitív építészet

Készítette:

Sárkány Balázs

Pécsi Tudomány Egyetem Műszaki és Informatikai Kar
Építészmérnök Bsc, III. évfolyam

Konzulens: dr. Kondor Tamás
egyetemi docens

Tartalom jegyzék:

1.	Bevezetés	4.o.
2.	Klimatikus tervezés	5.o.
	2.1. Építési alapelvek	5.o.
3.	Üvegterek fajtái	8.o.
	3.1 Felhőkarcolók	8.o.
	3.2 Üvegházak	9.o.
	3.3 Napházak	11.o.
4.	Napházak tervezése	13.o.
	4.1 Épületenergetikai szempontok	13.o.
	4.2 Kémiai szempontok alapján	15.o.
5.	Ökologikus építészet	17.o.
	5.1 Alapelvek	17.o.
	5.2 Anyagok használata	18.o.
	5.3 Népi építészeti elemek	20.o.
6.	Technológiai megoldások	21.o.
	6.1 Alaklamzott elemek	21.o.
	6.2 Kísérleti elemek	24.o.
	6.3 Saját tapasztalatok	26.o.
7.	Konklúzió	36.o.
8.	Köszönetnyilvánítás	37.o.
9.	Forrásjegyzék	38.o.

1. Bevezetés

A klímapozitivitás a fenntartható építészetnek egy olyan ágazata, ami napjainkban nagyon gyerekcipőben jár. Világszerte nagy teret hódított magának és rengeteg nemzetközi példa bizonyítja, hogy ez az építészeti irányzat alapos analízissel és vizsgálattal jár. Az energia pozitivitás nem egy fogalom, hanem egy olyan építészeti hitvallás, ami arra törekszik, hogy megoldást találjon jelen korunk legnagyobb akadályára, a fogyasztás minimalizálására.

Az energia+ épületek képesek ellátni a saját gépészeti igényeiket csupán az által, hogy egy jól átgondolt építészeti formát követnek. Ennek a formának figyelembe kell venni az épületet körülvevő környezetet, fizikát és a helyben fellelhető anyagokat. Meghatározó elemeket emel át a hagyományos, népi építészetből. Csak annyit és akkorát építsünk, amennyire szükségünk van. Az ilyen típusú épület nem csak a használójának igényeit szolgálja ki, hanem a környezetével is képes együtt működni. Ez a folyamat pontosabb mérnöki munkát igényel, viszont hosszútávon igenis kifizetődő. Ez a gondolkodás, szellemiség azon alapszik, hogy a tervezési folyamataink során alázattal és alapos analízissel teremtsük meg a kapcsolatot a környezettel. Minden vonal egy ilyen épületben nem csak a formát és funkciót követi, hanem a passzív szemléletet is.

A klímapozitív szemléletnek fontos kapcsolata van az ökológikus építészettel. Amelynek jellegzetes szabályrendszere van azzal kapcsolatban, hogyan is kell épületet formálni. Környezetünk túlzó mértékű használatára hívja fel a figyelmet. Az épített környezet ökológiai átgondoltsága egy fontos tényező. Az otthonok, szállások komfortérzetének növelese szempontjából kell az építészeti tereket kialakítani. Ehhez a kapcsolathoz nem szükséges a fényűző pompa, csupán egy tér, amit otthonunknak nevezhetünk. Egy menedék kialakítása az, ami érzelmileg biztonságos környezetet nyújt, és inspiráló hatással tud lenni a használójára.

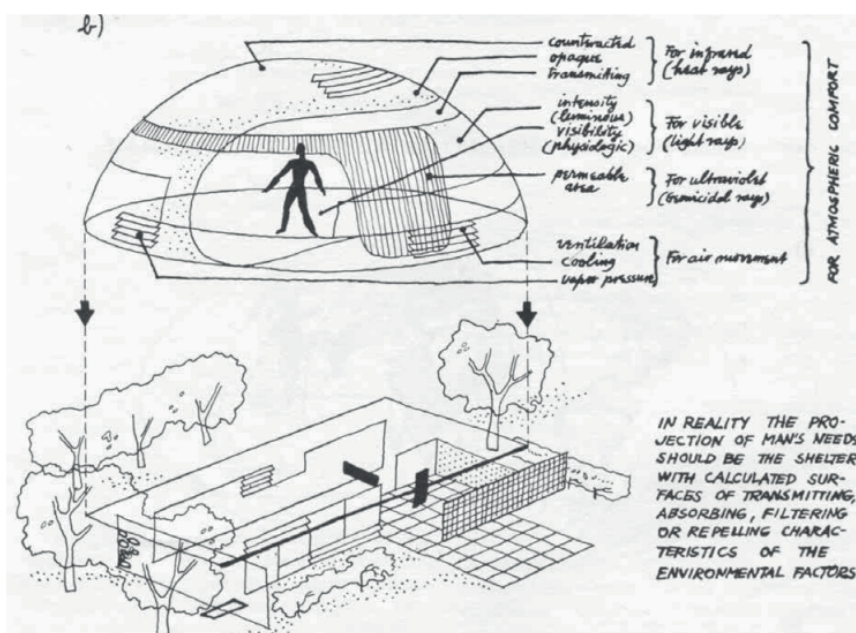
Környezet pszichológiai hatása is van egy olyan térnek, ami nem csupán ellátja a saját igényeit, hanem képes ebből előnyt és ez által energiát kovácsolni. Az ökológikus építészet egy kortárs irányzat, ami mégis évezredek óta jelen van az építészetben, de az ipari forradalommal mintha mélyzuhanásba került volna. A környezettudatosság háttérbe szorulásának negatív hatásaira most kezd ráérezni az építész társadalom. Minden nagy mozgalom, formaalakítás, hasznosítható célból, és egy fenntartható funkció jegyében épült. Az egyiptomiak a királyaiknak és az isteneik kapcsolatának építtettek, a rómaiak a műveltségüket és az előrehaladottságukat demonstrálták az épízetükkel, sok esetben kísérleti irányultsággal. A mai világ mérnökeinek, téralkotó kreatívoknak kötelessége a környezetet szolgálni. Jelenleg elérjük a pazarlás azon szintjét, ami a minket körülvevő közvetlen környezetre van kihatással és ezzel együtt az egyének érdekeit is károsítja. Mindez az átgondolatlanság és a tömegtermelés szüleménye. Erre a kérdésre keresi a térbeli, anyag béli, forma béli megoldásokat az az építészeti irányzat, ami energia pozitivizmusnak hívja magát.

2. Klimatikus tervezés alapelvei

Az építészek ma már szükségszerűen alkalmazzák a fenntartható tervezés elveit. A XX. század közepén azonban az építészek és mérnökök számára új akadályokat jelentett a XX. századi éghajlatkorlátozás és az épület funkcionalitásának egyesítése, az irányított környezet biztosítása egy természetes környezetben, valamint a szél, a víz és a nap zord erői elleni küzdelem kihívása.

Az először 1963-ban megjelent *Design with Climate* című könyv a terület egyik úttörő könyve volt, és több mint ötven évvel később is fontos hivatkozási alap a szakemberek, tanárok és diákok számára. Ebben a könyvben Olgyay Viktor az éghajlatnak a menedékházak tervezésére gyakorolt hatását vizsgálja, négy különböző éghajlati régiót azonosítva. Elmagyarázza az egyes régiók hatását a tájolásra, a légmozgásra, a helyszínre és az anyagokra. Alapelveket vezet le a biológiából, a mérnöki tudományokból, a meteorológiából és a fizikából, és bemutatja, hogy az éghajlat kezelésének elemző megközelítése hogyan olvadhat össze egy harmonikus és esztétikailag megalapozott tervezési koncepcióban.

Létezik egy bővített kiadása ennek a kutatásnak amely, négy új tanulmányt tartalmaz. Ezek egyedülálló betekintést nyújtanak a klímatervezés kérdéseibe, bemutatva, hogyan működnek Olgyay koncepciói a kortárs gyakorlatban. Ken Yeang, John Reynolds, Victor W. Olgyay és Donlyn Lyndon a bioklimatikus tervezést, az öko-tervezést és a racionális regionalizmust vizsgálják, miközben tisztlegnek Olgyay lenyűgöző alpmunkája és az építészethez való hozzájárulása előtt.



1. ábra - Design with climate <https://www.cambridge.org/>

Az épületek tervezésekor kiemelt szempontnak kell lennie az energiahatékony kialakításnak. Ennek egyik kulcsfontosságú elemét képezi az épületek hűlő felületeinek megfelelő hőszigetelése és a légzárással összefüggő hőveszteségek minimalizálása. Emellett fontos szempontok a bioklimatikus tervezési elemek is, amelyek figyelembevételével további lehetőségek nyílnak az épületek energiaegyensúlyának javítására.

Az energiahatékony épülettervezés számos szempontot ölel fel, melyek mindegyike hozzájárul az optimális energetikai teljesítmény eléréséhez. Téli időszakban kiemelt szerepet kap a napsugárzásból származó szoláris nyereség hatékony kihasználása passzív szoláris fűtési rendszerek alkalmazásával. Ezzel párhuzamosan nyáron a felesleges hőmennyiség eltávolítása kiemelten fontos, amit passzív hűtési rendszerek és természetes szellőztetés segítségével érhetünk el.

A nyári hőterhelés csökkentése érdekében pedig elengedhetetlenek azok az árnyékolórendszerek, melyek hatékonyan szűrik a nap sugarait. Az épületek bevilágításánál létfontosságú szempont, hogy a természetes fény felhasználását vegyük figyelembe. Az épület üveggel határolt nyitásait oly módon kell kialakítani, hogy a napos órákat a lehető legnagyobb százalékba hasznosíthassuk, így csökkentve az energia felhasználását.

Mindezen tervezési szempontok összessége révén az a cél, hogy kellemes és kényelmes környezetet teremtsünk mind belül, mind pedig kívül, elősegítve ezzel az épület energiateljesítményének optimalizálását.

A világ építészetének nagy része a 20. század előtt a regionális éghajlatra reagált, és bioklimatikusnak tekinthető. Régebbi időkben az építészet az éghajlati viszonyokhoz való alkalmazkodásra fókuszált, és az emberek nagy tudatossággal tervezték meg az épületeket a maximális teljesítmény elérésének érdekében. Az épületek elrendezése, az ablakok elhelyezése és az árnyékolás mind az éghajlati tényezőkhez való érzékeny tervezés része volt.

A múlt századfordulón bekövetkező technológiai forradalmak, például a légkondicionáló berendezések és az elektromos világítás megjelenése azonban megváltoztatta az életmódunkat. Ezek a kényelmi fejlesztések néha figyelmen kívül hagyták az építészet hagyományos szempontjait. Az emberek gyakran elfelejtették az energiahatékony és fenntarthatóság fontosságát a kényelmet biztosító technológiák előretörése miatt.

Mostanában egyre nő az érdeklődés olyan tervezési megközelítések iránt, amelyek visszatérnek az éghajlati szempontokhoz való tudatos alkalmazkodáshoz, miközben kihasználják a legújabb technológiai fejlesztéseket. Ennek célja az egyensúly helyreállítása a kényelem és a fenntarthatóság között.

Bioklimatikus építészet az épületek tervezési és építési folyamatában olyan megközelítést alkalmaz, amely összehangolja azokat a környezeti feltételeket, amelyekben az épület létezni fog, az épület használóinak igényeivel. A "bioklimatikus" kifejezés azt hangsúlyozza, hogy az építészetnek meg kell fontolnia az éghajlat és az élőlények közötti kapcsolatot. Ebből adódóan a bioklimatikus építészet részletesen tanulmányozza az épület tervezett elhelyezkedésének éghajlati viszonyait, hogy kiaknázza az ott rendelkezésre álló természeti erőforrásokat. A fő cél az, hogy maximalizálja a kényelmet, ugyanakkor minimalizálja a nagy erőforrásfogyasztást, így biztosítva a fenntarthatóságot. A főbb szempontok figyelembe vételével, vizsgálatával tudjuk ezt célt szolgálni.

A talaj: ebben az esetben a talaj éghajlati hatása felhasználható a nap folyamán bekövetkező hőmérséklet-ingadozás tompítására és késleltetésére. Ezért gyakori, hogy a bioklimatikus építészetre épülő épületek "összeolvadnak" a talajjal, kihasználva a felszabaduló hőt és elszigetelve a házat vagy az épületet ennek az erőforrásnak a felhasználásával. A geotermikus energia ideális eszköz az erőforrások kihasználására, amellet, hogy megújuló.

A tájolás egy másik, a bioklimatikus építészetben gyakran figyelembe vett tényező, mivel közvetlen módon befolyásolja a hőmérsékletszabályozást, de az energiafogyasztásra is hatással van. A ház megfelelő tájolása, valamint az árnyékoló elemek (tipikusak, mint például a redőnyök, és kevésbé használtak, mint például a növényzet) használata lehetővé teszi a hőmérséklet napközbeni és év közbeni változásának sokkal jobb szabályozását.

A hő- és hangszigetelő anyagoknak fenntarthatónak kell lenniük, és tiszteletben kell tartaniuk a környezetet. Ezért a hagyományos épületektől eltérően ez a fajta építészet külső hőszigetelést és nagy hőtehetetlenségű anyagokat használ. Erre a célra többek között olyan elemeket használnak, mint a kő vagy a tégl, valamint a beton.

A szellőzés azért is fontos a bioklimatikus építészetben, mert segít megfelelő hőkomfortot biztosítani az egyes helyiségekben. Általában mechanikus szellőztetést alkalmaznak, hogy a levegő megújuljon és minőségi levegőt kapjanak, miközben az optimális hőmérsékletet fenntartják.

<https://www.epitesimegoldasok.hu/bioklimatikus-tervezesi-modszerek.html> (2023.10.22)

<https://www.usgbc.org/articles/bioclimatic-design> (2023.10.22)

<https://www.mchmaster.com/news/what-is-bioclimatic-architecture/> (2023.10.22)

3. Üvegterek fajtái

Napjainkban az üvegtereknek számos használati módja van jelen. A legnagyobb mennyiségben felhőkarcolókban jelenik meg ez a technológia. Ennél az eshetőségnél a tervezők az egyszerű térszervezést veszik figyelembe. A kilátás élménye van előtérben és a vertikális terjeszkedés a telkek méretéből adódik. A benapozás mértékét fokozott üvegfelületekkel kívánják növelni. Az üvegházak ugyanezen az elven gyűjtik magukba a napfényt és annak pozitív hatásait, azzal a különbséggel, hogy itt ezek a hatások a növények komfortját biztosítják. Kisebb léptékben, a családi házakban is megjelennek üveggel fedett terek, melyek átmeneti teret képeznek és így kertkapcsolatot tudnak kialakítani. Ennek az elvnek a továbbfejlesztése, mikor az épületenergetikai követelmények növelése érdekében alakítunk ki. Ez a kutatási terület még napjainkban is szakmai kihívásokat tud teremteni. Ennél az eshetőségnél beszélünk klimatikus tervezésről az üvegezett terek tekintetében is.

3.1. Felhőkarcolók

A felhőkarcolók sajátos épülettípusok, ugyanis jelen esetben az épület szerepe elsősorban a befogadóképesség maximalizálása. Céljuk, hogy minden négyzetméteren dolgozói felületeket teremtsenek. Több csoportba tudjuk sorolni őket tartószerkezeti szempontból. Léteznek a dobozszerkezetek, ahol a pillérek az épület kontúrján hordják el a használatból és önsúlyból eredő terheket. Ennek a rendszernek a továbbfejlesztett változata a „box in box” szerkezet. Itt egy merev belső magban helyezkedik el a közlekedési és tartószerkezeti zóna is. Felmentve a külső héjat részben a teherhordás alól, ugyanis a tisztán belsőmagos kialakításnál figyelhető meg, hogy nincs pillérsor a fal mentén.

Felhőkarcolóknál hatalmas felületeken jelenik meg az üveg, mint anyag használata. A transzparens tulajdonsága miatt alkalmazzák előszeretettel az ilyen típusú épületeknél. Jelen esetben ez a megoldás praktikai szempont, mivel teljes felületen meg van nyitva a homlokzat, így nem jelent plusz költséget a mesterséges bevilágítás nap közben. Az esetek többségében itt kimerül a tervezési fázis és a komfort növelését gépészeti megoldásokkal kívánják növelni. A folyamatos légkondicionálás újabb épületenergetikai gondokat vet fel, mint például a páralecsapódás. Ez a jelenség az üveg élet-tartamát csökkenti és a szerkezetek karbantartását hátráltatja. Gondos tervezési folyamat a hővissza-verés elkerülése is. Ezt a mai technológia úgy oldja meg, hogy különböző fóliabevonatokkal teszi ellenállóbbá az üvegtáblák rétegeinek összetételét. Az igazán nagy kihívást a szélteherre méretezés és az épület magasságából eredő külső hőmérsékletváltozás jelenti. Ezt úgy szokták megoldani, hogy az üveg rétegvastagságait változtatják bizonyos számolások alapján. Ez lehet a kulcsa annak, hogy ezeket az épületszerkezeteket csökkentett energiaigényűvé tudjuk tenni. Az üvegvastagsággal és a felületek átszellőztetésével.

3.2. Üvegházak, Botanikus kertek

A botanikus kertek, noha első pillantásra csupán növények színpompás gyűjteményeinek tűnnek, valójában sokkal többet szolgálnak, mint esztétikai élmény. Ezek a kertek kulcsszerepet játszanak a biodiverzitás megőrzésében, ugyanakkor kiemelkedő szerepük van a társadalmi nevelés és oktatás terén is. Nem csupán virágok és növények gyűjteményei, hanem az élővilág tanáraiként működnek, ahol a látogatók szélesebb körű betekintést nyerhetnek a természet sokszínűségébe és megérthetik a fenntarthatóság fontosságát.

Ebben az élő könyvtárban a növények és környezetük interaktív leckékkel szolgálnak. Az itt elsajátított tudás nem pusztán száraz tény, hanem a biológiai sokféleség élő példái. A botanikus kertek látogatása ösztönözi az embereket a természeti környezet iránti tisztelet és felelősség vállalására. Ezen túlmenően, a botanikus kertek kiváló fórumot biztosítanak a környezettudatosságra neveléshez. Gondolatébresztő hatásuk van. A jól megtervezett üvegház élhető környezetet biztosít a növények számára és méltó keretbe foglalja a belső ökoszisztémát. Ezek mellett hivatott az emberek figyelmét felhívni, ugyanakkor alázattal kiemelni a növények szerepét a funkcióban.

Az üvegházak általában szilárd, stabil keretből és üveg- vagy polikarbonátburkolatból épülnek fel. A legtöbb esetben a modern üvegházakhoz műanyag, hőszigetelt profilok és háromrétegű üveg kerül felhasználásra, ami azonban inkább a rekreációs vagy életviteli célokat szolgáló létesítményekre jellemző, mivel magas költségekkel jár. A mezőgazdaság területén elterjedtebbek az egyszerűbb üvegházvázak, amelyek gyorsabb megtérülést eredményeznek. A polikarbonát használata is népszerűbb a mezőgazdaságban az üveg alternatívájaként, mivel az élettanilag kedvezőbb a növények számára. Összességében az üvegházak, függetlenül méretüktől és céljuktól, általában masszív, állandó struktúrák. Ezeket négy fő típusba lehet sorolni.

Hidegházak egyszerű üvegház típusok, melyek funkcionalitásukban hasonlítanak a fóliasátrakhoz, de házszzerű kialakítással rendelkeznek. Általában nincs szükségük alapra, keretüket a földbe erősítik, és az átlátszó lapok, legyenek azok üveg, plexi vagy polikarbonát, ehhez vannak rögzítve. Ezek a hidegházak könnyen áthelyezhetők némi szervezés mellett. Általában fiatal növények vagy érzékeny palánták hideg elleni védelmére használják, de alkalmasak magok csíráztatására is. Habár télen kis fűtőberendezés segítségével használhatók, alapvetően nem rendelkeznek fűtéssel.

<https://epiteszforum.hu/uevgfeluletek-extra-magas-epuleteken>

<https://foliavezerles.hu/az-ueghazak-tipusai/>

A melegházak hasonlóságot mutatnak a hidegházakkal, azonban közöttük fontos különbségek vannak. Bár mindkét típus általában nem hosszú ideje létezik, a melegházak már rendelkeznek saját fűtési rendszerrel. Ez a rendszer tartalmazhat talajba vezetett csöveket, amelyeken keresztül meleg vizet keringetnek, ezzel folyamatosan melegítve vagy melegen tartva a növényeket. A melegházak elterjedtebbek olyan területeken, ahol hozzáférhetőek termálvizes források, például Szentes esetében. Az ilyen forrásokat hatékonyan alkalmazzák az üvegházak fűtésére világszerte.

A télikertek a legismertebb üvegház-megoldások a háztartási felhasználók körében. Különösen elterjedtek teraszok beépítésekor, de népszerűek a kerti kiülők és medencék körül is. A télikertek, legyenek azok a házhoz csatoltak vagy önállóak, üveg- vagy polikarbonát tetővel és falakkal rendelkeznek, és gyakran fűthetők (például télen, amikor egyesítik a lakótérrel). Ezek már fix alapokon állnak. A télikertek kiváló környezetet teremtenek a növények számára, és általában inkább nappali szobaként, lakótérként működnek, semmint kifejezetten növénytermesztésre szánt terek.

A szoláriumok különleges üvegházak, melyeket kifejezetten arra terveztek, hogy napenergiát gyűjtsenek és tároljanak, majd ezt télen a ház fűtésére alkalmazzák. Gyakran a lakóházakhoz csatolják őket, ahol a fő cél nem a növénytermesztés, hanem a passzív fűtés. Emellett a szoláriumok kiváló mikroklimát biztosítanak a növények számára is. A napenergia kihasználásával például ideális környezetet teremthetnek trópusi növények számára is. Nyáron azonban ügyelni kell az árnyékolásra, mivel a szoláriumok akkor is napfényt gyűjtenek, és nem mindig ideális környezet az élővilág számára a túlzott UV sugárzás az ilyen helyzetben.



2. ábra - Vertikális kertészet (diplomamunka) - saját látványterv

3.3 Napházak

A napház egy kísérleti építészeti egység, amiben a legfőbb gondolatiság az energiadesign kérdésköre. Az energiadesign egy tervezési módszertan, amit Dr. Kistelegdi István kutató fejlesztett ki. Ez a szellemiség teljesen eltér a konvencionális építészeti elemektől. A design folyamatában a funkció és a tömeg szempontjait kibővíve beépülnek az új, részben régi fenntarthatósági, ökológiai és hatékonysági szempontok. Ezen a területen kialakult egy új innovációs tudományág, ami a geometriai, funkcionális, szerkezeti és esztétikai kérdéseken túlmutat, további tervezési dimenziókat érintve, mint például az épület klimatikája, különböző épülettechnológiák, épületenergetika, épületaerodinamika, smart city és környezettudatos építés. Módszertanilag markánsan különbözik az építészeti tervezéstől, mivel alapvető célja nemcsak a területi szervezés, az energiaáramlások tervezése és az éghajlat figyelembevétele, hanem a funkció, geometria, épületszerkezetek, épületgépészet és villamosenergia-rendszerek szabványos megoldásainak felülvizsgálata. Ehelyett a módszer a fizika természettudományi és mérnöki tudományainak alkalmazásával bővíti ki a fenntarthatósági célokat. Ezen célok kiszolgálásához, nagy mértékben újragondolásra van szükség. Napháztervezés terén pécs két működő és használható aktívházzal büszkélkedhet.

1985-ben Pécsen a Damjanich utcában a Napház megalkotásával Szász János építész előrevívő munkát végzett, követve a passzívházak elvét. Az épület tervezésekor már kezdetektől fogva arra törekedett, hogy a lehető legkevesebb energiát használja fel. Az épület tájolását, az üvegfelületeket és a szigetelést is az energiahatékonyság maximalizálása érdekében alakította ki. Szász Jánost a közelmúltban a Passzív és Alacsony Energiafelhasználású Épületek tervezéséért elismerő nemzetközi szervezet életre szóló tiszteletbeli taggá és igazgatóvá nevezte ki.



3. ábra - Pécsi napház szerkezeti rajzok - saját kép



4. ábra - Pécsi aktívház- saját kép

A 1970-es években egy kétszintes családi ház épült Pécs egyik kertvárosának dombjain, az akkori átlagos színvonalnak megfelelően és a környezetéhez harmonikusan illeszkedve. Az épületet nemrégiben teljes körűen renoválták, ami önmagában nem lenne különleges, azonban a tervezés és az eredmény egyaránt rendkívüli és egyedi a hazai viszonyok között. A ház átalakítását Prof. Dr. Kistelegdi István tervezte, aki több mint egy évtizedes kutatás eredményeként hozta létre azt az épületfizikai szimulációkon alapuló tervezési módszert, amit a Pécsi Tudományegyetem néhány évvel ezelőtt Energia Design néven szabadalmaztatott. A tervezés folyamán az épületek geometriáját, tájolását, tömegformáját, anyagait, szerkezetét, fényviszonyait, hőt és légáramlatokat komplex szimulációkkal elemzi, figyelembe véve az időt is. Az épületet nem csupán egy adott pillanatra tervezi meg, hanem az év teljes időjárás ciklusára előre modellezi, mivel az épület kialakításánál figyelembe veszik a külső környezeti tényezőket, melyek az évszakok folyamán változnak. Kistelegdi István továbbá különös figyelmet fordít a természetes folyamatokra és a klímahasználatra a természetből, ezeket a bionikát is beépíti az általa tervezett épületekbe.

A 2021/22-es tanéven a Pécsi Tudományegyetem hallgatói egy összetett tervvel álltak elő, amelyben én is részt vettem. A projekt középpontjában a közösségépítés, a fenntarthatóság és a karbonsemlegesség álltak: egy olyan társasházat terveztünk fiatalok számára, ahol egy nagy közösségként, környezetbarát térben élhetnek. A "Fecskeház" nevű kooperatív projekt 38-42 m²-es lakásokból és egy nagy közösségi térből áll, ahol lehetőség van munkavégzésre, baráti beszélgetésekre és családi vacsorákra is, a kialakított életterek mellett. Fontos megjegyezni, hogy a helyszínen nem a teljes társasházat építettük fel, hanem egy lakóteret, kiegészítve a közösségi térrel. A demonstrációs egysége valósult meg ennek az elképzelésnek. Egy aktív napházat építettünk, amely képes ellátni a saját energiaigényét a megújuló energiaforrásokat használva.

<https://energiadesign.hu/cikk/elmelet/tervezoi-filozofia-1>

<https://www.pecsma.hu/hirzona/pecsi-naphaz-hianyzik-a-folytatas/>



5. ábra - Solar Decathlon <https://solardecathlon.eu/>

4.1. Napházak tervezése energetikai szempontból

Egy aktív napház tervezése nagyon sok apró kis tényezőből rakódik össze. A ház szerves része kell legyen a hőtároló tömeg, a széllel működtethető passzív szellőzés, a levegő minőségének cserélése. Ezek mellett talán a legfontosabb a naptér kialakítása, amely transparens üvegfelületekkel van ellátva.

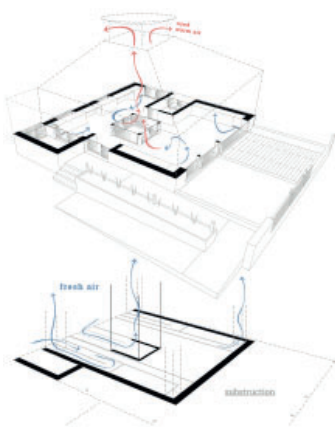
Az üvegezett térben hasonló folyamatok zajlanak, mint a Föld légkörében. Az üvegházhatás megértése során az üveg különböző hullámhossz-tartományokban eltérő áteresztési viselkedését vesszük figyelembe, ami hasonló az atmoszféra nyomgázaihoz. A transparens szerkezet engedi át a beeső rövid hullámhosszú napsugárzás nagy részét. Az áteresztett sugárzás egy kis része az üvegre érkezve azonnal visszaverődik változatlan hullámhosszú sugárzásként. A belső szerkezetek és bútorok az elnyelt energiától felmelegszenek, majd hosszúhullámú infrasugárzást bocsátanak ki. Ez az infrasugárzás érinti az üveg felületét is, de az üvegezés átláthatatlan a hosszúhullámú infrasugárzás számára. Ennek eredményeként az üvegezésen keresztül bejutó és elnyelt energia nem tud az üvegezésen át távozni. A bejutott energia csak hőátbocsátással (és szellőztetéssel) hagyja el a helyiséget. Az üvegházhatásnak kiemelkedő szerepe van az épület energiamérlegében, függetlenül attól, hogy a sugárzó energiát fűtésre használják-e vagy éppen a helyiségek túlzott felmelegedését vizsgáljuk. A téli és nyári igények ellentétesek, és ezek gondos, szakértői tervezést igényelnek.

Az üvegezések képessége, hogy átengedjék a fényt és a napenergiát, szorosan összefügg a napsugarak beesési szögével. Amíg a beesési szög kevesebb, mint 60° az üveg felületéhez képest, az átengedett fény és energia csökkenése elhanyagolható. Azonban 60° felett drasztikusan csökken az áteresztés. Ebből magyarázható az a jelenség, hogy nyáron a déli tájolású üvegfelületeken átjutó hőterhelés kisebb, mint a keleti és nyugati tájolásoknál, mivel a déli nap beesési szöge jóval kisebb az üveg felületéhez képest. Június hónapban például egy keleti vagy nyugati tájolású kétrétegű hőszigetelt üveg hőterhelése 40%-kal nagyobb, mint a délié, pedig a beesési szög alapján csak 20%-os többlet lenne indokolt. Ugyanakkor az északi tájolású helyiségek hőterhelése csak 20%-kal kisebb a délinél. Gyakorlatilag április közepétől a keleti és nyugati tájolások esetén a bejutó sugárzási hőterhelés nagyobb, mint a déli esetén. Azonban szeptembertől április közepéig a helyzet megfordul. A sugárzási energiahozam szempontjából legkedvezőtlenebb decemberben a déli tájolarra eső szoláris nyereség több mint kétszerese a keleti és nyugati tájolarának, és háromszorosa az északinak. Tehát a déli tájolar mind a téli hőnyereség maximalizálása, mind pedig a nyári hőterheléscsökkentés szempontjából előnyösebb, mint a keleti vagy nyugati tájolar. Hasonlóan gondolkodva az év során a déli tájolar üveg előnyösebb, mint a vízszintes felülvilágító. A beesési szögek vizsgálata alapján az is indokolt, hogy fix vízszintes lamellás árnyékolókat déli tájolar esetén célszerű alkalmazni, míg keleti és nyugati esetén nem, mivel a nap alacsony szöget zár be, így a vízszintes árnyékolók hatástalanok lehetnek.

A tömegfal nagy elnyelési tényezőjű, „sötét” színű vagy felületképzés, esetleg szelektív bevonat külső falból és elé épített üvegezésből áll. Az üvegezésen bejutó energiát a tömegfal elnyeli és tárolja. A hő egy része késleltetve, hővezetés útján a helyiségbe jut (a késleltetés 30 cm szilikátszerkezet esetén 8-10 óra). Az elnyelt hő másik része a légrétegen és az üvegezésen át a külső környezetbe távozik. A szellőztetett tömegfalban (Trombe-fal) a tömegfalba nyitható-zárható szellőző nyílásokat építenek be. A nyílások kinyitásával természetes légmozgás indul meg, amivel a fal külső rétegeiben tárolt hő is hasznosíthatóvá válik. Éjszaka a hő kiszökését meg kell akadályozni, a nyílásokat pedig be kell zárni. A csappantyúk nyáron a túlzott felmelegedéstől is védnek. A helyes működéshez itt a szellőzőnyílások nélküli tömegfallal szemben szükség van valamilyen fajta szabályozásra. A tömegfal hátránya a nagy hőveszteség, mivel külső hőszigetelés nem alkalmazható. Ez kétrétegű üvegezéssel, illetve télen éjszaka vagy borús időben zárt társított szerkezettel valamelyest csökkenthet. A mozgatható árnyékoló nyáron a túlzott felmelegedés ellen is véd. Kísérleteztek belső mobil hőszigetelés alkalmazásával is, de ez a megoldás nem terjedt el. A tömegfalak hőátbocsátási tényezője a magyar energetikai szabályozásnak nem felel meg.

A tömegfalak és az üvegezett terek energia szempontú tervezése mellett fontos figyelembe venni a Venturi-hatást, ami kimondja, hogy állandó mechanikai energia mellett egy szűkített területen áthaladó folyadék vagy légtömeg sebessége megnő, statikus nyomása pedig csökken. A hatás a folytonosság elvét és a mechanikai energia megmaradásának elvét egyaránt felhasználja. A felhőkarcolók esetében az épületek közötti tereken keresztül kényszerítve az állandó széláramlás szűkülhet. Az ilyen szűkület hatására a szél sebessége ezeken a pontokon megnő, és erős szél keletkezik az építmények alatt.

A Venturi-hatást aktív házak tervezése esetén egy szélfogó tányérral oldják meg, melynek lényege, hogy felfogja a széláramokat és az elvek alapján ennek segítségével természetes keringtetést hoz létre a házban belül. Ezt a tányért tervezési szempontból érdemes az épület magas pontjára tervezni és kürtővel összekapcsolni a belső terekkel. Így érjük el a kívánt hatást és teljesen megújuló energiával tudjuk átszellőztetni a teret.



6. ábra - Hungarian Nest - https://magyarenergetika.hu/wp-content/uploads/2019/12/04_XXIII_ME_Szimp%C3%B3zium_prez_KT_JH.pdf



7. ábra - RATI - <https://epiteszforum.hu/rati-a-gyarak-energiade-sign-rolls-royce-a2>

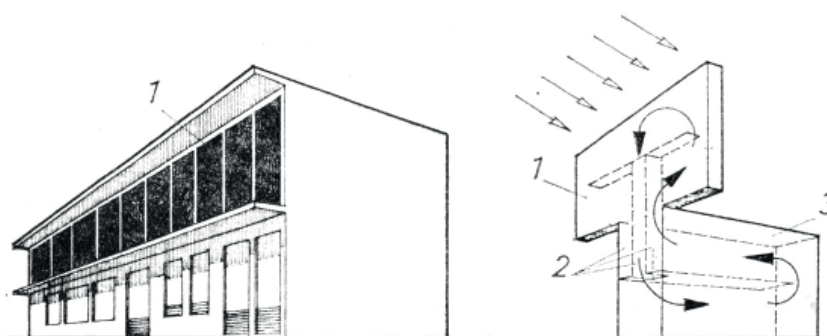
4.2. Napházak tervezése kémiai szempontok alapján

Telkes Mária elkötelezettségével a tiszta energia felhasználása iránt élen járt a fejlesztéseknek, és mindezt egy olyan korszakban tette, amikor a fenntartható fejlődés fogalma még csak kezdett teret hódítani. 1948-ban ő volt az, aki lehetővé tette az első napház létrejöttét, így Mária Napkirálynő néven vált ismertté.

Egyik kiemelkedő projektje Telkes Máriának az volt, hogy létrehozott egy napenergiával fűthető házat. A fő kihívást az jelentette, hogy hogyan lehet a napenergiát hatékonyan tárolni borús és hideg napokra. Végül arra a megoldásra jutott, hogy a Napból nyert energiát glaubersó-oldatban tárolja, amely alacsony olvadásponttal ($32\text{ }^{\circ}\text{C}$) rendelkezik, ugyanakkor magas a hőtároló képessége. Az olvadt glaubersó akár 10 napig is megőrizheti az elnyelt napenergiát, majd lehűléskor visszakristályosodik és leadja a tárolt hőt.

Az első tisztán napenergiával fűtött házat 1948-ban Doverben, Boston közelében építették meg. A napkollektorok nagy dobozméretűek voltak, amelyek elnyelték a napsugarakat és melegítették a levegőt egy kétrétegű üveg és egy fekete fémlemez közötti térben. A forró levegő a glaubersóval telt tárolókból csővezetéseken keresztül jutott el a falakba. A glaubersó napos időjárás mellett felolvadt, elnyelte a napfényt, majd lehűléskor visszakristályosodott és leadta a tárolt hőt. A hideg-meleg levegő keringését Telkes ventilátor rendszerrel biztosította. Az adott térség meteorológiai adatainak elemzése alapján kiszámolta, hogy 65 év alatt 9 nap volt a leghosszabb napfény nélküli időszak, és megállapította, hogy 10 napfényhiányhoz 21 tonna glaubersóra van szükség.

A napház új korszakot indított el a környezetvédelemben is, mivel olyan időszakban hirdette a tiszta energia használatát, amikor még nem volt elterjedt a fenntartható fejlődés fogalma.



1.4. ábra. Dover-ház

1 levegő hőhordozós kollektorok; 2 légszatórnák; 3 kémiai anyaggal töltött tároló

8. ábra - Dover ház <https://lechnerkozpont.hu/>

Ma már kívánatos az ablakokon keresztül érkező napsugárzás (300-3000 nm) szabályozása. Télen szeretnénk a hőt az épületekben tartani, ugyanakkor a napsugárzásból minél többet átengedni az ablakokon. Nyáron azonban gyakran inkább a napsugárzás elég nagy részét szeretnénk elzárni. A nagy éghajlati és hőmérsékleti ingadozásokkal rendelkező országok különösen sokat profitálhatnak az ilyen dinamikus sugárzásszabályozásból. A fűtési és hűtési költségek ilyenkor csökkennek, és a napellenzők és redőnyök feleslegessé válhatnak. A napellenzők és redőnyök alkalmazása többé-kevésbé statikus, és a legtöbb esetben nem működnek hatékonyan. Kívánatos tehát rugalmasabb elrendezéseket alkalmazni, amelyek sokkal nagyobb mértékben képesek szabályozni az ablakokon keresztül történő energiaátadást. Gyakran előnyösebb az automatikus szabályozás, pl. az épületen belüli hőmérséklet-érzékelőn és a külső fényérzékelőn alapuló szabályozás, ahol az egyéni preferenciák programozhatók. Az ablakokon keresztül történő energiaátadás szabályozása fontos az energiatakarékossággal kapcsolatban.

Az optikai kapcsolási technológiának nagyon természetes helye van a jövő üvegezésében; valószínűleg ez az egyik legizgalmasabb terület az üvegezésben, és megvan a lehetősége, hogy az üvegezés szemléletét fix elemről dinamikus elemmé változtassa.

Különböző optikai technikák léteznek, amelyek a beeső napenergia, a nappali fény és a káprázás szabályozására használhatók az épületekben és a járművekben. Az optikai kapcsolóanyagok vagy -eszközök számos olyan alkalmazásban használhatók az ablakokhoz, ahol optikai és hőmodulációra van szükség. Ezen anyagok célja az ablakba beáramló fény és hő áramlásának szabályozása, egy energiagazdálkodási séma szerint. Az optikai kapcsolóeszközök a világítás és a fűtés szintjét is szabályozhatják az energiaterhelési funkciókhoz. Az elmúlt néhány évben egyre nagyobb érdeklődés mutatkozott e technológia iránt. Az optikai kapcsolóanyagok vagy intelligens ablakok alapvető tulajdonsága, hogy a fényintenzitás, a spektrális összetétel, a hő, az elektromos mező vagy a befecskendezett töltés változásakor nagymértékben megváltoztatják optikai tulajdonságaikat.

Ez az optikai változás azt eredményezi, hogy az erősen fényáteresztő állapotból részben fényvisszaverő vagy elnyelő állapotba változik, akár teljesen, akár részben a napspektrumban.

Az elektrokromatikus anyagok jelentős szerepet játszanak a jövőbeni "intelligens ablakokban" az építészeti, jármű-, repülőgép-, űrhajó- és tengeri üvegezésben. Az intelligens ablakok a fejlett üvegezés egyik legizgalmasabb témája. Az elmúlt évtizedben egyre nagyobb érdeklődés mutatkozott e technológia iránt, és várhatóan a következő évszázadban is folytatódni fog a legkülönbözőbb termékek esetében. Az elektromosan kapcsolható üvegezés egyik legjelentősebb problémája az eszközök költsége, valamint a költség, a haszon és az élettartam közötti kompromisszum. Az elektrokromatikus ablakok becsült költsége 100-1000 USD/m² között mozog. Egyes vállalatok 100-250 USD/m²-ben határozták meg a költségcélokat. A jelenlegi elektrokromatikus fejlesztések célja a hosszú élettartamú, a hagyományos bevonatos ablakokhoz hasonló tartósságú eszközök kifejlesztése. Egy másik megközelítés az alacsony költségű, korlátozott élettartamú kapcsolóeszközök kifejlesztése.

Kémiai szempontból innovatív és fenntartható megoldást nyújthat az evakuált vagy vákuumcsöves napkollektor, ami egy olyan rendszer, amely több sor párhuzamos, átlátszó üvegcsövből áll. Ezek a csövek csatlakoznak egy gyűjtőcsőhöz, ahol a hőátadó folyadék (általában 50% propilén glikol) kering, és elnyeli a csövek által generált hőt. Ezek az üvegcsövek hengeres alakúak, ami azt jelenti, hogy a napfény mindig merőleges a hőelnyelő csövekre. Ez lehetővé teszi, hogy ezek a kollektorok hatékonyan működjenek, még alacsony napsütés esetén is, például kora reggel vagy késő délután, vagy akkor is, ha felhők árnyékolják őket.

Az evakuált csöves kollektorok különösen előnyösek hideg, felhős téli időjárás esetén, mint például Kanada nagy részén és az USA északi területein. Ezek a kollektorok egy vagy több sor párhuzamos, átlátszó üvegcsövből állnak, amelyek egy keretbe vannak erősítve. Az egyes csövek átmérője a gyártótól függően 1" (25 mm) és 3" (75 mm) között változik, míg hosszuk 5' (1500 mm) és 8' (2400 mm) között lehet. Minden cső egy vastag külső üvegcsőből és egy vékonyabb belső "ikerüvegcsőből" vagy "termoszlombikcsőből" áll, amelyet egy speciális bevonat borít. Ez a bevonat elnyeli a napenergiát, de megakadályozza a hővesztést. A csövek boroszilikát- vagy nátronmész üvegből készülnek, ami erős, ellenáll a magas hőmérsékletnek, és magas áteresztőképességgel rendelkezik a napsugárzás tekintetében.

A Water-Filled Glass brit startup cég olyan vízzel töltött üvegtáblákat fejlesztett ki, amelyek a napfényt használják egy "örült" energiatakarékos fűtési és hűtési rendszer működtetésére. A Water-Filled Glass (WFG) 2020-ban alapította a Loughborough Egyetem építészeti előadója, Cutai Mátyás és kollégái, Daniel Schinagl és Abolfazl Ganji Kheybari, és célja, hogy szabadalmaztatott technológiával jelentősen fenntarthatóbbá tegye az erősen üvegezett épületeket. Ablakai vékony vízréteget tartalmaznak az üvegtáblák között, amely elnyeli a napfényből vagy más sugárzásból, például a helyiségből távozó hőből származó hőt. A felmelegedett vizet ezután alacsony nyomáson, lezárt csöveken keresztül az épület hidegebb helyiségeibe szivattyúzzák, padló alatti rendszeren keresztül vagy hőtárolóba. A vízzel töltött üveg azáltal, hogy így elnyeli a hőenergiát, szabályozza az ablakokon keresztül bejutó napenergia mennyiségét az épületbe, ezzel csökkentve a meleg éghajlaton való légkondicionálás szükségességét. Az üveg felelős a fűtési és hűtési energiafogyasztás nagy részéért, és ez egy általánosan megtalálható anyag, gyakorlatilag minden épületben fellelhető.

Cutai Mátyás a Budapesti Műszaki Egyetem építészhallgatójaként mutatott érdeklődést a japán építészet iránt, elsősorban annak rendkívüli látásmódja miatt. Mesterfokozatát a Tokiói Egyetemen, Kazuhiko Namba professzor irányításával szerezte meg, majd posztdoktori kutatása során Kengo Kuma laboratóriumában dolgozott.

https://magyarenergetika.hu/wp-content/uploads/2019/12/04_XXIII_ME_Szimp

<https://hydrosolar.ca/blogs/news/how-do-vacuum-tubes-collector-work>

<https://www.dezeen.com/2023/01/03/water-filled-glass-solar-power-energy-bills/>

<https://www.octogon.hu/epitoipar/huti-es-futi-is-az-epuletet-a-vizablak/>

5.1. Ökológus építészet alapjai

Léteznek olyan esetek, amikor a leghatékonyabb új otthon egy régebbi ház. Vegyük figyelembe a megtakarított építőanyagok és nyersanyagok mennyiségét azzal, hogy meglévő házat vásárolunk egy teljesen új helyett. Egy jó minőségű régebben megépített ház felújítva és a modern stílushoz és anyagokhoz igazítva sokkal környezetbarátabb tud maradni, mint ha teljesen előlről kezdenénk az építkezést. Anyagi szempontból is kedvezőbb megoldás. Helymegtakarítás szempontjából is érdemes megvizsgálni ezt a kérdést. A nagyobb népsűrűség hatékonyabb közüzemi szolgáltatásokat és rövidebb ingázást jelent, ezért úgy gondolom, hogy lakott területen élni is lehet a zöldebb választás. Fontos, hogy egy meglévő otthon kiválasztásával ne alakítsuk át a vad élőhelyeket vagy a mezőgazdasági területeket, és ne járuljunk hozzá a táj további elaprózódásához.

A ház mérete kulcsfontosságú szempont egy tervezési folyamat kezdetekor. Egy kisebb otthonnak kevesebb építőanyagra van szüksége, és kevesebb energiára a lehűléshez és a melegedéshez. Családi ház, lakóház tervezésénél a megrendelőnek ügyelni kell arra, hogy őszintén felmérje igényeit, mind a szükséges szobák mennyisége, mind pedig a szobák mérete szempontjából. A televíziós műsorokban jelenleg nagyon divatos „apró házak” vonzóak, és egyértelmű környezeti és energetikai előnyökkel rendelkeznek.

A holisztikus megközelítés, lényegéből fakadóan, számos aspektusban jelen van és mindig jelen volt az építészeti tervezés folyamatában. Annak ellenére, hogy elkerülhetetlenül megemlítendő az ökológus építészet kortárs eszköztárán belül, mivel ahogy nőnek ismereteink a természeti és épített környezetünkkel kapcsolatban, kibővül az az értelmezési terület, ahol érvényesíthető a holisztikus látásmód elve. Ez különösen igaz az építési helyszín sajátosságainak és lehetőségeinek felfedezése, az anyaghasználat vagy az épület üzemeltetése terén, de leginkább a témával kapcsolatos további kutatások eredményeinek alkalmazásában.

A méret mellett az épület „honosítása”, helybéli, térbéli megfeleltetése kiemelten fontos alapelv. Ez a felvetés azt a tényt bizonyítja, hogy a legfenntarthatóbbak abban az esetben tudunk maradni, ha helyi építőanyagokat használunk. Magyarország éghajlat és nyersanyagok szempontjából is gazdag lelőhely. Meg kell, találjuk a módját annak, hogy az innovatív építészeti megoldásokat helyi erőforrásokból létre tudjuk hozni. Kísérleti megoldásokkal növelni tudjuk az olyan építőanyagok kínálatát, amelyet az ökológus szemlélet megkíván.

<https://www.hellovidek.hu/gazdasag/2023/03/07/ilyen-minimalista-luxushaz-lehet-egy-kadar-kockabol-felujitassal-nullazhatod-a-rezsit-is>

<https://epiteszforum.hu/okologikus-epiteszet--epiteszeti-eszkozok>

<https://epiteszforum.hu/epuletek-okologikus-rekonstrukcioja>

<https://foresight.skanska.com/thinking-big/what-makes-a-sustainable-city/>

5.2. Ökológikus építészet anyaghasználata

Építkezés fenntertható alapanyagokból. Ez manapság az egyik legfontosabb és egyben a legnehezebb felvetése az építőiparnak. Ma már számos lehetőség létezik a környezettudatos építőanyagok kiválasztásakor. Az alternatívák nagyon széleskörűek, beleértve a fenntarthatósági tanúsítvánnyal rendelkező fatermékeket, a visszanyert vagy megmentett fát és az újrahasznosított anyagokból készült szigetelést. Magyarországon a JAF Holz rendelkezik a legtöbb tapasztalattal a faelemekből épült házak terén. Tömör fapaneljeik magas szilárdsági kategóriájú fenyődeszkákból készülnek, melyeket rétegenként ,hossz, illetve keresztirányban ,elforgatva ragasztanak össze. A nagy teherbírású panelekből falak, födémek és tetők építhetők, komplett épületváz állítható össze. Létezik egy specifikus faanyagtechnológia CLT (Cross Laminated Timber) is. A CLT sokoldalúan felhasználható fa építőelem. A rétegragasztott falpanelek alacsony energiaszintű, passzív és aktív házak építésére is alkalmasak. Kitűnően alkalmazható több emeletes lakóházak építésére, a kommunális építkezésben, felújításkor, épületrész hozzáépítésekor, emeleti ráépítéskor és természetesen családi házak építéséhez. A rétegragasztott fapanel több réteg fűrészáruból, pontosabban legalább három, egymásra merőleges száliránnyal elhelyezett, egymáshoz ragasztott fenyő deszkarétegekből áll. Ennek a különleges ragasztási módnak köszönhetően a dagadás, zsugorodás, valamint a vetemedés mértéke elhanyagolható. A rétegek egymásra merőleges száliránya biztosítja a termék hossz- és keresztirányú formatartósságát. A CLT a fa minden pozitív tulajdonságával rendelkezik, szárazon és gyorsan építhető, kiváló hő- és hangszigetelő, rögtön terhelhető, a szerkezetek panelosításával pedig minimálisra lehet csökkenteni az építkezéssel járó hulladékmennyiséget is.

Az építőanyagok gondos kiválasztásának másik előnye a legjobb beltéri levegőminőség. Környezetbiológia szempontból a legegészségesebb építőanyag a vályog. A vályog építőanyagok mindegyikének pozitív élettani hatásai vannak, érezhetően és mérhetően javítják a lakóklímát. Európában, de Magyarországon is egyre növekszik a felújított vályogházak száma, és egyre több az új építésű vályogház is. A vályog agyagból, iszapból és homokból álló üledék. A vályogépítészetnek alapvetően két változata van, a vert fal és a vályogtégla. A vert falnál közvetlenül a zsálok közé verik be a vályogot. A vályogtégla készülhet a helyszínen, ez esetben egy formába öntik az anyagot, kiszáritják, és ezekkel az elemekkel húzzák fel a falakat. A korábban épült házaknál a vályog vakolatként alkalmazható. A vályogépületek harmonikusan illeszkednek a környezetbe, esetleges bontásuk is olcsó és környezetkímélő. Az építőiparon belül a vályognál a legnagyobb az emberi munka felhasználása, ha tehát saját magunk készítjük, nagyon sokat spórolhatunk. A vályogépületek esetén alacsony mind az építési, mind az üzemeltetési energiafelhasználát, a hőtechnikai és tűzbiztonsági paraméterek is kimagaslók.

Szűcs Miklós: Föld és fa a környezetbarát építésben

Románné Roxer Valéria és Dr. Varga Tamás : A fa a népi építészetben régen és ma (2011)

A vályog hátrányai közé lehet sorolni a víz- és nedvességérzékenységet, az alacsony húzószilárdságot, a duzzadás- és zsugorodásveszélyt. A vályogépítészetben az építő jobban ki van téve az időjárásnak kivitelezéskor. A nedvességérzékenység egy olyan tulajdonsága a vályognak, amiért felújításoknál előszeretettel alkalmazzák vakolatként. A vályogvakolat ugyanis képes optimalizálni az épületben lévő levegő páratartalmát. Az anyag képes magába szívni a plusz nedvességet teljes felületen, így az nem tud lecsapódni az épület hideg pontjain.

Hazánkban a jól felhasználható anyagok nagy mennyiségben megtalálhatóak. Ezekkel a számunkra elérhető erőforrással érdemes gazdálkodni már a tervezési folyamaton belül. Ide sorolható az agyag: A föld-, és vályogépítés alapvető kötőanyaga. A 0,002 mm-nél kisebb szemcseméretű, földpát tartalmú kőzetekből mállással vagy hidrotermális úton képződött agyag tulajdonságait nem elsődlegesen a szemcsék mérete, hanem az alkotó agyagásványok minőségi és mennyiségi összetevői határozzák meg. Kötőanyag jellege abból adódik, hogy vízzel keverve képlékeny, alakítható. Kiszáradás után megkeményedve alakját és szilárdságát a kohézió révén megtartja.

Az iszap Szemcsemérete 0,002....0,02 mm, félig kötött finom üledék, mely nedvesen hígán folyós, kiszáradva összeálló, de könnyen szétmorzsolható. Ásványi részei a homokéval azonosak, de tartalmaz agyagásványokat is. Szemcséi az agyaghoz hasonlóan szabad szemmel nem különíthetők el. Folyó- és állóvizek partjain, források medencéiben halmozódik fel.

A homok 0,125...4mm szemcseméretű, fő alkotórésze a kvarc, ezen kívül földpátok és szilikátok. A folyami homok szemcséi érdesek, szilánkosak, a futóhomoké csiszoltak, gömbölyűek. Míg a folyami homok teherbíró és jól tömöríthető, a futóhomok kevésbé teherbíró és tömöríthető.

A szalma természetes eredetű anyag, felhasználás során szálhosszúsága az alkalmazott technológiától függ. A rövidre vágott szalmaaprítékot töreknek nevezzük. Leggyakrabban árpa, búza és rozsszalmát használnak fel, melyek közül ez utóbbi a legmegfelelőbb. Csak száraz, penészedéstől mentes szalmát szabad felhasználni.

Fenyőapríték, faforgács, fűrészpor penészesedésre kevésbé hajlamosak, mint a szalma. Felhasználásukkal igen kedvező hőtechnikai tulajdonságok érhetők el.

Ezen anyagok széleskörű választékot és lehetőséget tudnak biztosítani a fent taglalt anyagok kiegészítéséhez.

Szűcs Miklós: Föld és fa a környezetbarát építésben

Románné Roxer Valéria és Dr. Varga Tamás : A fa a népi építészetben régen és ma (2011)

5.3. Népi építészeti elemek

„Épített örökségünket nem apáinktól kaptuk örökbe, hanem unokáinktól kölcsön.” Az örökséggel mindig hozzáértő és átgondolt módon szabad bánni. A műemlékké való nyilvánítás egy olyan titulus, amit gondos vizsgálat mellett érdemes kezelni. Nem elég a védett épületeknek megadni a kellő alázatot, az építéstechnológiát is át kell, ültessük a jelenünkbe. Modernizált építészetet lehet művelni a múlt építészeti értékeinek használatával. Ha így teszünk, akkor az már egy lépéssel közelebb járunk a fenntarthatósághoz vezető úton.

Az évszázadok során kialakult építészeti hagyományok és a régi házakban rejlő tudás kiváló lehetőséget kínálnak számunkra. Az anyaghasználat és szerkezeti megoldások, melyek az évek során már bizonyítottak, kitűnő eredményeket nyújtanak. Rendszeresen tapasztalhatjuk, hogy ezek a bevált módszerek hatékonyabbak, mint az új, modern megoldások. Például a csömöszölt földfalak hőtároló tömege vagy az égetett kerámia téglafal hőszigetelő képessége ideális környezetet teremt, amelyet a korszerű hőszigetelések nem tudnak elérni. Az égetett agyagcserép továbbra is a legjobb és leghosszabb élettartamú tetőfedő anyag. A családi lakóépületekben még mindig a faanyagú nyílászárók találhatók, míg a térszerkezet és megvilágítási igények változtak, és most komplex szerkezeti megoldásokat igényelnek. Azonban fontos megőrizni a régi településképek értékeit, és elkerülni az idegen, hagyományainktól eltérő építészeti formákat.

Hasznosítsuk a kutatások során szerzett tudást a mai ember otthonának tervezésekor. Alakítsuk át az előző környezetet úgy, hogy az új területi szemléletet kialakítva megőrizzük a régi értékeket. Nyilvánvaló, hogy ez nem könnyű feladat! Gondosan kell létrehoznunk a régi és új elemek közötti párbeszédet, és a két szemlélet közötti kapcsolatot az arányok kiegyensúlyozásával kell kialakítanunk. Fontos, hogy kiemeljük a régi és új közötti kontrasztot, de közben ne hagyjuk, hogy az egyik a másik kárára váljon. Ahogyan az elmúlt háromszáz év változásai képesek voltak egy folyamatosan megújuló, korra jellemző értékes tartalommal gazdagodó harmóniát kialakítani egy település fejlődése során, úgy most sem kell kilépnünk ebből az organikus fejlődésből. Inkább aktívan részt kell vennünk, és a tervezett környezetünkben kifejezni értékrendünket. A ház tervezésekor nemcsak tereket teremtünk, hanem a keresztény-magyar életszemléletünkről is tanúbizonyságot teszünk. Azáltal, hogy így cselekszünk tükrözzük az életmodját az épületet használó embernek. Az emberi habitus és személyiség alakul és formálódik, úgy ahogy az általa használt tér is folyamatosan változáson megy keresztül. A szerkezet, a vázrendszer adott, ugyanúgy, ahogy a bőr és a hártya is. A belső pedig egy folyamatosan formálódó tér, ami a külső ingerek hatására képes alakulni. A népi építészet kiváló alapul szolgál az új elvek, gondolatok saját korában és környezetében való kiteljesedéséhez.

6.1. Alkalmazott technológiai

A fenntartható és jelenleg használt építészeti megoldások vizsgálatához érdemes visszanyúlni a minket körülvevő történeti építészethez, melynek alapja sok esetben a legegyszerűbb paraszti gondolatmenet volt. A közvetlen környezetükben fellelhető anyagokat és technológiai megoldásokat választották, pusztán abból az okból, mert ez volt a lehető legolcsóbb megoldás. Kezdjük az alapozási technikákkal. Két fő csoportba oszthatók fel a hagyományos alapozás fajták.

Az első alapozási módszer a földalap, melyet nem is igazán nevezhetünk alapozásnak. Ebben az eljárásban a falszerkezetek szélességében eltávolítják a termékeny talajt a humusz rétegével együtt, majd 80-100 cm mélyen átalakítják a talaj rétegeit, és visszadöngölik. Ezt követi a tömésfal vagy a rakott vályogtégla fal. A fejlettebb változatban a visszadöngölt talajra egy pallót vagy gerendasort helyeznek szigetelésként, továbbá teherelosztó és összetartó réteggént a lehetséges süllyedések megakadályozására. Alapvetően ez az alapozási módszer nagyon hasonlít a talpas-favázás építési módszerhez, ahol a keményfából készült talpgerenda hasonlóan jár el a terhelésátadásban, csak éppen itt a talpgerenda már az épület felmenő szerkezeteinek összekötését is biztosítja.

A talpgerendás alapozásoknál alkalmazható egy másik módszer, ahol kőből készítenek sávalapot. Ebben a változatban, ahol az épület fő szerkezeti falai találkoznak, tehát az épület sarkainál és a középső falcsatlakozásoknál, nagyobb köveket helyeznek el a csomópontok alatt. Ez növeli az alátámasztó talaj ellenállóképességét a hirtelen megnövekedő terhelésekkel szemben. Az alapozási szerkezetek területén az égetett agyagtégla megjelenése hozta el ezt a változást. A téglalap alakú kövek mélysége 50-80 cm, és végig futnak az egész épület hosszában, állandóan támasztva a rájuk helyezett falszerkezetet. Általában a lábazatmagasságig falazzák őket, majd a tömésfal, a vályogtégla fal vagy az égetett agyagtégla fal következik, esetenként beiktatva szigetelő sávval. Az első szigetelő réteggént általában keményfa deszkát, később, az ötvenes évektől bitumenes szigetelő lemezt használtak. Az ilyen szigetelő réteg hiánya vagy elöregedése a ma fennálló házak szerkezeti problémáinak jelentős részét okozza. Ezért kell ezeket a szerkezeteket megújítani és korszerű módszerekkel kiegészíteni már a kivitelése során és hosszabb élettartamot tud biztosítani. Felújításukkor is érdemes szimulálni az ilyen alapozásoknak a teherelosztását. Ha ezeket meg tudjuk valósítani akkor a helyi erőforrásokból ki tudjuk szolgálni az alapozási igényeket.

Dr. Kondor Tamás: őstől maradt... Népi építészetünk nyomában Drávaszög és Szlavónia(2011)

Az olyan területeken, ahol fahiány van ott egy puritánabb anyagot használtak az emberek a fal építésére és ez a föld pontosabban a vályog. A földből, mint alapanyagból lehet két típusú építési módot használni. A falas építési mód, ahol monolit, falazott, előre gyártott rendszerek vannak. A másik a vázas építési mód, amely fa vagy szilikátvázat és kitöltést foglal magában. Ez az építőanyag napjainkban reneszánszát éli, főleg a monolitikus sárfal építése. Nagyon fontos ennél az anyagnál már a tervezés során meghatározni a pontos energetikai kritériumokat, melyeket teljesítenie kell a falnak, hogy megérje ezt a megoldást választani. Le kell követni ezt a folyamatot kivitelezés során is, ugyanis a pontos összetétel mellett tudjuk elérni a várt hatást. A hitelesítéshez felelős műszaki vezetőt kell felkeresni, hogy akkreditálhassa az építőanyag milyenségét.

A rakott sárfal összetétele a kiásott agyagos föld, tört szalma, pelyva, gyékény, melyeket vízzel fellocsolva és emberi vagy lovas erővel járatva, folyamatos dagasztás mellett készítének el. Össze dolgozásukat követően várni kell egy éjszakát, hogy másnap felhasználhassák. A már kész földalapra 3-4 rétegben hordják fel ezt a falazatot. Minden réteg lerakásánál meg kell várni a szikkadást és csak utána lehet tovább folytatni a munkálatokat. A már kész magas falszerkezetet ásóval egyengetik ki és a falhibákat illetve a hasasodásokat lefaragják. A nyílászárók kiváltását beépített kirekesztő keretekkel oldották meg, viszont előfordult az az eshetőség is amikor ezt manuálisan utólagosan kifaragják. Ez nem a szakszerű eljárás.

A vertfal egy sokkal szilárdabb és szárazabb agyagból készül, adalék hozzáadása nélkül. Kötöttebb agyagos talajból csinálják és építési módja alapvetően eltér a sárfaltól. Zsalutáblákat használnak, és kézi döngölővel tömörítik. 20-30 centiméteres rétegeket halmoznak egymásra és közéjük szálal anyagot tesznek, hogy ezzel fokozzák a fal merevségét. A zsaluzatok merevítésének 2 típusa van. Az egyiknél cölöpöket helyeznek a zsalutáblák mellett, melyeket a végüknél kötéllel kötnek össze. Így biztosítva, hogy a falazat azonos vastagságú legyen. Ezt az erősítést körülbelül másfél méterenként ismétlik meg, és ahogy halad előre az építkezés egyre magasabbra kötik. A másik fajta módszernél egyedi kalodákat használnak a kötél helyett. Ez a módszer kevesebb faanyagot igényel és könnyebben szállítható, viszont a hátránya az, hogy az így keletkezett lyukakat be kellett tömni a falon. Ez a két módszer a legelterjedtebb. Ezeken kívül még alkalmaztak vályogtégla falat, sövényfalat, karóközös földfalat, zsilipelt falat, és cölöpvázal falat. Ezt követte csak a később az égetett kisméretű tégla.

Ezek a módszerek szolgáltak régen függőleges szerkezetek építésére. Az ilyen falszerkezetekkel készült épületek egyetlen hátránya, hogy 6-7 méternél magasabbra nem lehet őket építeni. Egyszintes házak építésére kiválóan alkalmasak.

A falak építése mellett használtak vízszintes tartószerkezeti elemeket, földemeket és tetőszerkezeteket is. Szintén a helyi anyagok felhasználásával. Településenként változó megoldásokkal, de alapelveiben hasonlóan. Itt is két jellemző típus van: a borított deszkaföldémek, illetve a pólyás vagy másnéven viklis földém.

A borított deszkaföldémek között csak olyat találtunk, amelyet felülről borítottak be, és mindkét oldaluk fedve van. A gerendánál a deszkaborítás látszik alulról, tehát a felszín gyalult. A dupla borítás esetén a mennyezet alsó része gipsztukatúrral van borítva, míg a felső részen, az egymásra rakott deszkák felett agyagos földtapasztás található. Ez a megoldás mindkét oldalról védelmet nyújt a tűzveszély ellen. A stukatúrt általában a deszkákra rögzített nádszövetből készítik, amit alulról sarokkal rögzítenek. Régen az tartóhálót nádból készítették, de ezt később felváltotta a tyúkháló, amire pontosabban és szebben lehet vakolni vályoggal.

Megint a faigény az, ami befolyásolni tudta a földém milyenségének kiválasztását. Faanyagban szegényebb területeken a pólyás földém az, amit alkalmaznak. A földémgerendák szélébe hornyokat faragtak. Ezekben a hornyokba viklikarókat helyeztek körülbelül 30 centiméter távolságra egymástól. A karókat szalma és sár keverékébe forgatták meg majd a napon szárították. Amint megszáradt, bekerült a földémrendszerbe, majd alulról és fölülről is sárral tapasztották be. Szintén a tűzvédelem miatt.

A tetők külső megjelenése általában sátorformájú, viszont az alatta lévő fedélszerkezet gyakran eltérő lehet. Előfordul, hogy ugyanabban az épületben, különböző időszakokban épült részek másféle szerkezetet kapnak. A tornác kibővítése következtében kialakuló tetőátalakítás is változatosságot hozhat, amikor az eredetileg szimmetrikus tető egy oldalsó elmozdulást kap.

A tapasztalatok bizonyítják, hogy a legősibb tetőkialakítás az ollóágas fedélszék. Ritka, de említésre méltó szerkezeti rendszer a bakducos fedélszék. A legelterjedtebb típusok közé tartoznak az üres, a torokgerendás és az állószékes fedélszék. Az utóbbi kétállószékes változata, különösen a nagyobb alátámasztási fesztávot igénylő, polgáribb megjelenésű lakóépületeknél, valamint a csűröknél, pajtáknál és istállóknál került alkalmazásra.

A fedélszékekhez használt faanyag nagyrészt fenyő, míg a tető héjalása nád és cserép. De sokkal többször használták a nádat. A tető fedését ebben az esetben több részre osztják fel. A gerinchez közelebb eső részét vastagabb és tömörebb bálákból rakják, míg az alsó része a tetőnek vékonyabb szálú nádból van. Ezeket lapolják egymásra, hogy a víz könnyebben le tudjon folyni és ne kerüljön a szerkezetbe.

6.2. Kísérleti rendszerek

A hagyományos szerkezeti megoldásokat érdemes kiegészíteni modern, kísérleti elemekkel, így tudunk a legközelebb kerülni az energia hatékony aktív házrendszerekhez. Sok esetben előfordulhat, hogy a vázszerkezeteket meg kell változtatni már anyagában is a környezeti körülmények miatt. A vályogépítészetet viszont továbbra is lehet fejleszteni. Jelenleg ennek az építési módnak a legnagyobb hátránya az, hogy idő és munkaerő igényes. Erre a kérdésre kutatja a választ az ökodome csapata, akik 3d technológiával elkezdtek vályogházakat nyomtatni.

Az első projektjük egy kültéri pavilon, ahol még csak a „WASP crane” 3d nyomtató rendszert tesztelték. Ez az eszköz alkalmas arra, hogy ökológikus, változó formájú és méretű épületeket minél olcsóbban meg lehessen építeni. Az költséghatékonyság abból ered, hogy ezzel nyomtatóval akár két hét alatt ki lehet nyomtatni egy 6,6 méter átmérőjű körben, legfeljebb 3 méter magasságban bármit.

A második kísérletük a világ első 3d nyomtatott tyúkólja. Ez próbálkozás, azért érdekesebb, mert itt már a szerkezet állékonysága is tesztelve volt, ugyanis egy zöldtetőt raktak a tetejére, így teljesen fedett melléképületet tudtak belőle csinálni. A tyúkol kapott egy bejáratot is, így a nyílászáró kapcsolatának kérdését is meg kellett oldani. Ennek a nyomtatott rendszernek is ugyanúgy van lábazata és koszorúja, csak ezek is nyomtatva készülnek más vályogösszetételből.

2023 júliusában pedig nyomtattak Kecskeméten egy vályogból készült kupolás szaunát. Ennek az épületnek a teszteléséről még nincsenek adatok, de az biztos, hogy ez is egyedülálló a világon és nincs példa még egy ilyen kísérletre. Itt a forma és annak a dűcolása volt kihívás a csapat számára, de ezt előnyére kovácsolták a szaunának ugyanis a tető nagy része is nyomtatottan készült el, így nem kellett hagyományos tetőn gondolkodni. A szauna zárására pedig egy monolitikus vályogsapkát kap. Kívülről egy vízzáró vakolatot belülről pedig egy vályogvakolattal fogják fedni az épületet. Középen pedig fatüzelésű kályhával látják majd el a szaunafunkciót.

A régi építőanyagokat jó arányban kombinálva a klimatikus tervezési elvekkel, mint tájolás, ideális üvegfelületek, szellőcsatornák kialakítása, olyan épületeket eredményezhet, amelyek egy új irányba képesek vinni az építőipart. A kísérleti technológiák nagyon drágák így családi házaknál csak a tehetősebb emberek engedhetik meg maguknak, hogy kísérletezhessenek. Viszont állami beruházásoknál, középületek tervezésénél nagy hangsúlyt kaphatnak a kísérleti elemek, mivel az energiaválságot fel tudjuk oldani drágább, de tudatosabb építészeti megoldásokkal.

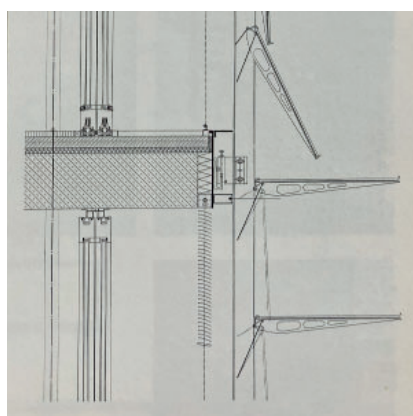
<https://www.okodome.hu/>

<https://hiros.hu/kecskemeten-keszult-el-a-vilag-első-valyogból-nyomtatott-szaunaja/>

Németországban már több építész stúdió próbálkozik azzal, hogy terveinek zöme az energia-tudatosság elveit szolgálja. Ilyen például a Herzog + partner vagy a Hansen + Petersen építészirodák. Az általuk használt anyagok, elvek közül szeretnék bemutatni pár innovációt, amit diplomám során tüzetesebben átvizsgáltam.

Az egyik, de legfontosabb tervezési eszköz, amit előszeretettel alkalmaznak munkáik során, az a több rétegű fal és födém szerkezetek kialakítása vagy másnéven építészeti bőr használata. A megjelenésen és az esztétikán túl nagyon fontos épületenergetikai szerep tud betölteni a hártá, melyet az épület köré húzunk fel. Az erősségei ennek a módszernek építészeti szempontból, az hogy a több réteg, ami megjelenik az épületen használja a levegőt, mint hőtároló tömeget és adaptív rendszert. A belső réteg burkot húz az épület köré, így termikusan képes becsomagolni azt, míg a külső réteg bőrként szabad átjárást biztosít a levegő számára. Kívülről megnyitható így a légtömeg körbe veszi az épületet, majd be tudják szorítani ezt a két réteg közé. Így további hőszigetelést biztosít és a rétegek között képes a napenergiát felhasználva már melegebb, de friss levegőt beengedni a fűtött térbe. A nyitható üveg membrán szerkezetek automatizálása optimális körülményeket tud teremteni a térben. A hűtési, fűtési rendszereket a lehető leghatékonyabban a napenergia gyűjtésével és elraktározásával kell elérni.

Belső falaknál ugyanúgy alkalmazható ez az átszellőztetésre alkalmas réteg. Főként födémeknél használnak olyan elhatároló struktúrát, ami perforálva van és képes átengedni a felfele áramló meleg levegőt. Így a belső légáramok a szerkezet hőváltozásának hatására huzatot generálnak, és ezáltal természetes módon keringtetik a levegőt.



9. ábra - Emscher 'G' Pavillon, Bottrop <https://petersenarchitekten.de/>

6.3. Saját tapasztalatok

Személyes tapasztalataim is vannak a Németországban kifejlesztett kísérleti megoldások gyakorlatba ültetésével. Volt szerencsém részt venni Németország déli részén Wuppertal városában megrendezett nemzetközi fenntarthatósági versenyen. Az itt tartózkodásom alatt, a verseny keretein belül találkoztam rengeteg egyedi technológiai megoldással, ugyanis a versenyben részt vevő csapatok kísérleti épületeit körbejárhattam és megtapasztalhattam azokat a megoldásokat, amire ők jutottak. A verseny alaptézise az volt, hogy keresnie kellett minden csapatnak a szülővárosában egy építészeti problémát, amire a verseny keretén belül megoldást kellett találni. Két fajta helyzetet kellett vizsgálni. Az egyikben a túlzsúfolt városi környezetre kellett ráépítéssel reagálni. A másikban egy nehezen használható szűk beépítésre lehetett egy hasznos funkciót kitalálni. Mindkét építészeti válasz esetén a fenntarthatóság kapta a fő hangsúlyt. A városépítészeti koncepciót csak tervi szintig kellett kidolgozni, de annak a leegyszerűsített demonstrációs egysége két hét alatt megépült a verseny helyszínén. 18 csapat közül 9-et választottak ki, akinek ott maradhatott az épülete a helyszínen a verseny után is. Ezek a versenyépületek a „Living Lab” részét képezik, amelyek 3 éven keresztül tesztelés alatt állnak a helyi kutatócsoportok által. A pontos szimulációs adatok még váratnak magukra, mert a 3 éves mérési ciklus még tart. Viszont a versenyen mért adatokat 3 aspektus alapján szeretném összehasonlítani. A pécsi egyetem csapatának verseny alatt mért értékeit vetem össze az eindhoveni egyetemével.

A pontos összevetés érdekében fontosnak tartom kiemelni, hogy ezek az adatok százalékos arányban és átlagolva vannak, így nem mérési eredményeket láthatunk, hanem összevetéseket a verseny keretein belül. A mért adatok úgy oszlanak el, hogy a házak elkészülte után kezdődött a kísérleti, mérési időszak így mind két csapat esetében van olyan eredmény, ami bizonyos technológiai vagy időbeli hiba miatt hiányos. Az én összevetésem olyan értékekre van kiélezve, ami azonos körülmények között ment végbe, így pontos viszonyítási alapot képez.

Az első pont, amiben összehasonlítom a két versenyépületet az a napelemek elhelyezése és annak energiatermelése az egységen belül. A pécsi egyetem épületén a napelemek integrálva voltak a déli függőnyfalas homlokzatba. Hatékonyan gyűjtik a napenergiát viszont ez a mennyiség nem elég ahhoz energia többletet termeljen. Így csak 80%-os értékelést kaptak a versenyen. Ezzel szemben az eindhoveni csapat egy olyan napelem rendszert alkalmazott, ami a táblás burkolatba volt beépítve, így minden homlokzatán az épületnek tudták gyűjteni a napenergiát. 100%-os értékelést kaptak rá, mivel egy könnyen szabályozható és jól működő megoldás.

A következő szempont az energiafogyasztás, ahol a holland adatok 89%-os a magyar eredmények 56%-os értékelést kaptak. A különbség annak tudható be, hogy az eindhoveni csapat egy okos rendszerrel minden fogyasztót egy központi vezérlésre kötött össze, így pontosan nyomon tudta követni, hogy mennyit fogyasztanak a ház bizonyos részei. A pécsi háznál az energiaigényt, amiket a fogyasztók igényeltek folyamatosan a megújuló energiaforrásokból igyekeztünk ellátni és mivel nem volt szabályzó automatika a házban így a villamosmérnökök és a gépészmérnökök manuálisan tudták ezeket szabályozni. Ennek az eredménye lett az, hogy nem tudtuk maximális hatásfokon használni a beépített energiaellátó berendezéseket, viszont a kezelése sokkal egyszerűbb és átláthatóbb. Azon dolgoztak ezek a mérnökeink és hallgatóink, hogy a ház tulajdonosa később könnyebben el tudjon igazodni a rendszeren és azt optimálisan be tudja állítani.

A harmadik elemzési pont több tényezőt foglal magába. Mindegyik paraméter a komfortérzetet hivatott szolgálni. A hőmérséklet, a páratartalom, és a levegő minősége. A magyar ház a tesztelési időszakon belül nem kapott kiemelkedő pontokat a hőmérséklet kiegyenlítésre, mivel a függönyfalba a tervek szerinti lamellás nyílászáró rendszert nem tudtuk beépíteni és így pusztán huzatfokozókkal kívántuk elérni ezt a hatást, de bebizonyosodott, hogy nem elég a teljes átszellőztetésre így ezt a manuálisan nyitható ablakokkal egészítettük ki. Téli időszakban, illetve hidegebb éghajlaton sokkal magasabb értékeket tud mutatni a ház. A rendelkezésre álló adatok nyári időszakban, mért értékek. A levegőminőség és a páratartalmi adataink erősebbek, ugyanis az északi homlokzaton egy zöld fal van, ami folyamatosan friss levegőt enged be és a természetes szellőztető rendszer áthúzza ezt a friss levegőt az épületen, így biztosan tiszta levegő van a belső térben.

A páratartalom lekötése érdekében a népi építészetben alkalmazott vályogvakolattal burkoltuk a belső felületeket. Ennek a vakolat típusnak élettani előnyei is vannak, viszont a legfőbb erénye, hogy képes lekötni a levegőben lévő felesleges páratartalmat és akkor kiadni magából, amikor nem nedves a léghő. Ezek mellett a levegőben lévő allergén anyagokat is hatékonyan képes lekötöni.

Az holland csapatnál a belső klímát a szellőzés, a PV Termál és a padlófűtés szabályozza, amelyek mind hozzájárulnak az energiaigény csökkentéséhez. Az energiahatékonyság eléréséhez bevezetett intézkedések közé tartozik a magas szigetelésű és légmentes épületburkolat, a hővisszatartó dinamikus szellőztetés, valamint az automata redőnyök az árnyékoláshoz. Mivel a faépületnek alacsony a hőtömege ezért, a fűtési igény kiegyensúlyozására és csökkentésére fázisváltó anyagokat alkalmaznak, kombinálva padlófűtéssel. Ez a megoldás hozzájárul a beltéri hőmérséklet passzív stabilizálásához. Ennek eredményeként a kültéri körülményeket hatékonyan kihasználják, anélkül, hogy zavaróan befolyásolnák a lakók környezetét. Inkább optimálisan kihasználják ezeket a tényezőket a kényelmes belső környezet kialakításához.



10. ábra - SDE Team profile, <https://sdeurope.uni-wuppertal.de/en/competition/results/>

A diplomamunkám során igyekszem kamatoztatni az eddigi tapasztalataimat és egy fenntartható üvegházat tervezek. Pécs belvárosába a Könyök utcában több meglévő telek összevonásával szeretnék kialakítani egy nagyobb zöld felületet, amelynek közepén egy vertikális kertészetet hozok létre. A zárt sort pedig egy kutatási és fejlesztési egységgel egészíteném ki. Az üvegház egy szimulációs egység, amelyben azt tesztelem, hogyan lehet egy publikus télikertet létrehozni az energiaigények minimalizálásával. Jelenlegi állapotában az épület energiafelhasználásának nagy részét szoláris erőforrásokból kívánom ellátni. De a beépített függőnyfal rendszer modifikálásával sok tényezőt ki lehet ütni. A fenn taglalt lamellás nyílászáró rendszerekkel tudom garantálni az ótszellőzést. A termikus burkot úgy tartom fent, hogy egy 3 rétegű függőnyfal rendszert használok, amelyek a gépészeti fűtést hivatottak helyettesíteni. Az üvegfelületek árnyékolására pedig elektrokromatikus üvegréteget használok, amely képes kiszűrni a beeső káros infrasugarakat, de átlátszóságát fenntartja.

Az épületet déli irányban forgatva növelem a hasznosítható napenergia mennyiségét. A geometria úgy lett kialakítva, hogy a benapozás a lehető legnagyobb mennyiségben érje a bent lévő növényeket. A földemek minden szinten át vannak törve, hogy egy légtömeg alakulhasson ki és könnyebben szabályozható legyen a levegő hőmérséklete és páratartalma is.

Ezek mellett a telken és a háztetőkön szeretném összegyűjteni az esővizet és az épület növényeinek vízellátását, azzal kívánom biztosítani. A parkosított zóna pedig egy Pécsen elhelyezett példa, amelyet bármely városi környezetben elhelyezhetünk, és elveiben referenciaként szolgál. A program telek kiterjesztettsége szempontjából horizontális parkosítási kísérlet, az épület aspektusában pedig a vertikalitást képviseli.

Az elképzelés diplomamunkám során, hogy a nagyon drága gépészeti rendszereket képesek legyünk mellőzni, azzal, hogy gondosan kitaláljuk az épület paramétereit és azokat szimulációkkal alá tudjuk támasztani. Ezzel tudjuk elérni, hogy a tervezési folyamat kitérjen az energiamutatókra is. Azt vizsgáltam a szerkezeten, hogy mennyi fűtési energiára van szüksége az épületnek ideális tájolás mellett, ha természetes szellőztetést alkalmazunk. Ezt az energiaigényt megvizsgáltam 2 illetve 3 rétegű üvegezés esetén. A kérdés az, hogy az üvegezés rétegszámainak növelésével képes-e az épület fűtési rendszerek teljes mellőzésére? Ki tudunk-e úgy egy trópusi "oázist" alakítani egy városi környezetben, hogy annak nagy mértékben csökkentett energiaigénye legyen? A plusz fűtési és villamos energiát, amire az épületnek szüksége van, megújuló energiából lássuk el.

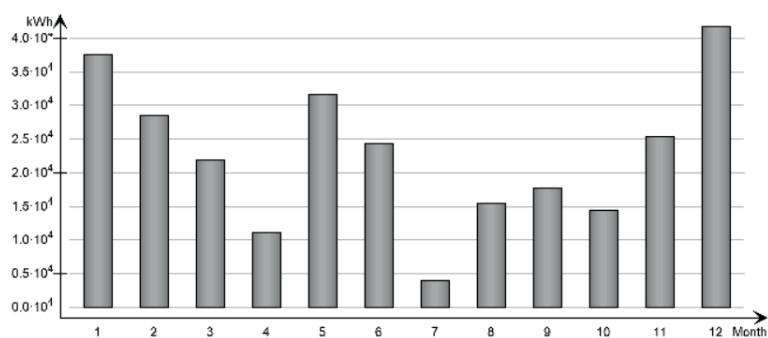
Az üvegezés rétegeinek vizsgálata mellett szimuláltam az ablakszellőztetés működését április 15.-e és október 15.-e között, ami a hűtési szezonba esik. A szimulációban az árnyékolást belső oldalú textil rolókkal vizsgáltam, mint legolcsóbb megoldás. A túlmeledés csökkentése érdekében a rolókat elektrokrom réteggel ellátott ablakokkal kívánom helyettesíteni, ami nem csak árnyékol de vissza is veri a hőt. Amennyiben a szimuláció ezt igazolja, ez kerül az épületbe.

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	0 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	0 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	0 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
Electric cooling	0	0.0	0.0
HVAC aux	0	0.0	0.0
Electric heating	273706	277.6	103.1
DHW	0	0.0	0.0
Total, Facility electric	273706	277.6	
Total	273706	277.6	

Monthly Purchased/Sold Energy

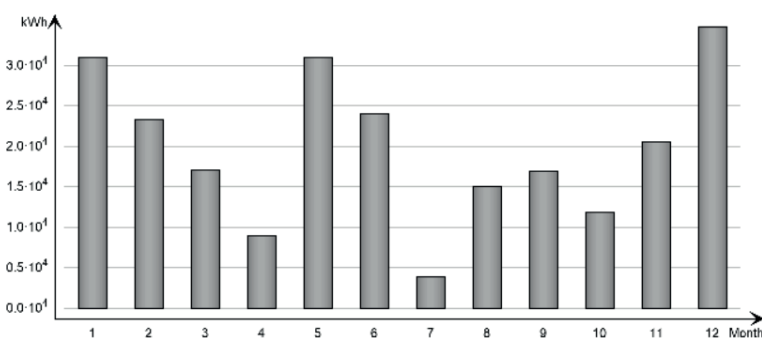
11. ábra - Saját szimuláció, 2 rétegű üvegezés esetén

Building Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	0 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	0 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	0 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
Electric cooling	0	0.0	0.0
HVAC aux	0	0.0	0.0
Electric heating	238305	241.7	103.1
DHW	0	0.0	0.0
Total, Facility electric	238305	241.7	
Total	238305	241.7	

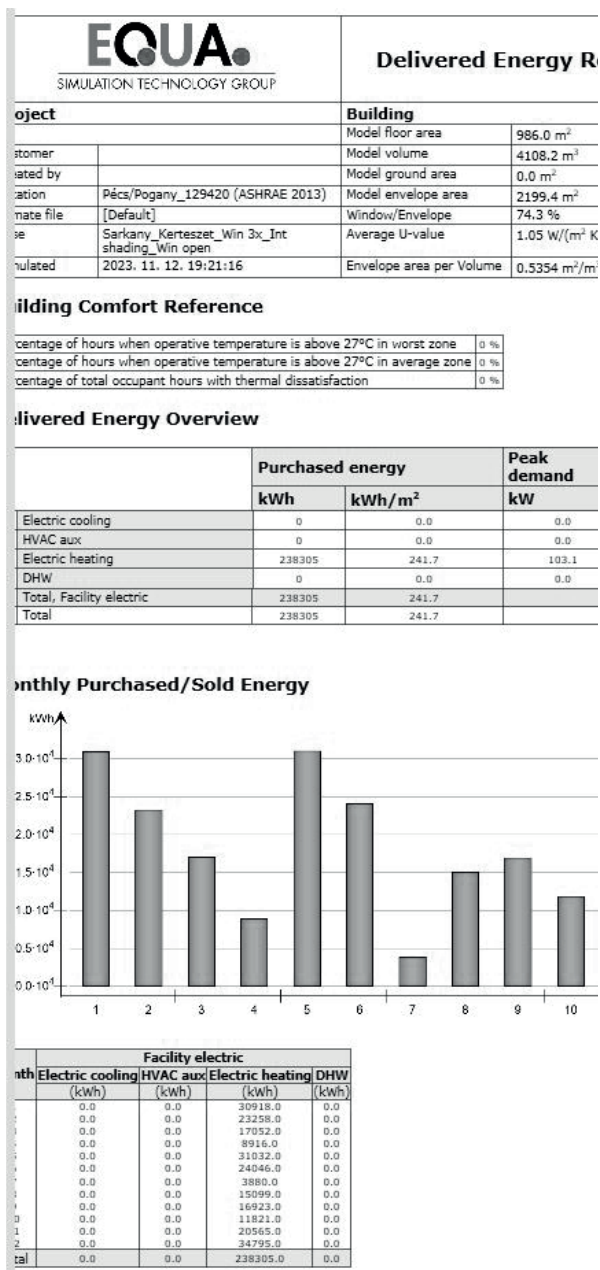
Monthly Purchased/Sold Energy

12. ábra - Saját szimuláció, 3 rétegű üvegezés esetén

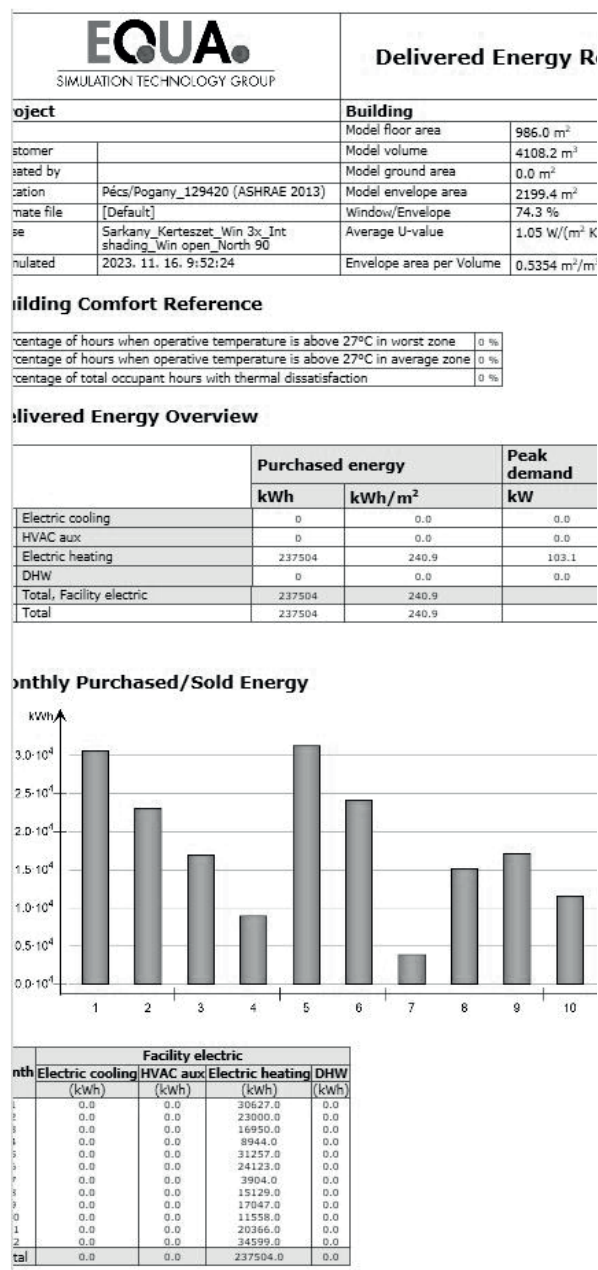
Ezekon a szimulációkon láthatjuk a ház energiaigényét 12 hónapra levetítve 2 illetve 3 rétegű üvegezés esetén. Kilowatt órában vannak megadva ezek az átlag adatok, illetve ezt négyzetméter eloszlásában vizsgáltam meg. A két állapot közötti különbség, már szemmel látható, az átlagolt mutatókban. Átlag szempontjából nyilvánvalóan jobban teljesít a 3. réteg üveg. Az igazi eltérést a kritikus téli hónapokban láthatjuk.

December, Január és Február hónapban jelentős változást tapasztalhatunk. Számszerint ezekben a hónapokban 7000 KWh energiával kevesebbre van szükség, amennyiben a három rétegű üveget választjuk. Ebben az időszakban ez igen jelentős. Ezek mellett a totális éves átlagfogyasztást is kiemelném. Jelen esetben ez a mutató csak az elektromos fűtést foglalja magába. Két rétegű üveg esetében az éves energiafogyasztás 273706 KWh, ezzel szembe a vastagabb üvegnél 238305 KWh. A három rétegű üveggel 35401 KWh energiát spórolnánk, ami ilyen energiaárak mellett jelentős. A tetőn elhelyezett napelemekkel kívánom az elektromos fűtési energiát ellátni. Optimalizálni szeretném ezeknek a napelemeknek a számát, mivel a beépítem tetőfelületei korlátozottak. Minden el nem használt energia javára vállalhat a tervezésnek és a környezetnek. A kimutatott energiátöbblet megjelenik négyzetméter arányban is. Ez azt mutatja, hogy körülbelül 30 KWh energiát spórolnánk az üvegezés megváltoztatásával négyzetméterenként. Ebből nehéz pontos következtetéseket levonni, viszont jó kiindulási alapul szolgál, ahhoz, hogy más rendszekkel kombinálva még hatékonyabban tudnánk csökkenteni az energiaszükségletet.

Az épület tájolása is vizsgálat alá volt vetve. 90-180-270 fokkal elforgatva a tömeget, lefuttatva ugyanazokat a szimulációkat, megkaptuk, hogy a különbség elenyésző. A hasonló üvegezésű homlokzatok és az egybenyitott légtereknek köszönhetően a tájolás kérdése majdnem mindegy. Az épület elhelyezése ideális és toronyszerű kialakításának köszönhetően minden oldalból megfelelő benapozást kap. A lehűlés/felmelegedés nagyjából kiegyenlítődik, így a tájolásból eredő energianyereséget a jelenlegi helyzettel maximalizáljuk. A következő oldalon láthatjuk ezeknek a méréseknek az összehasonlítását.



13. ábra - Saját szimuláció, eredeti tájolással



14. ábra - Saját szimuláció, 90 fokkal forgatva

EQUA [®] SIMULATION TECHNOLOGY GROUP		Delivered Energy Re	
Project		Building	
Owner		Model floor area	986.0 m ²
Designed by		Model volume	4108.2 m ³
Location	Pécs/Pogány_129420 (ASHRAE 2013)	Model ground area	0.0 m ²
Climate file	[Default]	Model envelope area	2199.4 m ²
Orientation	Sarkany_Kerteszet_Win 3x_Int shading_Win open_North 180	Window/Envelope	74.3 %
Simulation date	2023. 11. 16. 10:37:34	Average U-value	1.05 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.5354 m ² /m ³

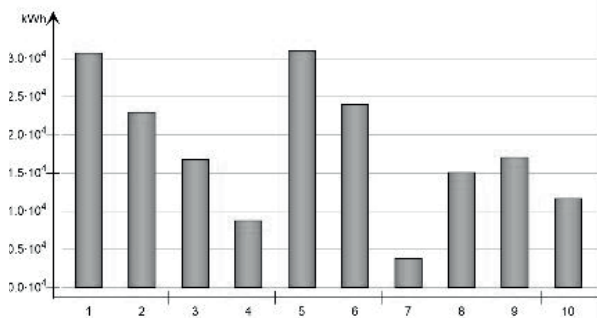
Indoor Climate Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	0 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	0 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	0 %

Delivered Energy Overview

	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
Electric cooling	0	0.0	0.0
HVAC aux.	0	0.0	0.0
Electric heating	237066	240.4	103.1
DHW	0	0.0	0.0
Total, Facility electric	237066	240.4	
Total	237066	240.4	

Monthly Purchased/Sold Energy



Month	Facility electric			
	Electric cooling (kWh)	HVAC aux. (kWh)	Electric heating (kWh)	DHW (kWh)
1	0.0	0.0	30710.0	0.0
2	0.0	0.0	22993.0	0.0
3	0.0	0.0	16762.0	0.0
4	0.0	0.0	8750.0	0.0
5	0.0	0.0	31071.0	0.0
6	0.0	0.0	24042.0	0.0
7	0.0	0.0	3876.0	0.0
8	0.0	0.0	15097.0	0.0
9	0.0	0.0	17059.0	0.0
10	0.0	0.0	11665.0	0.0
Total	0.0	0.0	20360.0	0.0
Total	0.0	0.0	34681.0	0.0
Total	0.0	0.0	237066.0	0.0

15. ábra - Saját szimuláció, 180 fokkal forgatva

EQUA [®] SIMULATION TECHNOLOGY GROUP		Delivered Energy Re	
Project		Building	
Owner		Model floor area	986.0 m ²
Designed by		Model volume	4108.2 m ³
Location	Pécs/Pogány_129420 (ASHRAE 2013)	Model ground area	0.0 m ²
Climate file	[Default]	Model envelope area	2199.4 m ²
Orientation	Sarkany_Kerteszet_Win 3x_Int shading_Win open_North 270	Window/Envelope	74.3 %
Simulation date	2023. 11. 16. 10:15:41	Average U-value	1.05 W/(m ² K)
		Envelope area per Volume	0.5354 m ² /m ³

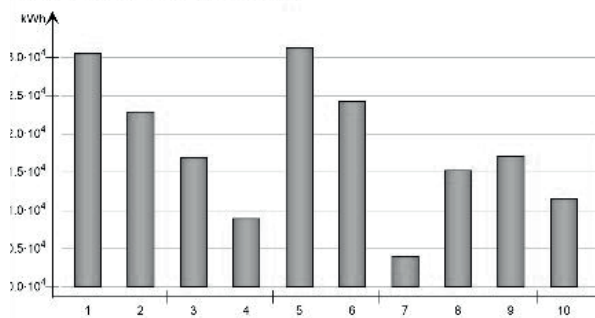
Indoor Climate Comfort Reference

Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in worst zone	0 %
Percentage of hours when operative temperature is above 27°C in average zone	0 %
Percentage of total occupant hours with thermal dissatisfaction	0 %

Delivered Energy Overview

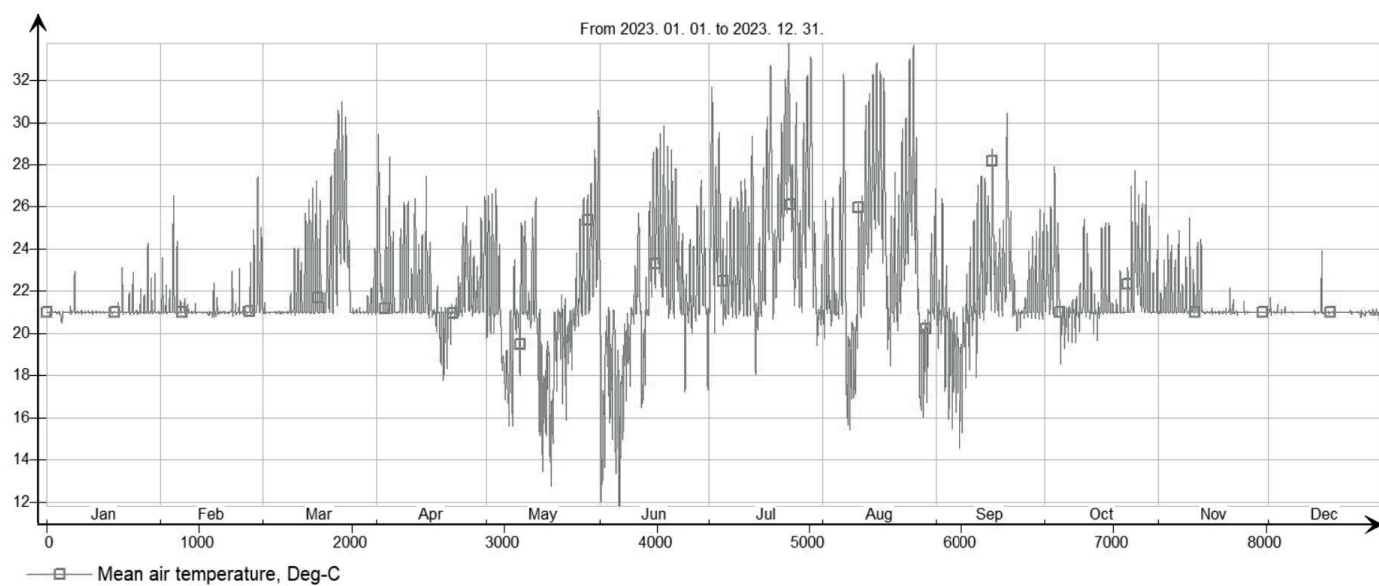
	Purchased energy		Peak demand
	kWh	kWh/m ²	kW
Electric cooling	0	0.0	0.0
HVAC aux.	0	0.0	0.0
Electric heating	237289	240.7	103.1
DHW	0	0.0	0.0
Total, Facility electric	237289	240.7	
Total	237289	240.7	

Monthly Purchased/Sold Energy

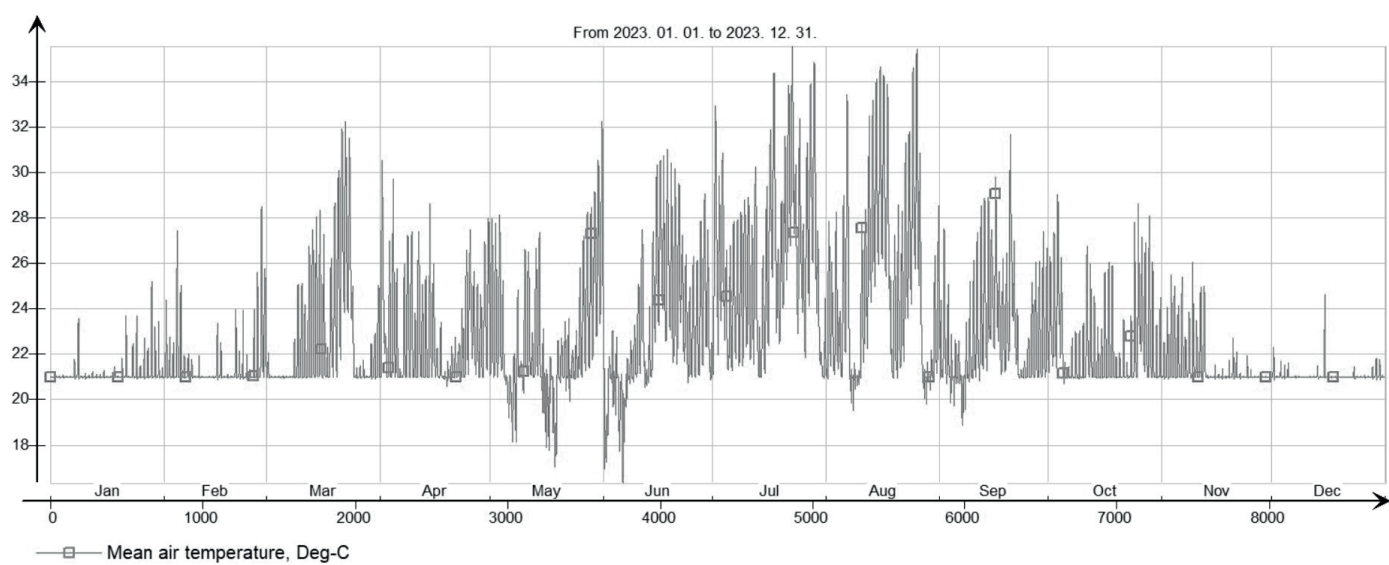


Month	Facility electric			
	Electric cooling (kWh)	HVAC aux. (kWh)	Electric heating (kWh)	DHW (kWh)
1	0.0	0.0	30537.0	0.0
2	0.0	0.0	22901.0	0.0
3	0.0	0.0	16871.0	0.0
4	0.0	0.0	8942.0	0.0
5	0.0	0.0	31218.0	0.0
6	0.0	0.0	24202.0	0.0
7	0.0	0.0	3966.0	0.0
8	0.0	0.0	15227.0	0.0
9	0.0	0.0	17118.0	0.0
10	0.0	0.0	11516.0	0.0
Total	0.0	0.0	20252.0	0.0
Total	0.0	0.0	34539.0	0.0
Total	0.0	0.0	237289.0	0.0

16. ábra - Saját szimuláció, 270 fokkal forgatva



17. ábra - Saját szimuláció, belső levegő hőmérséklet 2 rétegű üvegezés esetén

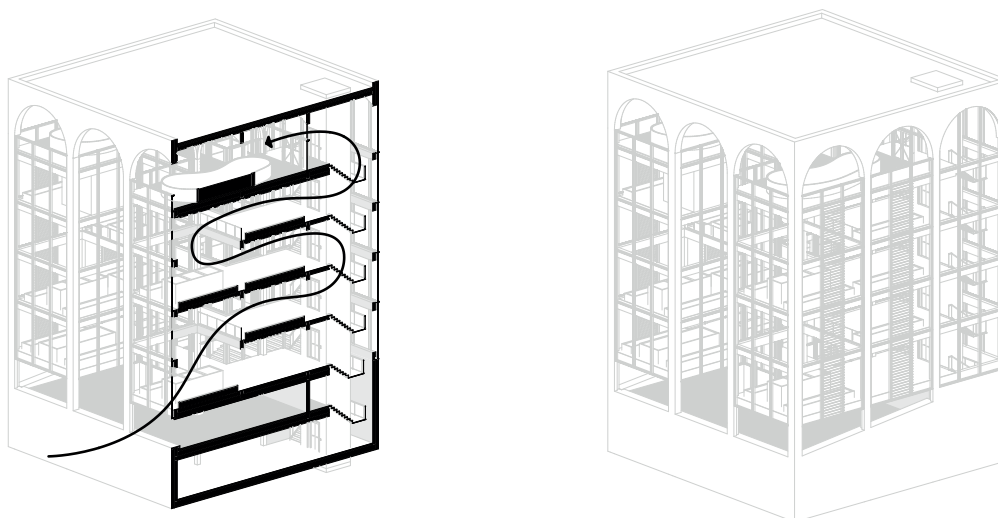


18. ábra - Saját szimuláció, belső levegő hőmérséklet 3 rétegű üvegezés esetén

Ezen a mért eredményeken pedig az épületen belüli hőmérséklet látható ablakszellőztetés mellett. Teljes éves ciklusra van elkészítve a szimuláció, hagyományos belső textil árnyékolókkal. Szintén 2 illetve 3 rétegű üvegezéssel van összevetve. Jelen esetben a túlemelegedés van az előtérben, és az északi homlokzat felől az alsó szinten van beengedve a levegő, illetve a lépcsőház felől, tehát a déli szárny aijáján van kiengedve.

Jelen esetben vizsgáljuk meg az árnyékoló rendszer hatékonyságát, és az üvegvastagság hőmegtartó tulajdonságát a nyári hónapokban. Itt is megfigyelhetjük, hogy a 3 rétegű üveg jobban teljesít, viszont nagyon elenyésző az eltérés. Fontos kiemelni, hogy az ablakszellőztetés április 15 és október 15-e között van mérve, ami Magyarországon a hűtés szezon. A grafikonokról leolvasható, hogy a maximális hőmérséklet, mindkét esetben eléri a 29 fokot, ami bizonyítja, hogy az ablakkal való szellőztetés és rolós árnyékoló nem megfelelő kombináció, hogy védjük az épületet a túlemelegedés ellen. Trópusi üvegház révén a hőmérséklet 30 fokig nem számít kritikusnak, viszont a látogatók számára huzamos tartózkodás mellett nem túl komfortos. A további technológiai fejlesztésekkel, mint az automatizálható lamellás üvegezés és az elektrokromatikus üvegezés segítségével lejjebb lehet tornáztatni a hőmérsékleti pontszerű csúcsok számát. Így sokkal ideálisabb és hosszútávon jobb légkört biztosítunk az emberek és a növények számára egyaránt. Így passzívan, gépészeti hűtés nélkül tudjuk csökkenteni a kertészet hőjét és növelni a komfortérzetét.

Mostanában fontos az ablakokon át beáramló napfény szabályozása. Télen melegen szeretnénk tartani az épületeket, de kihasználni a napfényt is. Nyáron viszont csökkentenénk a bejövő napfényt és az ezzel járó hőt. Ezekre a kritériumokra alkalmas megoldás a elektrokromatikus üveg. Az éghajlati ingadozásokkal küzdő országok, mint Magyarország különösen hasznosíthatják a dinamikus sugárzásszabályozást, csökkentve ezzel a fűtési és hűtési költségeket. A rugalmasabb beállítások és automatikus szabályozás segíthetnek hatékonyabban kezelni az ablakokon keresztüli energiaátadást, hozzájárulva az energiahatékonysághoz.

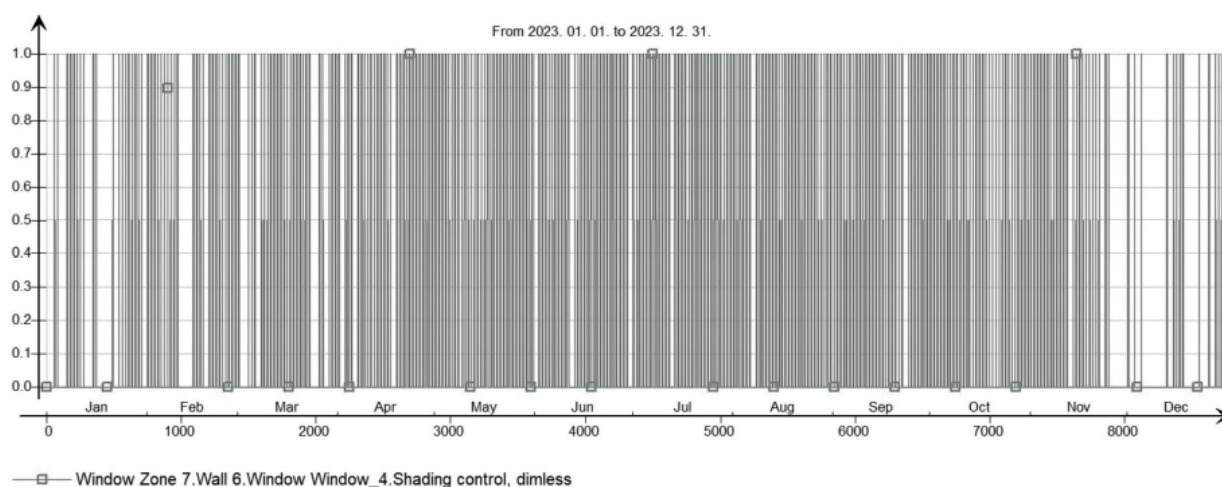


19. ábra - Saját axonometria, belső levegő áramlása a szimulációhoz, lamellás homlokzattal

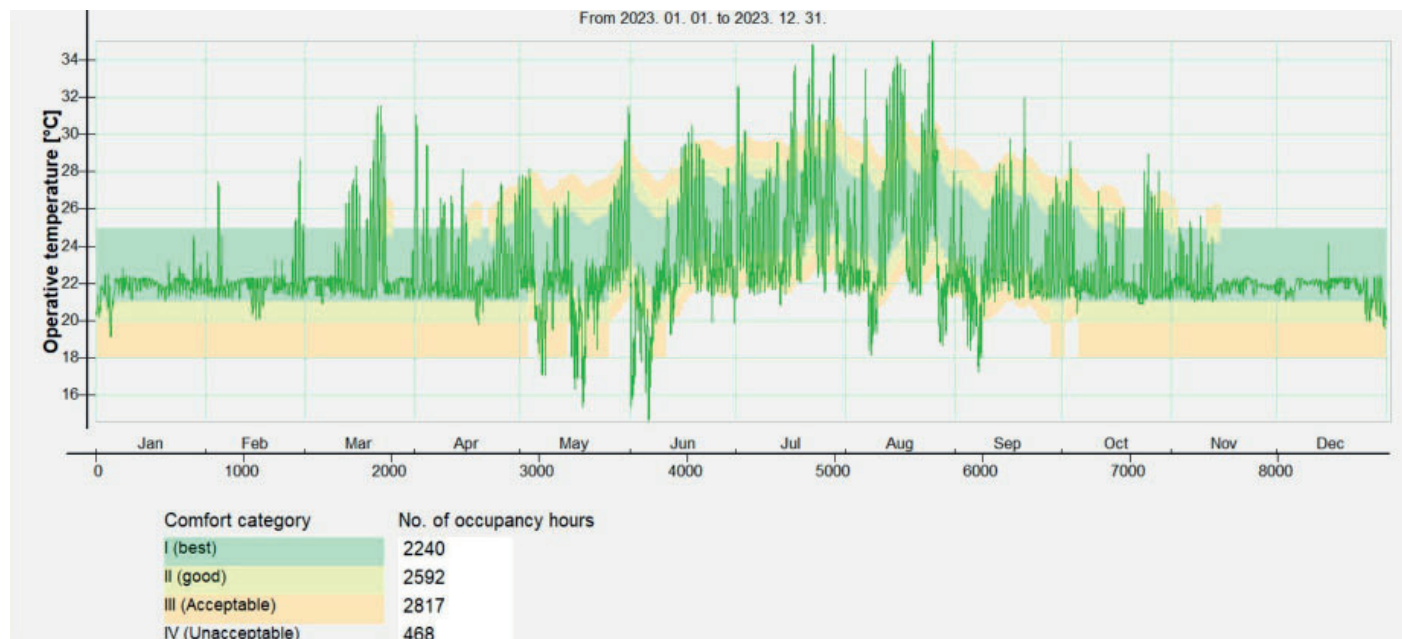
A következő és egyben az utolsó összehasonlítási pont a komfortérzet és az azzal járó általános hőérzet, változó körülmények mellett. A szimulációk úgy lettek lefuttatva, hogy minden szinten 1-1 ember tartózkodik és az általuk megélt hőkomfortokat tudjuk kielemezni. Az én esetemben aktív hűtési rendszer nélkül történt a tesztelés, mivel a hálózatra kötött gépészeti hűtést sokkal szigorúbb szabványok korlátozzák. A célom megint az, hogy magát az épületet szimulálom passzív körülmények között. A növények, mint élő részei az épületnek, nem játszanak szerepet a szimulációkban, mivel folyamatosan változó tulajdonságokkal rendelkeznek. Átlagértékeket csak tipizálható körülmények mellett lehet mérni, de ha az épület hőkomfort tulajdonságaival rendelkezünk, akkor a növények gépészeti tervezése alakítható és tesztre szabható. Mindegyik modellben az általános szinteken alkalmaztam 25%-os ablaknyitással természetes beszellőztetést április 15. és október 15. között. A lépcsőház legfelső szintjén pedig kiszellőztetést 50%-os nyitással.

4+1 különböző variáció ment át a program tesztüzemen. Az első tesztben árnyékolás nélkül egy viszonyítási alapot kívántam létrehozni. Egyértelműen fenntarthatatlan állapotról beszélünk. A második vizsgálatnál belső árnyékoló van felszerelve, ami egész évben 100 W/m^2 feletti napsugárzás esetén le van húzva. Hőérzékelő szenzoros rendszere van kötve, ami érzékeli ezt a határértéket és ezt követi. Ennél az eshetőségnél lép be a +1 vizsgálat, ahol ugyan ez a belső árnyékoló van használatban, de az érzékelő csak április 15.-október 15.-ig van beállítva.

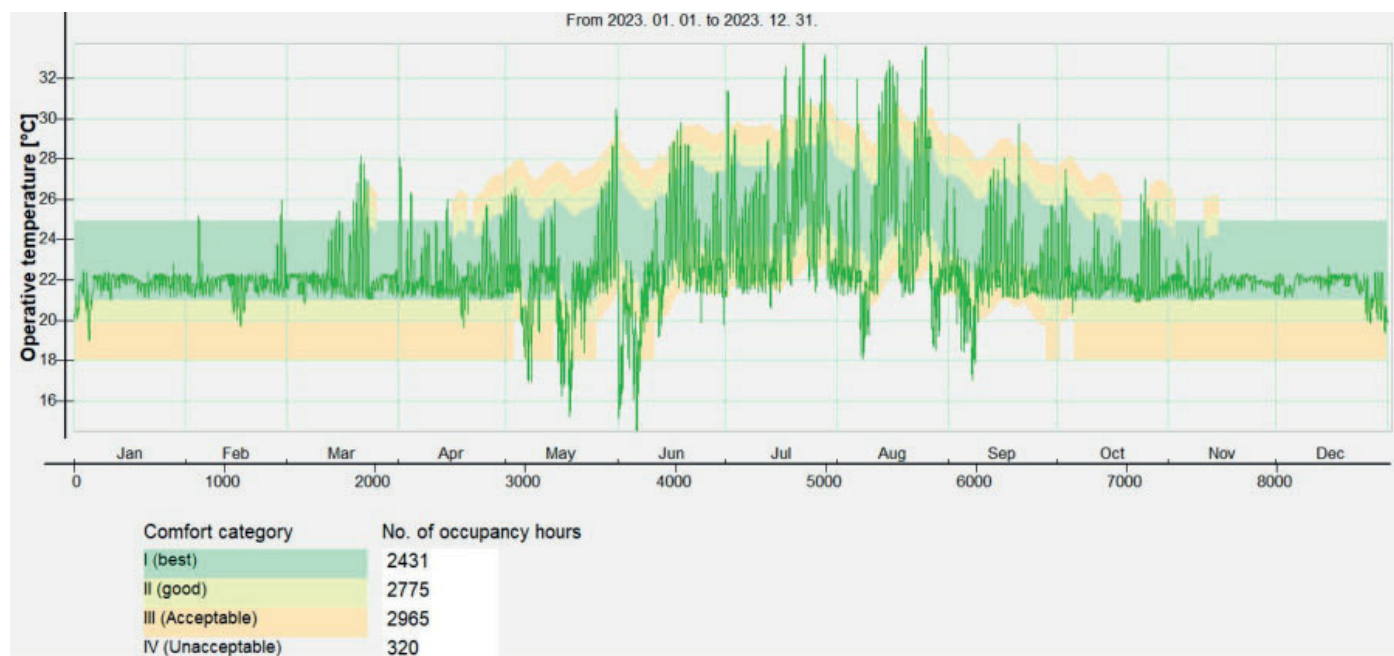
A harmadik vizsgálatban a „Sage Glass” elektrokromatikus üvegével tiszta állapotban vizsgáltam a belső hőkomfortot. A negyedik vizsgálatban pedig ugyan ennek a terméknek néztem a bekapcsolt elsötétített állapotát. A hőkomfort mellé kiegészítésként az energiamegtartó képességét is figyelembe vettem.



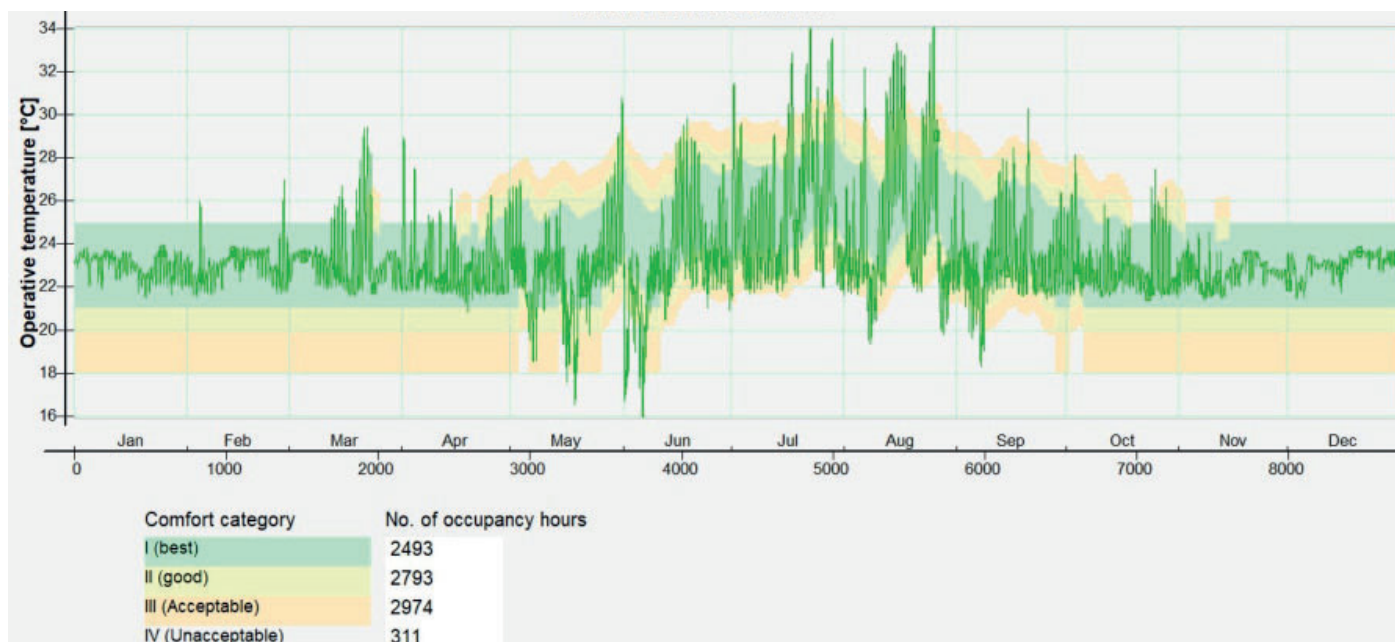
20. ábra - Saját szimuláció, szükséges árnyékolási időszakok egész éves ciklusa



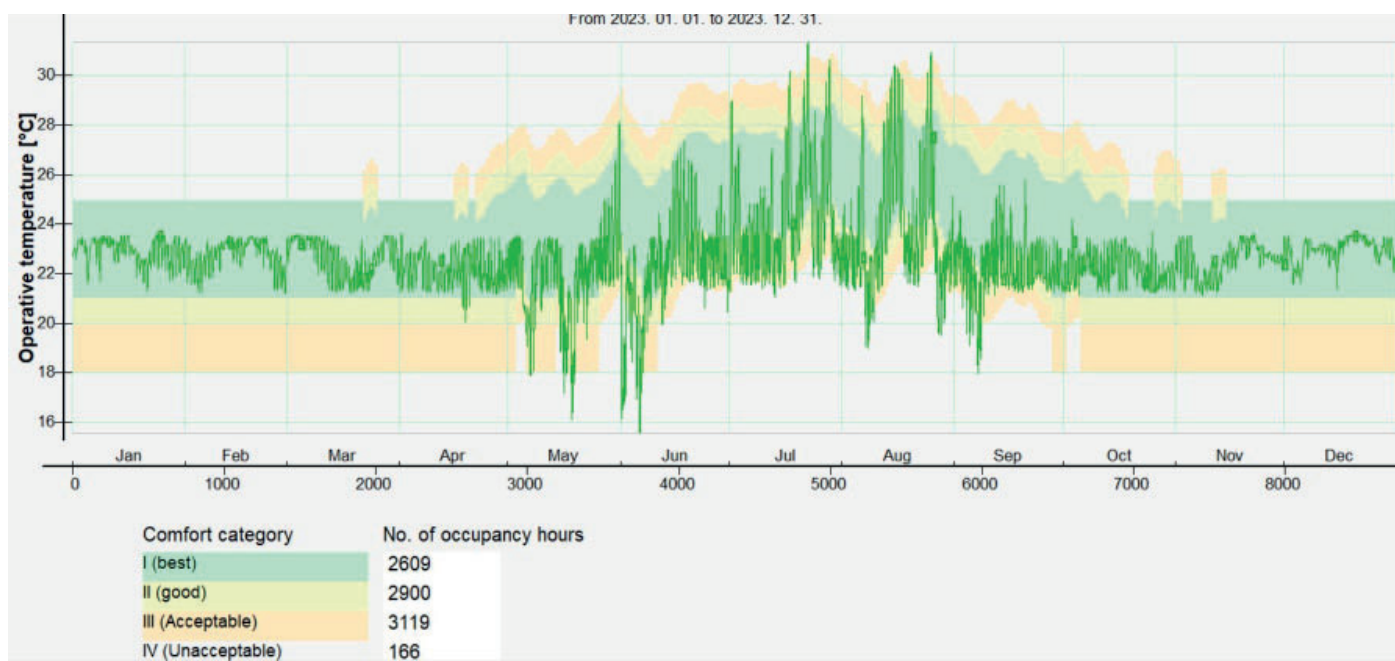
21. ábra - Saját szimuláció, földszinten, árnyékolás nélküli hőkomfort



22. ábra - Saját szimuláció, földszinten, textil belső árnyékolóval, hőkomfort



23. ábra - Saját szimuláció, földszinten, Sage Glass árnykoló áttetsző állapotban



24. ábra - Saját szimuláció, földszinten, Sage Glass árnykoló sötétített állapotban

Hőkomfort szempontjából a földszint és az emeletek között nem releváns a különbség. Mivel a földszinten van huzamosabb emberi tartózkodás, ezért az itt mért értékeket vettem figyelembe.

A fent található grafikonok alapján a komfortérzet nem elfogadható tartományba eső részeit veszem figyelembe. Itt éves lebontásban meg van határozva hány olyan óra van, amikor emberi tartózkodásra nem alkalmas az épület gépészeti hűtés nélkül. Árnyékolók nélkül 468 óráról beszélünk. Ez a kiindulási alap. Textil árnyékolókkal tudunk javítani ezen az értéken és akkor csak 320 óra. A Sage Glass technológiájával kikapcsolt, áttetsző állapotban 311 óra. Ez azért meglepő teljesítmény, mert most jelenleg a nem árnyékolt állapot is kifizetődőbb, mint a hagyományos belső árnyékolóval. Ha az elektrokromatikus ablakot bekapcsoljuk, tehát besötétítjük, akkor ezen órák száma közel felére csökken. 166 órát mértem ilyen állapotban.

Az energiaigény $U=1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$ értékű 2 rétegű üvegnél árnyékolás nélkül és rolós árnyékolókkal szabályozással és anélkül is közel egyforma. A Sage Glass jelenleg kapható 2 rétegű ugyanezzel az U értékkel bíró rendszere elsötétítéssel és átlátszóan is sokkal kevesebb éves átlag energiaigénnyel rendelkezik, mint az átlagos 2 rétegű üvegek. A sötétített és az áttetsző állapotának éves energiakülönbsége 69825 kWh, ami bizonyítja, hogy elvárható módon tartja az értékeit.

Energiaigény és hőkomfort szempontjából is bebizonyította ez az üvegezési fajta, hogy egy jó választás tud lenni energiacsökkentett épületek esetén is. Jelenleg fellelhető kutatások és piac szerint ezt a technológiát csak 2 rétegű üveg esetén alkalmazzák. A szimulációk bizonyították, hogy energiahatékonyság érdekében egy választandó megoldás, viszont 3 rétegű hőszigetelő üveggel érdemes kombinálni, ha még jobb teljesítményű osztályba szeretnénk épületünket sorakoztatni. Gyakorlati úton szeretném későbbiekben ezt vizsgálni.

7. Konklúzió

Összességében egy kivitelezési tervben igyekszem összefoglalni, amivel kutatásom és tapasztalataim alatt találkoztam. A jövőt a klimatikus tervezésben látom. Egyelőre azt tapasztalom a szakmában, hogy nagyon sok esetben ezt a felvetést csak reklámszövegnek használják. Az országban nem elterjedt tervezési módszer, de a környezetbarát szót mégis rengeteg épület címszava között látom. Nagyra tartom az összes próbálkozást, ami ebbe az irányba próbálja vinni az építőipart. Ha nem a fenntarthatóság az első szempont már a koncepció megalkotása közben, akkor felesleges a tervezési folyamat. Ugyanis az építések minden esetben egy társadalmi problémára kell, hogy reagáljanak és azok között nagyon nagy szerepet játszik környezetünk védelme is.

Kutatásom célja, hogy bővítsem saját tudástáramat és a lehető legtöbb elméleti anyagot fel tudjam használni munkám során. Egyelőre a tanulmányozás fázisában járok, de mindenképp bele szeretném ültetni a jövőbeli munkáimba az itt tanultakat és tapasztaltakat. Komplexebb áttekintésre lenne szükségem, hogy folytassam ezt a kutatást és készen állok a kísérleti módszerek tesztelésére, mérésére és továbbfejlesztésére.

Jövőbeli tevékenységeim során igyekszem a tudásomat átültetni a gyakorlatba. Demonstrációs egységeket létrehozni és azokat laborban megvizsgálni. A továbbiakban kísérletezni szeretnék a 3 rétegű elektrokromatikus üvegezéssel. Megvizsgálni annak működését és relevanciáját. Ez a kutatás elég inspirációt adott, hogy jobban elmélyüljek ebben a témakörben és úgy folytassam építő tevékenységemet, hogy azzal az emberekkel és környezetemmel egyaránt kiszolgáljam.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni családomnak, barátnőmnek, és barátaimnak a segítséget, az ő biztatásuk nélkül nem jöhetett volna létre ez a dolgozat. Külön köszönönetet szeretnék mondani dr. Kondor Tamásnak, aki mentorként és tanáromként minden helyzetben segítséget és útmutatást nyújtott számomra. Nem volt rest türelemmel bevezetni engem ennek a tudományterületnek a mélyére. Köszönettel tartozom Juhász Hajnal-ka doktorandusz oktatómnak is, aki minden helyzetben szintúgy segített nekem. Meg szeretném köszönni dr. Baranyai Bálintnak, hogy ebben a témakörben oktat minket, és hogy jó tanácsokkal látott el engem. A szimulációs tevékenységekben sok segítséget nyújtott nekem. Köszönettel tartozom minden tanáromnak, aki segítségemre volt és plusz szakmai tanáccsal tudott engem ellátni.

Forrásjegyzék:

Szakirodalmak:

Szűcs Miklós: Föld és fa a környezetbarát építésben

Románné Roxer Valéria és Dr. Varga Tamás : A fa a népi építészetben régen és ma (2011)

Molnár Viktor: A vályog és a favázás vályogépítészet (2005)

Dr. Kondor Tamás: őstől maradt... Népi építészetünk nyomában Drávaszög és Szlavónia(2011)

Németh Csongor: Alumínium függönyfalak és üvegtetők (2010)

Reith András: Üveg az építészetben (2012)

Dr. Bachman Zoltán: Könyv az építészetről (1998)

Claus Kapplinger: Hansen+Petersen Systems (1998)

Solar Decathlon Europe: competition source book 21/22 (2023)

Dott. Antonio Licciulli: Electrochromic Glass (2001-2002)

Internetforrás:

<https://www.hellovidek.hu/gazdasag/2023/03/07/ilyen-minimalista-luxushaz-lehet-egy-kadar-kockabol-felujitassal-nullazhatod-a-rezsit-is> (2023.03.09)

<https://epiteszforum.hu/okologikus-epiteszet--epiteszeti-eszkozok> (2023.03.09)

<https://epiteszforum.hu/epuletek-okologikus-rekonstrukcioja> (2023.03.09)

<https://foresight.skanska.com/thinking-big/what-makes-a-sustainable-city/> (2023.03.09)

<https://epiteszforum.hu/energiahatekony-epuletek-latszatzold-tevut> (2023.04.16)

<https://epiteszforum.hu/energiahatekony-epuletek-ne-legyen-latszatzold-tevut> (2023.04.16)

<https://epiteszforum.hu/energiahatekony-epuletek-nem-latszatzold-tevut-hanem-az-egyik-leg-ontosabb-fenntarthatosagi-strategia> (2023.04.16)

<https://epiteszforum.hu/okologia-rendszerokologia-epites-okologia--az-egyutt-latas-muveszete> (2023.04.16)

<https://epiteszforum.hu/legalabb-ne-arts> (2023.04.16)

<https://www.cantorialluminio.it/en/architectural-skin-redefines-cladding-external/> (2023.09.17)

<https://www.bama.hu/helyi-kozelet/2021/01/a-botanikus-kert-feladata-a-neveles-is>
(2023.10.01)

<https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691169736/design-with-climate>
(2023.10.01)

<https://www.epitesimegoldasok.hu/bioklimatikus-tervezesi-modszerek.html> (2023.10.22)

<https://www.usgbc.org/articles/bioclimatic-design> (2023.10.22)

<https://www.mchmaster.com/news/what-is-bioclimatic-architecture/> (2023.10.22)

<https://epiteszforum.hu/uvegfeluletek-extra-magas-epuleteken> (2023.10.22)

<https://energiadesign.hu/cikk/elmelet/tervezoi-filozofia-1> (2023.10.22)

<https://www.pecsma.hu/hirzona/pecsi-naphaz-hianyzik-a-folytatás/> (2023.10.27)

<https://epiteszforum.hu/rati-a-gyarak-energiadesign-rolls-royce-a2> (2023.10.27)

<https://telex.hu/interju/2023/10/22/jordan-ferenc-interju-okologia-az-ember-vege-a-ter-mesz-et-eselye-konyv-tulnepesedes-biodiverzitas> (2023.10.27)

<https://www.octogon.hu/epiteszet/lungs-of-the-city/> (2023.10.27)

<http://thomasherzogarchitekten.de/en/projects> (2023.10.27)

https://magyarenergetika.hu/wp-content/uploads/2019/12/04_XXIII_ME_Szimp%C3%B3zium_prez_KT_JH.pdf (2023.10.28)

<https://hydrosolar.ca/blogs/news/how-do-vacuum-tubes-collector-work> (2023.10.28)

<https://www.dezeen.com/2023/01/03/water-filled-glass-solar-power-energy-bills/#:~:text=Its%20windows%20contain%20a%20thin,system%20or%20into%20thermal%20storage>
(2023.10.28)

<https://architectuul.com/architecture/dover-sun-house> (2023.10.28)

<https://www.epiteszforum.hu/vizhaz-prototipus-es-szabadalom-gutai-matyassal-beszeltunk>
(2023.10.28)

<https://www.octogon.hu/epitoipar/huti-es-futi-is-az-epletet-a-vizablak/> (2023.10.28)

<https://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html>
(2023.10.28)

<https://epiteszforum.hu/epitett-orokseg1> (2023.10.28)

<https://epiteszforum.hu/monolitikus-sarfallak--egy-osi-technika-kortars-vonatkozasai--1-resz>
(2023.11.03)

<https://epiteszforum.hu/termeszetes-epitoanyagok-a-21-szazad-epitoiparaban> (2023.11.03)

<https://epiteszforum.hu/epitesi-modok-termeszetes-anyagokbol-a-valyog> (2023.11.03)

<https://www.okodome.hu/> (2023.11.04)

<https://hiros.hu/kecskemeten-keszult-el-a-vilag-első-valyogból-nyomtatott-szaunája/>
(2023.11.04)

https://elpub.bib.uni-wuppertal.de/rsc/viewer/duerpublico_derivate_00000969/SDE_2122_Competition_Source_Book.pdf?page=222 (2023.11.05)

<https://sdeurope.uni-wuppertal.de/en/competition/results/> (2023.11.05)

<https://foliavezerles.hu/az-uveghazak-tipusai/> (2023.11.17)

Képjegyzék:

1. ábra - Design with climate <https://www.cambridge.org/>
2. ábra - Vertikális kertészet (diplomamunka) - saját látványterv
3. ábra - Pécsi napház szerkezeti rajzok - saját kép
4. ábra - Pécsi aktívház- saját kép
5. ábra - Solar Decathlon <https://solardecathlon.eu/>
6. ábra - Hungarian Nest
- https://magyarenergetika.hu/wp-content/uploads/2019/12/04_XXIII_ME_Szimp%C3%B3zium_prez_KT_JH.pdf
7. ábra - RATI - <https://epiteszforum.hu/rati-a-gyarak-energiadesign-rolls-royce-a2>
8. ábra - Dover ház <https://lechnerkozpont.hu/>
9. ábra - Emscher-C-Pavillon, Bottrop <https://petersenarchitekten.de/>
10. ábra - SDE Team profile, <https://sdeurope.uni-wuppertal.de/en/competition/results/>
11. ábra - Saját szimuláció, 2 rétegű üvegezés esetén
12. ábra - Saját szimuláció, 3 rétegű üvegezés esetén
13. ábra - Saját szimuláció, eredeti tájolással
14. ábra - Saját szimuláció, 90 fokkal forgatva
15. ábra - Saját szimuláció, 180 fokkal forgatva
16. ábra - Saját szimuláció, 270 fokkal forgatva

- 17. ábra - Saját szimuláció, belső levegő hőmérséklet 2 rétegű üvegezés esetén
- 18. ábra - Saját szimuláció, belső levegő hőmérséklet 3 rétegű üvegezés esetén
- 19. ábra - Saját axonometria, belső levegő áramlása a szimulációhoz, lamellás homlokzattal
- 20. ábra - Saját szimuláció, szükséges árnyékolási időszakok egész éves ciklusra
- 21. ábra - Saját szimuláció, földszinten, árnyékolás nélküli hőkomfort
- 22. ábra - Saját szimuláció, földszinten, textil belső árnyékolóval, hőkomfort
- 23. ábra - Saját szimuláció, földszinten, Sage Glass árnykoló áttetsző állapotban
- 24. ábra - Saját szimuláció, földszinten, Sage Glass árnykoló sötétített állapotban